



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Feithspark 6 9356 BZ Tolbert
Postbus 27 9356 ZG Tolbert
Netherlands
Tel. +31 (0)594 51 68 64
Fax +31 (0)594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Geohydrologisch rapport ^{rev3}

zandwinning te Aldtsjerk

VN-64145-2 | 29 juni 2016



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Onderwerp: zandwinning te Aldtsjerk
Projectnummer: VN-61415-2
Opdrachtgever: Stichting Aldtsjerk Foarút
Freuleleane 13
9094 KT Aldtsjerk
Datum: 29 juni 2016

Opgesteld door:	ir. N. de Graaf
Handtekening:	I.O. 
Documentnummer:	R43906
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	ir. C.A. van den Hoven




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel.....	5
1.2	Kwaliteitswaarborg.....	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Projectbeschrijving	6
2.1	Bestaande onderzoeksgegevens.....	6
2.2	Projectbeschrijving	6
2.3	Opzet geohydrologische studie	7
3	Geohydrologische beschrijving.....	9
3.1	Bodemopbouw	9
3.2	Grondwaterstroming	10
3.3	Oppervlaktewater	11
3.4	Zoet - zout water grens.....	12
3.5	Natuurgebieden.....	13
3.6	Neerslag en verdamping.....	13
4	Hydrologische processen.....	14
4.1	Algemeen.....	14
4.2	Invloed van de aanleg van de zandwinning op de geohydrologie	14
4.2.1	Nivellering van de grondwaterstanden	14
4.2.2	Aanvoer oppervlaktewater voor regulering plaspeil.....	15
4.2.3	Grondwaterstandverlaging tijdens winningfase	15
4.2.4	Verandering in patroon van neerslag en verdamping	15
5	Modelbeschrijving	17
5.1	Doel.....	17
5.2	Geschematiseerde bodemopbouw	17
5.3	Modelgrenzen.....	18
5.4	Invoerparameters neerslag en verdamping	19
5.5	Oppervlaktewater en polderpeilen.....	19
5.6	Zandwinplas	20
5.7	Grondwaterstroming diepe grondwater.....	20
6	Resultaten modelberekeningen.....	22
6.1	Berekeningsvarianten.....	22
6.2	Uitgangspunten	22
6.3	Berekende effecten voor de winter-situatie.....	22
6.3.1	Tijdens productiefase	22
6.3.2	Eindfase	23
6.3.3	Toelichting uitkomsten voor de wintersituatie.....	24
6.4	Berekende effecten voor de zomer-situatie.....	24
6.4.1	Tijdens productiefase	24



6.4.2	Eindfase	25
6.4.3	Toelichting uitkomsten voor de zomersituatie	25
6.5	Beïnvloeding zoet-zout grensvlak	26
7	Gevolgen grondwaterstandveranderingen voor derden	27
7.1	Effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur	27
7.2	Effecten op de natuur	27
7.3	Effecten op de landbouw	27
8	Monitoring.....	29
8.1	Peilbuisnetwerk	29
8.2	Zoutgehalte water in de zandwinplas.....	29
8.3	Rapportage	30
9	Conclusies	31

Bijlagen

1. Peilbuisgegevens (Dinoloket)
2. Statistische analyse pieken stijghoogtegegevens
3. Chloride gehalte Aldtsjerker Feart



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

In opdracht van van Sweco Nederland b.v. te Groningen heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners bv het Geohydrologisch rapport van 4 februari 2014 geactualiseerd.

Voorliggend rapport is een aanpassing van het Geohydrologisch rapport, zandwinning te Aldtsjerk (VN-57484-1 d.d. 4 februari 2014, R27426). Dit rapport is een onderzoek naar de toekomstige zandwinning te Aldtsjerk, waarin de nadere uitwerking van de ruimtelijke inpassing en de geohydrologische effecten conform ontvangen memo van de Grontmij.

1.1 Aanleiding en doel

Aanleiding voor het geohydrologisch onderzoek is de geplande zandwinning ter plaatse van het dorp Aldtsjerk. De zandwinning wordt uitgevoerd in combinatie met het realiseren van een aantal (vaar) recreatievoorzieningen ter plaatse van het dorp Aldtsjerk.

Doel van het geohydrologische onderzoek is om inzicht te krijgen in geohydrologische effecten van een zandwinning te Aldtsjerk op de omgeving.

Het onderzoek betreft een modelstudie voor een stationaire situatie. Het doel van de geohydrologische modelstudie is om de effecten van de aanleg van de zandwinning te bepalen op de grondwaterstanden in de omgeving.

Het onderwerp van de studie is de zandwinplas, waarbij het gaat om de veranderingen op de grondwaterstanden en stijghoogtes in de omgeving als gevolg hiervan.

1.2 Kwaliteitswaarborg

Het geohydrologisch rapport is verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners voldoet aan de veiligheidsmanagementnorm VCA**.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport zijn de relevante gegevens voor het opstellen van een geohydrologisch onderzoek weergegeven. Hoofdstuk 2 is een beschrijving van het project, waarna in hoofdstuk 3 een geohydrologische beschrijving van de locatie volgt. Vervolgens is hoofdstuk 4 een beschrijving van de belangrijkste hydrologische processen die optreden. Deze processen zijn vervolgens gekwantificeerd in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de resultaten weergegeven en in hoofdstuk 7 de effecten op de omgeving. Hoofdstuk 8 beschrijft een monitoringsvoorstel. Tot slot volgen in hoofdstuk 8 de conclusies ten aanzien van het opgestelde advies.

2 Projectbeschrijving

2.1 Bestaande onderzoeksgegevens

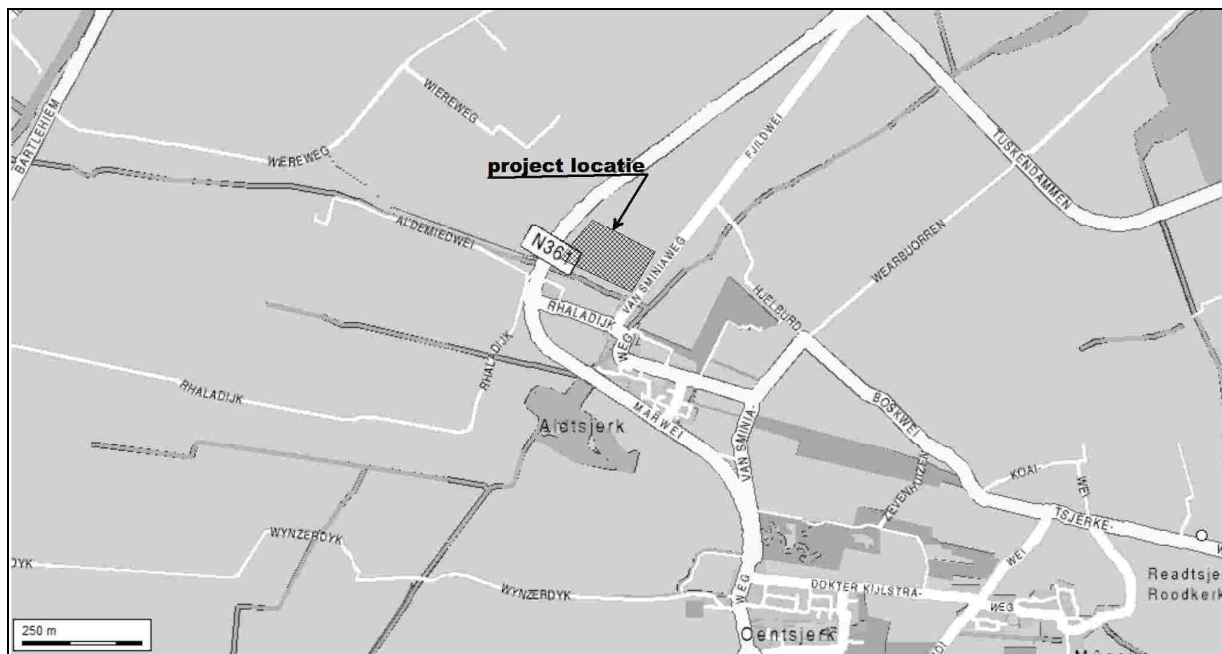
Dit rapport is tot stand gekomen op basis van de volgende gegevens, te weten:

- het door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek;
- REGIS en Grondwaterkaart van TNO;
- de bij TNO opgevraagde peilbuisgegevens (Dinoloket);
- door Wetterskip aangeleverde oppervlaktewaterpeilen;
- de door de opdrachtgever aangeleverde projectgegevens.
- Memo Aanpassen geotechnisch en geohydrologisch rapport zandwinning Aldtsjerk, d.d. 2 november 2015, ref 304331;
- Geohydrologisch rapport, zandwinning te Aldtsjerk, R27426, 4 februari 2014;

De bovengenoemde gegevens vormen, aangevuld met geïnterviewde regionale gegevens, de basis voor de beschrijving van de bodemopbouw (zie paragraaf 3.1) en de geohydrologische situatie (zie paragraaf 3.2).

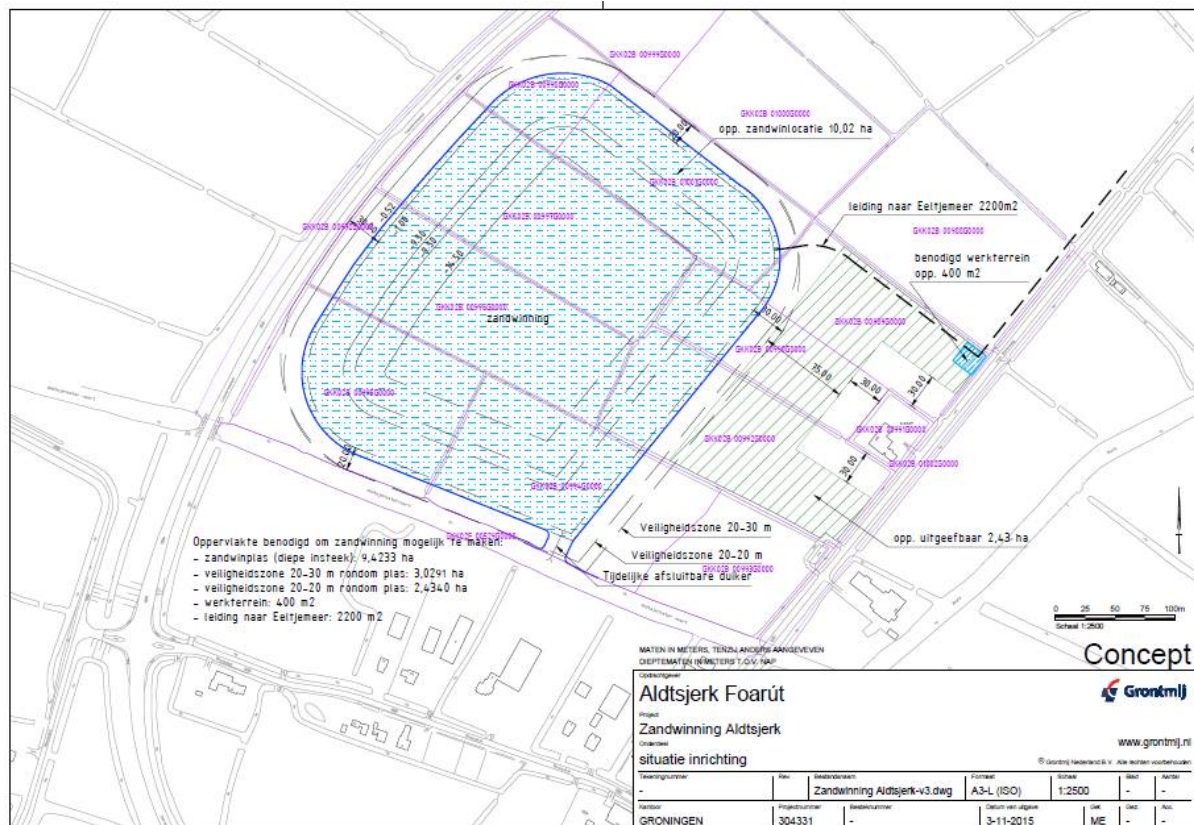
2.2 Projectbeschrijving

De ligging van de projectlocatie is weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Projectlocatie

De locatie bevindt zich aan de noordzijde Aldtsjerk. De geplande zandwininput heeft een oppervlak van circa 9 hectare. De maximale windiepte bedraagt 14,5 m. N.A.P. Momenteel is het gebied als grasland in gebruik. Op basis van de AHN wordt het maaiveldniveau ter plaatse ingeschat tussen ongeveer -0,5 en +0,3 m N.A.P. Ten tijden van het grondonderzoek varieerde de maaiveldhoogten tussen +0,2 en -0,5 m N.A.P. Het gemiddelde maaiveldniveau is vastgesteld op +0,0 m N.A.P.



Figuur 2.2 Voorgenomen zandwinlocatie (niet op schaal)

2.3 Opzet geohydrologische studie

Op basis van de gegevens die voorhanden zijn is een geohydrologische beschrijving van het gebied gemaakt. Hierin wordt zowel de bodemopbouw als de grondwaterstroming beschreven. In totaal wordt circa 600.000 m³ zand gewonnen.

De exploitatie zelf zal in totaal vier jaar bestrijken, waarbij in twee fasen (met een tussenliggende periode van ongeveer drie jaar) van een half jaar het zand zal worden gewonnen. Om een goed inzicht te krijgen in de effecten in het meest negatieve scenario, is uitgegaan van een situatie waarbij de maximale hoeveelheid zand in één jaar wordt gewonnen.

De verbinding met het oppervlaktewaterstelsel (Aldtsjerkkerfeart) wordt gerealiseerd na beëindiging van de zandwinning. Om de zandwinplas zoveel mogelijk te isoleren van de omgeving wordt op de bodem en wanden van de zandwinplas het restmateriaal leem aangebracht.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Het aanbod van langjarige peilbuisgegevens in de omgeving is zeer beperkt waardoor het eenduidig beschrijven van de nul-situatie lastig te verifiëren is. De beschrijving van de huidige geohydrologische situatie wordt uitgevoerd op basis van verschillende informatiebronnen waarbij:

- het lokaal uitgevoerde grondonderzoek,
- REGIS en
- Dinoloket.

de belangrijkste bronnen zijn.

Het betreft een vraagstuk over grondwaterstroming, hiervoor wordt de grondwatermodellering uitgevoerd met het grondwatermodel MicroFEM. Op basis van de voorhanden zijnde gegevens wordt een grondwatermodel opgezet voor de simulatie van de grondwaterstandsverandering in de omgeving van de zandwinplas. Voor een goede modelijking ontbreken langjarige meetgegevens en daarom zijn de modelparameters, binnen aannemelijke marges, zodanig gekozen dat hiermee de grootste invloed wordt berekend ("worst-case" benadering).

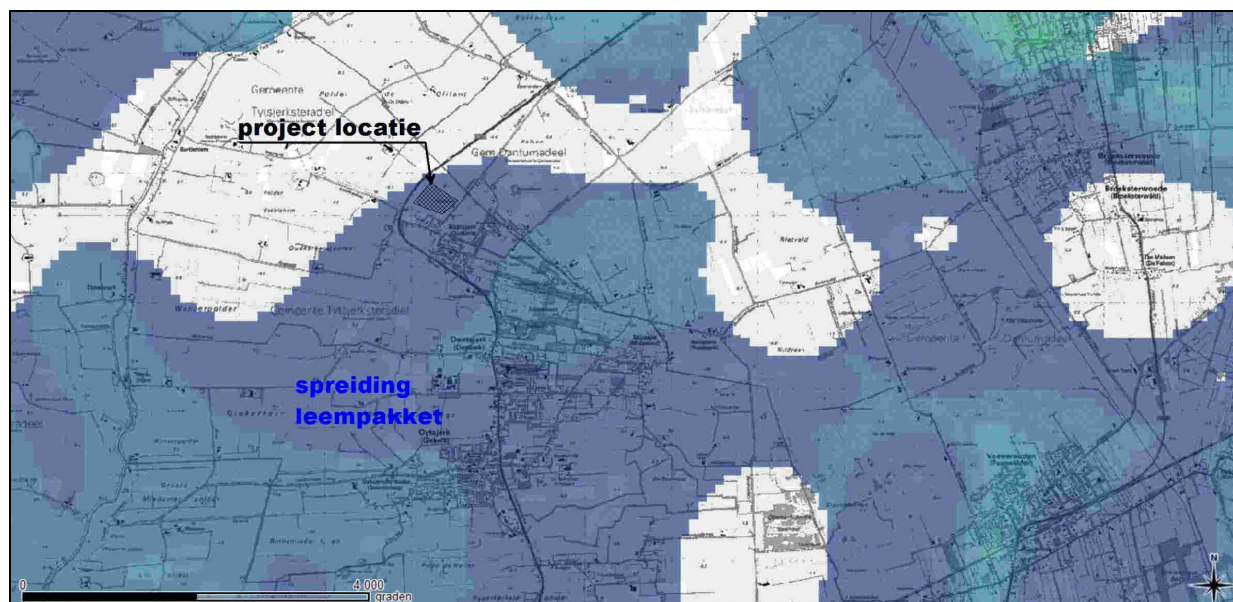


3 Geohydrologische beschrijving

3.1 Bodemopbouw

Op basis van de aangeleverde gegevens en de Grondwaterkaart van Nederland (TNO, kaartblad 2D, 5D, 5Oost, 6West) kan de bodem ter hoogte van de onderzoekslocatie in geohydrologisch opzicht als volgt geclassificeerd worden:

Vanaf maaiveld wordt onder een 1 à 2 m dikke holocene deklaag een circa 1 à 2 m dik zandpakket (Formatie van Boxtel) aangetroffen. Hieronder ligt een enkele meters dikke leemlaag behorende tot de Formatie van Drente. Lokaal kan deze laag ontbreken, zoals op figuur 3.1 is te zien. Op dit figuur is het voorkomen van de leemlaag weergegeven. Op basis van deze gegevens wordt verwacht dat de leemlaag nabij de zandwinput voorkomt, maar ten noorden van de omgeving ontbreekt.



Figuur 3.1 Spreiding leemlaag

De leemlaag wordt aan de onderzijde begrensd door een zandpakket. Dit zandpakket is opgebouwd uit zanden behorend tot de formaties van Drachten (dikte ca. 10 m) en Peelo (dikte ca. 40 m). Formatie van Peelo is opgebouwd uit fijne sterk slibhoudende zanden. Lokaal, kan sprake zijn van kleilagen (Formatie van Peelo). Op basis van regionale gegevens wordt op een diepte van –15 m N.A.P. klei aangetroffen, echter op basis van het op locatie uitgevoerde onderzoek blijkt sprake tot –30 m N.A.P. sprake te zijn van (zeer) fijn zand.

Op niveau van circa –55 m N.A.P. wordt een circa 5 m dikke kleilaag aangetroffen bestaande uit klei behorende tot de formatie van Urk. Vervolgens wordt tot –180 m N.A.P. een doorgaand zandpakket aangetroffen (Formaties van Urk, Appelscha en Peize/Waalre).



Met behulp van grondonderzoeksgegevens op de onderhavige locatie kan de bodem als volgt geschematiseerd worden:

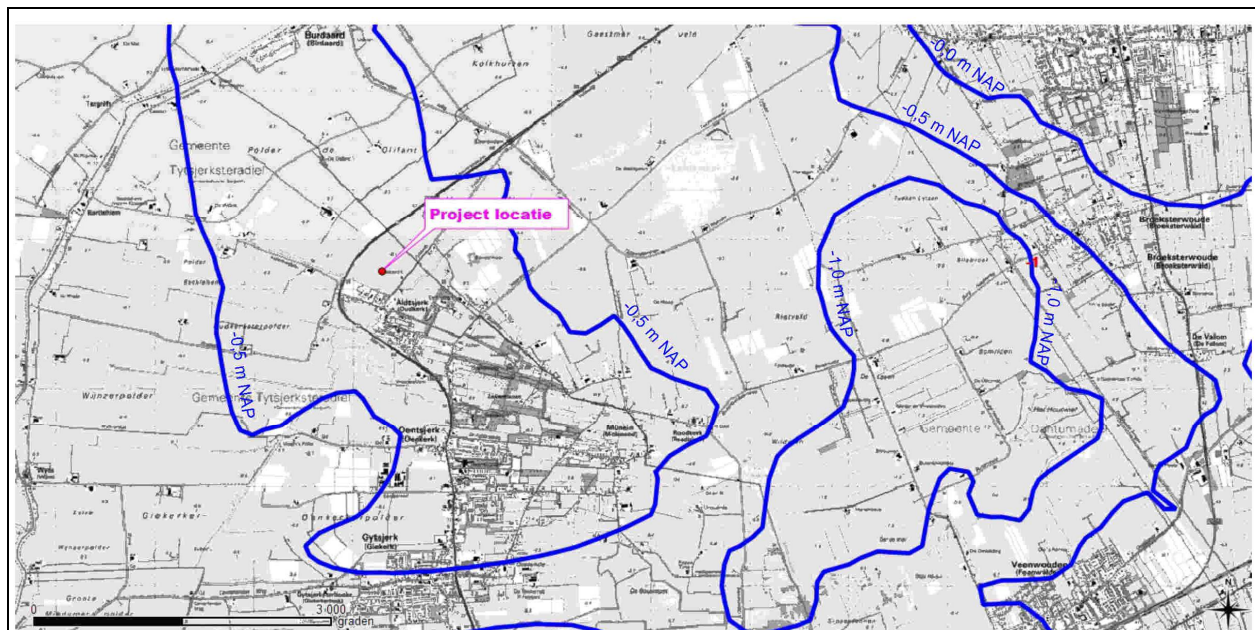
Tabel 3.1 Geschematiseerde lokale bodemopbouw

Diepte t.o.v. N.A.P. (in m)			Samenstelling	Geohydrologische eenheid
maaiveld	tot	-0,8 à -1,5	klei en/of veen	deklaag
-0,8 à -1,5	tot	-1,6 à -3,6	zand	watervoerend pakket 1A/1B
-1,6 à -3,6	tot	-2,6 à -4,6	leem	scheidende laag
-2,6 à -4,6	tot	-11 à -12	zand	watervoerend pakket 1C
-11 à -12	tot	-30*	zand, overgang naar fijnere slib- en/of kleihoudende zanden. Tot -30 m N.A.P. zijn geen kleilagen aangetroffen.	overgangszone van watervoerend pakket 1C naar 2
-30*	tot	-180*	zand	watervoerend pakket 2

*Tot -30 m N.A.P. verkend, maar op basis van REGIS ingeschatte diepte

3.2 Grondwaterstroming

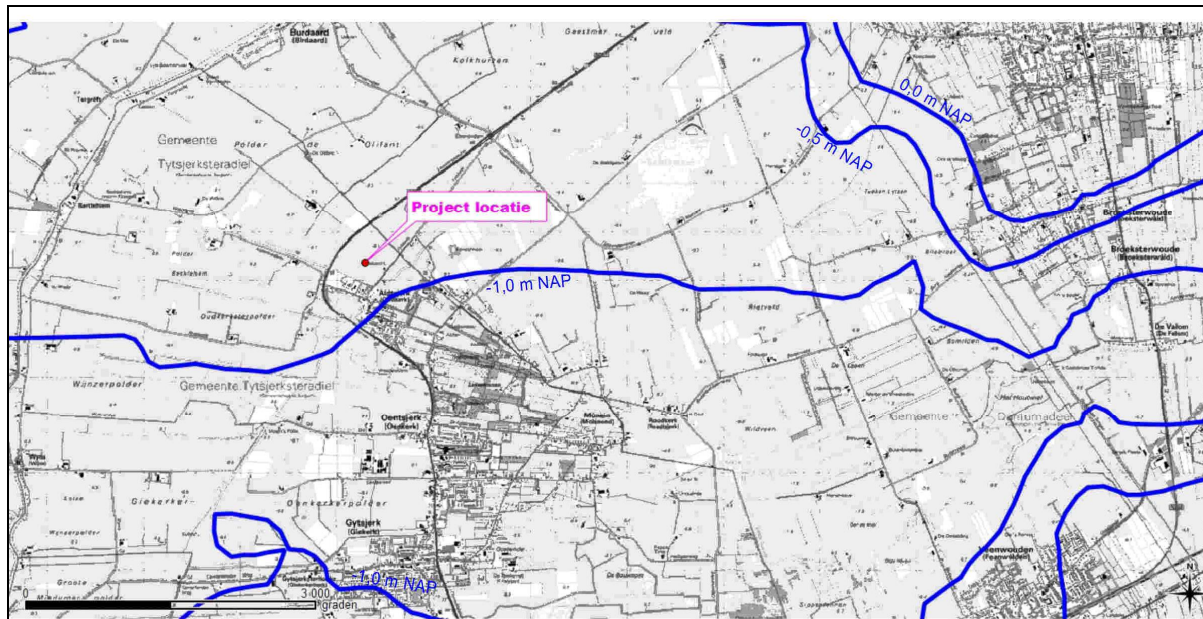
Om inzicht te krijgen in de grondwaterstroming zijn bij TNO (REGIS) gegevens omtrent de grondwaterstroming opgevraagd. In figuren de figuren 3.2 en 3.3 zijn de stromingsgegevens van het grondwater in watervoerend pakket 1B en 1C op 28-04-1995 weergegeven.



Figuur 3.2 grondwaterstroming WVP 1B (28-04-1995)



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Figuur 3.3 grondwaterstroming WVP 1C (28-04-1995)

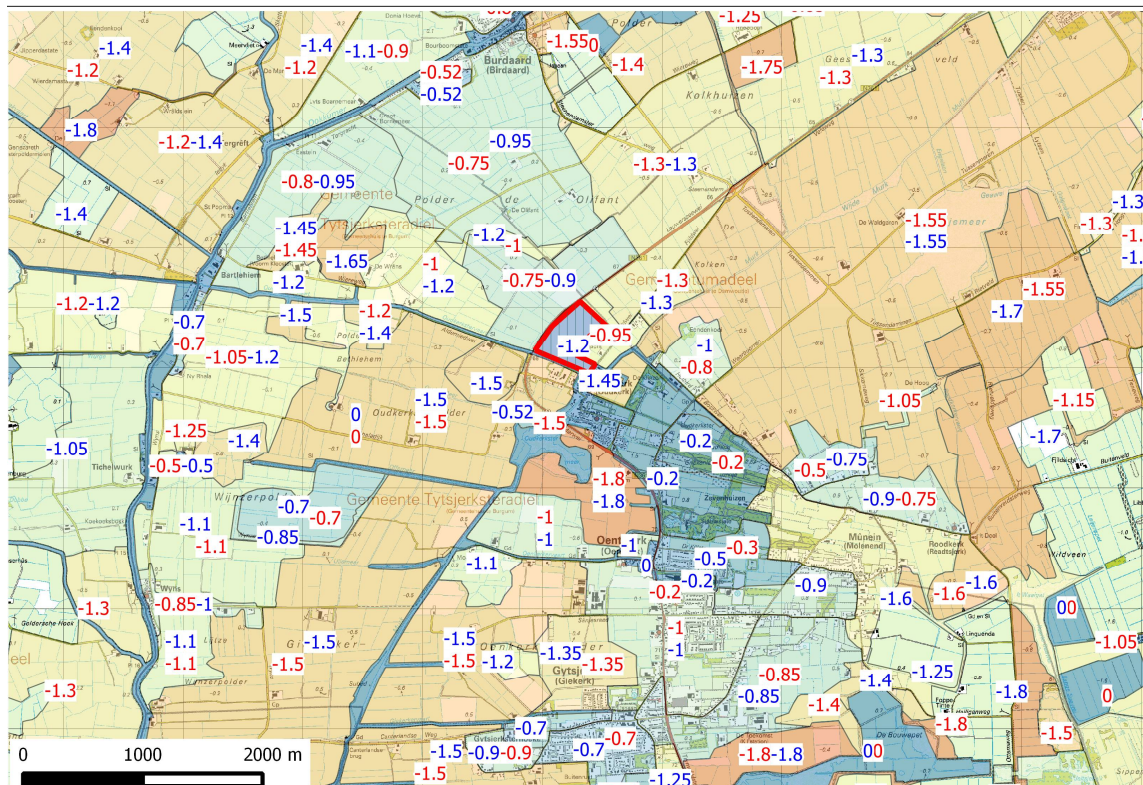
Op basis van de figuren 3.2 en 3.3 kan worden geconcludeerd dat er nauwelijks sprake is van een grondwaterstroming in het diepe zandpakket. De stromingsrichting is noordelijk met een geschat verhang van 0,1 m/km of minder.

Om inzicht te krijgen in de fluctuatie van de freatische grondwaterstand en stijghoogte in de omgeving zijn peilbuisgegevens opgevraagd bij TNO (Dinoloket). De tijd-stijghoogtereeksen zijn weergegeven in bijlage 1. Uit deze gegevens blijkt dat de stijghoogte in het watervoerende pakket in de omgeving fluctueert tussen ongeveer –1,0 en –1,6 m N.A.P.

3.3 Oppervlaktewater

Ter plaatse van de onderzoekslocatie bedraagt het huidig zomerpeil –0,95 m N.A.P. en het winterpeil –1,2 m N.A.P. De peilen in de omgeving zijn weergegeven in figuur 3.4. Het is de verwachting dat in de toekomst het water in de zandwinplas in open verbinding komt te staan met de Aldtsjerker Feart. Het waterpeil van de Aldtsjerker Feart bedraagt –0,52 m N.A.P. Het toekomstig waterpeil in de zandwinplas zal dan ook –0,52 m N.A.P. gaan bedragen.

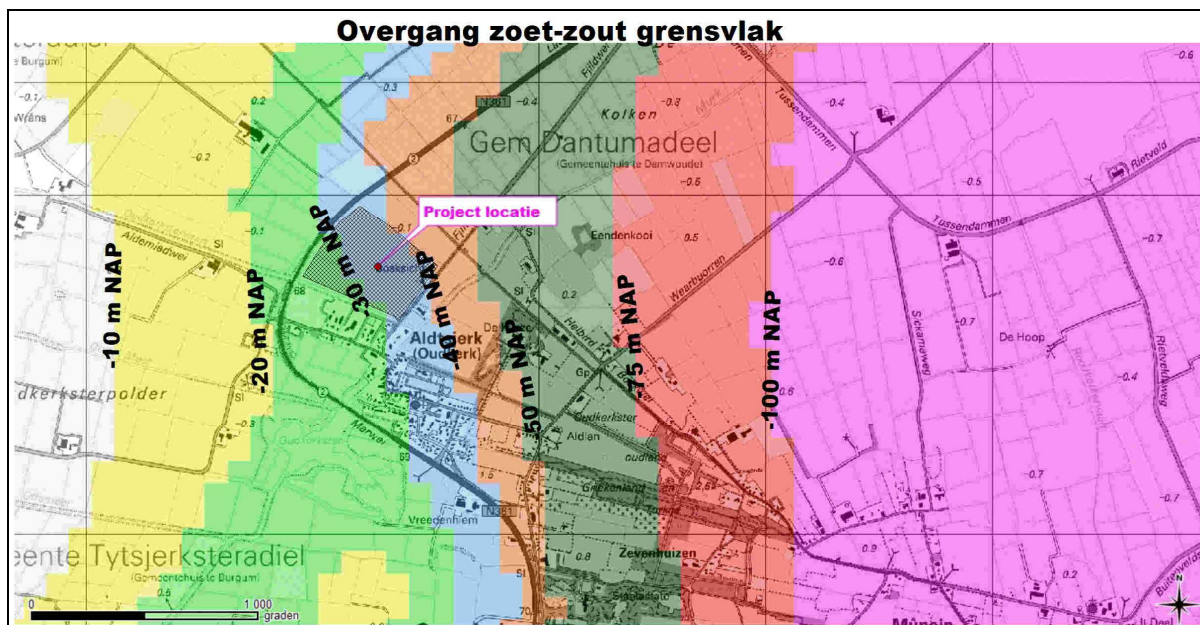




Figuur 3.4 Peilenkaart Wetterskip Fryslân

3.4 Zoet - zout water grens

Het gebied ligt in een overgangsgebied tussen zoet en zout grondwater. Op basis van REGIS is de ligging van het zoet-zout grensvlak (1.000 mg/l Cl) weergegeven in figuur 3.5.



Figuur 3.5 Ligging zoet-zout grensvlak



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Ter verificatie is op locatie een peilbuis geplaatst en zijn de zoutgehaltes op 10 en 20 m– maaiveld gemeten. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in tabel 3.2. De overgang van zoet naar zout grondwater bevindt zich minder diep dan verwacht.

Tabel 3.2 Chloride gehalte grondwater

Diepte (m- maaiveld)	Chloride gehalte (mg/l)
10	1200
20	2400

3.5 Natuurgebieden

Binnen een straal van enkele kilometers van de projectlocatie bevinden zich geen natuurgebieden waarop de natura2000, habitat of vogelrichtlijn van toepassing zijn of binnen de planologische EHS vallen.

3.6 Neerslag en verdamping

Om inzicht te krijgen in de gemiddelde neerslag en verdamping voor de periode van 1993 tot en met 2012 zijn gegevens opgevraagd bij KNMI voor neerslag station Leeuwarden. De gegevens zijn samengevat in tabel 3.3.

Tabel 3.3. Samenvatting neerslag en verdamping

Periode	gemiddelde neerslag (mm)	gemiddelde verdamping (mm)	Netto neerslag (mm)
winter	2,31	0,56	1,8
zomer	2,38	2,57	–0,2



4 Hydrologische processen

4.1 Algemeen

De toekomstige zandwinplas zal een oppervlakte beslaan van ongeveer 9 ha. De maximale windiepte bedraagt -14,5 m N.A.P.

Voor het bepalen van de effecten van de zandwinning op de geohydrologie wordt de toekomstige situatie beschouwd ten opzichte van de huidige situatie waarbij geen zandwinplas aanwezig is. In dit hoofdstuk worden de verschillende hydrologische processen beschreven waar de zandwinning op ingrijpt. De beschrijving zal indicatief van aard zijn.

In dit hoofdstuk worden de verschillende hydrologische processen beschreven waarbij de uitbreiding van de zandwinning op ingrijpt. De hydrologische effecten van de zandwinning hebben hoofdzakelijk plaats in het watervoerend pakket 1C. De realisatie van de zandwinning leidt in principe tot de volgende effecten:

1. Veranderingen van de stijghoogte van het diepe grondwater in de omgeving als gevolg van verwijderen van zand uit de ondergrond. Dit effect is permanent en wordt veroorzaakt doordat zand een zekere weerstand biedt tegen grondwaterstroming in vergelijking tot open water. Dit leidt tot nivellering van de grondwaterstanden. (zie paragraaf 4.2.1).
2. Waterafvoer en/of aanvoer vanuit het oppervlaktewater. Het waterpeil in de toekomstige zandwinplas beheerst op een vast waterpeil van -0,52 m N.A.P. Dit waterpeil is afwijkend (hoger) van het natuurlijk waterpeil (zie paragraaf 4.2.2). Dit effect is permanent.
3. Veranderingen van de grondwaterstanden in de omgeving door het verwijderen van zand en waarvan de plaats wordt ingenomen door (grond-) water, dit effect is tijdelijk en treedt op in de winningfase. De veranderingen zijn grondwaterstandverlagingen die vergelijkbaar zijn met de gevolgen van een grondwateronttrekking (zie paragraaf 4.2.3).
4. Veranderingen in het patroon van neerslag en verdamping van het gebied. Dit wordt deels veroorzaakt doordat de bodem, inclusief de daarop aanwezige vegetatie, niet dezelfde verdamping heeft dan hetzelfde oppervlak aan open water. Dit effect is permanent (zie paragraaf 4.2.4).

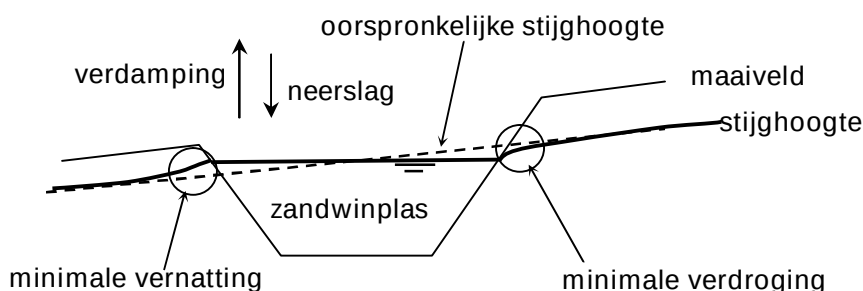
4.2 Invloed van de aanleg van de zandwinning op de geohydrologie

4.2.1 Nivellering van de grondwaterstanden

Een belangrijk hydrologische effect van de zandwinplas wordt gevormd door een nivellering van de stijghoogte ter plaatse van de winning. De uiteindelijke waterstand in de plas zal liggen tussen de relatief lage grondwaterstand aan de stroomafwaartse zijde en de relatief hoge grondwaterstand aan de stroomopwaartse zijde in de oorspronkelijke situatie. Gezien het minimale verhang van de grondwaterstroming zullen de effecten als gevolg van de nivellering van de stijghoogte zeer beperkt zijn.



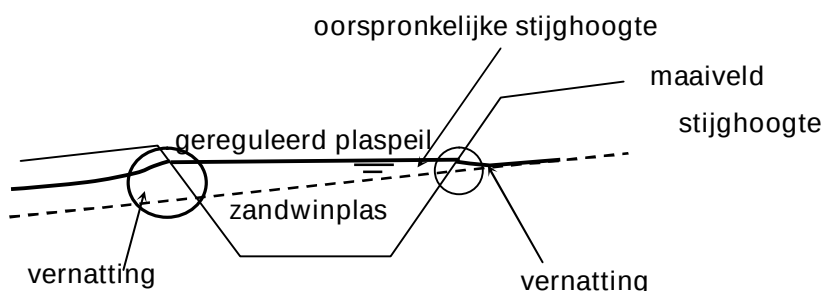
E.e.a. is schematisch en vergroot weergegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1 Schematische weergave beïnvloeding grondwaterstroming door zandwinplas.

4.2.2 Aanvoer oppervlaktewater voor regulering plaspeil

Het toekomstig waterpeil in de zandwinnings is ca. 0,5 à 1 m hoger dan de natuurlijke stijghoogte ter plaatse. Hierdoor zal water aangevoerd dienen te worden vanuit de Aldtsjerke Feart naar de zandwinplas, waardoor rondom de zandwinlocatie rekening dient te worden gehouden met een verhoging van de grondwaterstanden opzichte van de huidige situatie (zie figuur 4.2).



Figuur 4.2 infiltrerende werking van de zandwinplas door gereguleerd hoger waterpeil.

4.2.3 Grondwaterstandverlaging tijdens winningfase

De zandwinning onttrekt grond aan de omgeving. Omdat de onttrekking hoofdzakelijk plaatsvindt onder grondwaterniveau, wordt de onttrokken grond vervangen door grondwater. Het onttrekken van grond is daarmee vergelijkbaar met een grondwateronttrekking die overeenkomt met de hoeveelheid onttrokken grond (zie paragraaf 3.6). Er zal in totaal 600.000 m³ zand worden gewonnen middels 2 fasen van een half jaar. Uitgaande van een winning van 300.000 m³ zand per half jaar en een porositeit van het zand van 0,3 komt dat overeen met een gemiddelde "quasi"onttrekking van 1.150 m³/dag gedurende een periode van zes maanden.

4.2.4 Verandering in patroon van neerslag en verdamping

Ter plaatse van de voorgenomen zandwinning zal de aanwezige bodemlaag verdwijnen en hiervoor in de plaats komt open water. Deze verandering gaat ook gepaard met veranderingen op het gebied van neerslag en verdamping.



Voor de verdamping van gewassen wordt doorgaans de gewasverdamping van Makkink gebruikt. Het huidige grondgebruik is overwegend grasland wat overeenkomt met een gewasfactor van 1,0. Voor de verdamping van openwater hanteert men meestal de zgn. Penman Open waterverdamping. In het zomerhalfjaar, dat voor de verdamping verreweg de belangrijkste periode is, is de Penman openwaterverdamping pakweg 1,25 * zo groot als de referentiegewasverdamping van Makkink. Ten opzichte van de gewasverdamping neemt de verdamping dan toe met een factor 0,25. Dit betekent dat de extra verdamping die het gevolg is van de uitbreiding van de zandwinning te berekenen is als volgt:

$$\text{oppervlakte zandwinplas (m}^2\text{)} \times \text{gemiddelde verdamping op jaarbasis (m)} \times \text{extra verdampingsfactor} = \\ 9 \times 100^2 \times 0,57 \times 0,25 = 12.825 \text{ m}^3/\text{jaar (i.e. 35 m}^3/\text{dag)}.$$

De toename in verdamping gerekend over de totale oppervlakte van de zandwinning (35 m³/d) komt overeen met iets minder dan 0,4 mm/dag.

Daarnaast verandert de neerslagafvoercoëfficiënt in het gebied waar het huidig landgebruik wordt vervangen door open water. Het is aannemelijk dat ter plaatse van grasland een gedeelte van de neerslag door drainage uit het gebied afgevoerd zal worden. Dit geldt met name voor periodes met een hoge neerslagintensiteit. Met de uitbreiding van de zandwinplas zal er uit het betreffende deel geen neerslag uit het gebied afgevoerd worden. De hoeveelheid neerslag (circa 850 mm/jaar) blijft constant. Uitgaande van een geschatte afvloeingscoëfficiënt van 10% komt dit overeen met een gemiddelde toename van ongeveer 21 m³/dag wat in het gebied extra wordt vastgehouden. Dit compenseert de extra verdamping voor een groot deel zoals hiervoor is aangegeven.



5 Modelbeschrijving

5.1 Doel

Doel van de modelstudie is inzicht te krijgen in de effecten van de uitbreiding van de zandwinning op de grondwaterstanden in de omgeving. De focus ligt dan ook op de verandering van de grondwaterstanden in de omgeving als gevolg van de ingreep. Hiertoe wordt een grondwatermodel opgesteld. Voor de bodemopbouw is zoveel mogelijk uitgegaan van de gegevens zoals aangegeven in REGIS en de aangetroffen bodemopbouw ter plaatse. De modelparameters zijn zodanig gekozen dat deze leiden tot het grootste invloedsgebied ("worst-case"- benadering). Echter, het model dient wel de systeemanalyse met betrekking tot de grondwaterstromingsrichting te simuleren.

5.2 Geschematiseerde bodemopbouw

Ten behoeve van de modelberekeningen is de bodemopbouw zoals beschreven in paragraaf 3.1 geschematiseerd. Hiertoe zijn per laag parameters aangebracht. De verticale schematisatie van de bodemopbouw is weergegeven in tabel 5.1. In deze tabel wordt voor een aantal bodemlagen verwezen naar een ruimtelijk spreiding in de parameters. Deze ruimtelijk spreiding van de leemlaag is weergegeven in figuur 3.1.

Voor de modellering is de ondergrond verticaal in vier verschillende lagen opgedeeld. Laag 1 wordt gedefinieerd als de laag waarin de interactie plaats vindt tussen het oppervlaktewater (afhankelijk van neerslag, verdamping, polderpeilen en drainageweerstand) en het grondwater. Op de schaal van het model mag hier alleen verticale stroming optreden. Hierbij worden de streefpeilen (zomer- en winterpeilen) als h_0 ingevoerd. De interactie tussen het oppervlaktewater en het onderliggende grondwater (opbolling) wordt beschreven met een drainageweerstand.

Deze laag wordt aan de onderzijde begrensd door een deklaag. Vervolgens wordt watervoerend pakket 1A/1B aangetroffen welke aan de onderzijde wordt begrensd door een keileemlaag. Onder deze keileemlaag bevindt zich watervoerend pakket 1C. Deze laag wordt geleidelijk over in het 2^e watervoerend pakket.



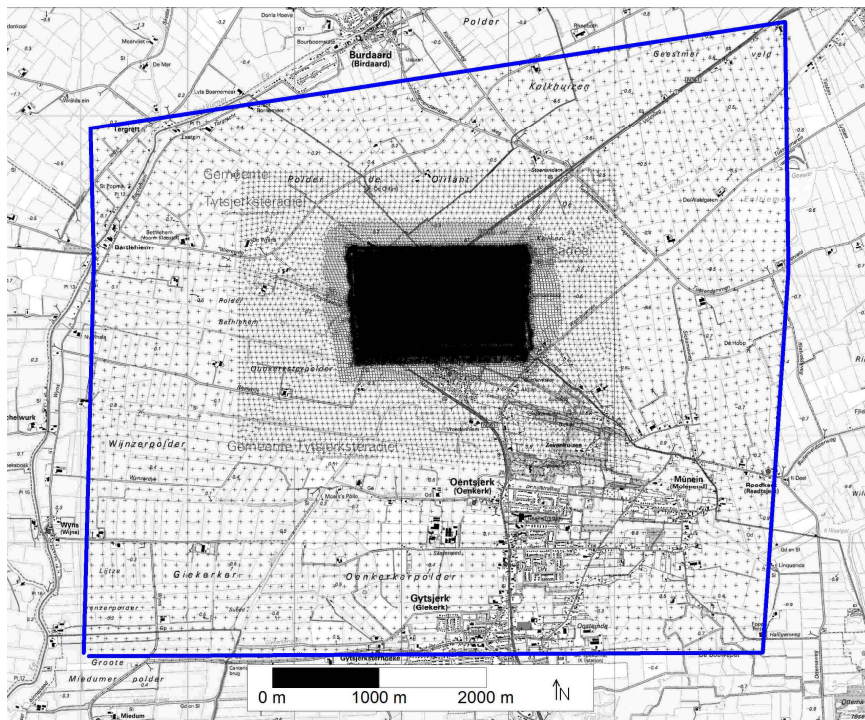
Tabel 5.1 Modelschematisatie bodemopbouw

Modellaag	Beschrijving
H0	Polderpeilen
C1	Drainageweerstand. Hier wordt waarde van 80 dagen aangehouden.
KD1	Op de schaal van het model mag hier alleen verticale stroming optreden, zodat voor deze laag een kD-waarde van 0 m ² /dag is ingevoerd. Hiermee wordt de interactie tussen polderpeil, neerslag en freatische grondwaterstand gesimuleerd.
C2	Deklaag. In het westelijk deel is sprake van een holocene deklaag met een beperkte dikte van circa 0,5 à 1 m. Hier is een weerstand van 20 dagen aan toegekend.
KD2	WVP 1A/1B. Een enkele meters dikke zandlaag (WVP 1A / 1B) met een geschat doorlaatvermogen van 20 m ² /dag
C3	SDL1. Deze laag simuleert de keileemlaag onder WVP 1A/1B. In het zuidoosten is de keileemlaag aanwezig en in het noordwesten ontbreekt deze. Daar waar de keileemlaag aanwezig is wordt een weerstand aangehouden van 400 dagen, daar waar deze ontbreekt bedraagt de weerstand 10 dagen.
KD3	WVP 1C. Watervoerend pakket 1C. Dit watervoerende pakket is opgeknipt in een watervoerend pakket boven de bodem van de zandwinplas en daaronder. De dikte van de bovenste laag is circa 15 m met een doorlaatvermogen van 120 m ² /dag.
C4	Fictieve laag met een waarde van 1 dag. Alleen in de eindsituatie is dit een weerstandbiedende sliblaag van 100 dagen onder de zandwinplas.
KD4	WVP 1C, resterend. Watervoerend pakket 1C. Dit watervoerende pakket is opgeknipt in een watervoerend pakket boven de bodem van de zandwinplas en daaronder. De dikte van de onderste laag is circa 10 m met een doorlaatvermogen van 80 m ² /dag.
C5	SDL 2. Simuleert de weerstand van het tweede watervoerende pakket waarin klei, slib en fijn zand weerstand biedt. De weerstand van deze laag is geschat op 25 dagen.
KD5	WVP 2. Het tweede watervoerende pakket met een geschat doorlaatvermogen van 2.000 m ² /dag.

5.3 Modelgrenzen

Aan de zuidelijke en noordelijke zijde zijn modelgrenzen gekozen op basis van het isohypsepatroon van het eerste watervoerend pakket WVP1C (REGIS). Het model beslaat een oppervlakte van ongeveer 34 km². De knooppuntafstand varieert van 100 m op de modelgrenzen tot 5 m nabij de toekomstige zandwinlocatie. De modelbegrenzing is weergegeven in onderstaande figuur.





Figuur 5.1 Modelbegrenzing

5.4 Invoerparameters neerslag en verdamping

Ter plaatse van de voorgenomen zandwinning zal de aanwezige bodemlaag verdwijnen en hiervoor in de plaats komt open water. Deze verandering gaat ook gepaard met veranderingen op het gebied van neerslag en verdamping.

In paragraaf 4.2.4. is een toename in verdamping over de totale oppervlakte van de zandwinning van circa 35 m³/d berekend. Dit kan worden vergeleken met een onttrekking. Daarnaast verandert de neerslagafvoercoëfficiënt in het gebied waar het huidige landgebruik wordt vervangen door open water. In paragraaf 4.2.4 geeft een gemiddelde toename van ongeveer 21 m³/dag wat in het gebied extra wordt vastgehouden. Dit compenseert de extra verdamping voor een groot deel zoals hiervoor is aangegeven.

De modelparameters zijn zodanig gekozen dat deze leiden tot het grootste invloedsgebied ("worst-case"- benadering). Daarom is in het model een onttrekking ter plaatse van de zandwinplas aangebracht van 35 m³/d.

5.5 Oppervlaktewater en polderpeilen

Voor de effectberekeningen wordt onderscheidt gemaakt tussen een tweetal situaties:

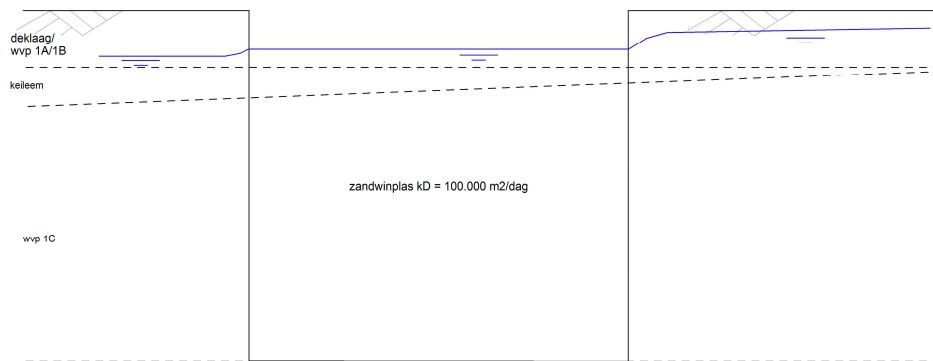
- wintersituatie. Hierbij worden de oppervlaktepeilen gehanteerd die op de winter van toepassing zijn.
- zomersituatie. Hierbij worden de oppervlaktepeilen gehanteerd die op de zomer van toepassing zijn.



De Aldtsjerker Feart is in het model meegenomen door hier een waterpeil van –0,52 m N.A.P. te hanteren en een bodemweerstand van 500 dagen.

5.6 Zandwinplas

De schematisatie van de zandwinplas is weergegeven in figuur 5.2.

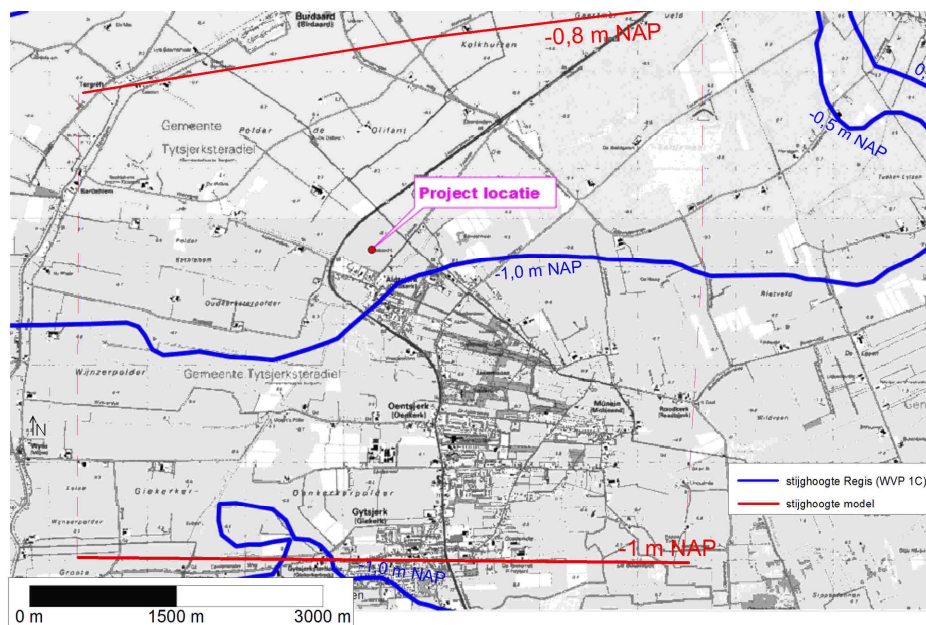


Figuur 5.2 Schematisatie zandwinplas

Om in het model de overgang van grond (lage doorlatendheid) naar water (extreem hoge doorlatendheid) te schematiseren is voor de zandwinplas een hoge kD -waarde ($100.000 \text{ m}^2/\text{dag}$ aangehouden). Uitgegaan wordt van een maximale windiepte tot aan de onderkant van de derde modellaag. Op wanden en de bodem wordt het fijnere restmateriaal materiaal afgezet. Deze laag beïnvloedt de grondwaterstroming vanuit de waterplas naar de omgeving toe. In het model gaan we uit van een minimale uittree weerstand van 100 dagen in de eindfase (na beëindiging productie). Tijdens de productiefase wordt geen rekening gehouden met een weerstand op de bodem of wanden van de zandwinplas.

5.7 Grondwaterstroming diepe grondwater

De grondwaterstroming in het diepe watervoerende pakket ter plaatse is minimaal. De zuidelijke modelgrens is vastgezet op –1 m N.A.P. en de noordelijke modelgrens is vastgezet op –0,8 m N.A.P. (zie figuur 5.3). Hiermee wordt de diepe grondwaterstroming door het model voldoende gesimuleerd.



Figuur 5.3 Grondwaterstroming watervoerend pakket 1C



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

6 Resultaten modelberekeningen

6.1 Berekeningsvarianten

Naast de berekeningen met zomer- en winterpeilen worden eveneens een onderscheid gemaakt tussen de uiteindelijke situatie (na beëindiging van de winning) en situatie tijdens de productiefase (gedurende de winning). Uiteindelijk worden een viertal berekeningsvarianten beschouwd:

- a) winter-situatie tijdens winning
- b) winter-situatie in definitieve situatie
- c) zomer-situatie tijdens winning
- d) zomer-situatie in definitieve situatie

6.2 Uitgangspunten

De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Een vrij waterpeil in de zandwinplas gedurende de winning, een vast peil van $-0,52$ m N.A.P. in de eindfase.
- De zandwinning heeft een wateroppervlak van ongeveer 9 ha.
- Bodemopbouw, zoals beschreven in dit rapport.
- Voor de berekeningen is verondersteld dat over het gehele oppervlak van de plas tot aan de maximale winddiepte ontgrond zal worden. In de praktijk wordt aan de randen een talud aangehouden. Een gevolg van deze benadering is dat de effecten naar de omgeving toe groter worden berekend dan op grond van dit aspect kan worden verwacht (worst case benadering). Dit geldt met name aan de randen.
- De zandwinplas wordt gemodelleerd door hier een doorlaatvermogen van $100.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ aan toe te kennen.
- Tijdens productiefase is geen rekening gehouden met eventuele intree- of uittreeweerstand van de bodem of wanden van de zandwinplas. Voor de eindfase is, als gevolg van het terugbrengen van de fijne fractie in de zandwinput (middels een retourleiding vanuit het 'Eeltjemar'), uitgegaan van een weerstand van 100 dagen.
- Het hydrologisch invloedsgebied is gedefinieerd als het gebied waar de berekende stijghoogte en/of grondwaterstandverandering $0,05$ m of meer bedraagt.
- Polderpeilen zoals beschreven in paragraaf 3.3.

6.3 Berekende effecten voor de winter-situatie

De resultaten van de berekeningen zijn grafisch weergegeven in paragrafen 6.3.1. en 6.3.

6.3.1 Tijdens productiefase

De berekende veranderingen van de stijghoogte in het watervoerende pakket 1C zijn weergegeven in figuur 6.1.





Figuur 6.1 Berekende effecten tijdens de productiefase (situatie a)

6.3.2 Eindfase

De berekende veranderingen van de stijghoogte zijn weergegeven in figuur 6.2.



Figuur 6.2 Berekende uiteindelijke effecten (situatie b)



6.3.3 Toelichting uitkomsten voor de wintersituatie

De uitbreiding van de zandwinning vindt hoofdzakelijk plaats in watervoerend pakket 1C. Hier wordt plaatselijk zand aan de ondergrond onttrokken en deze plaats wordt door water ingenomen. De effecten worden voor het belangrijkste deel veroorzaakt in dit watervoerende pakket 1C en deze effecten spreiden zich uit naar het freatische pakket erboven en het diepere 2^e watervoerende pakket eronder.

De modeluitkomsten (zie figuren 6.1 en 6.2) zijn in lijn met de verwachting, namelijk dat er sprake is van een verlaging van de stijghoogte tijdens de productiefase en een verhoging van de stijghoogte in de uiteindelijke situatie.

De stijghoogteverhogingen liggen in de ordegrootte van 0,1 en 0,05 m. Het hydrologische invloedsgebied voor de stijghoogteverlaging (5 cm stijghoogteverlagingslijn) is hier berekend weergegeven in figuur 6.2.

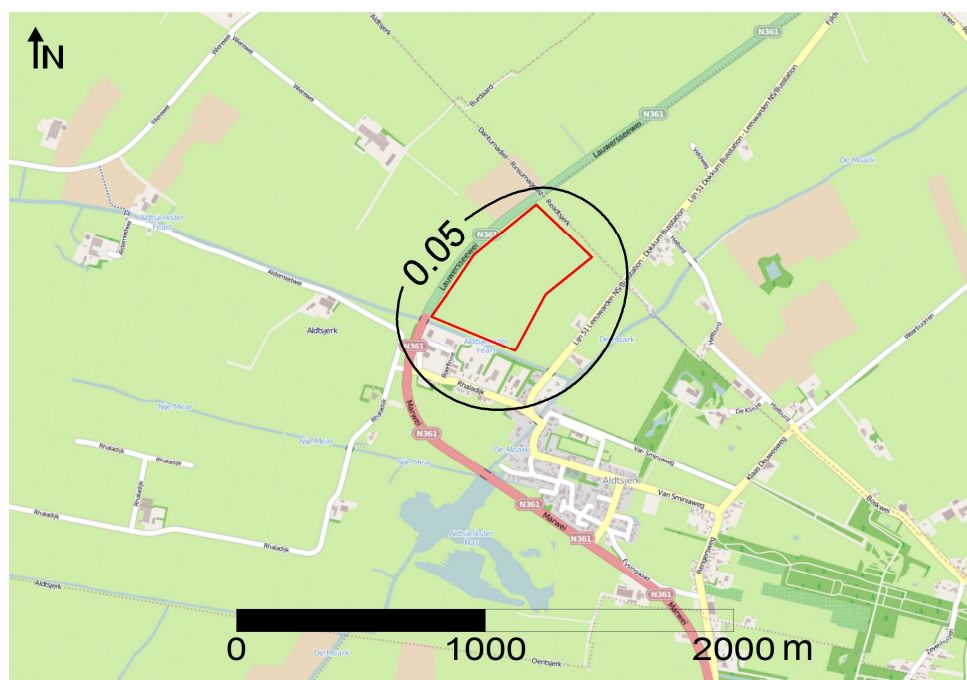
De maximaal berekende verlagingen in de tijdelijke fase zijn berekend op circa 0,1 m

6.4 Berekende effecten voor de zomer-situatie

De resultaten van de berekeningen zijn grafisch weergegeven in paragrafen 6.4.1. en 6.4.2

6.4.1 Tijdens productiefase

De berekende veranderingen van de stijghoogte zijn weergegeven in figuur 6.3.

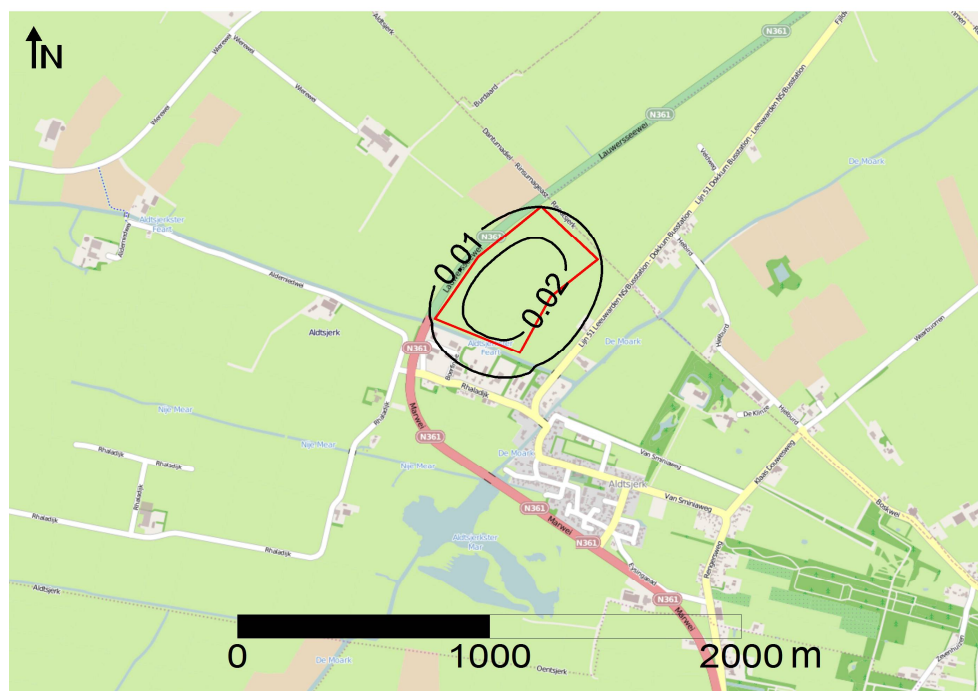


Figuur 6.3 Berekende effecten tijdens de productiefase (situatie c)



6.4.2 Eindfase

De berekende veranderingen van de stijghoogte zijn weergegeven in figuur 6.4.



Figuur 6.4 Berekende uiteindelijke effecten (situatie d)

6.4.3 Toelichting uitkomsten voor de zomersituatie

De zandwinning vindt hoofdzakelijk plaats in watervoerend pakket 1C. Hier wordt plaatselijk zand aan de ondergrond onttrokken en deze plaats wordt door water ingenomen. De effecten worden voor het belangrijkste deel veroorzaakt in watervoerende pakket 1C en deze effecten spreiden zich uit naar het freatische pakket erboven en het diepere 2^e watervoerende pakket eronder.

De modeluitkomsten (zie figuren 6.3 en 6.4) zijn in lijn met de verwachting, namelijk dat er tijdens de productiefase sprake is van een beperkte verlaging van de stijghoogte als gevolg van de winning van het zand. In de uiteindelijke situatie wordt het waterpeil in de zandwinplas opgezet waardoor sprake is van een beperkt verhoging van de stijghoogte in de omgeving. De verhoging is beperkt doordat de bodem en de wanden van de zandwinplas worden afgedekt met het op locatie aanwezige fijne fractie welke via een retourleiding vanuit 'Eeltjemar' aankomt bij de zandwinning.

Tijdens de productiefase liggen de berekende stijghoogteverlagingen in ordegrootte van 0,05 à 0,1 m. Het hydrologisch invloedsgebied voor de stijghoogteverlaging is weergegeven in figuur 6.3. De stijghoogteverhogingen in de uiteindelijke situatie liggen in de ordegrootte van maximaal 0,05 m à 0,1 m. Het hydrologische invloedsgebied voor de stijghoogteverhoging is weergegeven in figuur 6.4.

De veranderingen van de grondwaterstanden zowel tijdens de productiefase als in de uiteindelijke situatie zijn overigens zeer beperkt.



6.5 Beïnvloeding zoet-zout grensvlak

Na beëindiging van de zandwinning komt de zandwinplas in verbinding te staan met de aangrenzende Aldtsjerker Feart. Het waterpeil in deze vaart (–0,52 m N.A.P.) is hoger dan de stijghoogte ter plaatse waardoor een permanente infiltratiesituatie ontstaat. Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid van de stijghoogte is voor de peilbuizen B06B0094 en B06C0328 (filterstelling in watervoerende pakket, zie bijlage 1) een statistische analyse uitgevoerd van de piekstijghoogtes met een herhalingstijd van eens per 100 jaar. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in bijlage 2. Hieruit blijkt dat met een herhalingstijd van eens per 100 jaar de piekstijghoogtes lager blijven dan –0,52 m N.A.P., waardoor het redelijkerwijs is aan te nemen dat gedurende het gehele jaar sprake is van een infiltratiesituatie.

Tijdens de winning zal sprake zijn van menging van het water in de zandwinplas. Ter voorkoming van de eventuele negatieve effecten van de zandwinning op de ligging van het zoet-zout grensvlak in het grondwater worden de volgende maatregelen genomen:

- De maximale winningsdiepte bedraagt -14,5 m N.A.P.
- Nadat de winning is beëindigd wordt het waterpeil in de plas opgezet (overeenkomstig het waterpeil van de naastgelegen vaart) voor het realiseren van een permanente infiltratiesituatie.
- Op de bodem van de plas wordt het fijne restmateriaal (via een retourleiding) teruggestort en dient als permanente slecht doorlatende laag, tussen het water in de plas en het grondwater. Hiermee worden de effecten van de plas op de omgeving zoveel mogelijk beperkt.

Middels monitoring (zie hoofdstuk 8) wordt het daadwerkelijk verloop van het zoutgehalte in de plas in de tijd geregistreerd.



7 Gevolgen grondwaterstandveranderingen voor derden

Als gevolg van de voorgenomen ingreep kunnen derden in principe baat of hinder ondervinden als gevolg van de voorgenomen uitbreiding. In dit kader is het van belang om aandacht te besteden aan het volgende:

- effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur;
- effecten op de natuur;
- effecten op de landbouw.

Tevens dient rekening te worden gehouden met een dijk rondom de toekomstige zandwinplas.

7.1 Effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur

Onder de deklaag is de ondergrond (zand en leem) beperkt zettingsgevoelig. Bovendien is de omvang van de berekende veranderingen (0,1 à 0,15 m) in relatie tot de natuurlijke fluctuatie van de grondwaterstand zodanig dat er geen reden is om te veronderstellen dat er funderingsschade kan voortvloeien uit de activiteiten van de zandwinning. Dit geldt zowel in de uiteindelijke situatie als tijdens de productiefase. Als er al zettingen op zullen gaan treden dan zijn deze kleiner dan 3 mm.

Samenvattend: er is geen aanleiding om te veronderstellen dat er schade aan funderingen zal gaan optreden als gevolg van de uitbreiding van de zandwinning.

7.2 Effecten op de natuur

Binnen het invloedsgebied van de werkzaamheden zijn bij ons geen grondwaterafhankelijke natuurgebieden in het kader van Natura 2000 of EHS bekend. Er zijn dan ook geen nadelige effecten te verwachten.

7.3 Effecten op de landbouw

Bij de effecten op de landbouw dient onderscheidt gemaakt te worden tussen een tijdelijke situatie en de uiteindelijke situatie:

1. Tijdelijke situatie tijdens productiefase

Tijdens de productiefase dient rekening te worden gehouden met een beperkte verlaging van de grondwaterstand rondom de zandwinlocatie.

Ten noorden en oosten van de zandwinplas is het grondgebruik overwegend agrarisch. De overheersende grondsoort is hier een vaaggronden (kleigronden) met een grondwatertrap II à III

Aan de oostzijde is een verlaging berekend van maximaal circa 5 cm die zich uitstrekt over enkele percelen. Om een indicatie te geven van de schade voor agrariërs in de omgeving is een oriënterende berekening uitgevoerd op basis van de HELP systematiek (HELP 2005



Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het waternood instrumentarium, Stowa 2005 rapport 16, ISBN 90.5773.297.1).

Voor de betreffende grondsoort zijn voor het grondgebruik grasland berekeningen uitgevoerd uitgaande van een grondwaterstandverlaging van 5 cm. Hieruit volgt dat er sprake is van een toename van de droogteschade met minder dan 1 %. Deze effecten zijn tijdelijk en dermate klein dat hiervoor geen mitigerende noodzakelijk zijn.

2. Uiteindelijke situatie

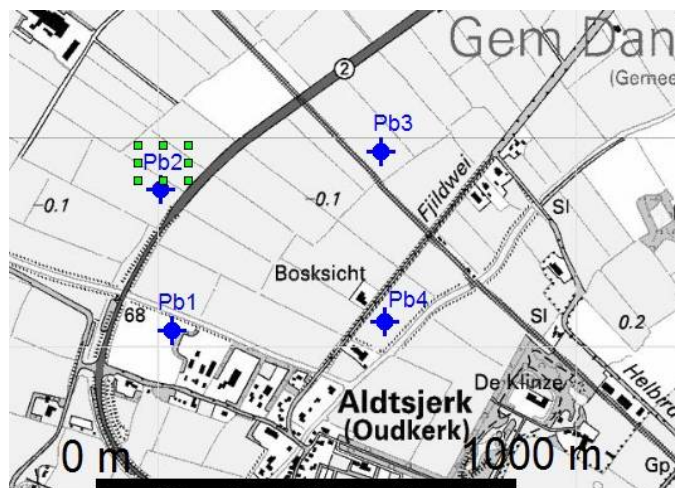
Door de het opgezette waterpeil in de zandwinplas van –0,52 m N.A.P. dient rekening te worden gehouden met grondwaterstandsverhogingen. De mate van verhogingen van de stijghoogte is beperkt tot 0,05 à 0,1 m. Gezien de heersende grondwatertrappen in de omgeving (II à III) dient een vernatting zoveel mogelijk tegen gegaan te worden. Om de effecten op de freatische grondwaterstanden als gevolg van de zandwinplas tegen te gaan adviseren wij oostelijk van de zandwinplas een kwelscherm aan te brengen. Hiertoe dient vanaf maaiveld tot aan het leempakket een 0,3 m brede sleuf aangevuld met slecht doorlatend materiaal zoals leem of klei aangebracht te worden. Doel hiervan is vernatting van het oostelijk gelegen landbouwperceel te voorkomen.



8 Monitoring

8.1 Peilbuisnetwerk

Om de daadwerkelijk optredende hydrologische effecten te monitoren adviseren wij op locatie een peilbuisnetwerk aan te leggen. Doel van dit netwerk is om de effecten als gevolg van de zandwinning te kunnen verifiëren. In figuur 8.1 is een voorstel gepresenteerd met betrekking tot de aan te brengen peilbuizen.



Figuur 8.1 Voorstel monitoringspeilbuizen

Met behulp van het peilbuisennetwerk dienen zowel de effecten op de freatische grondwaterstand als de effecten op de stijghoogte in het watervoerend pakket te worden bepaald. Hiertoe dienen de peilbuizen te worden voorzien van een dubbele filterstelling (1 tot 2 m- maaiveld en 4 tot 5 m- maaiveld). Geadviseerd wordt een meetfrequentie van 2-maal per maand aan te houden.

8.2 Zoutgehalte water in de zandwinplas

Om het daadwerkelijk verloop van het zoutgehalte in de zandwinplas te bepalen adviseren wij gedurende de winning het zoutgehalte tweemaal per jaar te bepalen. Nadat de opening met de Aldtsjerker Feart is gemaakt, dient gedurende de eerste 2 jaren het zoutgehalte eenmaal per kwartaal te worden gemeten. Vervolgens dient het zoutgehalte eenmaal per jaar te worden bepaald.

Het uiteindelijk zoutgehalte in de zandwinplas dient in overeenstemming te zijn met de samenstelling van het water in de Aldtsjerker Feart en zal door het Wetterskip Fryslân worden beoordeeld (streefwaarde ordegrootte 200 à 300 mg Cl /l, zie bijlage 3).



Mocht uit de monitoring blijken dat het zoutgehalte hoger blijft dan verwacht dan dienen aanvullende maatregelen te worden getroffen. Hierbij kan gedacht worden aan:

- actief doorspoelen van de zandwinplas;
- aanbrengen van extra klei en/of leem op de bodem van de zandwinplas;
- als uiteindelijk geen van de maatregelen voldoende soelaas bieden kan de open verbinding tussen Aldtsjerker Feart en de zandwinplas afgesloten worden door bijvoorbeeld het aanbrengen van een sluis.

8.3 Rapportage

Jaarlijks wordt een rapportage met de monitoringsresultaten opgesteld. Eén en drie jaar nadat de opening tussen de zandwinplas en de Aldtsjerker Feart is gerealiseerd zal een evaluatie van de monitoringsdata (grondwaterstanden en zoutgehalte) worden opgesteld. De resultaten hiervan zullen worden besproken met bevoegde gezagen (Provincie en Wetterskip). In overleg zullen vervolgacties worden bepaald, mochten deze noodzakelijk blijken.



9 Conclusies

Dorpsbelang Aldtsjerk is voornemens een zandwinlocatie van 9 ha te realiseren in het noorden van Aldtsjerk. Om inzicht te krijgen in de effecten van de zandwinning is door ons bureau voorliggend geohydrologisch onderzoek uitgevoerd.

Bij de modelstudie is onderscheid gemaakt tussen de uiteindelijke definitieve situatie (met een verhoogd waterpeil in de zandwinplas) en een tijdelijke situatie tijdens de winning van zand. Daarnaast is onderscheid gemaakt tussen een gemiddelde zomer- en een gemiddelde wintersituatie. Uit de effectberekeningen blijkt dat de invloed van de aanleg van de zandwinplas op de grondwaterstroming in richting en grootte zeer beperkt is. Bij het beschrijven van de effecten dient onderscheid gemaakt te worden tussen:

- Tijdelijke situatie tijdens de productie
Tijdens deze fase is er geen verbinding tussen de Aldtsjerker Feart en derhalve geen sprake van een verhoogd waterpeil in de plas. De effecten op de grondwaterstanden bestaan uit een beperkte verlaging van de stijghoogte (ordegrootte 0,05 à 0,1 m) als gevolg van de winning van het zand. De effecten tijdens deze fase zijn beperkt in grootte en omvang.
- Uiteindelijke situatie
Na afloop van de winningsfase wordt er een open verbinding gemaakt met de Aldtsjerker Feart, waardoor het peil in de plas verhoogd wordt. De effecten op de grondwaterstanden in de omgeving zijn hoofdzakelijk een gevolg van de verhoging van het oppervlaktewaterpeil. Dit resulteert in de omgeving in een beperkte verhoging van de stijghoogte (ordegrootte 0,05 à 0,1 m). De effecten tijdens deze fase zijn beperkt in grootte en omvang.

Om vernatting op naastgelegen agrarisch perceel tegen te gaan wordt geadviseerd om aan de oostzijde van de plas een kwelscherm aan te brengen. Hiermee wordt vernatting van de freatische grondwaterstand zoveel mogelijk tegen gegaan.

Voor de overige landgebruiksfuncties zoals natuur, landbouw en bebouwing in de omgeving zijn als gevolg van de zandwinning geen noemenswaardige nadelige effecten berekend.

Belangrijk aandachtspunt in de effectbeschrijving is het zoutgehalte van het grondwater. Om toekomstig zoutgehalte in de plas zoveel mogelijk te beperken bedraagt de windiepte 15 m-maaiveld en wordt de fijne fractie op de bodem en wanden teruggebracht via een retourleiding vanuit het Eeltsjemar, om de zandwinplas zoveel mogelijk hydrologisch af te scheiden van de omgeving. Daarnaast is door opgezet waterpeil een infiltratiesituatie ontstaan ter plaatse van de zandwinplas.



Middels een monitoringsprogramma zullen de daadwerkelijke hydrologische effecten geregistreerd worden. Tevens zal het daadwerkelijk verloop van het zoutgehalte in de zandwinplas worden bepaald. Eén en drie jaar nadat de verbinding is gemaakt tussen de zandwinning en de naastgelegen Feart zullen de uitkomsten van de monitoring worden geëvalueerd. De resultaten van deze evaluatie zullen worden besproken met Provincie en het Wetterskip.

Op basis van de resultaten van het geohydrologische onderzoek komen wij tot de slotsom dat de hydrologische effecten als gevolg van de zandwinning in de omgeving in grootte en omvang zeer beperkt zijn.



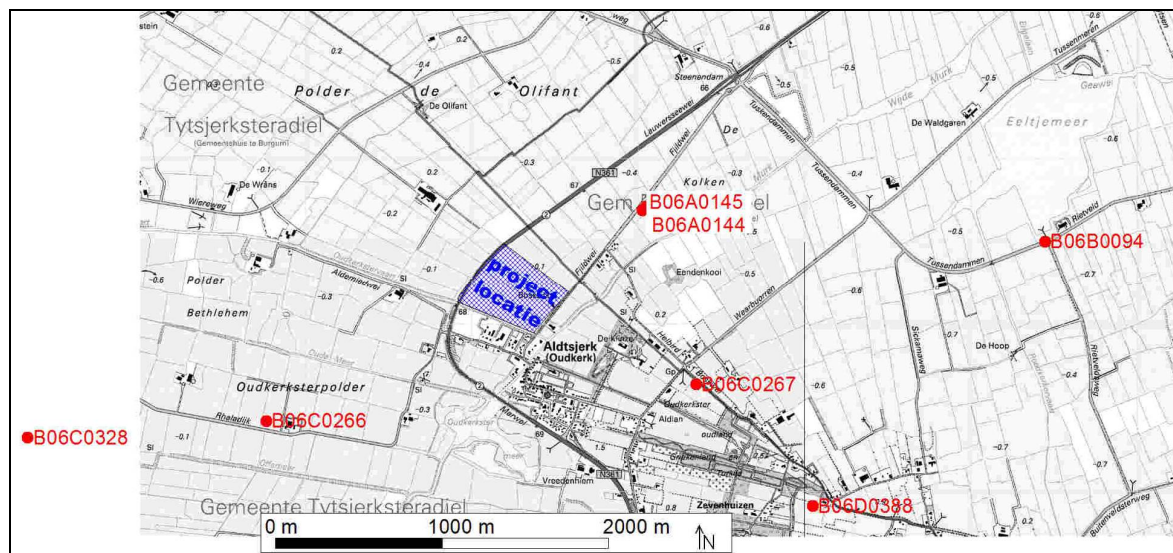
Bijlage 1




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Peilbuisgegevens (Dinoloket)

De ligging van de peilbuizen ten opzichte van de projectlocatie is weergegeven in onderstaande figuur.



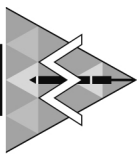
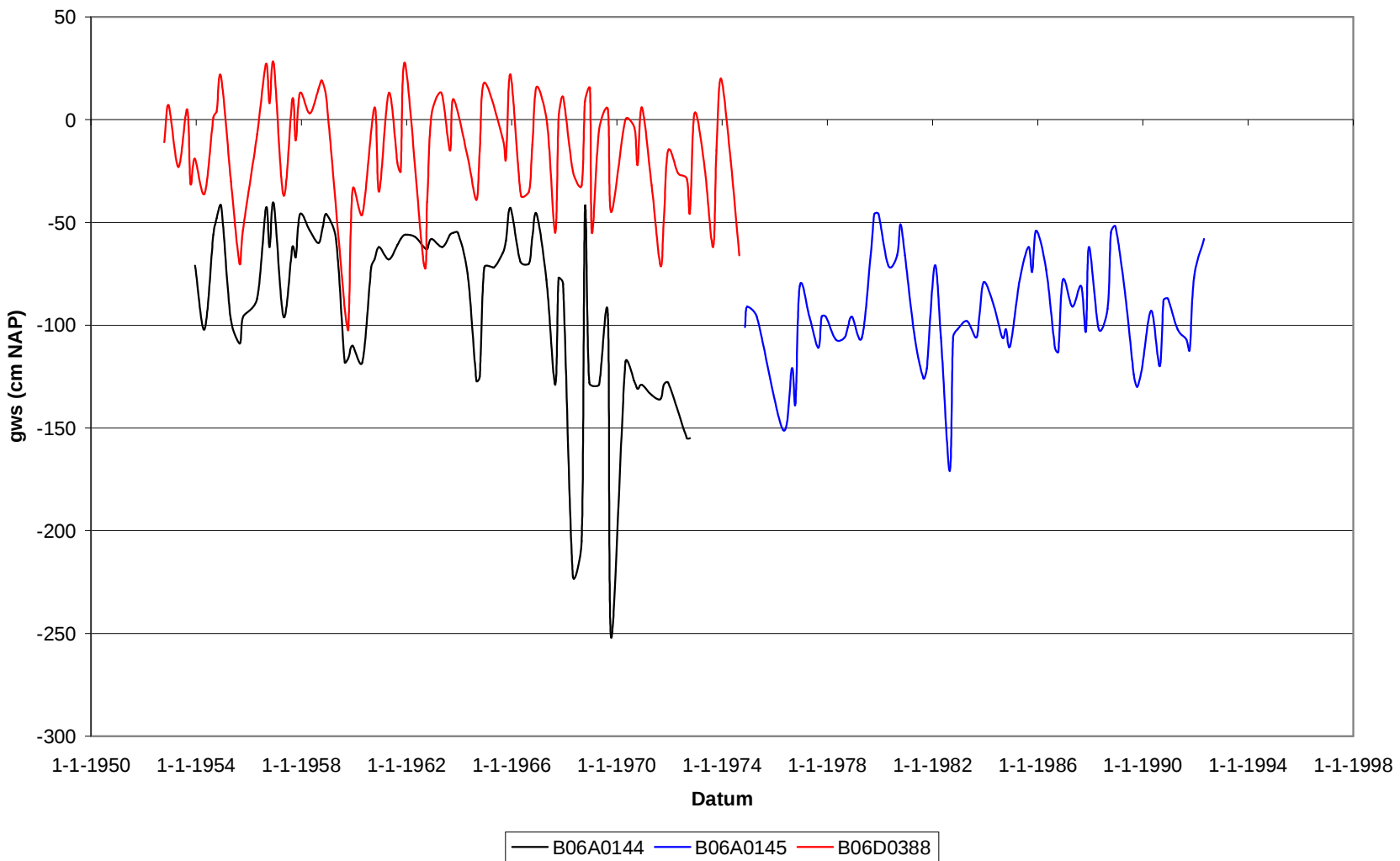
Figuur 1.1.1. Peilbuislocaties

Tabel 1.1.1. Metagegevens

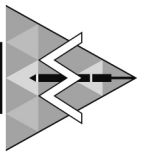
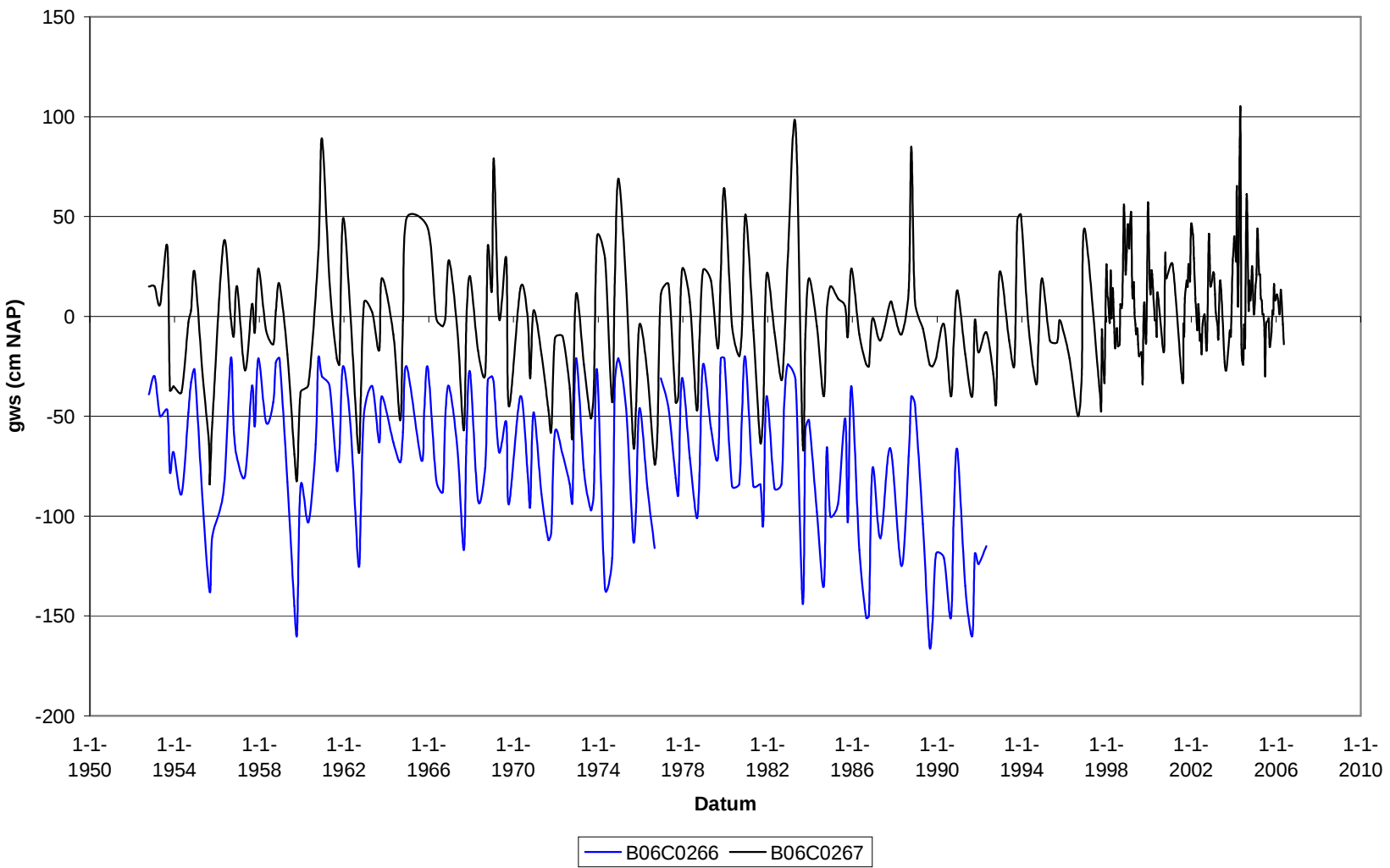
Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveld (cm NAP)	Bovenkant filter (cm t.o.v. NAP)	Onderkant filter (cm t.o.v. NAP)	representatieve laag
B06A0144	189030	587690	-32			freatisch
B06A0145	189050	587710	-41	-202	-252	freatisch
B06C0266	186770	586420	-15	-175	-225	freatisch
B06C0267	189350	586640	101	-54	-104	freatisch
B06D0388	190050	585910	35			freatisch
B06B0094	191445	587502	-12	-1298	-1398	WVP 1C
B06C0328	185340	586320	-93	-803	-903	WVP1C



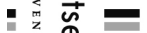
▲ VN-64145-1

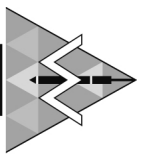
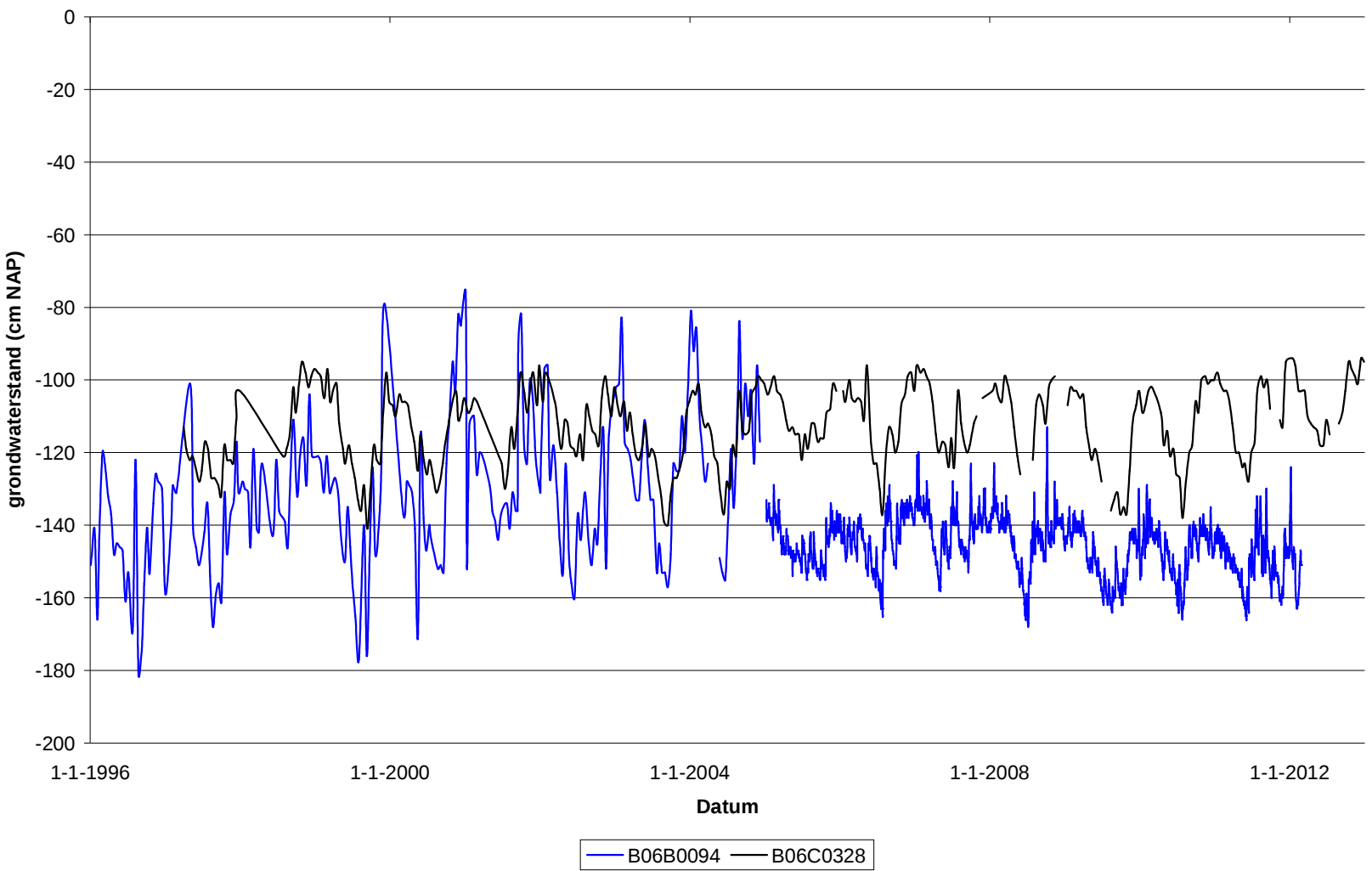


Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

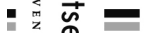


Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Bijlage 2




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Statistische analyse pieken stijghoogtegegevens

Onderbouwing

Hieronder is de statistische onderbouwing op basis van de Gumbelmethode weergegeven.

Hiermee zijn de piekstijghoogtes bepaald met een herhalingstijd van eens per 100 jaren op basis van de voorhanden meetreeksen.

1) De berekening van de cumulatieve kansen:

$$F(i) = \frac{i - 0,3}{N + 0,4}$$

waarin:

F(i): Onderschrijdingskans na rangschikking van de jaarmaxima

N: Aantal waarnemingen

2) Berekening van de herhalingstijden

$$T_h = \frac{1}{1 - F(i)}$$

waarin:

T_h: Herhalingstijd

3) Dubbele natuurlijke logaritme (gumbel)

$$X_i = \ln(\ln(F(i)))$$

Bovengenoemde X_i plotten tegen de jaarmaxima. Op basis van deze gegevens de gumbelvergelijking opstellen. Op basis van de herhalingstijd de maximale waarde voor de stijghoogte bepalen.



De bepaling van de maximale stijghoogte op basis van de gumbelanalyse wordt uitgevoerd voor de meetwaarden van PbB06B0328.

De jaarlijks gemeten maximale waarden bedragen:

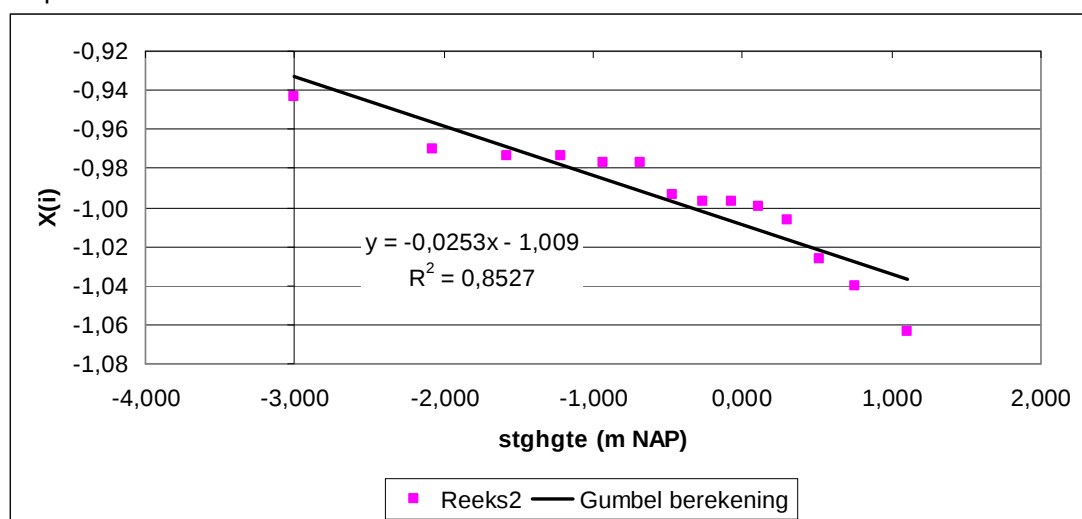
jaar	stijghoogte (m NAP)
1999	-98
2000	-104
2001	-97
2002	-100
2003	-106
2004	-100
2005	-101
2006	-98
2007	-97
2008	-99
2009	-103
2010	-100
2011	-97
2012	-94

Gumbel berekening

	gws max	stap 1	stap 2	stap 3
	m NAP	K(i)	Th(i)	X(i)
1	-1,06	0,05	1,05	1,107
2	-1,04	0,12	1,13	0,759
3	-1,03	0,19	1,23	0,515
4	-1,01	0,26	1,35	0,307
5	-1,00	0,33	1,48	0,113
6	-1,00	0,40	1,66	-0,076
7	-1,00	0,47	1,87	-0,268
8	-0,99	0,53	2,15	-0,468
9	-0,98	0,60	2,53	-0,685
10	-0,98	0,67	3,06	-0,929
11	-0,97	0,74	3,89	-1,214
12	-0,97	0,81	5,33	-1,572
13	-0,97	0,88	8,47	-2,074
14	-0,94	0,95	20,57	-2,999



Stap 4



Stap 5

richting	-0,0253		
snijpunt	-1,009		
beta	-39,5257		
mu	-39,881		
stijghoogte	X(i)	F(x)	herhalingstijd
-1,000	-0,356	0,496257	2
-0,950	-2,332	0,907465	11
-0,940	-2,727	0,936695	16
-0,930	-3,123	0,95691	23
-0,920	-3,518	0,970771	34
-0,910	-3,913	0,980219	51
-0,900	-4,308	0,986634	75
-0,890	-4,704	0,990978	111
-0,880	-5,099	0,993915	164
-0,870	-5,494	0,995897	244
-0,860	-5,889	0,997235	362
-0,850	-6,285	0,998137	537



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



De bepaling van de maximale stijghoogte op basis van de gumbelanalyse wordt uitgevoerd voor de meetwaarden van PbB06B0094.

De jaarlijks gemeten maximale waarden bedragen:

jaar	stijghoogte (m NAP)
1994	-103
1995	-107
1996	-122
1997	-116
1998	-110
1999	-107
2000	-87
2001	-83
2002	-102
2003	-95
2004	-84
2005	-134
2006	-135
2007	-130
2008	-136
2009	-138
2010	-139
2011	-139

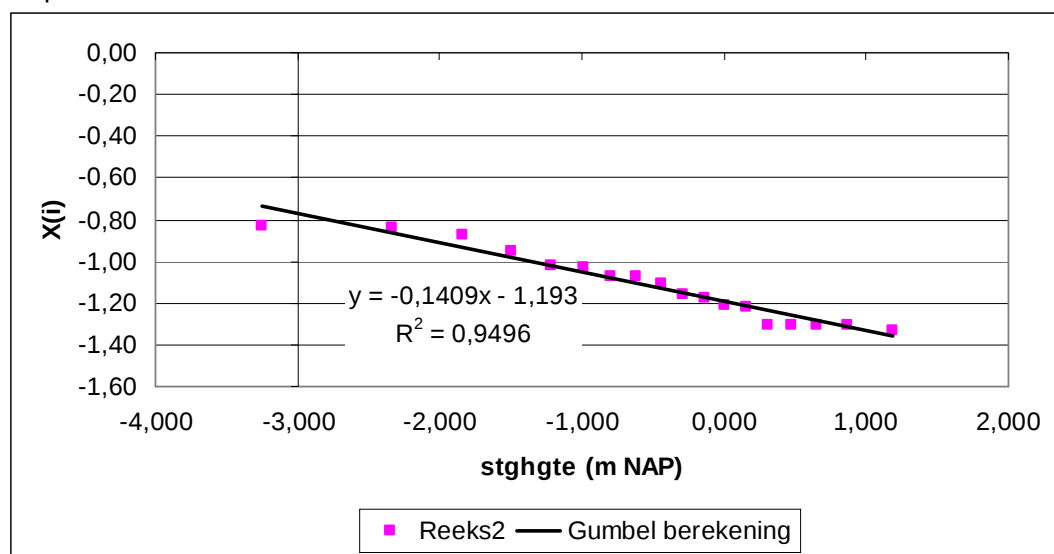
Gumbel berekening

	gws max	stap 1	stap 2	stap 3
	m NAP	K(i)	Th(i)	X(i)
1	-1,33	0,04	1,04	1,184
2	-1,31	0,09	1,10	0,868
3	-1,30	0,15	1,17	0,652
4	-1,30	0,20	1,25	0,473
5	-1,30	0,26	1,34	0,311
6	-1,22	0,31	1,45	0,159
7	-1,21	0,36	1,57	0,010
8	-1,17	0,42	1,72	-0,138
9	-1,16	0,47	1,90	-0,289
10	-1,10	0,53	2,11	-0,446
11	-1,07	0,58	2,39	-0,612
12	-1,07	0,64	2,75	-0,792
13	-1,03	0,69	3,23	-0,992



	gws max	stap 1	stap 2	stap 3
	m NAP	K(i)	Th(i)	X(i)
14	-1,02	0,74	3,91	-1,221
15	-0,95	0,80	4,97	-1,494
16	-0,87	0,85	6,81	-1,841
17	-0,84	0,91	10,82	-2,334
18	-0,83	0,96	26,29	-3,250

Stap 4



Stap 5

richting	-0,1409		
snijpunt	-1,193		
beta	-7,097		
mu	-8,467		
stijghoogte	X(i)	F(x)	herhalingstijd
-0,900	-2,079	0,882502	9
-0,800	-2,789	0,940382	17
-0,700	-3,499	0,970223	34
-0,600	-4,209	0,985244	68
-0,550	-4,564	0,989629	96
-0,540	-4,634	0,990336	103
-0,530	-4,705	0,990995	111
-0,520	-4,776	0,991609	119
-0,510	-4,847	0,992182	128
-0,500	-4,918	0,992716	137



Bijlage 3




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Chloride gehalte Aldtsjerker Feart

Ter indicatie van het te verwachte chloride gehalte in de Aldtsjerker Feart zijn door Wetterskip gemeten chloride gehalten aangegeven (zie tabel 1). De meetlocatie is weergegeven in onderstaande figuur.



Meetlocatie	OUDEKERKSTERVAART, Oudkerk
0017	Cl / chloride (mg/l)
8-1-2009	190,00
10-2-2009	210,00
9-3-2009	150,00
6-4-2009	150,00
6-5-2009	270,00
2-6-2009	230,00
30-6-2009	290,00
30-7-2009	210,00
25-8-2009	170,00
22-9-2009	290,00
20-10-2009	260,00
16-11-2009	240,00
15-12-2009	140,00



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

