

Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen



Waterhuishouding

Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen

Waterhuishouding

Definitief januari 2006

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V

Grontmij Nederland bv
Drachten, 5 januari 2006

Verantwoording

Titel : Effectenstudie aardgaswinnings Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen
Projectnummer : 190920
Documentnummer : 06/0033
Revisie :
Datum : 5 januari 2006

Auteur(s) : de heer J.R. Zoetendal, de heer Y. de Leeuw, de heer M.J. Zwaanswijk
e-mail adres : jelle.zoetendal@grontmij.nl
Gecontroleerd : de heer Y. de Leeuw
Paraaf gecontroleerd :
Goedgekeurd : de heer Y. de Leeuw
Paraaf goedgekeurd :

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	8
1.1	Aanleiding.....	8
1.2	Initiatiefnemers	8
1.3	Leeswijzer	8
2	Probleemstelling, doel en onderzoeksmethode.....	9
2.1	Inleiding.....	9
2.2	Probleemstelling.....	9
2.3	Doelstelling.....	9
2.4	Onderzoeksmethode.....	9
3	Voorgenomen activiteit	11
3.1	Inleiding.....	11
3.2	Het studiegebied.....	11
3.3	Deelonderzoeken.....	12
3.4	Voorgenomen activiteit	12
3.4.1	Aard en omvang activiteiten op locatie Moddergat	12
3.4.2	Aard en omvang activiteiten locatie Lauwersoog.....	12
3.4.3	Aard en omvang activiteiten op locatie Vierhuizen	12
3.4.4	Aard en omvang booractiviteiten	12
4	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	14
4.1	Huidig beleid.....	14
4.1.1	Europees beleid	14
4.1.1.1	Europese Kaderrichtlijn Water.....	14
4.1.2	Wetlands-Conventie	14
4.1.3	Rijksbeleid	14
4.1.3.1	Waterbeheer 21 ^e eeuw	14
4.1.3.2	Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)	15
4.1.3.3	Vierde nota waterhuishouding.....	15
4.1.4	Provinciaal beleid	15
4.1.5	Waterschapsbeleid.....	16
4.2	Oppervlaktewatersysteem.....	18
4.2.1	Lauwersmeer.....	19
4.2.1.1	Betekenis voor afwaterende gebieden	20
4.2.1.2	Betekenis voor de Electraboezem	21
4.2.1.3	Betekenis voor de Friese boezem	21
4.2.1.4	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68).....	21
4.2.1.5	Ezumakeeg(afwateringsgebied 20).....	21
4.2.1.6	Eskepolder (afwateringsgebied 27 deels)	21
4.2.1.7	Catspolder (afwateringsgebied 27 deels)	21
4.2.1.8	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28 en 29)	21
4.2.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	22
4.2.3	Dongerdielen.....	22
4.2.3.1	Anjumer- en Loessenserpolder (afwateringsgebied 26)	23
4.2.4	Electraboezem.....	24
4.2.5	Polder Marnervaard	24

Inhoud (vervolg)

4.2.6	Friese Boezem	25
4.3	Grondwatersysteem en geologie	25
4.3.1	Bodemopbouw en geo(hydro)logie	28
4.3.2	Huidige situatie grondwaterkwantiteit en -kwaliteit	29
4.4	Autonome ontwikkelingen vanaf 2007.....	31
4.4.1	Klimaatverandering	31
4.4.1.1	Zeespiegelstijging	31
4.4.2	Bodemdaling	31
4.4.3	Kwel.....	32
5	Effecten en mogelijke maatregelen.....	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Oppervlaktewatersysteem.....	34
5.2.1	Spuicapaciteit sluzen Lauwersoog	34
5.2.2	Peilaanpassing Lauwersmeer	34
5.2.3	Zouttong bij spuisluzen Lauwersmeer	34
5.2.4	Inundatie en berging Lauwersmeer.....	35
5.2.5	Betekenis voor gebieden die direct afwateren op het Lauwersmeer	36
5.2.6	Friese boezem en Electraboezem	36
5.2.7	Kaden en dijken rond het Lauwersmeer	36
5.2.8	Zeewering (Delta dijk).....	37
5.2.9	Verhang, waterstanden opvoerhoogte en drooglegging.....	37
5.3	Mogelijke maatregelen oppervlaktewatersysteem	39
5.4	Grondwatersysteem	40
5.4.1	De kuststrook	40
5.4.2	Het poldergebied	41
5.4.3	Mogelijke maatregelen	41
6	Effecten bestaande gaswinning locaties (autonome ontwikkeling) vanaf begin winning	42
6.1	Lauwersmeer	42
6.1.1	Vrijliggende gronden	42
6.1.2	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)	42
6.1.3	Ezumakeeg (afwateringsgebied 20).....	42
6.1.4	Eskepolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)	43
6.1.5	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29).....	43
6.2	De polder Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42).....	43
6.3	Dongerdielen.....	43
6.3.1	Anjumer- en Lioesserpolder (afwateringsgebied 26)	43
6.3.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	43
6.3.3	Anjumer Kolken	43
6.3.3.1	Afwateringsgebied 11	43
6.3.3.2	Afwateringsgebied 12	43
6.3.4	Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25	43
6.3.5	Afwateringsgebied 2	44
6.3.6	Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8	44
6.3.7	Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19	44
6.3.8	Afwateringsgebied 13	44
6.3.9	Afwateringsgebied 14	44
6.3.10	Afwateringsgebied 18	44
6.4	Kaden en dijken	44
6.4.1	Kaden rondom het Lauwersmeer	44

Inhoud (vervolg)

6.4.2	Zeewering (Delta dijk).....	45
6.5	Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem	45
6.6	Grondwatersysteem	45
7	Effecten locatie Moddergat	47
7.1	Lauwersmeer	47
7.1.1	Vrijliggende gronden	47
7.1.2	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)	47
7.1.3	Ezumakeeg (afwateringsgebied 20).....	47
7.1.4	Eskepolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)	47
7.1.5	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29).....	47
7.2	Electraboezem.....	47
7.3	Friese boezem.....	47
7.4	Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42).....	48
7.5	Dongerdielen.....	48
7.5.1	Anjumer- en Lioesserpolder (afwateringsgebied 26)	48
7.5.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	48
7.5.3	Anjumer Kolken	48
7.5.3.1	Afwateringsgebied 11	48
7.5.3.2	Afwateringsgebied 12	48
7.5.4	Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25	48
7.5.5	Afwateringsgebied 2	49
7.5.6	Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8.....	49
7.5.7	Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19.....	49
7.5.8	Afwateringsgebied 13	49
7.5.9	Afwateringsgebied 14	49
7.5.10	Afwateringsgebied 18	49
7.6	Kaden en dijken	49
7.6.1	Kaden rondom het Lauwersmeer	49
7.6.2	Zeewering (Delta dijk).....	50
7.7	Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem	50
7.8	Grondwatersysteem	50
8	Effecten locatie Lauwersoog.....	52
8.1	Lauwersmeer	52
8.1.1	Vrijliggende gronden	52
8.1.2	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)	52
8.1.3	Ezumakeeg (afwateringsgebied 20).....	52
8.1.4	Eskepolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)	52
8.1.5	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29).....	52
8.2	Electraboezem.....	53
8.3	Friese boezem.....	53
8.4	Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42).....	53
8.5	Dongerdielen.....	53
8.5.1	Anjumer- en Lioesserpolder (afwateringsgebied 26)	53
8.5.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	53
8.5.3	Anjumer Kolken	53
8.5.3.1	Afwateringsgebied 11	53
8.5.3.2	Afwateringsgebied 12	53
8.5.4	Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25	53
8.5.5	Afwateringsgebied 2	53
8.5.6	Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8.....	53

Inhoud (vervolg)

8.5.7	Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19	54
8.5.8	Afwateringsgebied 13	54
8.5.9	Afwateringsgebied 14	54
8.5.10	Afwateringsgebied 18	54
8.6	Kaden en dijken	54
8.6.1	Kade rondom het Lauwersmeer	54
8.6.2	Zeewering (Delta dijk).....	54
8.7	Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem	55
8.8	Grondwatersysteem	55
9	Effecten locatie Vierhuis.....	56
10	Effecten drie nieuwe locaties gezamenlijk	57
10.1	Lauwersmeer	57
10.1.1	Vrijliggende gronden	57
10.1.2	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)	57
10.1.3	Ezumakeeg (afwateringsgebied 20).....	57
10.1.4	Eskepolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)	57
10.1.5	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29).....	57
10.2	Electraboezem.....	58
10.3	Friese boezem.....	58
10.4	Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42).....	58
10.5	Dongerdielen.....	58
10.5.1	Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)	58
10.5.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	58
10.5.3	Anjumer Kolken	58
10.5.3.1	Afwateringsgebied 11	58
10.5.3.2	Afwateringsgebied 12	58
10.5.4	Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25	58
10.5.5	Afwateringsgebied 2	59
10.5.6	Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8.....	59
10.5.7	Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19.....	59
10.5.8	Afwateringsgebied 13	59
10.5.9	Afwateringsgebied 14	59
10.5.10	Afwateringsgebied 18	59
10.6	Kaden en dijken	59
10.6.1	Kade rondom het Lauwersmeer	59
10.6.2	Zeewering (Delta dijk).....	60
10.7	Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem	60
10.8	Grondwatersysteem	60
11	Effecten alle gaswinningen gezamenlijk	62
11.1	Lauwersmeer	62
11.1.1	Vrijliggende gronden	62
11.1.2	Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)	62
11.1.3	Ezumakeeg (afwateringsgebied 20).....	62
11.1.4	Eskepolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)	62
11.1.5	Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29).....	63
11.2	Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42).....	63
11.3	Dongerdielen.....	63
11.3.1	Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)	63
11.3.2	Engwierumpolder (afwateringsgebied 17).....	63

Inhoud (vervolg)

11.3.3	Anjumer Kolken	63
11.3.3.1	Afwateringsgebied 11	63
11.3.3.2	Afwateringsgebied 12	63
11.3.4	Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25	63
11.3.5	Afwateringsgebied 2	64
11.3.6	Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8	64
11.3.7	Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19	64
11.3.8	Afwateringsgebied 13	64
11.3.9	Afwateringsgebied 14	64
11.3.10	Afwateringsgebied 18	64
11.4	Kaden en dijken	64
11.4.1	Kade rondom het Lauwersmeer	64
11.4.2	Zeewering (Delta dijk).....	65
11.5	Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem	65
11.6	Grondwatersysteem	66
12	Conclusies	67
12.1	Autonome ontwikkeling.....	67
12.2	Nieuwe winningen.....	67
12.3	Nieuwe winningen t.o.v. huidige winningen.....	68
13	Leemten in kennis en aanbevelingen	70
13.1	Inleiding.....	70
13.2	Leemten in kennis	70
13.2.1	contourlijnen	70
13.2.2	Voorgaand Grondwateronderzoek.....	70
13.2.3	Onderzoeksdata grondwater	71
13.2.4	Oppervlaktewater.....	71
	Geraadpleegde literatuur	72
	Woordenlijst.....	73
Bijlage 1:	Watersysteemkaart	
Bijlage 2:	WaterAan- AfvoerRegeling (WAAR)	
Bijlage 3:	Overschrijdingsfrequentieverdeling spuisluis Lauwersoog (per maand)	
Bijlage 4:	Gegevens en locatie grondwaterputten	
Bijlage 5:	Indicatie Inundatiekaart	
Bijlage 6:	Daling Afwateringsgebieden	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De NAM (Nederlandse Aardolie Maatschappij) heeft bij de Minister van Economische Zaken een startnotitie ingediend voor een MER (milieueffect-rapport) voor gaswinning onder de Waddenzee vanaf de bestaande locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Deze velden zijn reeds in de jaren 90 aangeboord. Het zijn velden die slechts voor een gering deel (Vierhuizen-Oost) of zelfs geheel niet (Vierhuizen-West) onder de Waddenzee liggen. De NAM heeft gemeend ook het in productie nemen van deze velden te beschrijven in het MER om eventuele effecten van de gaswinning, met name op het kombergingsgebied Zoutkamperlaag, in samenhang te kunnen bekijken. De NAM heeft Grontmij gevraagd de effecten op de waterhuishouding als input voor de MER te beschrijven. Grontmij heeft hiervoor in april 2005 een plan van aanpak opgesteld dat voor deze studie als lijdraad heeft gediend.

1.2 Initiatiefnemers

De initiatiefnemer van de voorgenomen activiteit is de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) houdt zich in Nederland en op het Nederlandse deel van het Continentaal Plat bezig met de opsporing en winning van aardolie en vooral aardgas. De NAM is met circa 50 miljard m³ gas per jaar de grootste gasproducent van Nederland. Ongeveer de helft hiervan is afkomstig uit het Groninger gasveld. Dat is ruim een derde van de totale Nederlandse gasproductie. De resterende hoeveelheid gas wordt geleverd door kleinere gasvelden elders op land en op de Noordzee. De NAM voorziet in ongeveer 75 procent van de totale vraag naar gas in Nederland.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden probleemstelling en onderzoeksmethode toegelicht en in hoofdstuk 3 wordt de voorgenomen activiteit beschreven. De feitelijke beschrijving van de huidige situatie alsmede de autonome ontwikkelingen (voor wat betreft de waterhuishouding) wordt beschreven in hoofdstuk 4. De effecten van de voorgenomen activiteit op de waterhuishouding in het algemeen en principemaatregelen staan in hoofdstuk 5 weergegeven. In de hoofdstukken 6 t/m 11 staan de effecten per winningsituatie beschreven. In hoofdstuk 12 staan de conclusies. Tot slot wordt in hoofdstuk 13 aangegeven waar nog leemten in kennis zitten en hoe deze mogelijk te ondervangen zijn.

2 Probleemstelling, doel en onderzoeksmethode

2.1 Inleiding

Het doel van het MER is te komen tot een beschrijving van de effecten op het milieu. Onderdeel daarvan is ook de waterhuishouding. Het door de waterschappen beheerde watersysteem is voor wat betreft de inrichting en functioneren afgestemd op de hoogteligging van het gebied. Water stroomt nu eenmaal van hoog naar laag en niet andersom. Door optimaal gebruik te maken van de natuurlijke stromingsrichting worden de beheerskosten geminimaliseerd.

Dit rapport beschrijft uitsluitend de invloed op de waterhuishouding. Voor informatie over het MER verwijzen we naar de startnotitie zoals die door de NAM is opgesteld (Startnotitie: Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, EP200501208319, januari 2005).

2.2 Probleemstelling

Aangezien de aardgaswinning bodemdaling veroorzaakt zijn met name de gevolgen hiervan relevant voor dit onderzoek. Centraal staat daarom de vraag: Wat is het effect van bodemdaling t.g.v. het winnen van aardgas in de locaties Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen op het grond- en oppervlaktewatersysteem?

Aandachtspunten zijn:

- de afvoerrichting van polders (in relatie tot kunstwerken);
- verandering in drooglegging;
- capaciteit gemalen en sluisen;
- kruinhoogte van kaden en dijken;
- verzilting;
- inundatiefrequentie en inundatie diepte.

Van het studiegebied en een afbakening van het onderzoek is een beschrijving gegeven in hoofdstuk 3.

2.3 Doelstelling

Het beschrijven van de effecten op de waterhuishouding dient op pragmatische wijze (en vooral beelden) plaats te vinden. Naast een effectbeschrijving wordt (mede afhankelijk van andere deelonderzoeken) een voorstel gedaan voor compenserende en mitigerende maatregelen.

2.4 Onderzoeksmethode

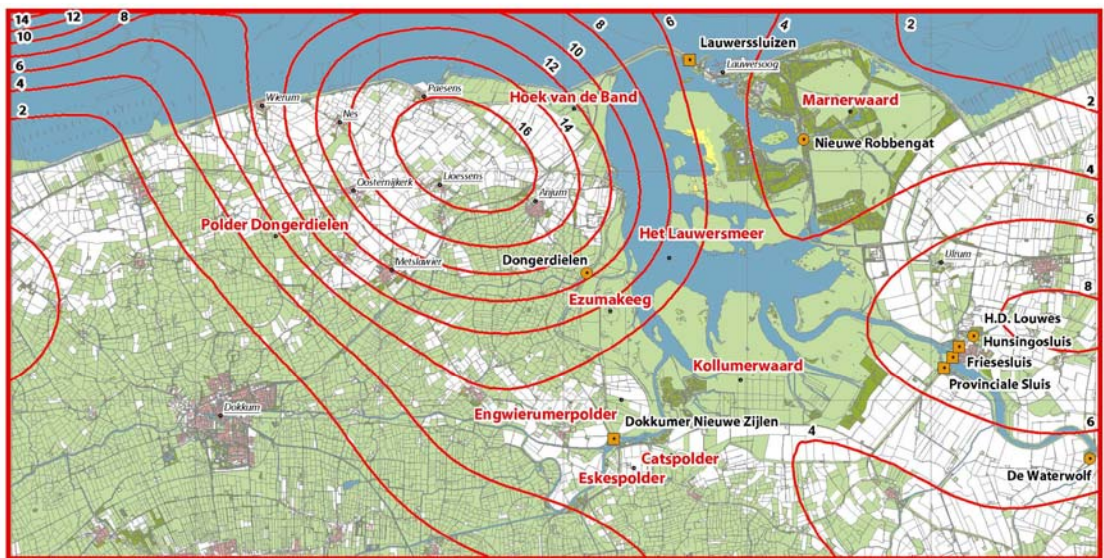
In hoofdlijnen valt het onderzoek uiteen in drie stappen. Per stap wordt op pragmatische wijze en op basis van ervaringscijfers (Grontmij, NAM en Waterschappen) te werk gegaan.

Stap 1 betreft het inventariseren van gegevens. Het studiegebied behelst twee provincies en twee waterschappen. Deze dienen t.a.v. de waterhuishouding informatie aan te leveren. Deze informatie wordt bewerkt tot uniforme kaartbeelden en voorzien van een beknopte beschrijving.

Stap 2 betreft het analyseren van het watersysteem op basis van de beschikbare informatie uit stap 1. Onder andere wordt gekeken naar de capaciteit van de peilregelende kunstwerken, drooglegging, kwel en wegzijging, verzilting, inundatie en daling van dijken en kaden.

Stap 3 beschrijft de mogelijke mitigerende en compenserende maatregelen. Deze maatregelen worden in samenspraak met de projectgroep opgesteld.

Als uitgangspunt voor deze studie zijn de dalingsprognoses van de NAM gehanteerd. In deze prognoses is een onzekerheid van 25% opgenomen (zoals te doen gebruikelijk bij dergelijke prognoses). Op basis van metingen en waterpassingen wordt gedurende de jaren van winning de prognose aangepast en neemt de onzekerheid af. De totale bodemdaling in 2040 veroorzaakt door de gasproductie van alle velden van het begin van de productie is weergegeven in figuur 2-1.



Figuur 2-1 De totale bodemdaling in 2040 veroorzaakt door de gasproductie van alle velden vanaf het begin van de productie (cm).

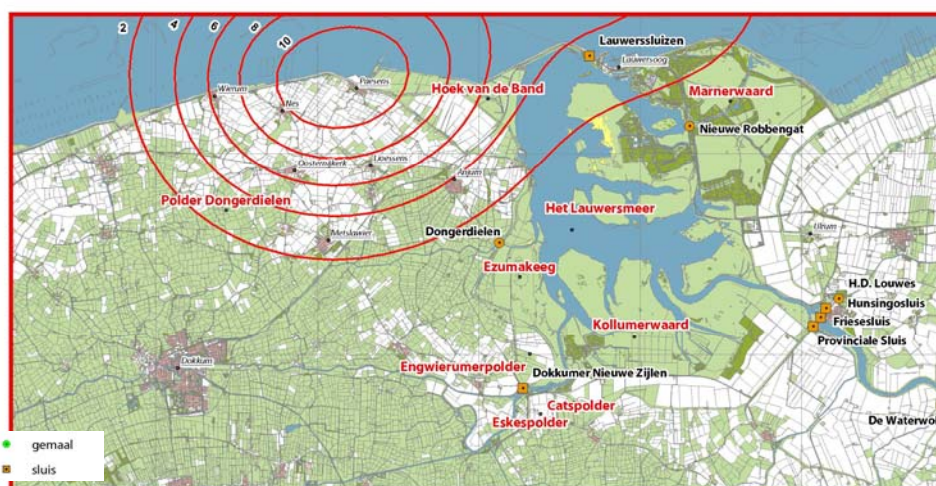
3 Voorgenomen activiteit

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de voorgenomen activiteit beschreven. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de informatie uit de startnotitie. Het studiegebied en de toponiemen worden op hoofdlijnen beschreven omdat dit voor het begrip van het vervolg van dit rapport noodzakelijk is.

3.2 Het studiegebied

Het studiegebied betreft het Lauwersmeer (tussen de kaden/dijken) en het gebied direct ten westen en ten oosten hiervan. In onderstaande figuur is het plangebied weergegeven. Het zijn die waterbeheersgebieden die binnen of op de rand van de bodemdalingschotel van de nieuwe winningen liggen (gehele kaartbeeld).



Figuur 3-1 Plangebied en naamgeving gebieden en kunstwerken (met dalingsprognose nieuwe winningen in centimeters)

In hoofdlijnen valt het gebied onder te verdelen in de deelgebieden: *Het Lauwersmeer*, *de Friese boezem*, *de Electraboezem*, *de polder Dongerdielen*, en *de polder DeMarnierwaard*. De belangrijkste kunstwerken in het gebied zijn:

- het gemaal De Waterwolf, gemaal H.D. Louwes, gemaal Nieuwe Robbengat en de spuisluis Lauwerssluizen, allen in beheer bij Waterschap Noorderzijlvest;
- de spuisluisen en schutsluis Dokkumer Nieuwe Zijlen, spuisluis de Friese Sluis bij Zoutkamp en gemaal Dongerdielen, allen in beheer bij Wetterskip Fryslân.

Secundair aan deze kunstwerken voor het hoofdwatersysteem staan in het gebied kleinere gemalen, stuwen, duikers en inlaten. Deze zijn opgenomen op de watersysteemkaart in bijlage 1.

In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de invloed van bodemdaling door gaswinning op de waterhuishouding van het binnendijkse gebied van het vaste land.

3.3 Deelonderzoeken

Het onderdeel Waterhuishouding is één van de onderzoeken die in het kader van het MER wordt uitgevoerd. Ten aanzien van ecologie en de effecten op de Waddenzee zijn afzonderlijke deelonderzoeken uitgevoerd.

3.4 Voorgenomen activiteit

De voorgenomen activiteit kent een differentiatie naar winplaatsen. Bij het bepalen van de invloedslijnen (dalingsprognoses) is hiermee rekening gehouden. Volledigheidshalve worden de punten uit de startnotitie kort aangehaald.

3.4.1 Aard en omvang activiteiten op locatie Moddergat

De locatie Moddergat is aangelegd in 1993 waarna 2 proefboringen zijn uitgevoerd die de gasvelden Moddergat en Nes hebben aangetoond. Na de proefboringen zijn de exploratieputten, in afwachting van de productieplannen, veiliggesteld. De bestaande putten zullen voor de winning gereed worden gemaakt. Verdere aanpassingen op de locatie hebben betrekking op het aansluiten van de putten op de gastransportleiding. In de loop van de tijd zal er, afhankelijk van de productie, op de locatie Moddergat een nieuwe put worden geboord naar het gasveld Moddergat. De boring is voorzien enkele jaren na het starten van de productie en zal plaatsvinden binnen de begrenzing van het terrein.

3.4.2 Aard en omvang activiteiten locatie Lauwersoog

De locatie Lauwersoog is aangelegd in 1995/1996 waarna er 3 proefboringen zijn uitgevoerd die de gasvelden Lauwersoog West, Oost en C hebben aangetoond. Na de proefboringen zijn de exploratieputten, in afwachting van de productieplannen, veiliggesteld. De bestaande putten zullen voor de winning gereed worden gemaakt. Verdere aanpassingen op de locatie hebben betrekking op het aansluiten van de putten op de gastransportleiding. Afhankelijk van de productie zal er in de toekomst op de locatie Lauwersoog mogelijk een nieuwe put moeten worden geboord.

3.4.3 Aard en omvang activiteiten op locatie Vierhuizen

De locatie Vierhuizen is aangelegd in 1995/1996 waarna 2 proefboringen zijn uitgevoerd die de gasvelden Vierhuizen Oost en West hebben aangetoond. Na de proefboringen zijn de exploratieputten, in afwachting van de productieplannen, veiliggesteld. De bestaande putten voor de gasvelden Vierhuizen Oost en West zullen voor de winning gereed worden gemaakt. Verdere aanpassingen op de locatie hebben betrekking op het aansluiten van de putten op de gastransportleiding. Afhankelijk van de productie zal er in de toekomst op de locatie Vierhuizen mogelijk een nieuwe put moeten worden geboord. In dat geval zal de boring plaatsvinden binnen de begrenzing van het terrein.

3.4.4 Aard en omvang booractiviteiten

Het boren van nieuwe putten naar velden genoemd in bovenstaande beschrijving, ten behoeve van de productie, wordt uitgevoerd met behulp van een tijdelijk te plaatsen, demontabele boorinstallatie. De boorinstallatie is alleen tijdens het boren op het terrein aanwezig. Het boorproces duurt gemiddeld drie maanden. Sinds de jaren negentig heeft de techniek van het schuin boren (gedevieerd) een snelle ontwikkeling doorgemaakt.

Waar voorheen slechts verticale boringen mogelijk waren, biedt gedeveerd boren nu een zekere mate van flexibiliteit in de ruimtelijke afstemming met andere gebruiksfuncties. Door toepassing van gedeveerde boringen kan de totale putlengte in de gashoudende laag sterk worden verlengd en is het mogelijk geworden om vanaf de rand van het waddengebied gas te produceren vanuit de diepere bodemlagen onder het gebied zelf. Een en ander gaat wel gepaard met een langere boortijd.

In beginsel zal er op de locatie alleen worden afgefakkeld als er na een boring tijdelijk (doorgaans gedurende een aantal uren) getest of schoon geproduceerd moet worden. Bij gebruik van een boortechniek waarbij tijdens het boren gas vrijkomt, zal het vrijkomende gas in beginsel niet worden afgefakkeld maar worden opgenomen in het productiesysteem. Dit is een gecontroleerde activiteit waarvoor een tijdelijke affakkelininstallatie zal worden gebruikt. Indien mogelijk zal affakkelen tijdens het testen worden voorkomen door het vrijgekomen gas af te voeren naar de gasbehandelingsinstallatie.

4 Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

4.1 Huidig beleid

4.1.1 Europees beleid

4.1.1.1 Europese Kaderrichtlijn Water

Op 22 december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) vastgesteld. In de KRW is gekozen voor de stroomgebiedsbenadering. Dit betekent dat verschillende overheden binnen een plangebied samen een plan moeten maken: het stroomgebiedbeheersplan. In Nederland liggen delen van de grensoverschrijdende stroomgebieden Schelde, Maas, Rijn en Eems. Het Lauwersmeer behoort tot het stroomgebied van de Rijn-Noord. De deelstroomgebiedbeheersplannen moeten in 2009 gereed zijn. In het studiegebied worden de waterlichamen: Lauwersmeer, Reitdiep en Dokkumer Grootdiep (allen categorie zwak brakke wateren) en de Dokkumer Ee (categorie groot ondiep kanaal) onderscheiden. Het doel van de KRW is een kader vast te stellen voor: aquatische systemen voor verdere achteruitgang behoeden, beschermen, toestand verbeteren, verhoogde bescherming van het aquatisch milieu, vermindering van verontreiniging en het afzwakken van gevolgen van overstroming en perioden van droogte.

4.1.2 Wetlands-Conventie

In 2000 is het grootste deel van het Lauwersmeer aangewezen als beschermingszone in het kader van de Vogelrichtlijn en Wetlands-Conventie. Deze aanwijzing heeft tot doel om bescherming te bieden aan de in deze zone in het wild levende vogelsoorten en om ecologische waarden van dit gebied in alle facetten in stand te houden. Door het bureau Altenburg en Wymenga wordt een ecologisch deelonderzoek uitgevoerd.

4.1.3 Rijksbeleid

4.1.3.1 Waterbeheer 21^e eeuw

In 1999 is de commissie 21^e eeuw ingesteld door de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de voorzitter van de Unie van Waterschappen. De commissie kreeg de taak te adviseren over “de wenselijke aanpassingen in de waterhuishoudkundige inrichting van ons land, met aandacht voor de gevolgen van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling”. De commissie heeft haar taak breder gesteld en ook de relatie tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening in haar beschouwing betrokken. Voor het studiegebied betekent dit dat:

- geen verder ruimteverlies voor water mag plaatsvinden;
- extra ruimte voor waterberging moet worden gezocht indien zich kans voordoen.

4.1.3.2 Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW)

Met de Startovereenkomst Waterbeleid 21^{ste} eeuw werd de eerste stap gezet in het tot stand brengen van de noodzakelijke gemeenschappelijke aanpak voor de invulling van nieuw waterbeleid. Met het Nationaal Bestuursakkoord Water leggen overheden vast op welke wijze, met welke middelen en langs welk tijdsplan zij gezamenlijk de wateropgave voor Nederland willen aanpakken. Het NBW heeft tot doel om in 2015 het watersysteem op orde te hebben. In het NBW zijn werknormen ten aanzien van wateroverlast beschreven voor zowel het stedelijk gebied als het landelijk gebied. Bij het bepalen van maatregelen en het vaststellen van waterstanden is het NBW richtinggevend.

4.1.3.3 Vierde nota waterhuishouding

In 1999 is door de Tweede Kamer de Vierde nota Waterhuishouding (NW4) vastgesteld. Deze nota verwoordt het beleid met betrekking tot de landelijke waterhuishouding in hoofdlijnen. De NW4 is richtinggevend voor de door de provincies te maken waterhuishoudingsplannen. In relatie tot het Lauwersmeer dient aandacht te worden geschonken aan:

- vergroten veerkracht door herstel van natuurlijk stromingspatroon;
- inrichting van wateropvanggebieden;
- stimuleren van natuurherstelprojecten in combinatie met vergroting van waterconservering;
- verminderen van diffuse bronnen.

4.1.4 Provinciaal beleid

De provincie Groningen heeft haar waterbeleid opgenomen in het Provinciaal Omgevingsplan (POP 2001-2004). Ten aanzien van het Lauwersmeer wordt genoemd dat het waterbeheer dient te worden afgestemd op zowel de natuurfunctie als de boezemfunctie van het meer. Eveneens is het voornemen een ontwikkelingsvisie voor het Lauwersmeer op te stellen genoemd.

De provincie Fryslân heeft haar waterbeleid verwoord in haar Tweede Waterhuishoudingsplan Fryslân met de titel "Dreaun troch it wetter" (2002-2008). Daarin is aangegeven, dat het handhaven van de afvoercapaciteit van de Friese Boezem bepalend zal zijn voor de inrichting en het beheer van het Lauwersmeer. Ook hier wordt de ontwikkelingsvisie voor het Lauwersmeer genoemd. Voorts zullen de uitkomsten van de bergings- en afwateringsstudie voor Fryslân bepalend zijn voor de keuzes die in het Lauwersmeer worden gemaakt.

In april 2005 presenteerden de provincies gezamenlijk de eerste resultaten van het onderzoek dat zal leiden tot een nieuwe visie op het waterbeheer in en rond het Lauwersmeer. In het onderzoek zijn vier verschillende manieren van waterbeheer bekeken:

- het handhaven van de huidige situatie;
- een estuarine variant (toelaten van demp getijde, tussen NAP -1,00 en -0,50 m);
- natzoet (waterstandverhoging in de winter door aanvoer van zoet water);
- natzout (waterstandverhoging in de winter door inlaten van zout water).

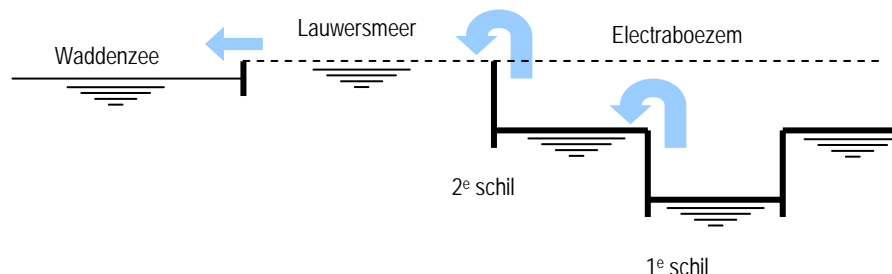
De maatregelen die nader worden onderzocht zijn: een groot gemaal bij Lauwersoog, een nieuw gemaal bij Dokkumer Nieuwe Zijlen gecombineerd met uitbreiding bij Elektra en kadeverhoging rond het Lauwersmeer, een nieuw gemaal bij Dokkumer Nieuwe Zijlen, een gemaal bij Lauwersoog en uitbreiding bij Elektra (in feite een combinatie). De provincies verwachten de eerste contouren van de watervisie eind 2005 te kunnen presenteren.

4.1.5 Waterschapsbeleid

Het waterschap Noorderzijlvest heeft een beheerplan voor haar gehele beheergebied (waterbeheerplan 2003-2007). De functiekaart van het POP is de basis voor de functietoekenning aan watersystemen. In het beheerplan zijn normeringen gekoppeld aan deze functietoekenning. Voor het Lauwersmeer is een afzonderlijk waterbeheerplan opgesteld (waterbeheerplan Lauwersmeer 2003-2007). Het gebied ten oosten van het Lauwersmeer ligt in het Reitdiepsysteem waar de functietoekenning 'water voor landbouw' aan is gegeven.

Het beheerplan Lauwersmeer beschrijft de zorg voor waterkering, zorg voor het watersysteem, functies en doelstellingen. Ten aanzien van de kades (niet zijnde de zeedijken) wordt aangegeven dat de kruinhoogtes worden afgestemd op het maximale peil (eens in de 100 jaar) op het Lauwersmeer. Er wordt een waakhogte aangehouden van 0,50 m (de waakhogte is een extra hoogte bovenop de noodzakelijke waterkerende kruinhoogte van een kade of dijk). Ten aanzien van het watersysteem wordt een beschrijving gegeven van het waterbeheer en wordt verwezen naar het rekenschema, de zogenaamde Water Aan- en Afvoer Regeling (WAAR). In de beschrijving van het oppervlaktewatersysteem (4.2) wordt hier nader op ingegaan. In bijlage 2 is de WAAR weergegeven.

Ten aanzien van bodemdaling wordt verwezen naar de studie Waterhuishouding In Noord en West Groningen (WING-studie). Deze studie beschrijft een samenhangend pakket van maatregelen teneinde de negatieve gevolgen van bodemdaling ten gevolge van de winning in het aardgasveld van Slochteren te compenseren. Op grond van deze studie is besloten de afwatering van de Electraboezem in noordwestelijke richting te handhaven. Dit betekent dat het waterbezwaar op de Electraboezem blijvend via het Reitdiep en het Lauwersmeer zal worden afgevoerd. Vervolgens is uitgegaan van een splitsing van de Electraboezem in drie delen, het zogenaamde schillenplan. In drie boezemschillen worden de peilen gecorrigeerd op basis van de opgetreden bodemdaling door aardgaswinning. Uitgangspunt hierbij zijn de periodiek door de NAM uitgevoerde metingen en prognoses.



Figuur 4-1 Werkingsprincipe indeling schillen

De eerste schil is reeds in 1992 gerealiseerd. De werken voor de tweede schil zijn deels nog in uitvoering. Voor de omgeving van Zoutkamp wordt een nader onderzoek noodzakelijk geacht.

WING

Groningen

In april 1993 is het WING-rapport afgerond. Het doel van het WING-onderzoek was het opstellen van een lang termijnplan voor het onderzoeksgebied waarbij het accent lag op het vaststellen van de hoofdlijnen van de toekomstige waterhuishoudkundige structuur van de provincie Groningen.

In het WING-rapport zijn criteria en normen opgenomen voor het toetsen van afwateringsvarianten voor Noord Groningen. Over deze uitgangspunten is overleg gepleegd met de toenmalige bodemdalingcommissie. Omdat de onderhavige gaswinning geen of nauwelijks effect heeft op het hoofdwatersysteem van Groningen (de Electraboezem) zijn deze genoemde criteria niet direct van toepassing op dit onderzoek. Echter kan worden geconcludeerd dat veel onderzoeken die na 1993 zijn uitgevoerd dezelfde normen en criteria hanterden als het WING-onderzoek.

Friesland

Zoals vermeld is het WING-onderzoek niet van toepassing op het Friese waterbeheersgebied. Voor één winning in Friesland (Tytsjerkstradiel) zijn afspraken gemaakt over normeringen, criteria en compenserende maatregelen in een zogenaamd convenant met de delfstofwinner. Een overkoepelende afspraak met de bodemdalingcommissie is er op het moment van schrijven niet.

In het beheerplan van het waterschap Noorderzijlvest worden acht functies onderscheiden met specifieke aspecten van waterbeheer. In het kort gaat het om:

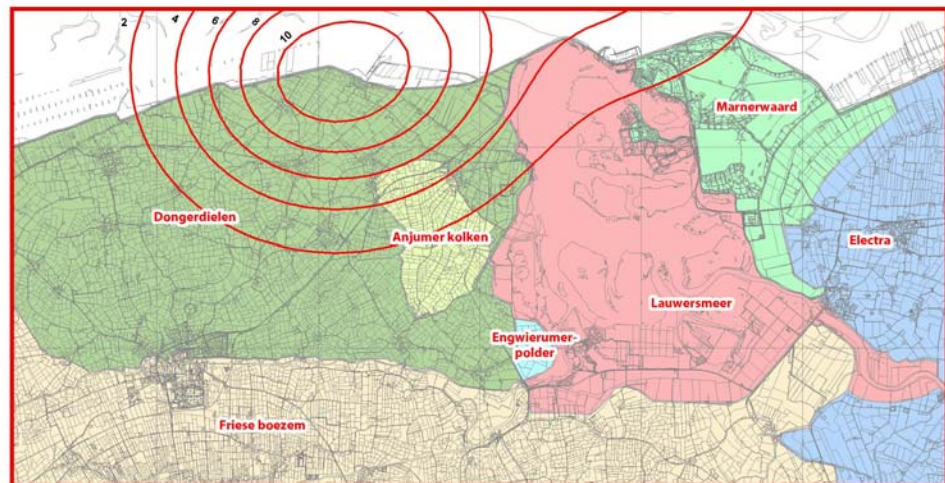
- water voor natuur (toegekend aan het open water, de geulen en de zandplaten en bosgronden), de op te stellen Lauwersmeervisie geeft uitgangspunten om concrete doelen voor natuurlijk waterbeheer te formuleren;
- water voor landbouw (toegekend aan in cultuur gebrachte gronden, overwegend akkerbouw), het beheer is afgestemd op landbouwkundig gebruik;
- water voor militair terrein (toegekend aan het militair oefen- en schietterrein), dit gebied is intensief gedraineerd in vergelijking met landbouwgebieden. Bij wijzigingen in het beheer van het Lauwersmeer dienen consequenties t.a.v. het behoud van drooglegging te worden beschouwd;
- water voor aanvoer en afvoer en berging (alle oppervlaktewateren in het gebied, tevens alle rechtstreeks op het Lauwersmeer afwaterende gronden beneden NAP + 0,50 m), het waterschap acht de bergingsfunctie van zodanig belang dat het huidige bergingsvolume dient te worden gehandhaafd;
- water voor recreatief gebruik (toegekend aan watersystemen in de gebieden met recreatiewoningen en in gebieden met voor dagrecreatie bestemde gronden), voor dit watertype zijn geen specifieke eisen opgesteld;
- zwemwater (van toepassing op door de provincie aangewezen zwemlocaties bij Oostmahorn en Nieuwe Robbengat), de waterkwaliteit dient te voldoen aan de normen van het Besluit hygiëne en veiligheid badinrichtingen en zwemgelegenheden (BKMO);
- vaarwater (de betonde vaargeulen en de niet afgesloten delen van de kreken voor recreatievaart), het nautisch beheer is in handen van Rijkswaterstaat en de provincies;
- stedelijk water (woongebied Robbenoort), de ontwatering van het stedelijk gebied is een gemeentelijke taak.

Het beleid van het Wetterskip Fryslan is vastgelegd in het Intergraal Waterbeheer Plan (IWBP). In het plangebied (Dongerdielen e.o) is het waterbeheer afgestemd op de landbouwfunctie. Door middel van gemalen en stuwen worden hogere zomerpeilen en lagere winterpeilen gehanteerd. In de beschrijving van het oppervlaktewatersysteem wordt hier nader op ingegaan.

4.2 Oppervlaktewatersysteem

Het oppervlaktewatersysteem is het geografisch onderscheiden subsysteem van het hydrologisch geheel dat zich beperkt tot water dat verblijft op of stroomt over het aardoppervlak. In de praktijk spreken we over het water dat men “ziet” wanneer men zich door het gebied begeeft.

Het oppervlaktewatersysteem wordt beschreven aan de hand van een 8-tal subsystemen achtereenvolgens: *Het Lauwersmeer, de Engwierumpolder, Dongerdielen (waaronder de Anjumer Kolken), Friese Boezem, boezemsysteem Electra (Groningen), polder de Marnerwaard.*



Figuur 4-2 indeling subsystemen met bodemdalingsprognose

De subsystemen zijn weer onderverdeeld in zogenaamde afwateringsgebieden. Afwateringsgebieden zijn clusters van peilgebieden die via een ‘peilregelend’ kunstwerk afvoeren. In totaal zijn op deze manier 67 afwateringsgebieden onderscheiden.

De verdeling van deze afwateringsgebieden over de deelgebieden is weergegeven in tabel 4-1; de nummers zijn terug te vinden in bijlage 6.

Deelgebied	Afwateringsgebieden
Het Lauwersmeer	20, 17, 27, 28, 29, 30, 31, 68
Engwierumpolder	17
Dongerdielen (inclusief Anjumerkolken)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 45, 46, 47, 48, 49
Electraboezem	36, 43, 44, 50, 51, 53
Polder Marnerswaard	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42
Friese Boezem	16, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

Tabel 4-1 Verdeling afwateringsgebieden per hoofdsysteem (voor ligging zie bijlage 6)

De hoofdafwateringsrichting van het Friese deel van het studiegebied is naar het oosten gericht. Daar stroomt het water het Lauwersmeer in. In hoofdlijnen gebeurt dit op drie plaatsen, namelijk bij het gemaal Dongerdielen, bij Dokkumer Nieuwe Zijlen en bij de Friese Sluis (aan de oostzijde van het Lauwersmeer).

De hoofdafwateringsrichting van het Groningse deel van het studiegebied is naar het westen. Zowel de Electraboezem als de polder De Marnerswaard voeren het overtollige water in westelijke richting af naar het Lauwersmeer.

Het huidige watersysteem wordt in navolgende paragrafen nader beschreven. Het Lauwersmeer wordt beschreven in samenhang met de daarop afwaterende gebieden.

4.2.1 Lauwersmeer

Tot 1969 was de Lauwerszee een waddegebied met kwelders en geulen waarin oorspronkelijk het Dokkumer Grootdiep, de Lauwers (vanuit de provincie Fryslân) en het Reitdiep (vanuit Groningen) hun uitmonding hadden. Met de afsluiting van de Lauwerszee van de Waddenzee behielden de geulen de transportfunctie en werd de bergingsfunctie toegevoegd. Voor de afsluiting kon uit de stroomgebieden van de Electraboezem (voormalig Reitdiepsysteem) en van de Friese boezem, per etmaal slechts gedurende de laagwaterperioden op de Lauwerszee worden gespuid. Na de afsluiting is het mogelijk om, onder normale omstandigheden, gedurende het gehele etmaal overtollig water naar het Lauwersmeer af te voeren.

De voornaamste reden tot de indijking van de Lauwerszee in 1969 was verkorting van de kustlijn om daarmee een grotere veiligheid tegen overstroming te krijgen. In dit geval betekende dit de vervanging van de bestaande, gebrekkige zeedijk ter lengte van ruim 30 km door een 13 km lange dijk op Delta afmetingen.

De tweede belangrijke reden was de verbetering van de waterhuishouding (waterafvoer en waterberging) van de gebieden rond de Lauwerszee en het verder weg gelegen achterland dat zijn afwatering had via de Lauwerszee. Een derde reden tot afsluiting was landaanwinning.

Rond het Lauwersmeer ligt een primaire waterkering die onlangs in zijn geheel op hoogte is gebracht.

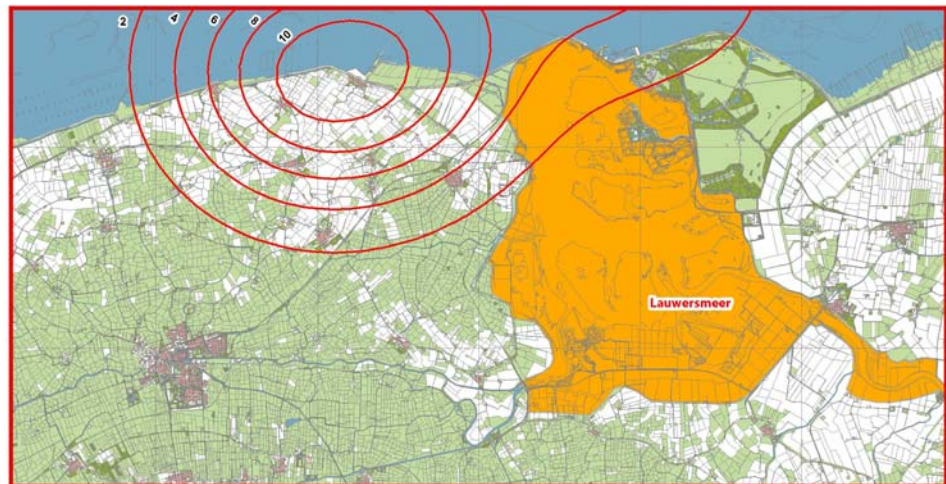
Onder normale omstandigheden vormen het Lauwersmeer en de Electraboezem van Noorderzijlvest één geheel. De gehanteerde waterstand is NAP - 0,93 m, conform het principe van de Water- Aan en Afvoer Regeling (zie bijlage 2).

Er wordt getracht het spuien te Lauwersoog – en daarmee de waterstand op het Lauwersmeer – zo te regelen dat het teveel aan water op de Electraboezem

onder vrij verval naar het Lauwersmeer stroomt, waarbij de waterstand op het Van Starckenborghkanaal op peil blijft of komt.

Tijdens het spuien kan (afhankelijk van de waterstanden) een onderstroom ontstaan vanuit de Waddenzee naar het Lauwersmeer. Het instromen van dit zoute water heeft tot gevolg dat er een zogenaamde zouttong ontstaat die vanuit de Waddenzee in de geulen van het Lauwersmeer reikt. Over het algemeen wordt door de aanvoer van zoet water het meeste zoute water weer teruggespoeld naar de Waddenzee. In drogere tijden kan het zout naar de diepere delen van de geulen stromen.

In bijlage 3 is de overschrijdingsfrequentie van het streefpeil (NAP -0,93 m) op het Lauwersmeer opgenomen voor de jaren 2002¹ tot en met 2004.



Figuur 4-3 deelgebied Lauwersmeer met bodemdalingsprognose van de nieuwe winningen

4.2.1.1 Betekenis voor afwaterende gebieden

Het Lauwersmeer is voor de waterafvoer uit westelijk Groningen en noord-westelijk Drenthe, via de Electraboezem en de waterafvoer uit Fryslân, via de Friese boezem, van grote betekenis geworden. Voor de Electraboezem betekent het Lauwersmeer onder reguliere omstandigheden met name een verdrievoudiging van de boezemoppervlakte. Voor de Friese boezem ligt deze betekenis in het bijzonder in de verlenging van de duur van de mogelijkheid tot waterafvoer. Daarnaast is deze voormalige zeearm ook van groot belang voor het afwateringsgebied Dongerdielen. In het Lauwersmeer liggen verder nog enkele polders, waarvan het overtollige water eveneens wordt afgevoerd naar het Lauwersmeer door middel van onderbemaling. Bij een te handhaven waterstand van NAP -0,93 m heeft het Lauwersmeer samen met het daarmee in open verbinding staande gedeelte van het Reitdiep tot het boezemgemaal De Waterwolf te Lammerburen een oppervlakte van ruim 2.400 ha. Bij het oplopen van de waterstand overstromen rietvelden en zandplaten en daarmee breidt het wateroppervlak zich gelijkmatig uit. Bij een waterstand van NAP $\pm 0,00$ m is deze circa 4.700 ha. Bij deze waterstand wordt (tussen NAP -0,93 m en NAP $\pm 0,00$ m) op het Lauwersmeer circa 30 miljoen m³ water geborgen.

De waterstand kan zover oplopen omdat bij een peilstijging tot NAP -0,83 m het Reitdiep wordt afgesloten en het gemaal De Waterwolf het water verder opmalen. Afhankelijk van de zeewaterstand en de boezemwaterstand wordt

¹ Van 2002 ontbreken de maanden januari, februari, maart

bij laagwater gemiddeld 4 miljoen m³ water per tij geloosd. Deze hoeveelheid kan echter oplopen tot boven de 10 miljoen m³ per tij.

4.2.1.2 *Betekenis voor de Electraboezem*

Het gebied dat op de Electraboezem afwatert, heeft een oppervlakte van ruim 103.000 ha. Van deze oppervlakte ligt circa 40.000 ha rechtstreeks op boezemniveau. Ongeveer 30.000 ha ligt in polderverband (lagere gronden op gemiddeld NAP -1,50 m). De hoger gelegen Drentse gronden (hoogste gronden op gemiddeld NAP +12,00 m) met bijna een zelfde oppervlakte, wateren via stuwen af op de Electraboezem. De oppervlakte van de Electraboezem is circa 1.300 ha, exclusief het Lauwersmeer. De afwatering van de Electraboezem vindt in zijn geheel plaats via het Lauwersmeer.

4.2.1.3 *Betekenis voor de Friese boezem*

Het boezemgebied dat op de Friese boezem afwatert heeft (inclusief de Friese boezem) een oppervlakte van circa 302.000 ha. Van deze oppervlakte ligt ongeveer 27.000 ha op boezemniveau. Ongeveer 196.000 ha ligt in polderverband met een waterstand beneden NAP -0,52m en 64.000 ha omvat hoger gelegen gronden (hoogste gronden tot NAP +12,00m) die via stuwen afwateren. De oppervlakte van de boezem is circa 15.000 ha. Het boezempeil is NAP -0,52 m.

Het peilbeheer van de Friese Boezem wordt duurzaam uitgevoerd door zoveel mogelijk de waterafvoer te laten plaatsvinden onder vrij verval. Op jaarbasis wordt 65-70% van het overtollig water op de Friese boezem afgevoerd via het Lauwersmeer. In hoogwaterperioden worden ook de Boezemgemalen die afvoeren op het IJsselmeer bijgezet. In die gevallen loopt het aandeel van de Lauwersoogsluizen in de totale waterafvoer van de Friese Boezem terug naar circa 30%.

4.2.1.4 *Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)*

Deze gronden zijn verdeeld in vier verschillende peilgebieden. De drie peilgebieden ten westen van de weg Dokkum – Lauwersoog zijn gestuwd en stromen onder vrij verval richting het Lauwersmeer. Het gebied ten oosten van voornoemde weg ligt vrij voor het Lauwersmeer. Een kleine oeververdediging isoleert dit gebied mogelijk van het Lauwersmeer, echter hiervan zijn geen hoogtegegevens bekend.

4.2.1.5 *Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)*

Het oostelijke deel van Ezumakeeg wordt door middel van een grote ronde stuw in het noorderlijke deel op een peil van NAP -0,15 m gehouden. Het westelijke deel ligt vrij voor het Lauwersmeer.

4.2.1.6 *Eskeaspolder (afwateringsgebied 27 deels)*

De Eskerspolder is recent van een gemaaltje voorzien. Het water wordt uitgeslagen op het Lauwersmeer.

4.2.1.7 *Catspolder (afwateringsgebied 27 deels)*

Het water in de Catspolder wordt door een stuw op een hoger peil gehouden dan het streefpeil van het Lauwersmeer. Het zomerpeil bedraagt NAP -0,35 m; het winterpeil bedraagt NAP -0,70 m.

4.2.1.8 *Kollumerwaard (afwateringsgebied 28 en 29)*

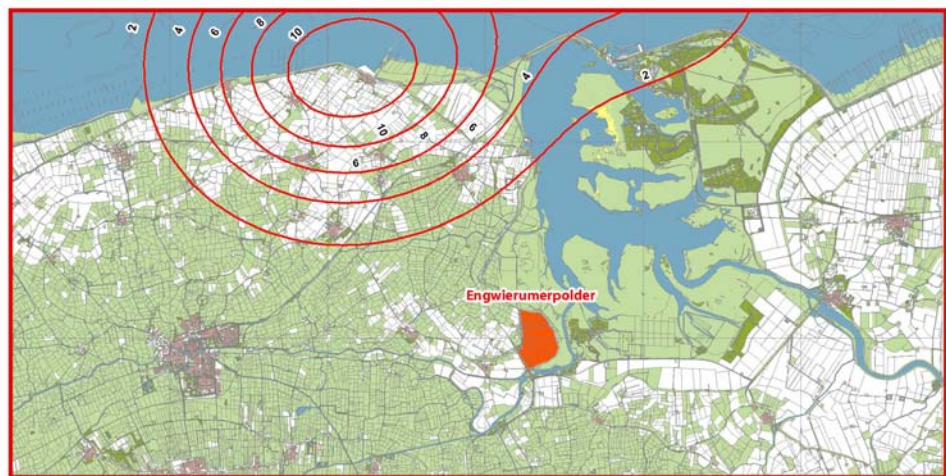
Het westelijke deel van de Kollumerwaard stroomt via een gemaal in noordwestelijke richting af naar het Lauwersmeer. Het maalpeil bedraagt in de zomer NAP -1,80 m en in de winter NAP -2,10 m.

In het zuidoostelijke deel van de Kollumerwaard bevindt zich een bemalingsgebied met een zomerpeil van NAP -1,40 m en een winterpeil van NAP -1,50 m. Het bemalingsgebied is recent verkleind en de waterhuishouding is aangepast. De nieuwe situatie is niet verwerkt in voorliggend rapport, omdat de exacte inrichting nog niet is verwerkt in de gegevens zoals die voor dit onderzoek zijn aangeleverd.

Het overige deel van de Kollumerwaard ligt vrij voor het Lauwersmeer. De waterhuishoudkundige situatie van het gebied ten noorden van het Ezu-makeeg is bij het realiseren van dit onderzoek nog niet bekend.

4.2.2 Engwierumpolder (afwateringsgebied 17)

De Engwierumpolder is voor de wateraan- en afvoer geheel afhankelijk van het Lauwersmeer. Wetterskip Fryslân beheert het peil in de Engwierumpolder op een zodanige wijze dat het streefpeil van NAP -0,60 m in de zomer en NAP -0,80 m in de winter wordt gehandhaafd.



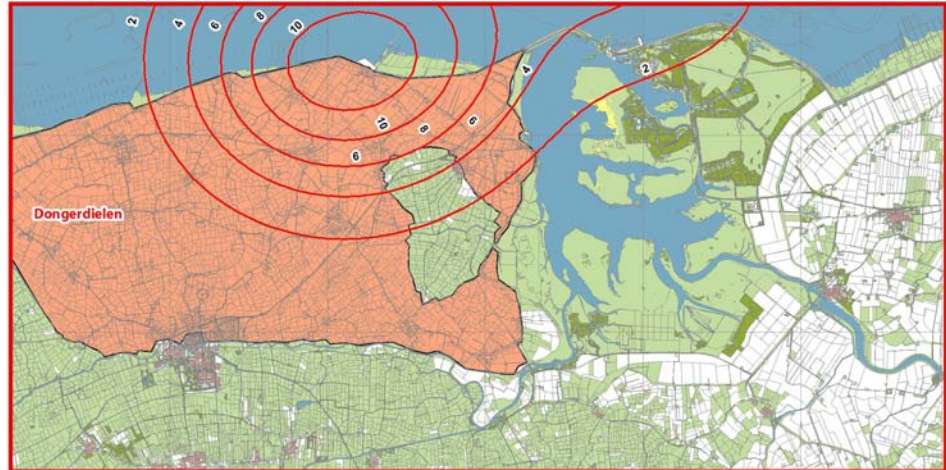
Figuur 4-4 Engwierumpolder met bodemdalingsprognose van de nieuwe winningen

In waterafvoersituaties wordt onder vrij verval water afgevoerd op het Lauwersmeer, terwijl in wateraanvoersituatie middels een opmaling maximaal 2 m³/min kan worden aangevoerd vanuit het Lauwersmeer. In nattere perioden kan het voorkomen dat het peil op het Lauwersmeer hoger wordt dan het peil in de Engwierumpolder. De Engwierumpolder heeft bij een geringe waterstandstijging op het Lauwersmeer al problemen met de waterafvoer. Ten behoeve van de waterafvoer worden geen metingen verricht.

4.2.3 Dongerdielen

Wetterskip Fryslân hanteert een streefpeil in het afwateringsgebied Dongerdielen van NAP -1,50 m in de winter en NAP -1,30 m in de zomer. Dit peil wordt gerealiseerd door wateraanvoer vanuit de Friese boezem en waterafvoer naar het Lauwersmeer. Het watersysteem Dongerdielen heeft een oppervlak van 12.684 ha en watert geheel via het gemaal Dongerdielen (maximaal 912 m³/min) af op het Lauwersmeer.

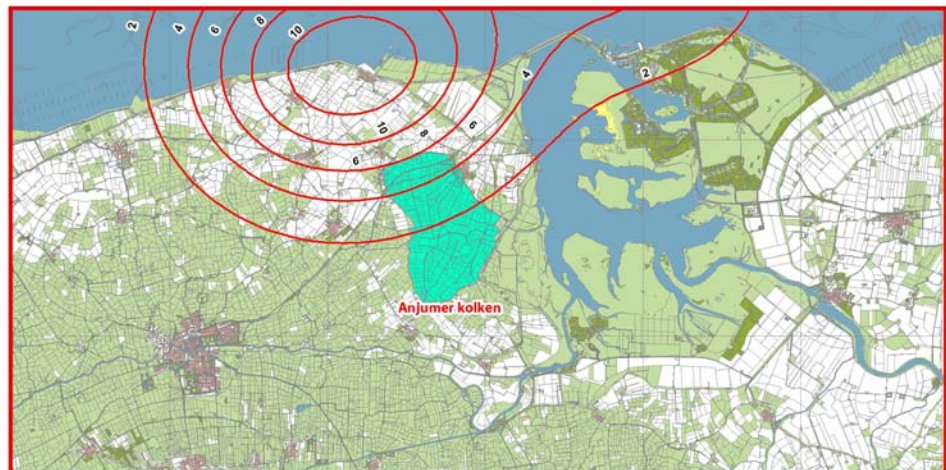
Het gemaal Dongerdielen kan tot een peil van ca. NAP 0,00 m zonder problemen water afvoeren naar het Lauwersmeer. Als de opvoerhoogte groter wordt dan 1,50 m dan is geen waterafvoer naar het Lauwersmeer meer mogelijk. Ten behoeve van de waterafvoer worden alleen de draaiuren geregistreerd.



Figuur 4-5 Dongerdielen met bodemdalingsprognose van de nieuwe winningen

Binnen het bemalingsgebied zijn voor de lage gronden onderbemalingen gesticht. De hogere gronden worden door middel van stuwen op een hoger streefpeil dan het maalpeil gehouden. De hogere gronden bevinden zich vooral langs de Waddenkust en langs het Dokkumerdiep. Vanuit de Friese boezem kan het bemalingsgebied in droge perioden van water worden voorzien. Daarnaast wordt er ook water opgepompt ten behoeve van de verziltingbestrijding (doorspoeling).

Binnen de polder Dongerdielen liggen de Anjumer Kolken. Deze bemalen gebieden zijn lager gelegen dan de omgeving. De oorzaak van deze ligging is in hoofdzaak de vroegere selnering die in dit gebied heeft plaatsgevonden. De Anjumer Kolken worden apart beschouwd omdat er t.a.v. van het oppervlaktewatersysteem effecten worden verwacht.



Figuur 4-8 Anjumer Kolken met bodemdalingsprognose van de nieuwe winningen

4.2.3.1 Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)

Wetterskip Fryslân voert vanuit de Anjumer- en Lioessenserpolder onder vrij verval water af op het Lauwersmeer, zodanig dat het streefpeil van NAP -0,10 m in de zomer en NAP -0,30 m in de winter wordt gehandhaafd. De Anjumer- en Lioessenserpolder heeft een oppervlakte van ca. 400 ha. De Anjumer- en Lioessenserpolder krijgen bij extreem hoge waterstanden (> NAP + 0,10 m) op het Lauwersmeer problemen met de waterafvoer. Om tijdens extreem hoge

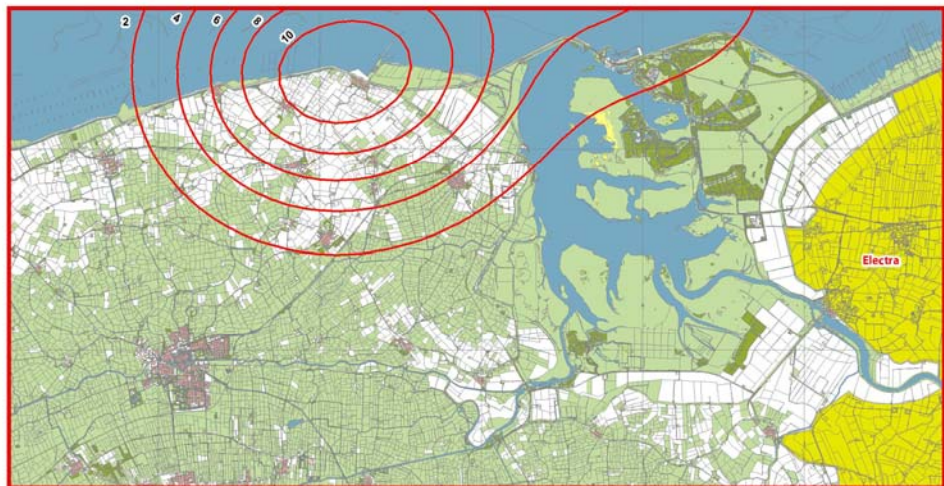
waterstanden op het Lauwersmeer de instroom van water te voorkomen is de afvoerduiker voorzien van een terugslagklep. Ten behoeve van de waterafvoer worden geen metingen verricht.

Bij gestremde lozing vanuit dit gebied op het Lauwersmeer kan de afvoer via het bemalingsgebied Dongerdielen plaatsvinden. De polder wordt derhalve toegerekend aan de polder Dongerdielen.

4.2.4 Electraboezem

Het wateroppervlak van het Lauwersmeer is een belangrijk onderdeel van de Electraboezem. Gedurende een groot deel van het jaar wordt het peil van de Electraboezem geregeld met de bediening van het spuicomples: de Lauwerssluizen. Wanneer er onvoldoende gespuid kan worden en de waterstand oploopt tot NAP -0,83 m wordt het gemaal De Waterwolf of het gemaal H.D. Louwes in werking gesteld. Vanaf dat moment fungeert het Lauwersmeer als bergboezem waarin het uitgemalen water tijdelijk wordt opgeslagen totdat er weer gespuid kan worden.

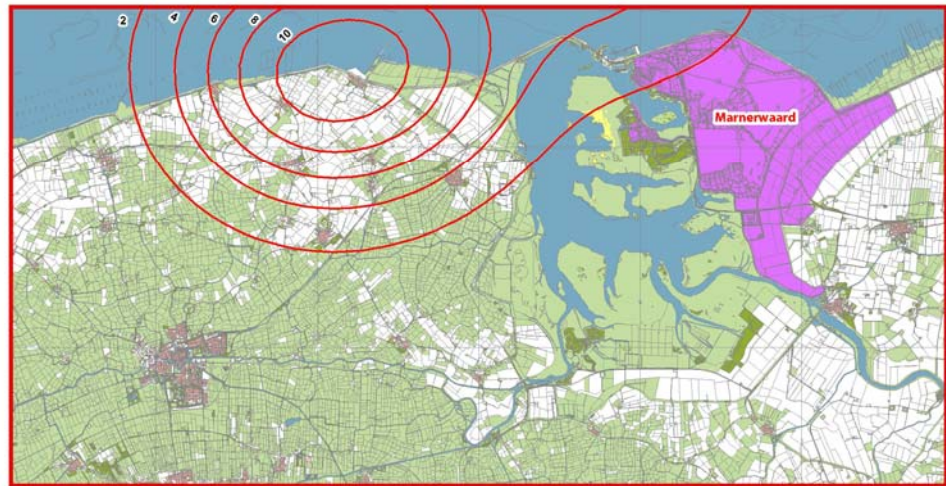
Voor de peilregeling van dat deel van de Electraboezem dat binnen de 1^e schil (WING) ligt, wordt met de aansturing van het gemaal Den Deel ervoor gezorgd dat het waterstandsverloop binnen de eerste schil gelijke tred houdt met de rest van de Electraboezem. De gemalen in de tweede schil zullen op een vergelijkbare wijze worden aangestuurd. Een deel van de Electraboezem loopt door tot ver buiten het plangebied, zoals reeds beschreven bij de betekenis van het Lauwersmeer voor de Electraboezem.



Figuur 4-6 De Electraboezem met bodemdalingsprognose

4.2.5 Polder Marnervaard

De polder wordt bemalen door het gemaal Robbengat die het overtollige water uit de polder uitslaat op het Lauwersmeer. Het streefpeil nabij het gemaal is NAP -2,65 m.

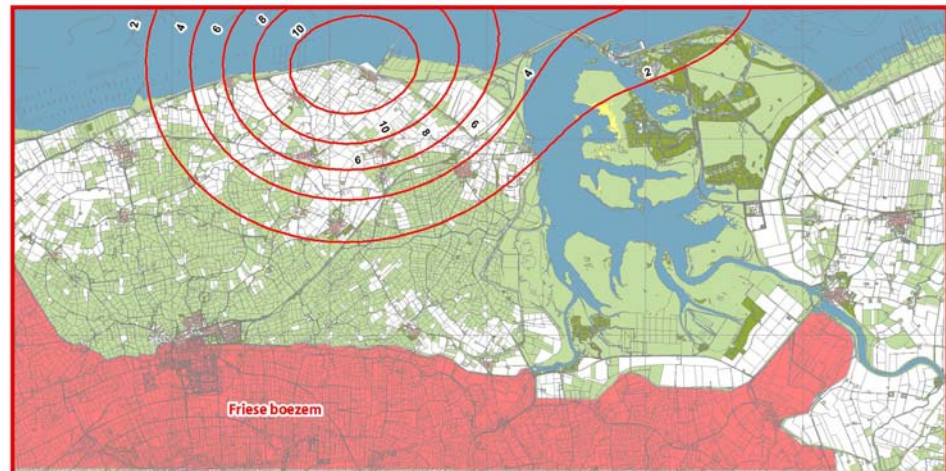


Figuur 4-7 De polder Marnerwaard met bodemdalingsprognose

Suyderoog en de noord- en westelijke delen van het poldergebied worden door stuwen op een hoger peil dan het maalpeil gehouden. In het oostelijke deel van de polder Marnewaard is in de jaren 80 een doorspoelsysteem gerealiseerd. In de situatie dat het water in de hoofdwatergangen van de polders te zout is voor beregening, kan er met zoet water uit de Electraboezem worden doorgespoeld.

4.2.6 Friese Boezem

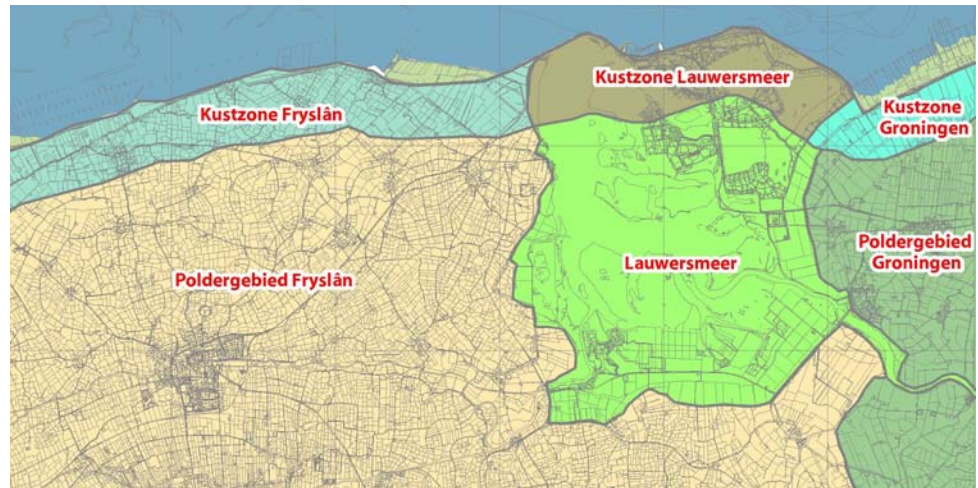
Tot het gebied van de Friese Boezem rekenen we hier gemakshalve alle gebieden in de provincie Fryslân ten zuiden van het Lauwersmeer en ten zuiden van de Dokkumer Ee. Sommige van de gebieden zijn lager gelegen polders die via een onderbemaling uitslaan op de boezem. Het Friese Boezempeil is NAP -0,52 m. Langs de Friese Boezem liggen kades om te hoge boezemwaterstanden op te vangen.



Figuur 4-8 Friese Boezem met bodemdalingsprognose

4.3 Grondwatersysteem en geologie

In een grondwatersysteem wordt het water beschreven dat zich beneden de grondwaterspiegel bevindt. Het studiegebied laat zich in het kader van dit onderzoek onderverdelen in 3 deelgebieden: *de kuststrook*, *het poldergebied* en *het Lauwersmeer* en 6 subgebieden: *kustzone Fryslân*, *kustzone Groningen*, *kustzone Lauwersmeer*, *poldergebied Fryslân*, *poldergebied Groningen* en *het Lauwersmeer*.

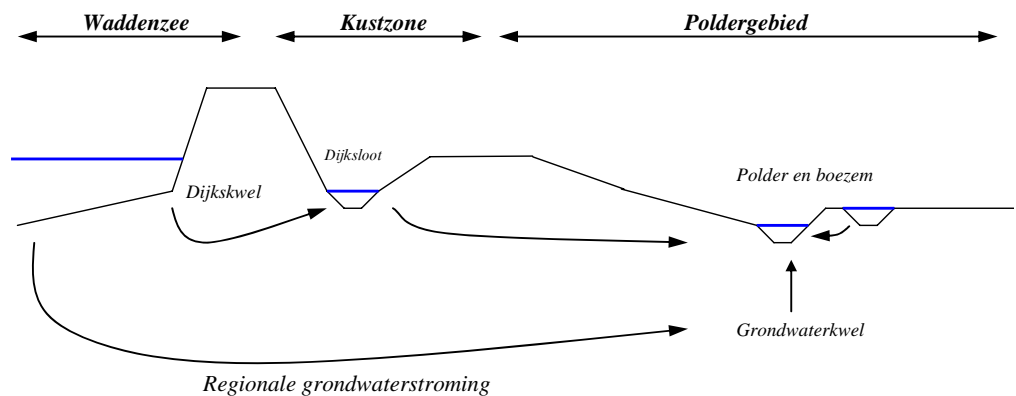


Figuur 4-9 deelgebieden analyse grondwatersysteem en geologie

De kustzone is een ca. 2 km brede strook grond en is relatief hoog gelegen (het maaiveld varieert van ca. NAP +0,50 m tot ca. NAP +1,50 m). Het achterliggende poldergebied ligt gemiddeld op ca. NAP -1,00 m en ligt daarmee lager dan de kustzone.

Het Lauwersmeer was oorspronkelijk onderdeel van de Waddenzee. De natuurlijke peilfluctuaties (eb/vloed) behoren sindsdien tot het verleden en het zoute milieu wordt geleidelijk zoeter.

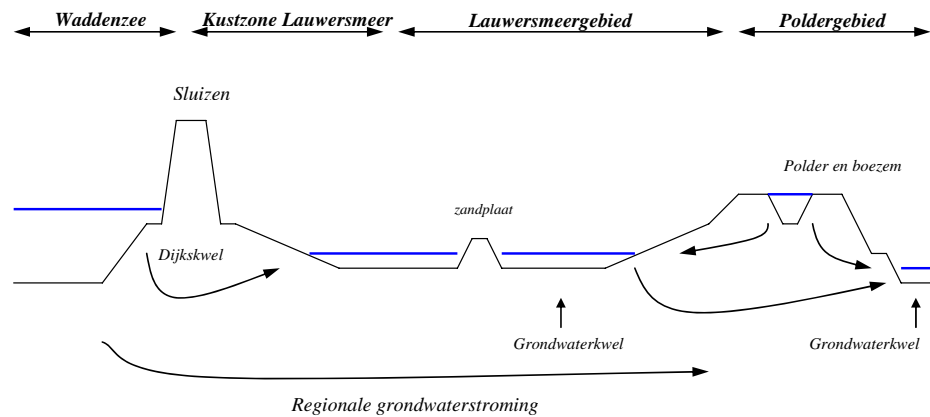
Het streefpeil in de kustzone varieert sterk per peilgebied (ca. NAP -0,70 m tot ca. NAP -0,95 m).



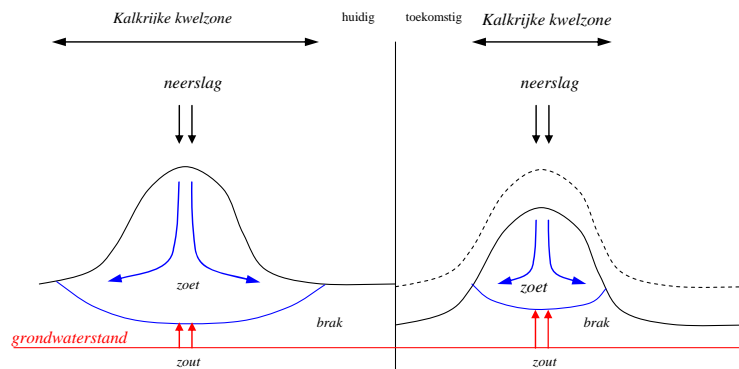
Figuur 4-10 Schematisatie kuststrook met mogelijke grondwaterstroming.

Het streefpeil in het poldergebied varieert net als in de kustzone sterk per peilgebied. Het peil varieert gemiddeld tussen ca. NAP -0,95 m tot ca. NAP -1,20 m. Verschillende lager gelegen gebieden hebben lagere oppervlaktewaterpeilen.

In het Lauwersmeer wordt een zomer- en winter- oppervlaktewaterpeil van NAP -0,93 m.



Figuur 4-11 Schematisatie Lauwersmeer met mogelijke grondwaterstroming.



Figuur 4-12 Detail zandplaats (effecten op micorniveau)

In figuur 4-12 geven de rode peilen de richting weer van de relatieve grondwaterstijging ten opzichte van het maaiveld als gevolg van bodemdaling. De *grondwaterstand* is de freatische grondwaterstand, oftewel de grens tussen de verzadigde en onverzadigde zone.

De huidige geomorfologie van het studiegebied is ontstaan onder invloed van veel menselijke activiteiten: afgravingen, inpoldering, de afsluiting van het Lauwersmeer en gaswinning.

De veranderingen in het Lauwersmeer hebben ervoor gezorgd dat het oorspronkelijk brakke tot zoute milieu aan het verzoeten is. Door voornamelijk bodemdaling en zeespiegelstijging zou het verziltingsproces echter weer de overhand kunnen krijgen.

De inpoldering van gebieden heeft voor lage oppervlaktewaterpeilen gezorgd. Samen met het plaatselijk afgraven van de deklaag (door aftichelen of selnering) heeft dit voor een toegenomen verticale (zoute) kwelflux gezorgd waardoor die poldergebieden nat en brak tot zelfs zout zijn in de huidige situatie.

4.3.1 Bodemopbouw en geo(hydro)logie

De geo(hydro)logische opbouw van Noord-Nederland wordt in sterke mate bepaald door de afzettingen ontstaan tijdens de ijstijden in het Pleistoceen. Dit betekent een grillig patroon van watervoerende en slecht doorlatende lagen. Zonder uitgebreid geologisch onderzoek moet worden volstaan met een schematisatie van de bodemopbouw (Tabel 4-2).

De ondergrond van het studiegebied kan worden beschreven door een afsluitende deklaag met een dikte variërend tussen ca. 2 en 10 m. Deze slecht doorlatende deklaag is opgebouwd uit Holocene klei- en veenlagen met plaatselijke zandinschakelingen behorende tot de Formatie van Naaldwijk en Formatie van Nieuwkoop (TNO, 2003).

Daaronder bevindt zich een ondiep watervoerend pakket van ca. 20 m. Het pakket bestaat voornamelijk uit fijnzandige afzettingen met lokaal inschakelingen van klei en veen behorende tot de Formaties van Boxtel, Naaldwijk en Eem (TNO, 2003). De eerste scheidende laag van ca. 5 m bestaat uit zware klei behorende tot de Formaties van Peelo en Urk I (TNO, 2003). Hieronder bevindt zich een diep watervoerend pakket en bestaat uit fijne tot zeer grove zanden behorende tot de Formaties van Urk I, Peelo, Appelscha en Peize (TNO, 2003).

Laagpakket	lithologie
Deklaag (tot ca. 10 m –mv)	Klei- en veenlagen met zandinschakelingen (Naaldwijk, Nieuwkoop).
Ondiep wvp (tot ca. 30 m –mv)	Fijnzandige afzettingen (Boxtel, Drenthe en Eem).
Scheidende laag (tot ca. 35 m –mv)	Zware klei (Peelo en Urk I)
Diep wvp (tot ca. 250 m –mv)	Fijne tot zeer grove zanden (Urk I, Appelscha, en Peize).

Tabel 4-2 Geohydrologische schematisatie.

Tijdens transgressiefasen in het Pleistoceen zijn in het kustgebied mariene zanden en kleien afgezet. Doordat er in het Holoceen afsluitende veen- en kleilagen op de mariene lagen zijn afgezet, heeft het zoute water zich weten te handhaven. Ook in het Holoceen heeft de zee invloed gehad op het kustgebied. In deze perioden zijn plaatselijk erosiegeulen ontstaan waarbij het onderliggende klei- en veenpakket werd aangetast. In deze geulen werden mariene zandafzettingen afgezet. Dit is het geval in het Lauwersmeer waardoor de geologische opbouw door het ontbreken van de deklaag afwijkt van de geologische opbouw van de omgeving.

Het poldergebied is de overgangszone tussen de kustzone met mariene afzettingen en de hogere infiltratiegebieden buiten het plangebied. De bodemopbouw van het poldergebied vertoont dezelfde opeenvolging van mariene zanden en kleien. Het Pleistocene pakket wordt aan het maaiveld afgesloten met de slecht doorlatende Holocene deklaag van klei en veen. Het poldergebied is een voornamelijk kunstmatig ingericht landschap. In het verleden heeft vooral veenafgraving voor lokaal lager gelegen gebieden gezorgd. Het Holocene pakket zorgt voor een weerstand waardoor in het poldergebied een groter drukverschil kan ontstaan tussen ondiep grondwater en (freatisch) oppervlaktewater.

Het Lauwersmeer is ontstaan doordat de zee land terugnam tijdens het Holoceen. De geomorfologie en bodemopbouw weerspiegelen de recente wadhistorie. Langs de geulen in het centrale deel zijn grove zanden afgezet. Dichter bij de kust en aan het eind van fijnere geulen is door de daar geringere stroomsnelheid fijner materiaal afgezet. Daar komen relatief kleiige gronden voor. In de huidige situatie wordt het Lauwersmeer als gevolg van het afsluiten van de Waddenzee en de aanvoer van zoet water uit het achterliggende gebied geleidelijk zoeter. Door de aanwezigheid van zoute bodemlagen in de ondergrond en de aanhoudende kwelsituatie gaat dit proces echter zeer langzaam.

De bodemopbouw speelt een belangrijke rol bij grondwaterstroming. In het noorden van het Lauwersmeer is de bodem redelijk tot goed doorlatend. Naar de randen neemt de doorlatendheid af. De invloed van veranderingen in het oppervlaktewaterpeil op de grondwaterstroming is groter naarmate de doorlatendheid van de ondergrond groter is.

4.3.2 Huidige situatie grondwaterkwantiteit en -kwaliteit

Grondwatergegevens laten zien dat er regionaal sprake is van een landinwaartse grondwaterstroming vanaf de Waddenzee (Swart 1991). In watervoerende lagen vindt voornamelijk horizontale stroming plaats. De intrusie van zeewater is dan ook voor te stellen als een langgerekte *zoutwatertong* die zich uitstrekt van de Waddenzee tot tientallen kilometers landinwaarts. Deze is al sinds de zoute afzettingen in het Holoceen aanwezig.

Het stijghoogteverval (verschil in stijghoogte tussen twee punten) in het eerste watervoerende pakket loodrecht op de kust is echter zeer gering, wat inhoudt dat de landinwaartse grondwaterstroming zeer traag verloopt.

In het studiegebied kunnen twee soorten processen worden onderscheiden die tot zoute kwel leiden:

- Enerzijds zorgt het potentiaalverschil tussen zeeniveau en oppervlaktepeil in de kustzone voor kwel; zogenaamde “kustzonekwel”. Maatregelen om de effecten van bodemdaling op te heffen en zeespiegelstijging kunnen deze zoute kwel versterken naar de soms diep (tot in de zandondergrond) gegraven dijkstochten of naar het Lauwersmeer.
- Daarnaast komt kwel voor in het poldergebied. We noemen dit verder “polderkwel”. De weerstand van de Holocene veen- en kleipakketten en het potentiale drukverschil tussen het grondwater en het oppervlaktewaterpeil bepalen over het algemeen de intensiteit in grondwaterkwel. Doordat het grondwater opkwelt vanuit mariene afzettingen in de ondergrond heeft ook dit kwelwater een zout karakter.

Kustzonekwel

Met kustzonekwel wordt in voorliggende rapportage alle kwel in de kustzone bedoeld. Deze kwel wordt veroorzaakt door de relatief hoge grondwaterdruk in het watervoerende pakket en de aanwezigheid van lichte gronden die weinig weerstand tegen grondwaterstroming bieden.

De Waddenzee heeft een gemiddelde waterstand van NAP $\pm 0,00$ m. In de kustzone Fryslân wordt gemiddeld een oppervlaktewaterstand van ca. NAP -0,30 m gehandhaafd. In de kustzone Groningen wordt een gemiddeld oppervlaktewaterpeil van circa NAP -1,50 m gehandhaafd. Het verschil in waterstand in de Waddenzee en in de kustzones resulteert in een kweldruk in de richting van het watersysteem in de kustzone die toeneemt naarmate het verschil groter wordt (bij gelijkblijvende weerstand). Door zeespiegelstijging neemt dit verschil toe.

Wanneer door bodemdaling het oppervlaktewaterpeil wordt verlaagd zal dit verschil nog groter worden en de kweldruk nog meer toenemen.

Polderkwel in het poldergebied Fryslân en Groningen

In het poldergebied wordt het Holocene pakket afgesloten door een ca. 5 m dikke weerstandbiedende deklaag. Hier worden lokaal zeer hoge concentraties zout in het oppervlaktewater gemeten. Daarnaast heeft het plaatselijk afgraven van de deklaag (=afgeticheld) voor vermindering van de weerstandbiedende laag gezorgd. Hierdoor is de weerstand tegen (zoute) kwelstroming kleiner. Het optreden van deze versterkte zoute kwel blijkt met name uit het hogere zoutgehalte in het oppervlaktewater van deze polders.

In slecht doorlatende lagen vindt voornamelijk omhoog gerichte verticale grondwaterstroming plaats (verticale kwel). Deze stroming vindt plaats onder invloed van het potentiaal verschil tussen de eerste watervoerende laag (waarin het grondwater uit 'fossiel' zeewater bestaat) en de freatische grondwaterstand (oppervlaktewaterpeil). Zoute kwel in het poldergebied vindt dus voornamelijk in het verticale vlak plaats. Wanneer door bodemdaling als gevolg van gaswinning het oppervlaktewaterpeil (verder) verlaagd wordt, neemt het potentiaal verschil in het verticale vlak toe en daarmee ook de omhoog gerichte (zoute) kwelstroom.

Grondwaterkwel (Lauwersmeer)

Het Lauwersmeer heeft door de afwijkende geologische opbouw een lagere weerstand tegen kwel (grovere zandlagen in de geulen). Ondanks de huidige verzoeting van het Lauwersmeer sinds de afsluiting, is het gebied nog zout.

Op kleinere schaal vindt ook kwelstroming plaats. Het grondwater in de zandplaten en voormalige kwelders zijn nog niet ontzilt. In de winter treedt hier ontzilting op als gevolg van infiltratie van neerslag. In de zomerperiodes treedt weer verzilting op door capillaire opstijging bij neerslagtekort. Bovendien neemt de dijkskwel in verhouding toe naarmate de aanvoer van zoet water in de zomer afneemt en dus het oppervlaktewaterpeil lager is. Zonder detailkwantificering kan worden aangenomen dat de zomer- en winterkwel-situatie op microniveau elkaar opheffen. Uit stijghoogtegegevens, gemeten in ondiepe lagen door TNO en Staatsbosbeheer in het Lauwersmeer, blijken grote delen te inunderen in de winterperiodes. Deze gegevens zijn opgenomen in bijlage 4.

In tabel 4-3 is het potentiaalverschil tussen het oppervlaktewaterpeil binnen- en buitendijks (kustzonekwel) weergegeven en het potentiaalverschil tussen grondwater- en oppervlaktewaterpeil (polderkwel). Omdat de waterstanden in de huidige situatie slechts zijn gemiddeld, is het verschil slecht indicatief. Daarnaast is de kwelflux naast het potentiaal verschil ook sterk afhankelijk van de hydraulische weerstand van de bodem. Deze hydraulische weerstand varieert sterk en is in het kader van deze studie niet onderzocht.

kustzonekwel:	Huidige opp. waterpeil (m)	Waddenzee gem. (m)	verschil (cm)
Kustzone Fryslân	NAP -0,30	NAP ± 0,00	30
Kustzone Lauwersmeer	NAP -0,93	NAP ± 0,00	93
Kustzone Groningen	NAP -1,50	NAP ± 0,00	150
polderkwel:	Huidige opp. waterpeil (m)	Stijghoogte (m)	verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	NAP -1,50	NAP -0,85	65
Poldergeb. Groningen	NAP -0,93	NAP -0,85	8
Lauwersmeer	NAP -0,93	NAP -0,93	0

Tabel 4-3 Potentiaalverschil huidige situatie

4.4 Autonome ontwikkelingen vanaf 2007

4.4.1 Klimaatverandering

Door klimaatverandering zal het warmer worden in Nederland. Daarnaast zal de zeespiegel stijgen (door smelten van landijs en uitzetten van oceaanwater), verandering in regenval (intensiteit, verdeling over de seizoenen en hoeveelheid) en treedt een verandering in afvoer van rivieren op.

In het algemeen wordt in Nederland gekozen voor het Middenscenario van het KNMI dit scenario ziet er ten aanzien van water als volgt uit:

	2050	2100
Temperatuur	+ 1 ° C	+ 2 ° C
Neerslag / jaar (mm)	+ 3 %	+ 6 %
Neerslagintensiteit	+ 10 %	+ 20 %
zeespiegelstijging	+ 25 cm	+ 60 cm

Tabel 4-4 *Klimaatscenario KNMI*

4.4.1.1 Zeespiegelstijging

Naast bodemdaling vindt er zeespiegelstijging plaats. Deze zeespiegelstijging wordt mogelijk versterkt door de (onzekere) klimaatveranderingen.

De zeespiegelstijging wordt geschat op ca. 0,30 m in de komende 50 jaar.

Deze toename is gebaseerd op de absolute zeespiegelstijging als gevolg van klimaatveranderingen en de relatieve zeespiegelstijging als gevolg van bodembeweging.

De fluctuerende zeespiegel heeft sinds het Holocene grote invloed uitgeoefend op de vorming van de Noord-Nederlandse kust. In verschillende transgressiefasen zijn mariene zanden en kleien afgezet. Door de huidige kustverdediging kan de zee nu geen invloed meer hebben op het huidige landschap.

Onder invloed van dichtheidsverschillen komt er in het kustgebied een wig van zout grondwater voor. Als gevolg van het potentiaal verschil vindt er zeer trage stroming plaats van het punt met hoge potentiaal naar het punt met lage potentiaal (landinwaarts). Omdat het potentiaal aan de zee kant door zeespiegelstijging zal toenemen, zal de stroming landinwaarts ook toenemen.

Deze stroming is niet alleen afhankelijk van het potentiaal verschil, maar ook van de afstand waarover het potentiaal verschil geldt (aangenomen dat de horizontale doorlatendheid, effectieve porositeit en dichtheid van het water constant is).

Hoe groter de horizontale afstand tussen twee punten, hoe minder het effect van verandering in potentiaal in het ene punt merkbaar is in het andere punt.

Door de verwachte zeespiegelstijging zal het potentiaal verschil tussen buiten- en binnendijs toenemen. Door stijging van de zeespiegel wordt de druk in de laag met brak water opgevoerd. De tegendruk van de deklaag blijft gelijk.

Hierdoor dringt zout water in de deklaag door en veroorzaakt binnendijs (in de kustzone) voor verzilting van het grond- en oppervlaktewater. Daarnaast komen in de kustzone lichtere afzettingen voor met een lagere weerstand tegen kwelstroming. Meer landinwaarts neemt de weerstand toe.

4.4.2 Bodemdaling

- Als gevolg van reeds aanwezige aardgaswinningen daalt de bodem in Noord-Nederland. Een kaartje met de dalingslijnen met betrekking tot de einddaling als gevolg van de huidige winningen is aangegeven in bijlage 6. De effecten van de huidige winningen op de waterhuishouding zijn in de betreffende rapportages beschreven.

- Daarnaast treedt bodemdaling op door het oppompen van teveel grondwater of door het te intensief bemalen van polders. Wanneer water uit een sedimentpakket verdwijnt kunnen klei- en veenpakketten inklinken en leiden tot bodemdaling.
- Ook mijnbouw kan bodemdaling veroorzaken. Mijnbouw komt in het onderzoeksgebied niet voor.
- Naast bodemdaling veroorzaakt door de mens vindt er ook natuurlijke bodemdaling plaats. Nederland bevindt zich aan de rand van het dalende Noordzeebekken. Het noordwesten en het Nederlands deel van de Noordzee dalen terwijl het zuiden omhoog komt. Het noordwesten daalt hierdoor gemiddeld 25 mm per eeuw.
- Naast bodemdaling door gaswinning vindt er in Noord-Nederland ook veenoxidatie plaats. Veenoxidatie ontstaat wanneer veen wordt blootgesteld aan zuurstof als gevolg van ontwatering. Veen komt in het plangebied zeer lokaal voor. Aan de randen van het Lauwersmeer komen ondiepe dunne Holocene veenpakketten voor die niet zijn geërodeerd door de mariene zandafzettingen. Ontwatering van deze veenlagen zal niet of nauwelijks plaatsvinden omdat de verwachte bodemdaling als gevolg van gaswinning op deze lokaties zeer gering is. De effecten van veenoxidatie zijn in het plangebied dan ook zeer gering. Ook in het voormalige veengebied Anjumer Kolken wordt (door het afgraven van het veen t.b.v. selnering) geen bodemdaling door veenoxidatie verwacht.

Door gaswinning kunnen breuksystemen ontstaan in de diepe ondergrond. Langs breuksystemen kan in theorie versnelde grondwaterstroming plaatsvinden. Breukvorming door een slecht doorlatende laag zorgt voor een verlaging van de weerstand tegen grondwaterstroming op dat punt. Ook kan een breuksysteem een barrière vormen voor horizontale grondwaterstroming als gevolg van het vertikaal verschuiven van watervoerende en slecht doorlatende lagen. Het grondwater kan dan als kwel aan het maaiveld komen. Breukvorming in de Pleistocene en Holocene afzettingen (tot ca. 250 –mv) zullen door de elasticiteit van deze afzettingen niet voorkomen. Toename van de (zoute) grondwaterkwel zal als gevolg van breukvorming door gaswinning in het plangebied niet plaatsvinden

4.4.3 Kwel

Samen zorgen bodemdaling en zeespiegelstijging voor het geleidelijk steeds meer verzilten van het oppervlaktewater in de vorm kustzonekwel en polderkwel.

Intensieve grondwateronttrekkingen vinden in het plangebied niet plaats. Het verziltingsproces zal hierdoor dus niet beïnvloed worden.

5 Effecten en mogelijke maatregelen

5.1 Inleiding

Bij het uitvoeren van dit verkennende (ook wel fase 1) onderzoek worden de algemene effecten en de mogelijke maatregelen op de waterhuishouding beschreven van de voorgenomen activiteiten:

- Aardgaswinning locatie Nes/Moddergat.
- Aardgaswinning locatie Lauwersoog.
- Aardgaswinning locatie Vierhuizen.
- Aardgaswinning van de nieuwe winningen opgeteld.

Andere effecten worden beschreven onder autonome ontwikkelingen.

In een fase 2 onderzoek wordt ingezoomd op de gebieden waar effecten worden verwacht, zoals gedefinieerd in het fase 1 onderzoek. In overleg met de initiatiefnemer, waterbeheerder en bodemdalingcommissie wordt dan nader in detail onderzocht wat de effecten zijn en welke maatregelen daarbij horen. In dit hoofdstuk 5 staan alvast enkele richtinggevende maatregelen genoemd.

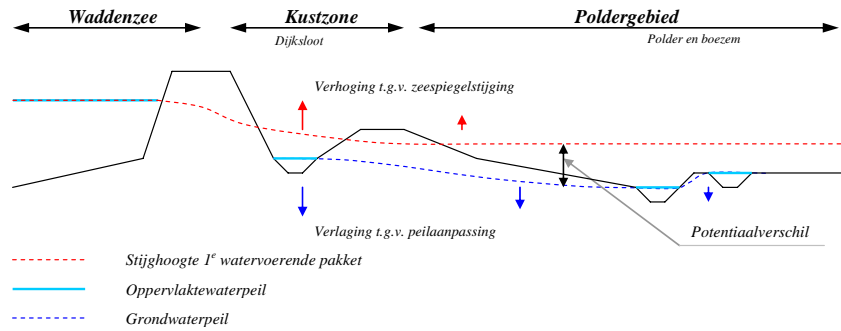
Effecten die optreden ten aanzien van het oppervlaktewatersysteem worden aan de hand van de volgende thema's beschreven:

- verandering in de waterstanden Lauwersmeer;
- verandering in waterberging Lauwersmeer;
- verandering in de opvoerhoogte van gemalen;
- verandering in drooglegging;
- verandering in kruinhoogten kaden en (zee)dijken.

Omdat het watersysteem in het studiegebied vrijwel geheel kunstmatig is (door menselijk ingrijpen, d.m.v. gemalen en stuwen) is er tussen de verschillende effecten vaak een relatie te vinden met de beïnvloeding van het peilregelende kunstwerk.

De te verwachte effecten van bodemdaling op het grondwatersysteem zijn afhankelijk van de mate van bodemdaling, de regionale en lokale grondwatersituatie en de geologische opbouw. De effecten van bodemdaling door gaswinning op kwelstromen zal pas merkbaar worden als het oppervlaktewaterpeil wordt aangepast. Of het oppervlaktewaterpeil wordt aangepast is afhankelijk van de doelstellingen van het gebied zoals landgebruik en de mate van acceptatie van een zoutere en nattere situatie.

Schematisch is de invloed van zeespiegelstijging en oppervlaktewaterpeilverlaging op de grondwaterstroming in onderstaand dwarsprofiel (Figuur 5.1) weergegeven.



Figuur 5-1 Dwarsprofiel noord-zuid ten westen van het Lauwersmeer.

Het verschil in stijghoogte van het diepere watervoerende pakket en het freatische grondwaterpeil kan door bodemdaling en veranderende oppervlaktewaterpeilen wijzigen. Deze processen zijn in de figuur met gekleurde peilen weergegeven. Door de stijging van de zeespiegel (en daarmee de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket) en de verlaging van het oppervlaktewaterpeil (en daarmee het freatische grondwaterpeil) neemt het potentiaalverschil toe. Bij bovenstaande figuur 5-1 moet worden opgemerkt dat oppervlaktewaterpeilverlaging ook tot stijghoogteverlaging leidt. De mate van de hierdoor ontstane toename van het potentiaalverschil is afhankelijk van de dikte en weerstand van de slecht doorlatende laag. Afhankelijk van de zone (kust, poldergebied) heeft dit meer of minder effect.

5.2 Oppervlaktewatersysteem

5.2.1 Spuicapaciteit sluizen Lauwersoog

Van de drie sluizencomplexen, met elk vier kokers van 10 m breedte ligt de onderzijde van de koker op NAP – 5,00 m. De bovenzijde van de stroomkokers bevindt zich op NAP +0,00 m. Bij extreem hoge waterstanden zijn de kokers geheel gevuld. Onder normale omstandigheden zal er bij een paar centimeter daling van het kunstwerk weinig veranderen. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter door een groter nat profiel. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller “raken”. Bij “het aanraken” van de bovenzijde door het water wordt de wrijvingsweerstand groter en de capaciteit neemt af.

De afname van capaciteit van de stroomkokers zal nader berekend moeten worden. Het zogenaamde “aanraken” van het water aan de binnenonderkant van de koker komt in de huidige situatie circa 1 keer per jaar voor.

5.2.2 Peilaanpassing Lauwersmeer

Als gevolg van gaswinning daalt de bodem en daarmee ook de kaden en peilregelende kunstwerken in en rondom het Lauwersmeer. Een maatregel om de nadelige effecten van bodemdaling teniet te doen is het doorvoeren van een peilaanpassing. Peilaanpassing op het Lauwersmeer heeft grote effecten op het Electrasysteem dat tot ver in de provincie Groningen reikt. Voorlopig wordt bij het bepalen van de effecten ervan uit gegaan dat het streefpeil op het Lauwersmeer NAP -0,93 m blijft!

5.2.3 Zouttong bij spuisluisen Lauwersmeer

Bijkomend aandachtspunt is dat de daling van de onderzijde van de koker effecten kan hebben op de zouttong. Deze ontstaat door “lekkend” schutwater bij zeeluisen. Door het dichtheidsverschil tussen het zoute en het zoete

water zijn de waterdrukken op gelijke diepte onder de waterspiegel niet gelijk aan elkaar.

Het verschil wordt bepaald door de snelheid en massa van beide stromingen. Omdat voor het bepalen van de omvang van de zouttong ook zaken als tijd en sedimenttransport, windrichting etc. van belang zijn, kunnen we alleen op basis van inschatting kwalitatief iets zeggen over het effect van bodemdaling. De kans bestaat dat de zouttong verder naar binnen dringt. Modelberekeningen zullen moeten aantonen in hoeverre dit daadwerkelijk (aantoonbaar) plaatsvindt.

5.2.4 Inundatie en berging Lauwersmeer

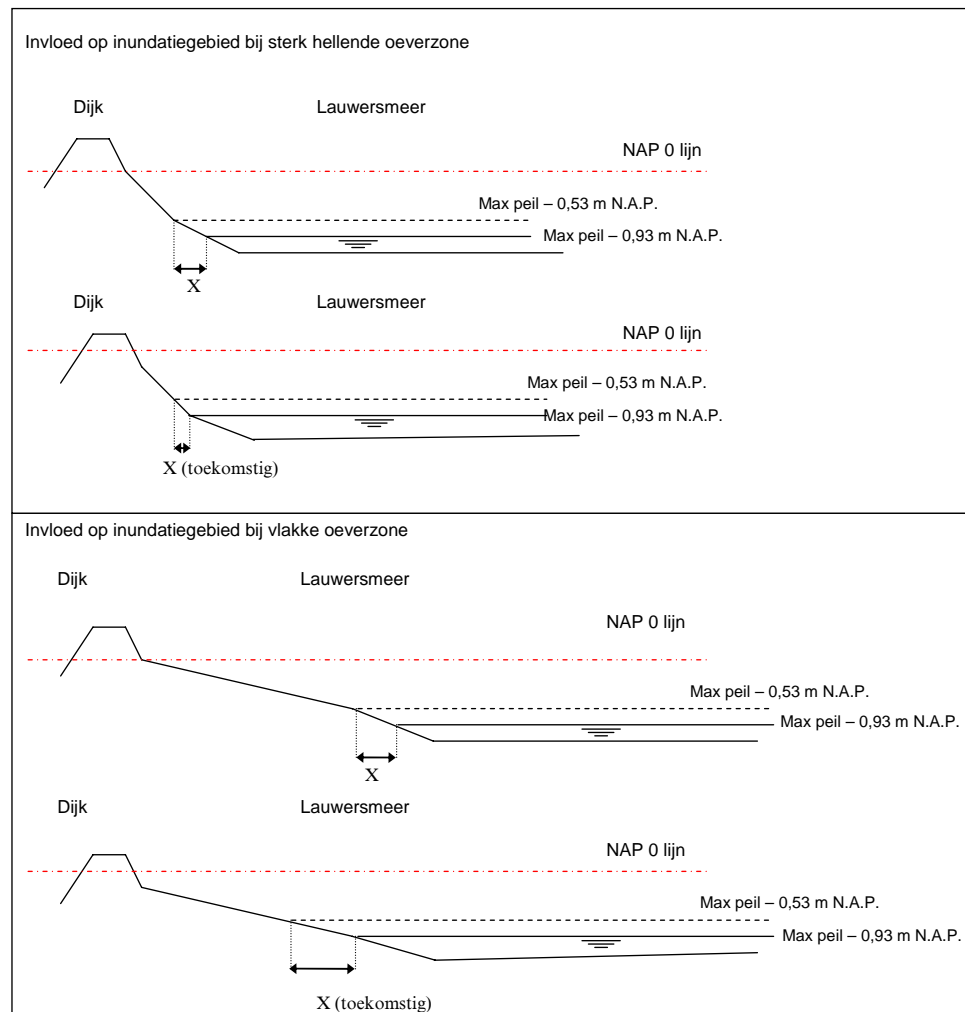
Door het wijzigen van de maaiveldhoogtes in het Lauwersmeer zal (bij gelijkblijvend peil) een groter gebied inunderen. In bijlage 5 is een indicatie gegeven van de inundatiegebieden bij het streefpeil van NAP -0,93 m en bij het maximumpeil van NAP $\pm 0,00$ m. Dit maximumpeil kan op basis van reguliere omstandigheden voorkomen zij het zeer uitzonderlijk. In extreme situaties (bij hevige langdurige neerslag) kan worden besloten het peil verder op te laten lopen, hiervoor dient nadrukkelijk toestemming te worden gevraagd aan het bevoegd gezag, men spreekt in zo'n geval van calamiteitenberging.

Door de toename van het inundatieoppervlak zal de frequentie van inundatie afnemen. Op basis van de beschikbare gegevens is dit niet te kwantificeren; hiervoor zijn er te veel dynamische factoren. Uitsluitend met een modelberekening is een inschatting te maken van het waterstandsverloop op het Lauwersmeer. Voor een modelberekening zijn nauwkeurige gegevens noodzakelijk over waterdiepte, stromingen, spuicapaciteit etc.

Bij gelijkblijvende waakhoogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

De volgende analyse is kwalitatief te maken. Door de daling van het maaiveld zal bij een peil van NAP -0,93 m het oppervlak aan open water toenemen (een groter gebied staat onder water). Wanneer het inundatiegebied ook toeneemt, zal de overschrijdingsfrequentie (van het streefpeil) afnemen en de optredende maximale waterstand zal afnemen (bij een gelijkblijvend debiet). Dit is niet exact te bepalen omdat het mede afhankelijk is van de niet beschikbare informatie over de helling van oevers. Door het toenemende wateroppervlak zal de bergingscapaciteit (in kubieke meters) toenemen.

In de navogende figuur is weergegeven hoe de helling van de oevers invloed heeft op de toename of afname (in hectares) van het inundatiegebied.



Figuur 5-2 principes bepaling inundatiezone

5.2.5 Betekenis voor gebieden die direct afwateren op het Lauwersmeer

Als gevolg van bodemdaling en bij een gelijk blijvend streefpeil op het Lauwersmeer zullen de lage (onbeschermde) gronden in het Lauwersmeer sneller/vaker inunderen. De drooglegging neemt tevens af.

5.2.6 Friese boezem en Electraboezem

De spuicapaciteit van het Lauwersmeer (t.g.v. daling spuisluizen) wijzigt bij geringe daling nauwelijks. De overwegingen zijn beschreven in 5.2.1. Het effect van de daling op de spuicapaciteit van de sluisen bij Zoutkamp en Dokkumer Nieuwezijlen is in dit onderzoek niet nader onderzocht. De kunstwerken liggen buiten de contourlijnen van de nieuwe winningen. Waarschijnlijk zal de capaciteit niet wijzigen of toenemen door lagere drempels en daarmee een groter nat doorstroomprofiel. De effecten op overige peilregulende kunstwerken van de Friese Boezem, de Electraboezem en de aanliggende gronden dalen langs boezemsystemen zijn verder in dit onderzoek niet beschouwd. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zal naar verwachting weinig effecten optreden voor de boezemsystemen.

5.2.7 Kaden en dijken rond het Lauwersmeer

Rondom het Lauwersmeer ligt een kade. Per kadevak wordt de maximale daling bepaald. De totale verdeling van de bodemdaling wordt in tabelvorm

weergegeven. Alleen de kaden binnen de bodemdalingsschotel van de nieuwe winningen worden beschouwd.

Van kerende kaden dient elke centimeter verlies in kerende hoogte te worden hersteld door kadeverhoging.

5.2.8 Zeewering (Delta dijk)

De zeewering ligt met name voor het Friese deel van het plangebied door het dalingsgebied. Per dijksvak wordt de maximale daling bepaald. De totale verdeling van de bodemdaling wordt in tabelvorm weergegeven. Alleen de zeedijk binnen de bodemdalingsschotel van de nieuwe winningen wordt beschouwd.

De Delta dijk dient de ‘delta’ hoogte te behouden.

5.2.9 Verhang, waterstanden opvoerhoogte en drooglegging

Als gevolg van de bodemdaling door aardgaswinning daalt niet alleen het maaiveld, maar dalen ook de peilregelende kunstwerken (gemalen, stuwen en inlaten). Zonder aanpassingen aan de gemalen en stuwen zal er in het gebied een automatische peilaanpassing plaatsvinden ter grootte van de daling van het kunstwerk. Hierdoor verandert het drukverschil over de kunstwerken met als gevolg dat de capaciteit wijzigt.

Wanneer de daling slechts in delen van een gebied plaatsvindt, kan er een verandering in de drooglegging optreden. Een gebied kan meer gaan hellen, of juist minder gaan hellen. Wanneer een gebied meer gaat hellen, kan de afwatering zodanig versnellen dat gebieden droger worden, wanneer een gebied minder gaat hellen, kan er vernatting optreden door het stagneren van de afvoer. Afhankelijk van de huidige ontwatering van de gebieden (afgestemd op de huidige functie) is een dergelijke verandering positief of negatief.

Voor het bepalen van deze effecten wordt een methodiek toegepast zoals die algemeen geaccepteerd is door provincies en waterbeheerders. Deze methodiek wordt onder andere toegepast bij onderzoeken voor de bodemdalingcommissie.

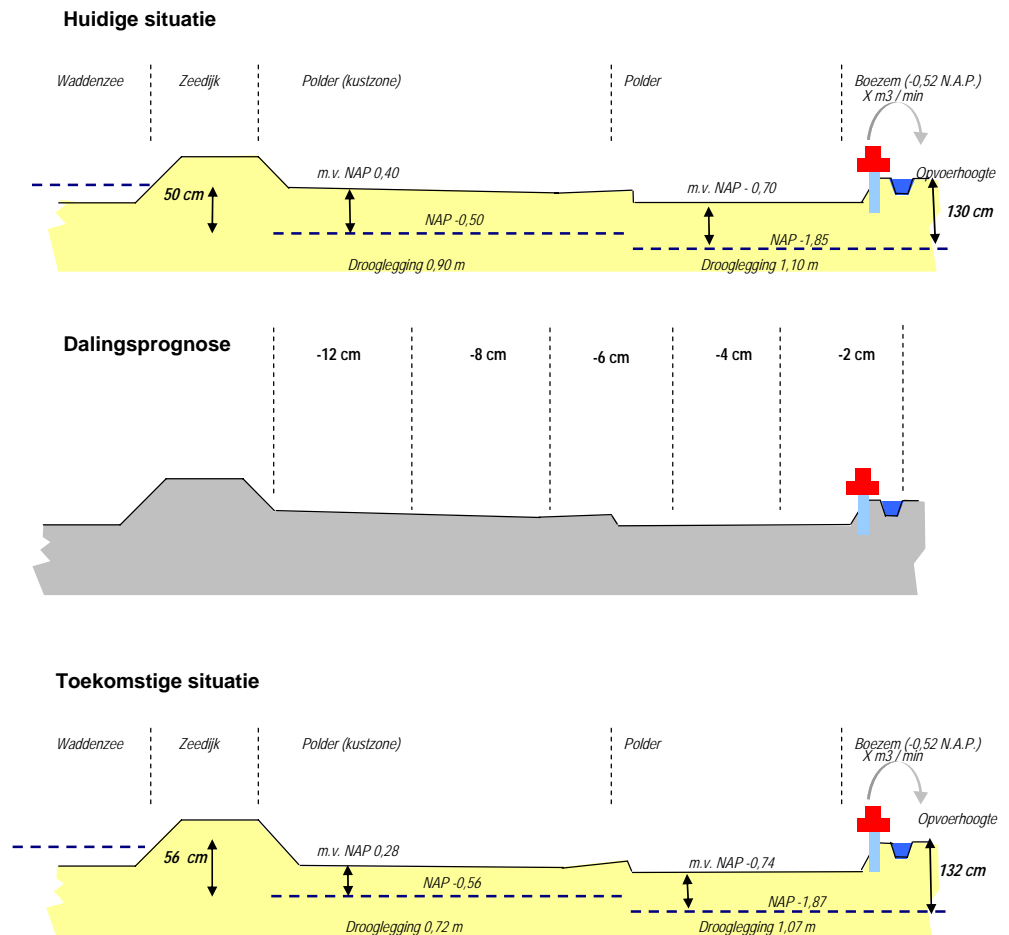
Methodiek

Op basis van de peilgebiedgegevens kan worden bepaald welke clustering van peilgebieden afwatert richting een groot peilregelend kunstwerk (stuw, sluis ofemaal). Deze gebieden worden afwateringsgebieden genoemd.

Vervolgens kan voor deze afwateringsgebieden worden bekeken of dit zogenaamde “aandachtsgebieden” zijn: daar waar het verschil in bodemdaling tussen het peilregelende kunstwerk en de afwaterende gronden 4 centimeter of meer bedraagt. Deze norm wordt doorgaans gehanteerd bij het bepalen van compenserende maatregelen. Een daling van minder dan 4 centimeter is in het dagelijks waterbeheer nauwelijks merkbaar.

Als eerste stap wordt de daling van het peilregelende kunstwerk bepaald. Vervolgens wordt de daling in het bijbehorende afwateringsgebied bepaald. Indien dit verschil 4 centimeter of meer bedraagt is sprake van effect.

Voor de aanpassing in opvoerhoogte is de daling van het kunstwerk zelf van belang. Figuur 4.3 laat het algemeen geldende principe voor bepaling van effecten zien. De getallen zijn alleen ter illustratie.



Figuur 5-3 principes bepaling effecten oppervlaktewatersysteem

We zien in de toekomstige situatie: wijziging opvoerhoogte gemaal, wijziging drooglegging, wijziging streefpeil, peilverschil t.o.v. Waddenzee.

De verandering in drooglegging kan worden bepaald door de nieuwe hoogte van het peilregelende kunstwerk te berekenen. Wanneer ervan uit wordt gegaan dat er geen aanpassingen aan het kunstwerk worden doorgevoerd, zal ook het peil evenzoveel zakken. Op basis van deze nieuwe peilen kan een nieuwe drooglegging worden berekend.

Het berekenen van de drooglegging kan op basis van de peilgebieden en maai-veldhoogte worden uitgevoerd. Echter is dit niet de werkelijke drooglegging. Daarbij spelen zaken als opbolling, opstuwning van water door krappe duikers e.d. eveneens een belangrijke rol. Wanneer er sprake is van gebieden met een hoge interne weerstand en de daling van het peil is beperkt (circa 5-10 centimeter) mag worden aangenomen dat de daadwerkelijke drooglegging in een groot deel van het gebied niet of nauwelijks wijzigt. Door met ter plaatse deskundigen de werkelijke situatie te bespreken kan worden bepaald of er sprake is van hoge interne weerstand. Voor deze peilgebieden dient een nieuw optimaal peil te worden berekend (waarbij naast drooglegging ook verzilting, doorspoeling, functie etc. een rol spelen) waarop vervolgens door de betreffende waterbeheerder een peilbesluit kan worden genomen. Vervolgens dient het peilregelende kunstwerk te worden aangepast zodat het nieuwe streefpeil kan worden gehanteerd.

Watergangen en kleine kunstwerken

In dit (verkennde) onderzoek zijn watergangen en de kleinere, niet peilregelende kunstwerken, buiten beschouwing gelaten. Binnen de aandachtsgebieden, waar het verschil in bodemdaling 4 centimeter of meer is, zullen deze nader moeten worden onderzocht. Zo kunnen bijvoorbeeld de stroomsnelheden toenemen door verminderde waterdiepte of steiler verhang van de bodem. Dit soort effecten zijn alleen te bepalen door hydraulische berekeningen uit te voeren met behulp van een rekenmodel. Uit andere bodemdalingsstudies is gebleken dat effecten van bodemdaling door gaswinning op de watergangen en niet peilregelende kunstwerken binnen afwateringseenheden tot circa 1000 hectare verwaarloosbaar klein zijn. Aangezien elk gebied weer zijn eigen specifieke waterhuishouding heeft dienen controleberekeningen te worden uitgevoerd.

5.3 Mogelijke maatregelen oppervlaktewatersysteem

Voor de verschillende gevolgen van bodemdaling (veroorzaakt door delfstofwinning) zijn een aantal principemaatregelen te formuleren, gekoppeld aan de gevolgen worden ze in deze paragraaf beschreven. De maatregelen beperken zich in dit onderzoek tot:

- Maatregelen aan stuwen en gemalen.
- Maatregelen aan oevers en kaden.
- Maatregelen ten aanzien van de drooglegging.

Naast bovengenoemde maatregelen die direct gekoppeld zijn aan het hoofdwatersysteem zijn er ook afgeleide maatregelen noodzakelijk om bijvoorbeeld schade te voorkomen. Te denken valt aan:

- aanpassingen fundering gebouwen en wegen, als gevolg van een gewijzigd streefpeil en daarmee de grondwaterstand;
- compensatie afname capaciteit van ondergrondse pijpleidingen door afname verhang;
- peilschalen en peilmerken weer op de juiste hoogte aanbrengen;
- beschoeiing aanpassen aan de nieuwe waterstanden.

Maatregelen aan kunstwerken

Bij aanpassingen van kunstwerken dient gekeken te worden of de aanpassingen wel mogelijk zijn binnen de bestaande behuizing of dat de aanpassingen nog wel rendabel zijn in verband met de restwaarde van het kunstwerk. In een fase 2 onderzoek zullen op basis van technische gegevens en bouwjaar van een kunstwerk moeten worden bekeken welke maatregelen nodig zijn, wat deze kosten en of de wijzigingen nog wel rendabel zijn (wellicht is het efficiënter een nieuw kunstwerk te plaatsen). Hierbij moeten ook de exploitatiekosten worden beschouwd.

Gemalen

Bij gemalen kunnen er effecten ontstaan doordat streefpeilen voor en/of na een gemaal wijzigen. Wijzigen van een streefpeil kan voorkomen door daling van een peilregelend kunstwerk en/of door aanpassing van het streefpeil in verband met de drooglegging.

Uitgangspunt is dat de huidige capaciteit (inclusief de ingebouwde reserve) behouden blijft.

Bij vijzelgemalen kan het voor het behoud van de capaciteit nodig zijn het vulpunt te wijzigen, de vijzel te verplaatsen en/of te verlengen en/of het vermogen te wijzigen.

Bij pompen kan gedacht worden aan aanpassingen waaier of zuigleiding en het wijzigen van het vermogen. Indien binnen de bestaande behuizing een wijziging niet kan worden doorgevoerd komt nieuwbouw in beeld.

Stuwen

Net als bij gemalen geldt als uitgangspunt dat de huidige capaciteit (inclusief de ingebouwde reserve) behouden blijft. De capaciteit kan afnemen als gevolg van:

- een afname natte profiel doordat de afstand tussen streefpeil bovenstrooms en de drempelhoogte verminderd;
- afname verschil waterstand bovenstrooms en benedenstrooms in de afvoersituatie, waardoor de stuw “verdrongen” raakt.

Indien het nodig is dat het streefpeil bovenstrooms hoger moet worden, kan het zijn dat de klep of schuif te kort is of niet hoog genoeg opgetrokken kan worden. De constructie moet dan worden aangepast.

Maatregelen aan oevers en kaden

Als gevolg van bodemdaling dalen ook de oevers en kaden. Belangrijk voor kaden is dat de “waakhoogte” niet afneemt. De waakhoogte wordt bepaald door de maximaal optredende waterstand en de kruinhoogte. In geval van daling zal de kade moeten worden verhoogd. Dit kan bijvoorbeeld door bij groene dijken een laag grond aan te brengen of in geval van damwanden er een extra gording of deksloof aan te brengen.

Maatregelen t.b.v. de drooglegging

Uitgangspunt is het herstellen van de huidige drooglegging. Door bodemdaling kan de drooglegging toenemen of afnemen. Daarbij zijn de volgende maatregelen denkbaar:

- toename drooglegging (droger)
 - o peilaanpassing (tot 8 cm verschil zodat maximum van 4 cm verschil niet meer wordt overschreden)
 - o nieuwe stuw plaatsen (op plaats van >4 cm grens, indien nodig plaatsen meerdere stuwen zodat 4 cm verschil ook in resterende gebied niet wordt overschreden)
 - o bestaande stuw aanpassen
- Afname drooglegging (natter)
 - o Peilaanpassing (tot 8 cm verschil zodat 4 cm verschil niet meer wordt overschreden)
 - o Onderbemaling op grens >4 cm

5.4 Grondwatersysteem

5.4.1 De kuststrook

Door bodemdaling kan het potentiaalverschil toenemen. Om de effecten van bodemdaling op te heffen zal het oppervlaktewaterpeil zo nodig worden verlaagd. Het potentiaalverschil tussen oppervlaktewater of de stijghoogte in het freatische pakket en de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket zal vergroten en de zoute kwel toenemen. Het invloedsgebied van eventuele polderpeilverlaging kan worden weergegeven door middel van de spreidingslengte. De spreidingslengte is een maat voor de ruimtelijke doorwerking van hydrologische ingrepen en wordt bepaald door de wortel uit het product van het doorlaatvermogen en de hydraulische weerstand van de bovenliggende slecht

doorlatende laag. Bij een relatief geringe dikte van de deklaag en daardoor vermoedelijk ook relatief geringe weerstand zal de spreidingslengte zodanig zijn, dat polderpeilverlaging in met name het centrale deel van het dalingsgebied (ca. 2 km) tot meer kwel zal leiden.

Niet in alle afwateringsgebieden is het noodzakelijk om het oppervlaktewaterpeil met de bodemdaling mee te laten zakken. De kustzone is een relatief hoog gelegen gebied met een drooglegging van ca. 1,50 m. Een vermindering van de drooglegging met bijvoorbeeld 12 cm naar ca. 1,38 m hoeft geen nadelige effecten te hebben op de akkerbouw in dit gebied. Naar effecten op de gebruiksfunctie van de deelgebieden is in het kader van deze studie geen onderzoek verricht.

5.4.2 Het poldergebied

Door bodemdaling zal het grondwater in principe niet automatisch meedalen. Om de effecten van bodemdaling op te heffen zal het oppervlaktewaterpeil mogelijk wel worden verlaagd. Het potentiaalverschil tussen ondiep grondwater en oppervlaktewater wordt hierdoor groter. De zoute kwel neemt hiermee toe.

Poldergebieden zijn relatief laag gelegen gebieden met een laag polderpeil (variërend tussen ca. NAP -2,50 m en NAP -0,50 m). Door het grote drukverschil tussen zeespiegel en polderpeilen en de lokaal zeer dunne weerstandsbiedende laag (deze is deels afgeticheld, of verlaagd door selnering), leidt de (zoute) kweldruk hier voor hoge chlorideconcentraties in het oppervlaktewater en natte percelen. De verzilting van het oppervlak zal weliswaar toenemen, maar of dit verslechtering betekent ten opzichte van de huidige situatie is hiermee nog niet gezegd. Grote delen van het gebied zijn in verband met de huidige zilte toestand alleen nog maar geschikt voor grasland en hebben een beperkte drooglegging. Voor een exacte analyse van de effecten is een goed beeld van de bodemopbouw (ook diepere grondlagen) van bijvoorbeeld de Anjumer Kolken noodzakelijk.

5.4.3 Mogelijke maatregelen

De effecten op kwelstromen, grondwaterstanden en verzilting bij dergelijke locale processen (op geohydrologische schaal gezien) voornamelijk veroorzaakt door maatregelen in het oppervlaktewatersysteem. Deze aanpassingen dienen weloverwogen te worden bepaald. Er is een optimalisatie te vinden in afstemming van oppervlaktewater voor een bepaalde functie en de invloed van zoute kwelstromen. Uiteraard hangt een dergelijke uitwerking ook af van de huidige omstandigheden voor de functie, wanneer deze nu reeds suboptimaal zijn dient te worden bekeken in hoeverre deze situatie verslechterd. Maatregelen in het grondwatersysteem zijn niet of nauwelijks denkbaar. Het plaatsen van schermen e.d. wordt op deze schaal niet realistisch geacht.

6 Effecten bestaande gaswinning locaties (autonome ontwikkeling) vanaf begin winning

De afwateringsgebieden met de contourlijnen staan weergegeven in bijlage 6. De contourlijnen in het zuidelijke deel van het plangebied zijn pas op het laatste moment van het onderzoek aangeleverd. De effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in het zuidelijke deel van het plangebied zijn om die reden in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

6.1 Lauwersmeer

De spuisluizen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Onder normale omstandigheden zal er bij 2 cm daling van het kunstwerk weinig veranderen. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller “raken”. Bij “het aanraken” van de bovenzijde door het water wordt de wrijvingsweerstand groter en de capaciteit neemt af.

De afname van capaciteit van de stroomkokers zal nader berekend moeten worden. Het zogenaamde “aanraken” van het water aan de binnenonderkant van de koker komt in de huidige situatie circa 1 keer per jaar voor.

Bij gelijkblijvende waakhogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden met 9 cm afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

6.1.1 Vrijliggende gronden

Het westelijke deel daalt binnen het Lauwersmeer met 9 cm het meest. Het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer daalt 6 cm. Het noordoostelijke deel daalt 2 cm. Voor de vrijliggende gebieden in het Lauwersmeer betekent dit dat de gronden die dalen, de drooglegging afneemt en sneller/vaker inunderen. De afname van de drooglegging bedraagt 4 cm in het zuidoostelijke deel en 9 cm in het noordwestelijke deel van het Lauwersmeer

6.1.2 Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)

De oostelijk gelegen gronden wateren via stuwen af richting het Lauwersmeer. De gronden dalen tussen de 4 en 8 cm. De stuwen dalen 5 tot 7 cm. Het verschil in daling bedraagt minder dan 4 cm.

6.1.3 Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)

De stuw van Ezumakeeg daalt 8 cm. Het gebied achter de stuw daalt 9 cm in het noorden en 6 cm in het zuiden. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. Het oostelijke deel van Ezumakeeg ligt vrij voor het Lauwersmeer. De gronden in het noorden dalen 8 cm. De gronden in het zuiden dalen 5 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De drooglegging wordt 5 tot 8 cm minder. Het verschil is 4 cm of meer. Er zijn effecten te verwachten.

6.1.4 Eske-spolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)

In verband het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalingsgegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

6.1.5 Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29)

In verband het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalingsgegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

6.2 **De polder Marnewaard** (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42)

Het gemaal Robbengat daalt 2 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, de opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

De bemalen gronden dalen 0 tot 6 cm. Het bemalingsgebied is opgedeeld in kleinere peilgebieden door tussenkomst van stuwen. De dalingsverschillen binnen deze peilgebieden zijn minder dan 4 cm. De automatische peilaanpassingen zijn onderling dusdanig klein dat het effect op de werking van de stuwen nauwelijks merkbaar is.

6.3 **Dongerdielen**

6.3.1 Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)

De gronden van deze polder dalen 10 cm in het zuidelijke deel tot 6 cm in het noordwestelijke deel. Zowel het peilregelende kunstwerk richting Lauwersmeer als naar Dongerdielen daalt 9 à 10 cm. De droogligging neemt met 4 cm toe in het noordwesten. Het verschil is 4 cm of meer. Er zijn effecten te verwachten.

Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. Het afwaterende kunstwerk richting Lauwersmeer daalt 9 cm. De afwateringsmogelijkheden richting het Lauwersmeer worden beperkter. De afwateringsmogelijkheid richting het gemaal Dongerdielen blijft nagenoeg gelijk. Afvoer via een gemaal brengt hogere energiekosten met zich mee.

6.3.2 Engwierumerpolder (afwateringsgebied 17)

In verband het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalingsgegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

6.3.3 Anjumer Kolken

6.3.3.1 Afwateringsgebied 11

Het gemaal daalt 10 cm. De bemalen gronden dalen tussen 6 en 10 cm. Het verschil in daling is 4 cm en er zijn effecten te verwachten. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 9 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 1 cm toe.

6.3.3.2 Afwateringsgebied 12

Het gemaal daalt 10 cm. De bijbehorende gronden dalen tussen 10 en 12 cm. De verschildaling is maximaal 2 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 9 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 1 cm toe.

6.3.4 Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25

De daling in deze gestuwde gebieden langs de noordzijde van het bemalingsgebied bedraagt 2 tot 12 cm. Het dalingsverschil tussen de stuwen en bijbehorende gronden is echter minder dan 4 cm. De absolute daling tot 12 cm zal effecten hebben op de kwel vanuit de Waddenzee.

6.3.5 Afwateringsgebied 2

Binnen dit grote gestuwde gebied dalen de gronden minimaal 0 cm en maximaal 7 cm. De stuw daalt 3 cm. De verschildalingen bedragen maximaal 4 cm. Er is enig effect te verwachten. Het afwateringsgebied kent een relatief groot hoogteverschil in microreliëf; oftewel per kavel kan de drooglegging sterk verschillen.

6.3.6 Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8

De gemalen van deze onderbemalingen dalen 4 cm. De daling van de bijbehorende gronden bedraagt tussen de 3 en de 7 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 9 cm. De opvoerhoogte van de onderbemalingen neemt tot 5 cm af.

6.3.7 Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19

In verband het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalingsgegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

6.3.8 Afwateringsgebied 13

Het gemaal daalt 7 cm. De bemalen gronden dalen tussen 6 en 7 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 9 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm af.

6.3.9 Afwateringsgebied 14

Deze gestuwde gronden stromen via af richting gemaal Dongerdielen. De stuw daalt 7 cm. De gestuwde gronden dalen 6 tot 8 cm. Er treden geen effecten op.

6.3.10 Afwateringsgebied 18

Het gemaal Dongerdielen daalt 9 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De opvoerhoogte neemt met 9 cm toe. De daling van de gronden die zonder tussenkomst van een peilregelend kunstwerk voor het gemaal liggen bedraagt tussen 0 en 11 cm. Het verschil in daling bedraagt meer dan 4 cm. De drooglegging van de gronden in het zuidwestelijke deel neemt met 9 cm toe. Hier zijn effecten te verwachten. De drooglegging in het noordoostelijke deel neemt met 2 cm af.

6.4 **Kaden en dijken**

6.4.1 Kaden rondom het Lauwersmeer

De bodemdaling van de kaden rondom het Lauwersmeer is in tabel 6-1 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreekt is de kadelengete dat daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De kadelengete dat daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Lauwersmeer autonome ontwikkeling										
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
lengte	0,7	5,8	5,5	9,2	7,4	1,4	1,9	2,0	2,7	36,6 kilometer

Tabel 6-1 Verdeling bodemdaling Lauwersmeerkade

Van kerende kaden dient elke centimeter verlies in kerende hoogte te worden hersteld door kadeverhoging.

6.4.2 Zeewering (Delta dijk)

De bodemdaling van de zeedijk is in tabel 6-2 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken, is de lengte zeedijk dat daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De lengte zeedijk dat daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Zeedijk autonome ontwikkeling						
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	Totaal
lengte		3,3	3,9	2,8	1,3	3,4
						14,7 kilometer

Tabel 6-2 Verdeling bodemdaling zeewering

De Delta dijk dient de ‘delta’ hoogte te behouden.

6.5 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

De diverse effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in tabel 6-3.

Wijziging: Gebied	Wijziging drooglegging (+ = toename; - = afname) [cm]	opvoerhoogte gemaal (+ = toename; - = afname) [cm]
Het Lauwersmeer	-6 in zuidoosten -2 in noordoosten -9 in westen -5 to -8 gebied 20	
Marnerswaard	-	+2 gemaal Robbengat
Dongerdielen	+4 in gebied 26 +4 in gebied 11 -4 in gebied 2 +9 in gebied 18	+1 gemaal gebied 11 +1 gemaal gebied 12 -5 gemaal gebied 3,4,7,8 -2 gemaal gebied 13 +9 gemaal Dongerdielen

Tabel 6-3 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

6.6 Grondwatersysteem

Vanwege de beperkte informatie op lokaal niveau zijn de effecten op het grondwatersysteem voor de 6 hoofdgebieden uitgezocht. De effecten staan in de tabellen 6-4 en 6-5 weergegeven.

Dijkswkel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-10	30	62-70
Kustzone Lauwersmeer	2-8	30	125-128
Kustzone Groningen	2-4	30	182-184
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-12	geen invloed	67-77
Poldergeb. Groningen	4-6	geen invloed	12-14
Lauwersmeer	4-8	geen invloed	4-8

Tabel 6-4 Potentiaalverschillen

Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-40	3-14	7-33
Kustzone Lauwersmeer	32-38	26-30	2-9
Kustzone Groningen	32-34	1-2	1-3
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-12	3-16	3-18
Poldergeb. Groningen	4-6	33-43	50-75
Lauwersmeer	4-8	100	0

Tabel 6-5 toename Potentiaalverschil

7 Effecten locatie Moddergat

De afwateringsgebieden met de contourlijnen staan weergegeven in bijlage 6.

7.1 Lauwersmeer

De spuisluisen bij Lauwersoog dalen 0 cm. Er zijn geen effecten te verwachten.

Bij gelijkblijvende waakhoogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden met 4 cm afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

7.1.1 Vrijliggende gronden

Het noordwestelijke deel, bij de hoek van Band, daalt binnen het Lauwersmeer met 6 cm het meest. Het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer daalt niet.

De afname van de drooglegging bedraagt 0 cm in het zuidoostelijke deel en 6 cm in het noordwestelijke deel van het Lauwersmeer. Alleen bij de gronden nabij de Hoek van de Band neemt de drooglegging met 4 cm of meer af. De lagere gronden zullen sneller inunderen.

7.1.2 Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)

De oostelijk gelegen gronden wateren via stuwen af richting het Lauwersmeer. De gronden dalen tussen de 4 en 6 cm. De stuwen dalen 4 cm. Het verschil in daling bedraagt minder dan 4 cm.

7.1.3 Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)

De stuw van Ezumakeeg daalt 0 cm, gelijk aan de daling in het gebied. Het oostelijke deel ligt vrij voor het Lauwersmeer. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

7.1.4 Eskespolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

7.1.5 Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

7.2 Electraboezem

De peilregelende kunstwerken van de Electraboezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zal er verder geen effecten optreden voor de Electraboezem.

7.3 Friese boezem

De peilregelende kunstwerken van de Friese boezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zullen er verder geen effecten optreden voor de Friese boezem.

7.4 Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42)

Het gemaal Robbengat daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, de opvoerhoogte van het gemaal blijft gelijk. Er zijn geen invloeden.

7.5 Dongerdielen**7.5.1 Anjumer- en Lioesserpolder** (afwateringsgebied 26)

De gronden van deze polder dalen 2 cm in het zuidoostelijke deel tot 10 cm in het noordwestelijke deel. Zowel het peilregelende kunstwerk richting Lauwersmeer als naar Dongerdielen daalt 6 cm. De drooglegging neemt met 4 cm toe in het zuidoosten. De droogligging neemt met 4 cm af in het noordwesten. De gronden hebben een drooglegging van circa 120 cm dit neemt af met 5% naar 116 cm. Het verschil is 4 cm of meer. Er zijn effecten te verwachten.

Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. Het afwaterende kunstwerk richting Lauwersmeer daalt 6 cm. De afwateringsmogelijkheden richting het Lauwersmeer worden beperkter. De afwateringsmogelijkheid richting het gemaal Dongerdielen blijft nagenoeg gelijk. Afvoer via een gemaal brengt hogere energiekosten met zich mee.

7.5.2 Engwierumpolder (afwateringsgebied 17)

Het gemaal in dit gebied is een aanvoergemaal. Zowel het gemaal als de gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

7.5.3 Anjumer Kolken

Het afwateringsgebied 11 (het zuidelijke deel) heeft een huidige drooglegging van circa 70 cm dit neemt met circa 3% af naar 68 cm. Het noordelijke deel, afwateringsgebied 12 heeft een huidige drooglegging van circa 95 cm dit neemt met 4% af naar 91 cm.

7.5.3.1 Afwateringsgebied 11

Het gemaal daalt 2 cm. De bemalen gronden dalen tussen 0 en 2 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

7.5.3.2 Afwateringsgebied 12

Het gemaal daalt 2 cm. De bijbehorende gronden dalen tussen 2 en 6 cm. De verschildaling is 4 cm. Het bemalingsgebied is opgedeeld in kleinere peilgebieden door tussenkomst van stuwen. De dalingsverschillen binnen deze peilgebieden is minder dan 4 cm. De automatische peilaanpassingen zijn onderling dusdanig klein dat het effect op de werking van de stuwen nauwelijks merkbaar is.

De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

7.5.4 Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25

De daling in deze gestuwde gebieden langs de noordzijde van het bemalingsgebied bedraagt 2 tot 10 cm. Het dalingsverschil tussen de stuwen en bijbehorende gronden is echter minder dan 4 cm. De absolute daling tot 10 cm zal effecten hebben op de kwel vanuit de Waddenzee.

7.5.5 Afwateringsgebied 2

Binnen dit grote gestuwde gebied dalen de gronden minimaal 0 cm en maximaal 10 cm. De stuw daalt 2 cm. De verschildalingen bedragen meer dan 4 cm. De drooglegging in het noordoosten neemt af tussen de 0 en 8 cm. Het afwateringsgebied kent een relatief groot hoogteverschil in microreliëf. Oftewel per kavel kan de drooglegging sterk verschillen. We spreken van een gemiddelde drooglegging van ongeveer 165 cm. Door de bodemdaling treedt een afname in drooglegging op van maximaal 6% op tot 155 cm.

7.5.6 Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8

De gemalen van deze onderbemalingen dalen 0 tot 1 cm. De daling van de bijbehorende gronden bedraagt tussen de 0 en de 1 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van de onderbemalingen neemt tot maximaal 1 cm toe.

7.5.7 Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19

Deze gestuwde gebieden langs en nabij het Dokkummerdiep dalen 0 cm. Datzelfde geldt voor de peilregelende kunstwerken. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. In deze situatie treden geen effecten op.

7.5.8 Afwateringsgebied 13

Het gemaal daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen tussen 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. Er treden geen effecten op.

7.5.9 Afwateringsgebied 14

Deze gestuwde gronden stromen via af richting gemaal Dongerdielen. De stuw, de achterliggende gronden en het gemaal Dongerdielen dalen 0 cm. Er treden geen effecten op.

7.5.10 Afwateringsgebied 18

Het gemaal Dongerdielen daalt 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De opvoerhoogte blijft gelijk.

De minimale daling van de gronden die zonder tussenkomst van een peilregelend kunstwerk voor het gemaal liggen bedraagt 0 cm, de maximale daling bedraagt 8 cm. Het verschil in daling bedraagt meer dan 4 cm. De drooglegging van de gronden in het noordelijke deel neemt met 8 cm af. De huidige drooglegging bedraagt circa 150 cm. De drooglegging neemt derhalve met 5% af tot 142 cm.

7.6 **Kaden en dijken**

7.6.1 Kaden rondom het Lauwersmeer

De bodemdaling van de kaden rondom het Lauwersmeer is in tabel 7-1 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken is de kadelenkte dat daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De kadelenkte dat daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Lauwersmeer locatie Moddergat						
Daling (cm)	2 - 2,5	3	4	5	6	Totaal
lengte	0,3	1,2	0,7	0,5	0,6	3,3 kilometer

Tabel 7-1 Verdeling bodemdaling Lauwersmeerkade

7.6.2 Zeewering (Delta dijk)

De bodemdaling van de zeedijk is in tabel 7-2 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken, is de lengte zeedijk, dat daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De lengte zeedijk dat daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Zeedijk locatie Moddergat										
Daling (cm)	2 - 2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
lengte	0,7	1,4	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	1,3	4,4	13,3 kilometer

Tabel 7-2 Verdeling bodemdaling zeewering

7.7 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

De effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in tabel 7-3.

Wijziging: Gebied	Wijziging droogleg- ging (+ =toename; - = afname) [cm]	opvoerhoogte gemaal (+ =toename; - = afname) [cm]
Het Lauwersmeer	-6 in noordwesten	-
Marnerswaard	-	-
Dongerdielen	+4 in gebied 26 (zo) -4 in gebied 26 (nw) -8 in gebied 2 -8 in gebied 18	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12 +1 gemaal gebied 3,4,7,8

Tabel 7-3 Effectenmatrix

7.8 Grondwatersysteem

Vanwege de beperkte informatie op lokaal niveau zijn de effecten op het grondwatersysteem voor de 6 hoofdgebieden uitgezocht. De effecten staan in de tabellen 7-4 en 7-5 weergegeven.

Dijkswkel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-10	30	62-70
Kustzone Lauwersmeer	2	30	125
Kustzone Groningen	0	30	180
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-8	geen invloed	67-73
Poldergeb. Groningen	0	geen invloed	8
Lauwersmeer	0	geen invloed	0

Tabel 7-4 Potentiaalverschil

Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-40	3-14	7-33
Kustzone Lauwersmeer	32	2	2
Kustzone Groningen	0	0	0
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-10	3-14	3-15
Poldergeb. Groningen	0	0	0
Lauwersmeer	0	0	0

Tabel 7-5 Toe-/afname potentiaalverschil

8 Effecten locatie Lauwersoog

De afwateringsgebieden met de contourlijnen staan weergegeven in bijlage 6.

8.1 Lauwersmeer

De spuisluisen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Onder normale omstandigheden zal er bij 2 cm daling van het kunstwerk weinig veranderen. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller “raken”. Bij “het aanraken” van de bovenzijde door het water wordt de wrijvingsweerstand groter en de capaciteit neemt af.

De afname van capaciteit van de stroomkokers zal nader berekend moeten worden. Het zogenaamde “aanraken” van het water aan de binnenonderkant van de koker komt in de huidige situatie circa 1 keer per jaar voor.

Bij gelijkblijvende waakhoogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden met 2 cm afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

8.1.1 Vrijliggende gronden

Het noordwestelijke deel, bij de hoek van Band, daalt binnen het Lauwersmeer met 2 cm het meest. Het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer daalt niet. De afname van de drooglegging bedraagt 0 cm in het zuidoostelijke deel en 2 cm in het noordwestelijke deel van het Lauwersmeer. Alleen bij de gronden nabij de Hoek van de Band neemt de drooglegging af met 2 cm.

8.1.2 Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)

De oostelijk gelegen gronden wateren via stuwen af richting het Lauwersmeer. De gronden dalen tussen de 0 en 1 cm. De stuwen dalen eveneens 0 en 1 cm. Het verschil in daling bedraagt minder dan 4 cm.

De lagere gronden ten oosten van de weg Dokkum - Lauwersoog dalen 0 en 1 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De drooglegging neemt met 0 en 1 cm af. De lagere gronden zullen sneller inunderen.

8.1.3 Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)

De stuw van Ezumakeeg daalt 0 cm, gelijk aan de daling in het gebied. Het oostelijke deel ligt vrij voor het Lauwersmeer. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

8.1.4 Eskeaspolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

8.1.5 Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

8.2 Electraboezem

De peilregelende kunstwerken van de Electraboezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zal er verder geen effecten optreden voor de Electraboezem.

8.3 Friese boezem

De peilregelende kunstwerken van de Friese boezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zullen er verder geen effecten optreden voor de Friese boezem.

8.4 Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42)

Het gemaal Robbengat daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen 2 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, de opvoerhoogte van het gemaal blijft gelijk. Er zijn geen invloeden.

8.5 Dongerdielen

8.5.1 Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)

De gronden van deze polder dalen 0 cm. Zowel het peilregelende kunstwerk richting Lauwersmeer als naar Dongerdielen daalt 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. Er zijn geen effecten.

8.5.2 Engwierumpolder (afwateringsgebied 17)

Het gemaal in dit gebied is een aanvoergemaal. Zowel het gemaal als de gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

8.5.3 Anjumer Kolken

8.5.3.1 Afwateringsgebied 11

Het gemaal daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 0 cm toe. Er zijn geen effecten.

8.5.3.2 Afwateringsgebied 12

Het gemaal daalt 0 cm. De bijbehorende gronden dalen 0 cm. De verschil-daling is 0 cm.

De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 0 cm toe. Er zijn geen effecten.

8.5.4 Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25

De daling in deze gestuwde gebieden langs de noordzijde van het bemalingsgebied bedraagt 0 cm. Er zijn geen effecten.

8.5.5 Afwateringsgebied 2

Binnen dit grote gestuwde gebied dalen de gronden 0 cm. De stuw daalt 0 cm. Er zijn geen effecten.

8.5.6 Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8

De gemalen van deze onderbemalingen dalen 0 cm. De daling van de bijbehorende gronden bedraagt 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 0 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van de onderbemalingen blijft gelijk. Er zijn geen effecten.

8.5.7 Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19

Deze gestuwde gebieden langs en nabij het Dokkummerdiep dalen 0 cm. Datzelfde geldt voor de peilregelende kunstwerken. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. In deze situatie treden geen effecten op.

8.5.8 Afwateringsgebied 13

Het gemaal daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. Er treden geen effecten op.

8.5.9 Afwateringsgebied 14

Deze gestuwde gronden stromen via af richting gemaal Dongerdielen. De stuw, de achterliggende gronden en het gemaal Dongerdielen dalen 0 cm. Er treden geen effecten op.

8.5.10 Afwateringsgebied 18

Het gemaal Dongerdielen daalt 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De opvoerhoogte blijft gelijk. De daling van de gronden die zonder tussenkomst van een peilregelend kunstwerk voor het gemaal liggen, bedraagt 0 cm. Er treden geen effecten op.

8.6 Kaden en dijken**8.6.1 Kade rondom het Lauwersmeer**

De bodemdaling van de kaden rondom het Lauwersmeer is in tabel 8-1 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreekt, is de kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Lauwersmeer - locatie Lauwersoog		
Daling (cm)	2 – 2,5	Totaal
lengte	0,4	0,4 kilometer

Tabel 8-1 Verdeling bodemdaling Lauwersmeerkade

8.6.2 Zeewering (Delta dijk)

De bodemdaling van de zeedijk is in tabel 8-2 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken, is de lengte zeedijk die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De lengte zeedijk dat daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Zeedijk - locatie Lauwersoog		
Daling (cm)	2 – 2,5	Totaal
lengte	5,7	5,7 kilometer

Tabel 8-2 Verdeling bodemdaling zeewering

8.7 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

De diverse effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in onderstaande matrix. Voor een toelichting op de criteria en gebiedsbeschrijving zie voorgaande paragraaf.

Wijziging: Gebied	Wijziging droog- legging (+ =toename; - = af- name) [cm]	opvoerhoogte gemaal (+ =toename; - = af- name) [cm]
Het Lauwersmeer	-	-
Marnervaard	-	-
Dongerdielen	-	-

Tabel 8-3 Effectenmatrix

8.8 Grondwatersysteem

Vanwege de beperkte informatie op lokaal niveau zijn de effecten op het grondwatersysteem voor de 6 hoofdgebieden uitgezocht. De effecten staan in de tabellen 8-4 en 8-5 weergegeven.

Dijkswiel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	0	30	60
Kustzone Lauwersmeer	2	30	125
Kustzone Groningen	0	30	180
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	0	geen invloed	65
Poldergeb. Groningen	0	geen invloed	8
Lauwersmeer	0	geen invloed	0

Tabel 8-4 Potentiaalverschil

Dijkswiel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	0	0	0
Kustzone Lauwersmeer	2	2	2
Kustzone Groningen	0	0	0
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	0	0	0
Poldergeb. Groningen	0	0	0
Lauwersmeer	0	0	0

Tabel 8-5 Toe-/afname potentiaalverschil

9 Effecten locatie Vierhuis

Door aardgaswinning vanaf de locatie Vierhuizen daalt de bodem minder dan 2 cm. Er zijn geen contourlijnen beschikbaar. De effecten van de winning op de waterhuishouding is nihil en wordt verder niet per deelgebied beschreven. Er wordt verondersteld dat er geen effecten optreden.

10 Effecten drie nieuwe locaties gezamenlijk

De afwateringsgebieden met de contourlijnen staan weergegeven in bijlage 6.

10.1 Lauwersmeer

De spuisluizen bij Lauwersoog dalen 3 cm. Onder normale omstandigheden zal er bij 3 cm daling van het kunstwerk weinig veranderen. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller “raken”. Bij “het aanraken” van de bovenzijde door het water wordt de wrijvingsweerstand groter en de capaciteit neemt af.

De afname van capaciteit van de stroomkokers zal nader berekend moeten worden. Het zogenaamde “aanraken” van het water aan de binnenonderkant van de koker komt in de huidige situatie circa 1 keer per jaar voor.

Bij gelijkblijvende waakhoogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden met 5 cm afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

10.1.1 Vrijliggende gronden

Het noordwestelijke deel, bij de hoek van Band, daalt binnen het Lauwersmeer met 4 cm het meest. Het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer daalt niet. De afname van de drooglegging bedraagt 0 cm in het zuidoostelijke deel en 5 cm in het noordwestelijke deel van het Lauwersmeer. Alleen bij de vrijliggende gronden nabij de Hoek van de Band neemt de drooglegging af met 5 cm.

10.1.2 Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)

De oostelijk gelegen gronden via stuwen af richting het Lauwersmeer. De stuwen dalen 4 à 5 cm. De achterliggende gronden dalen tussen de 4 en 7 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm.

10.1.3 Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)

De stuw van Ezumakeeg daalt 0 cm, gelijk aan de daling in het gebied. Het oostelijke deel ligt vrij voor het Lauwersmeer. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

10.1.4 Eske-spolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

10.1.5 Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29)

Zowel het gemaal als de bemalen gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

10.2 Electraboezem

De peilregelende kunstwerken van de Electraboezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zal er verder geen effecten optreden voor de Electraboezem.

10.3 Friese boezem

De peilregelende kunstwerken van de Friese boezem en de aanliggende gronden dalen niet. Bij gelijkblijvend streefpeil op het Lauwersmeer zullen er verder geen effecten optreden voor de Friese boezem.

10.4 Polder de Marnewaard (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42)

Het gemaal Robbengat daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, de opvoerhoogte van het gemaal blijft gelijk. Er zijn geen invloeden.

10.5 Dongerdielen

10.5.1 Anjumer- en Lioessenserpolder (afwateringsgebied 26)

De gronden van deze polder dalen 3 cm in het zuidoostelijke deel tot 10 cm in het noordwestelijke deel. Het peilregelende kunstwerk richting Lauwersmeer daalt 3 cm. Het peilregelende kunstwerk richting naar Dongerdielen daalt 6 cm. De drooglegging neemt met 0 tot 3 cm toe in het zuidoosten. Het verschil is minder dan 4 cm. De droogligging neemt met 4 cm tot 7 cm af in het noordwesten. Hier zijn effecten te verwachten.

Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. Het afwaterende kunstwerk daalt 3 cm. De afwateringsmogelijkheden richting het Lauwersmeer worden beperkter. De afwateringsmogelijkheid richting het gemaal Dongerdielen blijft nagenoeg gelijk. Afvoer via een gemaal brengt hogere energiekosten met zich mee.

10.5.2 Engwierumerpolder (afwateringsgebied 17)

Het gemaal in dit gebied is een aanvoergemaal. Zowel het gemaal als de gronden dalen niet. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, dus er zijn geen invloeden.

10.5.3 Anjumer Kolken

10.5.3.1 Afwateringsgebied 11

Het gemaal daalt 2 cm. De bemalen gronden dalen 0 tot 2 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

10.5.3.2 Afwateringsgebied 12

Het gemaal daalt 2 cm. De bijbehorende gronden dalen 0 tot 6 cm. De drooglegging neemt met meer dan 4 cm af.

De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

10.5.4 Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25

De daling in deze gestuwde gebieden langs de noordzijde van het bemalingsgebied bedraagt 0 tot 10 cm. Het dalingsverschil tussen de stuwen en bijbehorende gronden is echter minder dan 4 cm. De absolute daling tot 10 cm zal effecten hebben op de kwel vanuit de Waddenzee.

10.5.5 Afwateringsgebied 2

Binnen dit grote gestuwde gebied dalen de gronden 0 in het zuidelijke deel tot 10 cm in het noordelijke deel. De stuw daalt 0 cm. De drooglegging neemt in het noordelijke deel van het afwateringsgebied af met 10 cm.

10.5.6 Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8

De gemalen van deze onderbemalingen dalen 0 cm. De daling van de bijbehorende gronden bedraagt 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 0 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. De opvoerhoogte van de onderbemalingen blijft gelijk. Er zijn geen effecten.

10.5.7 Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19

Deze gestuwde gebieden langs en nabij het Dokkummerdiep dalen 0 cm. Datzelfde geldt voor de peilregelende kunstwerken. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. In deze situatie treden geen effecten op.

10.5.8 Afwateringsgebied 13

Het gemaal daalt 0 cm. De bemalen gronden dalen tussen 0 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 0 cm. Er treden geen effecten op.

10.5.9 Afwateringsgebied 14

Deze gestuwde gronden stromen af richting gemaal Dongerdielen. De stuw, de achterliggende gronden en het gemaal Dongerdielen dalen 0 cm. Er treden geen effecten op.

10.5.10 Afwateringsgebied 18

Het gemaal Dongerdielen daalt 0 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De opvoerhoogte blijft gelijk. De daling van de gronden die zonder tussenkomst van een peilregelend kunstwerk voor het gemaal liggen, bedraagt 0 cm in het zuidelijke deel en 8 cm in het noordelijke deel. De drooglegging neemt in het noordelijke deel van het afwateringsgebied af met 8 cm.

10.6 Kaden en dijken**10.6.1 Kade rondom het Lauwersmeer**

De bodemdaling van de kaden rondom het Lauwersmeer is in tabel 10-1 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreekt, is de kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Lauwersmeer locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen							
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	7	Totaal
lengte	1,0	1,5	0,7	0,6	0,5	0,3	4,6 kilometer

Tabel 10-1 Verdeling bodemdaling Lauwersmeerkade

10.6.2 Zeewering (Delta dijk)

De bodemdaling van de zeedijk is in tabel 10-2 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken, is de lengte zeedijk die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De lengte zeedijk die daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Zeedijk locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen										
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	Totaal
lengte	1,3	4,6	2,1	2,0	1,5	1,0	1,1	1,2	4,7	19,5 kilometer

Tabel 10-2 Verdeling bodemdaling zeewering

10.7 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

De diverse effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in onderstaande matrix. Voor een toelichting op de criteria en gebiedsbeschrijving zie voorgaande paragraaf.

Wijziging: Gebied	Wijziging drooglegging (+ = toename; - = afname) [cm]	opvoerhoogte gemaal (+ = toename; - = afname) [cm]
Het Lauwersmeer	-5 in noordwesten	
Marnerswaard		
Dongerdielen	-4 in gebied 26 (nw) -10 in gebied 2 -8 in gebied 18	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12

Tabel 10-3 Effectenmatrix

10.8 Grondwatersysteem

Vanwege de beperkte informatie op lokaal niveau zijn de effecten op het grondwatersysteem voor de 6 hoofdgebieden uitgezocht. De effecten staan in de tabellen 10-4 en 10-5 weergegeven.

Dijkswkel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-10	30	62-70
Kustzone Lauwersmeer	2-4	30	125-127
Kustzone Groningen	0	30	180
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-8	geen invloed	67-73
Poldergeb. Groningen	0	geen invloed	8
Lauwersmeer	0	geen invloed	0

Tabel 10-4 Potentiaalverschil

Dijkswkel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-40	3-14	7-33
Kustzone Lauwersmeer	32-34	2-3	2-4
Kustzone Groningen	0	0	0
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-8	3-11	3-12
Poldergeb. Groningen	0	0	0
Lauwersmeer	0	0	0

Tabel 10-5 Toe-/afname potentiaalverschil

11 Effecten alle gaswinningen gezamenlijk

De afwateringsgebieden met de contourlijnen staan weergegeven in bijlage 6. De contourlijnen in het zuidelijke deel van het plangebied zijn pas op het laatste moment van het onderzoek aangeleverd. De effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in het zuidelijke deel van het plangebied zijn om die reden in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

11.1 Lauwersmeer

De spuisluizen bij Lauwersoog dalen 5 cm. Onder normale omstandigheden zal er bij 5 cm daling van het kunstwerk weinig veranderen. De capaciteit van de kokers wordt theoretisch iets groter. Bij extreem hoge waterstanden zal het water de bovenzijde van de kokers iets sneller “raken”. Bij “het aanraken” van de bovenzijde door het water wordt de wrijvingsweerstand groter en de capaciteit neemt af.

De afname van capaciteit van de stroomkokers zal nader berekend moeten worden. Het zogenaamde “aanraken” van het water aan de binnenonderkant van de koker komt in de huidige situatie circa 1 keer per jaar voor.

Bij gelijkblijvende waakhoogte van de kaden zal de maximum toelaatbare waterstand door daling van de kaden met 12 cm afnemen. Hierdoor neemt de bergingscapaciteit van het Lauwersmeer af.

11.1.1 Vrijliggende gronden

Het westelijke deel, daalt binnen het Lauwersmeer met 12 cm het meest. Het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer daalt 4 tot 6 cm.

De afname van de drooglegging bedraagt 4 tot 6 cm in het zuidoostelijke deel en 12 cm in het westelijke deel van het Lauwersmeer.

11.1.2 Hoek van de Band (afwateringsgebied 68)

De oostelijk gelegen gronden wateren via stuwen af richting het Lauwersmeer. De gronden dalen tussen de 9 en 13 cm. De stuwen dalen 10 tot 12 cm. Het verschil in daling bedraagt minder dan 4 cm.

11.1.3 Ezumakeeg (afwateringsgebied 20)

De stuw van Ezumakeeg daalt 9 cm. Het achterliggende gebied daalt 10 cm in het noorden en 6 cm in het zuiden. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. Het oostelijke deel van Ezumakeeg ligt vrij voor het Lauwersmeer. De gronden in het noorden dalen 9 cm. De gronden in het zuiden dalen 5 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De drooglegging wordt 5 tot 9 cm minder. Het verschil is 4 cm of meer. Er zijn effecten te verwachten.

11.1.4 Eskeaspolder & Catspolder (afwateringsgebied 27)

In verband met het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalinggegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

11.1.5 Kollumerwaard (afwateringsgebied 28, 29)

In verband met het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalinggegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

11.2 **Polder de Marnewaard** (afwateringsgebied 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42)

Het gemaal Robbengat daalt 4 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk, de opvoerhoogte van het gemaal neemt met 4 cm toe.

De bemalen gronden dalen 2 tot 6 cm. Het bemalinggebied is opgedeeld in kleinere peilgebieden door tussenkomst van stuwen. De dalingsverschillen binnen deze peilgebieden is minder dan 4 cm. De automatische peilaanpassingen zijn onderling dusdanig klein dat het effect op de werking van de stuwen nauwelijks merkbaar is.

11.3 **Dongerdielen**

11.3.1 Anjumer- en Lioesserpolder (afwateringsgebied 26)

De gronden van deze polder dalen 16 cm in het westelijke deel tot 12 cm in het oostelijke deel. Het peilregelende kunstwerk richting Lauwersmeer daalt 12 cm. Bij afvoer via dit kunstwerk neemt de drooglegging met 4 cm af in het westelijke deel. Het peilregelende kunstwerk naar Dongerdielen daalt 16 cm. Bij afvoer via dit kunstwerk neemt de droogligging met 4 cm toe in het oosten. Het verschil is 4 cm of meer. Er zijn effecten te verwachten. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. Het afwaterende kunstwerk richting Lauwersmeer daalt 12 cm. De afwateringsmogelijkheden richting het Lauwersmeer worden beperkter. De afwateringsmogelijkheid richting het gemaal Dongerdielen blijft nagenoeg gelijk. Afvoer via een gemaal brengt hogere energiekosten met zich mee.

11.3.2 Engwierumpolder (afwateringsgebied 17)

In verband met het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalinggegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

11.3.3 Anjumer Kolken

11.3.3.1 Afwateringsgebied 11

Het gemaal daalt 12 cm. De bemalen gronden dalen tussen 7 en 11 cm. Het verschil in daling is 5 cm. Er zijn effecten te verwachten. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 10 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

11.3.3.2 Afwateringsgebied 12

Het gemaal daalt 12 cm. De bijbehorende gronden dalen tussen 12 en 16 cm. De verschildaling is maximaal 4 cm. Er zijn effecten te verwachten. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 10 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm toe.

11.3.4 Afwateringsgebied 1, 21, 22, 23, 24, 25

De daling in deze gestuwde gebieden langs de noordzijde van het bemalinggebied bedraagt 2 tot 16 cm. Het dalingsverschil tussen de stuwen en bijbehorende gronden is echter minder dan 4 cm. De absolute daling tot 16 cm zal effecten hebben op de kwel vanuit de Waddenzee.

11.3.5 Afwateringsgebied 2

Binnen dit grote gestuwde gebied dalen de gronden minimaal 0 cm en maximaal 16 cm. De stuw daalt 4 cm. De verschildalingen bedragen maximaal 12 cm. De drooglegging in het noorden neemt af met 12 cm. De drooglegging in het zuiden neemt met 4 cm toe. Er zijn effecten te verwachten. Het afwateringsgebied kent een relatief groot hoogteverschil in microreliëf; oftewel per kavel kan de drooglegging sterk verschillen.

11.3.6 Afwateringsgebied 3, 4, 7, 8

De gemalen van deze onderbemalingen dalen 5 à 6 cm. De daling van de bijbehorende gronden bedraagt tussen de 4 en de 8 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 10 cm. De opvoerhoogte van de onderbemalingen neemt 5 tot 6 cm af.

11.3.7 Afwateringsgebied 5, 6, 9, 10, 15, 19

In verband met het op het laatste moment vrijkomen van bodemdalinggegevens in dit gebied zijn de effecten van bodemdaling op de waterhuishouding in dit gebied in voorliggend onderzoek niet meegenomen.

11.3.8 Afwateringsgebied 13

Het gemaal daalt 8 cm. De bemalen gronden dalen tussen 6 en 8 cm. Het verschil in daling is minder dan 4 cm. De daling van het gemaal Dongerdielen en daarmee ook de automatische peilaanpassing bedraagt 10 cm. De opvoerhoogte van het gemaal neemt met 2 cm af.

11.3.9 Afwateringsgebied 14

Deze gestuwde gronden stromen af richting gemaal Dongerdielen. De stuw daalt 8 cm. De gestuwde gronden dalen 6 tot 8 cm. Er treden geen effecten op.

11.3.10 Afwateringsgebied 18

Het gemaal Dongerdielen daalt 10 cm. Het streefpeil op het Lauwersmeer blijft gelijk. De opvoerhoogte neemt met 10 cm toe. De daling van de gronden die zonder tussenkomst van een peilregelend kunstwerk voor het gemaal liggen bedraagt tussen 0 en 16 cm. Het verschil in daling bedraagt meer dan 4 cm. De drooglegging van de gronden in het zuidwestelijke deel neemt met 10 cm toe. Hier zijn effecten te verwachten. De drooglegging in het noordoostelijke deel neemt met 6 cm af.

11.4 Kaden en dijken**11.4.1 Kade rondom het Lauwersmeer**

De bodemdaling van de kaden rondom het Lauwersmeer is in tabel 11-1 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreekt, is de kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De kadelengte die daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Lauwersmeer alle winningen														
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Totaal
lengte	0	1,9	13,1	9,9	7,9	0,8	0,5	0,5	0,7	2,0	2,2	1,3	0,3	41,1 kilometer

Tabel 11-1 Verdeling bodemdaling Lauwersmeerkade

11.4.2 Zeewering (Delta dijk)

De bodemdaling van de zeedijk is in tabel 11-2 weergegeven. Omdat de 0 cm en de 1 cm contourlijn ontbreken, is de lengte zeedijk die daalt tussen de 0 en 2 cm onzeker. De lengte zeedijk die daalt tussen de 0 en 2 cm is om die reden niet meegenomen.

Zeedijk alle winningen																
Daling (cm)	2 – 2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Totaal
lengte	3,8	5,1	2,1	1,8	1,6	1,2	1,0	0,7	1,0	0,8	0,9	0,9	1,3	1,6	2,4	26,2 kilometer

Tabel 11-2 Verdeling bodemdaling zeewering

11.5 Effectenmatrix oppervlaktewatersysteem

De diverse effecten op het oppervlaktewatersysteem zijn samengevat in onderstaande matrix. Voor een toelichting op de criteria en gebiedsbeschrijving zie voorgaande paragraaf.

Wijziging: Gebied	Wijziging drooglegging (+ = toename; - = afname) [cm]	opvoerhoogte gemaal (+ = toename; - = afname) [cm]
Het Lauwersmeer	-12 in westen -4 tot -6 in zuiden -9 in gebied 20	
Marnerswaard		+4 gemaal Robbengat
Dongerdielen	-4 en +4 in gebied 26 +5 in gebied 11 -4 in gebied 12 -12 in gebied 2 (noorden) +4 in gebied 2 (zuiden) +10 in gebied 18 (zuiden) -6 in gebied 18 (noorden)	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12 -5 gemalen gebieden 3,4,7,8 -2 gemaal gebied 13 +10 gemaal Dongerdielen

Tabel 11-3 Effectenmatrix

11.6 Grondwatersysteem

Vanwege de beperkte informatie op lokaal niveau zijn de effecten op het grondwatersysteem voor de 6 hoofdgebieden uitgezocht. De effecten staan in de tabellen 11-4 en 11-5 weergegeven.

Dijkswel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Kustzone Fryslân	2-16	30	62-76
Kustzone Lauwersmeer	4-12	30	127-135
Kustzone Groningen	2-4	30	182-184
Grondwaterkwel:	Prognose bodemdaling (cm)	Zeespiegelstijging (cm)	Toekomstig verschil (cm)
Poldergeb. Fryslân	2-16	geen invloed	67-81
Poldergeb. Groningen	4-6	geen invloed	12-14
Lauwersmeer	4-10	geen invloed	4-10

Tabel 11-4 Potentiaalverschil

Dijkswel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Kustzone Fryslân	32-46	3-21	7-53
Kustzone Lauwersmeer	34-42	3-9	4-13
Kustzone Groningen	32-34	1-2	1-3
Grondwaterkwel:	Absolute toename van verschil (cm)	Aandeel bodemdaling in verschil (%)	Toename verschil t.g.v. bodemdaling (%)
Poldergeb. Fryslân	2-16	3-20	3-25
Poldergeb. Groningen	4-6	33-43	50-75
Lauwersmeer	4-10	100	0

Tabel 11-5 Toe-/afname potentiaalverschil

12 Conclusies

12.1 Autonome ontwikkeling

Als gevolg van de huidige gaswinningen daalt de bodem rondom het Lauwersmeer tot 12 cm. Het diepste deel van de schotelvormige daling ligt nabij het noordelijke deel van Anjumer Kolken. Als gevolg van de bodemdaling wijzigt de waterhuishoudkundige situatie. De sluizen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Dit heeft waarschijnlijk nauwelijks effect op de spuicapaciteit. Nadere (model)berekeningen moeten dat aantonen. Het Lauwersmeer zelf inclusief de vrij afstromende gronden binnen het Lauwersmeer dalen tussen 4 à 6 cm in het oostelijke deel tot 6 à 10 cm in het westelijke deel.

Voorlopig wordt er vanuit gegaan dat het streefpeil op het Lauwersmeer gelijk blijft. Lage, vrij afstromende gronden richting Lauwersmeer zullen hierdoor sneller inunderen en de drooglegging wordt minder. Bij de gemalen die op het Lauwersmeer uitslaan wordt de opvoerhoogte groter.

De effecten op de Friese Boezem, de Electra Boezem en de aanliggende gronden zijn in deze studie niet meegenomen. Waarschijnlijk zal de bodemdaling op de afvoercapaciteit van beide boezems geen nadelige effecten opleveren. We gaan er daarbij vanuit dat de kaden rondom het Lauwersmeer naar de oorspronkelijke waakhoogte worden teruggebracht (dit in verband met de bergingscapaciteit).

De kaden rondom het Lauwersmeer, langs de Friese Boezem en de Electra Boezem dalen binnen de dalingsshotel. Dit geldt ook voor de zeedijk.

In de autonome ontwikkeling daalt de zeedijk 2 cm of meer over 14,7 km. Bij de kade om het Lauwersmeer is dit 36,6 km. (Omdat de 0 cm en 1 cm contourlijn mist is kadelengte en de lengte van de zeedijk die tussen de 0 tot 2 cm daalt onzeker en daarom niet meegenomen in het onderzoek.)

Als gevolg van de bodemdaling door gaswinning van de huidige winningen neemt ten aanzien van de dijkskwel en grondwaterkwel het potentiaalverschil in de kustzones en de poldergebieden toe. De toename van het verschil als gevolg van bodemdaling neemt vooral in de kustzone van Fryslân toe en in het poldergebied van Groningen.

12.2 Nieuwe winningen

De winning *locatie Vierhuis* heeft nauwelijks effect. De bodemdaling als gevolg van deze winning is minder dan 2 cm.

De winning *locatie Lauwersoog* heeft enig effect. De contourlijn van 2 cm daling raakt net de Zeedijk tussen De Hoek van Band en de polder De Marnewaard. De sluizen bij Lauwersoog dalen 2 cm. Dit heeft waarschijnlijk nauwelijks effect op de spuicapaciteit. Nadere (model)berekeningen moeten dat aantonen. Het Lauwersmeer zelf en de omliggende gebieden dalen niet of nauwelijks. De Zeedijk daalt binnen de dalingsshotel met maximaal 2 cm.

De bodemdaling als gevolg van de winning *locatie Moddergat* bedraagt maximaal 10 cm. Het diepste deel van de schotelvormige daling ligt nabij de Waddenkust ter hoogte van afwateringsgebied 25. Het Lauwersmeer daalt alleen in de uiterste noordwest punt tussen 2 en 6 cm. De westelijk gelegen lage gronden van de Hoek van Band krijgen daardoor een kleinere drooglegging en zullen frequenter inunderen.

Binnen de afwateringsgebieden in het noorden van het Friese deel wordt de drooglegging overwegend kleiner.

Indien de drie nieuwe winningslocaties alle drie in productie worden genomen beïnvloeden de dalingschotels elkaar. De winning van Vierhuizen heeft niet een zichtbaar effect op de contourlijnen. Door de winning van locatie Lauwersoog buigen de contourlijnen van 2 en 4 cm, veroorzaakt door de winning van locatie Moddergat wat meer in oostelijke richting af.

Globaal kan worden gesteld dat de effecten op de waterhuishouding in het Friese deel gelijk zijn als bij de winning locatie Moddergat. Bij gezamenlijke winning is er ook effect op de spuisluis van Lauwersoog, zij het minimaal.

De zeedijk daalt 2 cm of meer over 19,5 km. Bij de kade om het Lauwersmeer is dit 4,6 km. (Omdat de 0 cm en 1 cm contourlijn mist is kadelengte en de lengte van de zeedijk dat tussen de 0 tot 2 cm daalt onzeker en daarom niet meegenomen in het onderzoek.)

Als gevolg van de nieuwe winningen neemt ten aanzien van de dijkskwel en de grondwaterkwel het potentiaalverschil toe in de kustzone van Fryslân, Lauwersmeer, en het poldergebied van Fryslân. Er zijn geen effecten in de kustzone van Groningen en de poldergebieden Groningen en Lauwersmeer.

12.3 Nieuwe winningen t.o.v. huidige winningen

Als gevolg van de nieuwe winning neemt de bodemdaling met 4 cm toe tot 16 cm in het diepste punt van de dalingschotel. Het diepste deel van de dalingschotel verschuift in noordwestelijke richting. De contourlijnen verschuiven in het westen iets in noordwestelijke richting. In het zuidoostelijke deel van het Lauwersmeer wijzigen de contourlijnen nauwelijks. In het noordelijke deel van het Lauwersmeer buigen de contourlijnen meer naar het noorden af.

In het Lauwersmeer dalen de spuisluisen bij Lauwersoog 5 à 6 cm in plaats van 2 cm. De vrijliggende gronden in het Lauwersmeer dalen in het westen en noordoosten circa 2 tot 4 cm meer. Hierdoor wordt de drooglegging van deze gronden minder en zullen deze gronden vaker inunderen.

De effecten op de Friese Boezem en de Electra Boezem zijn waarschijnlijk in de autonome situatie gelijk aan de situatie met de drie nieuwe winningen.

De bodemdalingseffecten van de nieuwe winningen op de waterhuishouding in de afwateringsgebieden in het Friese en het Groningse deel zijn vergelijkbaar met de effecten zonder de nieuwe winningen. De effecten verschillen op lokaal niveau iets en zijn vaak iets groter. In tabel 12.1 zijn de effectmatrix van de autonome ontwikkeling en alle winningen gezamenlijk naast elkaar weergegeven.

De zeedijk daalt 2 cm of meer over 26,2 km. Bij de kade om het Lauwersmeer is de lengte van kade dat 2 cm of meer daalt 41,1 km. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling neemt door de nieuwe winningen de lengte van zeedijk dat 2 cm of meer daalt met 4,5 km toe. Bij de kade van het Lauwersmeer is de toename 26,4 km. Zowel bij de zeedijk als de kade om het Lauwersmeer is de daling ook groter.

Bij vergelijking tussen de tabellen over de kwel in de autonome ontwikkeling en alle onttrekkingen is te zien dat de nieuwe winningen relatief weinig effecten hebben. Als gevolg van de nieuwe winningen neemt het potentiaalverschil van de dijkskwel in de kustzone van Fryslân en het Lauwersmeer iets toe. Het potentiaalverschil bij de grondwaterkwel neemt in de poldergebieden van Fryslân en het Lauwersmeer iets toe. De toename van de verschillen zijn marginaal te noemen.

Wijziging: Gebied	Wijziging drooglegging (+ i=toename; - = afname) [cm] Autonoom	Wijziging drooglegging (+ i=toename; - = afname) [cm] Autonoom met nieuwe winningen	opvoerhoogte gemaal (+ i=toename; - = afname) [cm] Autonoom	opvoerhoogte gemaal (+ i=toename; - = afname) [cm] Autonoom met nieuwe winningen
Het Lauwersmeer	-12 in westen -4 tot -6 in zuiden -9 in gebied 20		-6 in zuidoosten -2 in noordoosten -9 in westen -5 tot -8 gebied 20	
Marnerswaard		+4 gemaal Robbengat	-	+2 gemaal Robbengat
Dongerdielen	-4 en +4 in gebied 26 +5 in gebied 11 -4 in gebied 12 -12 in gebied 2 (noorden) +4 in gebied 2 (zuiden) +10 in gebied 18 (zuiden) -6 in gebied 18 (noorden)	+2 gemaal gebied 11 +2 gemaal gebied 12 -5 gemalen gebieden 3,4,7,8 -2 gemaal gebied 13 +10 gemaal Dongerdielen	+4 in gebied 26 +4 in gebied 11 -4 in gebied 2 +9 in gebied 18	+1 gemaal gebied 11 +1 gemaal gebied 12 -5 gemaal gebied 3,4,7,8 -2 gemaal gebied 13 +9 gemaal Dongerdielen

Tabel 12-1 Effectenmatrix

13 Leemten in kennis en aanbevelingen

13.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de gesignaleerde leemten in kennis en informatie aangegeven. Het betreft uitsluitend onderdelen die directe raakvlakken met het aspect water (waterhuishouding) hebben.

13.2 Leemten in kennis

Oorzaken van leemten in kennis en informatie kunnen zijn:

- het ontbreken van gebiedsinformatie;
- het ontbreken van voldoende detailinformatie;
- onvoldoende zekerheid met betrekking tot autonome ontwikkelingen;
- etc.

13.2.1 contourlijnen

De contourlijnen voor de autonome ontwikkelingen en alle gaswinningen tezamen zijn voor wat het zuidelijke deel van het plangebied betreft op het laatste moment van het onderzoek vrijgekomen. Hierdoor kon er geen inschatting meer worden gemaakt van de effecten op de waterhuishouding in de betreffende gebieden. Vooralsnog lijkt het er op dat de contourlijnen in het zuidelijke deel in de autonome ontwikkeling en alle winningen gezamenlijk vrijwel gelijk zijn. Met andere woorden de nieuwe gaswinningslocaties beïnvloeden de daling in het zuidelijke deel niet of nauwelijks.

13.2.2 Voorgaand Grondwateronderzoek

In 1997 is een modelstudie verricht naar de effecten van zeespiegelstijging en bodemdaling op het transport van zout grondwater in de ondergrond van Fryslân. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Fryslân door TNO. Over dit onderzoek is in 1999 tevens een artikel verschenen (*Modelling of the effect of sea-level rise and land subsidence on the evolution of the groundwater density in the subsoil of the northern part of the Netherlands* (Minnema et al., 1999).

Als uitgangspunt van deze studie zijn bodemdalingprognoses gebruikt van NAM uit 1995 en berekeningen naar veenoxidatie in Noord Nederland door Schokking (1994).

De modelberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het grondwatermodel NAGROM. NAGROM is het landsdekkende, stationaire grondwatermodel van Rijkswaterstaat (NAtionaal GRondwater Model).

Voor de komende 50 jaar is de belasting van het oppervlaktewater door zoute kwel met behulp van dit model bestudeerd. Hierbij zijn ook de effecten van zeespiegelstijging in beschouwing genomen.

Uit de resultaten van deze modelstudie is gebleken dat in het Lauwersmeer een toename van de dichtheid van het ondiepe grondwater zal plaatsvinden als gevolg van bodemdaling (gaswinning en veenoxidatie) en zeespiegelstijging.

Om de invloed van bodemdaling en autonome ontwikkelingen te kunnen kwantificeren voor nieuwe bodemdalingprognoses van de NAM, is een vergelijkbare modelstudie nodig.

Hiervoor zijn voldoende recente inputgegevens nodig op het gebied van zoutconcentraties in de ondergrond van het plangebied. Deze gegevens zijn voor het voorliggende onderzoek niet aanwezig.

13.2.3 Onderzoeksdata grondwater

Voor het verkrijgen van bruikbare stijghoogtegegevens in vervolgstudies naar (zoute) kwel in het Lauwersmeer dient rekening te worden gehouden met het feit dat uit stijghoogten in het algemeen geen juiste conclusies getrokken kunnen worden. Zonder ook de dichtheid van het water in de peilbuis te meten. Uitspraken over de verticale stromingen kunnen alleen gedaan worden aan de hand van omgevingstijghoogten. De omgevingstijghoogte is de stijghoogte die gemeten zou zijn als in de buis dezelfde concentratieverdeling aanwezig was als direct buiten de buis. Alleen de combinatie van stijghoogteniveau, dichtheid in de peilbuis en de diepte van de peilbuisfilter geeft eenduidige informatie over de waterdrukken ter plaatse van de filter, en daarmee dus ook eenduidige informatie voor het bepalen van de stromingstoestand in de bodem.

13.2.4 Oppervlaktewater

Voor het nauwkeurig bepalen van de effecten op de spuicapaciteit is het doorrekenen van de sluizencomplexen noodzakelijk. Ervaringsdeskundigen geven aan dat de veranderingen marginaal zijn.

Van het Lauwersmeer is geen berekening gemaakt van de inundatiegebieden en de beschikbare berging in het gebied. Hiervoor zijn de beschikbare hoogtekaarten niet nauwkeurig genoeg. Bovendien spelen de dynamiek op het Lauwersmeer (in relatie tot de beide boezemsystemen), opwaaiing e.d. daarbij ook een belangrijke rol. Wanneer men de effecten wil berekenen zal het geheel eerst in model moeten worden gezet. Een model van het Lauwersmeer is voor zover bekend niet beschikbaar. Een dergelijk model heeft evenwel zoveel parameters dat de realiteitswaarde twijfelachtig is. Het model zou de inschatting van beheerders en deskundigen kunnen bevestigen.

Voor het nauwkeurig bepalen van de kans van verdere indringing van de zouttong is het nodig de situatie (spuikokers, zeestanden, hoogteverschillen etc.) in beeld te brengen en hiervoor een berekening uit te voeren. Doormiddel van meten en monitoring kan worden aangetoond of de zouttong daadwerkelijk verder indringt.

Geraadpleegde literatuur

- **Heidemij advies**, juli 1995, Ecologische effecten van bodemdaling in het Lauwersmeer
- **Ietswaart T.**, M. Bakker, C.S. van Holsteijn, R. van Ouwkerk, M. van Endt, december 2001, Natuurvriendelijke Waterhuishouding Lauwersmeer, IWACO.
- **Klaveringa L.M.**, Teerenstra G.L., Jager de A.A. en Dijkstra R.P., 1996, Kwel of niet, Provincie Fryslân Afdeling Milieu en Water.
- **Lenselink G. R.** Gerits, juli 2000, Waterverkenningen “Kansen voor herstel van zout-zoet overgangen in Nederland”, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat .
- **Minnema B.**, 2002, Onderzoek Waterhuishoudkundige Inrichting Friesland, TNO
- **Minnema B.**, Meij J.L. van der, 1999, Modelling of the effect of sea-level rise and land subsidence on the evolution of the groundwater density in the subsoil of the northern part of the Netherlands, Journal of Hydrology, 226, pag. 152-166.
- **NAM**, januari 2005, startnotitie MER aardgaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen
- **NAM**, maart 2000, Bodemdaling door Aardgaswinning
- **Oude Essink G.**, 2002, Modelleren van dichtheidsafhankelijke grondwaterstroming in het kustgebied, de verzilting van de Nederlandse ondergrond in kaart, TNO-NITG InFormatie, 9-14, December 2002.
- **Post V.**, 2004 Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene, VU Amsterdam.
- **S.A.M. van Rooij**, H.J. Drost, December 1996, het Lauwersmeer, 25 jaar onderzoek ten dienste van natuurontwikkeling en beheer, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.
- **Spliet S.L.**, Zijlstra A.I. en Idema P.J., 1991, Onderzoek naar zoute kwel, Afstudeeropdracht NHL Leeuwarden.
- **Swart B.**, 1991, Zout en verzilting, Provincie Fryslân Afdeling Milieu en Water.
- **TNO-NITG**, 2003, Lithostratigrafische nomenclator ondiepe ondergrond Nederland, TNO
- Waterschap Noorderzijlvest & Wetterskip Fryslân, december 2004, waterakkoord Lauwersmeer (WAL).
- **Waterschap Noorderzijlvest**, mei 2003, beheerplan Noorderzijlvest 2003-2007.
- **Wetterskip Fryslân**, beheerplan voormalige waterschappen.
- **Zwaanswijk M.J.**, 2005, De peilen op de toekomst gericht: Geohydrologische modelstudie naar de consequenties van peilverhoging t.b.v. verziltingbestrijding in polder Dwarsmear (Fr.).

Woordenlijst

Afwatering:	De afvoer van water uit een gebied via een stelsel van open waterlopen.
Berging:	De hoeveelheid water die binnen een bepaald gebied kan worden vastgehouden in de bodem of in het oppervlaktewater.
Boezem:	Het stelsel van met elkaar in open verbinding staande waterlopen en meren waarop het water van lager gelegen polders wordt uitgeslagen en dienend voor eventueel tijdelijke berging en lozing op het buitenwater.
Brak water:	Water met een chloridegehalte tussen 300 en 10.000 mg/l.
Deklaag:	Een slecht doorlatende laag waarmee het geheel van oudere afzettingen aan het maaiveld wordt afgedekt.
Dijkskwel:	Kwel als gevolg van een verschil in waterstand aan weerszijden van de dijk.
Drainage:	De afvoer van water uit de bodem, eventueel door middel van een stelsel van doorlatende buizen.
Drooglegging:	Het hoogteverschil tussen de waterspiegel in een waterloop en het grondoppervlak.
Duiker:	Kokervormige constructie die twee waterlopen met elkaar verbindt.
Eb:	Afgaand water, het dalen van de waterspiegel na de vloed.
Ecologische waterkwaliteit:	de kwaliteit van het oppervlaktewater uitgedrukt in het functioneren van de planten en dieren ten opzichte van elkaar en hun omgeving.
Freatisch grondwater:	Het water onder de grondwaterspiegel in een relatief goed doorlatende laag en boven een eerste slecht doorlatende of ondoorlatende laag.
Geomorfologie:	De wetenschap die de vormen van het landschap en de processen die daarbij een rol spelen of hebben gespeeld, bestudeert.
Grondwaterkwel:	Kwel als gevolg van een verschil in grondwaterstand en oppervlaktewaterpeil.
Grondwatersysteem:	De combinatie van water dat zich in de bodem en ondergrond beweegt en het materiaal waar het doorheen beweegt.
Infiltratie:	Het indringen van water in de grond.
Intrusie:	Het landinwaarts binnendringen van zeewater via wattervoerende lagen.

Inundatie:	Onder water raken van ofwel de begrenzing van een stroom of een ander oppervlaktewaterlichaam, ofwel van gebieden die normaal niet onder water staan.
Krw:	Europese kaderrichtlijn water.
Kunstwerken:	Technische constructie met oog op waterbeheersing, zoals duikers, stuwen en gemalen.
Kwel:	1) het uittreden van grondwater aan het grondoppervlak of in waterlopen, 2) opwaartse stroming van grondwater tussen watervoerende pakketten.
Kwelflux:	Het volume grondwater dat uittreed
Nbw:	Nationaal bestuursakkoord water
Nutriënten:	Voedingsstoffen.
Ontwatering:	De afvoer van water uit percelen naar een stelsel van waterlopen, over en door de grond en eventueel door drainagebuizen en greppels.
Oppervlaktewatersysteem:	Het geheel van beken, sloten, waterlopen, plassen en meren.
Piekafvoer:	Hoogste afvoer tijdens of na een regenperiode.
Pop:	Provinciaal omgevingsplan
Potentiaal drukverschil:	De hoogte van een waterkolom boven een referentieniveau. Bij twee punten met verschillende potentiaal zal op een gelijke diepte ten opzichte van het referentieniveau een verschillende spanning heersen. Als gevolg van dit drukverschil zal er stroming plaatsvinden van het punt met hoge potentiaal naar het punt met lage potentiaal.
Selnering:	Turf afgraven voor de winning van zout. Dit gebeurde in gebieden waar het veen doordrenkt was van zout, o.a. in Friesland.
Spuien:	Het periodiek afvoeren van water doormiddel van een spui-sluis, doorgaans door het opbouwen van voldoende hoogteverschil waardoor een krachtige waterstroom ontstaat
Stijghoogte;	De som van de drukhoogte en plaatshoogte overeenkomend met de afstand van het peil dat met een tensiometer kan worden gemeten, tot het referentieniveau ten opzichte waarvan de plaatshoogte is bepaald.
Stroomgebied:	Het gebied dat afwatert op een bepaalde beek of waterloop.
Stuw:	Vaste of beweegbare constructie die dient om de waterstand te regelen.
Verdroging:	Alle ongewenste effecten van vochttekort, toename van mineralisatie en verandering van invloed van kwel en neerslag. De term wordt met name toegepast voor natuurgebieden. Voor landbouwgebieden is in dit kader de term droogteschade gebruikelijk.
Verhang:	Het quotiënt van het verval tussen twee punten en hun afstand.
Verval:	Verschil in peil tussen twee punten.

Vloed:	Opkomend water, het stijgen van de waterspiegel na de ebstroom
Waakhoogte:	Extra hoogte bovenop de noodzakelijke waterkerende kruinhoogte van een kade of dijk.
Wateraanvoer:	Aanvoer van water van elders.
Waterhuishouding:	De wijze waarop water in een bepaald gebied wordt opgenomen, zich verplaatst, gebruikt, verbruikt en afgevoerd wordt.
Waterkwaliteitsbeheer:	De zorg voor de gewenste kwaliteit van het oppervlaktewater.
Waterkwantiteitsbeheer:	De zorg voor de hoeveelheid water, bestaande uit onder meer het beheer van het waterpeil, de wateraanvoer, de waterafvoer, inrichting en onderhoud van watergangen.
Watersysteem:	Een door stroming samenhangend geheel van grond- en oppervlaktewater, alsmede de daarmee samenhangende levensgemeenschappen, processen en relaties met de omgeving (zoals oevers, waterbodembodem en kunstwerken).
Watervoerend pakket:	Een geologische formatie waarbinnen de relatief hoge doorlatendheid aanzienlijk transport van grondwater mogelijk maakt
Wb21:	Rapportage “waterbeheer in de 21e-eeuw”, opgesteld door commissie waterbeheer 21e-eeuw: beleidsnota waarin op rijksniveau de trits vasthouden, bergen en afvoeren als leidraad voor duurzaam waterbeheer wordt beschreven.

Bijlage 1

Watersysteemkaart

Bijlage 1

Watersysteemkaart



Bijlage 2

WaterAan- en AfvoerRegeling (WAAR)

Bijlage 2

WaterAan- en AfvoerRegeling (WAAR)

Principe van de WaterAan- en AfvoerRegeling (WAAR).

Er wordt getracht het spuien te Lauwersoog (en daarmee de waterstand op het Lauwersmeer) zo te regelen dat het teveel aan water op de Electraboezem onder verval naar het Lauwersmeer stroomt, waarbij de waterstand op het Van Starckenborghkanaal op peil blijft of komt. Het waterbezwaar in het systeem wordt bepaald aan de hand van een 6-tal meetpunten. Aan 4 van deze meetpunten zijn voor verschillende waterstanden bergingsgetallen toegekend waarmee het teveel of tekort aan water in het systeem wordt bepaald. De meetpunten staan:

- in het Van Starckenborghkanaal bij Gaarkeuken;
- in het Leekstermeer aan de zuidwest zijde;
- in het Boterdiep bij Noorderhogebrug / Groningen;
- in het Winsumerdiep bij Onderdendam;
- in het Lauwersmeer bij Zoutklamp;
- in het Lauwersmeer bij de Spuisluis.

Het principe van de WAAR komt er op neer op dat afgevoerd moet worden:

1. Wat er teveel in de boezem zit.
2. Wat er de komende regelperiode bijkomt. } afvoerbehoefte Electraboezem.

In verband met de getijdenbeweging op de Waddenzee is een half maanetmaal als regelperiode genomen. Een half maanetmaal heeft een tijdsduur van 12 uren en 25 minuten (= 745 minuten).

Twee uur voor laagwater wordt met behulp van een rekenschema en bijbehorende tabellen de afvoerbehoefte bepaald. Als de weersvoorzichten of de organisatie van het waterbeheer daartoe aanleiding geven mag de berekende afvoerbehoefte met maximaal 1,5 miljoen m³ worden verhoogd of verlaagd. Als in Dokkumer Nieuwe Zijlen de sluizen open staan of open komen, mag de berekende afvoerbehoefte met nog eens 3,5 miljoen m³ worden verhoogd.

Wanneer er door hoge buitenwaterstanden niet voldoende gespuid kan worden te Lauwersoog kunnen er verhoogde waterstanden in het systeem ontstaan. Bij een waterstandsverhoging van circa 10 cm (NAP – 0,83m.) te Lammerburen wordt de boezembemaling van de Electraboezem ingeschakeld (gemaal De Waterwolf te Lammerburen in het Reitdiep en gemaal H.D. Louwes te Zoutkamp in het Hunsingokanaal). De boezembemaling wordt uitgeschakeld als er te Lauwersoog zoveel gespuid wordt dat afvoer van de Electraboezem naar het Lauwersmeer onder verval weer mogelijk wordt.

Bepaling Lauwersmeer als Bergboezem.

Het begin van de inzet van het Lauwersmeer als bergboezem is gedefinieerd als:

“De waterstand in het Reitdiep aan de Lauwersmeerzijde van De Waterwolf bereikt NAP –0,83m. en de boezembemaling is in bedrijf genomen.”

Het einde van de inzet van het Lauwersmeer als bergboezem is daarna gedefinieerd als:

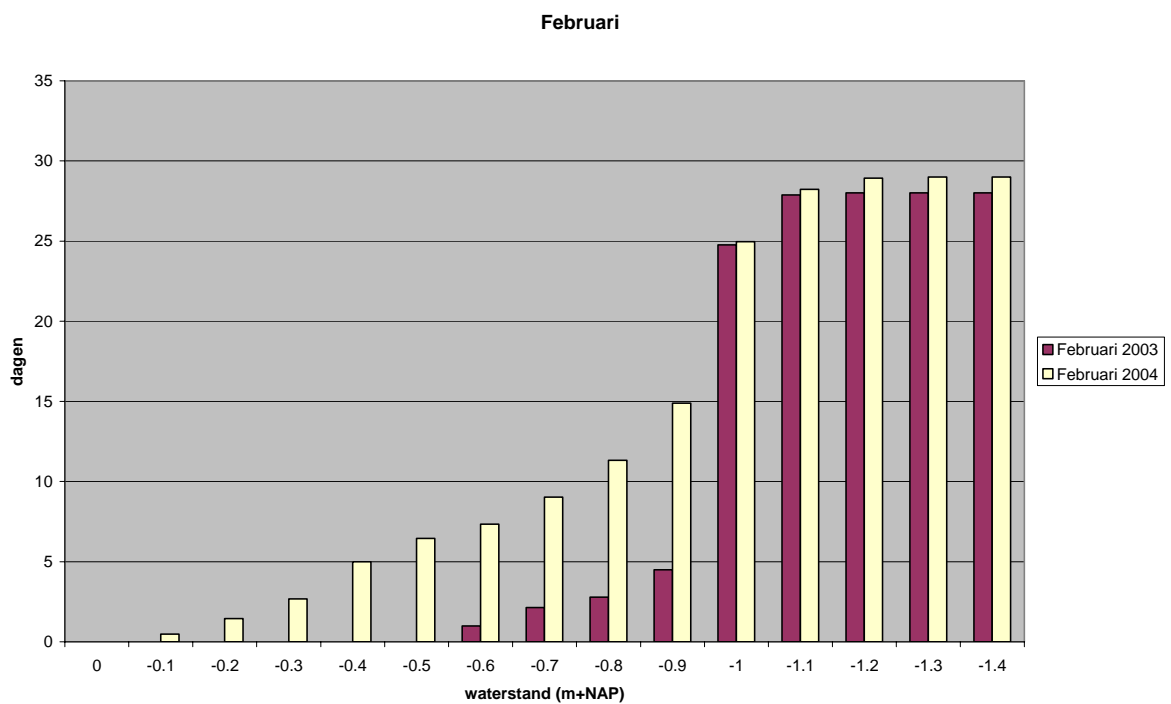
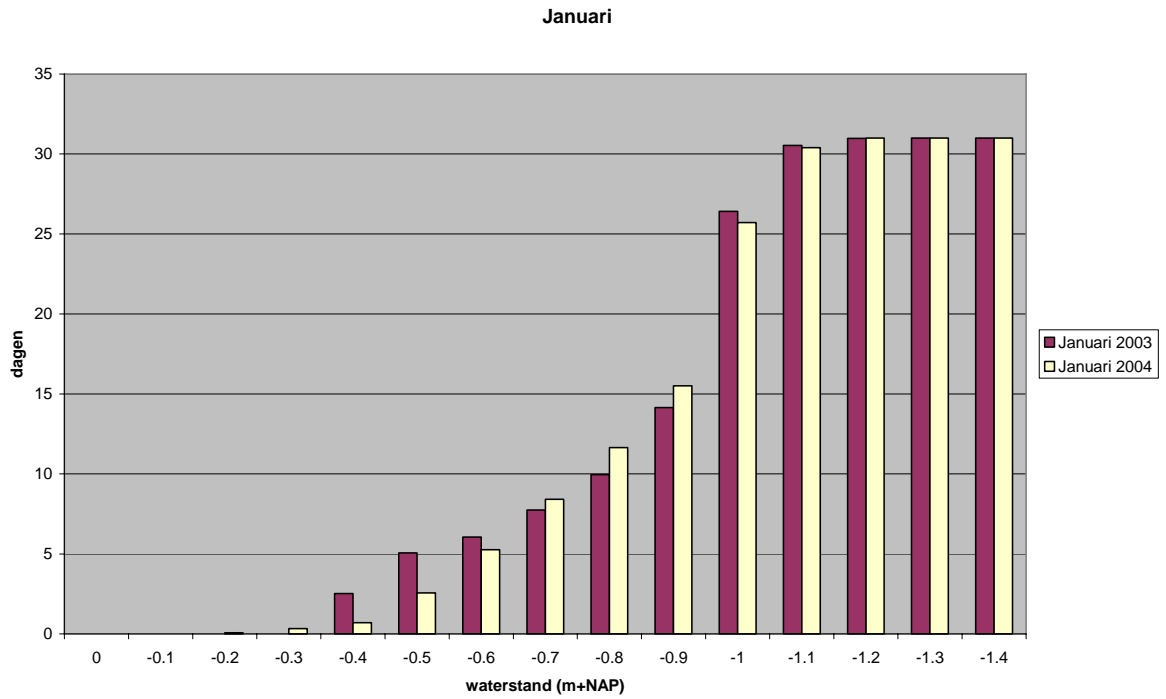
“De waterstand in het Reitdiep aan de Lauwersmeerzijde van De Waterwolf bereikt NAP –0,93m. en de boezembemaling is uit bedrijf genomen.”

Bijlage 3

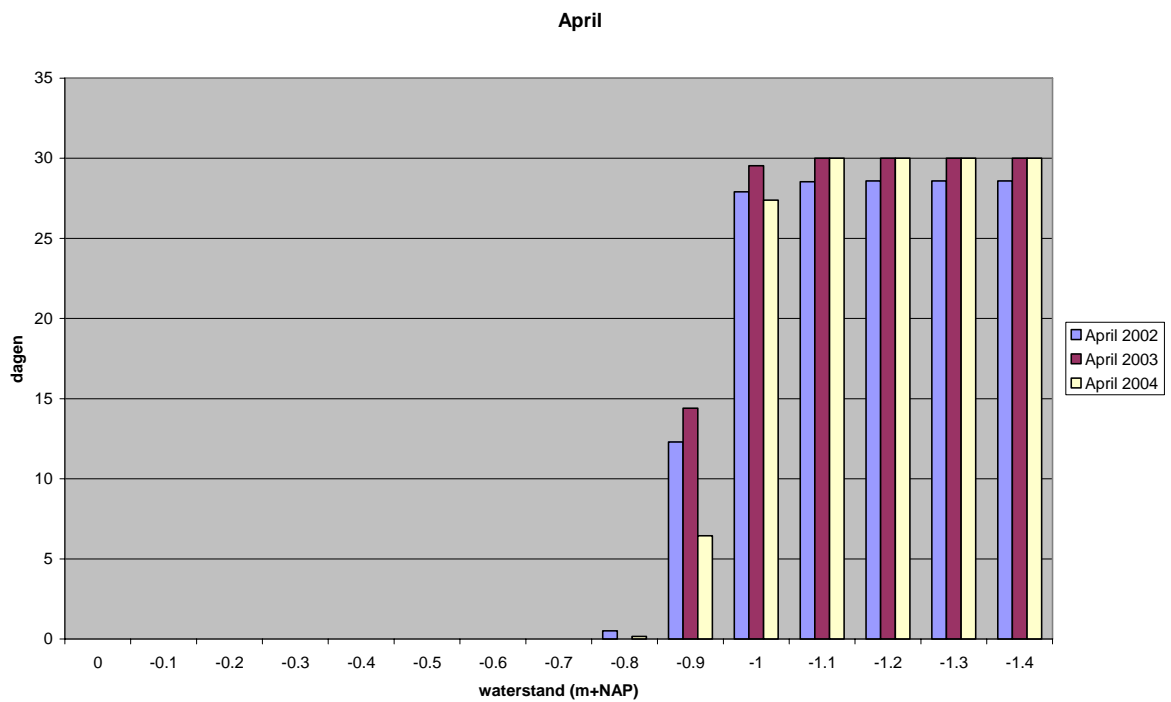
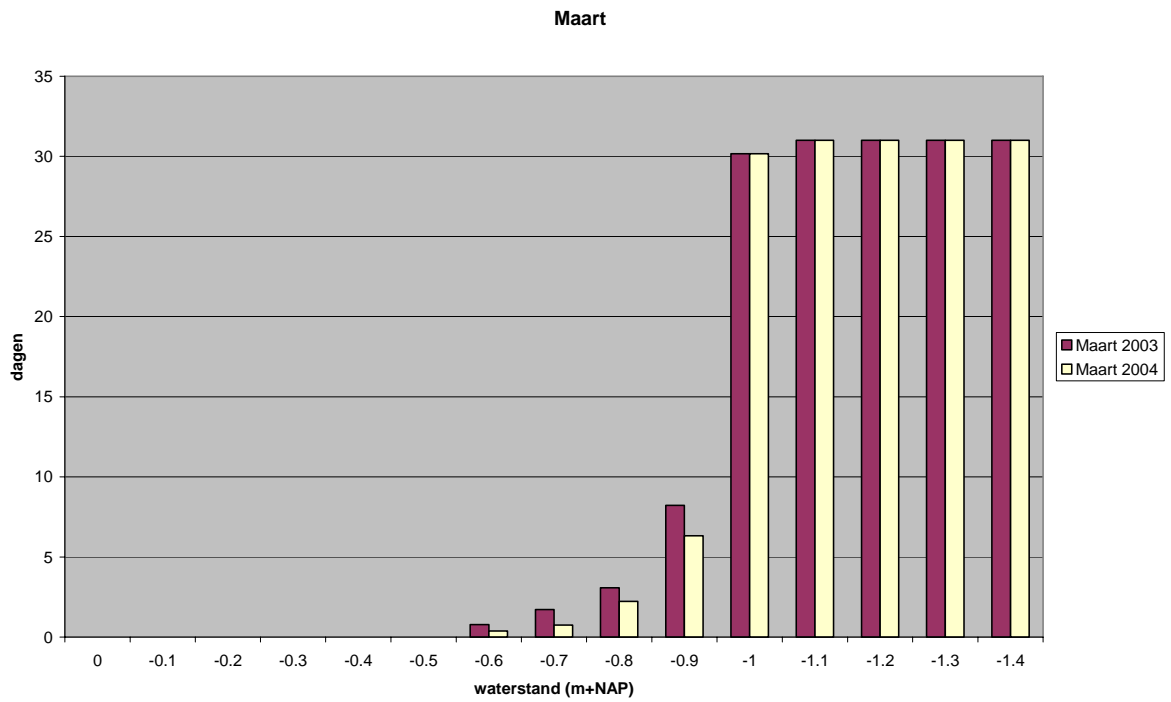
Overschrijdingsfrequentie waterstand spuisluis Lauwers-
oog (per maand)

Bijlage 3

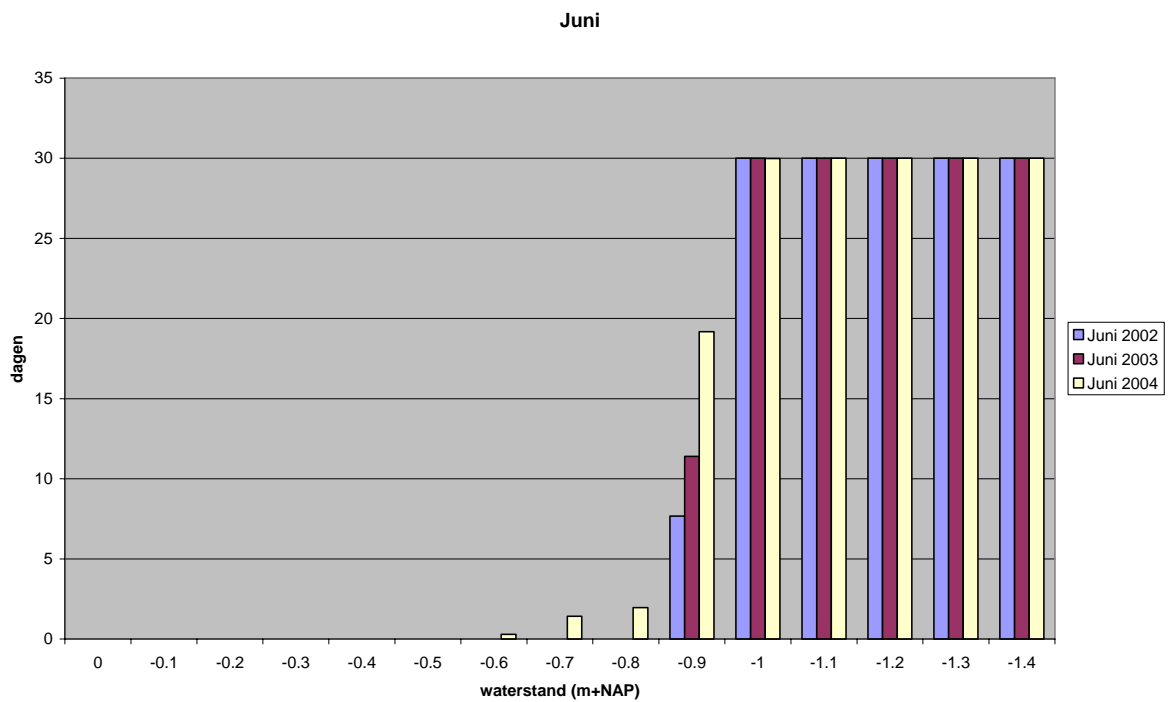
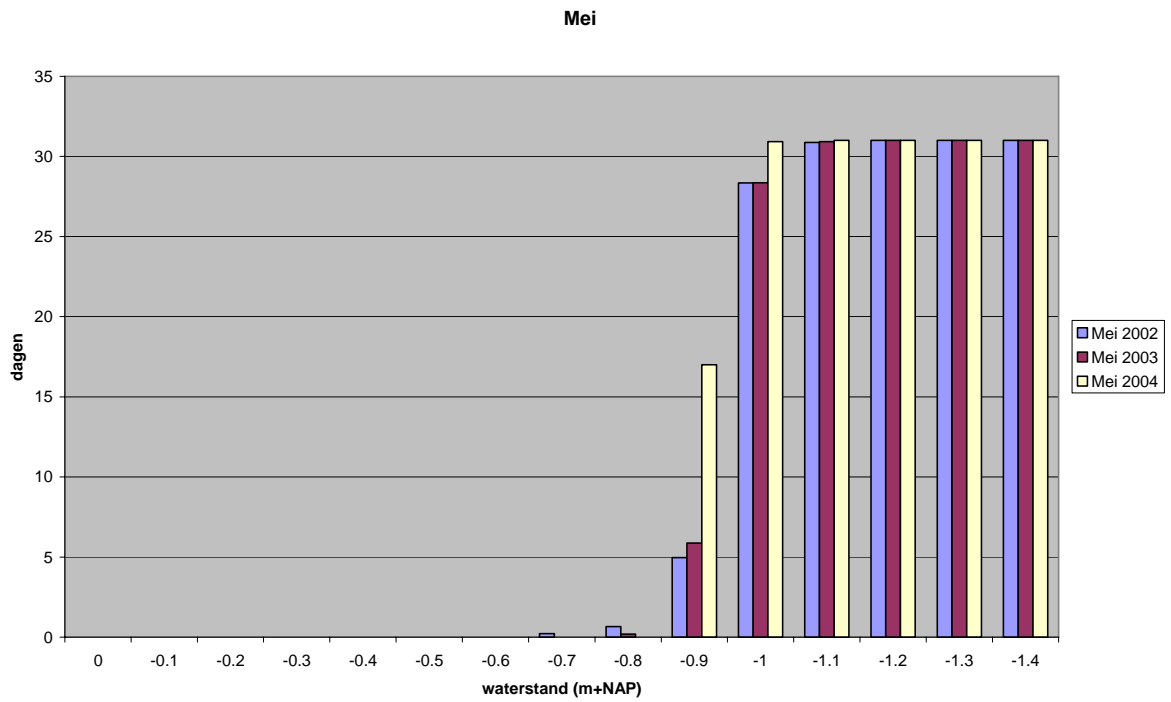
Overschrijdingsfrequentie waterstand spuisluis Lauwersoog (per maand)



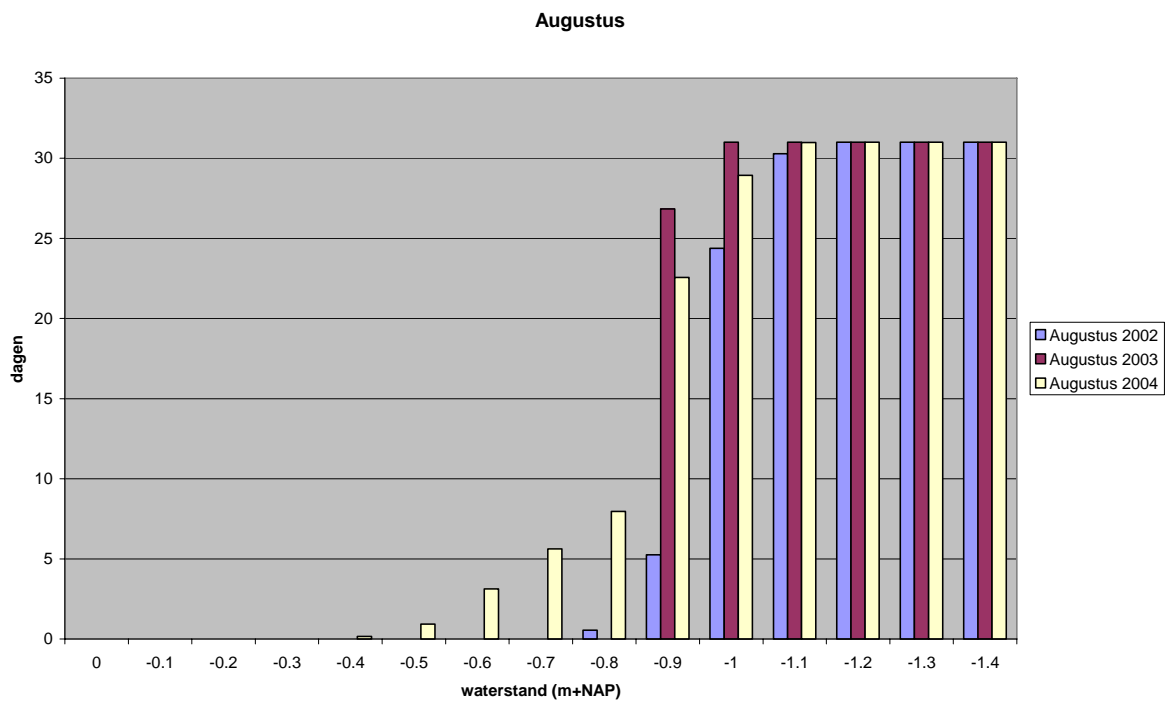
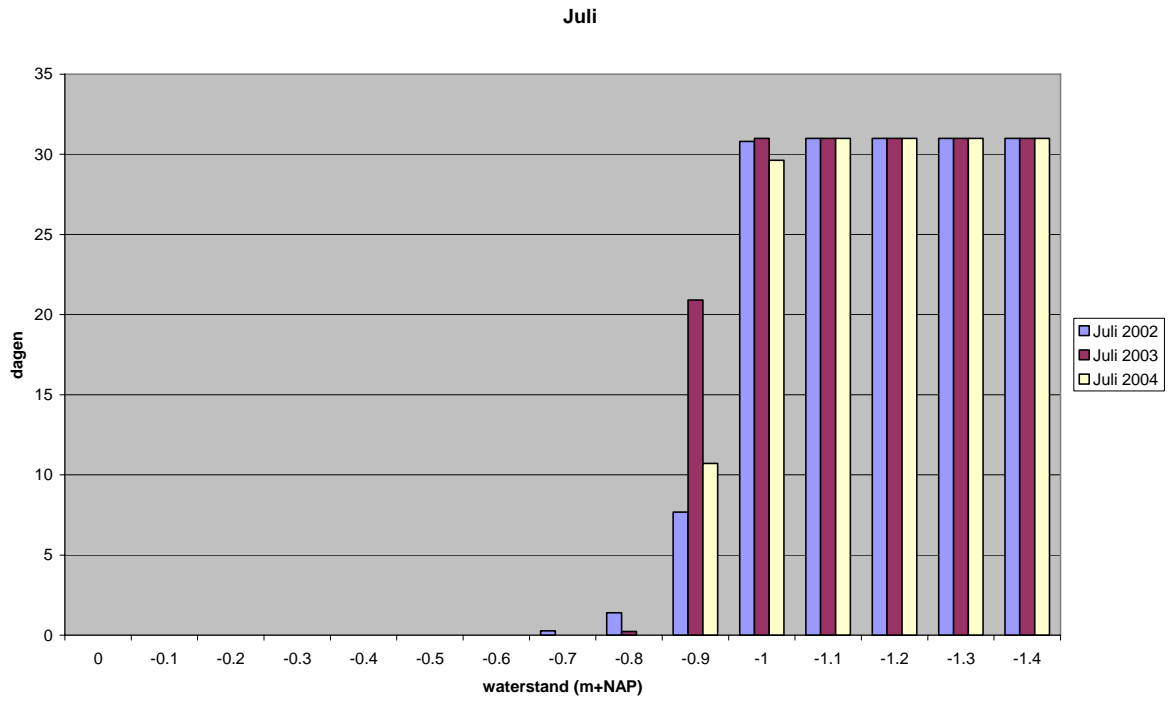
Bijlage 3 (vervolg 1)



Bijlage 3 (vervolg 2)

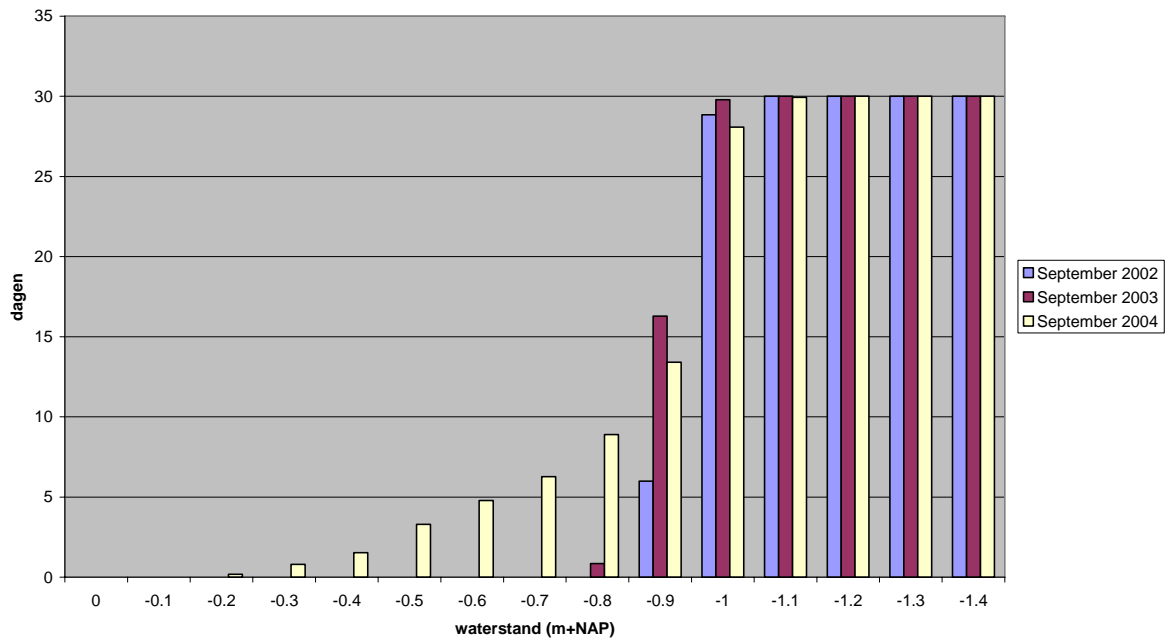


Bijlage 3 (vervolg 3)

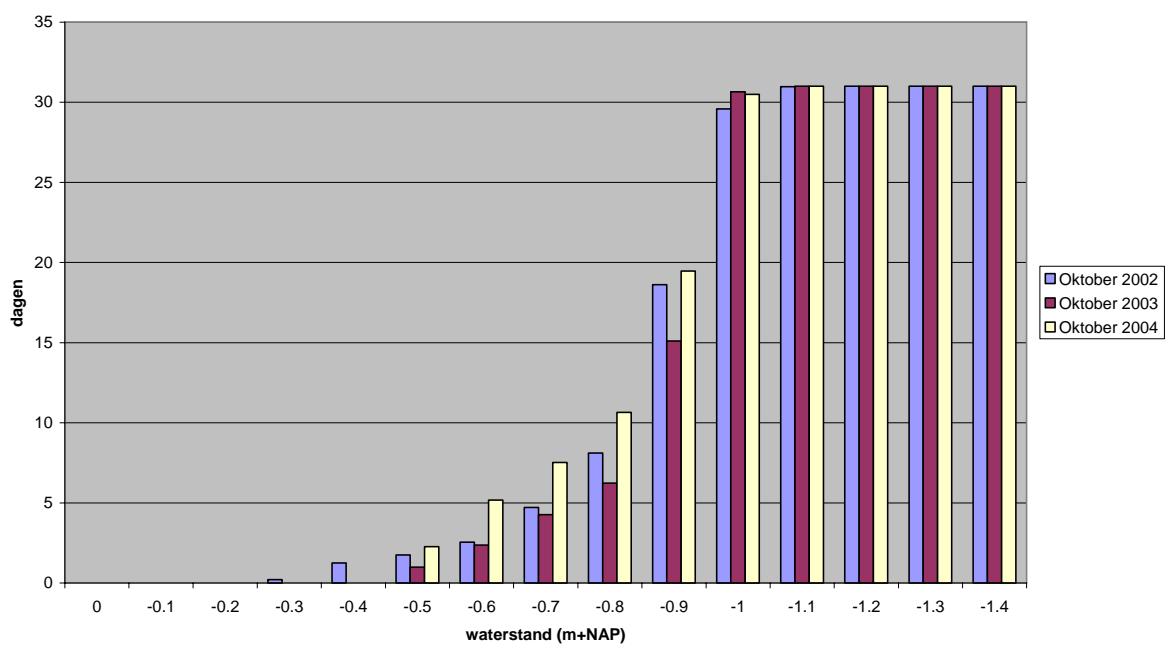


Bijlage 3 (vervolg 4)

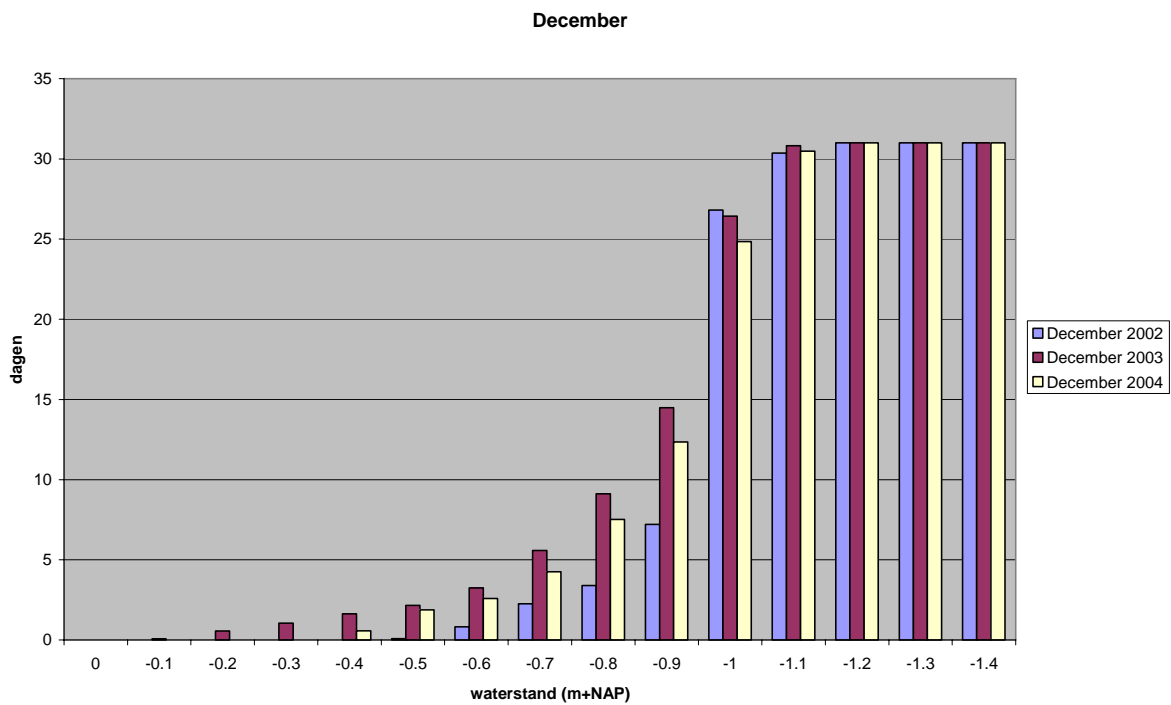
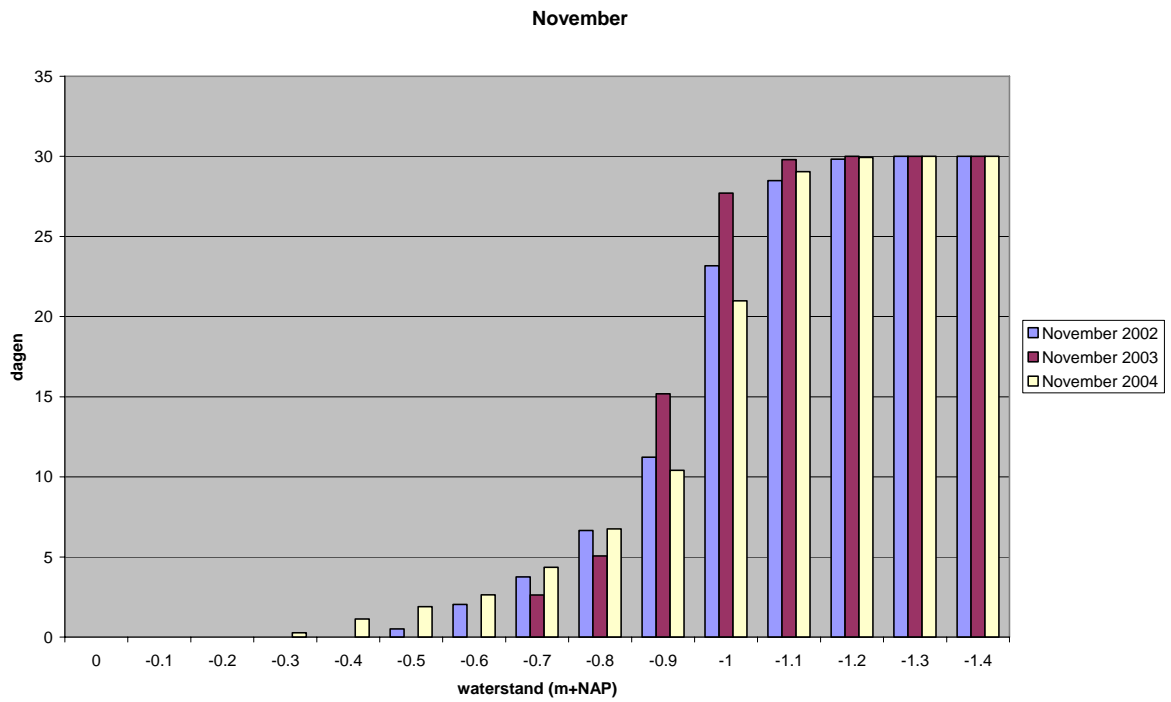
September



Oktober



Bijlage 3 (vervolg 5)



Bijlage 4

Gegevens en locatie grondwaterputten

Bijlage 4

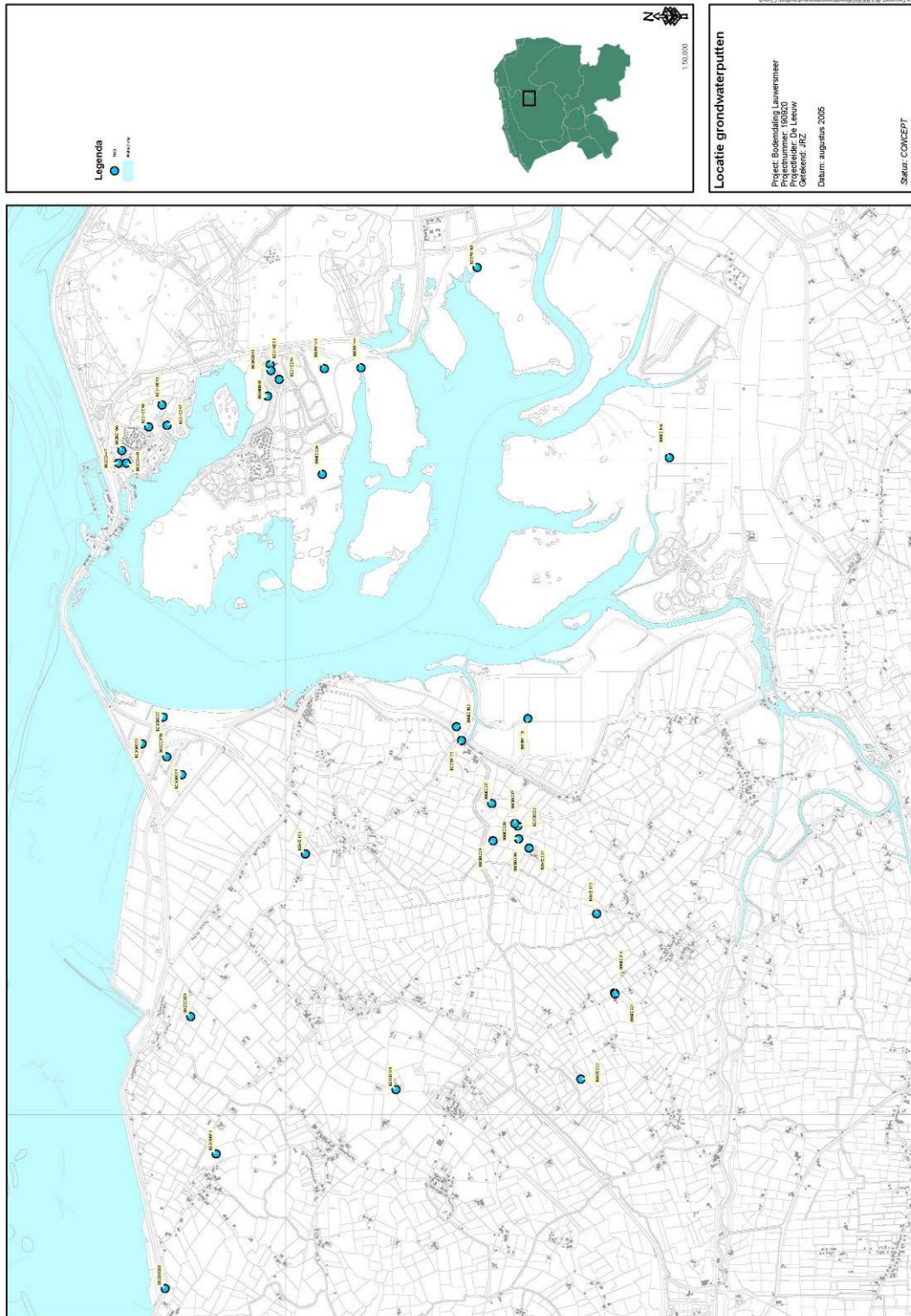
Gegevens en locatie grondwaterputten

Put	Filter	mv tov NAP (cm)	onderkant filter tov NAP (cm)	GLG tov NAP (cm)	GHG tov NAP (cm)
B02D0068	1	95,00	-111,00	-6,20	72,00
B02D0071	1	132,00	-75,00	-54,70	59,00
B02G0359	1	112,00	-99,00	-99,00	32,00
B02G0367	1	5,00	-65,00	-66,60	-20,90
	2	5,00	-164,00	-116,10	-20,80
B02G0368	1	19,00	-144,00	-72,20	32,90
	2	19,00	-437,00	-52,80	19,50
B02G0369	1	181,00	21,00	29,30	157,30
	2	181,00	-332,00	-5,60	120,80
B02G0370	1	122,00	-122,00	-0,50	107,20
B02G0447	1	34,00		-109,20	-43,50
B02G0448	1	91,00		-79,20	-2,70
B02H0081	1	-18,00	-2198,00	-75,10	-40,70
B02H0093	1	-84,00	-229,00	-87,30	-33,40
B02H0094	1	-80,00	-240,00	-111,80	-68,40
B02H0095	1	-30,00	-170,00	-131,40	-27,20
B02H0096	1	-53,00	-216,00	-155,20	-56,30
B02H0097	1	-36,00	-189,00	-108,00	-42,10
B02H0098	1	-41,00	-181,00	-115,50	-43,20
B02H0106	1	22,00		-107,90	-14,20
B06E0114	1	-43,00	-1038,00	-89,50	-59,50
	2	-43,00	-2038,00	-87,10	-60,30
	3	-43,00	-3038,00	-89,40	-62,30
B06E0115	1	27,00	-323,00	-72,00	-40,90
	2	27,00	-1373,00	-67,90	-37,30
B06E0162	1	29,00	-183,00	-183,00	17,30
B06E0164	1	75,00	-125,00	-56,70	-20,90
B06E0176	1	-19,00	-225,00	-87,50	-48,70
B06E0178	1	-71,00	-281,00	-145,30	-78,00
B06E0182	1	-21,00	-226,00	-68,00	-31,10
B06E0221	1	-5,00	-205,00	-113,50	-35,10
B06E0223	1	-147,00	-447,00	-157,60	-123,00
	2	-147,00	-857,00	-104,10	-80,90
B06E0226	1	-51,00	-151,00	-134,00	-27,40
B06E0227	1	-65,00	-270,00	-156,80	-123,20
	2	-65,00	-612,00	-165,10	-129,20
B06E0228	1	-115,00	-252,00	-192,80	-126,80
	2	-115,00	-539,00	-193,40	-133,90
B06E0229	1	-100,00	-300,00		
	2	-100,00	-682,00		
B06E0230	1	-100,00	-306,00	-192,80	-122,00
	2	-100,00	-682,00	-194,90	-124,00

Bijlage 4 (vervolg 1)

Put	Filter	mv tov NAP (cm)	onderkant filter tov NAP (cm)	GLG tov NAP (cm)	GHG tov NAP (cm)
B06E0231	1	-54,00	-269,00	-136,40	-82,90
B06E0236	1	-133,00	-193,00	-189,30	-114,30
	2	-133,00	-273,00	-201,30	-129,30
	3	-133,00	-513,00	-205,00	-143,70
B06E0237	1	-154,00	-214,00	-196,70	-134,30
	2	-154,00	-294,00	-210,30	-146,00
	3	-154,00	-534,00	-324,70	-158,30
B06F0143	1	-18,00	-118,00	-99,90	-7,60
B06F0144	1	-72,00	-194,00	-127,70	-5,70
B06F0145	1	-65,00	-190,00	-151,40	-35,40
B06F0146	1	9,00	-147,00	-128,40	-14,80

Bijlage 4 (vervolg 2)



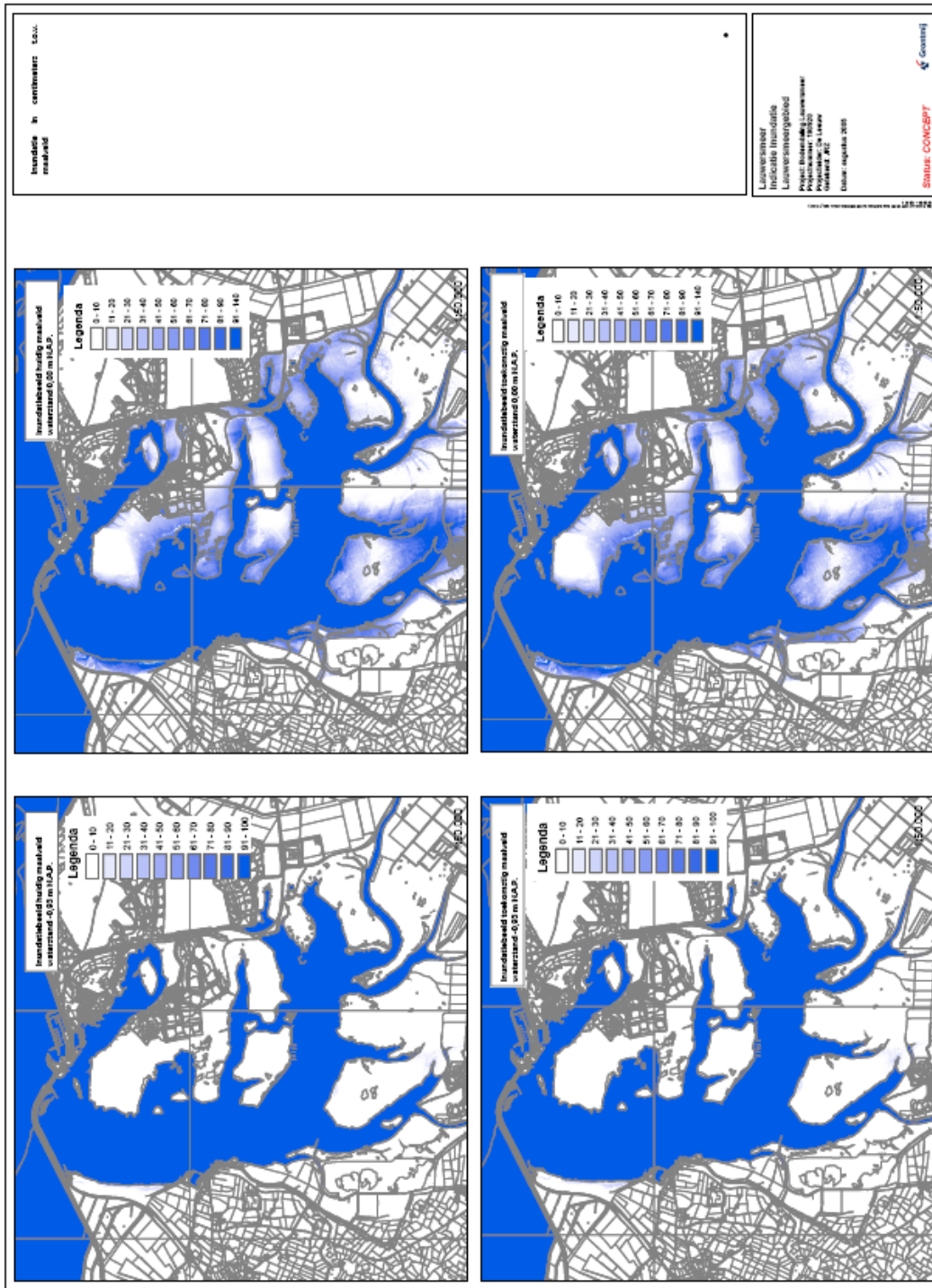
Bijlage 4 (vervolg 3)

Bijlage 5

Indicatie Inundatiebeeld

Bijlage 5

Indicatie Inundatiebeeld



Inundatie in centimeters - L.O.

Indicatie Inundatie
Luwereengebied
Project Basiselementen
Projectnummer: 19020
Onderwerp: L.O.
Datum: augustus 2005

STATUS: CONCEPT

Grontmij

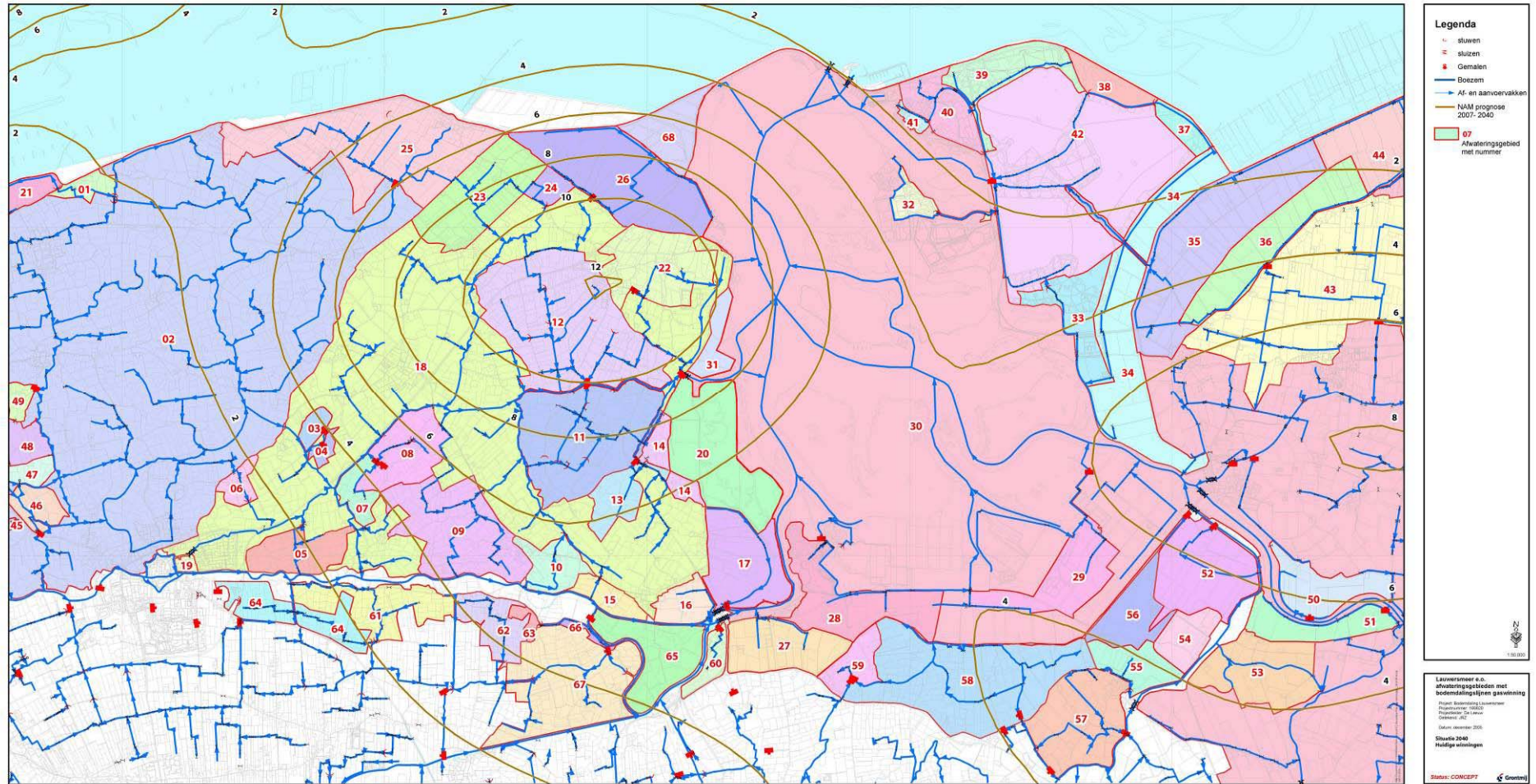
Bijlage 6

afwateringsgebieden met contourlijn per ontrekkingsituatie

Bijlage 6

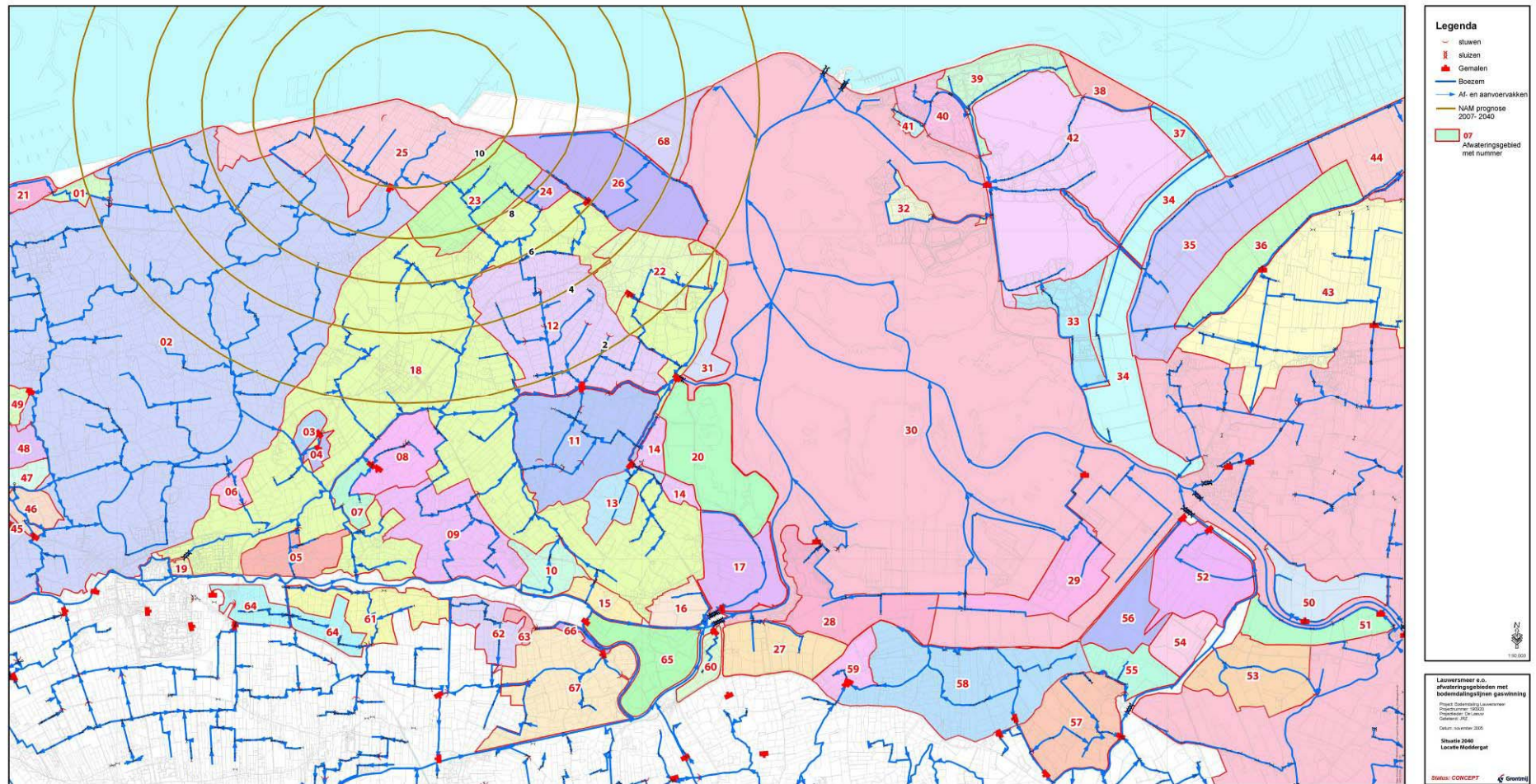
afwateringsgebieden met contourlijn per ontrekkingsituatie

Bijlage 6 (vervolg 1)



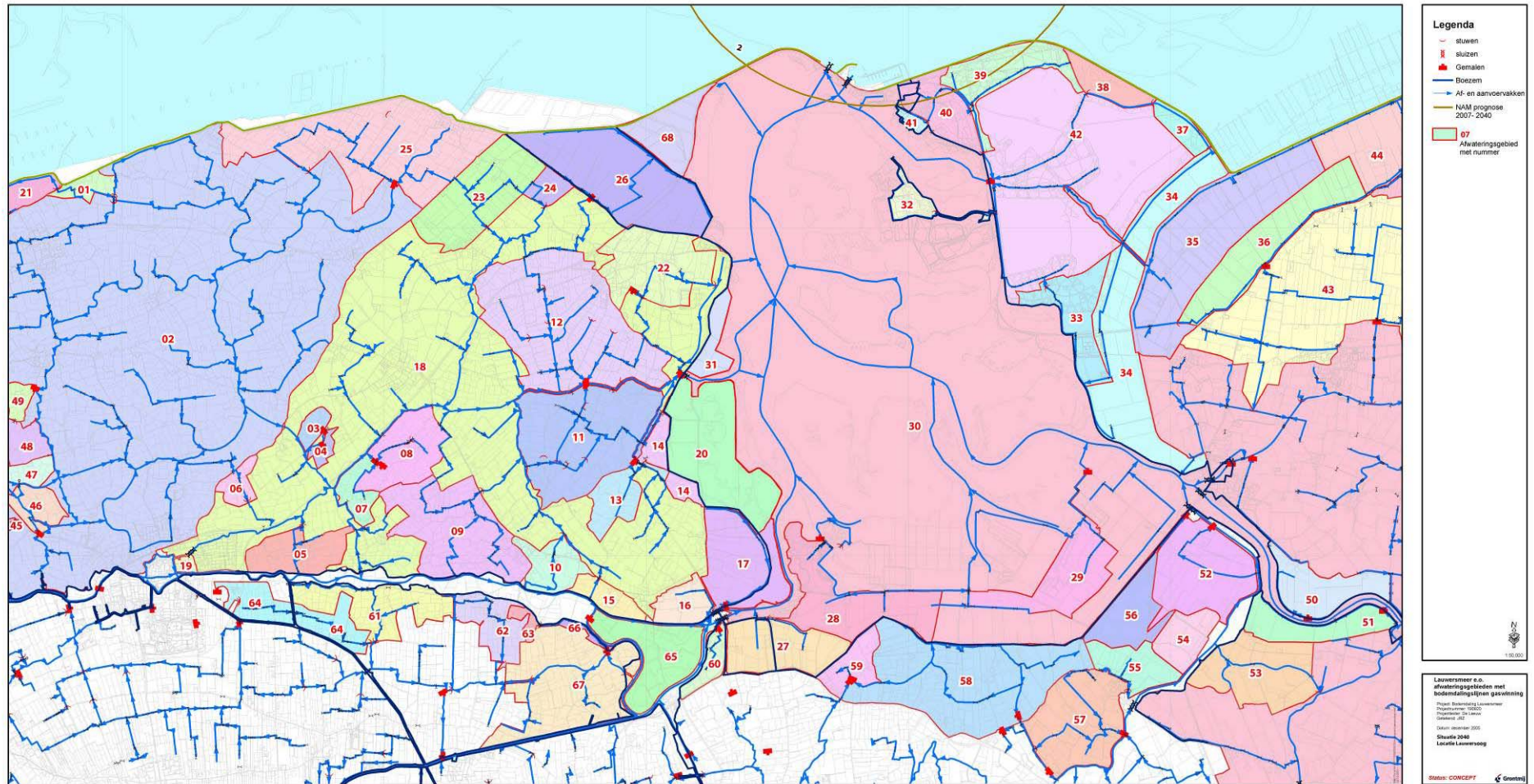
Huidige onttrekkingen (2040)

Bijlage 6 (vervolg 2)



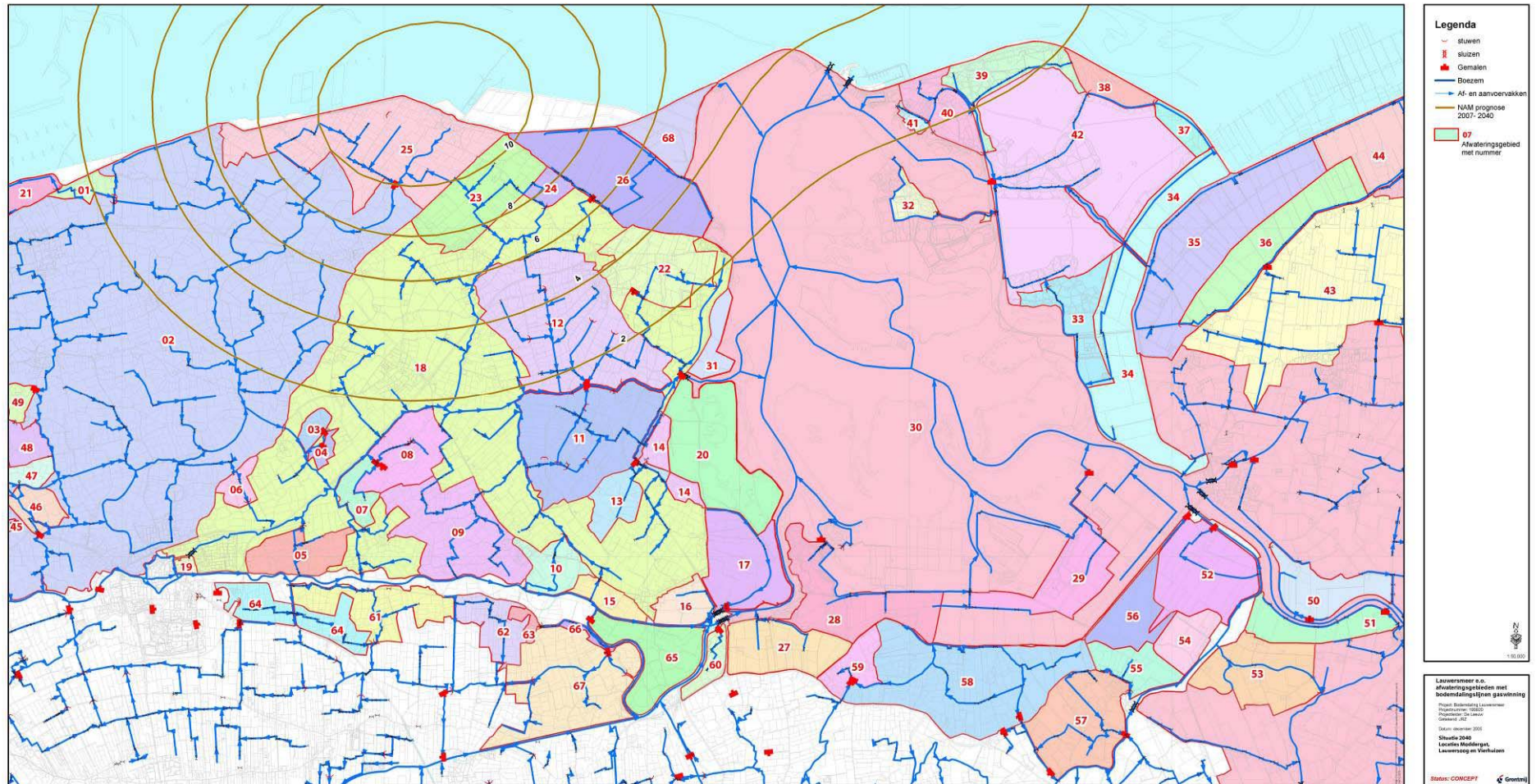
Onttrekking locatie Moddergat (2040)

Bijlage 6 (vervolg 3)



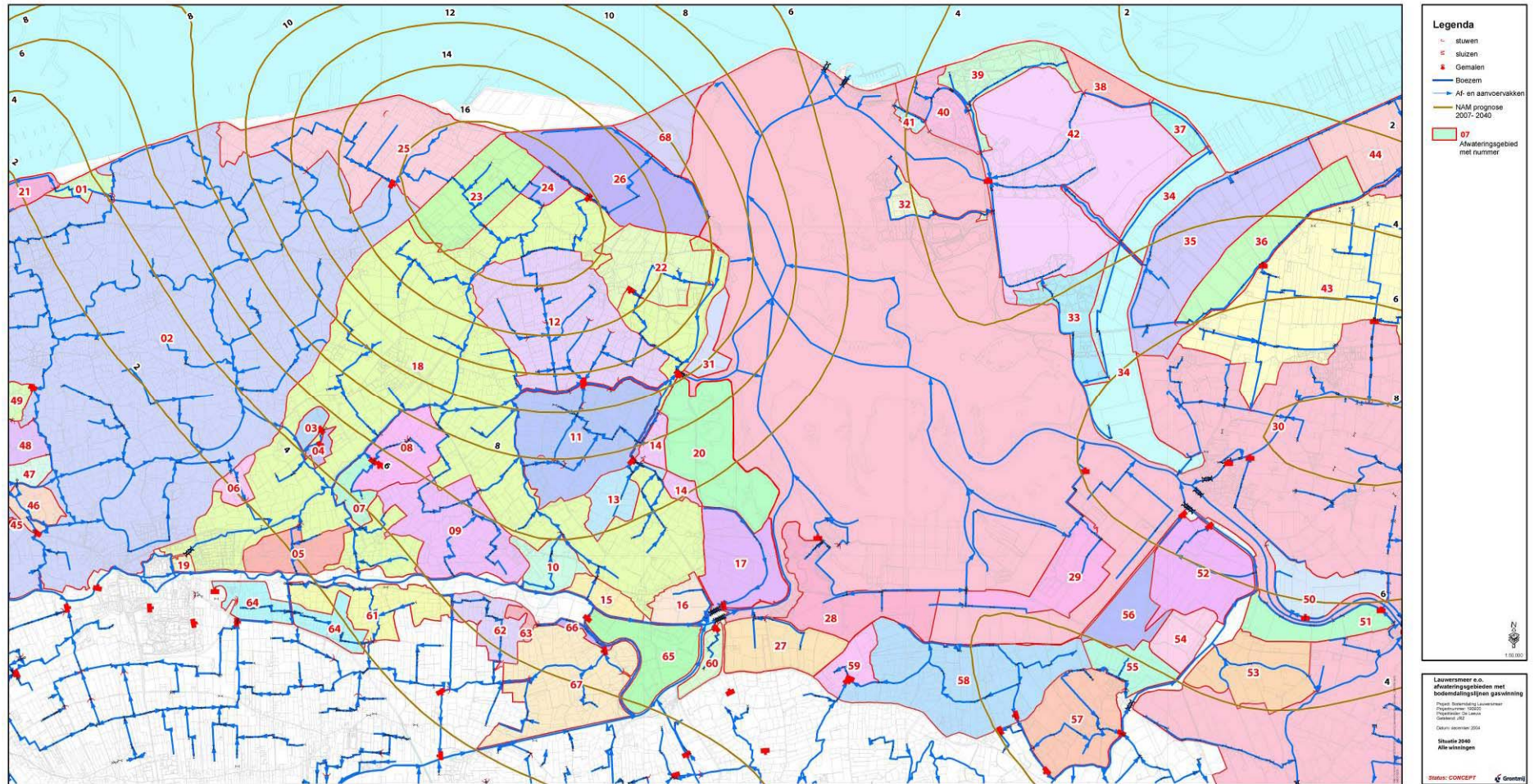
Onttrekking locatie Lauwersoog (2040)

Bijlage 6 (vervolg 4)



Onttrekking nieuwe winningen (2040)

Bijlage 6 (vervolg 5)



Alle onttrekkingen (2040)

www.grontmij.com

Grontmij
Zonnedaaw 2
9202 AP Drachten
Postbus 91
9200 AB Drachten
T (0512) 33 52 33
F (0512) 51 02 00
noord@grontmij.nl

