



Bodemdaling door zoutwinning

Lange termijn effecten

Nobian Industrial Chemicals B.V.

5 april 2024

Project
Opdrachtgever

Bodemdaling door zoutwinning
Nobian Industrial Chemicals B.V.

Document
Status
Datum
Referentie

Lange termijn effecten
Definitief
5 april 2024
140064/24-004.958

Projectcode

140064

Projectleider

5.1.2.e

Projectdirecteur

5.1.2.e

Auteur(s)

5.1.2.e

Gecontroleerd door

5.1.2.e

Goedgekeurd door

5.1.2.e

5.1.2.e

Paraaf

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Daalsesingel 51c
Postbus 24087
3502 MB Utrecht
+31 (0)30 765 19 00
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding, doel en scope van het onderzoek	5
1.2	Werkzaamheden	5
2	LITERATUURONDERZOEK BODEMDALING	7
2.1	Selectie relevante documenten	7
2.2	Conclusies uit literatuuronderzoek	7
2.2.1	Natuurlijke bodemdaling	8
2.2.2	Bodemdaling door veenoxidatie	9
2.2.3	Bodemdaling bij het winnen van delfstoffen	9
2.2.4	Bodemdaling door grondwaterwinning	10
2.3	Vergelijken van bodemdalingsoorzaken	11
2.3.1	Bodemdalingsnelheid en ruimtelijke gradiënt	11
2.3.2	Bodemdalingsnelheden op de grens van een komvormig dalingsgebied	13
2.3.3	Ruimtelijke ongelijkheid	14
2.4	Overzichtstabel	15
3	GEVOLGEN VAN BODEMDALING DOOR ZOUTWINNING	17
3.1	Waterhuishouding	17
3.1.1	Directe effecten van bodemdaling door zoutwinning	17
3.1.2	Indirecte effecten van bodemdaling door zoutwinning	18
3.2	Overzicht factoren en processen die tot schade kunnen leiden	19
3.3	Schade aan gebouwen en infrastructuur	20
3.3.1	Directe effecten van bodemdaling door zoutwinning	20
3.3.2	Indirecte effecten van bodemdaling door zoutwinning	20
3.4	Schade aan landbouw en natuur	21
3.5	Compenserende maatregelen	22

4	EVALUATIE	23
4.1	Algemeen, belangrijkste factoren voor kans op restschade	23
4.1.1	Criteria en mogelijke grenswaardes	23
4.1.2	Overschrijding van mogelijke grenswaardes	25
4.1.3	Andere oorzaken van bodemdaling	25
4.2	Afstemming met waterschap en mogelijke zichthorizon restdaling	26
4.3	Prognoses Nobian	26
5	CONCLUSIES	28
5.1	Algemeen	28
5.2	Aanbevelingen	29
6	REFERENTIES	31
	Laatste pagina	31
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Bodemdalingsprognoses nobian	1
II	Voorbeeldkaart droogleggingsverschillen	2

INLEIDING

1.1 Aanleiding, doel en scope van het onderzoek

Nobian Industrial Chemicals B.V. (hierna: Nobian) is eigenaar/beheerder van een aantal zoutwinningsgebieden, in Groningen, Twente en Mariager. Na afloop van de zoutwinning treedt er nog een aantal jaren bodemdaling op, waar Nobian eventueel compenserende maatregelen voor moet nemen. De blijvende daling ontstaat door zoutkruip in de voormalige cavernes, die waarschijnlijk nooit in z'n geheel zal stoppen.

Het is op termijn wenselijk dat deze compenserende maatregelen kunnen worden beëindigd, en het gebied zonder resterende nadelige effecten kan worden achtergelaten. Om deze reden heeft Nobian aan Witteveen+Bos gevraagd om te onderzoeken welke bodemdalingssnelheden acceptabel zijn om een voormalige zoutwinningslocatie volledig te kunnen verlaten. Hierbij gaat het om zowel de snelheid als de ruimtelijke ongelijkheid van een dergelijke daling. Om daar een beeld van te krijgen wordt in dit rapport beschreven wat in Nederland 'gangbare' bodemdalingssnelheden zijn in bijvoorbeeld poldergebieden (bodemdaling door veenoxidatie), grondstoffen-/waterwingebieden of door een andere oorzaak. En bij welke (lage) bodemdalingssnelheden compenserende maatregelen daar niet meer nodig lijken te zijn.

Tevens wordt er in dit rapport besproken welke compenserende maatregelen er op andere locaties, afhankelijk van de situatie worden genomen. Denk hierbij aan maatregelen om de waterhuishouding op orde te houden en om mogelijke schade aan bebouwing en infrastructuur te voorkomen. Door dit in kaart te brengen ontstaat er een beeld van wat er bij welke situatie noodzakelijk is en wanneer het voor Nobian acceptabel wordt om een winningslocatie definitief te verlaten.

1.2 Werkzaamheden

Voor dit onderzoek zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- 1 inventarisatie van gangbare bodemdalingssnelheden. Dit is gedaan door relevante rapporten en documenten te verzamelen met betrekking tot bodemdaling;
- hierbij is onderscheid gemaakt tussen:
 - 'Natuurlijke' bodemdaling door bewegingen van de aardkost, isostasie en natuurlijke compactie. Dit is als het ware de achtergrond-bodemdalingssnelheid, waar mensen niet voor verantwoordelijk zijn;
 - bodemdaling door menselijke activiteiten, onder te verdelen in:
 - bodemdaling in veenweide gebieden als gevolg van handhaving van een bepaalde drooglegging van het veen (waardoor oxidatie van veen blijft optreden), ten behoeve van de grondgebruiksfuncties die zich daar bevinden (vooral landbouw);
 - bodemdaling als gevolg van grondwaterwinning, ten behoeve van drinkwaterproductie of industrieel gebruik;
 - bodemdaling als gevolg van delfstoffenwinning (gaswinning en zoutwinning);
- 2 van al deze vormen van 'menselijke' bodemdaling is beschreven wat de optredende bodemdalingssnelheden in mm/jaar zijn;

- 3 naast de gemiddelde bodemdalingssnelheid is ook gekeken naar de mate van ruimtelijke ongelijkheid. Een grote ruimtelijke ongelijkheid vraagt in het algemeen om meer compenserende maatregelen, met name qua aanpassing van het watersysteem. Er is beschreven wat voor ruimtelijke ongelijkheden er kunnen optreden bij verschillende oorzaken van bodemdaling en wat de gevolgen hiervan kunnen zijn. Het valt buiten de scope van dit onderzoek om te rekenen aan horizontale rekken en relatieve rotaties die het gevolg zijn van deze ruimtelijke ongelijkheden.

Voor de verschillende situaties van bodemdaling zijn ook het bodemtype, de drooglegging en het grondgebruik voor het betreffende gebied bepaald. Dit alles gecombineerd leidt uiteindelijk tot conclusies en aanbevelingen over de noodzaak van (het al of niet voortzetten van) compenserende maatregelen voor bodemdaling.

LITERATUURONDERZOEK BODEMDALING

2.1 Selectie relevante documenten

Om een goed beeld te krijgen van de 'gangbare' bodemdalingssnelheden in Nederland zijn er per mogelijke oorzaak van bodemdaling minimaal twee rapporten geselecteerd. Dit zijn zowel onderzoeken uitgevoerd door Witteveen+Bos als door andere partijen (zoals Deltares, Arcadis en RHDHV). De volgende rapporten zijn geraadpleegd voor dit onderzoek, gesorteerd per oorzaak van bodemdaling:

- **Natuurlijke bodemdaling:**
 - bodemdaling - Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) [ref. 1];
 - bodemdaling door diepe en ondiepe oorzaken in Groningen - Commissie bodemdaling [ref. 15];
- **Veenoxidatie:**
 - peilbesluit Alblasserwaard [ref. 9];
 - watergebiedsplan Groot Wilnis-Vinkeveen e.o. [ref. 10];
 - potentiële emissiereductie broeikasgassen Fries veenweidegebied [ref. 17];
- **Grondwateronttrekking:**
 - oevergrondwaterwinning benedenloop Lek - Milieueffectrapportage fase 1 (locatieonderzoek) [ref. 11];
 - vergunningstraject wijziging winning 2024 - Geohydrologisch effectrapport ZS De Put [ref. 12];
 - analyse bodemdaling Langerak als gevolg van grondwateronttrekking [ref. 13];
 - vergunningstraject wijziging winning 2024 - Geohydrologisch effectrapport wijziging winvergunning ZS Rodenhuis [ref. 14];
- **Zoutwinning:**
 - onderzoek 'mogelijke blinde vlekken' bodemdaling Nedmag [ref. 2];
 - gevolgen van de bodemdaling door zoutwinning voor de waterhuishouding Nedmag [ref. 3];
 - effecten van bodemvervorming door zoutwinning Zuidwending [ref. 4];
 - invloed van bodemdaling door zoutwinning Nedmag op bebouwing en infrastructuur [ref. 5];
 - zoutwinning (steenzout) bij Heiligerlee en Zuidwending [ref. 8];
 - watersysteemanalyse voor onderzoek gebouwschade bodemdalingsgebied Nedmag [ref. 16];
- **Gaswinning:**
 - vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel - effecten en maatregelen [ref. 6];
 - Bodemdaling door Aardgaswinning - NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe [ref. 7];
 - indirecte schade-effecten van diepe bodemdaling en -stijging bij het Groningen gasveld en gasopslag Norg [ref. 19].

2.2 Conclusies uit literatuuronderzoek

In deze paragraaf zijn de belangrijkste punten per oorzaak van bodemdaling samengevat.

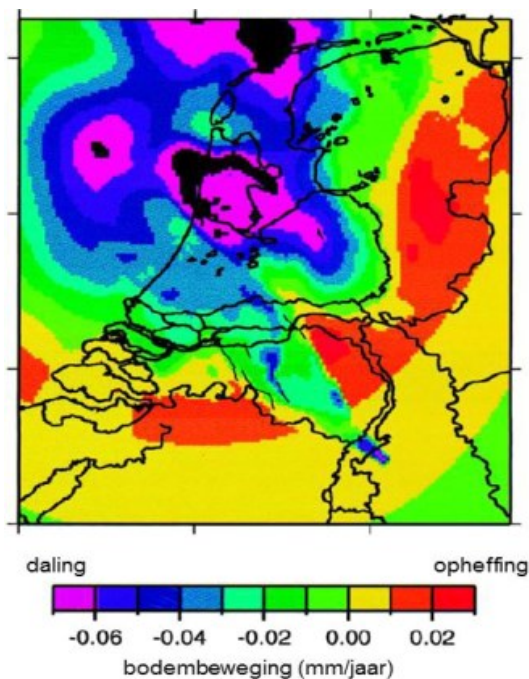
2.2.1 Natuurlijke bodemdaling

De drie meest relevante typen van natuurlijke bodemdaling voor Nederland zijn hieronder beschreven.

Tektoniek

Tektoniek heeft betrekking op de bewegingen en vervormingen van aardplaten die ontstaan doordat deze platen kracht op elkaar uitoefenen. Dit leidt tot tektonische compressie tussen aardplaten die naar elkaar toe bewegen, en als tegenreactie tot tektonische bodemdaling van de aardkorst door nieuwe ontstaande accommodatieruimtes. Bodemdaling door tektoniek gaat in Nederland met snelheden tot enkele honderdsten van millimeters per jaar. De invloed van tektoniek verschilt per locatie. Zo heeft het westen van Nederland te maken met een daling tot ongeveer 0,06 mm per jaar en het oosten met een stijging tot ongeveer 0,02 mm per jaar [ref. 1]. Zoals te zien in afbeelding 2.1 kantelt Nederland als het ware om z'n verticale as.

Afbeelding 2.1 Reconstructie van de gemiddelde bodembeweging door tektoniek over de afgelopen 2,5 miljoen jaar [ref. 1]



Isostasie

Isostasie is het proces waarbij de aardkorst omhoog of omlaag beweegt als gevolg van gewichtsveranderingen. Scandinavië was in de laatste ijstijd bedekt onder een dikke laag ijs, wat de ondergrond heeft doen dalen. Dit had als gevolg dat landen rondom Scandinavië (waaronder Nederland) omhoog kwamen totdat er een nieuw evenwicht was bereikt. Toen de ijskap weer verdween veerde de aardkorst van Scandinavië weer terug naar boven, en de omliggende landen zakten weer wat naar beneden. Voor Nederland geldt dat de effecten van de laatste ijstijd nog steeds merkbaar zijn. Bodemdaling als gevolg van isostasie bedraagt in Nederland tussen de 0,2 en 0,8 mm/jaar [ref. 1]. Dit is een relatief gelijkmatige daling waarvan de hoogste waardes worden gevonden in het noorden van het land (met name op de Waddeneilanden). De laagste waardes bevinden zich voornamelijk in het zuidoosten van het land.

Natuurlijke compactie

Natuurlijke compactie is het fenomeen waarbij jongere verzadigde sedimentlagen druk uitoefenen op slecht doorlatende kleilagen en veenlagen in de ondergrond. Door deze druk loopt het poriënwater langzaam weg en zakken deze sedimentlagen langzaam wat in elkaar. Dit komt vooral voor in vochtige afzettingsmilieus, zoals in delta's en aan de kust. Bodemdaling als gevolg van natuurlijke compactie wordt in Nederland geschat op minder dan 0,1 mm per jaar [ref. 1].

2.2.2 Bodemdaling door veenoxidatie

Veenoxidatie is het proces waarbij organisch materiaal in de bodem, in dit geval veen, wordt afgebroken door bacteriën. Organisch materiaal wordt daarbij omgezet naar CO₂. Hierdoor verdwijnt een deel van deze grondlaag, en ontstaat er bodemdaling. Omdat dit in veenweidegebieden leidt tot een afname van de drooglegging werden/worden ter compensatie vaak oppervlaktewaterpeilverlagingen doorgevoerd. Een verlaging van het oppervlaktewaterpeil leidt vervolgens weer tot toename van de veenoxidatie doordat een nieuwe laag veen in aanraking komt met zuurstof. Hierdoor wordt het proces van veenbodemdaling in stand gehouden.

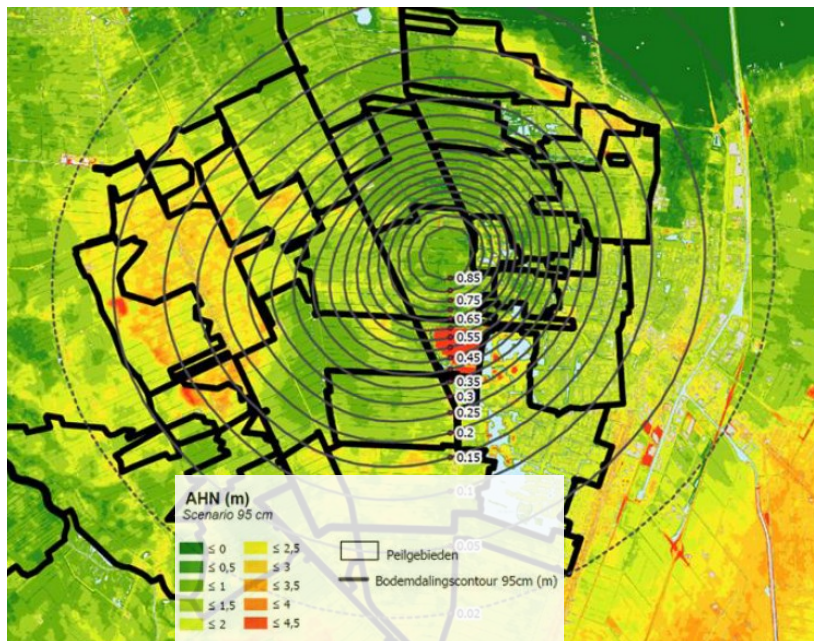
Veenoxidatie is een proces dat in Nederland op veel plekken al eeuwen aan de gang is. Hierdoor is het lastig te bepalen hoeveel de bodem als gevolg ervan in totaal al is gezakt. Verschillende onderzoeken geven een huidige bodemdalingssnelheid voor de veenoxidatie van tussen de enkele millimeters tot enkele centimeters per jaar. Deze waarde kan per veengebied sterk verschillen. Daarnaast is bekend dat veenoxidatie ook op korte afstanden (meters tot tientallen meters) tot aanzienlijke variaties in bodemdalingssnelheid kan leiden. Dit kan onder meer een risico vormen voor op staal gefundeerde gebouwen.

Om vernatting in veenpolders (en daarmee wateroverlast voor de landbouw) te voorkomen/beheersen verlagen waterschappen regelmatig het oppervlaktewaterpeil evenredig met de bodemdaling, om de drooglegging in een gebied constant te houden. In het nieuwe rijksbeleid "Bodem en water sturend" (kamerbrief 25 november 2022) is hier een nieuwe lijn in gekozen, en wordt in laagveengebieden een afname van de drooglegging en ontwatering nagestreefd (ontwatering naar 20 tot 40 cm beneden maaiveld), om de bodemdaling te minimaliseren, en de uitstoot van broeikasgassen te reduceren.

2.2.3 Bodemdaling bij het winnen van delfstoffen

Als gevolg van het winnen van delfstoffen (zout en gas) uit diepe lagen in de ondergrond ontstaat er diepe bodemdaling. De daling heeft de vorm van een 'kom', zoals afgebeeld in afbeelding 2.2 en vlakt zich af naarmate men verder weg komt van de winningslocatie. Ook na het beëindigen van het winnen van delfstoffen kunnen er nog aanzienlijke tijd restzettingen optreden. Van zoutkruip is bekend dat deze waarschijnlijk nooit volledig stopt.

Afbeelding 2.2 Voorbeeld van bodemdalingscontouren op een hoogtekartaart (AHN) voor het zoutwinningsgebied van NEDMAG nabij Veendam [ref. 3]. De stippellijn betreft de grenscontour tot waar de bodemdaling relevant wordt beschouwd. Naast de dalingscontouren zijn de grenzen van de peilgebieden in het gebied gegeven (zwarte vakken)



De mechanismes die leiden tot bodemdaling zijn verschillend bij gas- en zoutwinning. Bij gaswinning wordt het gas uit de poriën van gesteentelagen gehaald, waardoor de druk in deze lagen afneemt. Hierdoor kunnen deze lagen (soms plotseling) gaan inklinken en kan er bodemdaling optreden. Bij zoutwinning daarentegen wordt het zout opgelost door water dat in de ondergrond wordt geïnjecteerd. Hierdoor ontstaan holtes of cavernes die zich vervolgens vullen met pekelwater. De daling door zoutwinning verloopt in het algemeen gelijkmatiger dan daling door gaswinning.

De bodemdalingssnelheid als gevolg van het winnen van delfstoffen zit tussen de enkele millimeters tot enkele centimeters per jaar voor het centrum van de winningslocatie. Deze snelheid neemt af naarmate de afstand tot het centrum van de winning toeneemt.

2.2.4 Bodemdaling door grondwaterwinning

Bij grondwateronttrekking wordt water uit de bodem gepompt, waardoor het grondwaterpeil c.q. de stijghoogte van het diepere grondwater daalt. Bodemdaling door grondwateronttrekking vindt vooral plaats via klink, krimp en veenoxidatie en is net als bij de winning van delfstoffen komvormig, indien de bovengrond ruimtelijk homogeen is opgebouwd.

Klink

Klink is het proces waarbij de waterspanning in de ondergrond afneemt en de korrelspanning toeneemt. Hierdoor worden de gronddeeltjes meer tegen elkaar aangedrukt, ontstaat verdichting en zakt de grond wat in elkaar. Klink kan het gevolg zijn van een daling van de grondwaterstand en komt voornamelijk voor bij slappe veen- en kleigronden.

Krimp

Krimp is het irreversibel indrogen/rijpen van slappe grondlagen zoals veen of klei. Dit gebeurt bij een daling van de grondwaterstand. Als de grondwaterstanden vervolgens weer stijgen zal de grondlaag niet volledig zwellen tot het oorspronkelijke volume.

Extra veenoxidatie

Bij veenoxidatie zorgt de daling van het grondwaterpeil ervoor dat er zuurstof bij het organische materiaal kan komen, waardoor het veen gaat oxideren, waardoor er volumeverlies optreedt en de bodem daalt. Dit proces vindt alleen plaats in gebieden met veengronden. Grondwateronttrekking kan in een veengebied tot extra veenoxidatie ten opzichte van de autonome situatie leiden, omdat door extra grondwaterstandsverlaging een groter deel van het veen met zuurstof in aanraking komt.

Verschillende onderzoeken geven een bodemdalingssnelheid voor grondwateronttrekking van tussen de enkele millimeters tot enkele centimeters per jaar. Deze waarde kan per locatie sterk verschillen en hangt af van de mate van onttrekking en de samenstelling van de ondergrond.

2.3 Vergelijken van bodemdalingsoorzaken

Voor bodemdalingen zijn er verschillende oorzaken te onderscheiden. In dit rapport wordt er onderscheid gemaakt tussen natuurlijke bodemdaling, komvormige daling (gas- en zoutwinning en grondwateronttrekking) en niet komvormige daling (veenoxidatie), bij het kwantificeren van de bodemdalingssnelheden.

2.3.1 Bodemdalingssnelheid en ruimtelijke gradiënt

Voor komvormige bodemdaling is de dalingssnelheid in het midden van de kom genomen. Op dit punt heeft de bodemdalingssnelheid normaal gesproken de maximale waarde. Bij een aantal onderzoeken is een onder- en bovengrens gegeven voor de dalingssnelheden waar de waardes voor een bepaald gebied tussen liggen. Wanneer meerdere oorzaken van bodemdaling op hetzelfde punt van invloed zijn, is alleen de daling als gevolg van een specifieke oorzaak beschouwd. De ruimtelijke gradiënt van de bodemdalingssnelheid is bepaald door de bodemdalingssnelheid te delen over de afstand tot waar er (nagenoeg) geen bodemdaling meer optreedt.

Natuurlijke bodemdaling

De natuurlijke bodemdaling geeft over het algemeen relatief lage bodemdalingssnelheden en verschilt per locatie in Nederland. In de uitzonderlijke situatie waarbij de drie oorzaken maximaal bij elkaar opgeteld kunnen worden, bedraagt de totale daling ongeveer 1 millimeter per jaar. Echter zal dit in de praktijk vrijwel nergens in Nederland voorkomen. De afstanden waarover de natuurlijke bodemdalingsoorzaken variëren zijn dusdanig groot dat er voor deze bodemdalingssnelheden slechts een zeer kleine ruimtelijke gradiënt optreedt.

Voor het noorden en oosten van Nederland, waar winningslocaties van Nobian zich bevinden, geldt dat de tektoniek voor een lichte bodemstijging zorgt (tabel 2.1). De isostasie zorgt voor een bodemdaling van enkele tienden van millimeters per jaar. De bodemdaling als gevolg van natuurlijke compactie heeft een waarde van maximaal 0,1 mm per jaar. Al met al zullen deze drie typen van natuurlijke bodemdaling, in het noorden en oosten van het land, zich beperken tot enkele tienden van millimeters per jaar.

Tabel 2.1 De uit de literatuur bepaalde bodemdalingssnelheden voor natuurlijke bodemdaling

Rapport/locatie	Absolute bodemdaling in het invloedsgebied (mm/jaar)	Ruimtelijke gradiënt bodemdalingssnelheid (mm/km/jaar)
Natuurlijke bodemdaling	Daling (bandbreedte)	
Tektoniek [ref. 1]	-0,02 tot 0,06	<0,05
Isostasie (gevolg van ijstijd) [ref. 1]	0 tot 0,8	<0,05
Natuurlijke compactie [ref. 1]	0 tot 0,1	<0,05

Komvormige bodemdaling

De bodemdalingssnelheden voor komvormige bodemdaling, die in de onderzoeken zijn bepaald, zijn samengevat in tabel 2.2. De snelheden zijn vergelijkbaar voor de drie verschillende oorzaken en liggen tussen de enkele millimeters tot enkele centimeters per jaar.

Voor de ruimtelijke gradiënt van de bodemdalingssnelheid is duidelijk het verschil te zien van de lengte waarover de bodemdaling van invloed is. Voor de gaswinning in Groningen ligt deze gradiënt over het algemeen een stuk lager dan bij grondwateronttrekking of zoutwinning. Zowel de grootte van de gasvelden als het overlappen van de invloedsgebieden van de productielocaties spelen hierbij een rol.

Tabel 2.2 De uit de literatuur bepaalde bodemdalingssnelheid en ruimtelijke gradiënt voor komvormige bodemdalingsoorzaken

Rapport/locatie	Absolute bodemdaling in het invloedsgebied (mm/jaar)	Afstand centrum bodemdaling tot grens invloedsgebied (km)	Ruimtelijke gradiënt bodemdalingssnelheid (mm/km/jaar)
Zoutwinning:	maximale daling (in de kom)		
Zuidwending [ref. 4, 8]	1	1,56	0,64
Veendam [ref. 2, 3]	25	4,4	5,68
Heiligerlee [ref. 8]	2 tot 3	1,5	1,60
Gaswinning:	maximale daling (in de kom)		
Wetterskip Fryslan [ref. 6]	3,8	3,54	1,07
Loppersum, Zuidwending en Heiligerlee [ref. 15]	3 tot 6	28	0,16
Groningen (NAM) [ref. 7]	3	22	0,20
Grondwaterwinning:	maximale daling (in de kom)		
De Put [ref. 12]	3,3	1,4	2,38
Benedenloop Lek [ref. 11]	3,3 tot 20,6	2,3	1,43 tot 8,96
Waterwingebied Rodenhuis [ref. 14]	1,2	-	-
Bodemdaling Langerak [ref. 13]	5,3	-	-

Niet komvormige bodemdaling

De bodemdalingssnelheden door veenoxidatie zijn samengevat in tabel 2.3. Aangezien dit geen komvormige daling betreft is de ruimtelijke gradiënt van de bodemdalingssnelheid door veenoxidatie op een andere manier ingeschat. Voor de veenoxidatie wordt er over het algemeen een aanzienlijke spreidingsruimte gegeven voor de waarde van de bodemdalingssnelheid. Dit heeft te maken met het feit dat veenoxidatie, afhankelijk van lokale bodemopbouw en hydrologische situatie ruimtelijk sterk kan variëren [ref. 31].

Om deze reden zijn er 2 scenario's bepaald voor de ruimtelijke gradiënt:

- 1 het scenario waarbij de zakking door veenoxidatie homogeen is over een bepaald gebied en de ruimtelijke gradiënt gelijk is aan 0;
- 2 het scenario waarbij een gebouw van 20 meter aan de ene kant zakt volgens de absolute bodemdalingssnelheid door veenoxidatie, en waarbij de andere kant van het gebouw 25 % minder snel zakt, door een andere lokale bodemopbouw (dunnere veenlaag) en/of (hogere) grondwaterstand. Hierdoor kunnen er aanzienlijke gradiënten ontstaan, waardoor ook gebouwschade kan ontstaan. Deze situatie kan voorkomen in gebieden met een grote ruimtelijke variatie van veen.

Tabel 2.3 De uit de literatuur bepaalde bodemdalingssnelheden door veenoxidatie

Rapport/locatie	Absolute bodemdaling in het invloedsgebied (mm/jaar)	Ruimtelijke gradiënt bodemdalingssnelheid (mm/km/jaar)
Veenoxidatie	daling (bandbreedte)	
Groningen (Hunze en Aa) [ref. 15]	10 tot 20	0 ¹ tot 250 ²
De Put [ref. 12]	3 tot 10	0 ¹ tot 120 ²
Alblasserwaard [ref. 11]	3 tot 10	0 ¹ tot 120 ²
Groot Wilnis-Vinkeveen e.o. [ref. 10]	3 tot 8	0 ¹ tot 100 ²
Fries veenweidegebied [ref. 17]	0 tot 15	0 ¹ tot 180 ²

1) Situatie waarbij de zakking door veenoxidatie homogeen is over een bepaald gebied en de ruimtelijke gradiënt gelijk is aan 0.

2) Situatie waarbij een gebouw van 20 meter lang aan de ene kant zakt volgens de absolute bodemdaling door veenoxidatie, en waarbij de andere kant van het gebouw 25 % minder hard zakt, door andere lokale bodemopbouw (dunnere veenlaag) en/of (hogere) grondwaterstand.

2.3.2 Bodemdalingssnelheden op de grens van een komvormig dalingsgebied

Naast de bodemdalingssnelheden is het voor dit onderzoek relevant te kijken naar de grenzen van een invloedsgebied door bodemdaling. Veel onderzoeken gebruiken een bepaalde grenscontour, waarbij verondersteld wordt dat buiten die contour de effecten van bodemdaling verwaarloosbaar klein zijn. Dit is bijvoorbeeld te zien in Afbeelding 2.2 (Nedmag dalingsgebied bij Veendam), waar een grenswaarde van 2 centimeter is gehanteerd voor de totale bodemdaling door zoutwinning. Nobian hanteert in eigen onderzoeken over het algemeen een grens van 1 centimeter. Het literatuuronderzoek wijst uit dat er voor deze grenscontouren verschillende waardes worden gebruikt. Een overzicht van de grenswaarden is gegeven in tabel 2.4. Deze contouren zijn alleen van toepassing op komvormige bodemdalingen.

Tabel 2.4 laat zien dat de totale daling op de grens van het invloedsgebied over een periode van 50 jaar tot relatief lage waardes leidt. Zo zitten de meeste waardes tussen de 1 en 2 centimeter, met één uitschieter van 5,6 cm over een periode van 50 jaar. Deze uitschieter betreft het bodemdalingsgebied door gaswinning in Dongeradeel in Friesland. Omdat dit gebied overlapt met een naastliggend bodemdalingsgebied door gaswinning is hier noodgedwongen voor een grens van het invloedsgebied van 4 cm gekozen (in plaats van de gangbare 2 cm), omdat 4 cm de laagste totale dalingswaarde is in het overgangsggebied. De waarde van 5,6 cm is daardoor een onterechte overschatting van de gangbare waarde van 1 à 2 cm totale daling in 50 jaar op de rand van het invloedsgebied.

Ter vergelijking; de natuurlijke bodemdaling in Nederland over een periode van 50 jaar zit tussen de -1 (min) tot 48 (max) millimeter (tabel 2.1). De kritische grenswaardes die zijn bepaald zitten dus in dezelfde ordegrrootte als de natuurlijke bodemdaling in Nederland. De natuurlijke bodemdaling wordt in onderzoeken over het algemeen als verwaarloosbaar beschouwd.

Tabel 2.4 Overzicht van de bodemdalingssnelheden op de grenzen van komvormige dalingsgebieden. Daarnaast is de termijn gegeven waarover de bodemdaling is beschouwd en is met deze gegevens de daling van deze grens per jaar en voor een periode van 50 jaar bepaald

Type/locatie	Daling op grens dalingsgebied in het betreffende onderzoek(mm)	Termijn/zichthorizon waarover bodemdaling is beschouwd (jaren)	Daling op grens invloedsgebied (mm/jaar)	Daling op grens invloedsgebied (mm/50 jaar)
Zoutwinning:				
Zuidwending [ref. 4, 8]	10	45	0,2	11,1
Veendam [ref. 2, 3]	25	68	0,3	14,7
Heiligerlee [ref. 8]	-	60	-	-
Gaswinning:				
Dongeradeel [ref. 6]	40 ¹	36	1,1	55,6
Loppersum, Zuidwending en Heiligerlee [ref. 15]	20	53	0,4	18,9
Groningen (NAM) [ref. 7]	20	53	0,4	18,9
Grondwaterwinning:				
De Put [ref. 12]	-	-	-	-
Benedenloop Lek [ref. 11]	1	30	0,03	1,7
Waterwingebied Rodenhuis [ref. 14]	-	30	-	-
Bodemdaling Langerak [ref. 13]	-	34	-	-

¹ Voor Dongeradeel is noodgedwongen een grens van 40 mm in plaats van 20 mm gekozen, vanwege een aangrenzend bodemdalingsgebied door gaswinning, waardoor de laagste waarde in het 'tussengebied' 40 mm bedraagt.

2.3.3 Ruimtelijke ongelijkheid

Natuurlijke bodemdaling

Alle drie de genoemde typen van natuurlijke bodemdaling hebben een relatief kleine bodemdalingssnelheid die ruimtelijk over grote afstanden (provincieniveau) maar nauwelijks verschilt [ref. 1]. Hierdoor kan geconcludeerd worden dat natuurlijke bodemdaling niet tot significante ruimtelijke ongelijkheden in dalingssnelheden leidt.

Komvormige bodemdaling

Zout- en gaswinning

Afgezien van de ruimtelijke gradiënt door komvormige bodemdaling, wijst onderzoek uit dat de zakking als gevolg van het winnen van delfstoffen ruimtelijk vrij constant is [ref. 2, 4, 5, 16]. Doordat de onttrekking van delfstoffen in diepere grondlagen plaatsvindt, wordt de zakking uitgespreid over de grondlagen erboven. Ter hoogte van het maaiveld betekent dit geen grote ruimtelijke gradiënten in de bodemdaling. Zoals te zien in afbeelding 2.2 zakt de grond op de plaats van de winning het meest en neemt de daling af richting de randen van het invloedsgebied. Er is hierdoor sprake van een relatief kleine gradiënt. Dit betreft waardes tot enkele tientallen centimeters per kilometer. Voor een (gebouw)lengte van 20 meter gaat dit over enkele millimeters.

Grondwaterwinning

Voor grondwaterwinning geldt een ander mechanisme voor de bodemdaling vergeleken met het winnen van gas en zout. Grondwaterwinning kan leiden tot een verlaging van de grondwaterstand in de ondiepe ondergrond. Omdat dit een komvormige daling van de grondwaterstand rondom de winningslocatie betreft, heeft dit ook een komvormige bodemdaling door klink en krimp als gevolg. Bij de aanwezigheid van veen kan het verlagen van de grondwaterstand de veenoxidatie doen laten toenemen. De ruimtelijke ongelijkheid van de bodemdaling als gevolg van grondwateronttrekking hangt daardoor af van de samenstelling en de ruimtelijke variatie van de ondergrond in het winningsgebied.

Niet komvormige bodemdaling

Veenoxidatie

De bodemdaling als gevolg van veenoxidatie kan ruimtelijk aanzienlijk variëren per gebied [ref.17]. Dit komt doordat zowel de ontwatering als de aanwezigheid van veen lokaal erg kan verschillen. Dit is ook terug te zien in de berekening voor de ruimtelijke gradiënt van de bodemdalingssnelheid in Tabel 2.5.

2.4 Overzichtstabel

Tabel 2.5 geeft een samenvatting van de tabellen in paragraaf 2.2 en 2.3, per gebied aangevuld met informatie over het bodemtype, het dominante grondgebruik en de drooglegging.

Tabel 2.5 Overzichtstabel van de onderzoeken van verschillende bodemdalingsoorzaken

Rapport/locatie	Grens invloedsgebied bodemdaling in het betreffende onderzoek (mm)	Afstand centrum bodemdaling tot grens invloedsgebied (km)	Termijn/zichthorizon waarover bodemdaling is beschouwd (jaren)	Daling op grens invloedsgebied (mm/jaar)	Daling op grens invloedsgebied (mm/50 jaar)	Absolute bodemdaling in het invloedsgebied (mm/jaar)	Ruimtelijke gradiënt bodemdalingssnelheid (mm/km/jaar)	Bodemtype in het bodemdalingsgebied	Dominant grondgebruik in het bodemdalingsgebied	Drooglegging in het invloedsgebied (m)
Natuurlijke bodemdaling						daling (bandbreedte)				
Tektoniek	-	-	-	-	-	-0,02 tot 0,06	<0,05	-	-	-
Isostasie (gevolg van ijstijd)	-	-	-	-	-	0 tot 0,8	<0,05	-	-	-
Natuurlijke compactie	-	-	-	-	-	0 tot 0,1	<0,05	-	-	-
Totaal	-	-	-	-	-	-0,02 (min) tot 0,96 (max)	<0,05	-	-	-
Zoutwinning						maximale daling (in de kom)				
Zuidwending	10	1,56	45	0,2	11,1	1	0,64	zand en veen	Akkerland	0,9 tot 1,2 ¹
Veendam (NEDMAG)	20	4,4	68	0,3	14,7	25	5,68	zand en veen	Akkerland	0,8 tot 2
Heiligerlee	-	1,5	60	-	-	2 tot 3	1,67	zand, klei en veen	Akkerland	0,4 tot 0,9 ¹
Twente	10	-	-	0,1	5	0,4 tot 1,2	0,87 tot 2,23	zand en klei	Grasland	0,6 tot 1,5 ¹
Gaswinning						maximale daling (in de kom)				
Dongeradeel	40	3,54	36	1,1	(55,6)	3,8	1,07	zavel ⁴ en klei	Grasland	0,2 tot 2,5
Loppersum, Zuidwending en Heiligerlee	20	28	53	0,4	18,9	3 tot 6	0,16	zavel ⁴ , zand, veen en klei	Akkerland	0,7 tot 1,2 ¹
Groningen (NAM)	20	22	53	0,4	18,9	3	0,20	zavel ⁴ , zand, veen en klei	Akkerland	0,4 tot 1,2 ¹
Grondwaterwinning						maximale daling (in de kom)				
De Put	-	1,4	-	-	-	3,3	2,38	veen en klei	Grasland	0,9 tot 1,1 ¹
Benedenloop Lek	1	2,3	30	0,03	1,67	3,3 tot 20,6	1,43 tot 8,96	veen en klei	Grasland	0,4 tot 1,1 ¹
Waterwingebied Rodenhuis	-	-	30	-	-	1,2	-	veen en klei	Grasland	0,9 tot 1,1 ¹
Bodemdaling Langerak	-	-	34	-	-	5,3	-	veen en klei	Grasland	0,9 tot 1,1 ¹
Veenoxidatie						daling (bandbreedte)				
Groningen (Hunze en Aa)	-	-	-	-	-	10 tot 20	0 ² tot 250 ³	veen	Grasland	0,4 tot 1,2 ¹
De Put	-	-	-	-	-	3 tot 10	0 ² tot 120 ³	veen	Grasland	0,9 tot 1,1 ¹
Alblasserwaard	-	-	-	-	-	3 tot 10	0 ² tot 120 ³	veen	Grasland	0,4
Groot Wilnis-Vinkeveen e.o.	-	-	-	-	-	3 tot 8	0 ² tot 100 ³	veen	Grasland	0,2 tot 1,5
Fries veenweidegebied	-	-	-	-	-	0 tot 15	0 ² tot 180 ³	veen	Akkerland/Grasland	0,4 tot 1,2

1) De drooglegging is bepaald via het dataportaal van NHI.nu [ref. 18] **2)** Het scenario waarbij de zakking door veenoxidatie homogeen is over een bepaald gebied en de ruimtelijke gradiënt gelijk is aan 0. **3)** Het scenario waarbij een gebouw van 20 meter aan de ene kant zakt volgens de absolute bodemdaling door veenoxidatie, en waarbij de andere kant van het gebouw 25 % minder hard zakt, door andere lokale bodemopbouw (dunnere veenlaag) en/of (hogere) grondwaterstand. Dit soort situaties kan voorkomen in veengebieden, en kan tot gebouwschade leiden. **4)** Grondsoort van voornamelijk zand met een percentage lutum (deeltjes onder de 2 µm) tussen de 8 en 25 %.

3

GEVOLGEN VAN BODEMDALING DOOR ZOUTWINNING

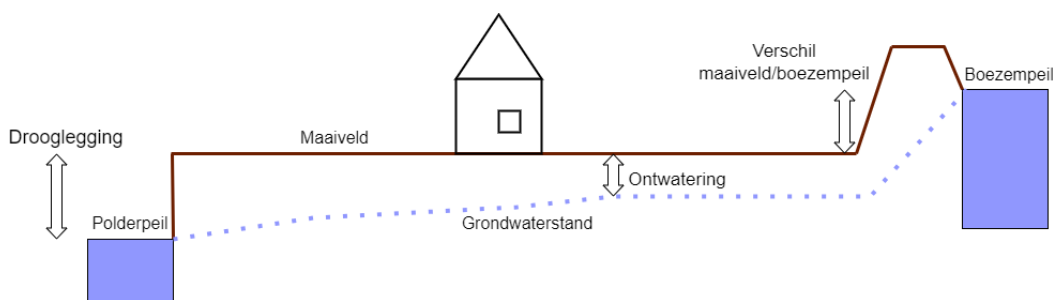
Voor de gevolgen van de zoutwinning door Nobian wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte effecten van zoutwinning. Directe effecten zijn één op één te linken aan de komvormige bodemdaling als gevolg van de zoutwinning. De indirecte effecten zijn het gevolg van menselijk ingrijpen en kunnen ook na een langere periode pas van invloed zijn. Hierdoor kan de link met de bodemdaling door zoutwinning wat vervagen. Nobian kan echter ook bij deze indirecte effecten verantwoordelijk worden gehouden voor de optredende schade, waardoor het van belang is zowel de directe- als indirecte effecten goed in kaart te brengen.

3.1 Waterhuishouding

3.1.1 Directe effecten van bodemdaling door zoutwinning

Zoals valt op te maken uit afbeelding 2.2 leidt zoutwinning tot komvormige bodemdaling. Dit kan verschillende effecten hebben op het watersysteem van het zoutwinningsgebied. afbeelding 3.1 geeft een overzicht van verschillende termen uit het waterbeheer en de relatie van deze parameters ten opzichte van het maaiveld. Bij een homogene daling van het maaiveld zal in dit voorbeeld de drooglegging en ontwatering afnemen terwijl het boezempeil hoger boven het maaiveld komt te liggen.

Afbeelding 3.1 Overzicht van verschillende parameters die relevant zijn voor het waterbeheer van een gebied en die worden beïnvloed door bodemdaling



Groter verschil tussen maaiveld en boezempeil

Bij een groter verschil tussen het maaiveld en boezempeil kunnen de volgende effecten optreden:

- verandering van grondwaterstromen;
- toename van het risico op wateroverlast vanwege de stijging van het watervolume dat zich boven het maaiveld bevindt;
- waterkeringen rond het boezemwater die niet meer voldoen aan de veiligheidsnormen (waterkeringen zakken mee met het maaiveld).

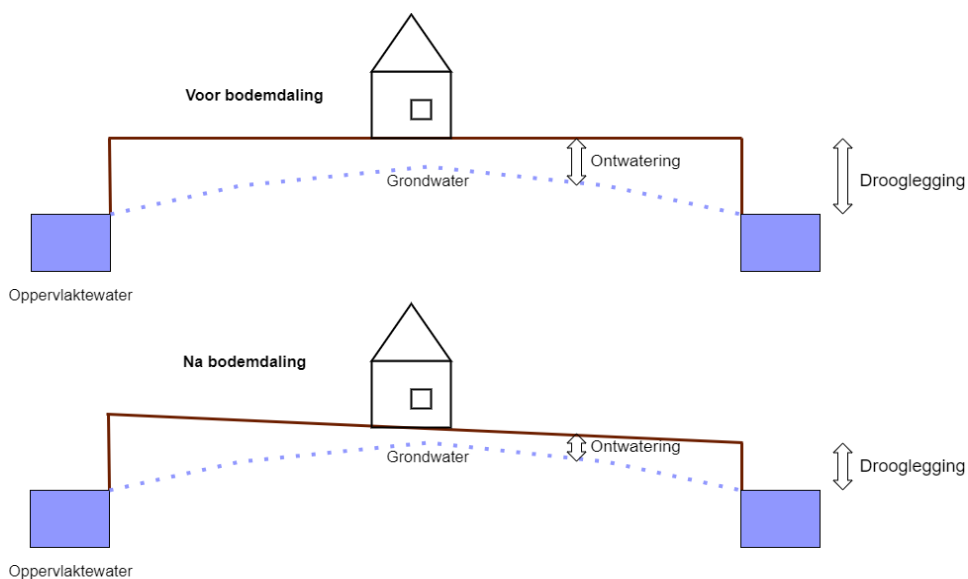
Afname drooglegging en ontwatering

Bij het zakken van het maaiveld nemen de ontwatering en drooglegging af bij een onveranderd oppervlaktewaterpeil. Hiervan is een voorbeeld gegeven met een komvormige daling in Afbeelding 3.2.

Hierbij treden de volgende effecten op:

- er treedt (lokale) vernatting op in het gebied;
- de waterbergingsruimte in grond- en oppervlaktewater in het gebied neemt af.

Afbeelding 3.2 Illustratie van de verandering van het maaiveld ten opzichte van het polderpeil (drooglegging) en de verandering van het maaiveld ten opzichte van het grondwater (ontwatering), bij een komvormige bodemdaling (aflopende helling naar rechts)



Zakking van kunstwerken

Bodemdaling kan er ook voor zorgen dat de functionaliteit van peilregulerende kunstwerken (stuwen, sluizen en gemalen) verandert. Dit gebeurt als kunstwerken mee zakken met de daling van het maaiveld en dit kan effect hebben op de waterpeilen van een gebied. Bij komvormige bodemdaling in combinatie met een (onbedoelde) peilverlaging kan er zowel vernatting als verdroging optreden (zie bijlage 1). Als bijvoorbeeld een duiker op een locatie ligt waar sterkere bodemdaling is dan het achterliggende gebied dat afwatert via die duiker kan de zakking van die duiker tot verdroging leiden.

3.1.2 Indirecte effecten van bodemdaling door zoutwinning

Om de mogelijke directe effecten van bodemdaling in een watersysteem (vernatting, verdroging en verandering van waterberging) te voorkomen/beheersen, kunnen maatregelen worden getroffen. Verlagen van het oppervlaktewaterpeil zijn hiervoor een gebruikelijke maatregel. Hierbij wordt gebruik gemaakt van verschillende typen peilregulerende kunstwerken (stuwen, gemalen en sluizen).

Bij een bepaalde bodemdalingssnelheid zou ervoor gekozen kunnen worden om de polderpeilen met dezelfde snelheid te laten dalen om de drooglegging in het gebied constant te houden. Voor gebieden waarvoor de drooglegging al relatief klein is, is dit vaak een noodzakelijke maatregel. Voor gebieden met een grotere drooglegging kan besloten worden niet in te grijpen. Een belangrijk gegeven voor peilverlagingen is dat waterschappen in hun afwegingen voor peilbesluiten over het algemeen een minimale verandering van de drooglegging van 5 centimeter hanteren voordat een verlaging van het polderpeil wordt overwogen [ref. 19].

Peilverlagingen

Peilverlagingen (ter compensatie van bodemdaling) kunnen leiden tot de volgende (negatieve) effecten:

- **zowel vernatting als verdroging:** De begrenzingen van peilgebieden komen nooit exact overeen met de dalingscontouren van een komvormige bodemdaling. Een goed voorbeeld hiervan is gegeven in Bijlage I voor het bodemdalingsgebied van Nedmag bij Veendam. In dit geval is duidelijk te zien dat binnen één peilgebied de bodemdaling verschillen vertoont en dat er na compenserende peilverlagingen zowel vernatting als verdroging kan optreden ten opzichte van de situatie van voor de bodemdaling (drooglegging neemt zowel af als toe);
- **extra bodemdaling:** Bij een verlaging van het polderpeil is er op locaties waar de drooglegging en ontwatering daardoor groter worden, kans op klink en krimp door verdroging. Ook kan er daar verdere bodemdaling ontstaan als gevolg van veenoxidatie, nu de grondlaag tot een grotere diepte in aanraking komt met zuurstof. De ruimtelijke variatie van (rest)veen dat kan oxideren, kan ervoor zorgen dat de extra bodemdaling plaatselijk kan variëren.

Geen peilverlagingen

In bepaalde situaties kan er voor gekozen worden om geen peilverlagingen toe te passen om de bodemdaling te compenseren. Dit geldt bijvoorbeeld voor gebieden met een grote drooglegging, of gebieden met functies die weinig gevoelig zijn voor droogleggingsveranderingen.

3.2 Overzicht factoren en processen die tot schade kunnen leiden

Afbeelding 3.3 geeft een overzicht van de factoren en processen die het gevolg zijn van de bodemdaling door zoutwinning. Hierbij is onderscheid gemaakt in vier situaties, op basis van of er wel of geen peilverlagingen noodzakelijk zijn ter compensatie van de bodemdaling door zoutwinning, en de aan- of afwezigheid van veen dat extra kan oxideren als gevolg van een droogleggingstoename (als gevolg van een peilverlaging).

Afbeelding 3.3 Overzicht van factoren en processen die tot schade kunnen leiden bij bodemdaling door zoutwinning, rekening houdend met de aan- of afwezigheid van oxiderend veen en of er wel of geen peilverlagingen plaatsvinden

Factoren en processen als gevolg van bodemdaling door zoutwinning die mogelijk tot schade kunnen leiden voor landbouw, natuur, infrastructuur en bebouwing

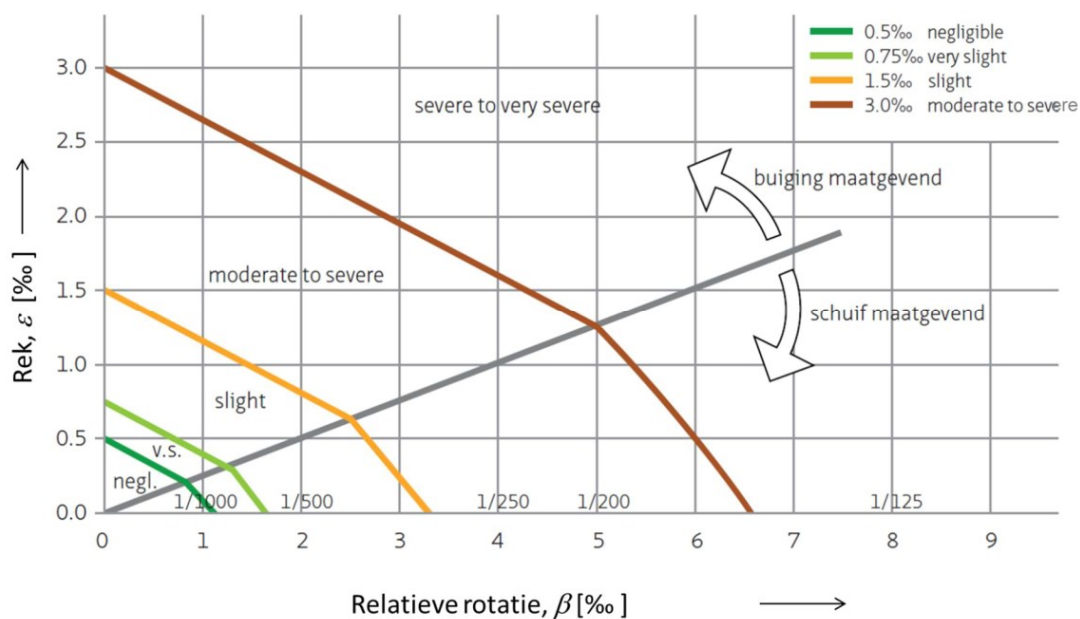
A	C
Geen peilverlagingen, geen oxiderend veen aanwezig • Toename kans op wateroverlast door afname drooglegging en ontwatering. • Bij daling van peilregulerende kunstwerken kans op lokale (onbedoelde) peilverlaging, en daardoor lokale verdroging.	Peilverlagingen, geen oxiderend veen aanwezig • Ten opzichte van A: door (doelgerichte) peilverlagingen minder (tot geen) afname van drooglegging en ontwatering, waardoor minder kans op wateroverlast. • Door (doelgerichte) peilverlagingen ook lokaal verdroging, omdat peilgebiedsgrenzen niet exact de bodemdalingscontouren volgen.
B	D
Geen peilverlagingen, wel oxiderend veen aanwezig • Zelfde als A, maar op locaties met verdroging ook kans op extra veenoxidatie, met mogelijke schade als gevolg.	Peilverlagingen, wel oxiderend veen aanwezig • Zelfde als C, maar op locaties met verdroging ook kans op extra veenoxidatie, met mogelijke schade als gevolg.

3.3 Schade aan gebouwen en infrastructuur

3.3.1 Directe effecten van bodemdaling door zoutwinning

Diepe bodemdaling door zoutwinning leidt over het algemeen tot een gelijkmatige daling met een geringe ruimtelijke ongelijkheid. Meerdere onderzoeken concluderen dat de kans op schade aan infrastructuur en bebouwing bij komvormige bodemdaling door het winnen van zout verwaarloosbaar klein is [ref. 2, 4, 5, 16]. De optredende horizontale rek en relatieve rotatie blijven ver onder onderzochte grenswaarden voor potentiële schade [ref. 5]. Een overzicht van het schadebeeld door deze twee parameters is afgebeeld in Afbeelding 3.4. Dit geldt alleen voor de kans op schade door de komvormige bodemdaling als gevolg van zoutwinning en niet voor de kans op schade door veranderingen in de waterhuishouding.

Afbeelding 3.4 Relatie relatieve rotatie en rek in combinatie met het schadebeeld [ref. 5]



De optredende vernatting en verdroging in een gebied als direct gevolg van de komvormige bodemdaling kunnen mogelijk wel leiden tot een kans op schade aan gebouwen en infrastructuur. Zo kunnen er bij een vernatting kelders en kruipruimtes onder water komen te staan. Bij een lokale verdroging (door zakken van een peilregulerend kunstwerk) kan daar het grondwater zakken en kan er mogelijk lokaal extra ondiepe bodemdaling door veenoxidatie optreden. Ook zouden er theoretisch houten funderingspalen droog kunnen komen te staan. Dit zou dan effect hebben op de draagkracht van de funderingen. Bij dit proces kan het ook van belang zijn wat voor peilverlagingen er in het verleden al hebben plaatsgevonden en wat de huidige staat is van funderingen.

3.3.2 Indirecte effecten van bodemdaling door zoutwinning

Door het verlagen van de oppervlaktewaterpeilen ter compensatie van de bodemdaling ontstaan er aanvullende kansen op schade aan gebouwen en infrastructuur. Zo kan lokale vernatting of verdroging zorgen voor problemen rondom kelders en funderingen van gebouwen. Vooral door lokale vergroting van drooglegging en ontwatering kan daar ondiepe bodemdaling optreden als gevolg van krimp, klink of veenoxidatie. In tegenstelling tot diepe bodemdaling door zoutwinning, leidt ondiepe bodemdaling door klink, krimp en veenoxidatie tot een grotere kans op schade voor gebouwen en infrastructuur. Voornamelijk ruimtelijk variërende bodemdaling door veenoxidatie kan een rol spelen bij het ontstaan van schade [ref. 16].

Naast de risico's die ontstaan door bodemdaling zijn er andere aspecten die mee kunnen spelen bij het ontstaan van schade. Dit zijn geen aspecten waar Nobian verantwoordelijk voor is maar die wel belangrijk kunnen zijn om in kaart te brengen voor het bodemdalingsgebied.

Mogelijke aspecten die bijdragen aan de risico's op schade bij bodemdaling:

- de huidige staat en leeftijd van funderingen, gebouwen en infrastructuur;
- historische peilverlagingen.

In het geval van schade aan funderingen, gebouwen en infrastructuur in en rondom het winningsgebied is er een kans dat er naar Nobian zal worden gekeken als mogelijke veroorzaker. Bij eventuele claims zal dan wel het indirecte schade-effect als gevolg van diepe bodemdaling door zoutwinning moeten worden aangetoond.

Vervolgonderzoek naar de volgende punten kan daarin assisteren [ref. 16]:

- informatie over het waterafvoerpunt van historische peilvakken kan worden gebruikt om nauwkeurige schattingen te maken van de verandering in de drooglegging, en de grondwaterstandsverandering binnen het peilvak. Kennis van het verleden helpt bij het inschatten van toekomstige scenario's;
- onderzoek op pandniveau: door middel van boringen informatie verkrijgen over bodemopbouw, geotechnische eigenschappen en grondwaterstand. In combinatie met het type fundering en de grondwaterstandsverandering kan de kans op schade beter worden ingeschat.

3.4 Schade aan landbouw en natuur

Vernatting en verdroging in een bodemdalingsgebied als gevolg van de directe en indirecte effecten van zoutwinning kunnen ook effect hebben op de aanwezige landbouw en natuur in het bodemdalingsgebied.

Bij nieuwe peilbesluiten onderzoeken waterschappen in het algemeen van tevoren de effecten van oppervlaktewaterpeilveranderingen. Dit gebeurt bijvoorbeeld met behulp van de rekenmodules Waterwijzer landbouw en Waterwijzer natuur. In deze rekenmodules wordt per locatie rekening gehouden met de relevante factoren, zoals de aanwezige gewassen/vegetaties, de bodemopbouw en de grondwaterstanden.

Vernatting

Een kleinere ontwateringsdiepte kan voor de landbouw zorgen voor een hogere jaarlijkse natschade voor gewassen, en daardoor een lagere gewasopbrengst. Het kan echter ook zijn dat er voorafgaand aan de vernatting sprake was van een te droge situatie (te grote ontwateringsdiepte), in dat geval kan de vernatting ook juist voor een hogere gewasopbrengst zorgen. Voor natuurgebieden kan vernatting zowel positieve als negatieve effecten hebben op de flora en fauna, dit is afhankelijk van de lokaal aanwezige natuurdoeltypen. Meestal is vernatting echter gunstiger voor de natuur dan verdroging.

Verdroging

Een grotere ontwateringsdiepte kan voor de landbouw zorgen voor een hogere jaarlijkse droogteschade voor gewassen, en daardoor een lagere gewasopbrengst. Het kan echter ook zijn dat er voorafgaand aan de vernatting sprake was van een te natte situatie (te kleine ontwateringsdiepte), in dat geval kan de vernatting ook juist voor een hogere gewasopbrengst zorgen. Voor natuurgebieden kan verdroging zowel positieve als negatieve effecten hebben op de flora en fauna, dit is afhankelijk van de lokaal aanwezige natuurdoeltypen. Meestal is verdroging echter ongunstiger voor de natuur dan vernatting.

3.5 Compenserende maatregelen

Zoals eerder benoemd zijn vrijwel alle negatieve effecten van bodemdaling door zoutwinning een (indirect) gevolg van veranderingen in de waterhuishouding. In tabel 3.1 zijn de belangrijkste directe- en indirecte effecten van bodemdaling door zoutwinning op een rij gezet, inclusief mogelijke compenserende maatregelen om deze negatieve effecten tegen te gaan.

Tabel 3.1 Overzicht van effecten en maatregelen met betrekking tot de waterhuishouding en als gevolg van bodemdaling door zoutwinning

Directe effecten bodemdaling door zoutwinning	Compenserende maatregelen	Bijkomende negatieve effecten van compenserende maatregelen	Compenserende maatregelen
afname drooglegging en ontwatering waardoor vernatting	peilverlaging	lokaal verdroging en daardoor mogelijk ook extra veenoxidatie	peilgebieden opsplitsen om contouren bodemdaling beter te kunnen volgen
daling peilregulerende kunstwerken waardoor lokaal verdroging	verhogen peilregulerende kunstwerken	-	-
groter verschil tussen maaiveld en boezempeil waardoor toegenomen kans op wateroverlast	ophogen waterkering/ boezempeilverlaging	bij ophoging mogelijk ook verbreding waterkering nodig; bij boezempeilverlaging elders kans op verdroging	indien het boezemwater smaller wordt dient ter compensatie elders extra waterberging aangelegd te worden; bij landwaartse verbreding hoeft niet elders waterberging gecompenseerd te worden; boezem in meerdere peilvakken opknippen

EVALUATIE

4.1 Algemeen, belangrijkste factoren voor kans op restschade

Na het verlaten van een winning is er mogelijk een kans op het optreden van directe of indirecte schade als gevolg van de dan nog optredende bodemdaling. Dit kan gezien worden als restschade. Voor Nobian is het van belang om per winningslocatie een inschatting te maken wanneer het gebied zonder significante kans op restschade kan worden achtergelaten. Uit de literatuur komt naar voren dat dit per locatie (en bodemdalingsoorzaak) van verschillende factoren kan afhangen. Zoals weergegeven in afbeelding 3.3, worden de kansen op restschade als gevolg van bodemdaling door zoutwinning voornamelijk beïnvloed door de volgende factoren:

- 1 de absolute omvang van de resterende bodemdalingssnelheid in mm/jaar;
- 2 of er wel of geen verlagingen van het oppervlaktewaterpeil nodig zijn om de bodemdaling door zoutwinning te compenseren;
- 3 de eventuele aanwezigheid van veen dat kan oxideren als gevolg van verdroging door lokale droogleggingstoename. Overigens kunnen door lokale droogleggingstoename ook slappe (ongerijpte) kleilagen en veenlagen extra zettingen vertonen als gevolg van klink en krimp. Maar dit probleem is over het algemeen minder groot dan veenoxidatie. Zandbodems zijn over het algemeen weinig/niet zettingsgevoelig.

Naast de bodemopbouw (veen, klei of zand) zijn ook de bestaande peilgebiedsindeling, de bestaande droogleggingen en het grondgebruik (tabel 2.5) van belang voor eventuele kansen op schade. Ook de huidige staat van gebouwen en infrastructuur en historische peilverlagingen kunnen een rol spelen bij de kans op optredende schade.

4.1.1 Criteria en mogelijke grenswaardes

Mogelijke grenswaarde restdalingssnelheid

De restdalingssnelheid is de resterende bodemdalingssnelheid als gevolg van zoutwinning. Voor het bepalen van een mogelijke grenswaarde is gekeken naar de ordegrootte van soorten bodemdaling die over het algemeen als verwaarloosbaar worden beschouwd. Zoals besproken in paragraaf 2.3.1 geldt dit voor de natuurlijke bodemdaling in Nederland (ordegrootte tussen de 0 en 1 mm per jaar). Datzelfde geldt voor de daling op de grens van een invloedsgebied bij komvormige bodemdaling, die is bepaald in paragraaf 2.3.2 (ordegrootte tussen de 0 en 1,1 mm per jaar). Dat de ordegrootte van 1 mm per jaar op verschillende manieren terugkomt als dusdanig gering dat het verwaarloosd kan worden, geeft aanleiding tot het vaststellen van een mogelijke bovengrens van 1 mm per jaar voor de restdalingssnelheid.

Deze mogelijke grenswaarde voor de restdalingssnelheid geldt voor alle combinaties zoals weergegeven in afbeelding 3.3, met uitzondering van combinatie A (geen veen en geen peilverlagingen). Zolang er geen peilverlagingen nodig zijn om de restdaling te compenseren is de kans op schade naar verwachting beperkt. Daarnaast is er zonder de aanwezigheid van veen geen kans op extra veenoxidatie bij lokale verdroging (wel het geval bij combinatie B). Hieruit kan geconcludeerd worden dat een mogelijke grenswaarde van 1 mm per jaar relatief streng is voor combinatie A. Om deze reden zou de grenswaarde voor combinatie A verhoogd kunnen worden naar 1 à 2 mm per jaar.

Mogelijke criteria ruimtelijke gradiënt van de restdaling

De ruimtelijke gradiënt van de restdaling is de maximale restdaling gedeeld over de afstand tot waar er geen restdaling meer optreedt. Zoals eerder benoemd leidt de ruimtelijke gradiënt als gevolg van diepe bodemdaling door zoutwinning over het algemeen niet tot directe risico's voor gebouwen en infrastructuur, vanwege de beperkte zettingsverschillen en horizontale rek. De ruimtelijke gradiënt van de restdaling kan echter wel toekomstige peilverlagingen en/of een andere indeling van peilgebieden noodzakelijk maken. En die peilaanpassingen en de daarmee samenhangende droogleggingsveranderingen, kunnen in combinatie met veenoxidatie (mits er veen aanwezig is) of eventuele slappe (ongerijpte) sedimentlagen wel tot mogelijke risico's voor gebouwen en infrastructuur leiden. Dit is ook terug te zien in de orde-grootte van de ruimtelijke gradiënt van veenoxidatie vergeleken met andere oorzaken van bodemdaling (Tabel 2.5). De kans op schade aan gebouwen en infrastructuur als gevolg van een ruimtelijke gradiënt van de bodemdalingssnelheid wordt daardoor voornamelijk beïnvloed door de aan- of afwezigheid van veenlagen.

Effect restdaling op peilaanpassingen

De restdaling, en de ruimtelijke (komvormige) gradiënt daarvan, zal op termijn leiden tot droogleggingsveranderingen in bestaande peilgebieden. Een restdaling van 1 mm/jaar betekent over 50 jaar een restdaling van 5 cm, en over 100 jaar een restdaling van 10 cm. Een restdaling van 2 mm/jaar betekent over 50 jaar een restdaling van 10 cm, en over 100 jaar een restdaling van 20 cm. Deze restdalingen vinden hoofdzakelijk plaats in het centrum van het bodemdalingsgebied door zoutwinning, en nemen op relatief korte afstand (één à enkele kilometers) weer af. Peilgebieden van waterschappen hebben meestal ook een omvang (lengte en breedte) van enkele honderden meters tot enkele kilometers. Degelijke orde-grootte restdalingen kunnen daarom leiden tot lokale droogleggingsafnames van een omvang die peilverlagingen noodzakelijk maken om aan de droogleggingseisen van de aanwezige grondgebruiksfuncties te blijven voldoen.

Dit kan voor een waterschap reden zijn om een peil te verlagen, of om de peilgebiedsindeling te veranderen, bijvoorbeeld door een peilgebied op te knippen in kleinere peilgebieden. Deze peilaanpassingen kunnen op zichzelf tot mogelijke negatieve effecten leiden, zoals extra veenoxidatie (indien er veenrestanten aanwezig zijn), of een afname van de capaciteit van het gebied om extreme buien op te vangen [ref. 2]. Dit zijn indirecte effecten van de bodemdaling door zoutwinning, die eventueel wel aan de zoutwinner kunnen worden toegerekend.

Methodiek peilbesluiten/peilverlagingen

De waterschappen hebben een bepaalde methodiek om te bepalen of de oppervlaktewaterpeilen in hun beheersgebied nog voldoen aan bepaalde criteria (bijvoorbeeld: in peilgebieden met akkerbouw maximaal 10 % van het areaal te nat of te droog qua drooglegging). Bij de periodieke herziening van een peilbesluit (elke 10 à 20 jaar) voert het waterschap onderzoek uit om te toetsen of nog aan de criteria wordt voldaan, of niet. Als bijvoorbeeld de drooglegging te klein is geworden volgens de criteria voor de aanwezige grondgebruiksfuncties in het peilgebied, kan worden besloten om het peil te verlagen. De Oppervlaktewaterpeilen worden daarbij meestal afgerond op 5 cm. Dit betekent dat de peilen in het algemeen pas worden verlaagd als er volgens de methodiek van het waterschap een peilverlaging van minimaal 5 cm nodig is.

Overzichtstabel mogelijke criteria en grenswaarden

In tabel 4.1 zijn per combinatie mogelijke criteria en grenswaarden samengevat voor het verlaten van de winningslocatie zonder verdere compenserende maatregelen. Dit zijn algemene criteria en aandachtspunten om de risico's op negatieve effecten te minimaliseren.

Tabel 4.1 Mogelijke criteria en grenswaarden voor vier situaties (combinaties) voor het verlaten van een winningsgebied zonder resterende negatieve effecten

Combinatie	Mogelijke criteria voor verlaten locatie	Mogelijke grenswaarden restdaling door zoutwinning
A (geen veen, geen peilverlagingen)	de restdaling door zoutwinning leidt niet tot een risico op wateroverlast of verdroging, en leidt niet tot noodzakelijke peilverlagingen	Restdalingssnelheid ≤ 1 à 2 mm/jaar
B (wel veen, geen peilverlagingen)	de restdaling door zoutwinning leidt niet tot noodzakelijke peilverlagingen, en niet tot een risico op wateroverlast of verdroging	Restdalingssnelheid ≤ 1 mm/jaar
C Geen veen, wel peilverlagingen)	er zijn toekomstige peilverlagingen nodig om de restdaling van de zoutwinning te compenseren. Maar die leiden tot een verwaarloosbaar kleine kans op schade door wateroverlast, verdroging of daardoor veroorzaakte zettingen	Restdalingssnelheid zoutwinning ≤ 1 mm/jaar
D (Wel veen, wel peilverlagingen)	toekomstige peilverlagingen zijn hoofdzakelijk nodig ter compensatie van veenoxidatie, en slechts in zeer beperkte mate door bodemdaling als gevolg van zoutwinning	Restdalingssnelheid zoutwinning ≤ 1 mm/jaar

4.1.2 Overschrijding van mogelijke grenswaarden

De vastgestelde grenswaarden uit tabel 4.1 zijn vrij algemeen en bedoeld om een beeld te scheppen van ordegroottes waarbij de kans op negatieve effecten gering is. In de situatie waarbij niet wordt voldaan aan deze grenswaarden betekent het niet dat Nobian nooit een winningslocatie kan verlaten zonder verdere maatregelen. Per winningslocatie kan er door middel van aanvullend onderzoek en gebiedskennis een specifiek beeld worden gevormd van de toekomstige noodzaak tot peilverlagingen, en de kans op eventuele schades.

4.1.3 Andere oorzaken van bodemdaling

In de situatie waarbij niet alleen Nobian verantwoordelijk is voor de optredende bodemdaling, is een duidelijke afstemming gewenst over eventuele kostenverdeling bij bepaalde maatregelen en/of schades. Bij een gezamenlijke daling met gaswinning en/of grondwateronttrekking als medeveroorzakers, zou een bepaalde kostenverdeling gemaakt kunnen worden. Dit zou gebaseerd kunnen worden op het aandeel van de totale bodemdaling in een bepaald gebied.

Voor bodemdaling door veenoxidatie ligt de situatie iets complexer en zullen er afspraken gemaakt moeten worden met het waterschap. Idealiter is het aandeel van bodemdaling door zoutwinning op enig moment dusdanig klein dat het waterschap de gevolgen van de bodemdaling vanaf dat bepaald moment op zich kan nemen. Hier kunnen bepaalde afkoopkosten bij komen kijken.

4.2 Afstemming met waterschap en mogelijke zichthorizon restdaling

Zoals eerder benoemd zijn veranderingen in het watersysteem doorslaggevend voor de kansen op negatieve effecten als gevolg van bodemdaling door zoutwinning. Doordat de waterschappen veel kennis hebben over het waterbeheer in het zoutwinningsgebied, kan het van belang zijn af te stemmen welke maatregelen er genomen moeten worden bij een bepaalde restdaling. Zo kunnen de criteria en grenswaarden uit tabel 4.1 besproken worden voor een specifiek zoutwinningsgebied. Hier kan de gebiedskennis van de waterschappen een belangrijke rol in spelen.

Mogelijke zichthorizon totale restdaling

Omdat van zoutkruip bekend is dat het waarschijnlijk nooit volledig zal stoppen kan het zinvol zijn om een zichthorizon vast te stellen voor het inschatten van een grenswaarde waarbij de totale resterende bodemdaling door zoutwinning niet meer onderscheidend is voor maatregelen. Gedacht kan worden aan een zichthorizon van bijvoorbeeld 50 jaar. Reden hiervoor is dat veel waterschappen (en andere overheden) uitgaan van een levensduur van 50 jaar voor kunstwerken. En waterschappen (en andere overheden) in een periode van 50 jaar een of meerdere keren groot onderhoud uitvoeren aan hun assets: kunstwerken, waterkeringen, watergangen, beschoeiingen, (spoor)wegen. Ook worden peilbesluiten vaak eens per 10 à 20 jaar herzien, waarbij rekening wordt gehouden met alle relevante ruimtelijke en maatschappelijke ontwikkelingen (bijvoorbeeld wijzigingen in grondgebruik, andere vormen van landbouw e.d.).

Als de invloed van bodemdaling door zoutkruip op het watersysteem over een periode van bijvoorbeeld 50 jaar niet groter is dan de invloed van andere ontwikkelingen op het watersysteem, en meegenomen zou kunnen worden in regulier groot onderhoud en peilbesluiten van het waterschap, zou betrokkenheid van Nobian mogelijk niet meer nodig hoeven zijn. Het waterschap zou dan als het ware de resttaken van Nobian over kunnen nemen. Een dergelijk scenario zou met het waterschap besproken kunnen worden. Het waterschap zou dan eventueel nog een eenmalige afkopsom kunnen vragen.

4.3 Prognoses Nobian

Nobian heeft voor aantal winningslocaties prognoses opgesteld voor de toekomstige bodemdaling. Hierbij is rekening gehouden met verschillende scenario's en andere oorzaken van bodemdaling. De prognoses van winningslocaties Zuidwending, Heiligerlee en omgeving Hengelo zijn te vinden in bijlage II. In de prognoses is duidelijk zichtbaar dat in de meeste scenario's de bodemdalingssnelheid afneemt over de jaren maar dat er ook een bepaalde (constante) restdaling overblijft.

Zuidwending

Voor winningslocatie Zuidwending is de prognose dat de restdalingssnelheid als gevolg van zoutwinning zich stabiliseert vanaf het jaar 2075. Kijkend naar beide scenario's met verschillende korrelgroottes van zout, ligt de restdalingssnelheid vanaf het jaar 2075 tussen de 1 en 4 mm per jaar. Het scenario met een korrelgrootte van 3,4 mm voldoet voor geen enkele combinatie aan de mogelijke grenswaarden voor de restdaling (tabel 4.1). Het scenario met een korrelgrootte van 5,25 mm voldoet vanaf 2075 wel aan de mogelijke grenswaarden. Om de restdaling te toetsen aan de mogelijke criteria van de ruimtelijke gradiënt, is er nadere kennis benodigd van de peilgebieden en de aan- of afwezigheid van restveen in het winningsgebied.

Heiligerlee

De prognoses van Heiligerlee laten zien dat alleen het scenario van de verwachte daling met een 'hard shut-in' in de buurt komt van de mogelijke grenswaarde voor de restdaling (~2 mm per jaar). Hierdoor zou dit scenario kunnen voldoen aan de eisen van combinatie A (restdalingssnelheid van 1 à 2 mm per jaar). Het 'soft shut-in' scenario laat relatief hoge waardes zien (~1 cm per jaar) voor de restdalingssnelheid en ligt daardoor ruim boven de grenswaarden. Om de restdaling te toetsen aan de mogelijke grenswaarde van de ruimtelijke gradiënt, is er nadere kennis benodigd van de peilgebieden en de aan- of afwezigheid van restveen in het winningsgebied.

Twente

Voor de winningslocaties in Twente is de prognose dat de restdalingssnelheid zich vanaf 2050 stabiliseert met een maximum van 1,2 millimeter per jaar (Usseler Es). Voor winningslocaties Ganzebos en Hengelo is dit respectievelijk 1,1 en 0,4 millimeter per jaar. Hierdoor zit de restdalingssnelheid voor twee van de drie locaties net boven de gestelde eisen voor combinaties B, C en D (restdalingssnelheid kleiner dan 1 mm per jaar). De restdalingssnelheden voldoen wel voor combinatie A (kleiner dan 2 mm per jaar). Om de restdaling te toetsen aan de mogelijke grenswaarde van de ruimtelijke gradiënt, is er nadere kennis benodigd van de peilgebieden en de aan- of afwezigheid van restveen in het winningsgebied.

5

CONCLUSIES

5.1 Algemeen

Dit rapport beschrijft het resultaat van onderzoek naar gangbare bodemdalingssnelheden waarbij het voor Nobian acceptabel wordt om een zoutwinningsgebied zonder verdere compenserende maatregelen te verlaten.

Naast bodemdaling als gevolg van zoutwinning zijn er andere oorzaken die bodemdaling in Nederland kunnen veroorzaken. Zo is er een bepaalde natuurlijke bodemdaling en kan er bodemdaling ontstaan bij het winnen van gas, onttrekken van grondwater en bij het oxideren van veen. Natuurlijke bodemdaling heeft een relatief kleine dalingssnelheid van nog geen 1 mm per jaar terwijl de andere mogelijke oorzaken van bodemdaling (inclusief zoutwinning) een dalingssnelheid van enkele millimeters tot enkele centimeters per jaar tot gevolg kunnen hebben.

Deze typen van bodemdaling kunnen verschillen in waar ze optreden (diep/ondiep) en welke ruimtelijke vorm ze hebben (wel of niet komvormig). Diepe bodemdaling door zoutwinning leidt over het algemeen tot een gelijkmatige daling met een geringe ruimtelijke ongelijkheid, waardoor de kans op directe schade aan gebouwen of infrastructuur verwaarloosbaar klein is. Bij ondiepe bodemdaling, zoals bij veenoxidatie, kan aanzienlijke ruimtelijke variatie op korte afstanden ontstaan. Hierdoor kan ondiepe bodemdaling, met name als gevolg van veenoxidatie, wel tot een hogere kans op schade aan gebouwen of infrastructuur leiden.

De negatieve effecten als gevolg van bodemdaling door zoutwinning zijn voornamelijk het gevolg van veranderingen in de waterhuishouding. Zo zorgt bodemdaling bij gelijkblijvende waterstanden voor een toename van de kans op wateroverlast. Als gevolg hiervan kunnen aanpassingen nodig zijn in het waterbeheer. Hierbij moet gedacht worden aan het verlagen van oppervlaktewaterpeilen en/of het opsplitsen van peilgebieden. Naast dat deze maatregelen in veel gevallen noodzakelijk zijn, kunnen ze ook tot aanvullende (indirecte) negatieve effecten leiden. Zo kan bij een peilverlaging, op locaties die daardoor een grotere drooglegging krijgen, extra bodemdaling optreden als gevolg van veenoxidatie. Hoewel dit een indirect gevolg is van de bodemdaling door zoutwinning, zouden eventuele negatieve effecten hiervan de zoutwinner wel kunnen worden aangerekend.

In grote lijnen is de kans op schade als gevolg van bodemdaling door zoutwinning aan natuur, landbouw, infrastructuur en bebouwing voor een groot deel afhankelijk van het wel of niet toepassen van peilverlagingen en de aan- of afwezigheid van oxiderend veen. Om deze reden is onderscheid gemaakt tussen vier situaties:

- A. geen peilverlagingen, geen oxiderend veen aanwezig;
- B. geen peilverlagingen, wel oxiderend veen aanwezig;
- C. peilverlagingen, geen oxiderend veen aanwezig;
- D. peilverlagingen, wel oxiderend veen aanwezig.

Per combinatie zijn mogelijke criteria en grenswaardes in beeld gebracht voor het kunnen verlaten van een winningslocatie zonder verdere compenserende maatregelen. Dit zijn algemene criteria die een indicatie geven van wanneer de kans op negatieve effecten als gevolg van bodemdaling door zoutwinning klein is. Voor combinatie A lijkt een grenswaarde voor de restdaling van 1 à 2 mm/jaar acceptabel.

Voor combinatie B, C en D lijkt een grenswaarde voor de restdaling van 1 mm/jaar acceptabel. De restdalingssnelheden voor de winningslocaties Zuidwending en Heiligerlee liggen over het algemeen wat hoger dan deze mogelijke grenswaarden, of komen bij een gunstig scenario ongeveer overeen met deze mogelijke grenswaarden. De winningslocaties in Twente hebben een lagere prognose voor de restdalingssnelheid. Hengelo heeft een restdaling van 0,4 mm per jaar terwijl Ganzebos en Usseler Es net boven de grenswaarde liggen (1,1 en 1,2 mm per jaar). Om de restdaling te Zuidwending, Heiligerlee en Twente te toetsen aan de overige, meer algemene criteria, is er een nadere verkenning nodig van de peilgebieden en de aan- of afwezigheid van veenlagen in deze winningsgebieden.

De restdaling, en de ruimtelijke (komvormige) gradiënt daarvan, zal op termijn leiden tot droogleggingsveranderingen in bestaande peilgebieden. Een restdaling van 1 mm/jaar betekent over 50 jaar een restdaling van 5 cm, en over 100 jaar een restdaling van 10 cm. Een restdaling van 2 mm/jaar betekent over 50 jaar een restdaling van 10 cm, en over 100 jaar een restdaling van 20 cm. Deze restdalingen vinden hoofdzakelijk plaats in het centrum van het bodemdalingsgebied door zoutwinning, en nemen op relatief korte afstand (één à enkele kilometers) weer af. Peilgebieden van waterschappen hebben meestal een vergelijkbare omvang (lengte en breedte) van enkele honderden meters tot enkele kilometers. Degelijke orde-grootte restdalingen kunnen daarom leiden tot lokale droogleggingsafnames van een omvang die peilverlagingen noodzakelijk maken om aan de droogleggingseisen van de aanwezige grondgebruiksfuncties te blijven voldoen.

Dit kan voor een waterschap reden zijn om een peil te verlagen, of om de peilgebiedsindeling te veranderen, bijvoorbeeld door een peilgebied op te knippen in kleinere peilgebieden. Deze peilaanpassingen kunnen op zichzelf weer tot mogelijke negatieve effecten leiden, zoals extra veenoxidatie (indien er veenrestanten aanwezig zijn), of een afname van de capaciteit van het gebied om extreme buien op te vangen [ref. 2]. Dit zijn indirecte effecten van de bodemdaling door zoutwinning, die eventueel wel aan de zoutwinner kunnen worden toegerekend.

Per winningslocatie kan er door middel van nader onderzoek en gebiedskennis van met name het watersysteem (peilgebiedsindeling en peilbesluiten), de bodemopbouw (wel of geen ondiepe veenrestanten aanwezig) en grondgebruik en bijbehorende droogleggingseisen een specifiek beeld worden gevormd van de risico's op schade bij een bepaalde restdaling.

Mogelijke zichthorizon restdaling

Als de invloed van bodemdaling door zoutkruip op het watersysteem over een periode van bijvoorbeeld 50 jaar niet groter is dan de invloed van andere ontwikkelingen op het watersysteem, en meegenomen zou kunnen worden in regulier groot onderhoud en peilbesluiten van het waterschap, zou betrokkenheid van Nobian mogelijk niet meer nodig hoeven zijn. Het waterschap zou dan mogelijk als het ware de resttaken van Nobian over kunnen nemen. Een dergelijk scenario zou met het waterschap besproken kunnen worden. Het waterschap zou dan eventueel nog een eenmalige afkoopsom kunnen vragen.

5.2 Aanbevelingen

Nader onderzoek

Naast gebruik te maken van de algemene criteria en grenswaarden voor het verlaten van een winningsgebied wordt bij vermoedens van mogelijke toekomstige schade aangeraden per winningslocatie nader onderzoek te doen naar:

- de huidige peilgebiedsindeling, en de mate waarin hiermee kan worden geanticipeerd op de toekomstige bodemdalingscontouren van de restdaling;
- de in de huidige peilgebieden aanwezige bodemtypen, grondgebruik en droogleggingen, en in het verlengde daarvan de mogelijke effecten en risico's van de restdaling daarvoor;
- aanwezigheid van veenlagen (veenrestanten) in het gebied en de ruimtelijke ongelijkheid hiervan. Via het BROloket (basisregistratie ondergrond) zijn boringen en bodemkaarten te vinden waarmee de aanwezige grondsoorten in een bepaald gebied bepaald kunnen worden [ref. 20];
- de huidige staat en leeftijd van funderingen en gebouwen;

- eventueel op pandniveau onderzoek naar bodemopbouw, geotechnische eigenschappen en laagste grondwaterstand;
- historische aanpassingen in het waterbeheer (verandering van drooglegging/grondwaterstand);
- andere oorzaken van bodemdaling in het winningsgebied.

Afstemming met andere partijen

Naast nader onderzoek is het voor het verlaten van een winningslocatie van belang de te verwachten rest-effecten goed af te stemmen met andere partijen:

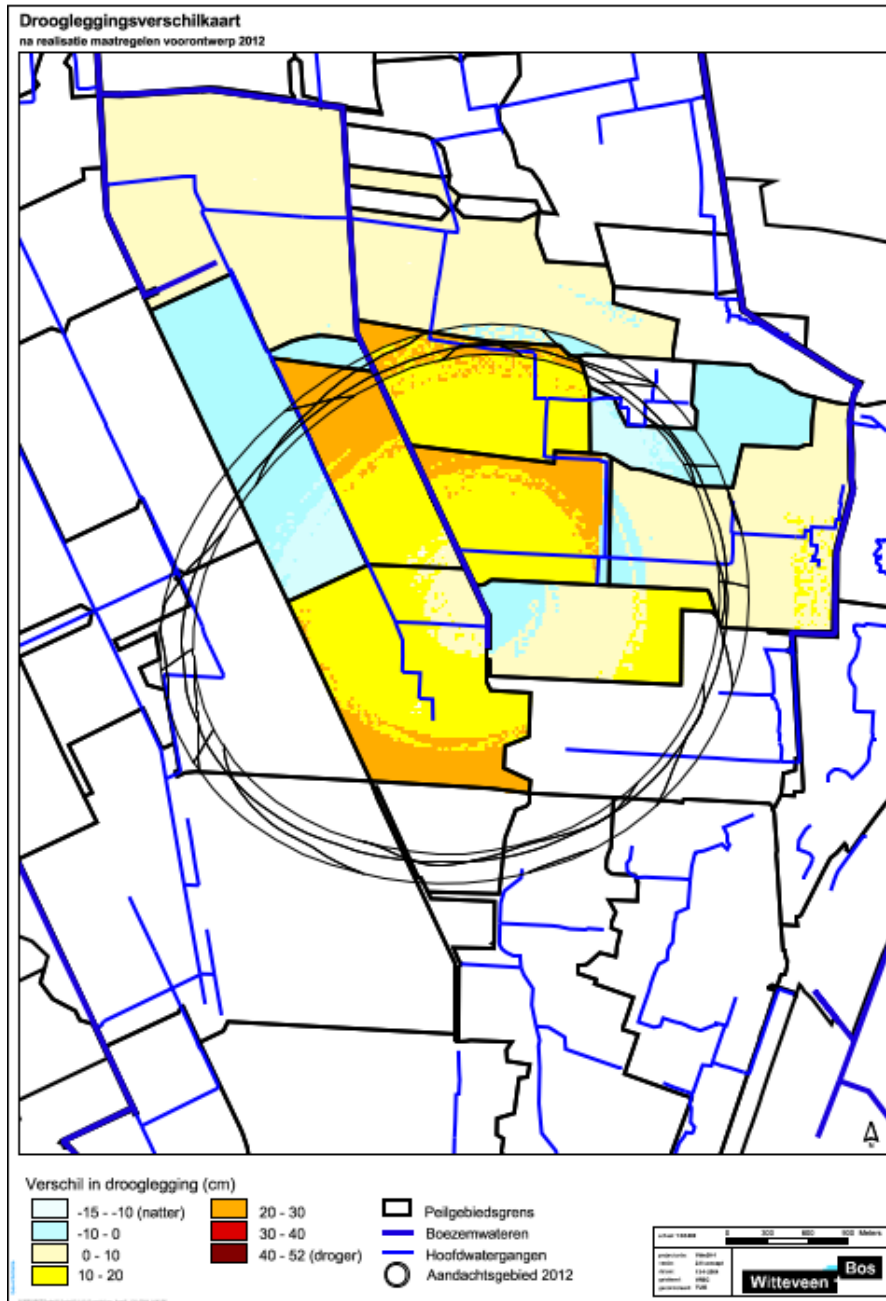
- **waterschap:** het waterschap beheert het watersysteem en heeft veel (gebieds-)kennis. Hierdoor is het mogelijk een afstemming te maken over maatregelen die benodigd zijn m.b.t. het waterbeheer bij een bepaalde restdaling. Daarnaast heeft elk waterschap een bepaalde systematiek en termijnen voor herziening van peilbesluiten en voor uitvoering van groot onderhoud en vervangingsinvesteringen (kunstwerken, waterkeringen, watergangen). Als het compenseren van de effecten van de restdaling vanaf enig moment door het waterschap (als slechts één van meerdere invloed factoren) kan worden meegenomen in deze reguliere termijnen voor peilbesluiten en groot onderhoud en vervangingsinvesteringen, is betrokkenheid van Nobian mogelijk niet meer noodzakelijk;
- **overige asset-eigenaren:** ook overige (semi)overheden, zoals gemeenten, provincie en ProRail bezitten assets (bijvoorbeeld wegen, beschoeiingen, spoorwegen) die mogelijk negatieve effecten zouden kunnen ondervinden van de restdaling in de toekomst. Ook hiervoor gelden vaak termijnen van bijvoorbeeld 50 jaar. Hierover zouden afspraken kunnen worden gemaakt;
- **andere veroorzakers bodemdaling (zoals de NAM):** eventuele afstemming over een kostenverdeling bij bepaalde maatregelen en/of schades;
- **burgers en gebouweigenaren:** communicatie over de mogelijk te verwachten effecten van de restdaling.

REFERENTIES

- 1 Bodemdaling | STOWA
- 2 Onderzoek 'mogelijke blinde vlekken' bodemdaling Nedmag. Witteveen + Bos, concept februari 2023.
- 3 Gevolgen van de bodemdaling door zoutwinning voor de waterhuishouding Nedmag. RHDHV, juli 2019.
- 4 Effecten van bodemvervorming door zoutwinning Zuidwending. RHDHV, april 2023.
- 5 Invloed van bodemdaling door zoutwinning Nedmag op bebouwing en infrastructuur. Deltares, oktober 2018.
- 6 Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling Dongeradeel - effecten en maatregelen. Wetterskip Fryslan, november 2015.
- 7 Bodemdaling door Aardgaswinning - NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe.
- 8 Zoutwinning (steen-zout) bij Heiligerlee en Zuidwending | Zoutwinning | Staatstoezicht op de Mijnen (sodm.nl)
- 9 Peilbesluit Alblasserwaard. Witteveen + Bos, oktober 2023.
- 10 Watergebiedsplan Groot Wilnis-Vinkeveen e.o. Waterschap amstel, gooi en vecht, november 2018.
- 11 Oevergrondwaterwinning benedenloop Lek - Milieueffectrapportage fase 1 (locatieonderzoek) - Hoofdrapport. Witteveen + Bos, maart 2023.
- 12 Vergunningstraject wijziging winning 2024 - Geohydrologisch effectrapport ZS De Put. Witteveen + Bos, januari 2024.
- 13 Analyse bodemdaling Langerak als gevolg van grondwateronttrekking. Deltares, december 2011.
- 14 Vergunningstraject wijziging winning 2024 - Geohydrologisch effectrapport wijziging winvergunning ZS Rodenhuis. Witteveen + Bos, juni 2017.
- 15 Bodemdaling door diepe en ondiepe oorzaken in Groningen. Commissie bodemdaling.
- 16 Watersysteemanalyse voor onderzoek gebouwschade bodemdalingsgebied NEDMAG. ARCADIS, januari 2013.
- 17 Potentiële emissiereductie broeikasgassen Fries veenweidegebied. WUR, november 2018.
- 18 Welkom op het NHI Dataportaal - Nederlands Hydrologisch Instrumentarium. NHI.
- 19 Indirecte schade-effecten van diepe bodemdaling en -stijging bij het Groningen gasveld en gasopslag Norg. Deltares, augustus 2021.
- 20 Ondergrondgegevens | BROloket. TNO.

Bijlagen

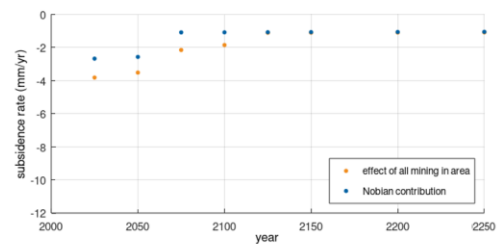
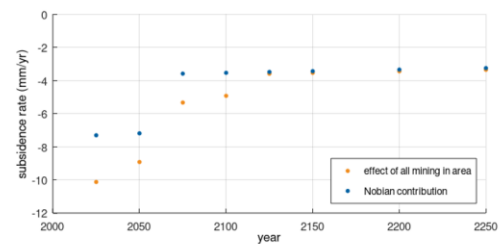
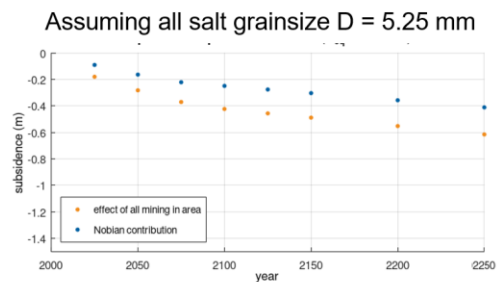
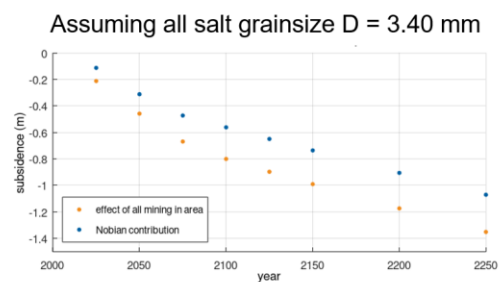
BIJLAGE: VOORBEELDKAART DROOGLEGGINGSVERSCHILLEN





BIJLAGE: BODEMDALINGS-PROGNOSES NOBIAN

Centrum winningsgebied Zuidwending



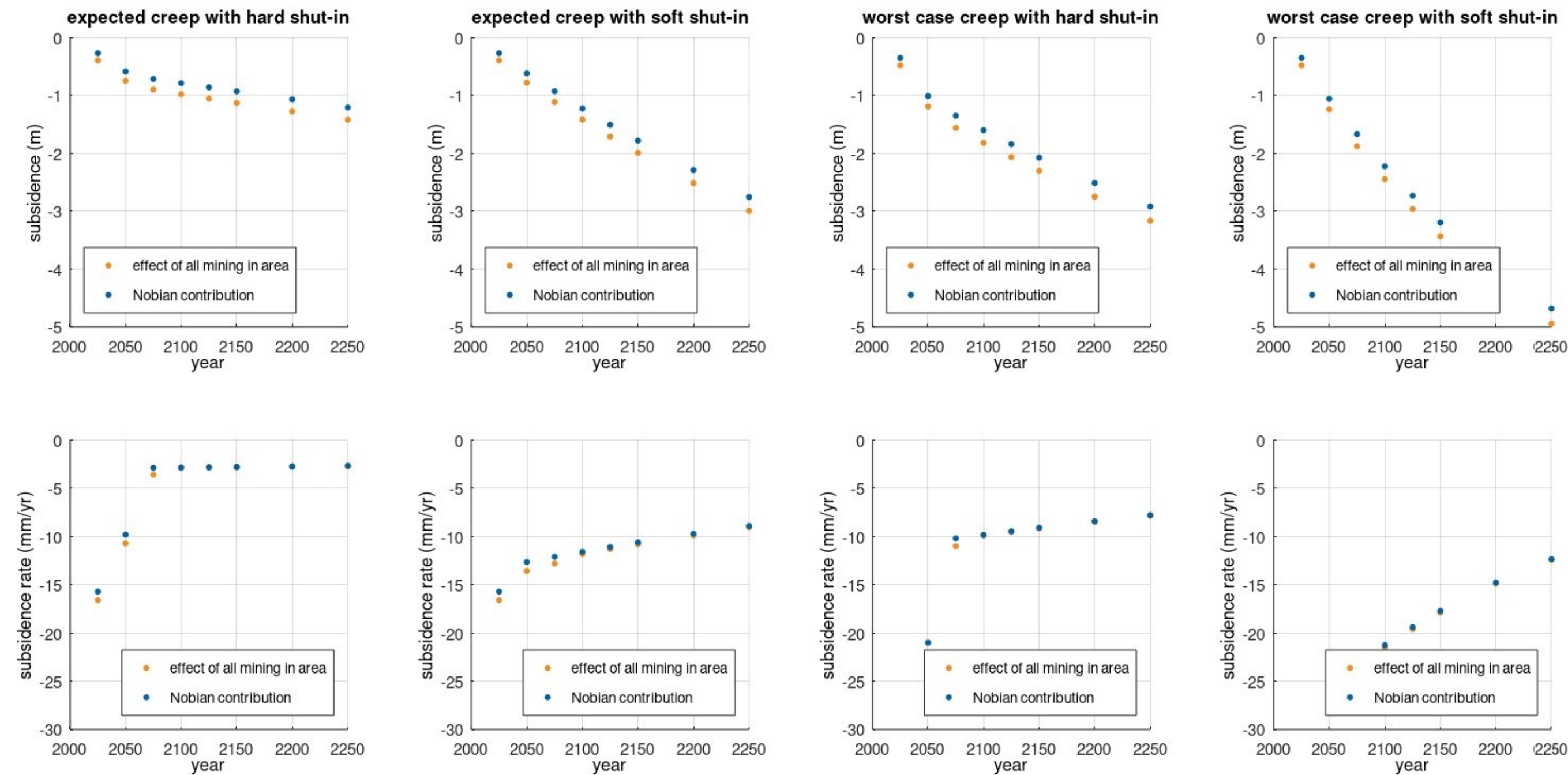


Table 4-1. Subsidence Component Maximum Value Predicted in 2025, 2050, 2075, 2100, and 2125 Over the Hengelo Brinefield

Year	Vertical Displacement (mm)	Vertical Displacement Rate (mm/yr)	Extensional Horizontal Strain (microstrain)	Compressional Horizontal Strain (microstrain)	Ground Surface Tilt (mm/km)
2025	-18	-0.4	16	-33	43
2050	-27	-0.4	24	-51	64
2075	-37	-0.4	32	-67	86
2100	-46	-0.4	40	-84	107
2125	-55	-0.4	47	-101	130

Table 4-2. Subsidence Component Maximum Value Predicted in 2025, 2050, 2075, 2100, and 2125 Over the Usseler Es Brinefield

Year	Vertical Displacement (mm)	Vertical Displacement Rate (mm/yr)	Extensional Horizontal Strain (microstrain)	Compressional Horizontal Strain (microstrain)	Ground Surface Tilt (mm/km)
2025	-7	-1.0	3	-5	12
2050	-35	-1.2	18	-33	66
2075	-66	-1.2	34	-62	122
2100	-96	-1.2	50	-91	179
2125	-126	-1.2	65	-120	235

Table 4-3. Subsidence Component Maximum Value Predicted in 2025, 2050, 2075, 2100, and 2125 over the Ganzebos Brinefield

Year	Vertical Displacement (mm)	Vertical Displacement Rate (mm/yr)	Extensional Horizontal Strain (microstrain)	Compressional Horizontal Strain (microstrain)	Ground Surface Tilt (mm/km)
2025	-3	-0.5	3	-3	5
2050	-27	-1.1	16	-35	49
2075	-53	-1.1	32	-69	98
2100	-80	-1.1	47	-105	148
2125	-107	-1.1	62	-138	198

