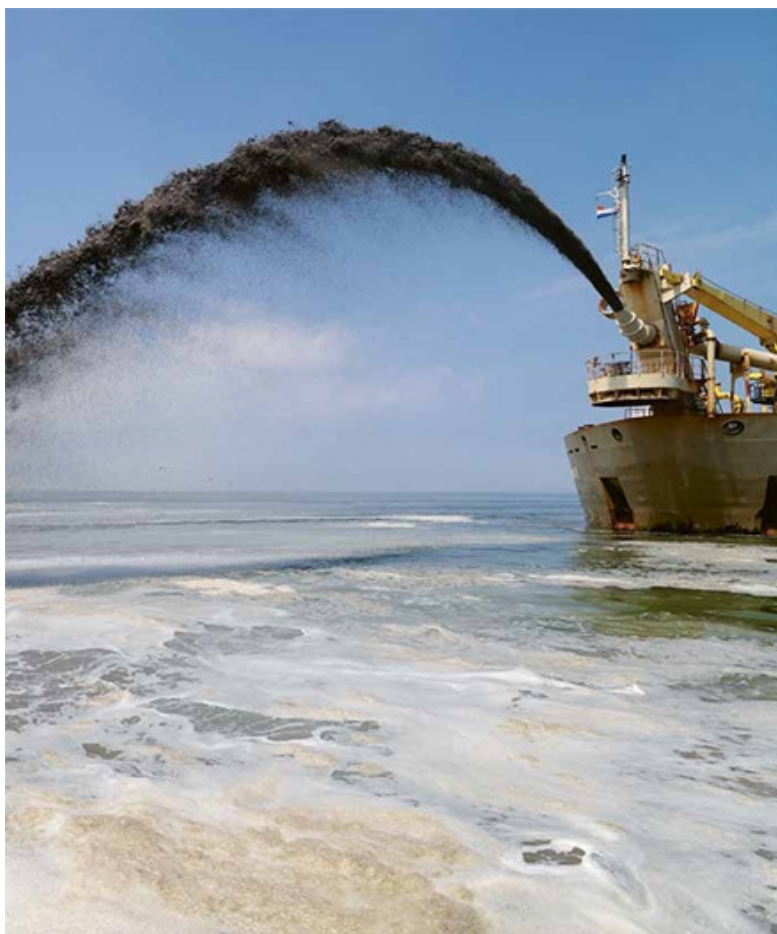


T1 rapportage

Hydrologische situatie Ameland 1 jaar na zandsuppletie werkzaamheden 2010/2011



Rapport

Analyse T1

Hydrologische situatie Ameland 1
jaar na zandsuppletie
werkzaamheden 2010/2011

Rapport

dossier : BA7539-100-100
registratienummer : LW-AF20122433/MSW
versie : definitief
classificatie : Klant vertrouwelijk

Rijkswaterstaat
Waterdienst
december 2012
definitief

INHOUD

BLAD

1	INLEIDING	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel gehele project	3
1.3	T1-rapportage: doel en gevolgde werkwijze	4
1.4	Leeswijzer	5
2	METINGEN PER MEETRAAI	7
2.1	Metingen per meetraai	7
2.2	Selectie metingen T1	7
3	VERKLARENDE VARIABELEN	9
3.1	Inleiding	9
3.2	Neerslag en verdamping	9
3.3	Suppleties	11
4	ANALYSE MEETPUNTEN	15
4.1	Methode	15
4.2	Resultaten methode 1: T1-trend	16
4.3	Resultaten methode 2: T1-kort versus T0	20
4.4	Methode 3: ruimtelijke interpolatie	29
4.5	Visuele controle op kortstondige effecten	30
4.6	Samenvatting van de modelresultaten T1	31
5	ANALYSE ANDERE GEGEVENSBRONNEN	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Studie Acacia Water	33
5.3	SkyTEM	33
5.4	Zandsuppleties elders	34
6	INVLOED OP VEGETATIE	35
6.1	Inleiding	35
6.2	Analyse gegevens Ameland	36
6.3	Literatuurstudie vergelijkbare situaties	42
6.4	Conclusie	43
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	45
7.1	Conclusies	45
7.2	Aanbevelingen	47
8	LITERATUURLIJST	49
9	COLOFON	50

BIJLAGEN

Bijlage 1 Meetreeksen peilbuizen (2010-2012)

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Rijkswaterstaat voert jaarlijks zandsuppleties uit om de structurele erosie van de Nederlandse kust tegen te gaan. Hier ligt de keuze aan ten grondslag om de huidige basiskustlijn (BKL) in stand te houden. In 2010 en 2011 is daarom in totaal 9 miljoen kubieke meter zand op Ameland gesuppleerd. Door de zandsuppleties is er sprake van een (tijdelijke) uitbouw van kuststrook. Afhankelijk van de mate van (tijdelijke) kustuitbouw zal het gebied waar (zoet) regenwater in de grond kan dringen groter worden en de waterscheiding zich (tijdelijk) kustwaarts verplaatsen. Hierdoor ontstaat in theorie een grotere zoetwaterbel en een verhoging van de grondwaterstand. Naast deze mogelijke langere termijn effecten is er op korte termijn als gevolg van de zandsuppletiewerkzaamheden een verhoging van de grondwaterstand mogelijk door de hogere waterdrukken op het strand bij het opspuiten van zand.

Voor het uitvoeren van deze werkzaamheden heeft Rijkswaterstaat een Natuurbeschermingswet (NB-wet) vergunning gekregen. In deze vergunning is als voorwaarde opgenomen dat de grondwaterstanden in de vochtige duinvalleien gemonitord moeten worden.

Het doel van de monitoring is het vaststellen of en hoe de grondwaterstanden door de uitvoering van de zandsuppleties op Ameland in 2010 en 2011 zijn beïnvloed, en in hoeverre de veranderingen in de grondwaterstanden (kunnen) doorwerken in (de ontwikkeling van) kwetsbare vochtige duinvalleien. Zowel de effecten op korte termijn als op lange termijn dienen inzichtelijk gemaakt te worden.

De effecten beschrijven we als het verschil tussen twee situaties, te weten:

- T0, dit is de situatie voor de suppleties van 2010 en 2011; en
- T1, wat de situatie met de invloed van deze suppleties is.

Het verschil van de T1-situatie ten opzichte van de T0-situatie bevat het effect van de zandsuppleties. De T0-situatie is separaat gerapporteerd. Deze rapportage beschrijft de T1-situatie en de vergelijking hiervan met de T0.

1.2 Doel gehele project

Dit project bestaat het uitwerken en analyseren van de metingen opdat inzichtelijk gemaakt kan worden of er inderdaad effecten ten gevolge van de zandsuppletie optreden op het grondwatersysteem en daarmee op de vochtige duinvalleien. Daarnaast is Rijkswaterstaat geïnteresseerd in het effect van zandsuppleties op de omgeving voor toekomstige projecten. In het kader van dit project is daarom een redelijk uitgebreid monitoringsnetwerk gedefinieerd.

Het project dient in eerste instantie antwoord te geven op de vraag:

- Wat is het effect van de zandsuppletie op het grondwatersysteem en de vochtige duinvalleien op Ameland op de korte en lange termijn?

Daarnaast hoopt Rijkswaterstaat met dit onderzoek een beter antwoord te kunnen geven op de vraag:

- Welk algemeen effect treedt er op het grondwatersysteem als gevolg van deze zandsuppleties en waar moet aan gedacht worden bij (uitvoering en vergunning voor) toekomstige zandsuppleties?

Rijkswaterstaat heeft Vitens gevraagd om op basis van hun hydrologische expertise op de Waddeneilanden een meetnet advies op te stellen. In 2011 is op basis daarvan een nieuw meetnet ingericht door Rijkswaterstaat.

Naast de analyse van grondwaterstanden zijn resultaten van andere onderzoeken meegenomen om de uitkomsten van deze studie te toetsen en/of te interpreteren. Voorbeelden hiervan zijn de Sky-Tem metingen, CVS metingen, vegetatiekarteringen, geochemische en hydrochemische analyses. Daarnaast zijn de Jarkusraaien betrokken bij dit onderzoek om het effect van de zandsuppletie op de diepte en hoogteligging van de kust te bepalen. De meetreeksen tot nu toe worden toegelicht in de rapportage eerste analyse brondata (DHV, 2012).

De resultaten van het monitoringsonderzoek moeten uiteindelijk gerapporteerd worden aan het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (sinds november 2012 Economische Zaken) en indien mogelijk benut worden in NB-wet vergunningaanvragen voor toekomstige suppleties alsmede in N2000 beheerplanprocessen voor duingebieden.

1.3 T1-rapportage: doel en gevolgde werkwijze

Doel van deze T1-rapportage is om aan te geven of er één jaar na de laatste zandsuppletie significante veranderingen op de grondwaterstand zijn aan te tonen ten opzichte van de periode voor de zandsuppletie. Naast de T1-situatie (de situatie met de invloeden van de zandsuppleties) is ook de T0-situatie bepaald, de hydrologische situatie voor de recente zandsuppletiewerkzaamheden. De T0-situatie is in een separate rapportage beschreven die tegelijk met dit T1 rapport wordt opgeleverd. Voor alle peilbuizen op Ameland zijn de grondwaterstandsgegevens vanaf 2000 tot en met augustus 2012 opgevraagd. Vervolgens is de volgende werkwijze gehanteerd om de T1-situatie en de effecten van de zandsuppleties te kunnen bepalen:

- Stap 1: Brongegevens grondwater verzamelen, controleren, ontsluiten;
- Stap 2: Tijdreeksanalyse met geselecteerde buizen.

Ad Stap 1: Brongegevens grondwater: verzamelen, controleren, ontsluiten

Voor deze studie is de periode van 2000 tot september 2012 beschouwd. In 2012 zijn alle grondwatergegevens vanaf 2000 tot september 2012 verzameld en geordend in een FEWS-database. Deze gegevens zijn gecontroleerd op foutieve waarden en sprongen in de tijdreeksen. Waar mogelijk zijn de gegevens aan de hand van meetreeksen in andere filters op dezelfde locatie geverifieerd. Foutieve waarden zijn handmatig verwijderd. Deze opgeschoonde database is via het internet ontsloten via de website rhdhv.lizard.net. Op deze manier is het voor alle instanties mogelijk om de brongegevens in te zien en te controleren op volledigheid en betrouwbaarheid. Na een controle periode, waarin instanties de tijd is gegeven om eventuele fouten in de database door te geven, is de database definitief gemaakt en opnieuw ontsloten via het internet. Voor de volledigheid zijn de tijdreeksen ook al bijlage opgenomen in dit rapport (bijlage 1).

Ad Stap 2: Tijdreeksanalyse met geselecteerde buizen

Met behulp van tijdreeksanalyse wordt het grondwatersysteem voor de T1-situatie gekarakteriseerd ten opzichte van de T0-situatie, waarmee de effecten van de zandsuppleties worden gekwantificeerd. Hierbij zijn drie methoden gebruikt, te weten;

- Methode 1: trendanalyse

Periode 2000 tot september 2012 is gebruikt waarbij voor de momenten van zandsuppletie een stap-trend is ingevoerd in de tijdreeksmodellen. Deze analyse beschouwt rechtstreeks de overgang

van de T0- naar de T1-situatie in de metingen. De invloed van de zandsuppleties wordt geschematiseerd als een geleidelijke verhoging van de grondwaterstand over de suppletieperiode. De grootte van deze lineaire trend wordt bepaald bij het maken van het tijdreeksmodel.

- **Methode 2: verschil responsfunctie**

Periode mei 2011 tot september 2012 is gebruikt waarbij gebruik is gemaakt van de responsfunctie van neerslag en verdamping zoals deze uit de T0-analyse is gekomen. Hierbij wordt een apart tijdreeksmodel gemaakt van de T1-periode en de T0-periode. Het effect van de zandsuppleties wordt nu afgeleid van het verschil tussen deze twee tijdreeksmodellen.

- **Methode 3: stambuisbenadering**

Door de resultaten van de tijdreeksmodellen voor de T0-situatie ruimtelijk te interpoleren kan een schatting gemaakt worden van het tijdreeksmodel voor de T0-situatie in een willekeurig punt. Zo kan ook voor peilbuizen waar pas na aanvang van de zandsuppleties gestart is met meten een inschatting worden gemaakt van de T0-situatie. Het effect van de zandsuppleties wordt net als bij methode 2 afgeleid van de verschillen tussen T0- en T1-tijdreeksmodel.

In het rapport wordt een uitgebreidere beschrijving van deze drie methoden voor tijdreeksanalyse gegeven. Naast tijdreeksanalyse is er een beknopte analyse van andere gegevens en studies uitgevoerd om de uitkomsten te kunnen toetsen/interpreteren. Deze resultaten van deze studie zijn gebruikt om een uitspraak te kunnen doen over het hydrologische alsmede het daaraan gekoppelde ecologische effect als gevolg van de zandsuppletie.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de gebruikte grondwaterstandsmetingen kort beschreven. Hoofdstuk 3 behandelt de verklarende variabelen die onderzocht zijn voor de tijdreeksanalyse van T1. Hoofdstuk 4 beschrijft de drie verschillende tijdreeksanalyse methoden die gebruikt zijn alsmede de resultaten ervan. Resultaten van andere studies die betrekking hebben op deze studie staan kort beschreven in hoofdstuk 5. De invloed van de zandsuppletie op duinvegetatie wordt afzonderlijk besproken in hoofdstuk 6. Tot slot worden in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen gegeven, waarbij hydrologie en ecologie zijn gesplitst.

2 METINGEN PER MEETRAAI

2.1 Metingen per meetraai

In de T0 rapportage zijn in hoofdstuk 2 de grondwatermeetpunten op Ameland uitgebreid beschreven. Hierbij is per meetraai (Afbeelding 1) aangegeven welke peilbuizen aanwezig zijn en hoe vaak er gedurende welke periode gemeten is.

Gedurende het onderzoek is gebleken dat het verzamelen en opschonen van alle grondwaterstandsgegevens op Ameland geen sinecure is. Bovendien zijn er de afgelopen jaren bij een groot aantal peilbuizen automatische druksensoren geplaatst. Dit kan tot gevolg hebben dat de mate van ruis van een meetreeks beïnvloed wordt. Daarnaast bleek er bij zes peilbuizen een dusdanige verschuiving in de meetreeks op te treden dat er besloten is om dit deel te verwijderen. In het T0-rapport is een lijst opgenomen met peilbuizen waarbij dit heeft plaatsgevonden.

De opgeschoonde meetreeksen zijn te vinden op internet (rhdhv.lizard.net) en zijn tevens als bijlage opgenomen in dit rapport (bijlage 1). Voor een nadere beschrijving van de metingen per meetraai wordt verwezen naar de T0-rapportage.



Afbeelding 1 Meetraaien meetnet Vitens

2.2 Selectie metingen T1

De T1 rapportage is gericht op het hydrologisch (en bijbehorend ecologisch) effect een jaar na de zandsuppletiewerkzaamheden van 2010-2011. Om dit effect met tijdreeksanalyse te kunnen aantonen is gebruik gemaakt van verschillende methoden. Dit is met name gedaan om het feit dat er niet bij alle peilbuizen voldoende lange meetreeksen aanwezig waren. In totaal zijn er drie methoden gebruikt die beschreven staan in hoofdstuk 4.1. In Afbeelding 2 staan de peilbuizen weergegeven die gebruikt zijn in de T0 tijdreeksanalyse. Afbeelding 3 geeft een overzicht welke peilbuizen gebruikt zijn voor welke van de drie methoden in de T1 analyse.

Afbeelding 3 geeft ook de ligging van de zandsuppletiewerkzaamheden weer. Meetraai 1 bij Hollum wordt in deze studie gerelateerd aan de strandsuppleties van november 2010 tot oktober 2011. Meetraaien 2 en 3 worden gerelateerd aan de strandsuppleties van september 2010 tot februari 2011 en de

vooroeversuppleties van mei tot november 2010. Meetraai 4 ten slotte wordt gerelateerd aan de strandsuppleties van juli tot oktober 2011 en de vooroeversuppleties van januari tot september 2011.



Afbeelding 2 Gebruikte meetpunten in de T0 tijdreeksanalyse



Afbeelding 3 Gebruikte meetpunten in de T1 tijdreeksanalyse (lijnen geven de suppletielocaties aan, geel = strandsuppletie, blauw = vooroeversuppletie)

3 VERKLARENDE VARIABELEN

3.1 Inleiding

Tijdreeksanalyse ontleedt de gemeten grondwaterstand in de invloeden van verklarende reeksen. In de T0 rapportage is een bondige theoretische onderbouwing gegeven van tijdreeksanalyse methodiek. In de T0 is ook stilgestaan bij de verklarende variabelen die zijn onderzocht voor de T0 situatie. Dit zijn de neerslag, de verdamping, oppervlaktewaterpeilen, grondwaterwinningen en getij. Hieruit is gebleken dat het mede gezien de temporele resolutie van de grondwaterstandreeksen alleen neerslag en verdamping een significante toegevoegde waarde hebben om als verklarende variabele in de tijdreeksanalyse mee te nemen.

In de volgende paragrafen wordt dan ook alleen ingegaan op neerslag en verdamping. Hierbij zijn de waarden van deze variabelen bekeken gedurende de periode 2000-2012. Dit is gedaan om na te gaan of er een structurele verhoging of verlaging was gedurende de T1 periode. Daarnaast wordt ingegaan op de zandsuppletiewerkzaamheden.

3.2 Neerslag en verdamping

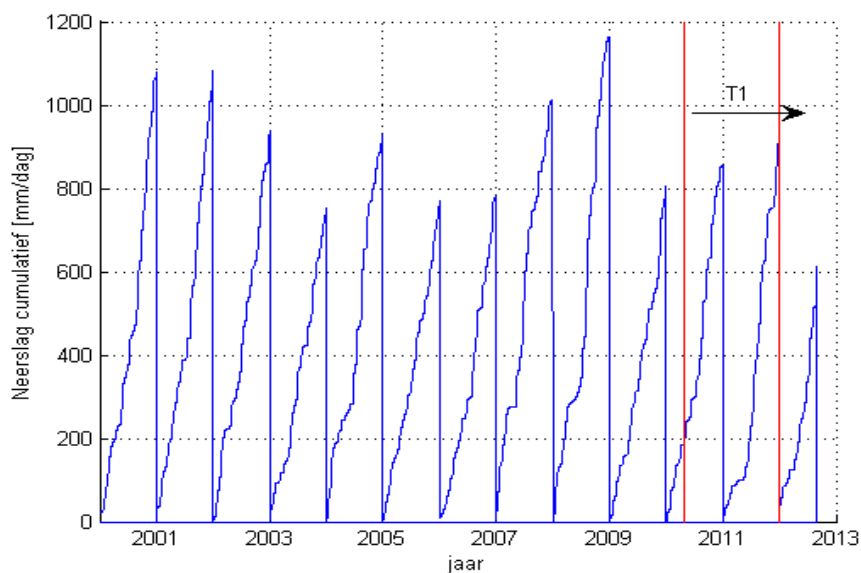
In de T0 rapportage staat beschreven dat het neerslagstation Nes op Ameland is gebruikt als invoer van de neerslag. De verdampingsgegevens (Makkink referentieverdamping) zijn afkomstig van het station Hoorn op Terschelling. Voor de tijdreeksanalyse zijn de neerslag en verdampingsreeksen opgedeeld in een deel voor en een deel na de zandsuppleties van 2010 en 2011.

Afbeelding 4 toont de cumulatieve jaarlijkse neerslagsom die gebaseerd is op dagwaarden. Hierin is aangegeven op welke momenten er zandsuppletiewerkzaamheden hebben plaatsgevonden en waar de knip is gelegd tussen T0 en T1. Tabel 1 geeft de jaarsommen alsmede de winterhalfjaar en zomerhalfjaar sommen over de periode 2000-2011 zoals gemeten bij Station Nes. Uit de gegevens blijkt dat er in de jaren 2010, 2011 minder neerslag is gevallen dan in 2007 en 2008. Over de hele reeks beschouwd zijn het echter normale jaarwaarden. Voor de tijdreeksanalyse is zowel voor T0 als T1 gebruik gemaakt van de gehele meetperiode.

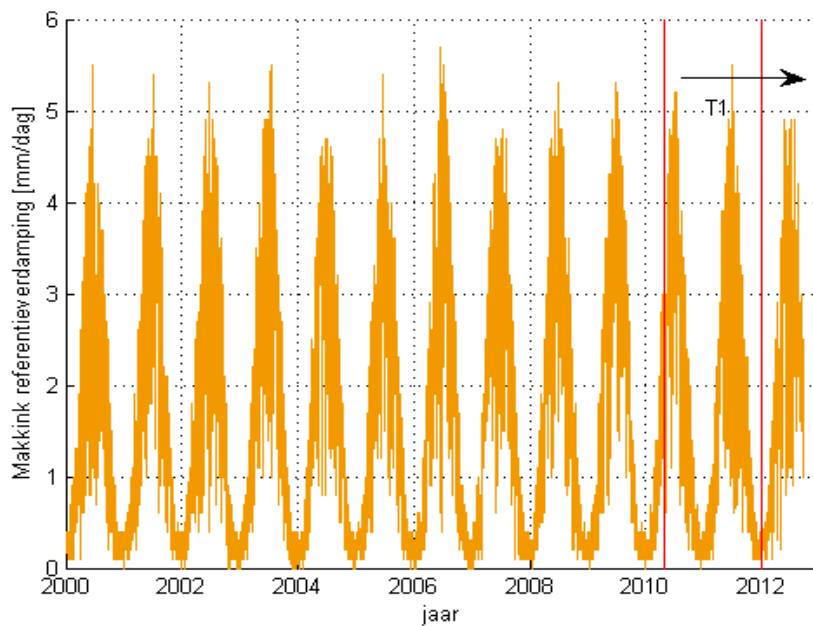
Tabel 1 Neerslagsommen Nes, Ameland

<i>Neerslagsom [mm]</i>			
Jaar	Winterhalfjaar	Zomerhalfjaar	Totaal
2000	569	509	1078
2001	534	549	1083
2002	535	404	938
2003	367	385	753
2004	400	528	929
2005	404	366	769
2006	404	378	782
2007	469	544	1013
2008	611	552	1163
2009	453	354	806
2010	383	473	855
2011	377	539	916

Afbeelding 5 toont het dagelijkse verloop van de referentieverdamping zoals deze is bepaald bij station Hoorn op Terschelling gedurende de periode 2000-2012. Ook hier zijn de momenten van de zandsuppletie weergegeven en is aangegeven waar de knip is gelegd tussen T0 en T1. Ook hier geldt dat voor de tijdreeksanalyse zowel voor T0 als T1 gebruik is gemaakt van de gehele meetperiode.



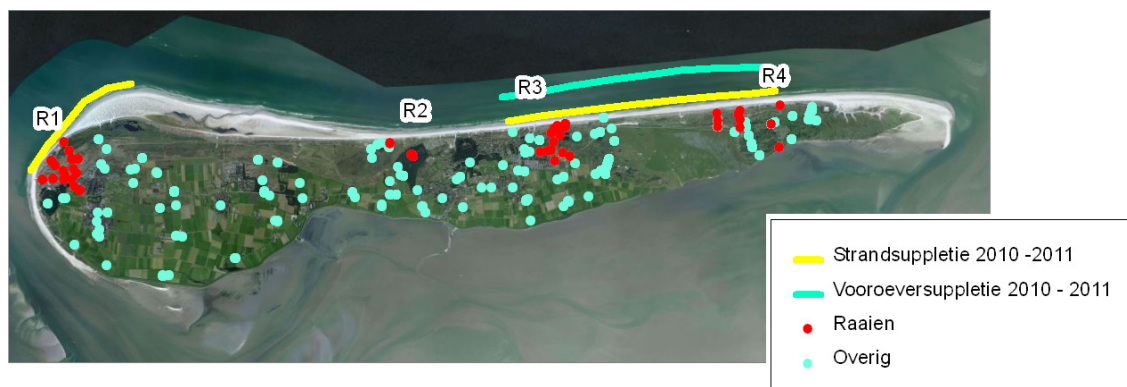
Afbeelding 4 gemeten dagelijkse neerslagsom bij Nes, Ameland. Rode lijnen geven de periode van de suppletiewerkzaamheden weer.



Afbeelding 5 Makkink referentie verdamping zoals bepaald bij automatisch weerstation Hoorn, Terschelling. Rode lijnen geven de periode van de laatste suppletiewerkzaamheden weer.

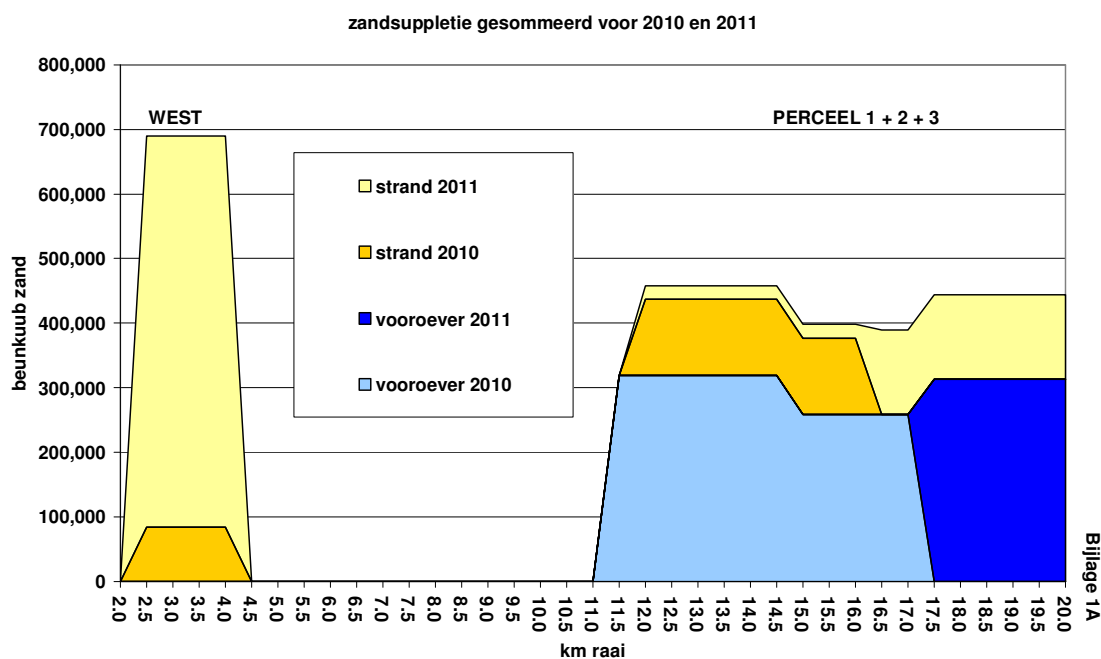
3.3 Suppleties

Sinds 2000 zijn er op Ameland een aantal suppletiewerkzaamheden uitgevoerd. Deze studie focussed zich enkel op de meest recente zandsuppletiewerkzaamheden van 2010 en 2011. Het effect van eerdere suppletiewerkzaamheden is dus niet meegenomen. De locatie van deze laatste suppleties is weergegeven in Afbeelding 6.



Afbeelding 6 Suppletielokaties 2010 - 2011

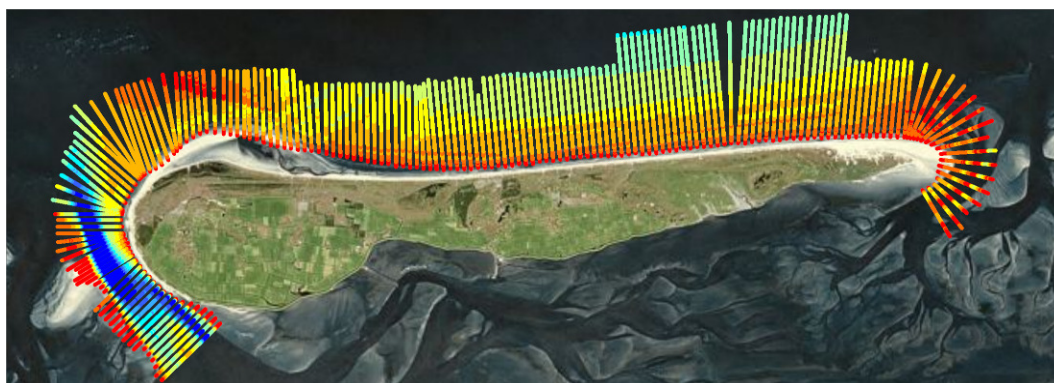
De detailgegevens die zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat bevatten het aantal kubieke meter zand per perceel op Ameland midden en west, voor verschillende data tijdens de suppletieperiode. Zoals te zien in Afbeelding 7 zijn de grootste strandsuppleties op Ameland west uitgevoerd. Op Ameland midden, bij kilometerraaien 11 (bij de Zwanewaterduinen) tot ten oosten van Buren zijn zowel strandsuppleties als vooroeverssuppleties uitgevoerd.



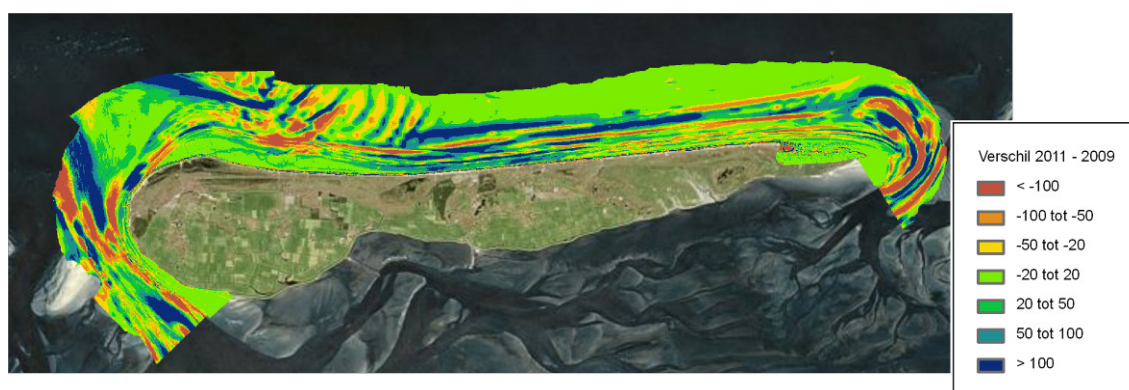
Afbeelding 7 Suppletiehoeveelheden voor 2010 en 2011.

Rijkswaterstaat bepaalt de ligging en verandering van de kust op basis van Jarkus-raaien (Jaarlijkse Kustmeting). Dit zijn meetraaien loodrecht op de strandpalenlijn waarlangs de diepte en hoogteligging wordt bepaald. Afbeelding 8 geeft de ligging van de Jarkusraaien op Ameland. Jaarlijks wordt tot de eerste duintop gemeten, eens in de vijf jaar wordt de rest van het duin in de raai meegenomen. Ten opzichte van de basiskustlijn wordt een verandering bepaald. Waar erosie plaatsvindt worden suppletiewerkzaamheden gepland en ontworpen. Afbeelding 9 geeft het hoogteverschil weer tussen 2011 - 2009 op basis van geïnterpoleerde Jarkusgrids. Negatieve waarden geven aan dat er erosie plaatsvindt, positieve waarden dat er accumulatie plaatsvindt. Op internet zijn de Jarkusraaien 3-dimensionaal te zien onder test.kustviewer.lizard.net. Om een indruk te geven zijn in Afbeelding 10 en Afbeelding 11 screenshots van hetgeen daar te vinden is gegeven. De gebruiker kan zelf aangeven voor welke periode het Jarkusprofiel getoond moet worden.

De Jarkusraaigegevens zijn niet als directe invoer voor de tijdreeksanalyse gebruikt, wel om de resultaten te kunnen duiden. De reden dat de Jarkusraaien niet als directe invoer in de tijdreeksmodellen is gebruikt is het feit dat ze een te lage meetfrequentie hebben om in een tijdreeksmodel naast neerslag en verdamping enige verklarende waarde te hebben.



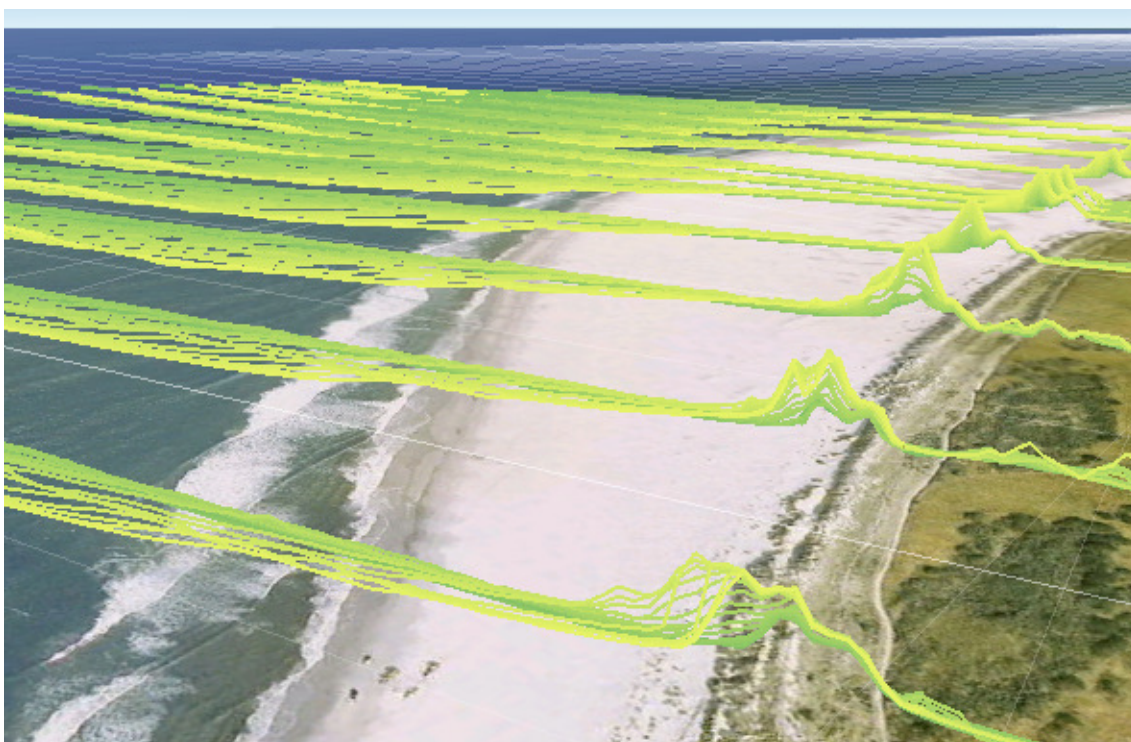
Afbeelding 8 Ligging en hoogtemeting Jarkusraaien 2011.



Afbeelding 9 Hoogteverschil (2011 minus 2009) op basis van geïnterpoleerde Jarkusgrids (verschil in cm). Negatieve waarden geven aan dat er erosie plaatsvindt, positieve waarden dat er accumulatie plaatsvindt.



Afbeelding 10 Jarkusprofielen ter hoogte van meetraai 3 (meetnet Vitens) voor 2011



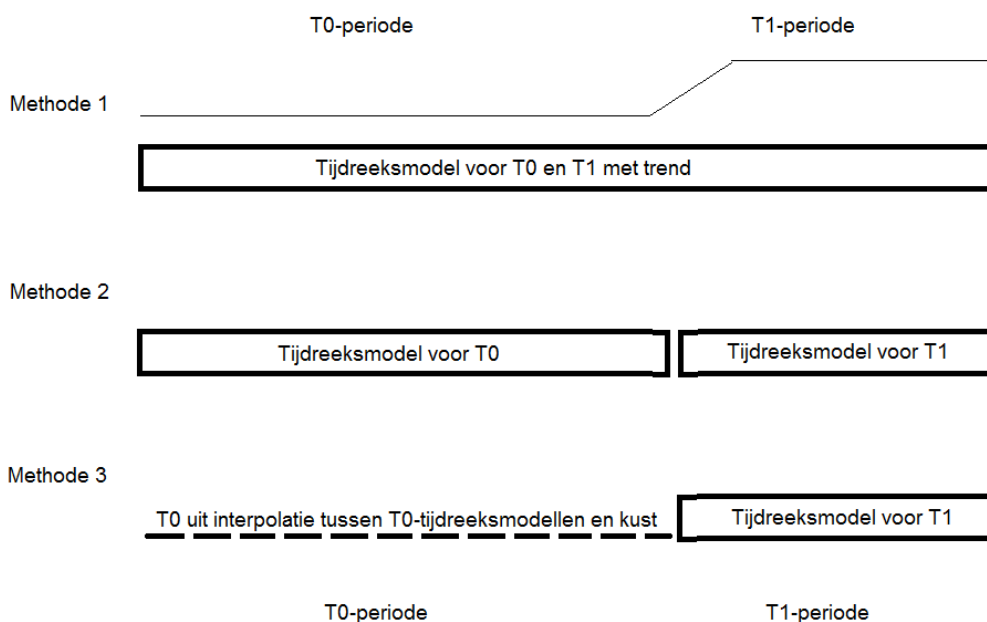
Afbeelding 11 Jarkusprofielen voor 1990 t/m 2011 van meetraai 1 noordwaarts (kleurverloop in de tijd van groen naar geel)

4 ANALYSE MEETPUNTEN

4.1 Methode

Zandsuppleties veroorzaken een al dan niet tijdelijke verhoging van het kustprofiel. In het vooronderzoek door Acacia Water is een voorspelling gedaan van de maximale te verwachten effecten. Naar verwachting gaat door verhoging van het kustprofiel ook de grondwaterstand in de buurt van de kust omhoog. In het geval van de Zandmotor waarbij een groot stuk extra land is aangelegd zorgen suppleties ook voor een verschuiving van de waterscheiding zeewaarts (DHV en Artesia, 2010). Naast deze lange termijn effecten kunnen suppleties ook zorgen voor een kortstondige verhoging van de grondwaterstand (zout water). In geval van natte opspuiting is het grondwaterstandsniveau ter plaatse nagenoeg gelijk aan de maaiveldhoogte, het zand is immers nagenoeg compleet verzadigd met zout water. Dit heeft mogelijk ook gevolgen voor het achterland. Ervaringen in Ter Heide en Scheveningen waarbij grondwateroverlast als gevolg van zandsuppletie ontstond hebben ertoe geleid dat suppleties anders worden uitgevoerd. Niet meer nat opspuiten maar zand met behulp van shovels droog opbrengen. In hoofdstuk 5 wordt hier verder op ingegaan.

Voor de T1-situatie zijn tijdreeksmodellen opgezet volgens de PIRFICT-methode, zoals geïmplementeerd in Menyanthes versie 2.x.c.h (23 januari 2012). In de T0-rapportage staat een uitgebreidere beschrijving van de modelparameters. Hieronder volgt een korte uitleg van de 3 methoden die gebruikt zijn in de T1-analyse. De methoden zijn grafisch weergegeven in Afbeelding 12. De resultaten per methode worden toegelicht in afzonderlijke paragrafen.



Afbeelding 12. Grafische weergave van de drie tijdreeksmethoden zoals gebruikt voor T1 analyse.

Methode 1: Trendanalyse – toegepast voor lange meetreeksen

Per peilbuisfilter wordt een tijdreeksmodel opgezet met de neerslag en verdamping van de periode van 2000 tot september 2012. Deze periode bevat de suppletiewerkzaamheden. Voor deze suppletieperiode (van 1 mei 2010 tot 31 december 2011) wordt een lineaire trend geschat, die oploopt van nul tot de

maximale waarde en daarna constant blijft. In Menyanthes wordt zowel de trendrichting als de grootte geschat. De parameters van de trend geven de mate van significantie van de verandering weer. Door deze parameters in kaart weer te geven wordt gekeken naar een ruimtelijk en eenduidig patroon in de geschatte trend dat zal duiden op een effect van de zandsuppleties.

Methode 2: Vergelijken van responsfuncties – toegepast voor lange meetreeksen

Voor de periode tijdens en na de zandsuppleties worden nieuwe tijdreeksmodellen opgezet. Hiervoor worden alleen gegevens gebruikt (grondwaterstanden, neerslag en verdamping) van de periode van 1 mei 2010 tot 31 september 2012. Deze modellen benaderen het grondwatersysteem zoals beïnvloed door de zandsuppletie (T1-situatie). De referentie is het tijdreeksmodel voor de T0-situatie dat de meetperiode voor 1 mei 2010 beslaat (zie T0-rapportage). In de vergelijking wordt gekeken naar het verschil in modelbasis, gain van de neerslag en het structureel niveau tussen de modellen uit de T0- en T1-analyse.

De T1-modellen modellen zijn gekalibreerd op aanzienlijk kortere reeksen dan de modellen van de referentiesituatie. Omdat dit theoretisch zorgt voor een lagere betrouwbaarheid van de parameterwaarden, is gekeken hoe de vergelijking met de referentiesituatie zich verhoudt tot de willekeurige fout veroorzaakt door de beperking van de reekslengte.

Methode 3: stambuisbenadering – toegepast voor nieuwe peilbuizen

Voor de T0-situatie zijn de tijdreeksmodellen in de beschikbare punten geïnterpoleerd tot een vlakdekkend beeld, zoals beschreven is in de T0-rapportage. Op deze wijze kan de T0-situatie geschat worden voor de meetpunten waar alleen T1-metingen beschikbaar zijn. Vervolgens kan ook in deze meetpunten een verandering van het structurele niveau bepaald worden, de grootte waarin een eventueel effect van de zandsuppleties als eerste zichtbaar zou zijn.

4.2 Resultaten methode 1: T1-trend

Voor de T1-trendanalyse zijn minder peilbuizen geanalyseerd dan voor de T0. Reden hiervoor is dat veel meetreeksen niet voldoende meetgegevens bevatten van na de zandsuppleties. Voor de trendanalyse zijn in totaal 64 tijdreeksmodellen opgezet. Uit deze modellen hebben we degene geselecteerd die voldoen aan de volgende voorwaarden: 1) De waarde van de gain (M0) van de neerslag moet groter zijn dan twee keer de standaardafwijking van deze parameter. 2) De verklaarde variantie (EVP) moet minimaal 70% zijn. Omdat de verdampingsreductiefactor is vastgezet op 0,75 (zie beschrijving methode in rapportage T0), hoeft deze niet gevalideerd te worden. Na selectie blijven er 43 betrouwbare modellen over. In Tabel 2 is bovenstaande samengevat. Daarbij is een onderverdeling gemaakt op basis van het filterniveau (bovenkant filter) ten opzichte van NAP van de meetlocatie. Hiermee kan worden aangetoond of de resultaten voor ondiepe filters (meetpunt boven NAP) wezenlijk verschillen van de resultaten voor diepe filters (meetpunt onder NAP).

Tabel 2 Tijdreeksmodellen T1-trend

<i>Aantal modellen [-]</i>	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle</i>
Alle modellen	22	42	64
Test 1: M0 significant	20	36	56
Test 2: EVP > 70	15	28	43

In Tabel 3 is de geschatte grootte van de trend gegeven. Zoals beschreven in de methode is dit een verschuiving van de modelbasis voor een gegeven start- en einddatum, waarvan op basis van de

meetgegevens de grootte wordt geschat. Hier wordt de periode van zandsuppletie, mei 2010 tot en met december 2011 als periode aangegeven.

Voor alle betrouwbare tijdreeksmodellen (43) wordt er gemiddeld een verhoging van de modelbasis geschat van 15 cm. Dit is een plausibel effect van de zandsuppleties, in overeenstemming met het vooronderzoek van Acacia water (zie paragraaf 5.2). De standaardafwijking op deze gemiddelde verhoging is 13 cm. Tussen de resultaten voor diepe en ondiepe filters is geen verschil.

Tabel 3 Trendschatting T1 (standaardafwijking tussen haakjes)

<i>Trend [m]</i>	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle</i>
Alle modellen	0.14 (0.25)	0.17 (0.19)	0.16 (0.21)
Test 1: M0 significant	0.08 (0.14)	0.14 (0.12)	0.12 (0.13)
Test 2: EVP > 70	0.12 (0.14)	0.16 (0.12)	0.15 (0.13)



Afbeelding 13 Trend grondwaterstand voor suppletieperiode (alleen betrouwbare tijdreeksmodellen)

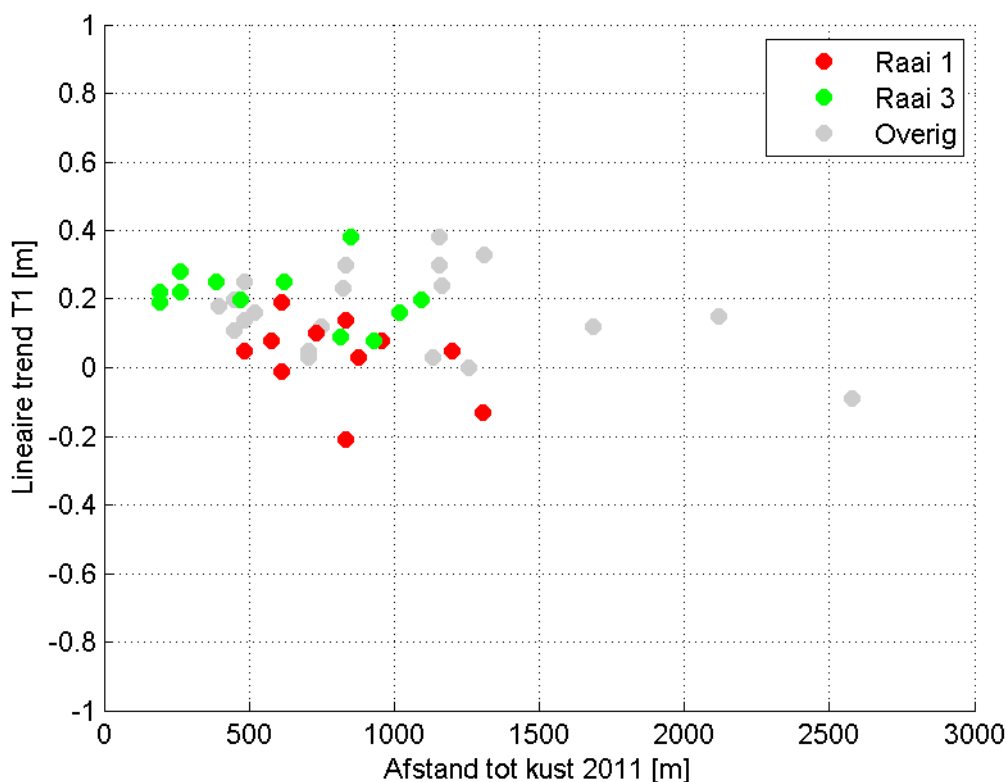
In Afbeelding 13 is de ruimtelijke verdeling van de trendschatting weergegeven. In raai 1 ter hoogte van Holum wordt een verlaging van de modelbasis berekend tot 20 centimeter. Voor raai 2 en 4 zijn niet genoeg gegevens beschikbaar. Voor raai 3 wordt een verhoging van 10 tot 50 centimeter berekend.

De dalende trends bij raai 1 kunnen fysisch onmogelijk door de zandsuppleties veroorzaakt zijn. Kennelijk wordt de trendschatting van de tijdreeksanalyse verstoord door andere invloeden dan de zandsuppletie. Dit kan veroorzaakt worden door toevallige afwijkingen in de gebruikte invoerreeksen of door verwaarloosde invloeden. Een voorbeeld van afwijkingen in invoerreeksen is ruimtelijke variatie van de neerslag, waardoor de neerslag rond de grondwatermeetpunten afwijkt van de waarden bij het KNMI-meetstation. Het feit dat bij raai 1 duidelijk trends zijn vastgesteld voor de suppletieperiode die niet veroorzaakt kunnen zijn door de zandsuppleties vermindert het vertrouwen in de gevonden trends op de rest van het eiland. Dit wordt nog versterkt doordat de ruimtelijke verdeling van de trends niet gecorreleerd lijkt met de suppleties. Zo zijn er verhogingen tussen raai 1 en raai 2 waar niet gesuppleerd is, en neemt de grootte van de trend bij raai 3 niet af met de afstand tot het Noordzeestrand. Vlakbij de Waddenzee wordt zelfs een van de hoogste trends gevonden.

Om te onderzoeken of er een verband is tussen grootte van de trend en afstand tot de kust zijn de resultaten van T1 trend geplot als functie tot afstand kustlijn (Afbeelding 14). Per meetpunt is een rechte

lijn getrokken naar de kustlijn. Als kustlijn is hier de contourlijn op 0 NAP gekozen uit de Jarkusmetingen van 2011. Hieruit komt niet een duidelijke relatie met de afstand tot de kust naar voren. Wel wordt in raai 3 gemiddeld een verhoging van de modelbasis berekend, die rond de 20 cm ligt. In raai 1 worden zowel verhogingen als verlagingen berekend. Bij raai 3 zijn zowel strand- als vooroeversuppleties uitgevoerd (zie bijvoorbeeld Afbeelding 6), het resultaat hieronder doet vermoeden dat het effect hiervan groter is dan het effect van strandsuppleties alleen.

De trendwaarde kan worden gezien als een verschuiving van de modelbasis welke gebaseerd is op de drainageweerstand en het gemiddeld effect van onverklaarde invloeden op de grondwaterstand per peilbuis. Hier wordt gemiddeld een verhoging van 20 cm berekend voor raai 3. Ervan uitgaande dat dit representatief is voor de T1, geeft dit het maximale effect weer op de gemiddeld grondwaterstanden. Als in de toekomst langere meetreeksen beschikbaar zijn kan met behulp van tijdreeksanalyse een representatiever beeld van de T1 worden verkregen. Hiermee kan het maximale langetermijneffect van de suppleties nog beter worden begrensd.



Afbeelding 14. Geschatte trendwaarde als functie van de afstand tot de 0 NAP lijn langs de Noordzeekust, gebaseerd op de Jarkusmetingen van 2011 (alleen betrouwbare tijdreeksmodellen)

De verklaarde variantie van de T1-trendmodellen is ruimtelijk weergegeven in Afbeelding 13. In vergelijking met de tijdreeksmodellen van de T0 zorgt de trendschatting voor een extra vrijheidsgraad in de kalibratie, waardoor de gemiddelde verklaarde variantie hoger uitvalt.



Afbeelding 15 Verklaarde variantie T1 trend

De waarden van de tijdreeksmodelparameters (modelbasis, gain neerslag en structureel niveau) zijn ruimtelijk weergegeven in Afbeelding 16 t/m Afbeelding 18, waarbij ook de locatie van de zandsuppletie is weergegeven. De betekenis van de modelparameters is toegelicht in de T0-rapportage. De verandering van het structureel niveau is bij deze methode 1 gelijk aan de verandering van de grootte van de trend. De neerslagrespons en verdampingsfactor hebben immers één waarde voor de gehele meetperiode.



Afbeelding 16 Modelbasis T1 trend



Afbeelding 17 M0 neerslag T1 trend



Afbeelding 18 Structureel niveau T1 trend (alleen betrouwbare tijdreeksmodellen)

4.3 Resultaten methode 2: T1-kort versus T0

Voor de tweede methode “T1-kort” wordt gebruik gemaakt van meetgegevens van de periode vanaf mei 2010 tot september 2012. Vervolgens wordt het structureel niveau dat geschat is met T1-kort vergeleken met het structureel niveau geschat in T0. Dit is de grootte waarin een eventueel effect van de zandsuppleties als eerste zichtbaar zou zijn. Voor peilbuizen waar geen metingen beschikbaar zijn voor T0 is gebruik gemaakt van interpolatie (zie T0 rapportage).

4.3.1 Tijdreeksmodellen T1-kort

In totaal zijn voor de T1-kort 153 tijdreeksmodellen opgezet. Door de geringe lengte van de meetreeksen is een groot deel van de modellen onbetrouwbaar. Afbeelding 19 geeft de verklaarde variantie per tijdreeksmodel weer. Per meetraai kunnen voor een aantal buizen geen betrouwbare modellen worden opgezet, waarvan Ook hier zijn de modellen geselecteerd die voldoen aan de volgende voorwaarden: 1) De waarde van de gain (M0) van de neerslag moet groter zijn dan twee keer de standaardafwijking van deze parameter. 2) De verklaarde variantie (EVP) moet minimaal 70% zijn. Hierdoor blijven er 82 modellen over die betrouwbaar worden gevonden, zie Tabel 4.



Afbeelding 19 Verklaarde variantie T1-kort

Tabel 4 Tijdreeksmodellen T1 kort

<i>Aantal modellen</i>	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle filters</i>
Alle modellen	76	77	153
Test 1: M0 significant	39	51	90
Test 2: EVP > 70	38	44	82

Tabel 5 geeft het structureel niveau voor de T0-modellen zoals bepaald in de T0-rapportage voor de meetpunten corresponderend met de T1-kortmodellen die in Tabel 6 zijn samengevat. Vervolgens geeft Tabel 7 het verschil in structureel niveau tussen de T0 en T1 tijdreeksmodellen. Het gemiddeld verschil komt uit op 5 cm verhoging. Door de grote variatie (13 cm) is dit verschil niet significant. Het structureel niveau is gemiddeld lager voor meetpunten onder NAP, maar het verschil tussen T1-kort en T0 is gelijk.

Tabel 5 Berekend gemiddeld structureel niveau T0 (standaardafwijking tussen haakjes)

	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle</i>
Alle modellen	1.95 (0.48)	1.71 (0.6)	1.81 (0.56)
Test 1: M0 significant	1.98 (0.46)	1.78 (0.56)	1.87 (0.53)
Test 2: EVP > 70	2.11 (0.42)	1.92 (0.49)	2.00 (0.47)

Tabel 6 Berekend structureel niveau T1-kort

<i>Structureel niveau [mNAP]</i>	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle</i>
Alle modellen	1.97 (0.44)	-0.70 (21.65)	0.63 (15.37)
Test 1: M0 significant	1.85 (0.47)	1.78 (0.59)	1.81 (0.54)
Test 2: EVP > 70	1.84 (0.48)	1.84 (0.6)	1.84 (0.54)

Tabel 7 Gemiddeld verschil structureel niveau T1-kort min T0

<i>Structureel niveau [m]</i>	<i>BKF boven NAP</i>	<i>BKF onder NAP</i>	<i>Alle filterdiepten</i>
Alle modellen	0.02 (0.15)	-3.05 (24.28)	-1.39 (16.44)
Test 1: M0 > 2 significant	0.04 (0.15)	0.05 (0.10)	0.05 (0.12)
Test 2: EVP > 70	0.04 (0.15)	0.05 (0.10)	0.05 (0.13)

De waarden van de tijdreeksmodellen (modelbasis, gain neerslag en structureel niveau) zijn ruimtelijk weergegeven in Afbeelding 20 tot en met Afbeelding 22. De modelbasis lijkt met name bepaald te worden door de hoogteligging van het meetpunt. De gain van de neerslag evenals het structureel niveau kent net als in de T0 geen ruimtelijk patroon.



Afbeelding 20 Modelbasis T1 kort



Afbeelding 21 M0 neerslag T1 kort



Afbeelding 22 Structureel niveau T1 kort (alleen betrouwbare tijdreeksmodellen)

4.3.2 Resultaten per meetraai

Het verschil in structureel niveau is per meetraai afzonderlijk geplot in Afbeelding 23 tot en met Afbeelding 26. Hierbij is alleen naar het eerste filter gekeken.

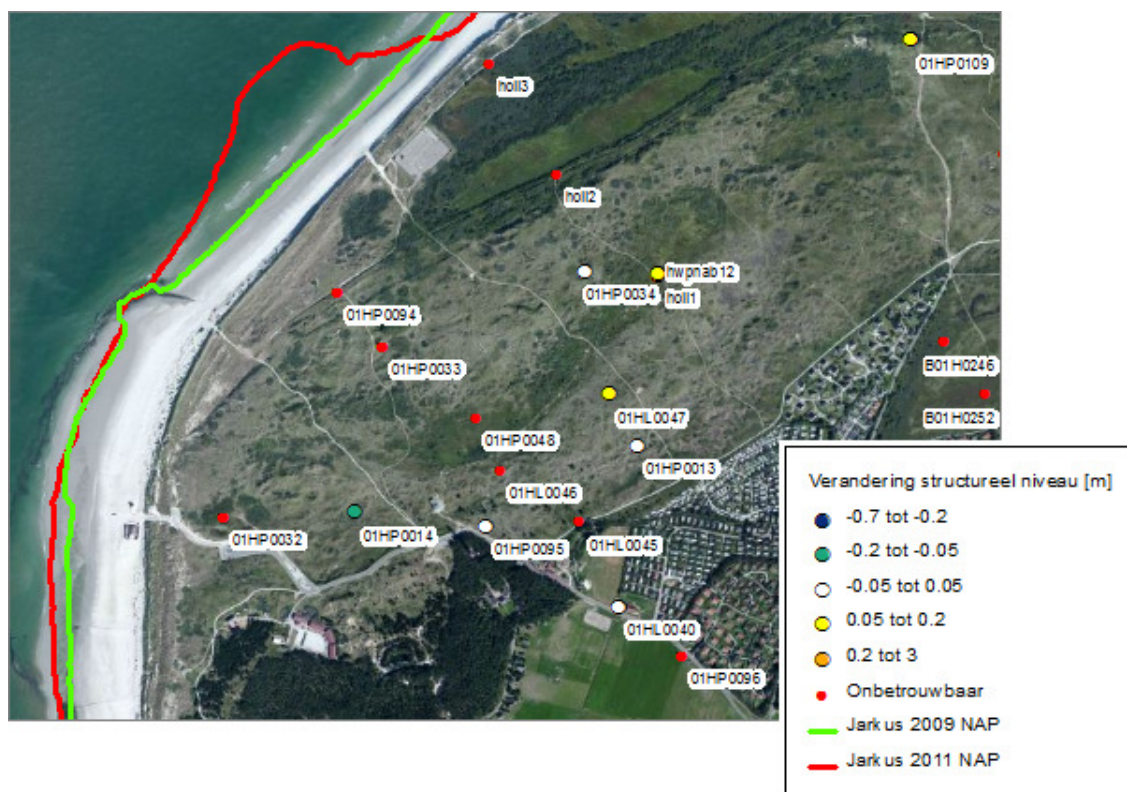
Raai 1

In raai 1 wordt in buizen holl en holl3 een verhoging van het structureel niveau van meer dan 20 cm berekend (zie Tabel 8). Deze verhogingen zijn berekend ten opzichte van de interpolatie van de referentiesituatie (methode 3) waarbij een systematische overschatting van het effect berekend wordt nabij het strand, doordat de interpolatie hier het structureel niveau van de T0 systematisch onderschat. Deze onderschatting is ook in de orde van 20 cm, zie T0 rapportage. Het is dus zeer de vraag in hoeverre sprake is van een echte verhoging en niet alleen een artefact door de gebrekkige T0-informatie in deze punten.

Van de buizen binnen de raai waarvoor een betrouwbaar model is verkregen zijn er voor twee een verhoging berekend, voor één een verlaging en voor vier geen verandering groter dan 5 cm. Uit de kaart valt op te maken dat hier geen ruimtelijk patroon in te ontdekken valt.

Tabel 8 Resultaten raai 1 (MV = maaiveldhoogte, BKB = hoogteligging bovenkant buis, EVP = verklaarde variantie, M0 = neerslagparameter tijdreeksmodel, SL = structureel niveau, DSL = verschil structureel niveau T1 t.o.v. T0)

Buis	MV [mNAP]	BKB [mNAP]	EVP [%]	M0 significant?	SL T0 [mNAP]	SL T1 [mNAP]	DSL [m]
01HP0014-1	3.40	-2.60	86	Ja	2.02	1.92	-0.09
01HP0032-1	3.65	-9.60	64	Nee	1.51	1.42	-0.09
01HP0033-1	3.00	-14.00	75	Nee	1.91	1.86	-0.05
01HP0096-1	3.30	-9.70	43	Nee	2.24	2.17	-0.07
01HL0040-1	3.50	0.10	79	Ja	2.24	2.24	-0.01
01HL0046-1	3.30	0.30	71	Nee	2.26	2.08	-0.18
01HL0047-1	4.60	0.95	89	Ja	2.48	2.54	0.07
01HP0013-1	6.35	0.35	78	Ja	2.55	2.53	-0.03
01HP0034-1	5.20	-3.70	92	Ja	2.73	2.72	-0.01
01HP0048-1	4.70	0.25	79	Nee	2.21	2.17	-0.03
01HP0094-1	3.25	-10.55	38	Nee	1.73	1.83	0.10
01HP0095-1	9.90	-3.10	88	Ja	2.22	2.18	-0.03
holl1-1	3.66	0.61	97	Ja	2.52	2.90	0.38
holl2-1	2.67	0.61	4	Nee	2.30	2.43	0.13
holl3-1	2.83	-0.18	74	Nee	1.96	2.26	0.30
hwpnab12-1	NA	NA	97	Ja	2.52	2.66	0.14



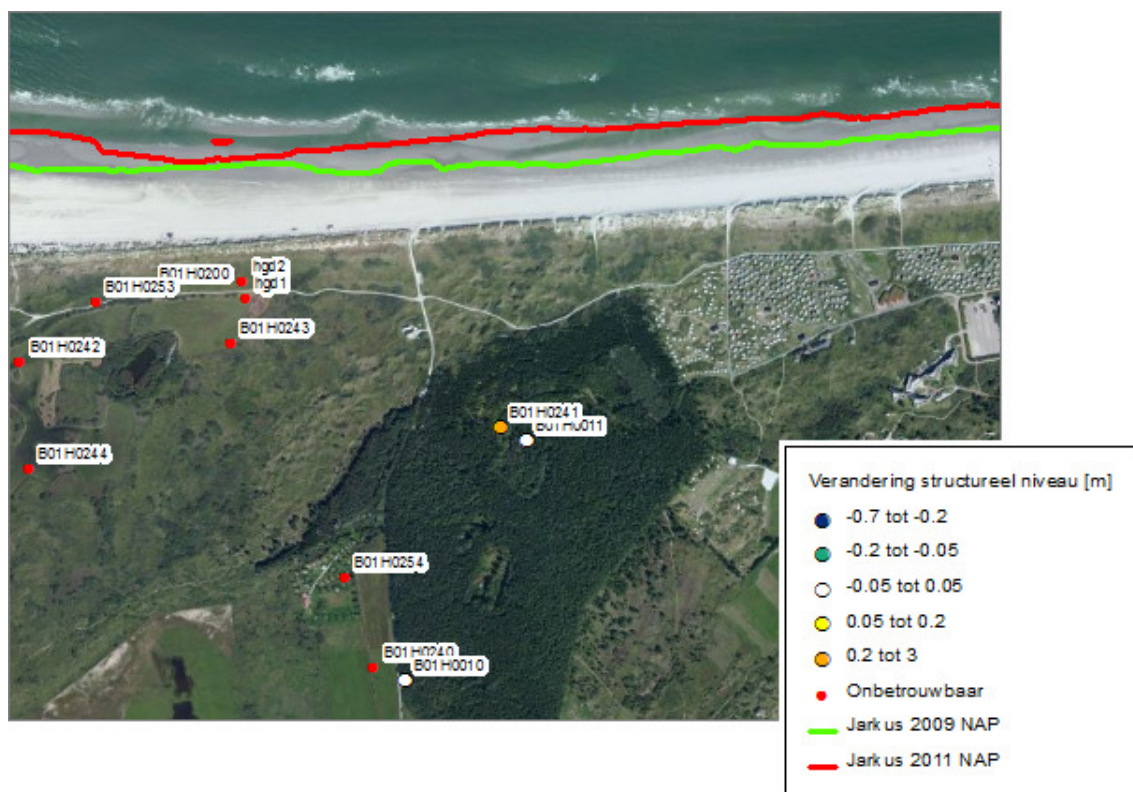
Afbeelding 23 Resultaten raai 1

Raai 2

In raai 2 worden bij alle peilbuizen verhogingen berekend. Er zijn echter maar twee buizen die de toets voor betrouwbare tijdreeksmodellen doorstaan. Deze buizen geven een verhoging van het structureel niveau van 3 en 42 cm. Voor drie buizen is het structureel niveau van T0 geschat op basis van interpolatie.

Tabel 9 Resultaten raai 2

Buis	MV [mNAP]	BKB [mNAP]	EVP [%]	M0 significant?	SL [mNAP]	T0 [mNAP]	SL [mNAP]	T1 [mNAP]	DSL [m]
hgd1-1	1.81	-0.33	88	Nee	1.05	2		0.95	
hgd2-1	2.86	-0.51	86	Nee	0.97	1.91		0.94	
sbb1-1	1.92	0.03	89	Nee	0.32	2.03		1.71	
B01H0011-001	2.73	-7.25	84	Ja	2.02	2.05		0.03	
B01H0241-001	2.01	-0.99	86	Ja	1.59	2.01		0.42	



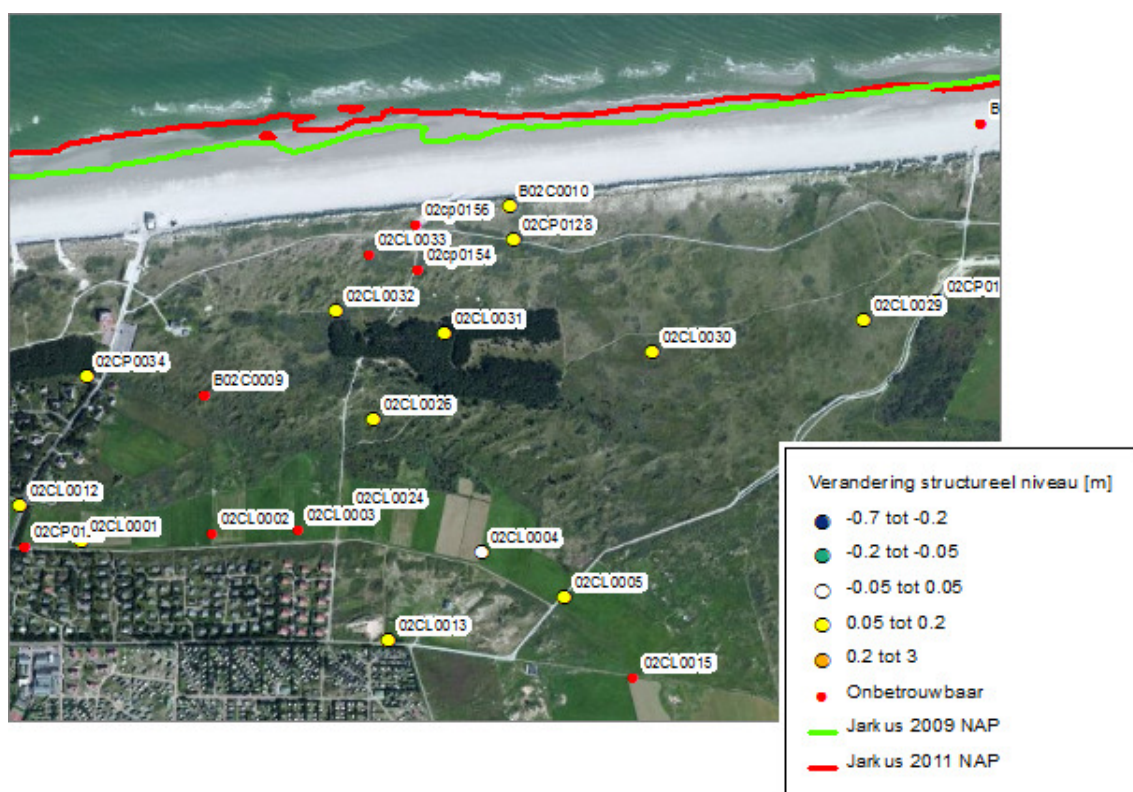
Afbeelding 24 Resultaten raai 2

Raai 3

In raai 3 worden op een groot aantal punten verhogingen van meer dan 5 centimeter berekend. Peilbuizen 02CL0033 en 02CP0156 worden vergeleken met de interpolatie van het T0 resultaat. In deze raai valt het op dat er binnen de meetraai en rondom alleen verhogingen worden berekend. Nadere inspectie van deze buizen laat zien dat er desondanks geen ruimtelijk patroon in de verhoging is te ontdekken.

Tabel 10 Resultaten raai 3

Buis	MV [mNAP]	BKB [mNAP]	EVP [%]	M0 significant?	SL [mNAP]	T0 [mNAP]	SL [mNAP]	T1 [mNAP]	DSL [m]
02CL0002-1	2.85	0.32	60	Nee	2.2	2.39		0.2	
02CL0004-1	2.55	0.08	89	Ja	2.12	2.15		0.03	
02CL0005-1	2.65	0.1	87	Ja	2.06	2.18		0.12	
02CL0026-1	3.25	0.35	84	Ja	1.76	1.94		0.18	
02CL0031-1	3.3	-0.05	91	Ja	1.69	1.82		0.13	
02CL0032-1	2.85	-0.9	86	Ja	1.63	1.8		0.17	
02CL0033-1	2.6	-0.5	33	Nee	1.42	-188.13		-189.55	
02CP0010-1	2.3	-0.7	84	Ja	1.38	1.52		0.13	
02CP0128-1	2.75	-16.25	89	Nee	1.31	1.49		0.18	
02CL0003-1	2.7	0.22	40	Nee	2.11	1.46		-0.65	
02CL0013-1	2.75	1.04	82	Ja	2.17	2.31		0.14	
02CL0024-1	2.95	-0.15	87	Ja	2.03	2.1		0.06	
02cp0154-1	2.74	NA	52	Ja	1.48	1.6		0.12	
02cp0156-1	3.54	NA	48	Ja	1.19	1.48		0.29	



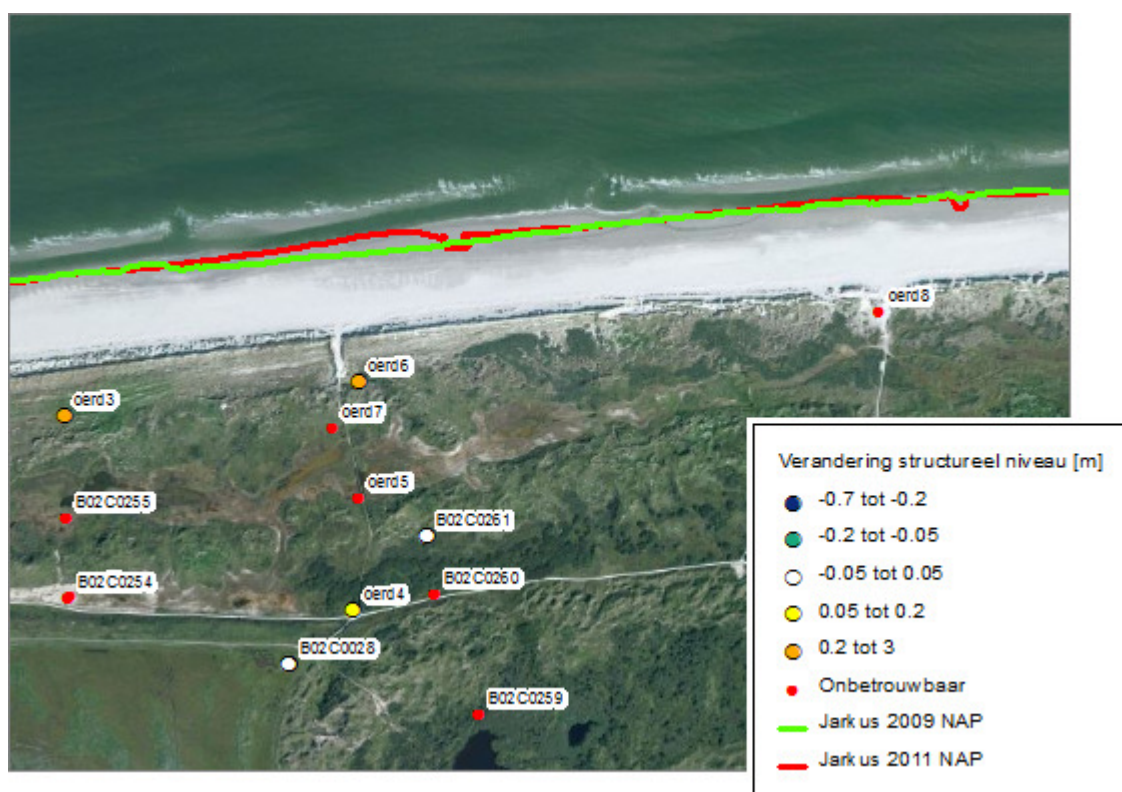
Afbeelding 25 Resultaten raai 3

Raai 4

In raai 4 zijn alle buizen vergeleken met het geïnterpoleerde T0 resultaat. Hier worden alleen verhogingen berekend. Door het vrijwel ontbreken van T0-meting op het Oostelijk deel van het eiland heeft de interpolatie van de T0-tijdreeksmodellen hier meer het karakter van een extrapolatie. Om het effect hiervan te bepalen is ook voor de T1-situatie een interpolatie uitgevoerd met en zonder de Oerd-punten. Met de punten leverde dit een systematisch hoger structureel niveau op met verschillen tussen de 5 en 40 cm. De verhoging kan dus in ieder geval voor een belangrijk deel toegeschreven worden aan de geringe informatie over de T0-situatie bij raai 4.

Tabel 11 Resultaten raai 4

Buis	MV [mNAP]	BKB [mNAP]	EVP [%]	M0 significant?	SL T0 [mNAP]	SL T1 [mNAP]	DSL [m]
oerd1-1	2.19	-0.80	16	0	1.43	1.48	0.05
oerd2-1	1.61	-1.39	0	0	1.23	1.49	0.26
oerd3-1	4.11	0.09	78	1	0.94	1.37	0.43
oerd4-1	3.03	-0.24	94	1	1.7	1.88	0.18
oerd5-1	1.74	NA	19	0	1.38	1.59	0.21
oerd6-1	3.75	-0.24	70	1	0.98	1.34	0.36
oerd7-1	2.87	-0.05	63	1	1.1	1.61	0.51
oerd8-1	2.21	-0.83	30	1	0.83	1.39	0.56



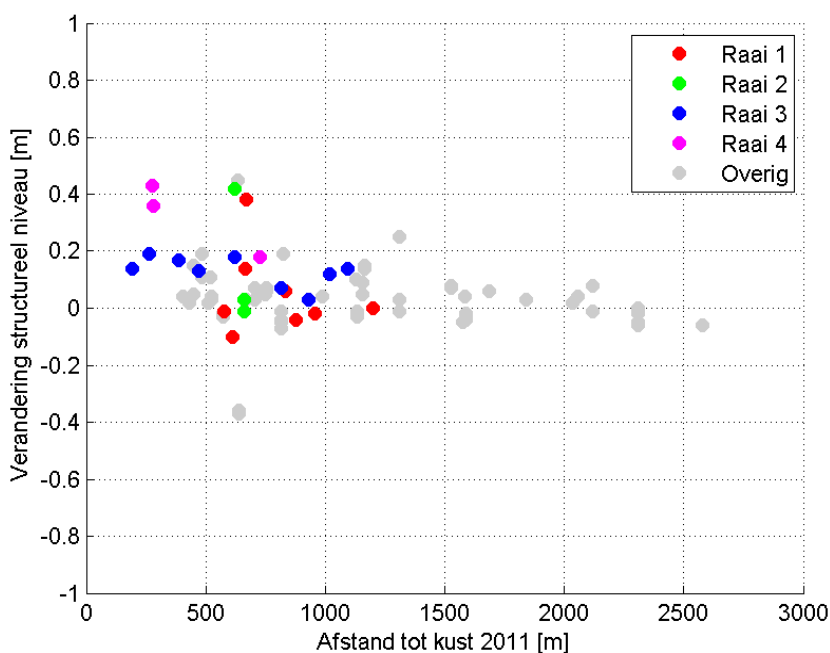
Afbeelding 26 Resultaten raai 4

4.3.3 Relatie resultaten tot afstand kust

Het verloop van de veranderingen van het structureel niveau met de afstand van de kust wordt in Afbeelding 27 getoond voor alle punten van de vier raaien. Hierbij moet aangetekend worden dat de hoge waarden van raai 1 (rood) en raai 4 (roze) een gemiddelde afwijking (bias) hebben van ongeveer +20 cm. Per meetpunt is een rechte lijn getrokken naar de kustlijn. Als kustlijn is hier de contourlijn op 0 NAP gekozen uit de Jarkusmetingen van 2011.

Er is wel enige trend te zien, op korte afstand zijn de veranderingen groter. Voor raai 3 worden over het algemeen verhogingen van het structureel niveau berekend van rond de 15 cm. Ook in raai 4 wordt een verhoging van het structureel niveau berekend, dat afneemt met afstand van de kust. Er zijn echter te weinig punten om een conclusie te kunnen trekken.

Op één punt is een verlaging van meer dan 60 cm berekend, het opgezette model voor de T1 is voor dit punt echter niet betrouwbaar. Voor raai 1 liggen de verschillen rond de nul (20 min, 20 plus). Voor raai 2 liggen de resultaten teveel uit elkaar en zijn er te weinig punten om een conclusie te kunnen trekken.



Afbeelding 27 Verschil in structureel niveau na zandsuppletie, T1 versus T0, als functie van de afstand tot de 0 NAP lijn langs de Noordzeekust, gebaseerd op de Jarkusmetingen van 2011 (alleen betrouwbare modellen)

Bij raai 3 zijn in 2010 en 2011 vooroever en strandsuppleties uitgevoerd. Hier is de verwachting op het effect dus ook het grootst. Op basis van de beschikbare gegevens wordt een stijging van het structureel niveau van 15 cm berekend. Het structureel niveau kan worden geïnterpreteerd als een weersonafhankelijk gemiddeld grondwaterniveau. Een stijging van het werkelijke gemiddeld grondwaterniveau zal dus in een gemiddeld jaar ook rond de 15 cm liggen. De resultaten van deze analyse zijn onvoldoende significant om in te kunnen gaan op het effect op hoge, lage en voorjaarsgrondwaterstanden.

Gezien het aantal meetpunten is het resultaat van meetraai 3 het meest betrouwbaar. Ook voor deze methode geldt dat wanneer een langere meetreeks beschikbaar is voor de T1, het maximale langetermijneffect beter begrensd kan worden. Bijkomend voordeel is dat er dan voor meer meetlocaties een betrouwbaar model opgezet kan worden.

Betrouwbaarheid

Hier wordt deze stijging toegeschreven aan de zandsuppleties, er kunnen ook andere oorzaken aangewezen worden. De overgang naar continu registratie van grondwaterstanden, in plaats van handmetingen, kan een mogelijke oorzaak zijn. Omdat de meetgegevens van de T0 grotendeels uit handmetingen bestaan, zijn de tijdreeksmodellen van de T0 voornamelijk gekalibreerd op handmetingen. In de T1 worden op veel meetpunten druksensoren gebruikt. Mogelijk beïnvloedt dit zowel de modelbetrouwbaarheid als de parameterwaarden.

De lengte van de T1-periode is veel korter dan die van de T0-periode waardoor de tijdreeksanalyse meer moeite heeft om de invloed van de neerslag te bepalen. Door het patroon van de neerslag kunnen hierbij systematische afwijkingen ontstaan.

4.4 Methode 3: ruimtelijke interpolatie

Voor de T0-situatie zijn de tijdreeksmodellen in de beschikbare punten geïnterpoleerd tot een vlakdekkend beeld, zoals beschreven is in de T0-rapportage. Op deze wijze kan de T0-situatie geschat worden voor de meetpunten waar alleen T1-metingen beschikbaar zijn. Vervolgens kan ook in deze meetpunten een verandering van het structurele niveau bepaald worden.

Tabel 12 geeft resultaten van interpolatie voor T0 en T1 voor de peilbuizen met alleen T1-metingen. Omdat voor deze punten de meeste T1-tijdreeksmodellen niet betrouwbaar zijn, zijn ook de T1 waarden op interpolatie gebaseerd. De waarden zijn over het algemeen positief en klein ten opzichte van de betrouwbaarheden die horen bij de interpolaties.

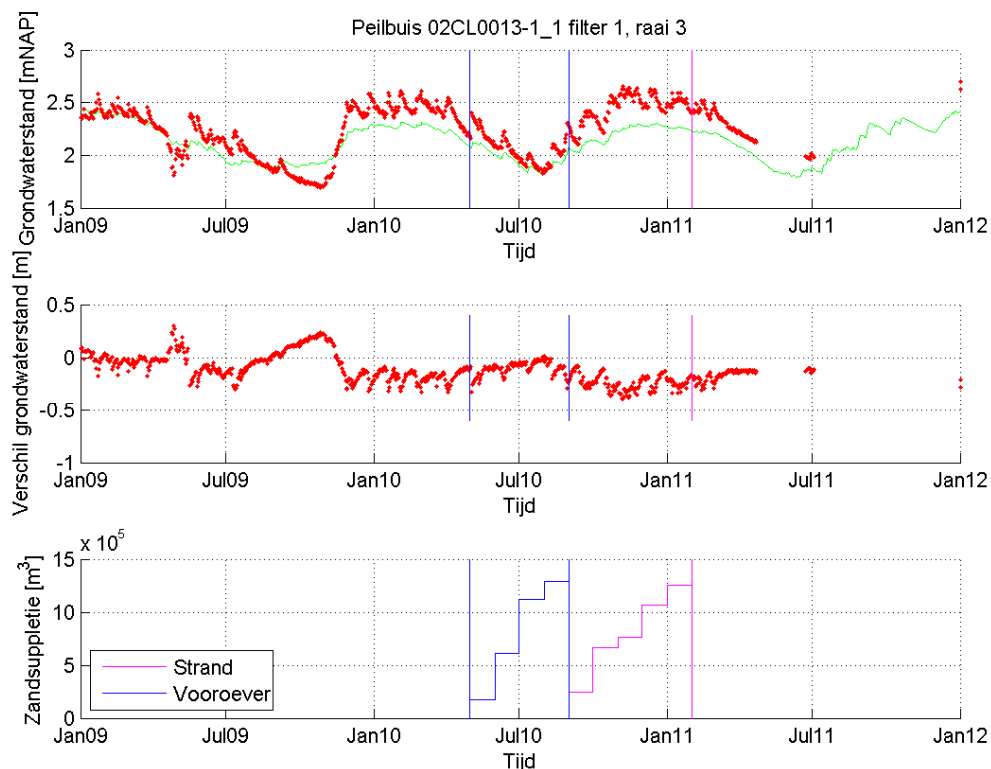
Tabel 12 Structureel niveau (SL) op basis van interpolatie voor T0, T1 alsmede het verschil (DSL)

<i>Buis</i>	<i>Raai</i>	<i>SL T0 [mNAP]</i>	<i>SL T1 [mNAP]</i>	<i>DSL [m]</i>
Holl3	1	1.96	2.12	0.160
Holl2	1	2.30	2.59	0.287
Holl1	1	2.52	2.74	0.223
HWPnab12	1	2.52	2.74	0.224
SBB1	2	0.32	-	-
Hgd1	2	1.05	1.13	0.076
Hgd2	2	0.97	1.03	0.064
02CP0156	3	1.19	1.26	0.065
02CP0154	3	1.48	1.59	0.112
Oerd1	4	1.43	1.73	0.297
Oerd2	4	1.23	1.52	0.291
Oerd3	4	0.94	1.15	0.210
Oerd4	4	1.70	1.90	0.200
Oerd5	4	1.38	1.64	0.261
Oerd6	4	0.98	1.18	0.202
Oerd7	4	1.10	1.36	0.253
Oerd8	4	0.83	1.05	0.220
B02C0253	4	2.04	2.03	-0.007

De betrouwbaarheid van het structureel niveau bepaald op basis van interpolatie tussen de T0-meetpunten is lager dan dat direct bepaald uit de tijdreeksanalyse. Nu de verandering van het structureel niveau voor meetpunten met voldoende metingen voor de T0- en T1-situatie geen eenduidig beeld geeft dat te koppelen is aan de zandsuppleties, mag van de analyse voor de T1-punten in combinatie met de T0-interpolatie niet verwacht worden dat wel een invloed zichtbaar wordt.

4.5 Visuele controle op kortstondige effecten

Het is mogelijk dat ondanks de verschillende methodes een kortstondig effect van de zandsuppleties niet in de tijdreeksanalyse naar voren komt. Daarom is een aanvullende visuele controle uitgevoerd. De modellen, gekalibreerd op de referentiesituatie T0 (2000 tot mei 2010), zijn gevoerd met de neerslag en verdamping van de T1 (mei 2010 tot september 2012). Het resultaat is de verwachte grondwaterstand van de T1 voor het 'ongestoorde' systeem, dus niet beïnvloed door de zandsuppletie van 2010 en 2011. Het verschil tussen deze lijn en de werkelijke metingen, het modelresidu, is indicatief voor veranderingen in het systeem. Van deze analyse is in Afbeelding 28 een voorbeeld te geven. Op basis van de visuele inspectie is geen duidelijk kortstondig effect te zien ten tijde van de suppleties. Wel valt op te merken dat de modelnauwkeurigheid voor de meeste locaties eigenlijk onvoldoende is voor het opsporen van kortstondige effecten.



Afbeelding 28 Modelresultaat buis 02CL0013, bovenste figuur: model (groene lijn) en metingen (rode stippen), middelste figuur: modelresiduen, onderste figuur: suppletiehoeveelheden

4.6 Samenvatting van de modelresultaten T1

De veranderingen zijn bepaald volgens drie methoden:

1. Tijdreeksanalyse voor volledige reeksen met T0 en T1 periode met bepalen van een trend;
2. Tijdreeksanalyse apart voor T0 en T1 en verschillen per buis beschouwen (T0 en T1kort);
3. Interpolatie tussen T0 tijdreeksen en T1 tijdreeksen vergelijken voor T1-punten.

Naar verwachting neemt de betrouwbaarheid in deze volgorde af.

Methode 1 levert inconsistente resultaten. Voor raai 1 worden verlagingen berekend, terwijl door de zandsuppleties alleen stijgingen veroorzaakt kunnen worden (Groen en Stuyfzand, 2011). De ruimtelijke verdeling van de verhogingen vertoont weinig relatie met de suppletielocaties.

Methode 2 en 3 leveren wel voornamelijk verhogingen, maar ook hier is de ruimtelijke verdeling niet overtuigend. Bovendien zijn de meeste grotere verhogingen berekend met methode 3 die een systematische overschatting van de verhoging oplevert die vrijwel gelijk is aan de verhoging zelf.

5 ANALYSE ANDERE GEGEVENSBRONNEN

5.1 Inleiding

Deze studie richt zich met name op het analyseren van grondwaterstandsgegevens van Ameland. Naast dat Rijkswaterstaat wil weten wat het effect van de zandsuppleties op de grondwaterstand van Ameland is geweest wil Rijkswaterstaat ook graag inzicht in hydrologische effecten van zandsuppleties in het algemeen. Onderstaande geeft een korte samenvatting van metingen die in het kader van onderzoek naar zandsuppleties zijn uitgevoerd en toegevoegde waarde kunnen hebben in vergelijking met de resultaten van voorliggende studie en om uitspraken te doen over het effect van zandsuppleties op de hydrologie.

5.2 Studie Acacia Water

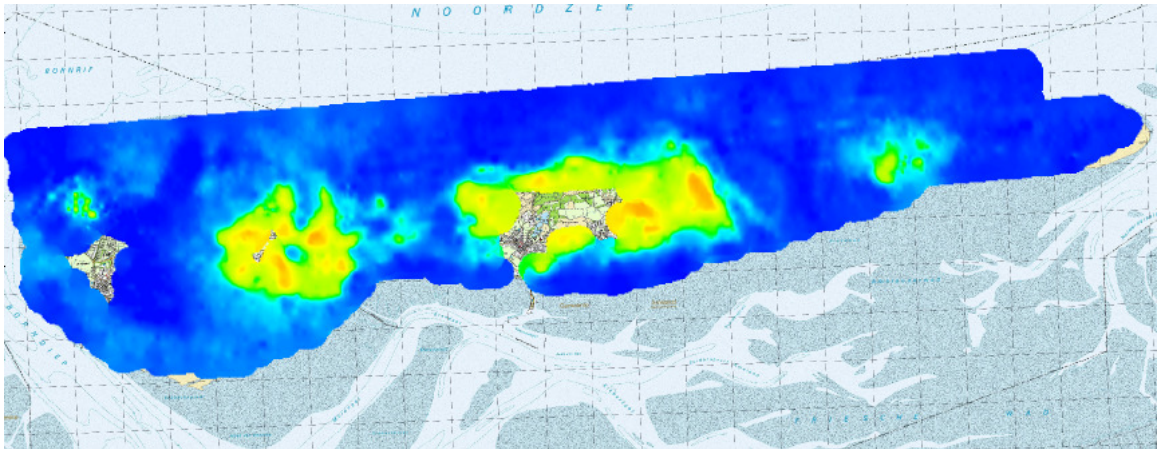
Door adviesbureau Acacia Water is een eerste analyse gedaan van de te verwachten effecten van zandsuppleties op Ameland (Groen en Stuyfzand, 2011). Hierin is de verwachte grondwaterstijging bij verbreding van het duinmassief berekend met behulp van een vereenvoudigd analytisch model. Ook zijn de effecten kwalitatief besproken. De grootste stijgingen worden verwacht langs de rand van het aangroeiend duin (i.e. de kustzijde).

De analytische berekening geeft een grondwaterstijging aan van 0.03, 0.18 en 1.1 meter bij een verbreding van het duinmassief met 20, 100 en 600 meter. De gebruikte parameterwaarden in deze berekening waren gebaseerd op de situatie rondom Buren. Ten westen van meetraai 3 (ten oosten van Buren) is de 0 NAP contour op basis van de Jarkusmetingen 60 tot 80 meter noordwaarts verschoven (zie Afbeelding 25) voor 2011 ten opzichte van 2009. Dit kan worden toegeschreven aan de zandsuppleties. De in deze studie bepaalde stijging van het structurele niveau van 15 cm komt goed overeen met de resultaten van Acacia Water. Toch moet hierbij benadrukt worden dat dit getal is gebaseerd op een gering aantal tijdreeksmodellen, waarbij de verandering in het structureel niveau bovendien niet statistisch significant kan worden aangetoond.

Naast de analytische berekeningen worden in de studie van Acacia water prognoses gedaan over de korte termijn- en lange termijneffecten van zandsuppleties op de grondwaterstanden, grondwaterstroming, zoet-zoutgrens en hydrochemie in de duinvalleien. De hier berekende resultaten kunnen korte termijneffecten zijn. Deze worden veroorzaakt door het uitzakken van zeewater dat met het zand op het strand wordt gespoten. Indien een kortdurende verhoging van de gemeten grondwaterstanden groot genoeg is resulteert dit in een verhoging van het berekende structurele niveau vanwege de geringe lengte van de meetreeksen voor de T1.

5.3 SkyTEM

In september 2011 is een SkyTEM kartering van Ameland gedaan, een gezamenlijk initiatief van Rijkswaterstaat, Vitens en Wetterskip Fryslan (Aarhus university, 2011). Hierbij wordt met behulp van electromagnetische golven de elektrische weerstand van de ondergrond met een helikopter in kaart gebracht. Bij een bekende opbouw van de ondergrond kan hieruit de verdeling van de chlorideconcentratie in de ondergrond afgeleid worden en hiermee de vorm van de zoetwaterlens.



Afbeelding 29 Visualisatie van de elektrische weerstand van de ondergrond op 40 tot 50 meter onder NAP, SkyTEM 2011 (blauw = lage weerstand = zout, oranje = hoge weerstand = zoet). Bron: Aarhus university, 2011

Uit de SkyTEM-resultaten valt op te maken dat de zoetwaterlens onder het duinmassief 40 tot 50 meter dik is. Dit komt overeen met de verwachtingen. Volgens het Ghyben – Herzberg principe is de dikte van de zoetwaterbel onder zeeniveau bij benadering 40 maal groter dan de opbolling van de grondwaterstand boven zeeniveau. Een stijging van het grondwaterniveau van 15 cm zou volgens dit principe op lange termijn voor een 6 meter diepere zoet-zoutgrens zorgen. Deze lagere evenwichtstoestand voor het grensvlak wordt pas bereikt als deze verhoging tientallen jaren blijft bestaan. Met de SkyTEM-resultaten kunnen geen uitspraken worden gedaan over verschuiving van de zoet-zout grens langs de kust als gevolg van de zandsuppletie.

5.4 Zandsuppleties elders

In Nederland zijn de laatste jaren veel kustversterkingwerkzaamheden uitgevoerd. Tijdens deze werkzaamheden wordt zand vaak nat opgespoten. Dat heeft in onder andere Ter Heide en Scheveningen geleid tot wateroverlast bij bewoners. Uit studies naar deze incidenten bleek er een duidelijk causaal verband tussen de kustversterkingswerkzaamheden en de grondwateroverlast. In veel gevallen is de opbouw van de ondergrond doorslaggevend. In Ter Heide ligt er bijvoorbeeld een zeer slecht doorlatende laag waardoor het water niet weg kon zakken.

Een andere zeer bekende zandsuppletie is de Zandmotor. Door het uitbreiden van de kust is de oorspronkelijke waterscheiding verschoven. In 2010 heeft DHV onderzoek gedaan naar mitigerende maatregelen om te zorgen dat het achterliggende drinkwaterbedrijf Dunea geen nadelige gevolgen van de zandmotor ondervindt. Als conclusie kan worden getrokken dat zandsuppleties wel degelijk invloed kunnen hebben op de hydrologie. Afhankelijk van de vorm en de grootte van de zandsuppletie is dit een tijdelijke of langetermijn invloed. De tijdelijke invloed op de hydrologische omstandigheden is bovendien afhankelijk van de wijze waarop wordt gesuppleerd en de natuurlijke fysische toestand van de omgeving ter plaatse.

6 INVLOED OP VEGETATIE

6.1 Inleiding

Het hoofddoel van deze studie is dat vastgesteld dient te worden of de zandsuppletiewerkzaamheden effect hebben op de kwetsbare vochtige duinvalleien. De voorgaande hoofdstukken zijn uitvoerig ingegaan op de vraag of de zandsuppletie heeft geleid tot een significante verandering in de grondwatersituatie.

Binnen deze studie is echter ook aandacht besteed aan de beschikbare ecologische gegevens op Ameland. Doel is om vast te stellen of er sprake is van beïnvloeding van de vegetatie van duinvalleien door de uitvoering van zandsuppleties. Daarnaast is voor RWS als initiatiefnemer van suppleties de vraag van belang of een toename in dynamiek door zeereep- en kustlijnbeheer van betekenis is voor duinvalleien.

Duinvalleien op Ameland

In het duingebied van Ameland liggen een aantal gebieden met meer of minder uitgestrekte vochtige zoete tot licht brakke duinvalleien. Voor de vaststelling van mogelijke ecologische effecten zijn deze valleien in beschouwing genomen.

Het westelijk deel van Ameland omvat een duinboogcomplex. Aan de noordwest- en noordzijde van dit duinboogcomplex is een zandplaat ontstaan, waarop in de jaren 30 van de vorige eeuw een zeer grote primaire duinvallei, de Lange Duinen Noord, is afgesnoerd. De eerste decennia had dit gebied het karakter van een achterduinse strandvlakte met een groot areaal aan natte pioniervegetaties van zoet-zout gradiënten (Westhoff & van Oosten, 1991). Tegenwoordig zijn deze pionierbegroeiingen van duinvalleien en zandige kwelders alleen nog op kleine schaal aanwezig aan de noordrand van het gebied. De rest van de vallei is dichtgegroeid met Kruidwildestruiken en een groot areaal Rietmoeras rondom open water. In het rietland komen onder andere Cyperzegge, Gele lis, Waterscheerling voor, naast enkele soorten van brakke omstandigheden zoals Zeebies, Ruwe bies en Zilt torkruid. Daarnaast komen vooral aan de zuidzijde soorten voor die duiden op aanvoer van grondwater, zoals Grote boterbloem, Dotterbloem, Moeraskartelblad en Kleine waterrepe.

In het gebied tussen Ballum en Nes, in een voormalig washovercomplex tussen de twee westelijke duinboogcomplexen liggen de Zwanewaterduinen. Het gebied is door de aanleg van stuifdijken en de waddijk in de vorige eeuw geheel van zout water afgesloten. De relatief jonge bodem is slechts ondiep of vrijwel niet ontkalkt. Met name in het gedeelte ten zuidoosten van de Zwanewaterstuifdijk komen vochtige valleivegetaties voor. Een groot deel is begroeid met Rietvegetaties en begroeiingen die tot de Addertong-Duinrietgemeenschap gerekend kunnen worden, met onder meer Moerasvaren, Dotterbloem, Tweerijge zegge, Addertong, Moeraszegge en Cyperzegge in de ondeergroei. Ten noordoosten van de eendenkooi wordt een groot deel van de vallei jaarlijks gemaaid. Hier komt plaatselijk een Oeverkruidvegetatie voor, naast soorten uit de Knopbiesgemeenschap.

In het oosten van Ameland ligt ten noorden van het voormalige washovercomplex Nieuwlandsrijd, aan de noordzijde van de Kooioerdstuifdijk een duingebied bestaande uit met lange oost-west georiënteerde duinreeksen met tussenliggende voormalige primaire valleien. Een groot areaal van deze valleien is recentelijk door It Fryske Gea geplagd, waarna duinvallei-pioniervegetaties zijn ontstaan met soorten uit het Dwergbiezenverbond en de Associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia.

6.2 Analyse gegevens Ameland

Vegetatiekundige gegevens

Gegevens over de vegetatie zijn verkregen via karteringen en vegetatie-opnamen, verzameld door Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en het Natuurcentrum Ameland, en aangeleverd door Alterra (Stephan Hennekens, TurboVeg). Het monitoringsprogramma dat voor de voorliggende studie is ingericht, heeft niet voorzien in het verkrijgen van vegetatiegegevens van meerdere jaren en er zijn geen specifieke vegetatie-opnamen gemaakt op vastgestelde locaties in duinvalleien direct naast peilbuizen. Ook zijn niet in alle duinvalleien peilbuizen daadwerkelijk in de vallei geplaatst, waardoor er het grondwaterregime in de peilbuizen af kan wijken van dat in de vallei. Afbeelding 29 geeft een overzicht van de locatie van vegetatie-opnamen en het voorkomen van het Natura 2000-habitatype Vochtige duinvalleien op Ameland.

Voor de dataset met vegetatie-opnamen is nagegaan welke opnamen van duinvalleivegetaties in de directe nabijheid van peilbuizen zijn gelokaliseerd. Dit betreffen vegetatie-opnamen bij een buis in de Zwanewaterduinen en bij twee buizen ten noorden van Nieuwlandsrijd. Deze opnamen worden als voldoende representatief beschouwd voor de plantengroei behorende bij het grondwaterregime gemeten in de peilbuis. Daarnaast zijn een aantal relevante vegetatie-opnamen in de buurt van de peilbuizen gelegen. Op basis van vegetatiekaarten is nagegaan in hoeverre deze opnamen als voldoende representatief voor de plantengroei bij de betreffende peilbuizen kunnen worden beschouwd. Een overzicht van de peilbuizen en hieraan gekoppelde vegetatie-opnamen is weergegeven in Tabel 13.

De vegetatietypen behoren tot het Natura 2000 habitatype H2190 Vochtige duinvalleien. De subtypen A – valleien met open water, B – kalkrijke valleien, C – kalkarme valleien en D – valleien met hoge moerasplanten komen allen in de selectie voor.

Tabel 13. Peilbuizen gerelateerd aan vegetatiegegevens in duinvalleien op Ameland.

Peilbuis	Opmerking	Vegetatievlak volgens kartering	Vegetatietype volgens opname	Jaar	Opmerking
Lange Duinen - buis HOLL2	buis ligt aan hoger gelegen pad aan rand vallei	grenzend vegetatievlak in vallei is Typho-Phragmitetum typicum	Typho-Phragmitetum typicum	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Lange Duinen - buis HOLL3	buis ligt op hoger gelegen terrein aan rand vallei	Duindoornstruweel en droog duingrasland	Parnassio-Juncetum atricapilli	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			RG Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos-[Parvocaricetea]	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Samolo-Littorelletum	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Typho-Phragmitetum typicum	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Caricetum trinervi-nigrae	1997	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Ballumer Duinen - buis B01H0251	buis ligt aan rand vallei	grens Samolo-Littorelletum - Salicetum cinerea	Cicendietum filiformis centunculetosum	2005	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Caricetum trinervi-nigrae	2009	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Zwanewaterduinen - buis B01H0243 (SBB1)		DG Salix species-[Parvocaricetea], grenzend aan Caricetum trinervi-nigrae	RG Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos-[Parvocaricetea]	2010	naastgelegen opnamevlak
			Typho-Phragmitetum typicum	2010	naastgelegen opnamevlak
Zwanewaterduinen - buis B01H0200	buis ligt op hoger gelegen terrein aan rand vallei	Grijze duinen	Caricetum trinervi-nigrae	2005	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			RG Ophioglossum vulgatum-Calamagrostis epigejos-[Parvocaricetea]	2009	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Zwanewaterduinen - buis B01H0253	buis ligt aan rand vallei	nat struweel	Caricetum trinervi-nigrae	2010	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Zwanewaterduinen - buis B01H0242		Caricetum trinervi-nigrae	Samolo-Littorelletum	2010	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Zwanewaterduinen - buis B01H0244		Caricetum trinervi-nigrae	Samolo-Littorelletum	2010	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			RG Carex nigra-Agrostis canina-[Caricion nigrae]	2010	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Oerd - buis Oerd2	geplagd in 2006		Eleocharito acicularis-Limoselletum	2007	naastgelegen opnamevlak
			Eleocharito acicularis-Limoselletum	2007	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Parnassio-Juncetum atricapilli	2008	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Parnassio-Juncetum atricapilli	2009	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
Oerd - buis Oerd5	geplagd in 2006		Cicendietum filiformis centunculetosum	2008	naastgelegen opnamevlak
			Cicendietum filiformis centunculetosum	2008	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Centauro-Saginetum samoletosum	2008	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis
			Samolo-Littorelletum	2010	opnamelocatie ligt niet direct naast de buis

Relatie met het grondwater

De plantengroei in duinvalleien staat direct onder invloed van het grondwater. De invloed van het grondwater laat zich gelden door de beschikbaarheid van water (vochtstress en zuurstofstress), de aanvoer van zuurbufferende stoffen (beïnvloeding zuurgraad) en sturing van mineralisatieprocessen (beïnvloeding voedselrijkdom en organische stofproductie). Door Wamelink en Runhaar (2000) zijn voor alle plantengemeenschappen op associatieniveau grenswaarden voor standplaatscondities vastgesteld voor optimaal en suboptimaal voorkomen van de vegetatie. Deze grenswaarden worden mede toegepast in het Natura 2000-beleid voor de formulering van abiotische voorwaarden voor habitattypen. De grenswaarden zijn een bruikbare maat om vast te stellen of een eventuele verandering van de grondwaterstand leidt tot een situatie waarin de standplaats voor de plantengroei niet meer voldoet. Ook zijn grenswaarden vastgesteld voor de zuurgraad en de voedselrijkdom. Deze factoren hangen indirect ook samen met het grondwaterregime; een verandering in de waterhuishouding kan derhalve de

zuurgraad en de voedselrijkdom eveneens beïnvloeden. Ook transport van suppletiezand kan resulteren in een verandering van zuurgraad en voedselrijkdom.

Voor de vegetatietypen waarvan abiotische grenswaarden zijn vastgesteld, zijn deze weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Standplaatsvereisten van plantengemeenschappen die voorkomen in duinvalleien op Ameland. De GxG-waarden zijn uitgedrukt in cm beneden maaiveld.

Vegetatietype	GVG (cm-mv)				GLG (cm-mv)				zuurgraad				voedselrijkdom		
	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens	zuur	matig zuur	zw.zuur	basisch	voedsel-arm	matig v.rijk	zeer v.rijk
Samolo-Littorelletum	-50	-33	-8	0	-20	0									
Typho-Phragmitetum	-300	-200	-50	0		20	50								
Caricetum trinervi-nigrae	-30	-23	-3	10		25	60								
Parnassio-Juncetum atricapilli	-15	-8	10	20											
Junco-Schoenetum	-20	-8	18	30	0	20									
Centauro-Saginetum	0	13	38	50	10	40									
Cicendietum filiformis	-20	-10	15	30	10	40									
Eleocharito-Limoselletum			-15	0	-15	-5									

legenda: optimaal
 suboptimaal

De grondwaterstandvereisten zijn vergeleken met het waterregime in de peilbuizen. Voor peilbuizen met korte meetreeksen konden geen GxG-waarden worden bepaald. Dit zijn de peilbuizen uit de Lange Duinen en gebied ten noorden het Oerd/Nieuwlandsdijk. Voor de overige zes buizen is in Tabel 15 de uit de peilbuismetreeksen afgeleide GxG-waarde weergegeven gezamenlijk met de GxG-vereisten van vegetatie-opnamen in de omgeving van deze buizen. Aangezien de maaiveldhoogte van de vegetatie-opnamen niet bekend is, en vanwege de afstand tussen peilbuizen en opnamelocaties tevens een ruimtelijk verloop in de grondwaterstanden aanwezig zal zijn, mogen de meet- en grenswaarden slechts indicatief worden vergeleken. Niettemin zijn de meetwaarden volgens Tabel 15 veelal in lijn met de standplaatsvereisten.

Tabel 15. GxG-waarden van peilbuizen op Ameland, gecombineerd met standplaatsvereisten van plantengemeenschappen in de omgeving van de peilbuizen. De GxG-waarden zijn uitgedrukt in cm beneden maaiveld.

Peilbuis	GVG m-mv	GLG m-mv	Vegetatietype	GVG (cm-mv)				GLG (cm-mv)			
				ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens	ondergrens	bovengrens
Ballumer Duinen - buis B01H0251	-0,11	0,43	<i>Cicendietum filiformis</i> *)	-20	-10	15	30	10	40		
Zwanewaterduinen - buis B01H0243	-0,17	0,49	<i>Caricetum trinervi-nigrae</i> *)	-30	-23	-3	10			25	60
Zwanewaterduinen - buis B01H0200	0,39	0,61	<i>Typho-Phragmitetum</i>	-300	-200	-50	0			20	50
Zwanewaterduinen - buis B01H0253	0,17	0,86	<i>Caricetum trinervi-nigrae</i> *)	-30	-23	-3	10			25	60
Zwanewaterduinen - buis B01H0242	-0,49	0,27	<i>Caricetum trinervi-nigrae</i> *)	-30	-23	-3	10			25	60
Zwanewaterduinen - buis B01H0244	-0,26	0,4	<i>Samolo-Littorelletum</i> *)	-50	-33	-8	0	-20	0		
			<i>Samolo-Littorelletum</i> *)	-50	-33	-8	0	-20	0		

legenda: *) vegetatie-opname ligt niet direct naast de peilbuis
 optimaal
 suboptimaal

Een vergelijking van standplaatsvereisten met grondwaterstanden na zandsuppletie kon niet worden gemaakt. Uit de resultaten van het hydrologisch onderzoek naar de invloed van zandsuppleties, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, kon namelijk geen verandering van de grondwaterstand ten gevolge van zandsuppleties worden vastgesteld. Bijgevolg kan ook geen hydrologisch effect van zandsuppleties op de vegetatie worden bepaald.

Bovendien zijn voor vier peilbuizen de meetreeksen beperkt tot de periode voorafgaand aan de zandsuppletie. Dit betreffen de buizen B01H0243, B01H0253, B01H0242 en B01H0244, met een meetperiode tot 2005. Deze meetreeksen kunnen pas in beschouwing worden genomen als er volvolgmonitoring plaatsvindt, waarbij de meetreeks wordt aangevuld met metingen na zandsuppletie, gecombineerd met tijdreeksanalyse voor simulatie van de periode zonder meetdata.

Alhoewel geen significante stijging van de grondwaterstand door zandsuppletie is vastgesteld, is de onzekerheid in de uitkomsten groot, tot een maximale bandbreedte van 15 cm in de zeereep. In de duinvalleien achter de zeereep is deze onzekerheid naar verwachting kleiner. Niettemin kan een stijging zeker gevolgen hebben voor de vegetatie, waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen een kortstondige stijging of een structurele verhoging van de grondwaterstand. Vanwege de grote meerjarige dynamiek in grondwaterstanden van duinen, is het systeem veelal voldoende robuust tegen kortstondige beperkte stijgingen van de grondwaterstand. Een langjarige verhoging van maximaal 15 cm heeft evenwel consequenties voor de gewenste standplaatscondities van plantengemeenschappen van duinvalleien. Zoals in Tabel 14 en Tabel 15 is weergegeven, is voor verschillende kenmerkende vegetatietypen van habitatype H2190B Vochtige duinvalleien-kalkrijk en H190-C Vochtige duinvalleien-ontkalkt de bandbreedte ten aanzien van een optimale gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand 20 à 25 cm. Bij een stijging van 15 cm is er een risico dat de vernatting groter is dan volgens de vereisten van de vegetatie haalbaar is. Het grondwatertraject waarin de condities na vernatting suboptimaal zijn, bedraagt voor de betreffende plantengemeenschappen gemiddeld circa 10 centimeter. Dit houdt in dat in het uiterste geval de standplaatscondities na 15 cm stijging geheel niet meer voldoen. Wat dit betekent voor het duinvallei-ecosysteem als geheel, hangt mede af van de positie van de vallei in het duinlandschap en van de vochtgradiënten de vallei:

- In valleien met een grote variatie in de vochtgradiënt, waaronder areaal met matig vochtige standplaatsen aanwezig, is migratie van soorten binnen de vallei mogelijk. Op Ameland is dit bijvoorbeeld het geval in de Zwanewaterduinen. Daarentegen is in de Lange Duinen-Noord deze variatie slechts beperkt aanwezig. Dit is een vallei met vooral veel moerasbegroeiing en permanent open water, en een steile gradiënt naar droge grijze duinen. In deze vallei is een risico op het verdwijnen van vegetaties van kalkrijke en ontkalkte duinvalleien door vernatting.
- Afhankelijk van de hydro-ecologische positie van een vallei, zal bij een stijging van de grondwaterstand vooral duinwater toestromen, of juist meer regenwater accumuleren. In het laatste geval treedt ongewenste verzuring op. Een voorbeeld van vernatting in combinatie met een toename van de regenwaterinvloed is de vallei Koegelwieck op Terschelling.
- Een risico van een plotselinge sterke stijging van de grondwaterstand is afsterving van de aanwezige begroeiing. In dat geval accumuleert het aanwezige organisch materiaal en komen voedingsstoffen beschikbaar, waardoor direct na vernatting verzuuring kan optreden. Dit fenomeen is bekend van de Kennemerduinen, waarbij de waterstandstijging evenwel groter was dan 15 cm.

Relatie met overstuiving en de geochemische samenstelling van suppletiezand

Er is een intensieve wisselwerking tussen het kustbeheer en de kustmorfologie, die vervolgens invloed uitoefent op de ecologische potenties van de duinen. Het optreden van overstuiving wordt voornamelijk bepaald door het beheer van de zeereep. Aanplant van helm en kunstmatige vastlegging van stuifkuilen leidt tot een beperkte overstuiving. Dit wordt noodzakelijk geacht voor erosieve kustlocaties, waar zonder suppleties het ontstaan van stuifkuilen een risico vormt voor de instandhouding van de zeereep. Indien op dergelijke locaties zandsuppleties worden uitgevoerd, kan het zeereepbeheer geëxtensieerd worden, waardoor achter de zeereep meer overstuiving optreedt. Dit leidt tot meer dynamiek en verjonging van het

duinlandschap, en sluit aan bij natuurlijke processen in het duin. Als gevolg van zandsuppleties zal ook een deel van het gebiedsvreemde suppletiezand de duinen instuiven.

Door Stuyfzand et al (2012) is onderzoek gedaan naar de geochemische samenstelling van suppletiezand in relatie tot de samenstelling van het oorspronkelijke bodemmateriaal. Voor dit onderzoek is onder meer gebruik gemaakt van twee meetraaien op Ameland: raai 1 aan de oostzijde doorsnijdt een geplagde vallei ten noorden van het Oerd/Nieuwlandsdijk, en raai 2 ligt in het westen van Ameland ter hoogte van de Lange Duinen Noord. Het suppletiezand in deze raaien is volgens dit onderzoek met name herkenbaar door hoge gehalten van calciumsilicaten, en daarnaast verhoogde waarden voor onder meer ijzer, mangaan, titanium en fosfor. In de oostelijke raai 1 is het onderscheid met het oorspronkelijk duinzand moeilijk waarneembaar, vanwege eveneens hoge calciumgehalten in de geplagde duinbodem. Daarentegen is het duinzand in de westelijke raai 2 door uitloging sterk ontkalkt, waardoor de verspreiding van het suppletiezand goed traceerbaar is.

Stuyfzand et al. (2012) constateren dat beide meetraaien onder invloed staan van strand- en vooroeversuppleties, waarbij suppletiezand de zeereep overstoven heeft tot resp. 200 en 250 m van de HWL. Dit houdt in dat aanvoer van suppletiezand naar duinvalleien achter de zeereep beperkt plaatsvindt.

Het monitoringsonderzoek van Krol (2012) naar de effecten van dynamisch kustbeheer aan de westzijde van Ameland wijst eveneens uit dat stuifzand met name de opbouw van de zeereep beïnvloedt (toename van de dynamiek) en dat instuiving van het moeras van de Lange Duinen-Noord niet op grote schaal plaatsvindt. Op de grens van de zeereep en de vallei ontstaat wel op meerdere plaatsen een oever met vers stuifzand, waar vervolgens verjonging van de vegetatie optreedt. Er is in dit onderzoek geen onderscheid gemaakt in herkomst van het stuivende zand. Gezien de combinatie van uitvoering van zandsuppletie en ingrepen in de zeereep, is aanvoer van zand langs het moeras in principe van beide oorsprong mogelijk. De plantengroei wijst op een zekere mate van zuurbuffering. Dit duidt op aanvoer van kalkhoudend zand, maar kan ook het gevolg zijn van de aanwezigheid van basen in het grondwater.

Voor de plantengroei in duinvalleien zijn de volgende aspecten van belang:

1. De mate van overstuiving. In principe kan de combinatie van suppleties met dynamisch zeereepbeheer zorgen voor een extra toename van dynamiek, waardoor doorstuiving verder landwaarts wordt bevorderd. Bij sterke overstuiving kan de plantengroei door zand bedekt worden. Ook veranderen dan vocht karakteristieken van de bodem. De vegetatie kan hierdoor worden terug gezet in de successie (ontstaan pioniersituaties) en bij een dik pakket kunnen voor duinvalleivegetaties verdroogde standplaatsen ontstaan. Volgens Stuyfzand et al. (2012) speelt dit echter geen grote rol op Ameland. Hier wordt het meeste zand aan de voorzijde van de zeereep ingevangen, waardoor herstel van een lange overstuivingsgradiënt wordt geblokkeerd. Krol (2012) wijst evenwel op overstuiving aan de rand van de vallei van de Lange Duinen-Noord, zonder uitsluitel te geven over de herkomst van het zand. De schaal waarop instuiving in de vallei optreedt is zeer beperkt, en draagt bij aan een gewenste verjonging van de valleibegroeiing door vestiging van bijzondere soorten van vochtige valleien, waaronder Brede orchis en Moeraskartelblad.
2. Het kalkgehalte. Kalkhoudend zand zorgt voor een bufferende werking van de bodem tegen aanvoer van zuren via neerslag of door organische stof-productie. Deze zuurbuffering heeft direct een weerslag op de soortensamenstelling van de vegetatie. De aanvoer van kalk draagt in principe positief bij aan de gewenste verbetering van de condities voor het Natura 2000-habitatype H2190B Vochtige duinvalleien-kalkrijk (zie Tabel 14).
3. Fosforgehalte en bindingsvorm. Volgens Stuyfzand et al. (2012) komt in suppletiezand een verhoogde waarde van fosfor voor. Fosfor is één van de voedingsstoffen die bepalend is voor de

biomassaproductie. In verschillende kalkhoudende duinvalleien is fosfor als limiterende voedingsstof aangetoond (Koerselman & Meuleman). Bepalend hiervoor is de binding aan calcium. Uitspoeling van calcium kan leiden tot een verhoogde beschikbaarheid van fosfor voor plantengroei. Zoals is af te lezen uit Tabel 14, zijn verschillende duinvalleivegetaties juist gebonden aan voedselarme omstandigheden. Verhoogde fosforgehaltes leidt in fosfaat-gelimiteerde valleien tot verruiging. In hoeverre dit optreedt, hangt af van de bindingsvorm en het gehalte van fosfor in het zand. Daarnaast kan fosfor dat vrijkomt uit verwerking ook opnieuw door calcium uit vers zand vastgelegd worden. Uitsluitel over deze processen vergt nader biogeochemisch onderzoek.

Relatie met bodemdaling op Oost-Ameland

Het onderzoek naar bodemdaling op Oost-Ameland heeft uitgewezen dat duinvalleien natter zijn geworden, en voor zover ze in directe verbinding met de kwelder stonden, nam de zoutinvloed toe (BCMBA, 2011). Hier zijn een aantal oorzaken voor vastgesteld: bodemdaling door gaswinning, toename van neerslag in de monitoringsperiode en verbeterde toegankelijkheid van zeewater door plagwerkzaamheden in een laaggelegen duinvallei. De vernatting en verzilting die gedurende dit onderzoek is waargenomen, heeft tot dusver op Ameland niet geleid tot een verlies aan biodiversiteit in de valleien, maar juist bijgedragen aan uitbreiding van bijzondere plantensoorten. De eventuele invloed van zandsuppletie is in dit onderzoek niet onderzocht. De conclusies uit dit onderzoek ten aanzien van verbeterde condities voor plantensoorten van duinvalleien na vernatting, zijn alleen geldig voor het betreffende gebied en kunnen niet worden overgenomen voor andere duinvalleien op Ameland.

6.3 Literatuurstudie vergelijkbare situaties

Door Arens et al. (2012) is uitgebreid onderzoek gedaan naar de ecologische effecten van zandsuppletie op de duinen. Dit onderzoek heeft zich gericht op de grijze duinen. Dit betreft het droge duinlandschap achter de zeereep, waar men poogt om de verstuiwingsdynamiek te bevorderen en daarmee in vastgelegde duinbodems weer ruimte te creëren voor open pionierbegroeiingen. Er is geen onderzoeksgebied op Ameland vanwege het ontbreken van een goed ontwikkelde gradiënt in het droge duingebied. Een conclusie uit dit onderzoek die van belang is voor instuiving van zand in duinvalleien, is dat de dynamiek en daarmee samenhangende overstuiving voor grijze duinen een belangrijkere ecologische factor is dan suppletie maar dat door suppletie de hoeveelheid zandaanvoer wel toeneemt. Ook stuift het zand op de onderzochte locaties verder door achter de zeereep dan op voorhand was verwacht. Deze bevindingen sluiten aan bij de resultaten van het onderzoek van Krol (2012).

Arens et al. (2012) stellen dat het verschil in zandkwaliteit voor de habitatkwaliteit ondergeschikt is aan de dynamiek. Deze conclusie mag niet onverkort worden doorvertaald naar de effecten op duinvalleivegetaties. Met name wanneer er grote verschillen zijn in het kalkgehalte van het duinzand en het suppletiezand, zoals is vastgesteld in de Lange Duinen, heeft de samenstelling van het zand een belangrijke rol in de zuurbuffering en vestigingsmogelijkheden van plantensoorten van valleien.

In een niet-gepubliceerde studie van Staatsbosbeheer (Lammerts & Aggenbach) naar de invloed van een groter worden van het duinmassief op de waterhuishouding van de duinvallei de Koegelwieck (Terschelling) is wel een verband gelegd tussen uitbreiding van de kustlijn, vernatting, accumulatie van regenwater en bijgevolg verdrinking en verzuring van duinvalleivegetaties. Deze studie is uitgevoerd na de enige suppletie die op Terschelling is uitgevoerd. Dit was in 1993, waarbij 2 miljoen kuub zand is aangebracht tussen paal 13 en paal 18. In de betreffende studie van Staatsbosbeheer wordt de vergroting van het duinmassief toegeschreven aan de uitvoering van de zandsuppletie, waardoor naast natuurlijke

aangroei (die mogelijk versterkt wordt door transport van gesuppleerd zand) elders geen natuurlijke afslag meer plaatsvindt. Dit leidt dan op lange termijn tot een vergroting van het zoetwatersysteem van het eiland. Er is evenwel geen literatuur beschikbaar die de aangroei van de kustlijn door zandsuppleties ter hoogte van de Koegelwieck kan bevestigen. Ook kan het voorliggende monitoringsonderzoek geen kwantitatieve uitspraken doen over mogelijk transport en hersedimentatie van gesuppleerd zand afkomstig van erosieve locaties. Dit effect is niet meer gekoppeld aan de suppletielokatie, en vraagt om andere analyses. Deze analyses naar de relatie tussen gesuppleerde volumes en kustaangroei vinden plaats in het programma Kennis voor Primaire Processen beheer en Onderhoud Kust (KPP Kust).

Met de resultaten van het voorliggende monitoringsonderzoek kan vooralsnog geen uitsluitel worden gegeven over het al dan niet optreden van een vergroting van het duinmassief door zandsuppleties op Ameland.

6.4 Conclusie

Op basis van dit onderzoek en andere gegevens, waaronder de monitoring van het Natuurcentrum, kan inderdaad wel e.e.a. specifiek voor Ameland geconstateerd worden:

- Het hydrologisch onderzoek in voorliggende studie heeft niet kunnen aantonen dat zandsuppleties een effect hebben op de waterhuishouding van duinvalleivegetaties. De onzekerheid in deze resultaten is echter relatief groot (grondwaterstandstijging van 0 tot maximaal 15 centimeter). Volgens Steijn en Zaadnoordijk heeft de maximale onzekerheid met name betrekking op de droge duinen van zeereep, en is de onzekerheid in mogelijke grondwaterstandstijging lager in de valleien achter de zeereep. Vanwege deze onzekerheid kan een effect op de vegetatie niet worden uitgesloten.
- Er is vooralsnog geen reden om aan te nemen dat verzuring door accumulatie van regenwater optreedt.
- Transport van zand naar duinvalleien is aangetoond. Zodra dynamiek in de zeereep leidt tot overstuiving van valleien, is er een zeer dominant effect op valleien. Daarnaast kan de dynamiek in de zeereep leiden tot nieuwe stuifkuilen die uitgeblazen tot het grondwater juist leiden tot valleivorming. Voor de in dit onderzoek opgenomen valleien op Ameland speelt dit niet. De schaal waarop instuiving optreedt leidt alleen in beperkte zone van de duinvallei in de Lange Duinen tot accumulatie van zand. De schaal waarop dit momenteel plaatsvindt, is momenteel geenszins een bedreiging voor het voorkomen van habitattypen in de vallei. De positieve effecten van zandsuppleties in combinatie met dynamisch duinbeheer zijn gelegen in aanvoer van kalkhoudend materiaal en het ontstaan van gewenste pioniersituaties in gestabiliseerde ecosystemen. In hoeverre de effecten van stapeling van zand positief dan wel negatief moeten worden beoordeeld, hangt af van waardering voor natuurlijkheid van de processen en de betekenis die wordt gehecht aan de plantengroei ter plaatse (vergroting diversiteit).
- De samenstelling van het zand wijkt af van de samenstelling van het natuurlijke duinzand. Met betrekking tot de ecologische processen in duinvalleien manifesteert deze andere samenstelling zich met name in hogere kalkgehalten en een mogelijke bron van fosfaat. Vanuit het oogpunt van de Natura 2000-doelstelling voor habitatype Duinvalleien (kalkrijk) is aanvoer van kalkrijk materiaal positief, vanwege de bijdrage aan een gewenste verbeterde zuurbuffering van de standplaats. Een verhoogde aanvoer van fosfaat vormt een potentieel risico op eutrofiëring. Dit kan op langere termijn spelen als het aanwezige kalkhoudende materiaal verweerd en uitgespoeld raakt, waardoor het aan calcium gebonden fosfor beschikbaar komt voor plantengroei. Het is vooralsnog niet mogelijk om op basis van het geochemisch onderzoek en de vegetatiegegevens een uitspraak te doen over het optreden van dit proces.

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

7.1.1 Grondwater

Heeft de zandsuppletie van 2010 en 2011 bij Ameland effect gehad op de grondwaterstanden?

Deze vraag hebben we in deze studie met tijdreeksanalyse getracht aan te tonen. We komen tot de volgende resultaten:

- Voor de vier raaien en voor het eiland in geheel is geen verandering van de grondwaterstanden gevonden die aan de zandsuppleties gekoppeld kan worden. De meest betrouwbare methode, die van de trendschatting (waarbij een tijdreeksmodel voor de totale meetperiode wordt gemaakt) levert een gemiddelde verhoging van de modelbasis van 20 cm. Dit lijkt een plausibel effect gezien de voorstudie van Acacia water. De resultaten blijken echter inconsistent te zijn. Aan de westkant van het eiland worden verlagingen berekend die onmogelijk kan worden toegeschreven aan zandsuppletie dat juist tot een verhoging zou moeten leiden.
- De onnauwkeurigere methoden geven over het algemeen wel stijgingen aan. Het ruimtelijk patroon is echter niet dusdanig dat er een goede relatie met de zandsuppletiewerkzaamheden gelegd kan worden. De meeste grotere afwijkingen zijn gevonden bij de onnauwkeurigste methoden (die met interpolatie voor T0) die een systematische overschatting heeft van dezelfde orde als de gevonden verhoging.
- In meetraai 3 (ten oosten van Buren, kilometerraaian 11 tot 14) is met methode 2 (T1-kort vergeleken met T0) een stijging van het structureel niveau aangetoond van rond de 15 cm voor de periode van mei 2010 tot september 2012 ten opzichte van de referentieperiode (T0). Deze stijging kan zowel een door een kortstondig als een lange termijneffect worden veroorzaakt. De groep peilbuizen waarvoor dit resultaat is aangetoond is eigenlijk te klein om dit een betrouwbaar resultaat te noemen.
- Met behulp van vlakdekkende interpolatie is geen significant effect aangetoond van de zandsuppleties. De resulterende verschillen (tussen de T1 en de T0) blijven kleiner dan de fout in de interpolatiewaarden voor bekende punten.
- Vooral vanwege de beperkingen in de T0-analyse (qua meetpunten en meetfrequentie) mag niet verwacht worden dat het continueren van de metingen op die plekken zoals raai 4 veel meer inzicht geeft in de effecten van de suppleties van 2010-2011. Het is wel zinvol om metingen voort te zetten voor het nauwkeuriger analyseren van toekomstige zandsuppleties. Vanwege het feit dat de eventuele effecten van de laatste zandsuppleties beperkt zijn is het aan te bevelen om de metingen in een beperkt aantal punten voort te zetten.
- De betrouwbaarheid van de resultaten is beperkt. Vanwege de kwaliteit van de meetgegevens maar ook vanwege de geringe reekslengte van na de suppletieperiode. Het maximale lange termijneffect van de zandsuppleties wordt hier bepaald op 15 cm verhoging. De beschikbaarheid van een langere meetreeks na de suppletieperiode maakt het mogelijk dit maximale effect beter te begrenzen.
- Een effect wat zich op een langere tijdschaal manifesteert, bijvoorbeeld ten gevolge van herhaaldelijke suppleties op dezelfde locatie, kan door de afbakening van dit project niet worden aangetoond. Dit is wel onderwerp van studie in het programma Primaire Processen beheer en Onderhoud Kust (KPP Kust) van Rijkswaterstaat, waarin de relatie tussen kustaangroei en suppletievolumes wordt onderzocht.

Is er een kortstondig effect van (strand) suppleties op grondwaterstanden langs de kust, en zoja, wat is de maximale verwachte stijging en wat is de duur van dit effect?

Door middel van een visuele inspectie van de modelresiduen is gekeken of er een kortstondig effect optreedt wat niet in de tijdreeksanalyse naar voren komt. Dit blijkt niet het geval te zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat kortstondige effecten zeer afhankelijk zijn van enerzijds de manier van suppletie en anderzijds de lokale opbouw van de ondergrond. De resultaten op Ameland zijn dan ook niet 1-op-1 te vertalen naar de rest van de Nederlandse kust.

De resultaten van de tijdreeksanalyses laten over het algemeen een stijging van de grondwaterstand zien, die duiden op een maximaal langetermijneffect van rond 15 cm. De beschikbaarheid van meer meetgegevens zal het mogelijk maken het berekende maximale effect beter te begrenzen en zorgen voor een betere betrouwbaarheid van de gebruikte methode. Hoogst waarschijnlijk zal hiermee het maximale effect dan ook (veel) lager uitvallen.

7.1.2 Ecologie

Binnen de meetperiode van het monitoringsonderzoek is geen invloed van zandsuppleties op de waterruithouding van duinvalleien aangetoond. De onzekerheid in de uitkomsten is evenwel dusdanig groot dat een effect niet geheel kan worden uitgesloten.

Effecten van zandsuppletie zijn manifest door aanvoer van materiaal naar duinvalleien met een andere herkomst dan het duinzand. Er treedt daadwerkelijk transport van zand naar duinvalleien op. De mate waarin dit gebeurt, is mede afhankelijk van het zeereep-beheer. De zandaanvoer is slechts op beperkte schaal zichtbaar in de accumulatie van een zandpakket aan de rand van een vallei, waardoor vochtige pioniermilieus van (zwak) gebufferde omstandigheden zijn ontstaan.

De verdere verspreiding van kalkhoudend suppletiezand draagt in principe in ontkalkte valleien bij aan een hogere zuurbuffering. Het in suppletiezand aanwezige fosfaat kan op termijn bijdragen aan een toename van de voedselrijkdom, waardoor verzuuring kan optreden. Op basis van het geochemisch onderzoek is vooralsnog niet vast te stellen of de fosfaatbijdrage een significante betekenis voor de biomassaproductie zal hebben.

Met het huidige meetnet is een analyse naar mogelijke veranderingen in de vegetatiesamenstelling niet mogelijk. Om uitspraken hierover te doen, zijn herhalings-vegetatieopnamen op vastgestelde locaties noodzakelijk. De noodzaak voor een uitbreiding van het monitoringsprogramma is echter niet zeker vast te stellen. De bevindingen van het tijdreeksonderzoek veronderstellen namelijk geen hydrologisch effect.

Het verband tussen waterstandsregime en soortensamenstelling van de vegetatie is onzeker voor locaties waar vegetatie-opnamen op grotere afstand van de peilbuis zijn gelegen. Tevens ontbreekt informatie over de maaiveldhoogte van vegetatie-opnamen, waarmee een eenvoudige lineaire vertaling van waterstanden in een peilbuis naar waterstanden behorende bij het betreffende opnamevlak niet gemaakt kan worden.

7.2 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan voor de toekomst

- Lange termijneffecten kunnen niet worden aangetoond omdat de periode na de zandsuppletie nog te kort is. Het verdient de aanbeveling het meetnetwerk te beoordelen op bruikbaarheid voor enerzijds monitoring van de lange termijn effecten alsook een voorbereiding op toekomstige suppletiewerkzaamheden. Voor eventueel vervolg wordt aangeraden met een gereduceerd aantal peilbuizen gerichte analyses te doen.
- Een intensieve meetcampagne tijdens en na suppletiewerkzaamheden om korte termijneffecten uit te sluiten. Met een uurlijkse meetfrequentie voor een enkele raai kunnen bijvoorbeeld veel nauwkeuriger tijdreeksmodellen opgezet worden, waarin effecten van het getij kunnen worden meegenomen.
- De beoordeling van de geohydrologische en ecologische effecten van kustversterkingswerken als zandsuppleties en duinverzwaring zal per gebied en omvang moeten worden beoordeeld. In deze studie zijn voor Ameland geen significante effecten aangetoond. In een studie naar de effecten van de Zandmotor (DHV en Artesia, 2010) zijn aan de hand van modelstudies mogelijke effecten berekend. Dit zou ook een mogelijkheid voor Ameland zijn. Met een model kunnen gericht de effecten van bepaalde processen worden geïnspecteerd.
- Ecologische monitoring is zinvol om effecten die zich over langere perioden manifesteren aan het licht te brengen. Daarvoor is wel een aanpassing van het monitoringsprogramma voor de vegetatie noodzakelijk. Deze monitoring dient zich te richten op een beperkt aantal representatieve peilbuizen in valleien, waarvoor de hydrologische invloed van zandsuppleties wordt bepaald. Op deze locaties is in een ruimtelijk vastgesteld vlak (vegetatie-pq) direct naast de peilbuis een bij voorkeur jaarlijkse inventarisatie van de plantengroei gewenst.

8 LITERATUURLIJST

DHV (2012) Eerste analyse van de brondata. Monitoring hydrologische effecten zandsuppletie Ameland.

DHV en Artesia (2010). Beheersmaatregelen Delflandse Kust/Andmotor/Dunea. Projectbureau Pilot Zandmotor. Dossier AC8545.

Groen, K. en P.J. Stuyfzand (2011). Naar een meetsysteem van ecohydrologische effecten van zandsuppleties op Ameland. Eindrapport 20/1/2011.

Kok et al (2010). Using Ground based Geophysics and Airborne Transient Electromagnetic Measurements (SkyTEM) to map Salinity Distribution and Calibrate a Groundwater Model for the Island of Terschelling – The Netherlands. SWIM symposium.

Royal HaskoningDHV en KWR (2012). T0 rapportage: hydrologische situatie Ameland voor zandsuppletiewerkzaamheden 2010/2011.

Aarhus university (2011), SkyTEM Survey Ameland 2011. Report Number 2011-11-09, January 2012

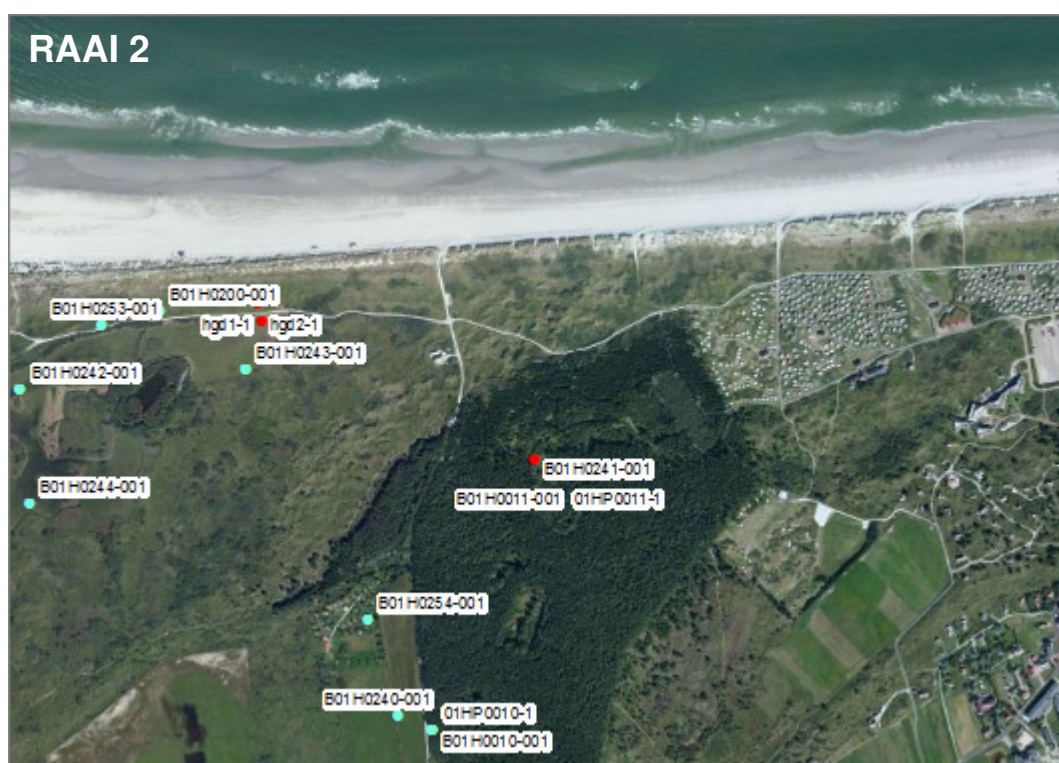
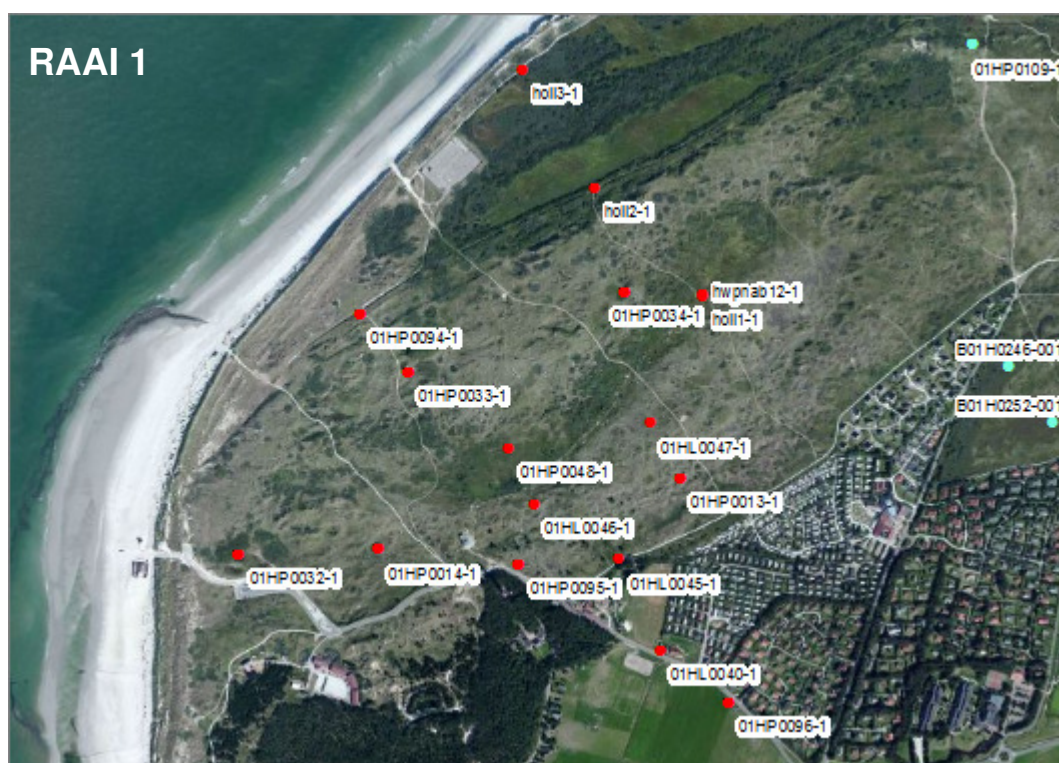
9 COLOFON

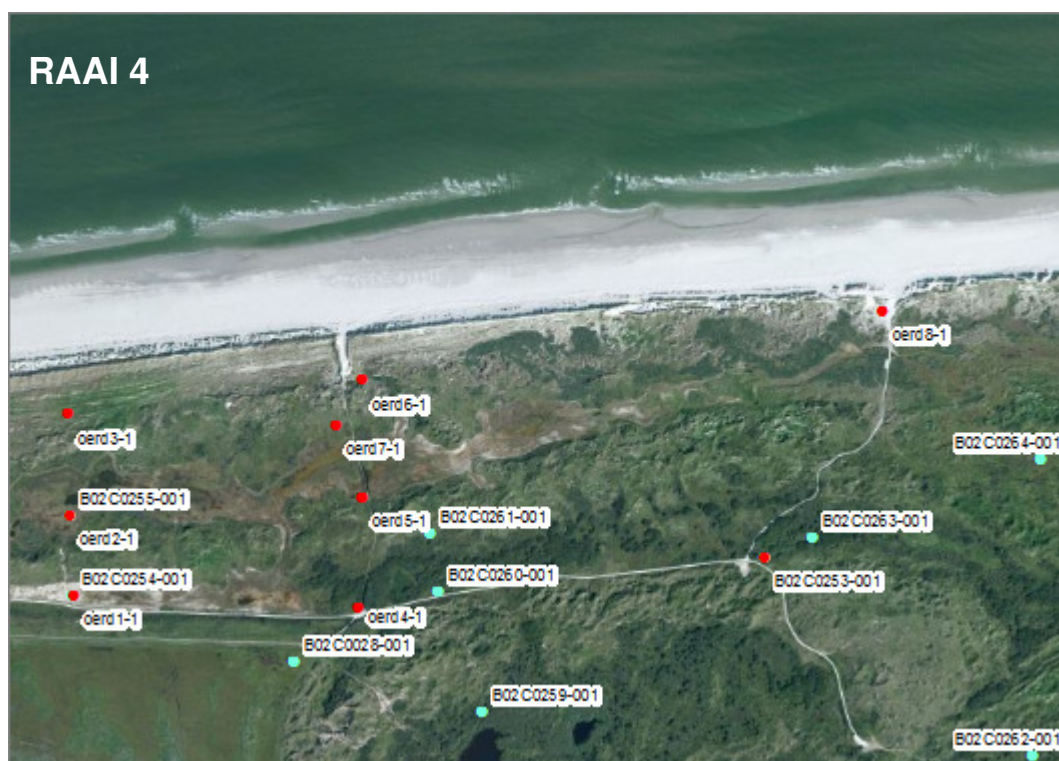
Opdrachtgever	: Rijkswaterstaat
Project	: Plan van aanpak
Dossier	: BA7539-100-100
Omvang rapport	: 50 pagina's
Auteur	: Tom van Steijn, Willem Jan Zaadnoordijk, Martin de Haan
Bijdrage	: Hanneke Schuurmans
Interne controle	: Jos Peters
Projectleider	: Hanneke Schuurmans
Projectmanager	: Tobias Renner
Datum	: 21 december 2012
Naam/Paraaf	: Jos Peters

Bijlage 1 Meetreeksen peilbuizen

(rood = onbetrouwbare meetwaarden verwijderd voor tijdreeksanalyse)

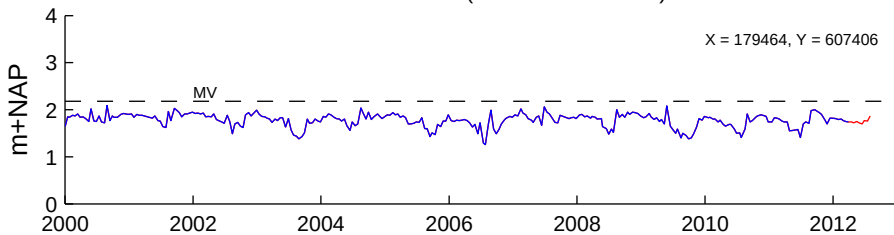
(blauw = betrouwbare meetwaarden gebruikt voor tijdreeksanalyse)





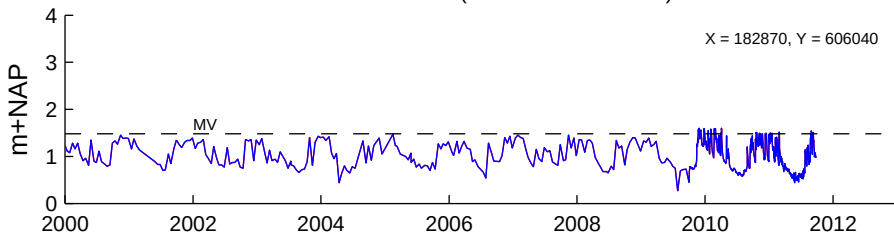
B01H0254 filter 1 (1.34 tot 0.84 mNAP)

X = 179464, Y = 607406



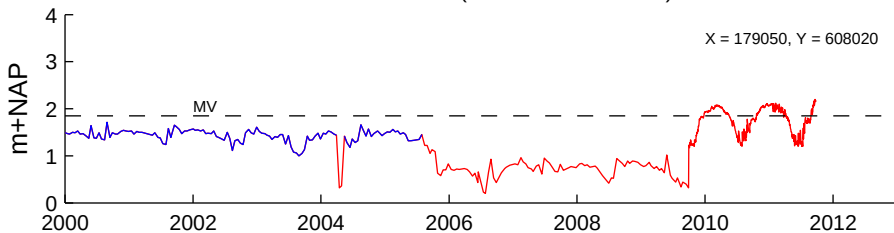
B02C0235 filter 1 (0.17 tot -0.33 mNAP)

X = 182870, Y = 606040



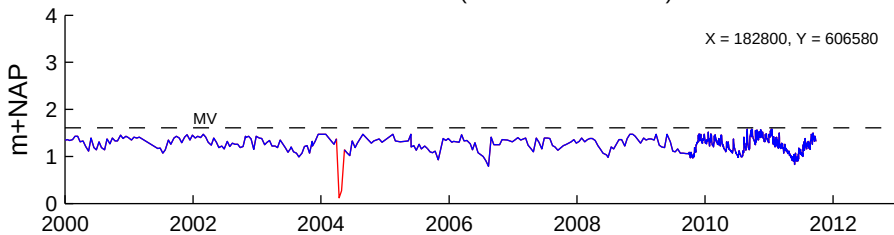
B01H0200 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

X = 179050, Y = 608020

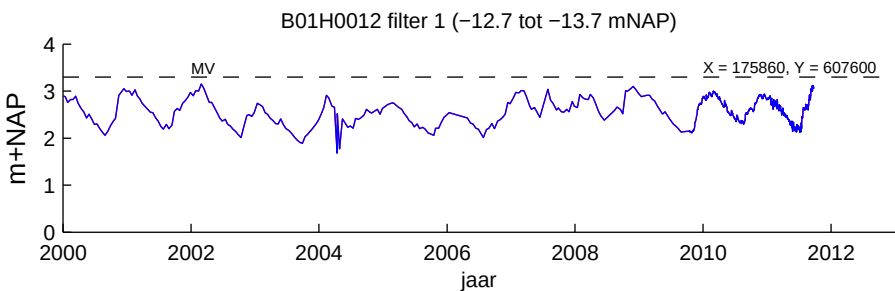
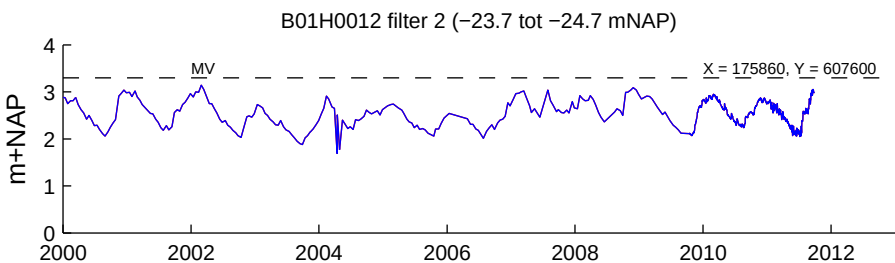
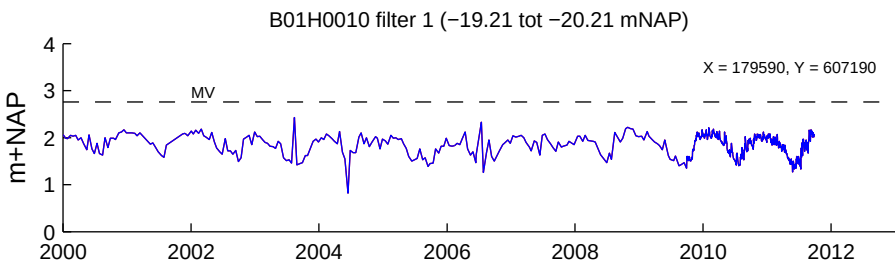
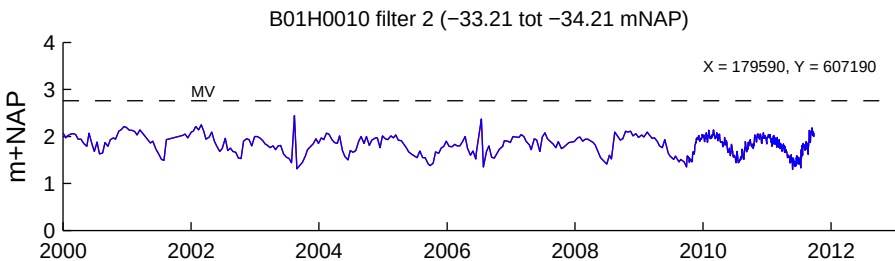
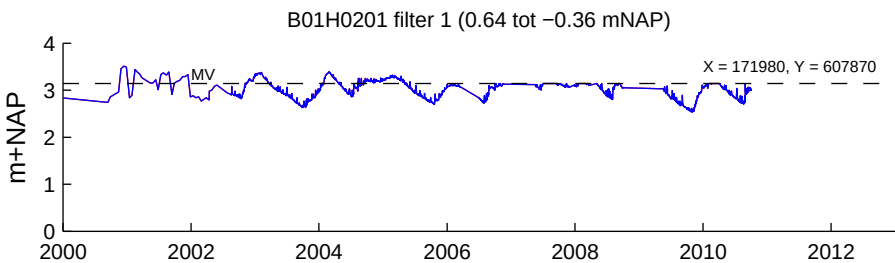


B02C0234 filter 1 (0.27 tot -0.23 mNAP)

X = 182800, Y = 606580



jaar



MV

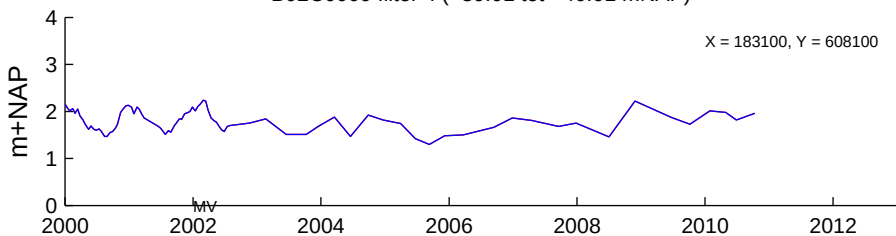
B02C0009 filter 1 (-1.01 tot -2.01 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



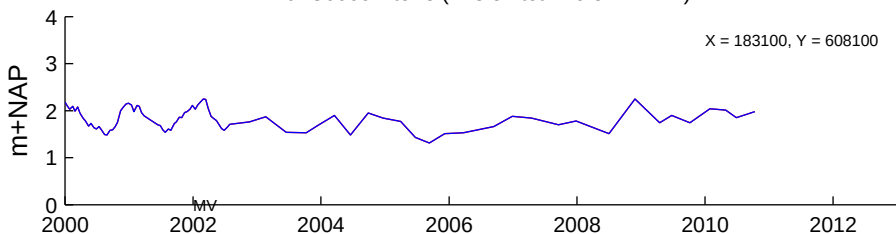
B02C0009 filter 4 (-39.01 tot -40.01 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



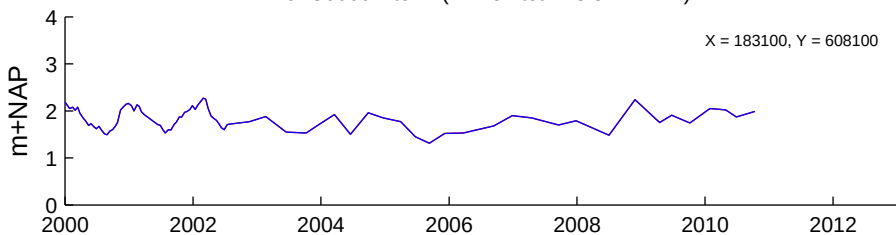
B02C0009 filter 3 (-28.51 tot -29.51 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



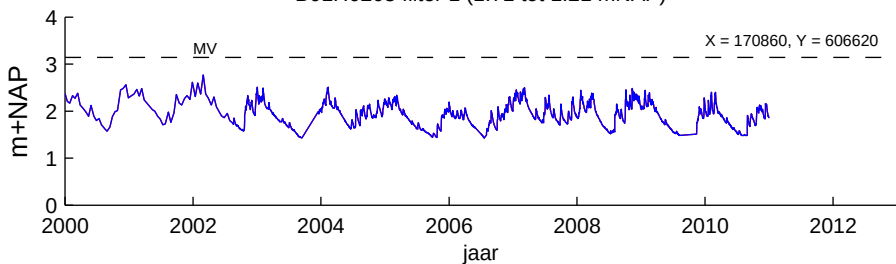
B02C0009 filter 2 (-12.51 tot -13.51 mNAP)

X = 183100, Y = 608100



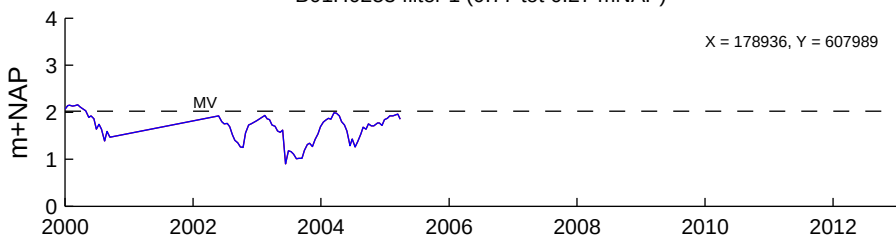
B01H0208 filter 1 (1.71 tot 1.21 mNAP)

X = 170860, Y = 606620



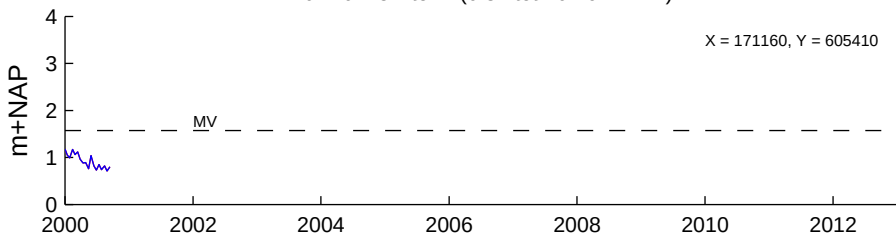
B01H0253 filter 1 (0.77 tot 0.27 mNAP)

X = 178936, Y = 607989



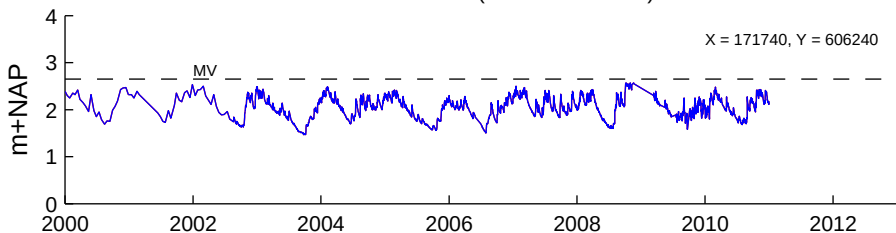
B01H0225 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

X = 171160, Y = 605410



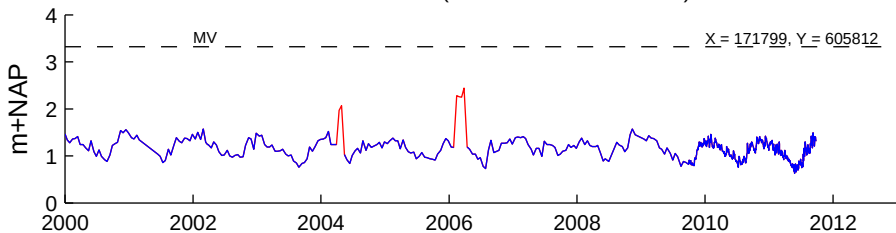
B01H0209 filter 1 (1.2 tot 0.7 mNAP)

X = 171740, Y = 606240



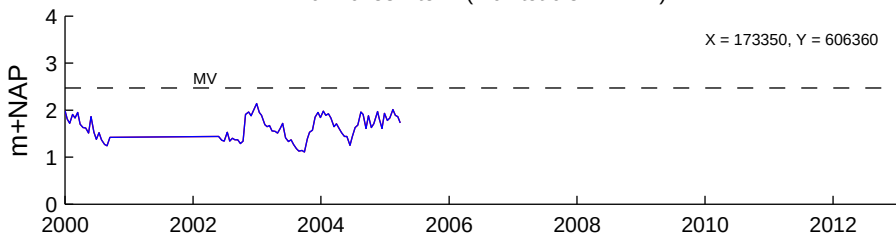
B01H0008 filter 1 (-10.66 tot -26.06 mNAP)

X = 171799, Y = 605812



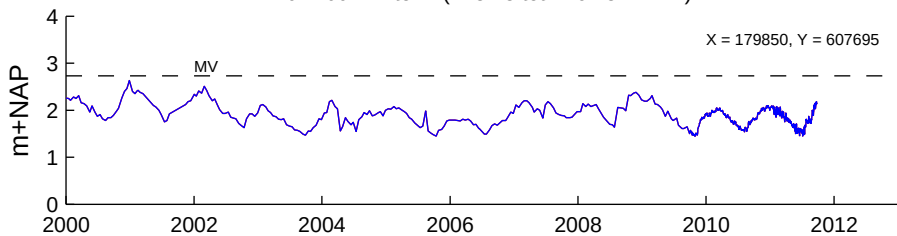
B01H0258 filter 1 (1.02 tot 0.52 mNAP)

X = 173350, Y = 606360

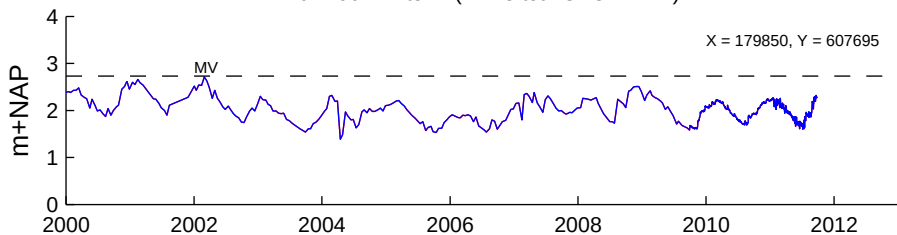


jaar

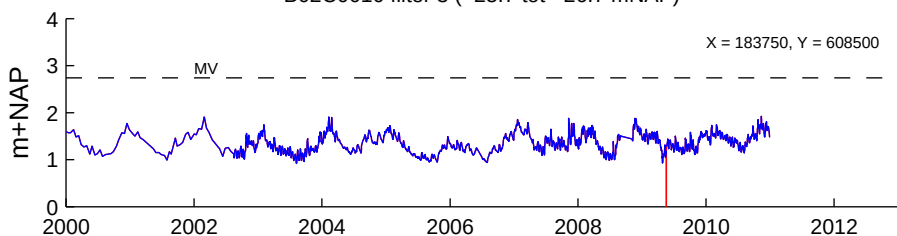
B01H0011 filter 2 (−25.25 tot −26.25 mNAP)



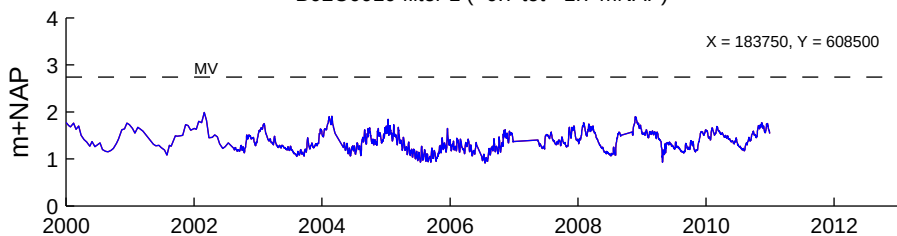
B01H0011 filter 1 (−7.25 tot −8.25 mNAP)



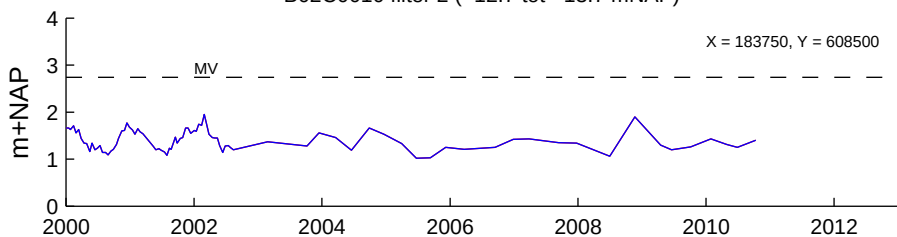
B02C0010 filter 3 (−25.7 tot −26.7 mNAP)



B02C0010 filter 1 (−0.7 tot −1.7 mNAP)



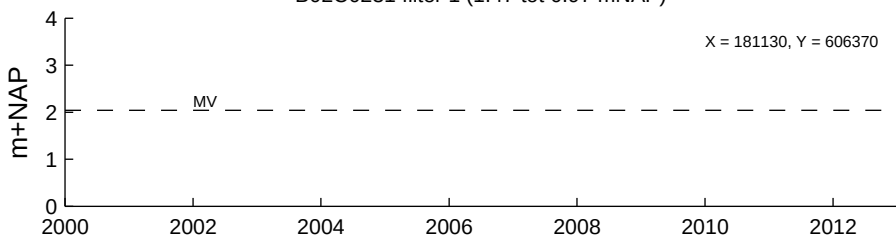
B02C0010 filter 2 (−12.7 tot −13.7 mNAP)



jaar

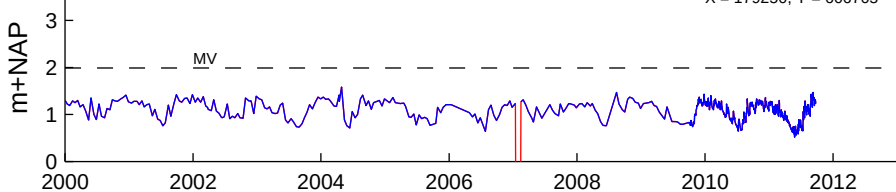
B02C0231 filter 1 (1.47 tot 0.97 mNAP)

X = 181130, Y = 606370



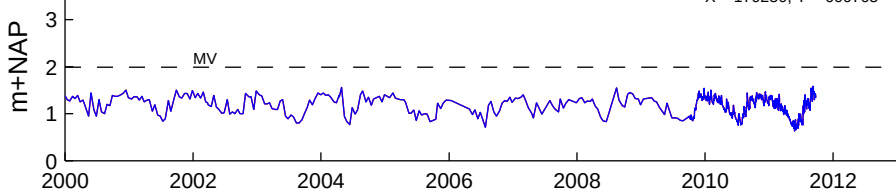
B01H0041 filter 4 (-21.57 tot -22.57 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



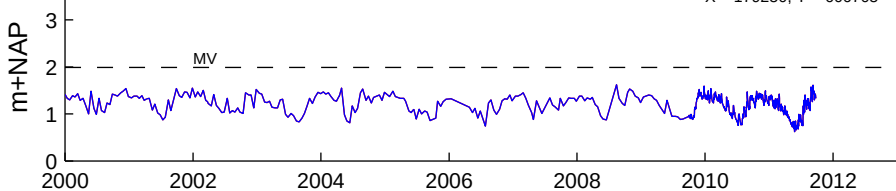
B01H0041 filter 2 (-7.83 tot -8.83 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



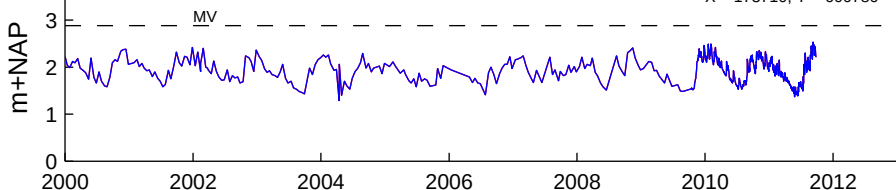
B01H0041 filter 1 (-1.48 tot -2.48 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



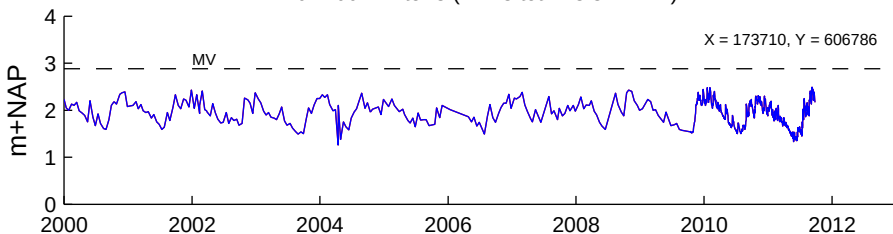
B01H0042 filter 4 (-21.35 tot -22.35 mNAP)

X = 173710, Y = 606786

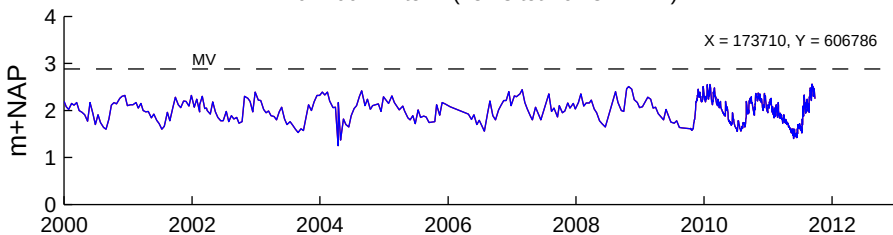


jaar

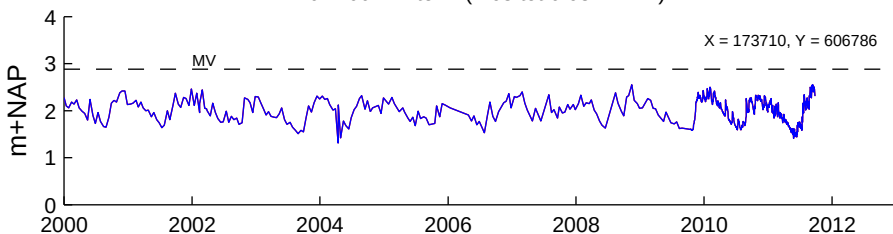
B01H0042 filter 3 (-12.3 tot -13.3 mNAP)



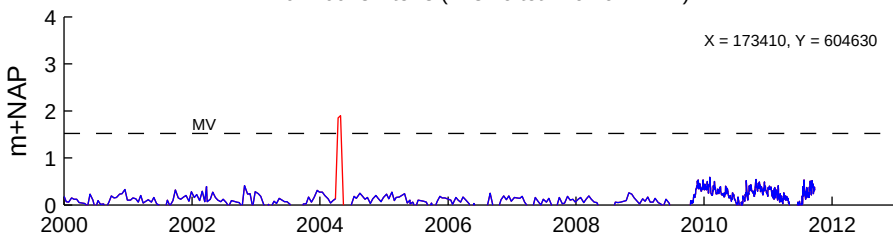
B01H0042 filter 2 (-5.78 tot -6.78 mNAP)



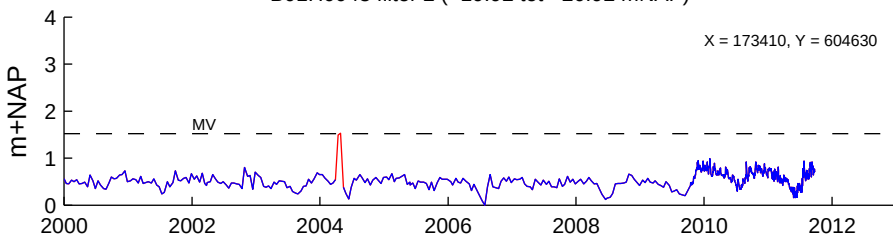
B01H0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)



B01H0043 filter 3 (-28.79 tot -29.79 mNAP)



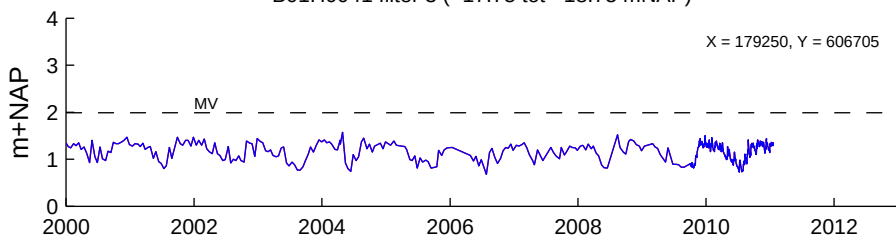
B01H0043 filter 2 (-19.92 tot -20.92 mNAP)



jaar

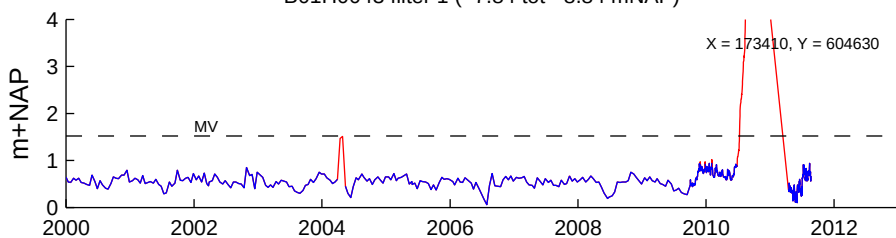
B01H0041 filter 3 (-17.75 tot -18.75 mNAP)

X = 179250, Y = 606705



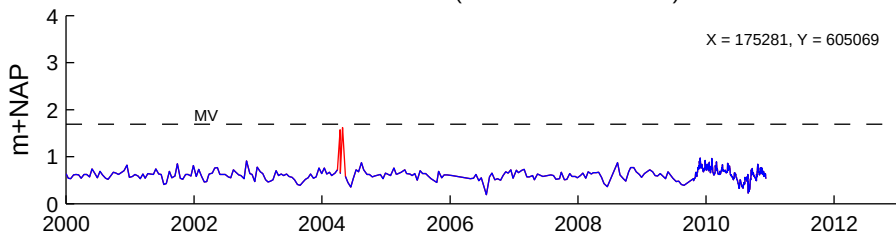
B01H0043 filter 1 (-7.84 tot -8.84 mNAP)

X = 173410, Y = 604630



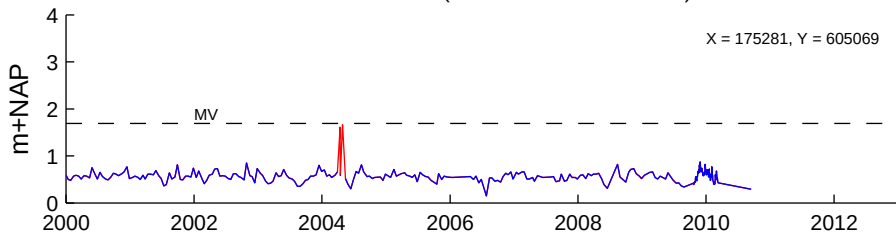
B01H0044 filter 1 (-1.56 tot -2.56 mNAP)

X = 175281, Y = 605069



B01H0044 filter 2 (-10.39 tot -11.39 mNAP)

X = 175281, Y = 605069

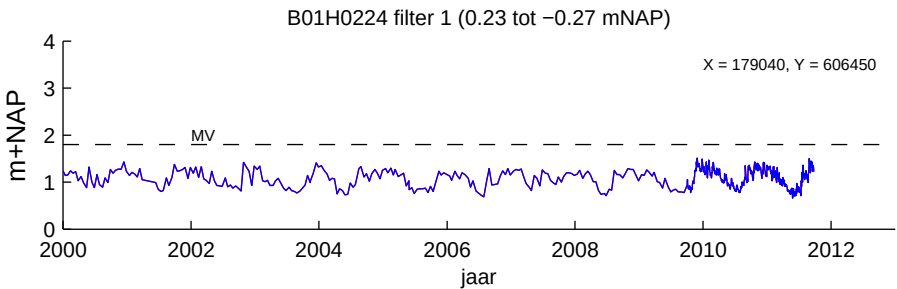
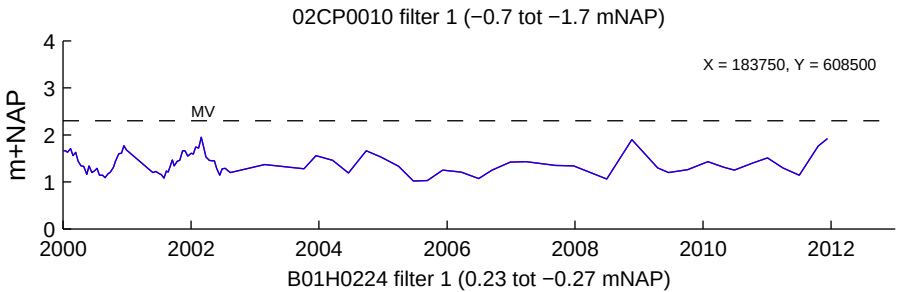
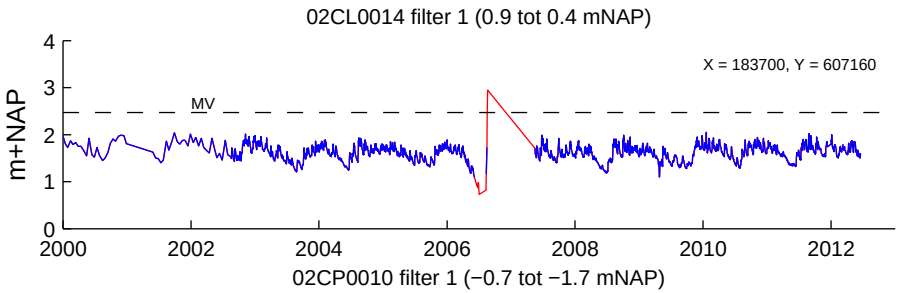
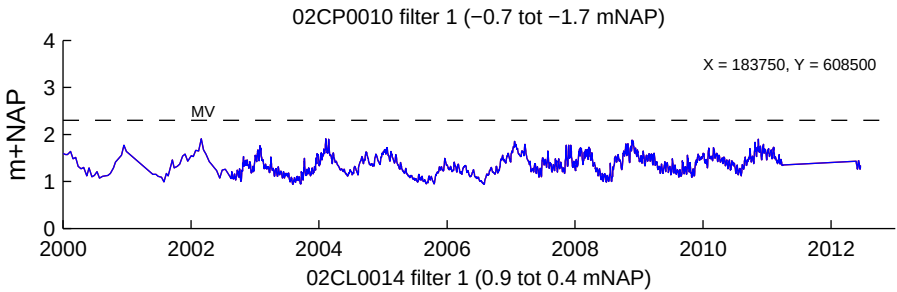
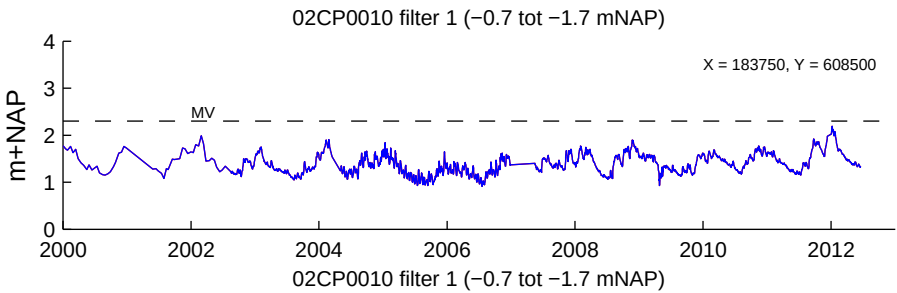


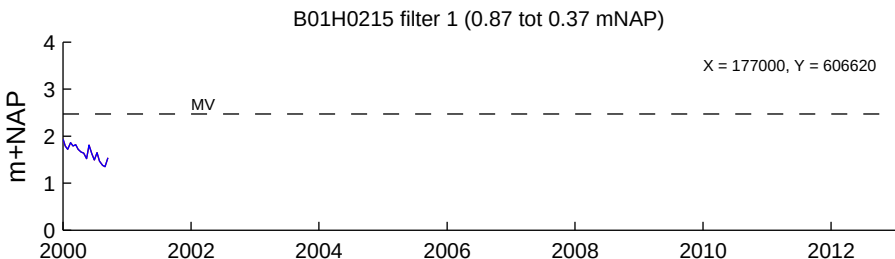
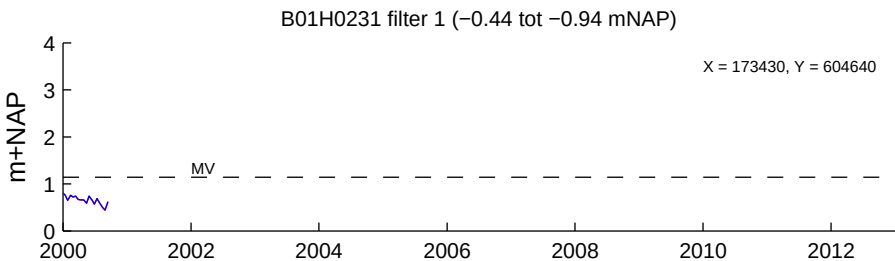
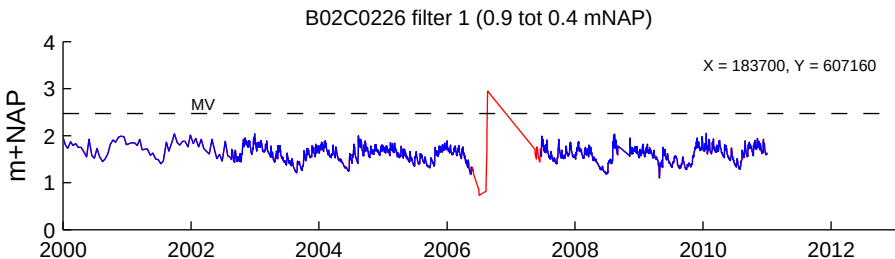
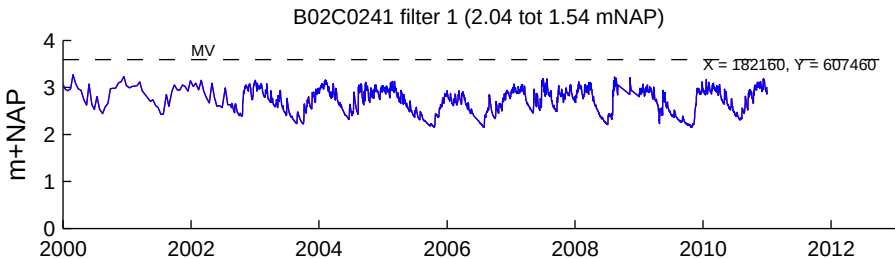
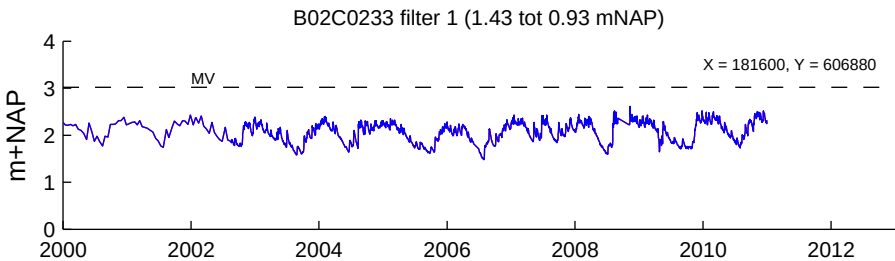
B01H0229 filter 1 (-0.36 tot -0.86 mNAP)

X = 171980, Y = 604890



jaar



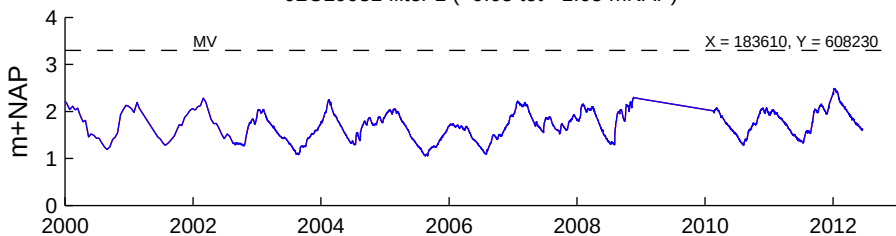


jaar

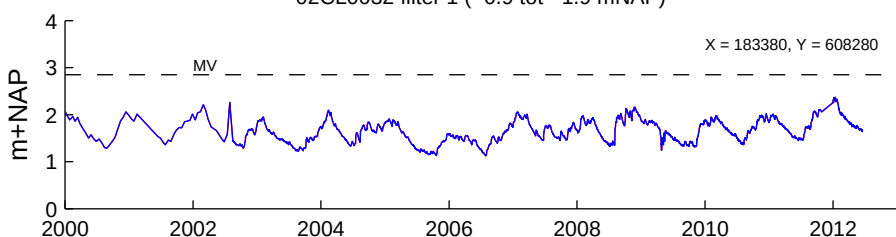
B01H0222 filter 1 (1.76 tot 1.26 mNAP)



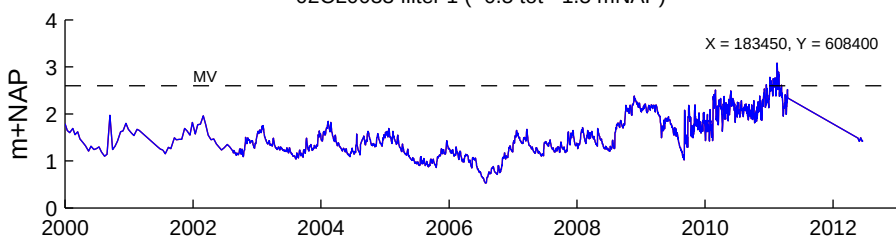
02CL0031 filter 1 (-0.05 tot -1.05 mNAP)



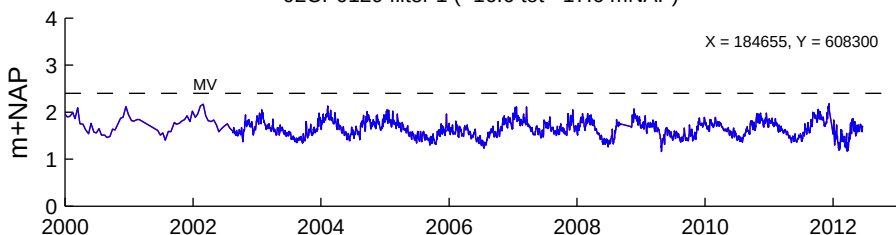
02CL0032 filter 1 (-0.9 tot -1.9 mNAP)



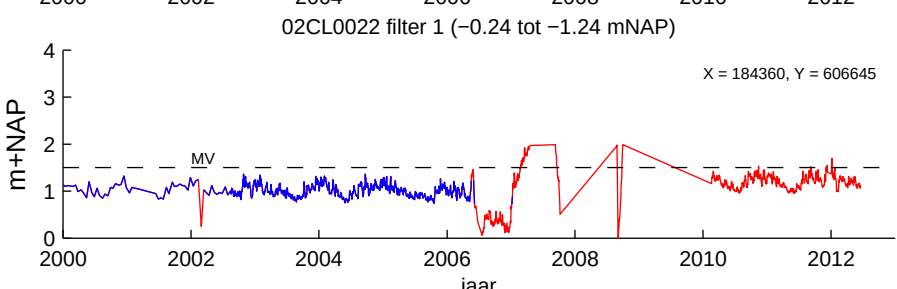
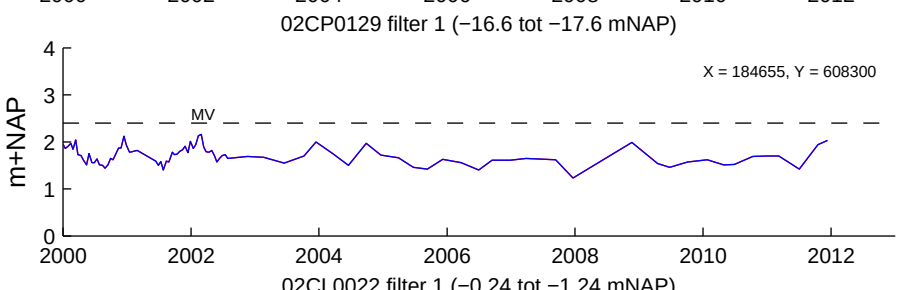
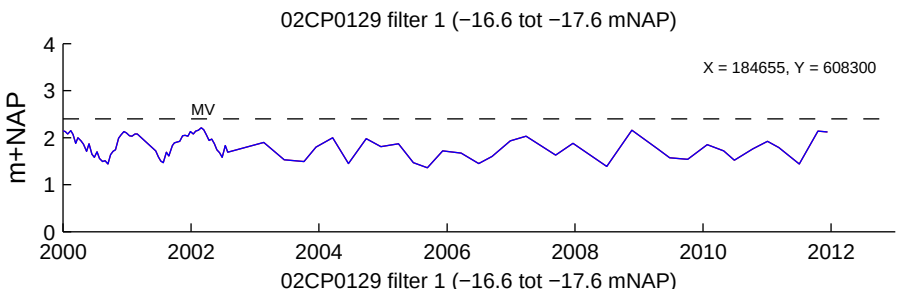
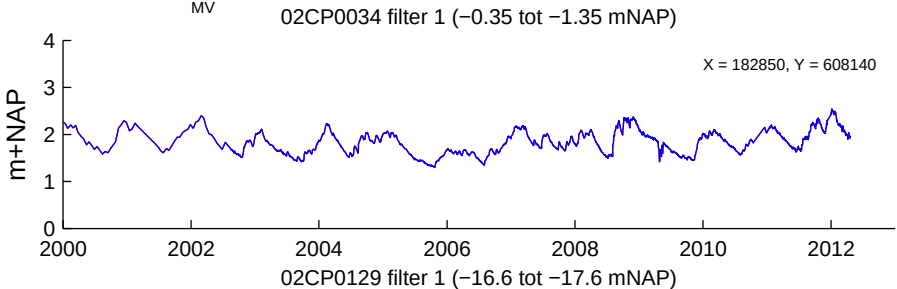
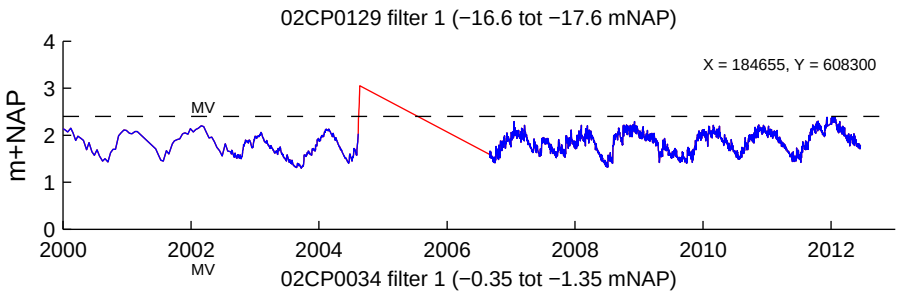
02CL0033 filter 1 (-0.5 tot -1.5 mNAP)

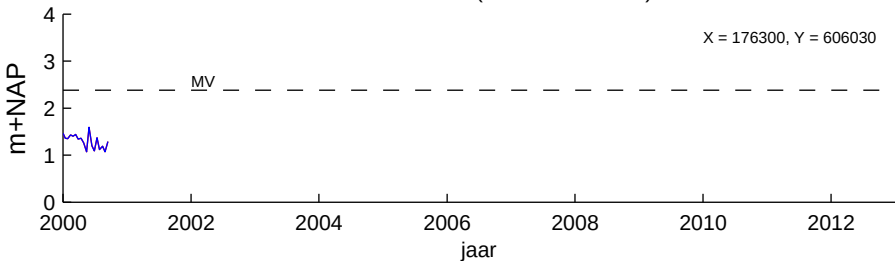
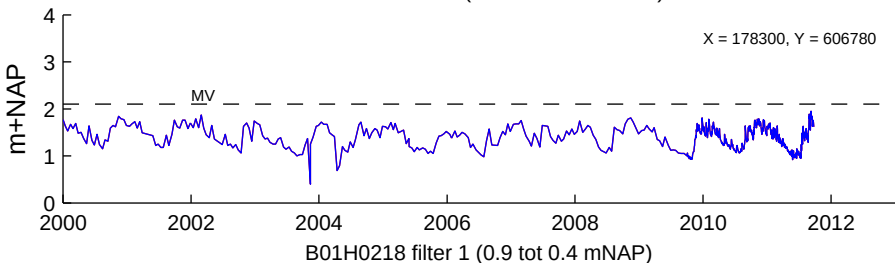
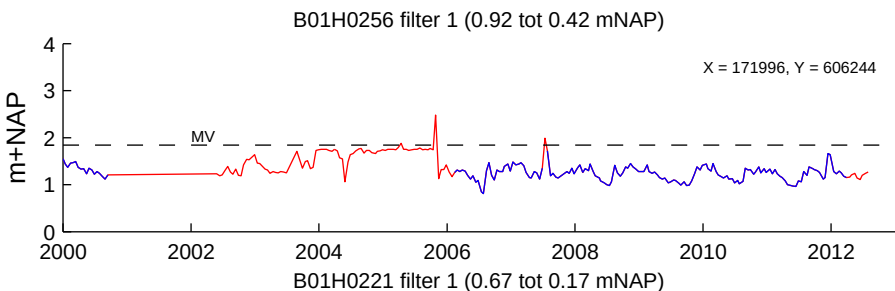
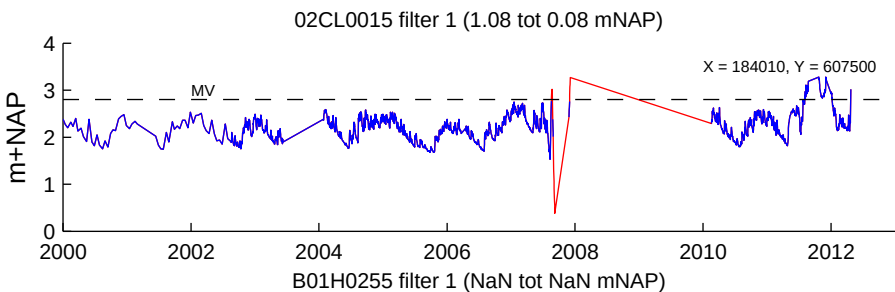


02CP0129 filter 1 (-16.6 tot -17.6 mNAP)



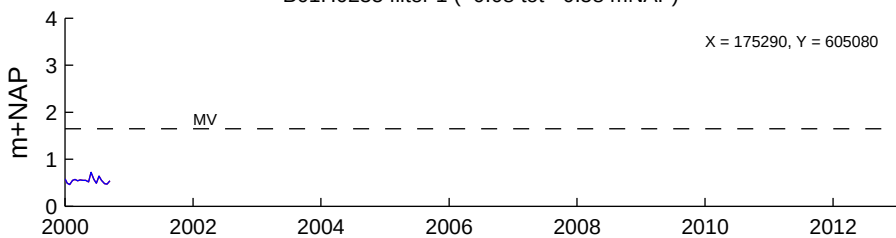
jaar





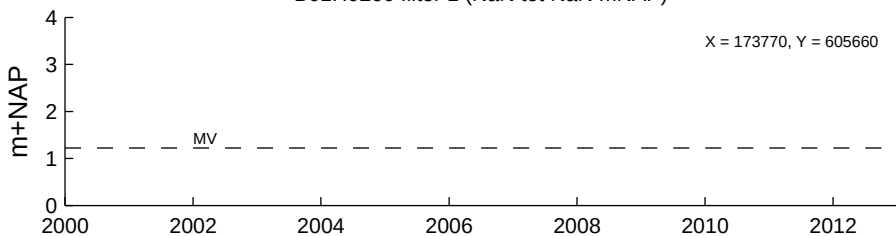
B01H0235 filter 1 (-0.08 tot -0.58 mNAP)

X = 175290, Y = 605080



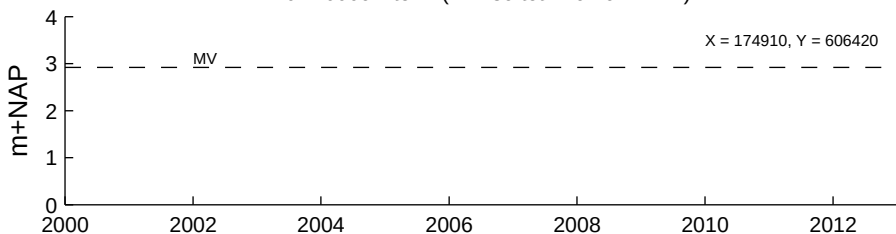
B01H0260 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173770, Y = 605660



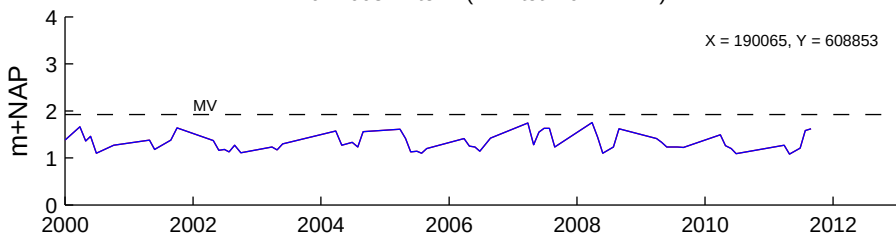
B01H0009 filter 1 (-11.39 tot -29.19 mNAP)

X = 174910, Y = 606420



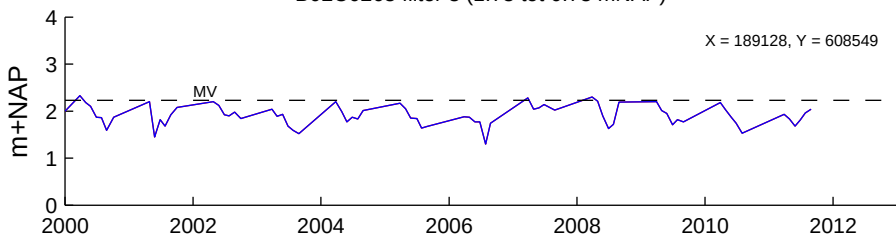
B02D0081 filter 2 (1.72 tot 1.07 mNAP)

X = 190065, Y = 608853



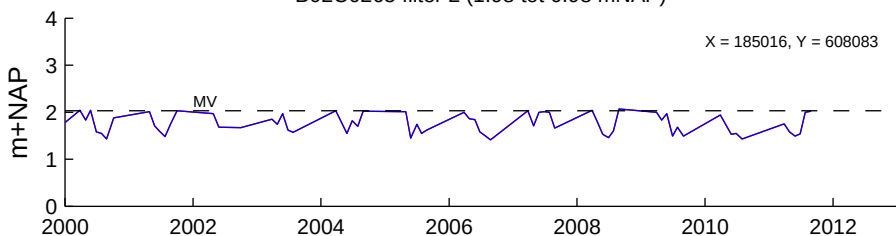
B02C0263 filter 3 (1.73 tot 0.73 mNAP)

X = 189128, Y = 608549



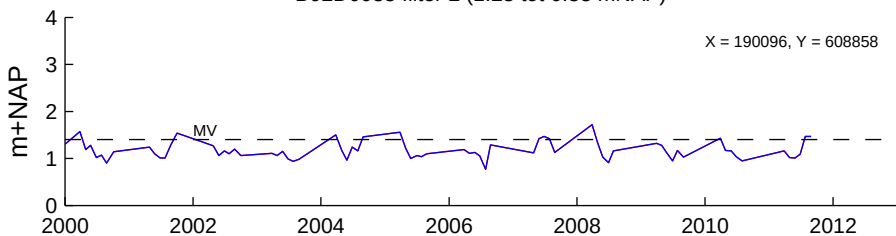
B02C0265 filter 2 (1.98 tot 0.98 mNAP)

X = 185016, Y = 608083



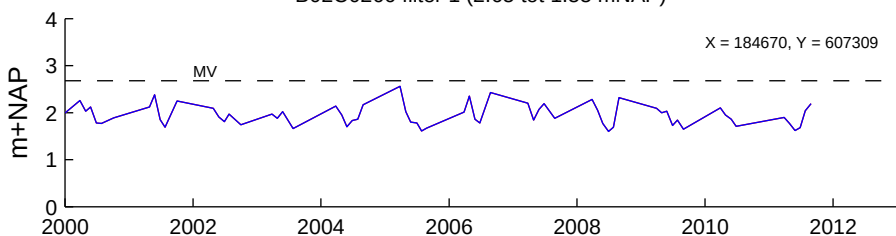
B02D0083 filter 2 (1.23 tot 0.38 mNAP)

X = 190096, Y = 608858



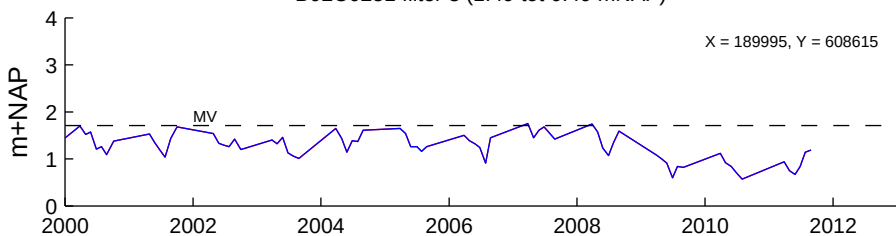
B02C0266 filter 1 (2.65 tot 1.55 mNAP)

X = 184670, Y = 607309



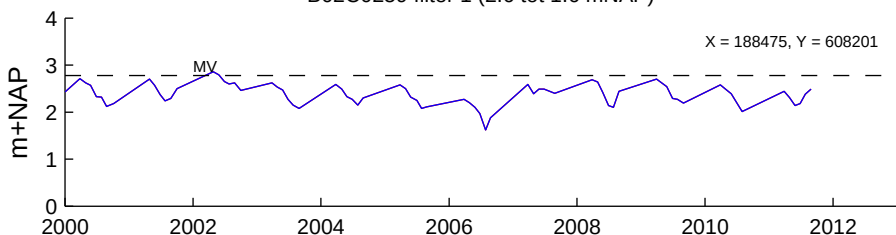
B02C0251 filter 3 (1.49 tot 0.49 mNAP)

X = 189995, Y = 608615

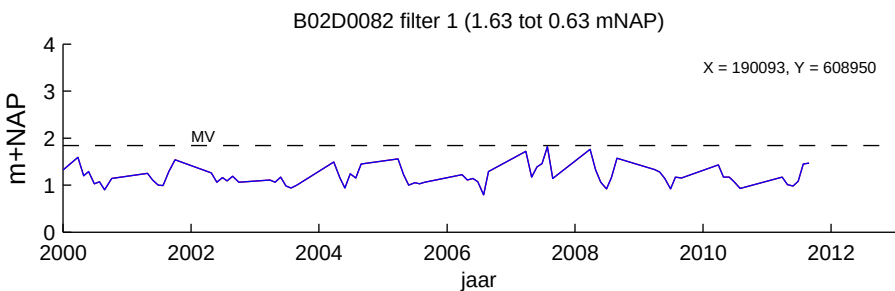
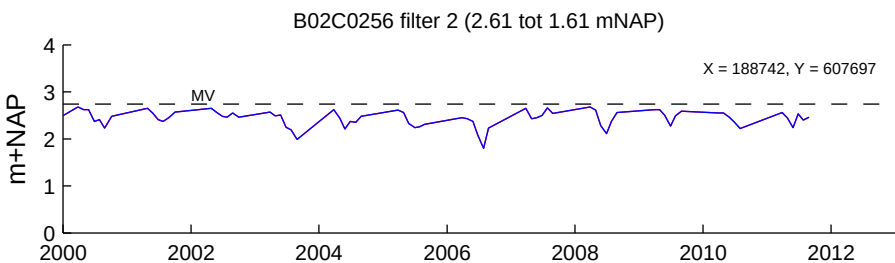
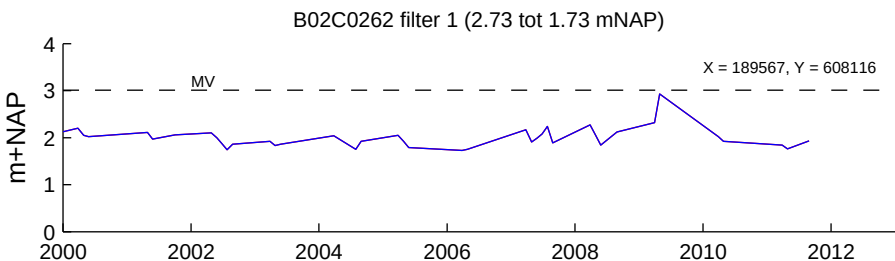
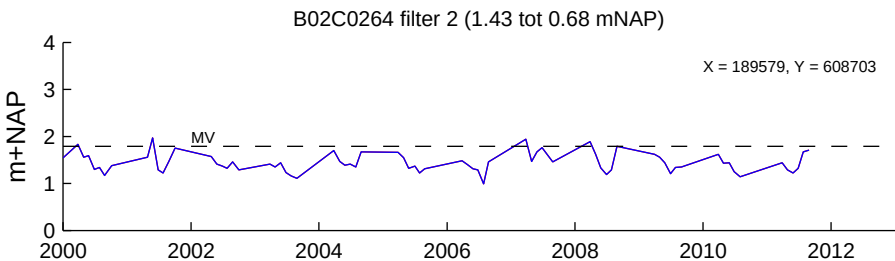
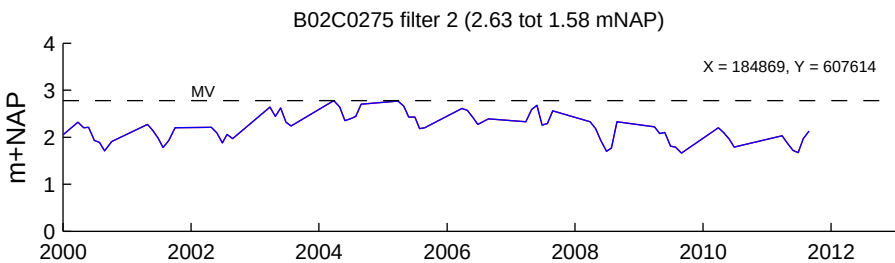


B02C0259 filter 1 (2.6 tot 1.6 mNAP)

X = 188475, Y = 608201

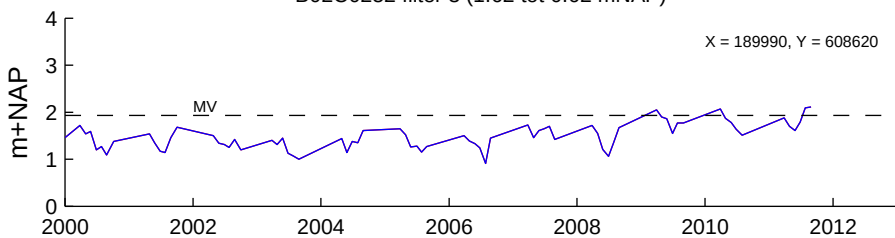


jaar



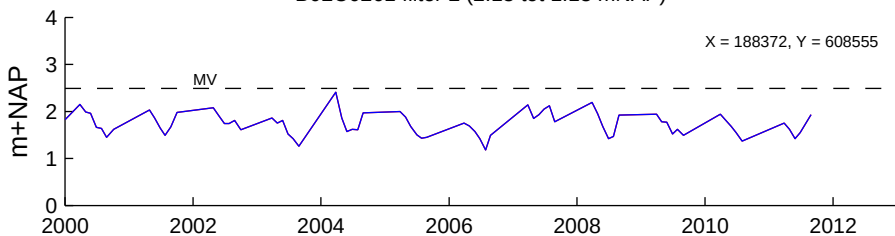
B02C0252 filter 3 (1.62 tot 0.62 mNAP)

X = 189990, Y = 608620



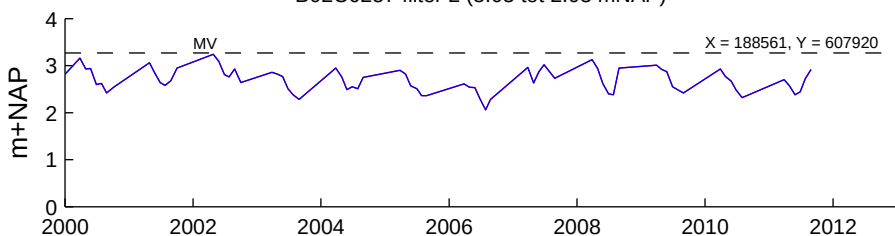
B02C0261 filter 2 (2.13 tot 1.13 mNAP)

X = 188372, Y = 608555



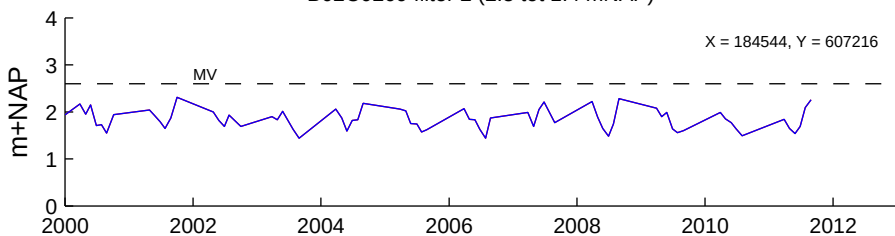
B02C0257 filter 2 (3.03 tot 2.03 mNAP)

X = 188561, Y = 607920



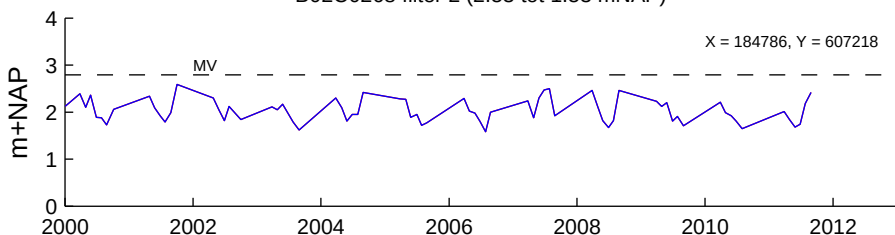
B02C0269 filter 2 (2.5 tot 1.4 mNAP)

X = 184544, Y = 607216



B02C0268 filter 2 (2.53 tot 1.53 mNAP)

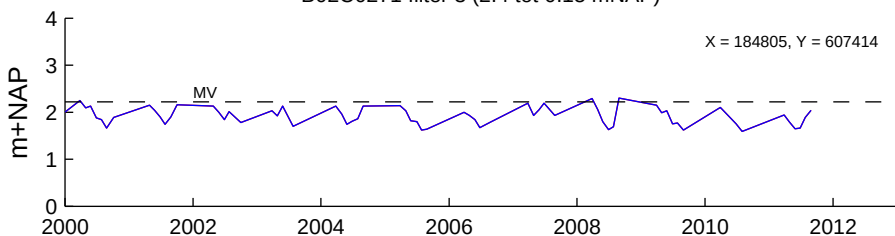
X = 184786, Y = 607218



jaar

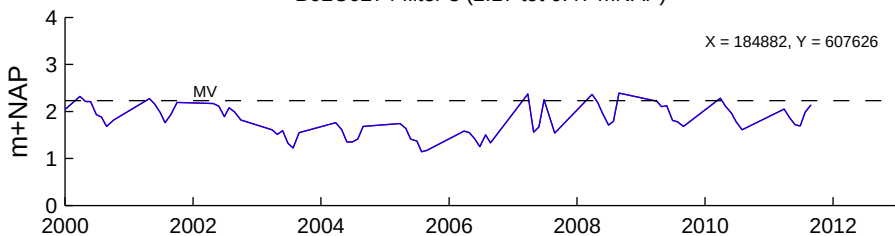
B02C0271 filter 3 (2.4 tot 0.15 mNAP)

X = 184805, Y = 607414



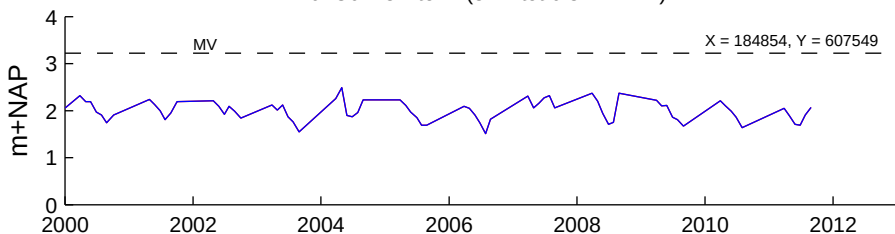
B02C0274 filter 3 (2.17 tot 0.47 mNAP)

X = 184882, Y = 607626



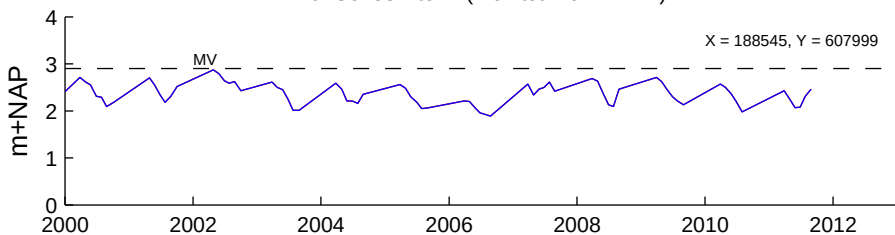
B02C0273 filter 2 (3.11 tot 0.81 mNAP)

X = 184854, Y = 607549



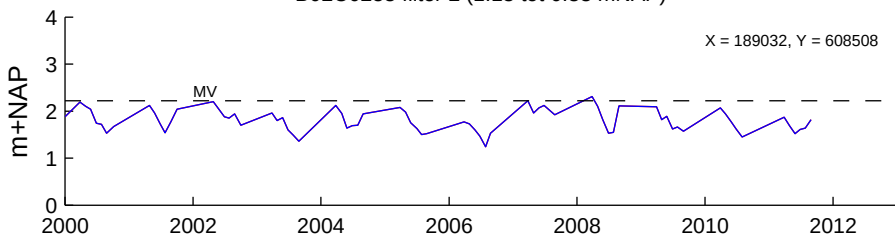
B02C0258 filter 1 (2.67 tot 1.67 mNAP)

X = 188545, Y = 607999



B02C0253 filter 2 (1.13 tot 0.83 mNAP)

X = 189032, Y = 608508

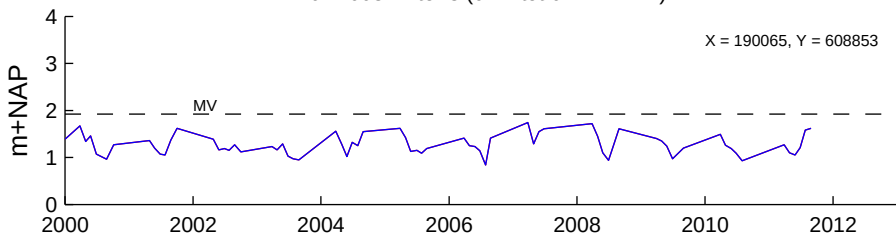


jaar

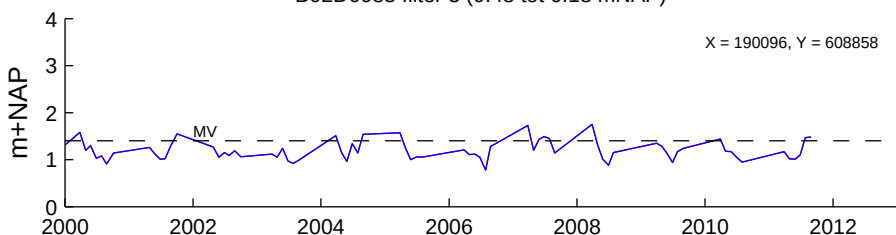
B01H0006 filter 1 (-5.67 tot -28.67 mNAP)



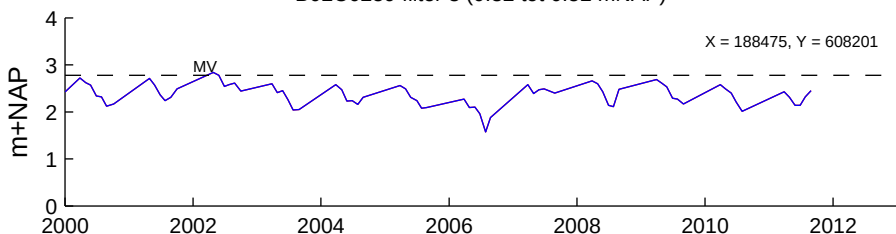
B02D0081 filter 3 (0.42 tot 0.12 mNAP)



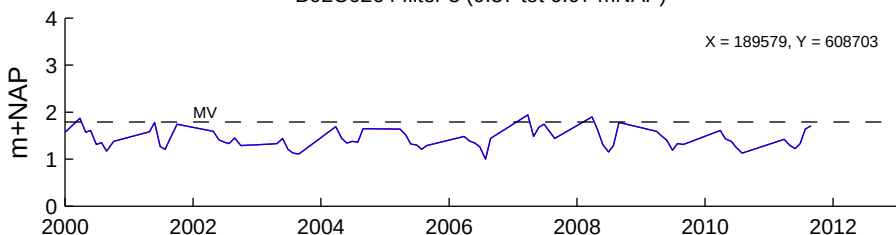
B02D0083 filter 3 (0.48 tot 0.18 mNAP)



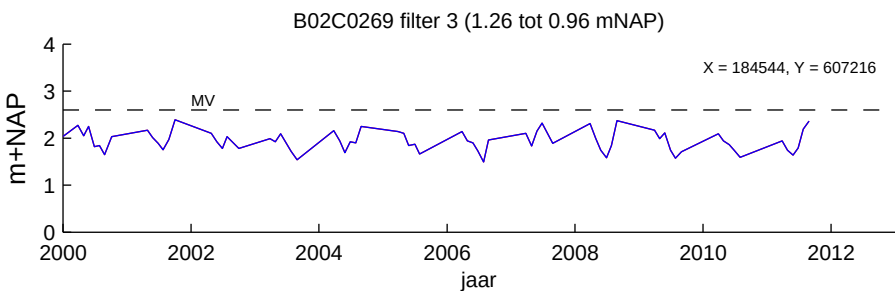
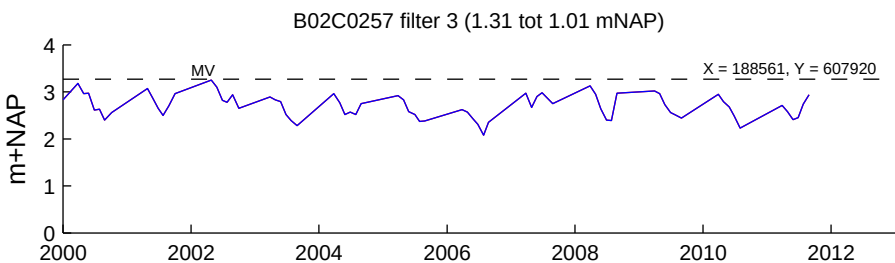
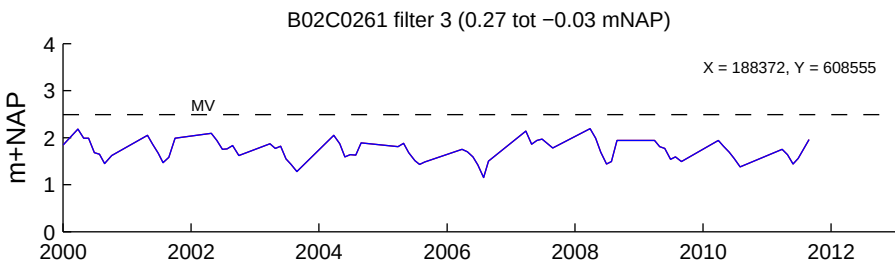
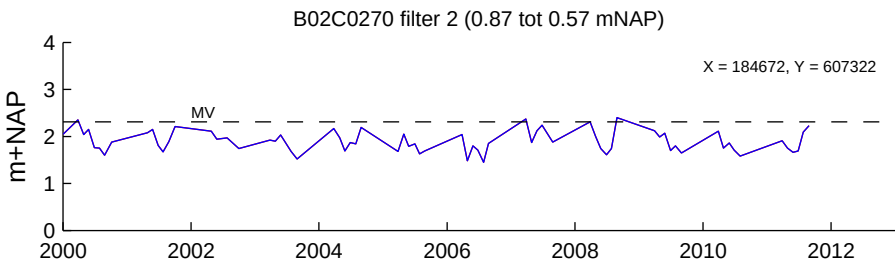
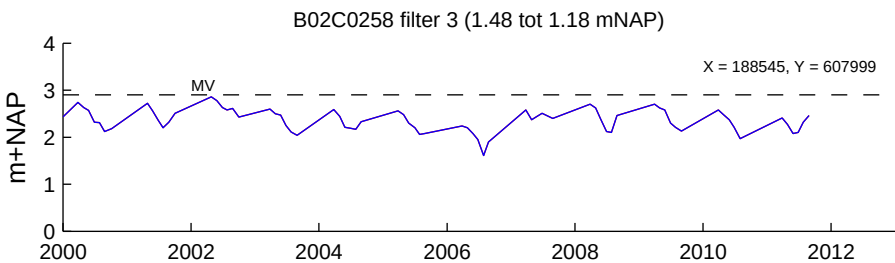
B02C0259 filter 3 (0.82 tot 0.52 mNAP)



B02C0264 filter 3 (0.37 tot 0.07 mNAP)

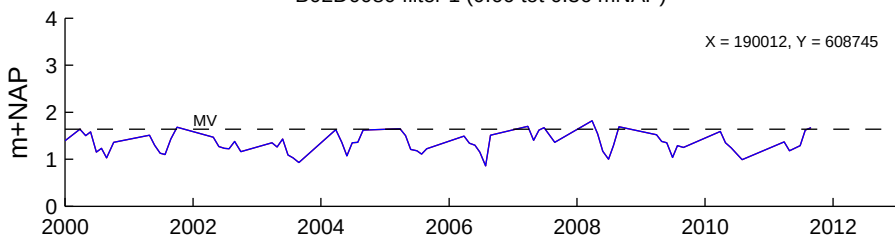


jaar



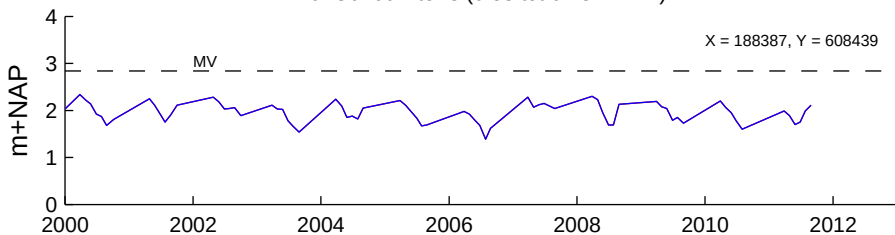
B02D0080 filter 1 (0.66 tot 0.36 mNAP)

X = 190012, Y = 608745



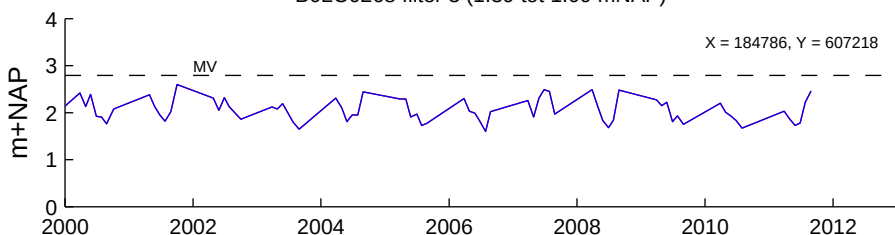
B02C0260 filter 3 (0.58 tot 0.28 mNAP)

X = 188387, Y = 608439



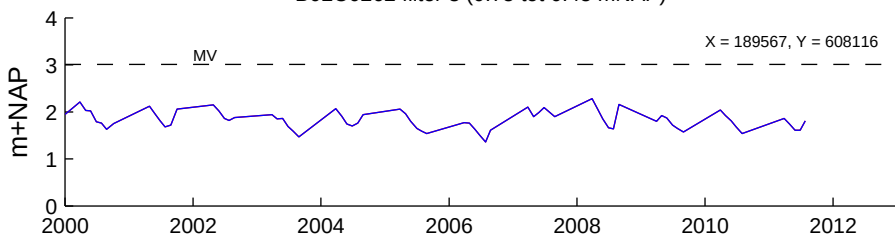
B02C0268 filter 3 (1.39 tot 1.09 mNAP)

X = 184786, Y = 607218



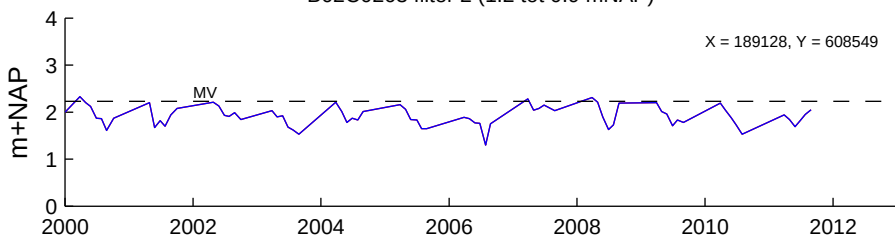
B02C0262 filter 3 (0.75 tot 0.45 mNAP)

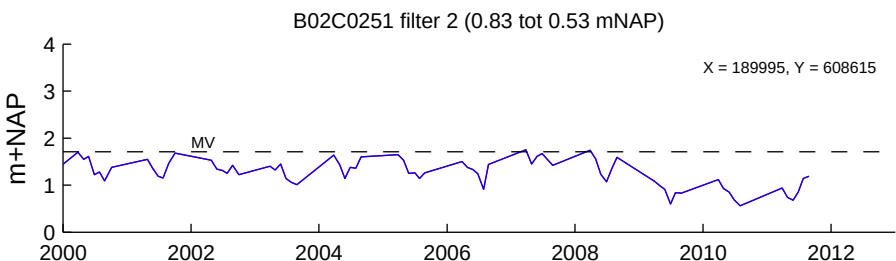
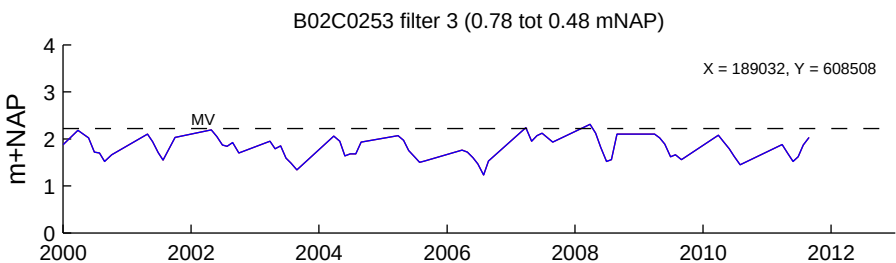
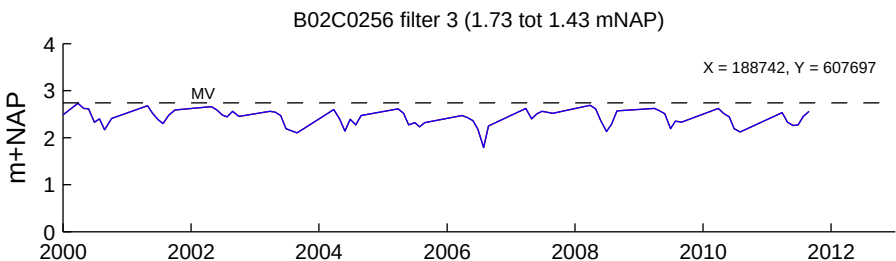
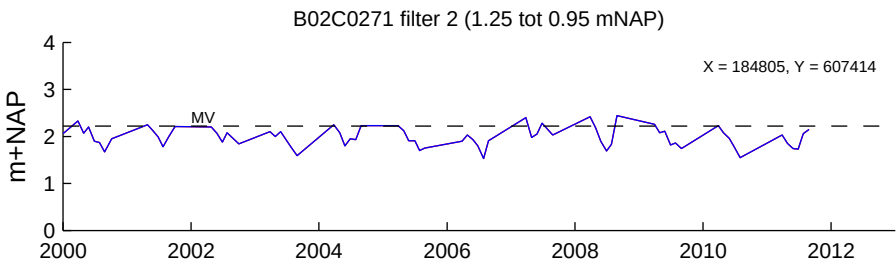
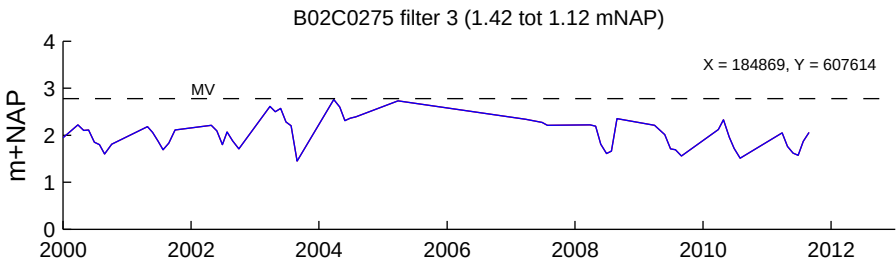
X = 189567, Y = 608116



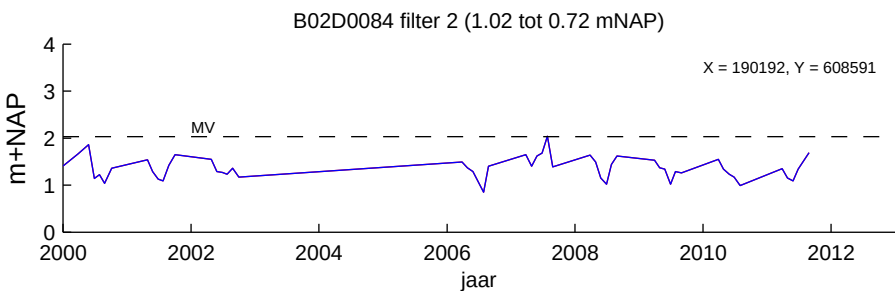
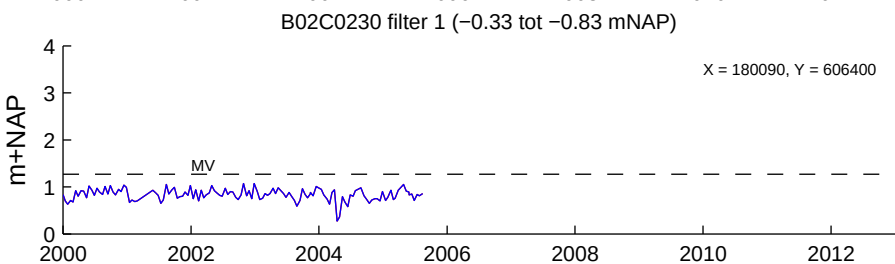
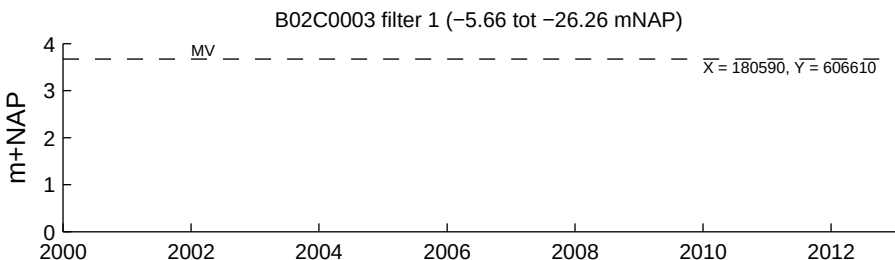
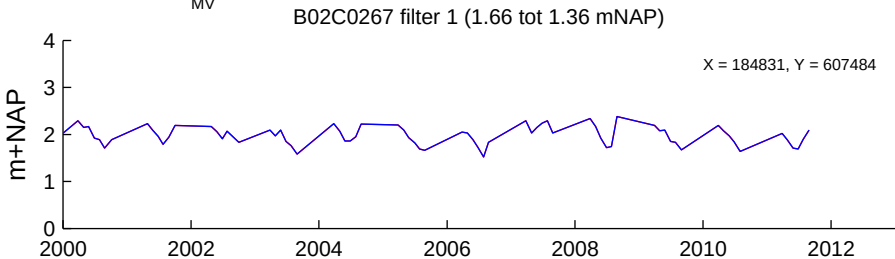
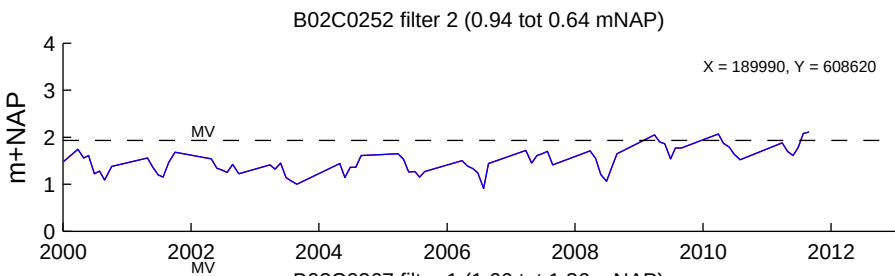
B02C0263 filter 2 (1.2 tot 0.9 mNAP)

X = 189128, Y = 608549



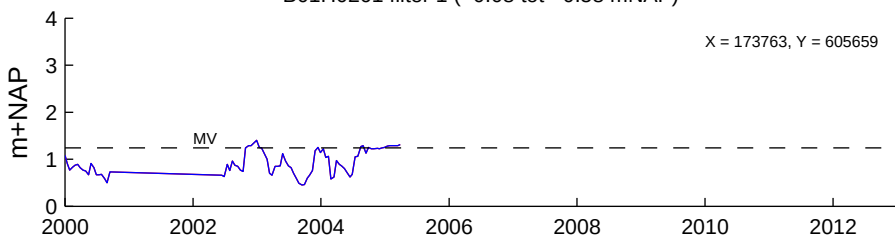


jaar



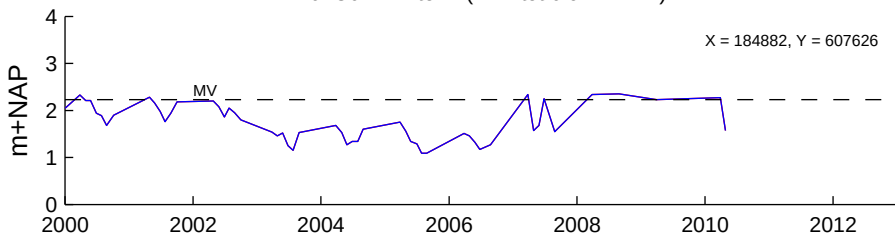
B01H0261 filter 1 (-0.08 tot -0.58 mNAP)

X = 173763, Y = 605659



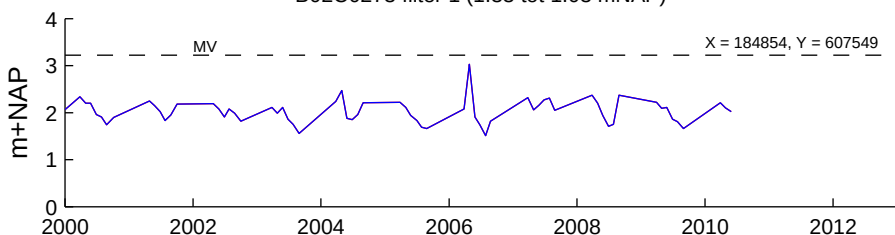
B02C0274 filter 2 (1.24 tot 0.94 mNAP)

X = 184882, Y = 607626



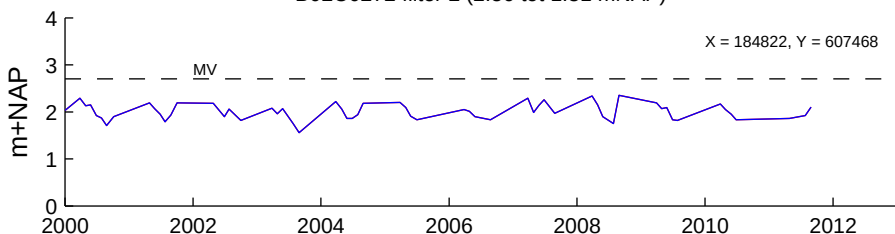
B02C0273 filter 1 (1.33 tot 1.03 mNAP)

X = 184854, Y = 607549



B02C0272 filter 2 (2.56 tot 1.31 mNAP)

X = 184822, Y = 607468



B01H0219 filter 1 (0.67 tot 0.17 mNAP)

X = 178370, Y = 606630



B02C0225 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



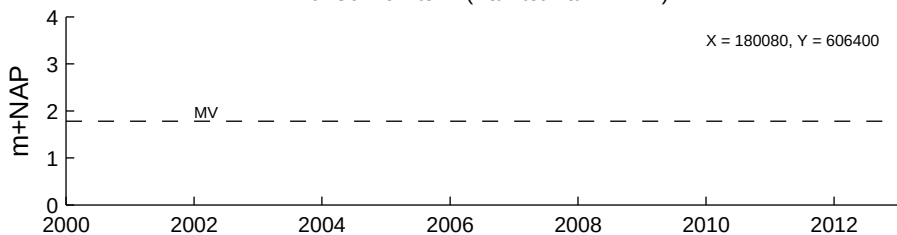
B02C0232 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



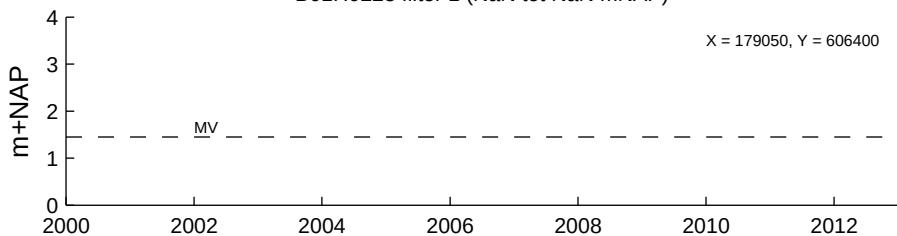
B02C0236 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



B02C0229 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

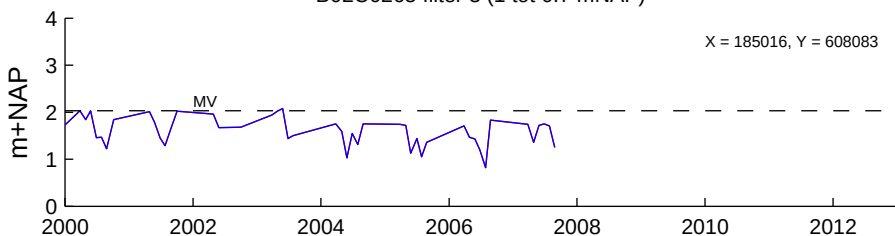


B01H0223 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)



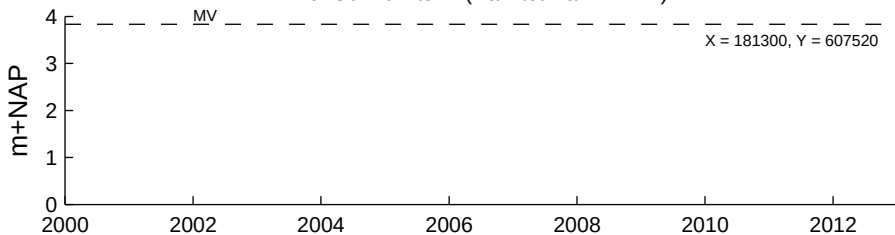
B02C0265 filter 3 (1 tot 0.7 mNAP)

X = 185016, Y = 608083



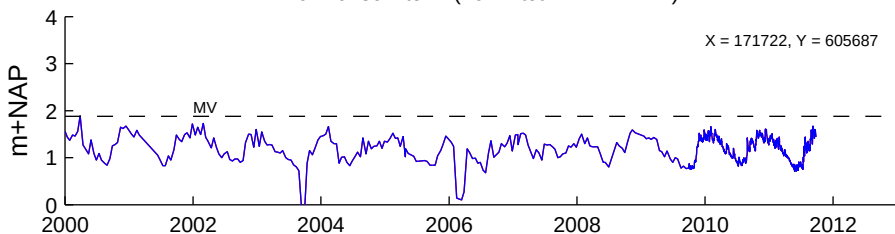
B02C0220 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 181300, Y = 607520



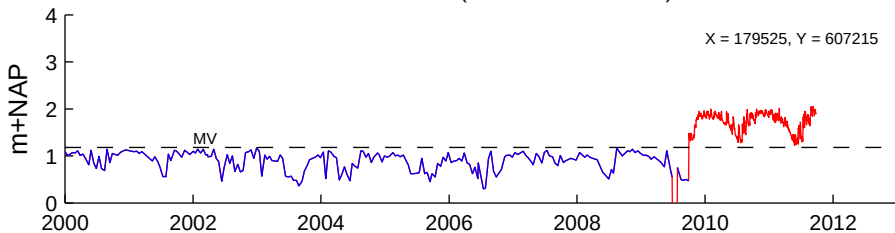
B01H0239 filter 1 (-0.12 tot -1.12 mNAP)

X = 171722, Y = 605687



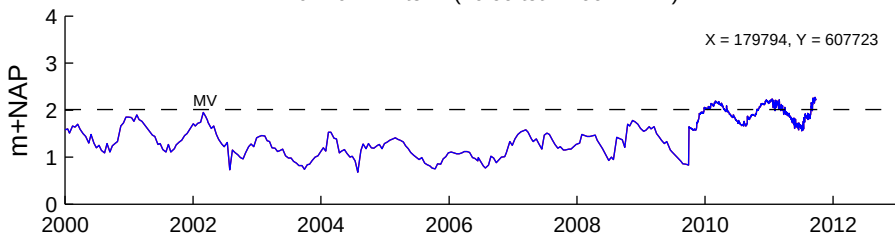
B01H0240 filter 1 (0.18 tot -0.82 mNAP)

X = 179525, Y = 607215



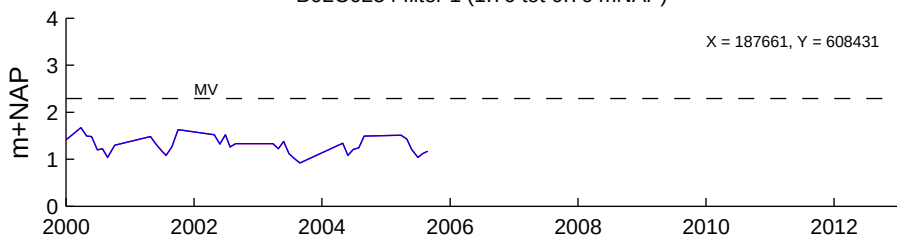
B01H0241 filter 1 (-0.99 tot -1.99 mNAP)

X = 179794, Y = 607723

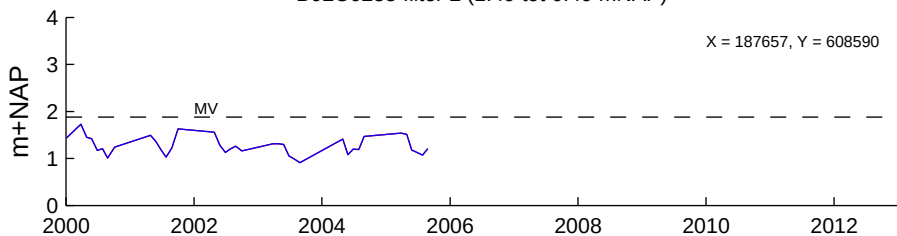


jaar

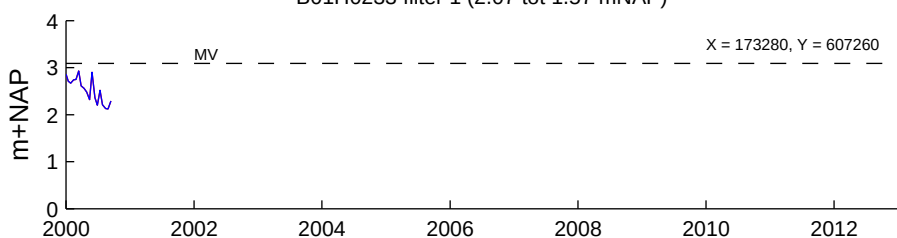
B02C0254 filter 1 (1.76 tot 0.76 mNAP)



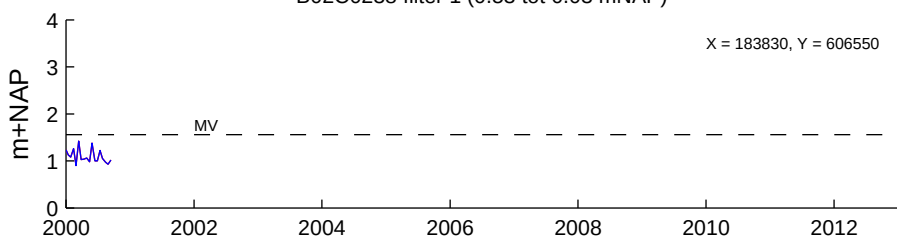
B02C0255 filter 2 (1.49 tot 0.49 mNAP)



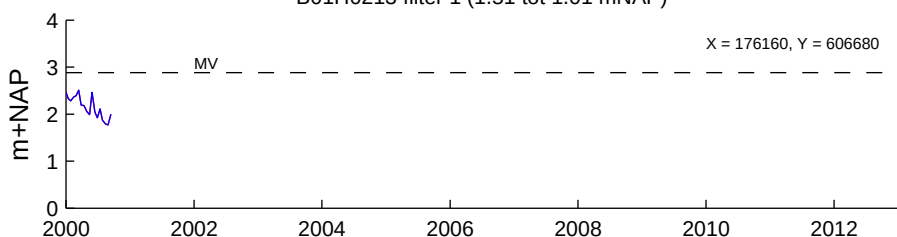
B01H0233 filter 1 (2.07 tot 1.57 mNAP)



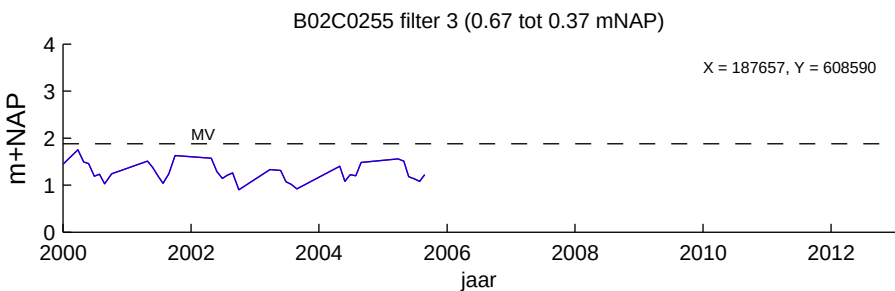
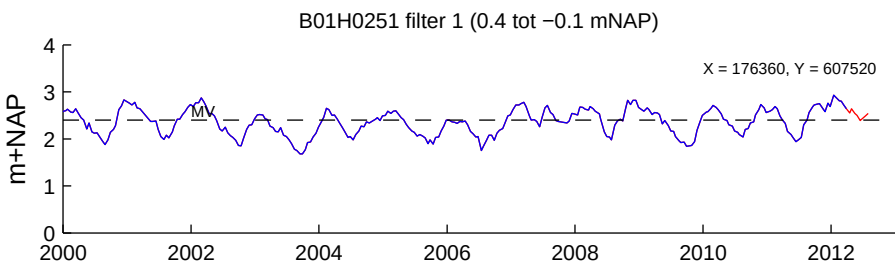
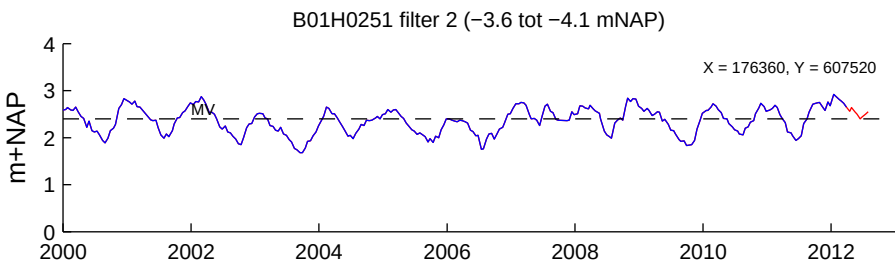
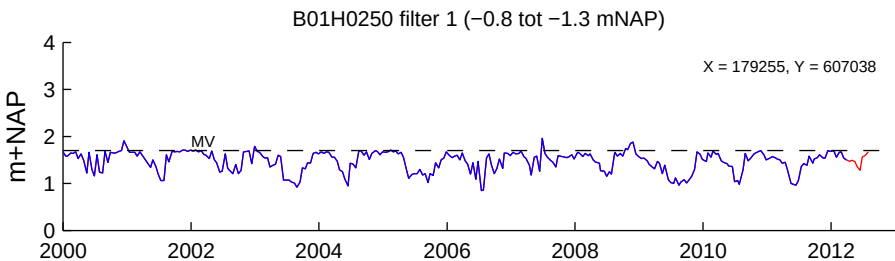
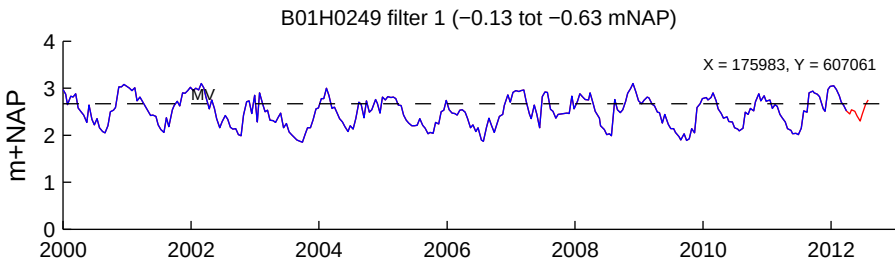
B02C0238 filter 1 (0.53 tot 0.03 mNAP)

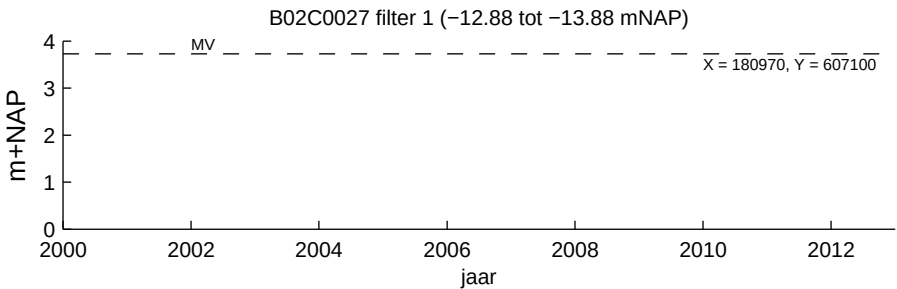
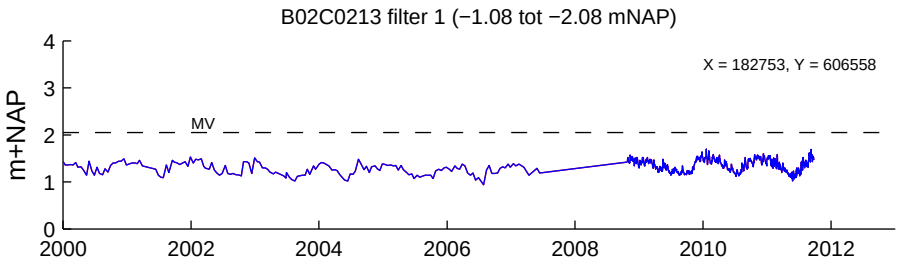
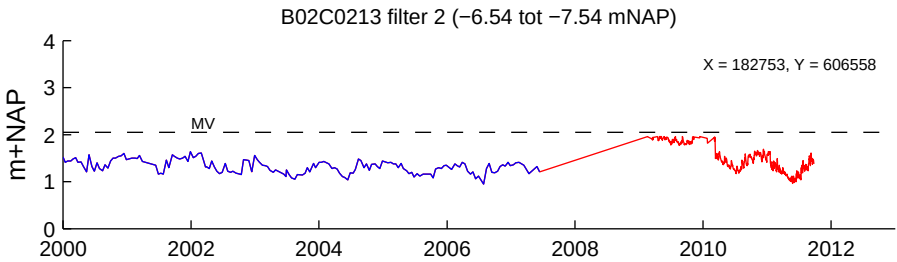
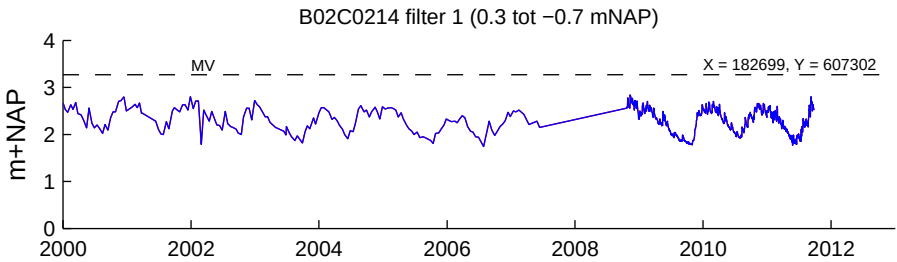
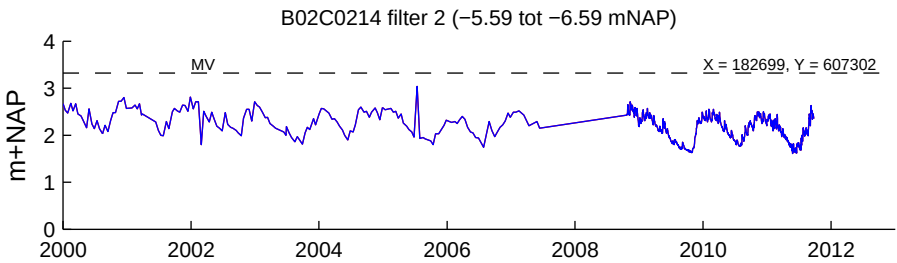


B01H0213 filter 1 (1.51 tot 1.01 mNAP)

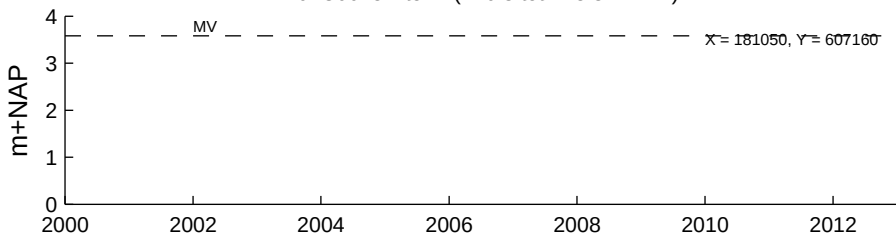


jaar

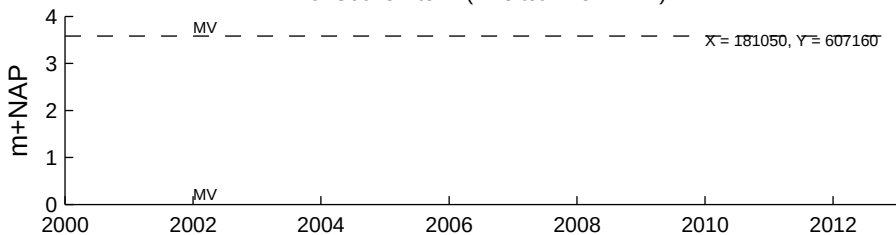




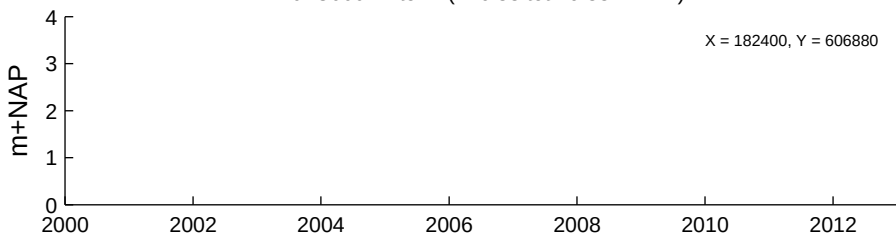
B02C0025 filter 2 (-10.8 tot -15.8 mNAP)



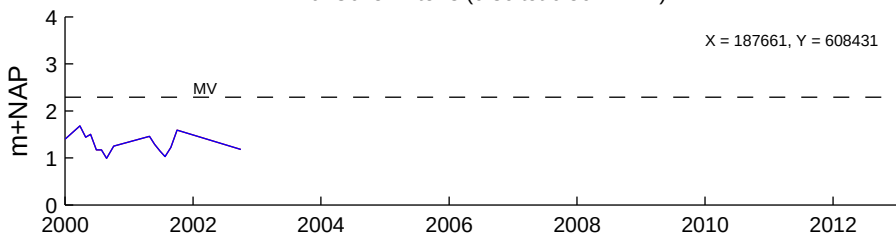
B02C0025 filter 1 (2.45 tot 1.45 mNAP)



B02C0004 filter 1 (-16.83 tot -9.33 mNAP)

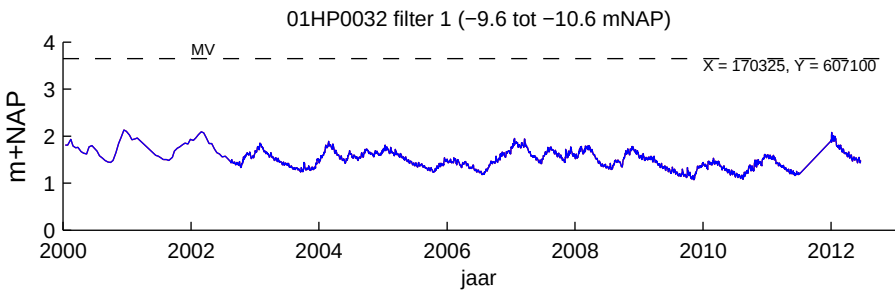
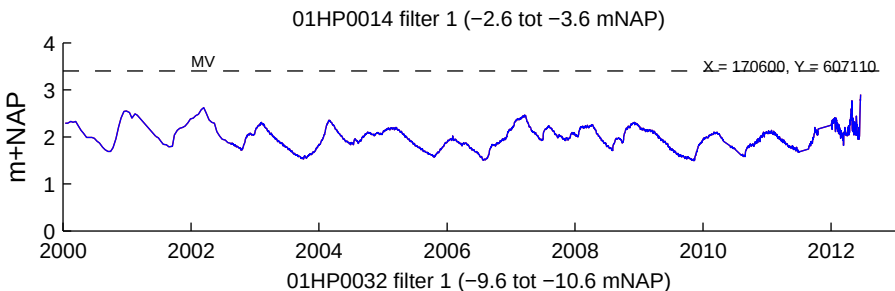
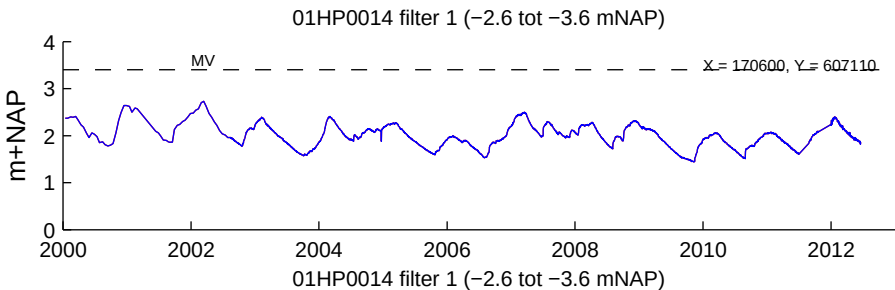
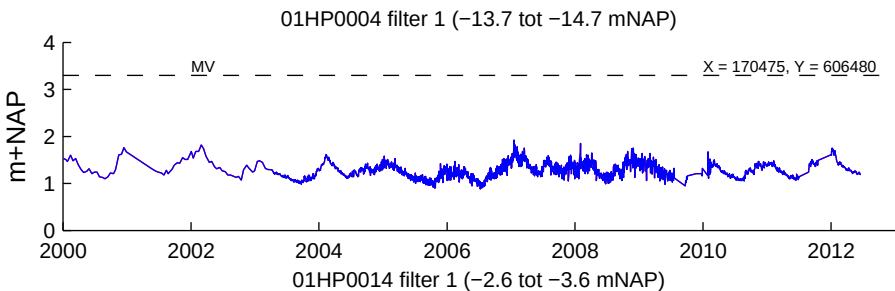
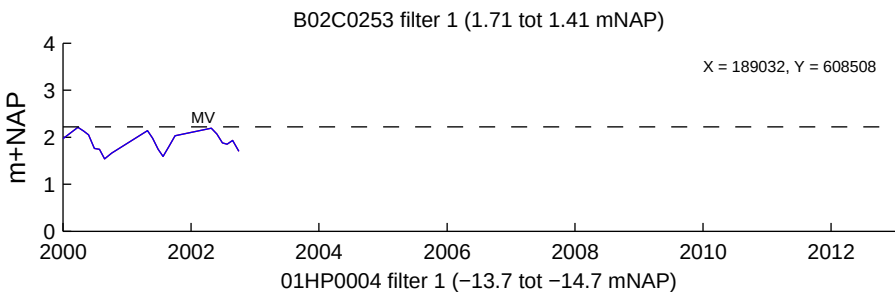


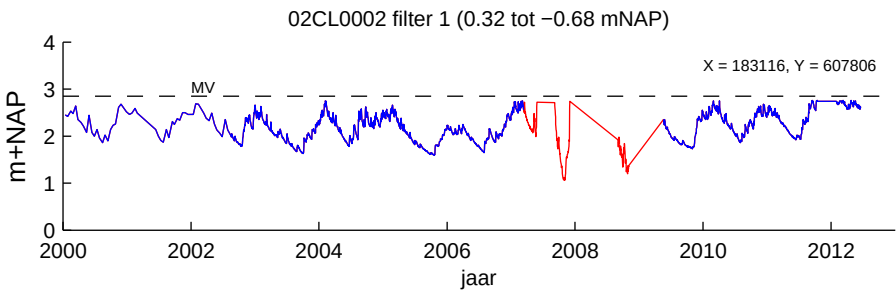
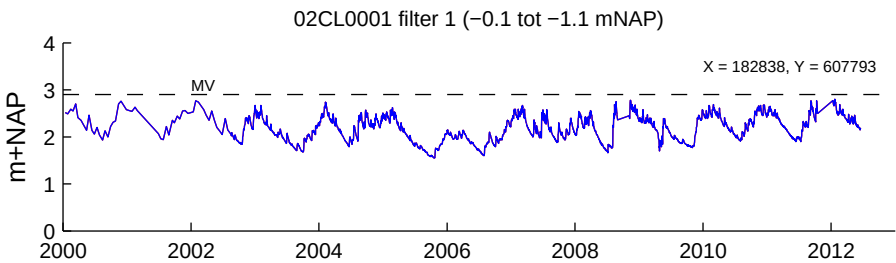
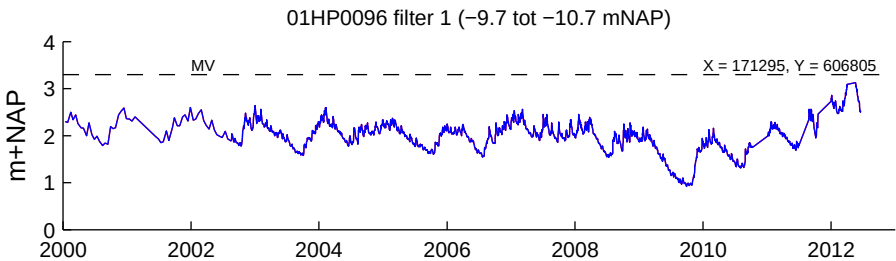
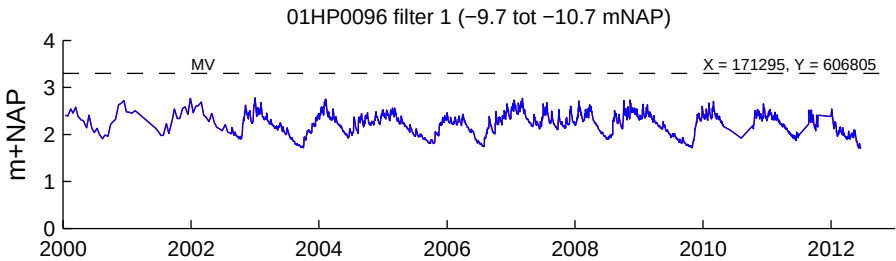
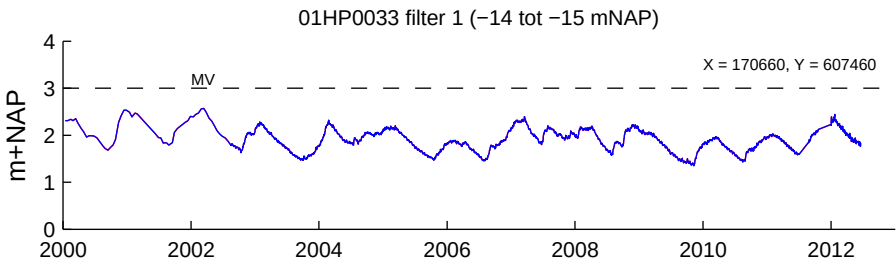
B02C0254 filter 3 (0.86 tot 0.56 mNAP)

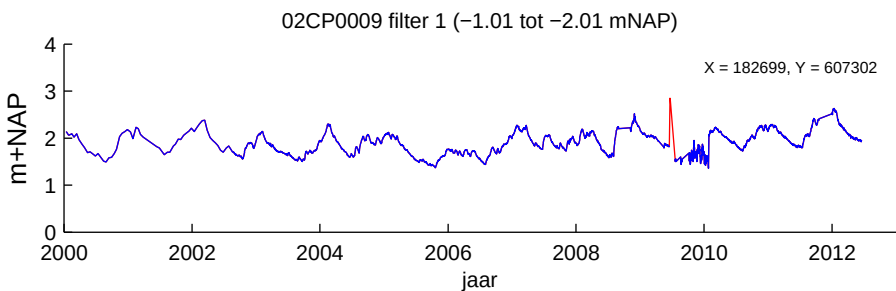
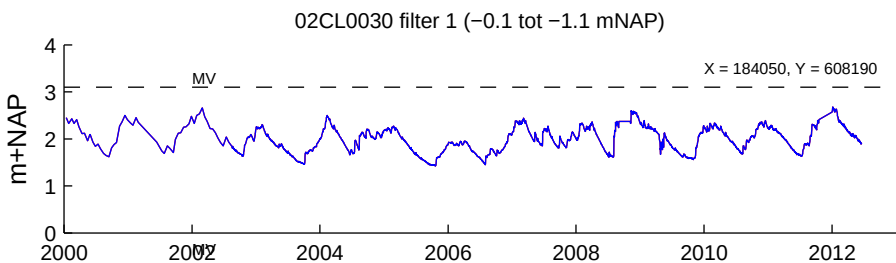
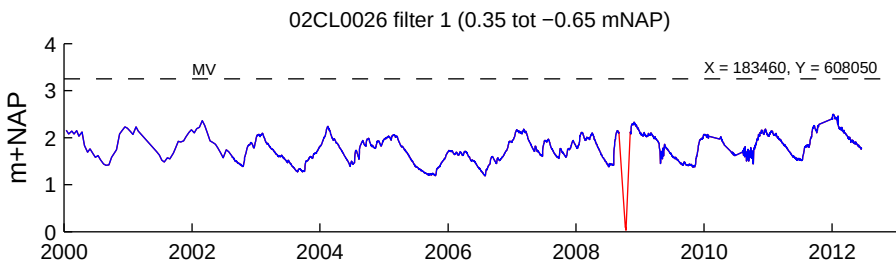
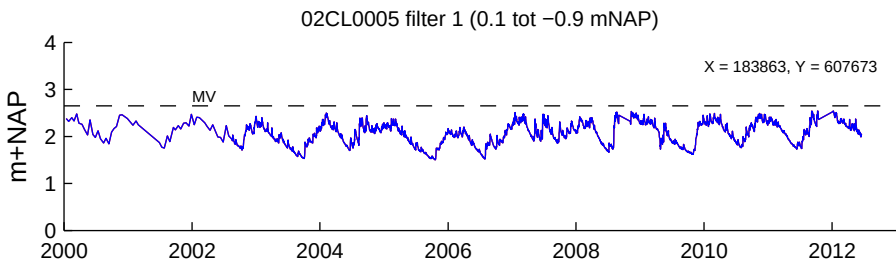
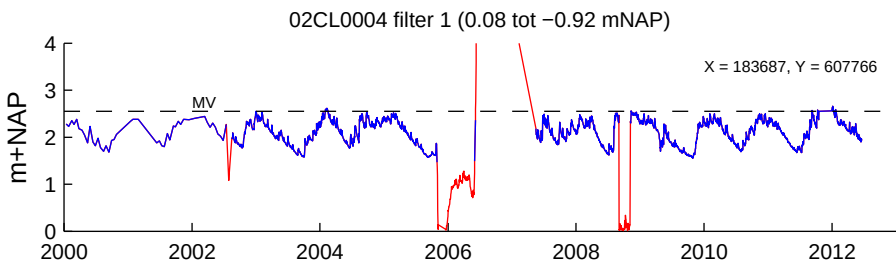


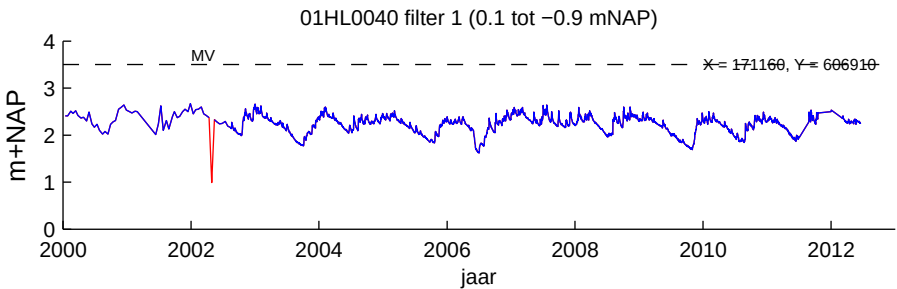
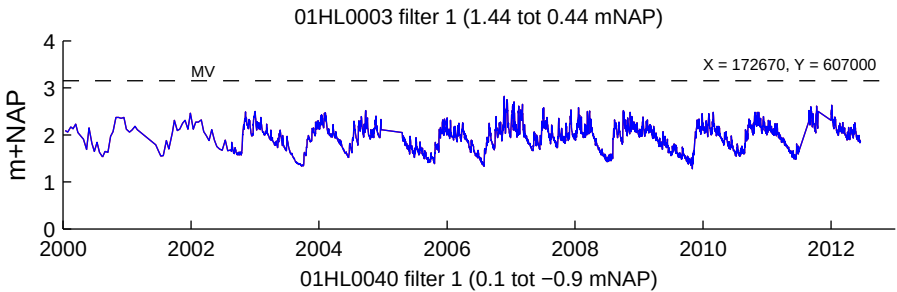
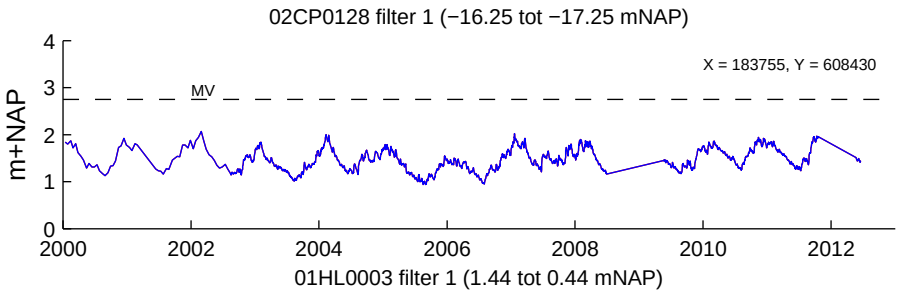
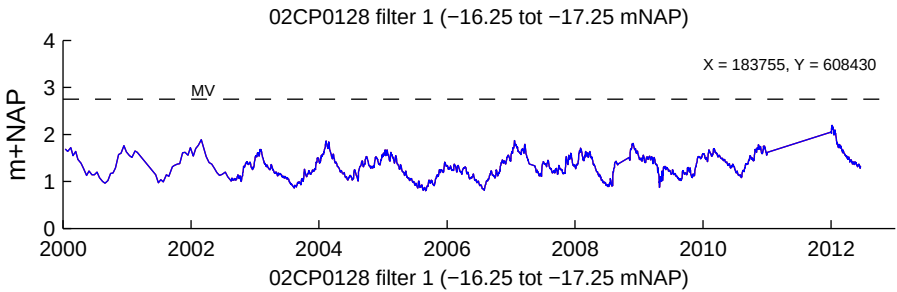
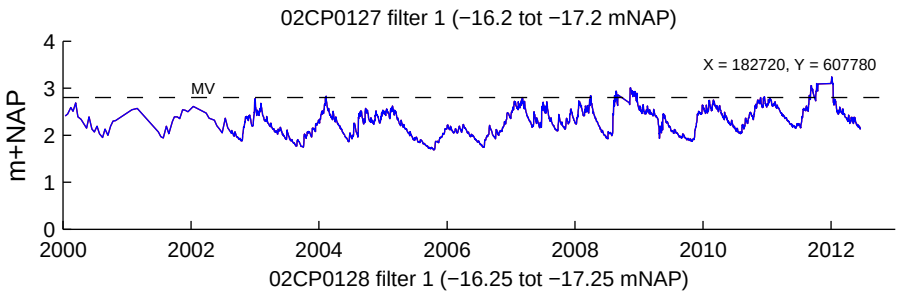
B01H0217 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

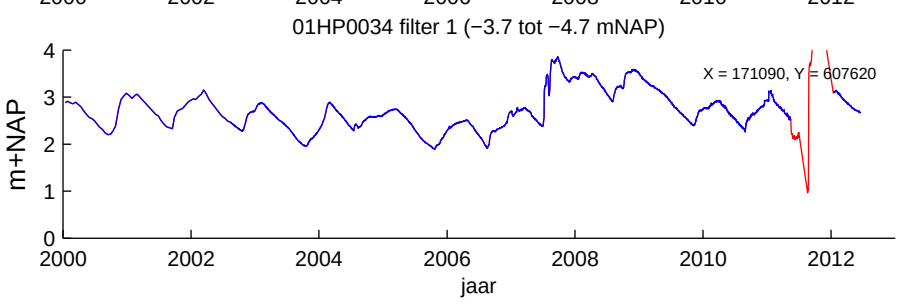
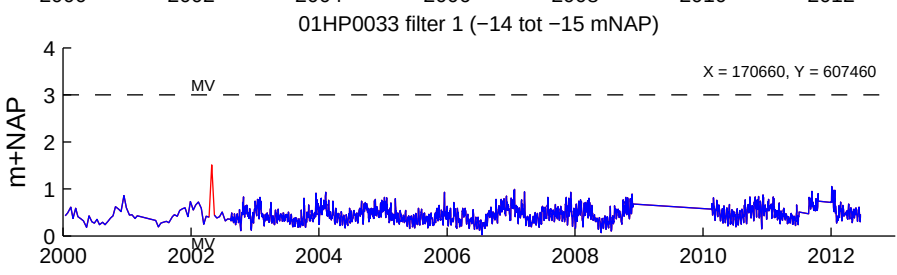
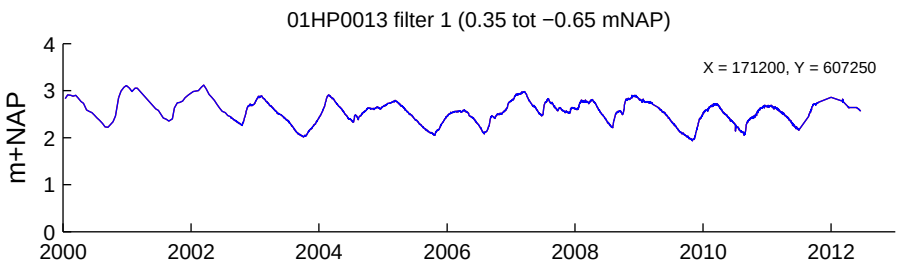
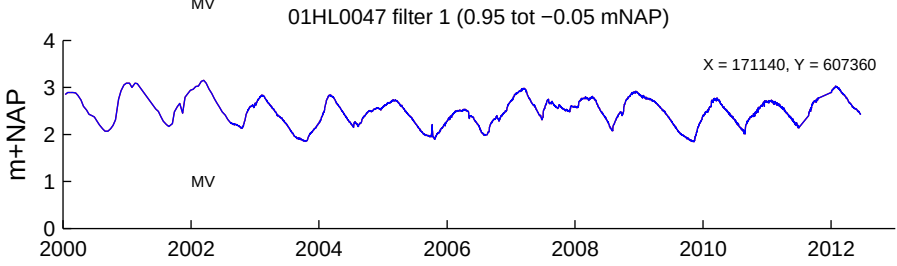
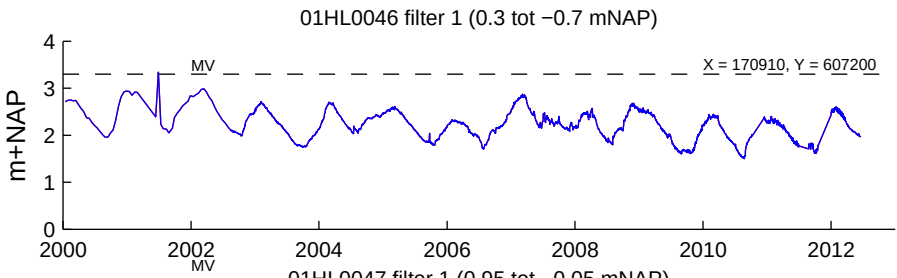








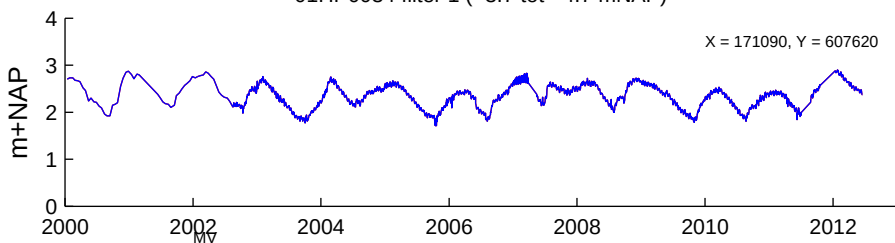




MV

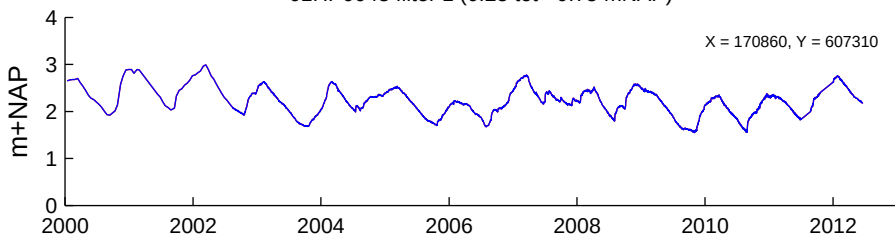
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



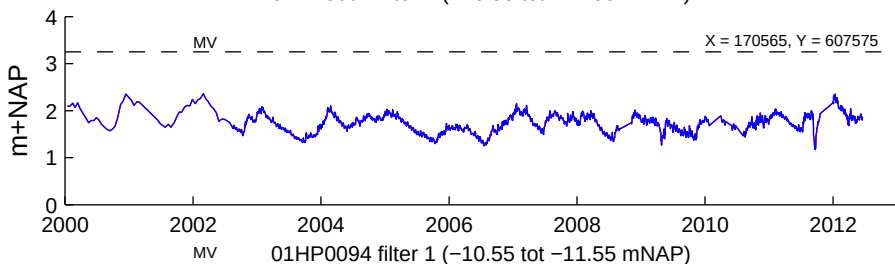
01HP0048 filter 1 (0.25 tot -0.75 mNAP)

X = 170860, Y = 607310



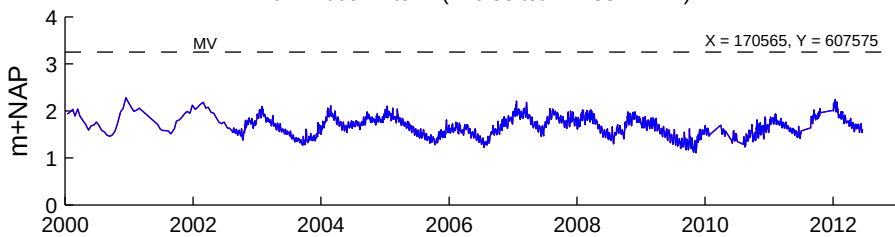
01HP0094 filter 1 (-10.55 tot -11.55 mNAP)

X = 170565, Y = 607575



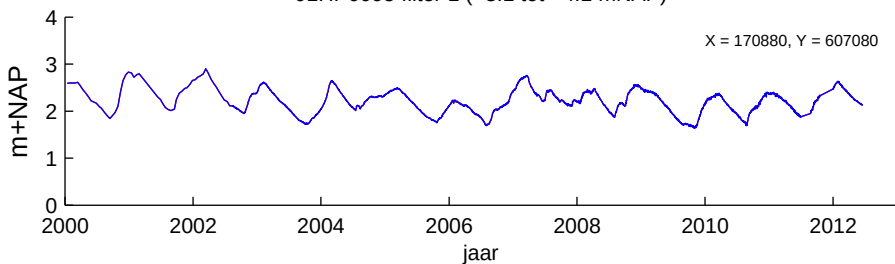
01HP0094 filter 1 (-10.55 tot -11.55 mNAP)

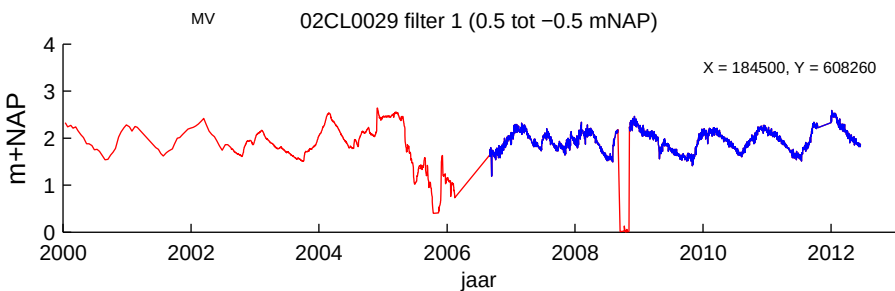
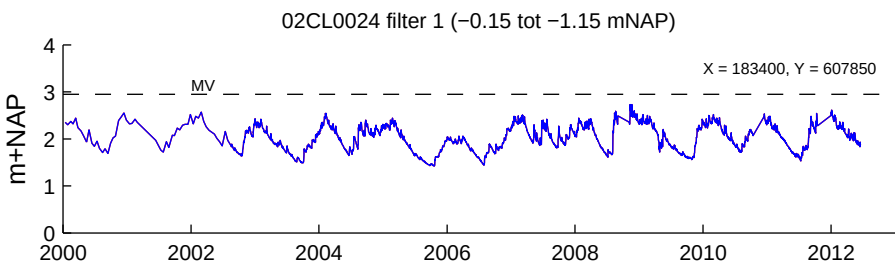
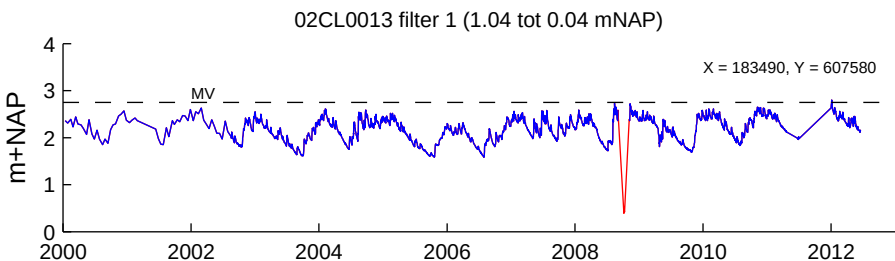
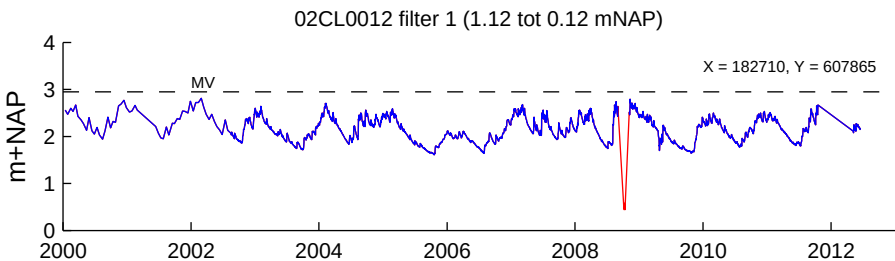
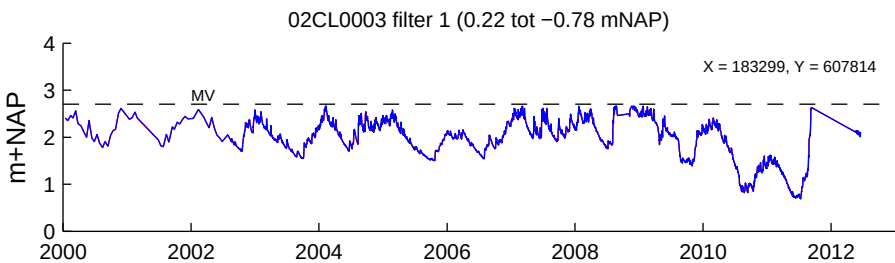
X = 170565, Y = 607575



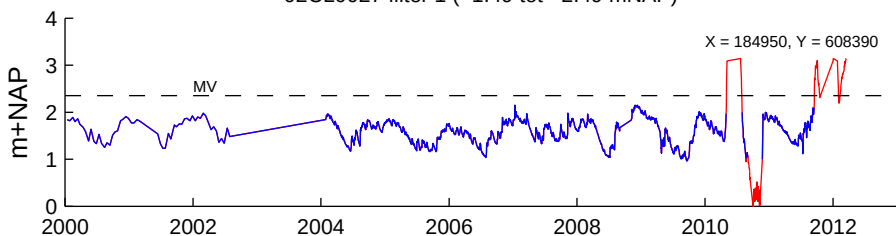
01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)

X = 170880, Y = 607080

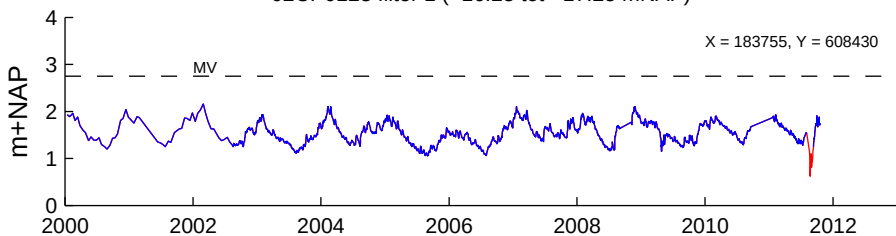




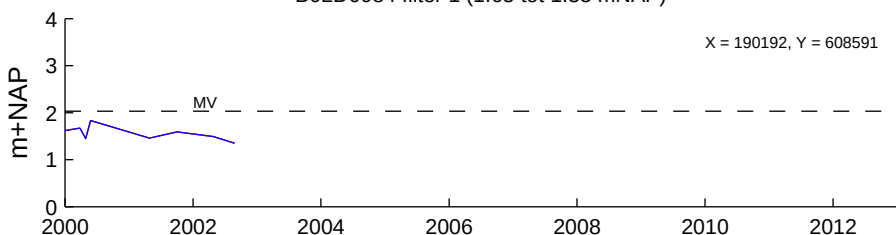
02CL0027 filter 1 (-1.49 tot -2.49 mNAP)



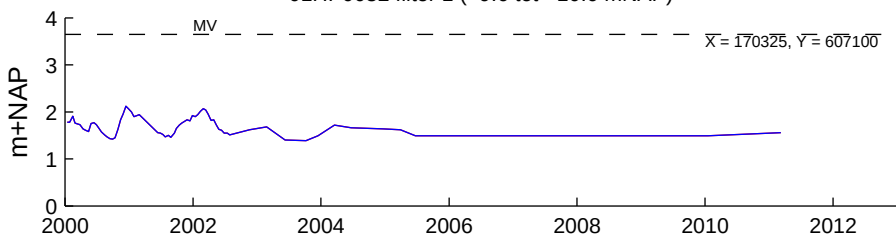
02CP0128 filter 1 (-16.25 tot -17.25 mNAP)



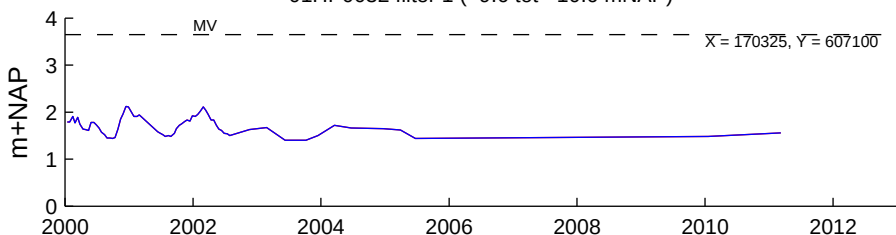
B02D0084 filter 1 (1.65 tot 1.35 mNAP)



01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)

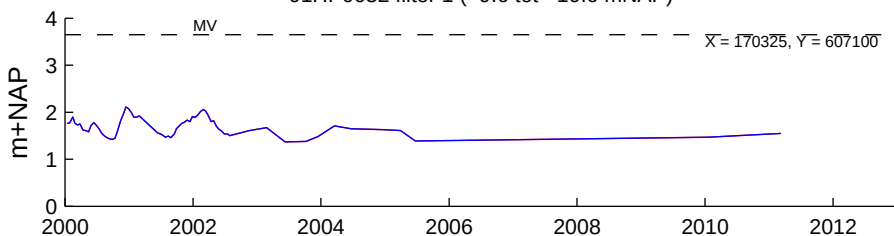


01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)

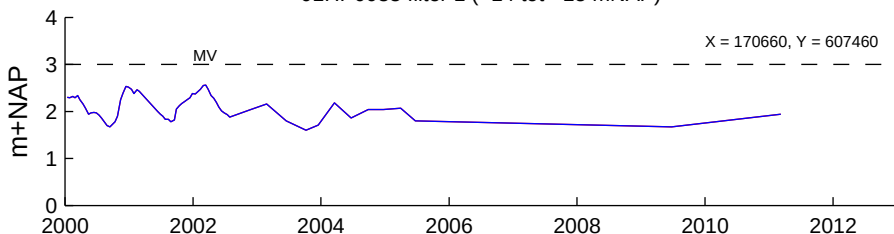


jaar

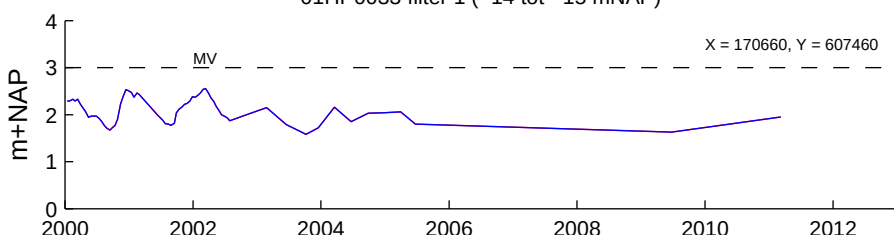
01HP0032 filter 1 (-9.6 tot -10.6 mNAP)



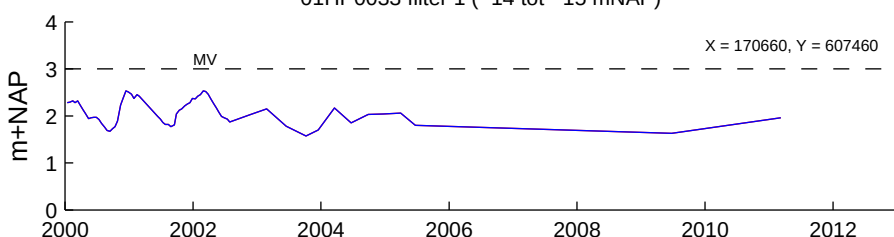
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



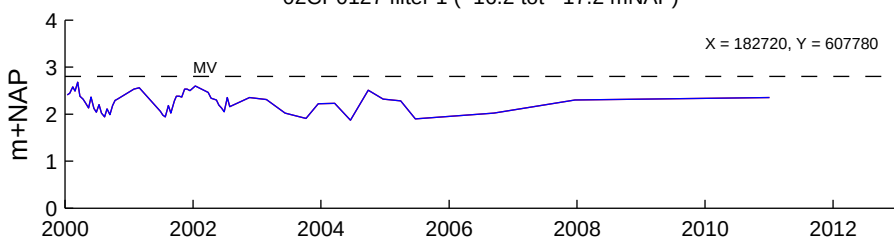
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



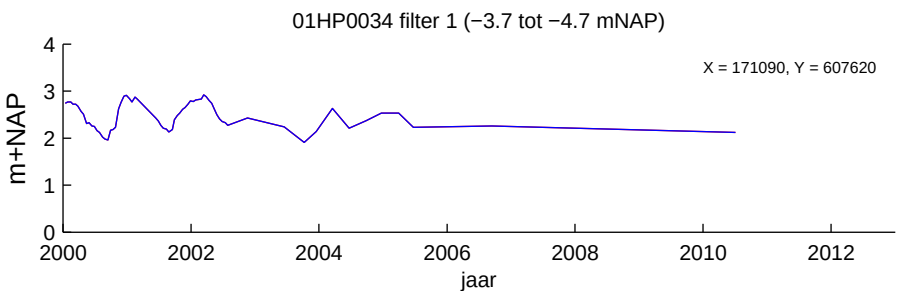
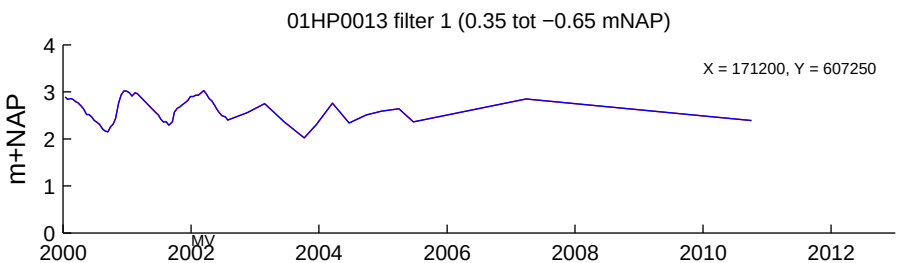
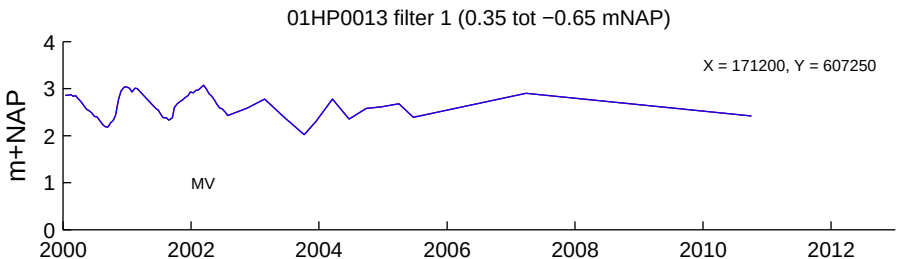
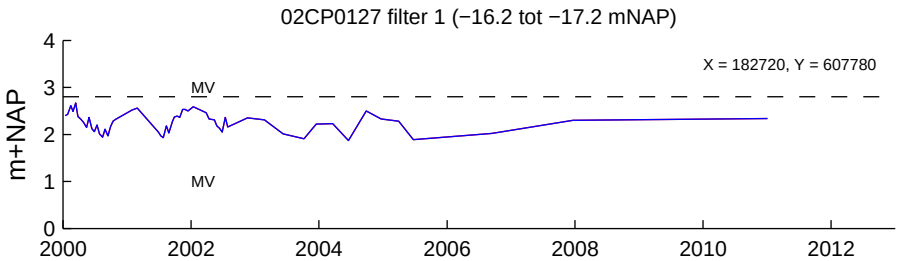
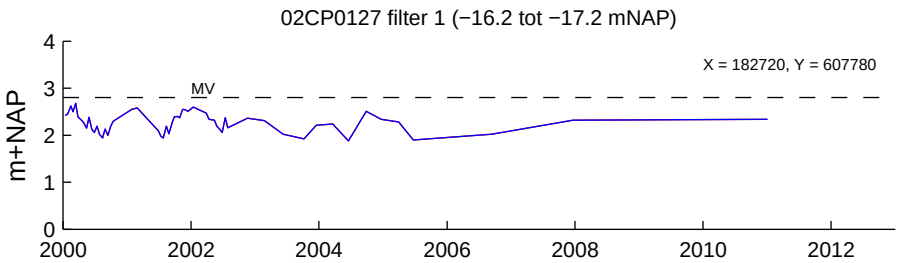
01HP0033 filter 1 (-14 tot -15 mNAP)



02CP0127 filter 1 (-16.2 tot -17.2 mNAP)



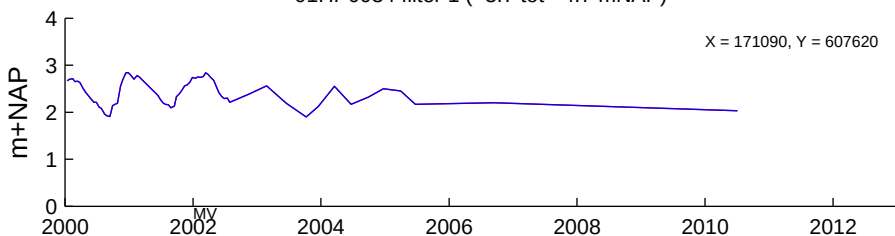
jaar



MV

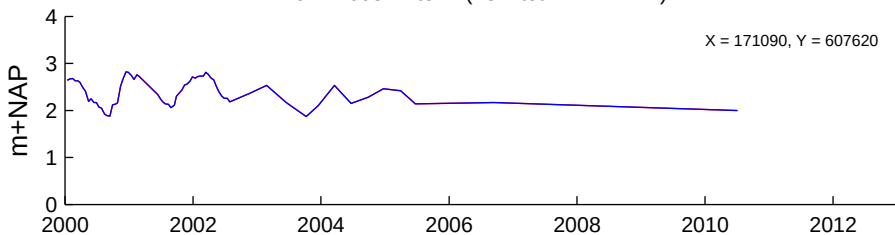
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



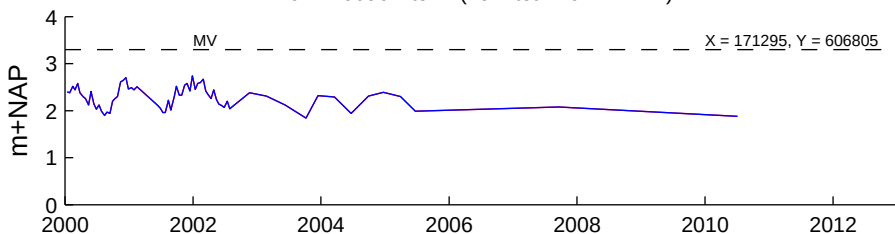
01HP0034 filter 1 (-3.7 tot -4.7 mNAP)

X = 171090, Y = 607620



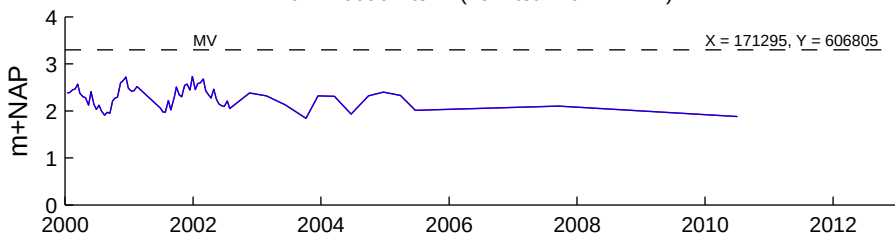
01HP0096 filter 1 (-9.7 tot -10.7 mNAP)

X = 171295, Y = 606805



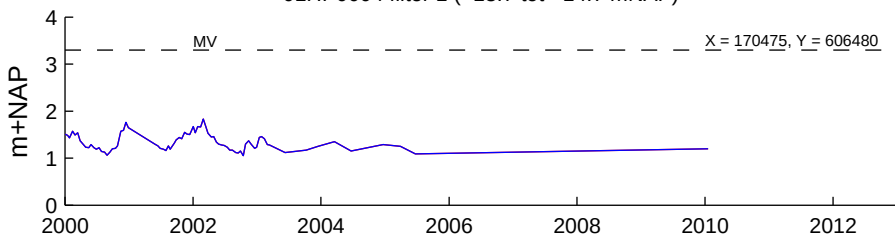
01HP0096 filter 1 (-9.7 tot -10.7 mNAP)

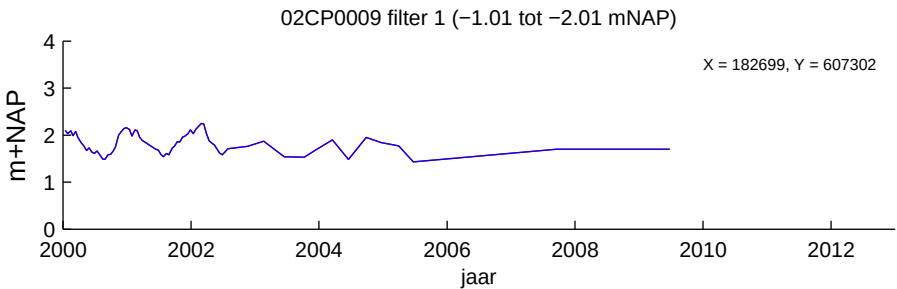
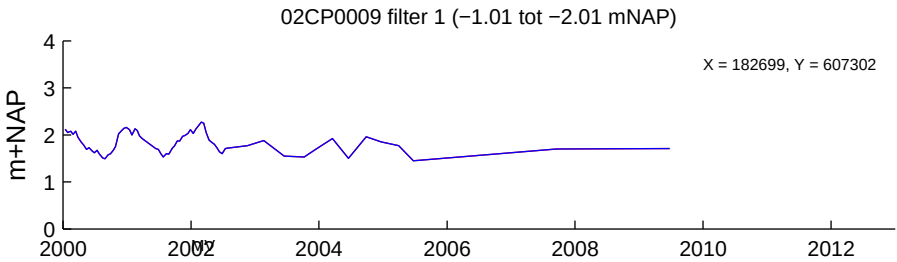
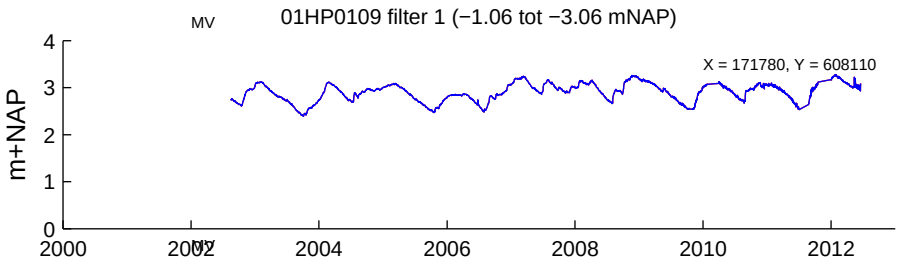
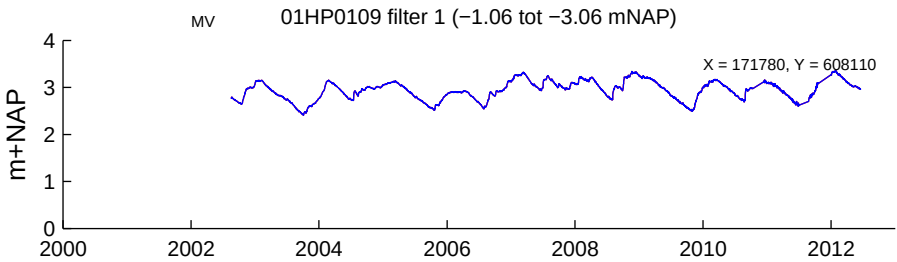
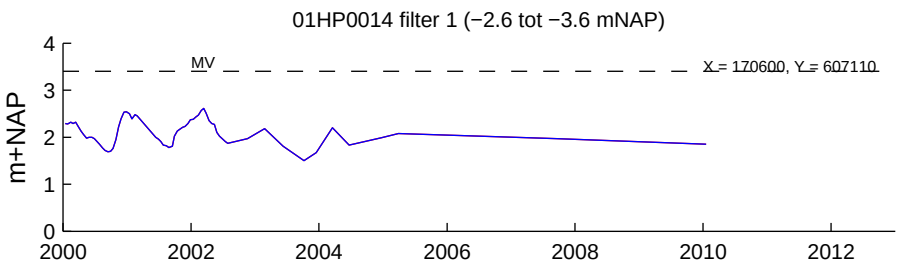
X = 171295, Y = 606805



01HP0004 filter 1 (-13.7 tot -14.7 mNAP)

X = 170475, Y = 606480

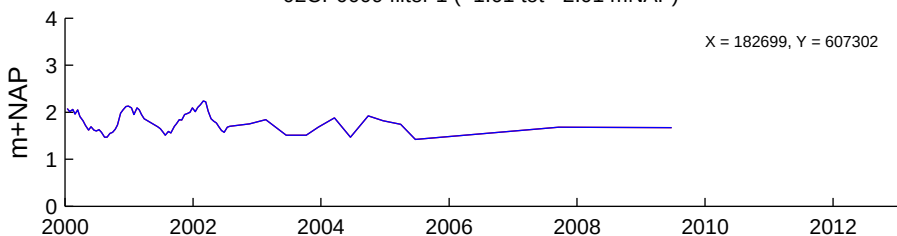




MV

02CP0009 filter 1 (-1.01 tot -2.01 mNAP)

X = 182699, Y = 607302



B01H0007 filter 1 (-12.2 tot -23 mNAP)

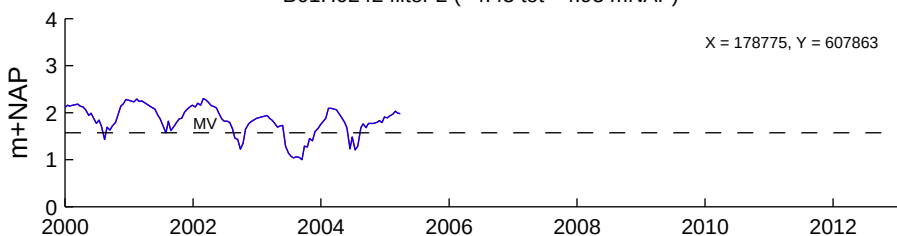
MV

X = 171800, Y = 605630



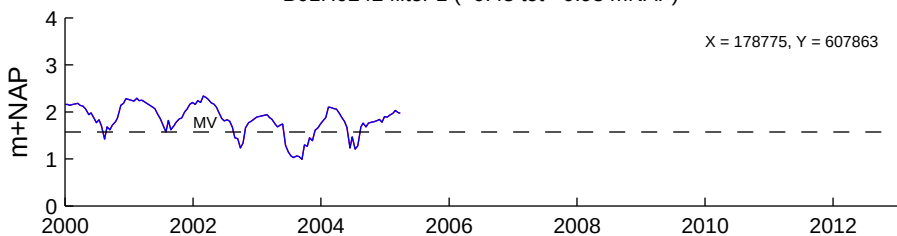
B01H0242 filter 2 (-4.43 tot -4.93 mNAP)

X = 178775, Y = 607863



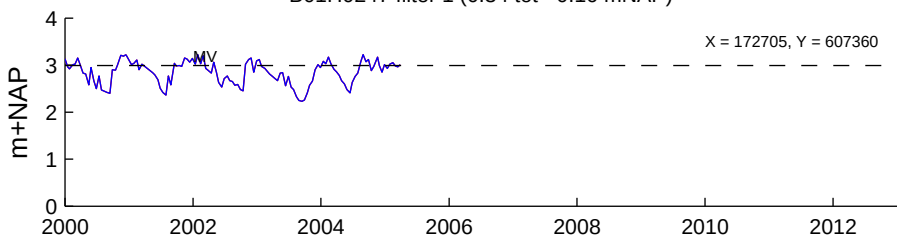
B01H0242 filter 1 (-0.43 tot -0.93 mNAP)

X = 178775, Y = 607863



B01H0247 filter 1 (0.34 tot -0.16 mNAP)

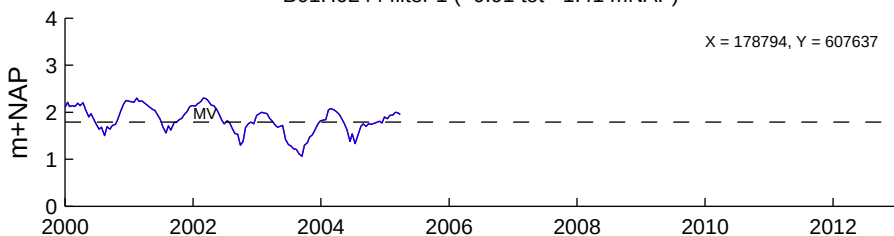
X = 172705, Y = 607360



jaar

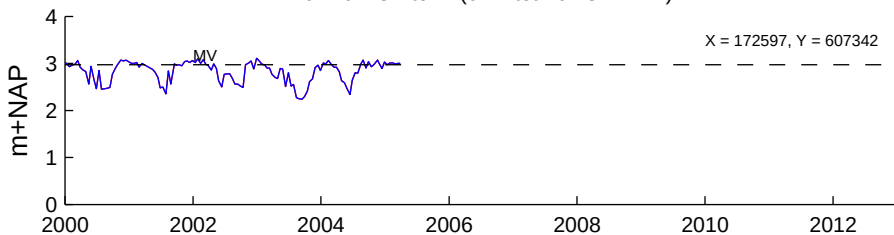
B01H0244 filter 1 (−0.91 tot −1.41 mNAP)

X = 178794, Y = 607637



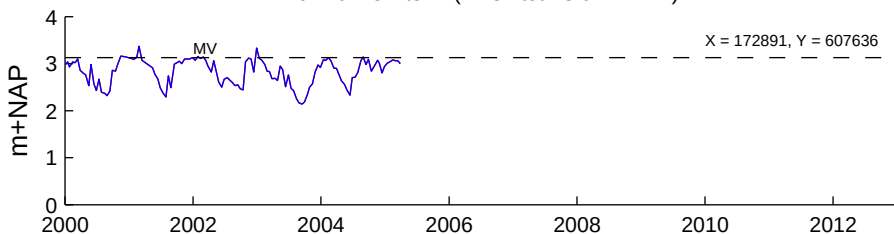
B01H0248 filter 1 (0.22 tot −0.28 mNAP)

X = 172597, Y = 607342



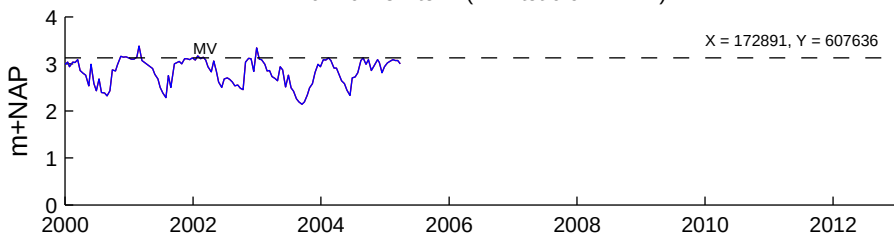
B01H0245 filter 2 (−2.57 tot −3.07 mNAP)

X = 172891, Y = 607636



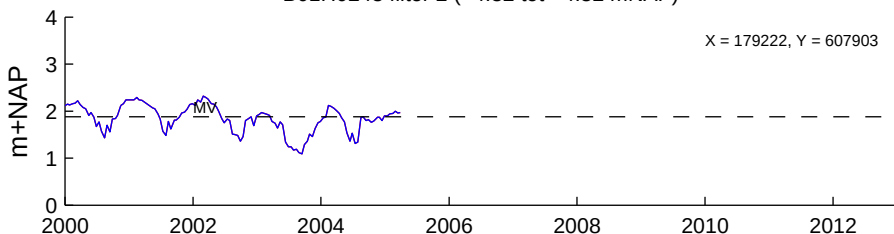
B01H0245 filter 1 (1.17 tot 0.67 mNAP)

X = 172891, Y = 607636



B01H0243 filter 2 (−4.32 tot −4.82 mNAP)

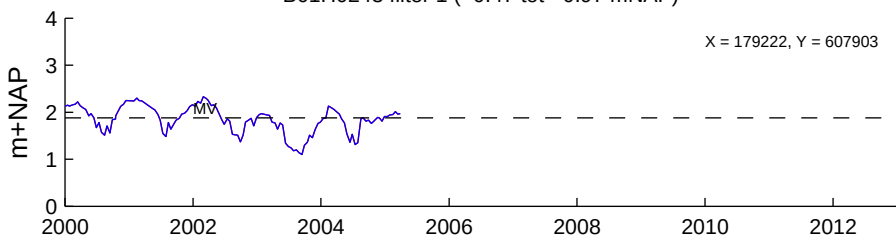
X = 179222, Y = 607903



jaar

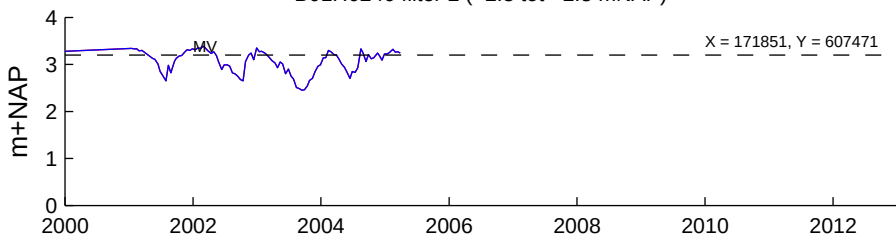
B01H0243 filter 1 (−0.47 tot −0.97 mNAP)

X = 179222, Y = 607903



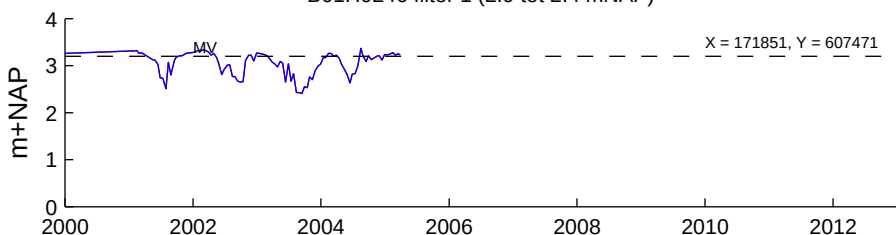
B01H0246 filter 2 (−2.3 tot −2.8 mNAP)

X = 171851, Y = 607471



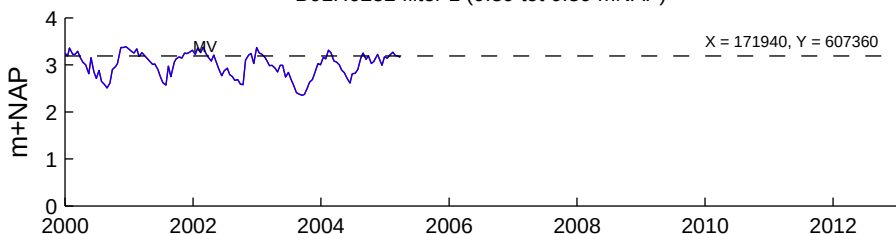
B01H0246 filter 1 (2.9 tot 2.4 mNAP)

X = 171851, Y = 607471



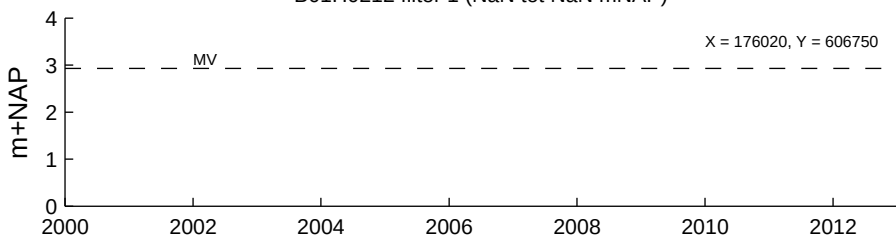
B01H0252 filter 1 (0.89 tot 0.39 mNAP)

X = 171940, Y = 607360



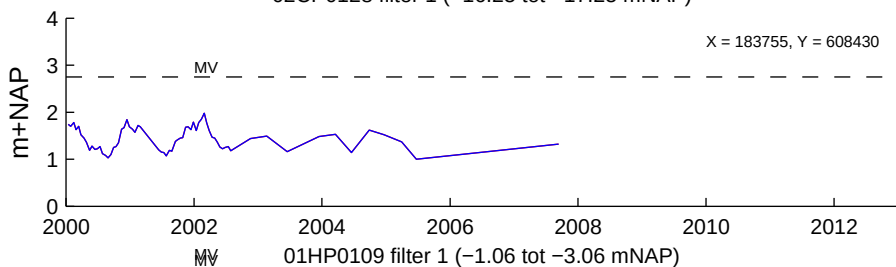
B01H0212 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 176020, Y = 606750

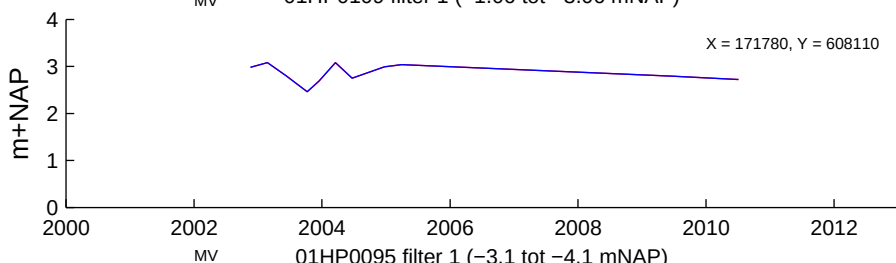


jaar

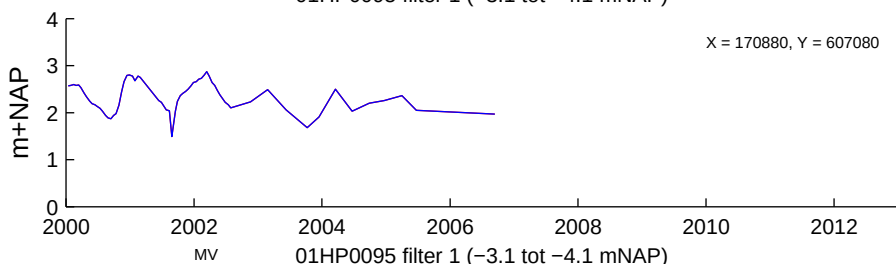
02CP0128 filter 1 (-16.25 tot -17.25 mNAP)



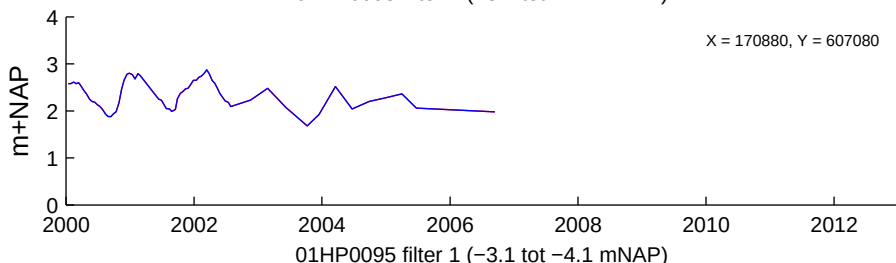
01HP0109 filter 1 (-1.06 tot -3.06 mNAP)



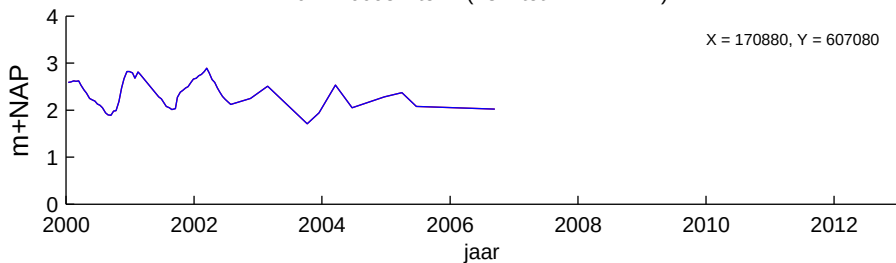
01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)

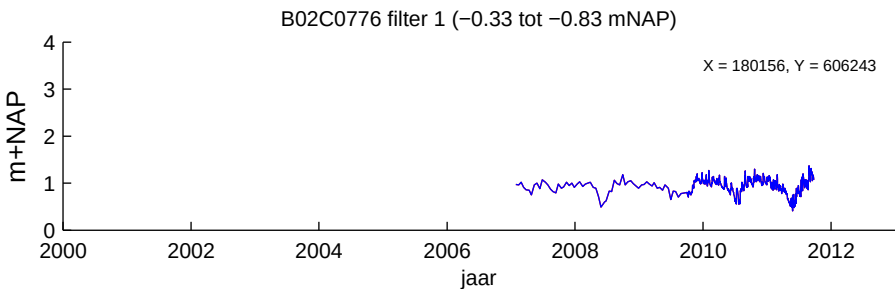
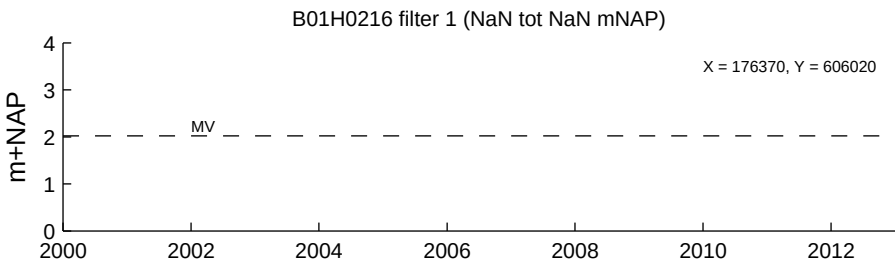
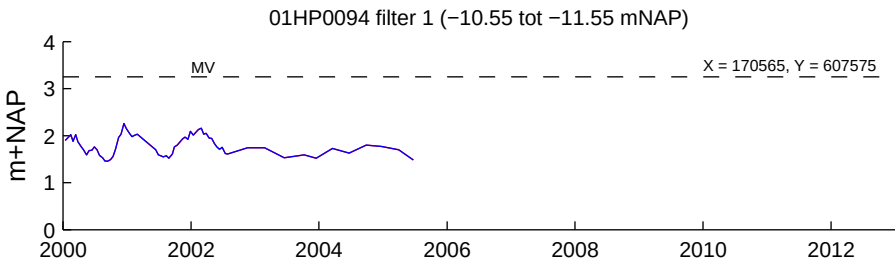
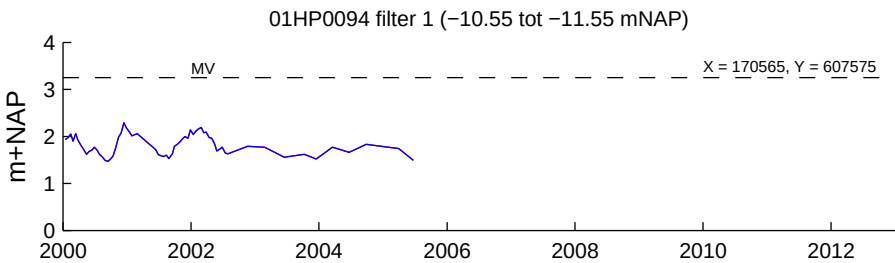
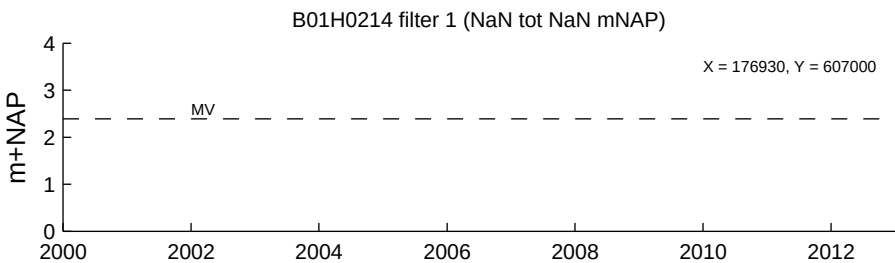


01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)



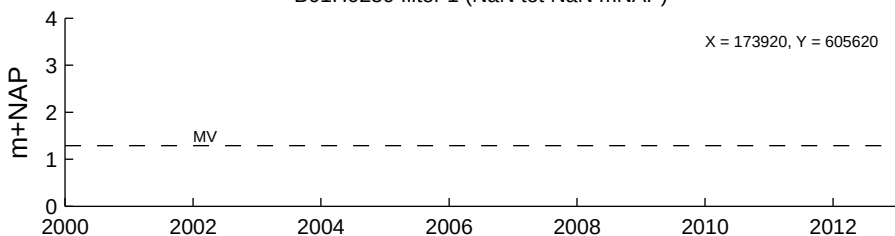
01HP0095 filter 1 (-3.1 tot -4.1 mNAP)





B01H0259 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173920, Y = 605620



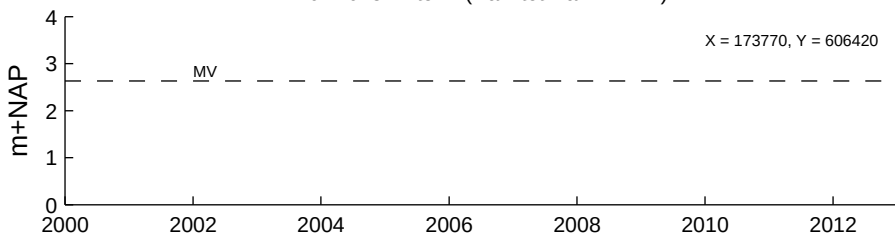
B01H0230 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173590, Y = 604640



B01H0257 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 173770, Y = 606420



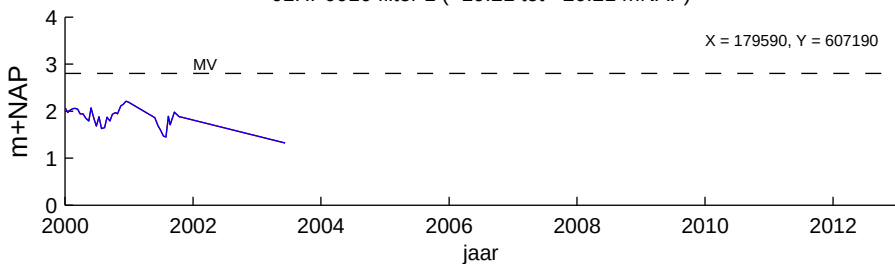
B01H0207 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

X = 170920, Y = 606600



01HP0010 filter 1 (-19.21 tot -20.21 mNAP)

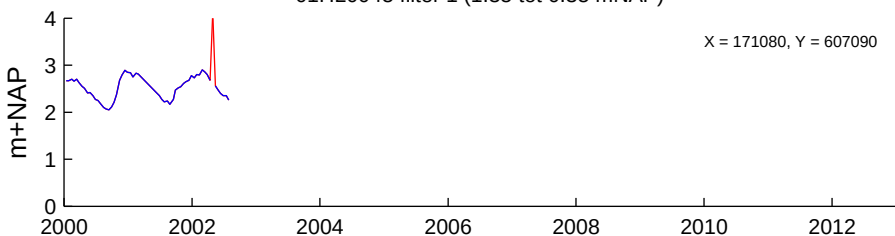
X = 179590, Y = 607190



MV

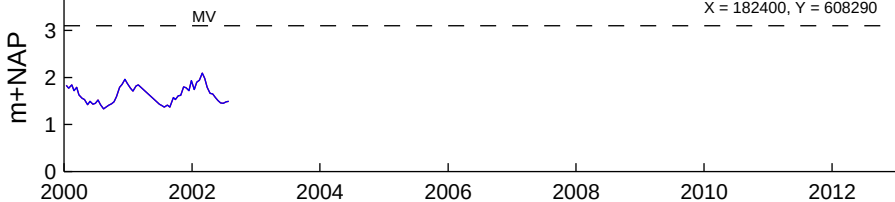
01HL0045 filter 1 (1.35 tot 0.35 mNAP)

X = 171080, Y = 607090



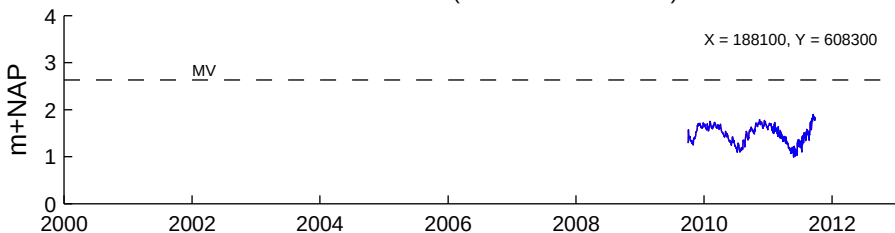
02CL0035 filter 1 (-0.15 tot -1.15 mNAP)

X = 182400, Y = 608290



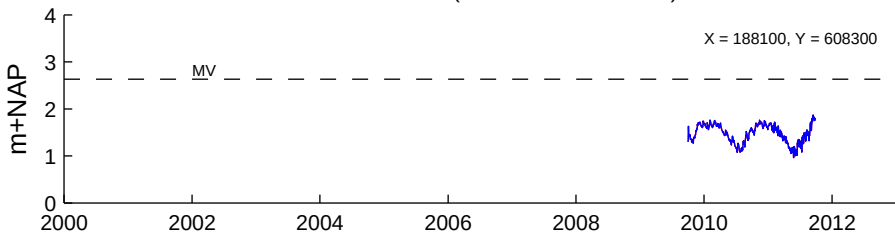
B02C0028 filter 4 (-21.5 tot -22.5 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



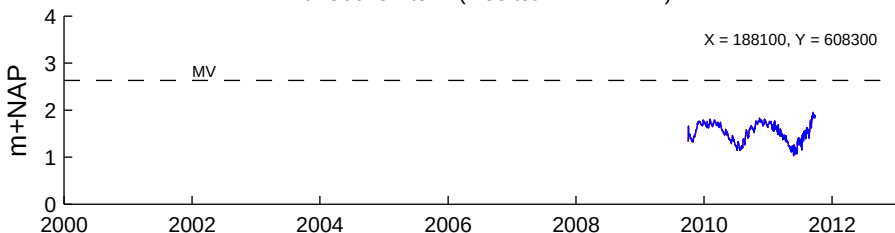
B02C0028 filter 3 (-7.49 tot -8.49 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



B02C0028 filter 2 (1.53 tot -7.47 mNAP)

X = 188100, Y = 608300



jaar

B02C0028 filter 1 (1.65 tot 1.56 mNAP)



B02C0277 filter 1 (2.69 tot 1.44 mNAP)



01HP0010 filter 1 (-19.21 tot -20.21 mNAP)

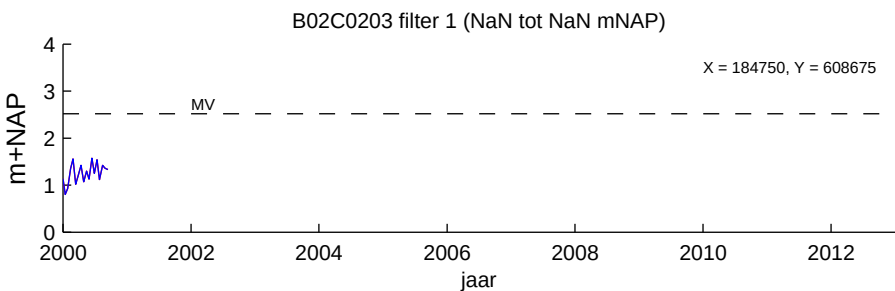
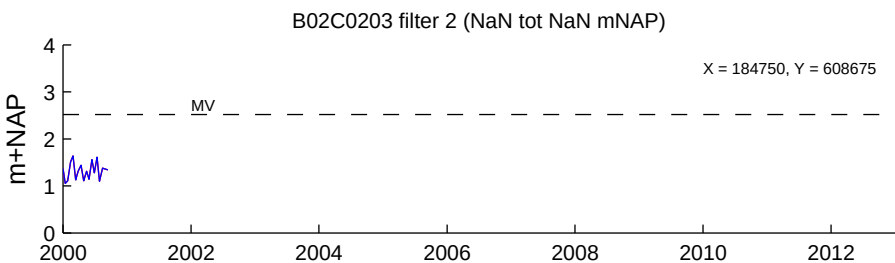
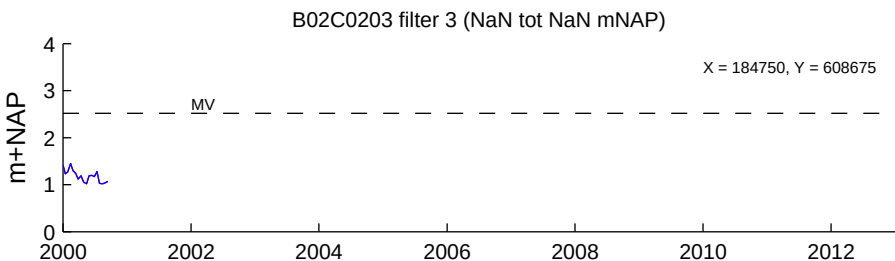
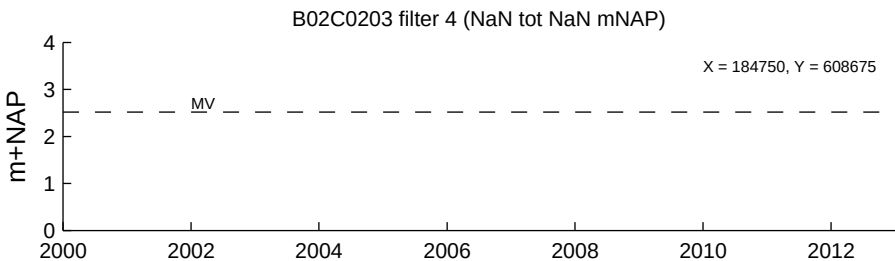
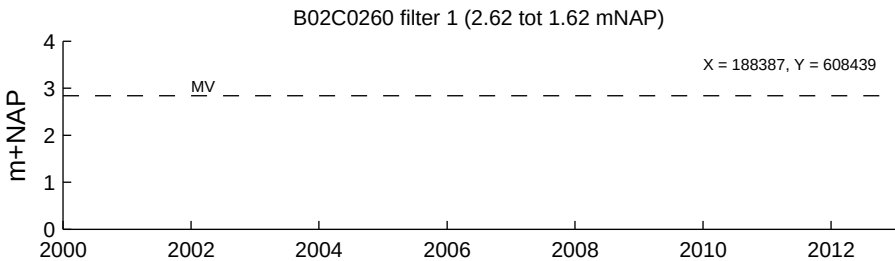


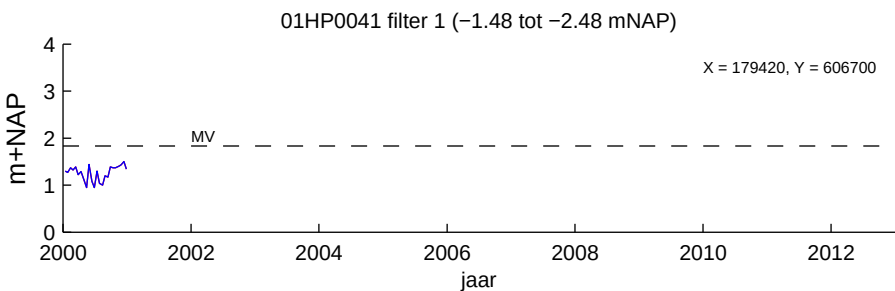
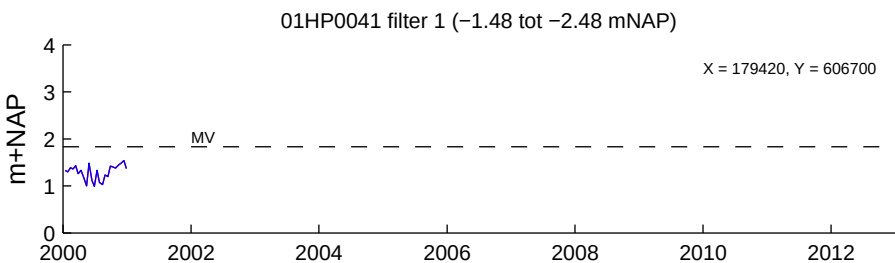
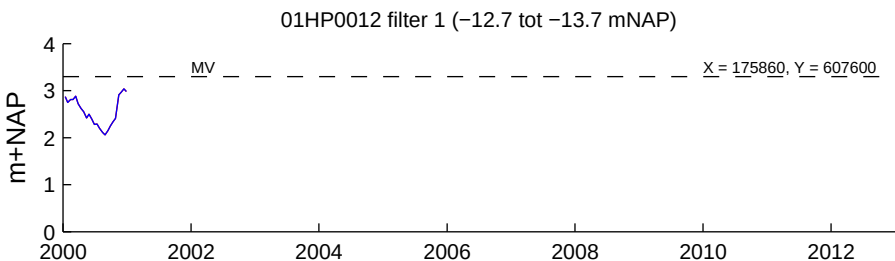
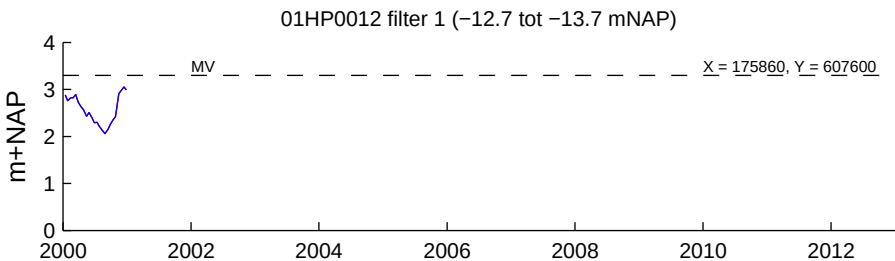
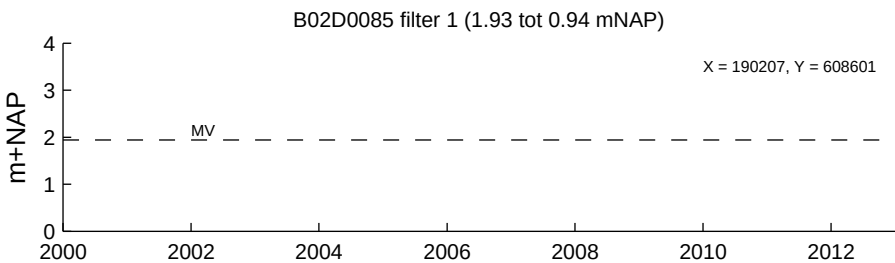
01HP0011 filter 1 (-7.25 tot -8.25 mNAP)



01HP0011 filter 1 (-7.25 tot -8.25 mNAP)







01HP0041 filter 1 (-1.48 tot -2.48 mNAP)

X = 179420, Y = 606700



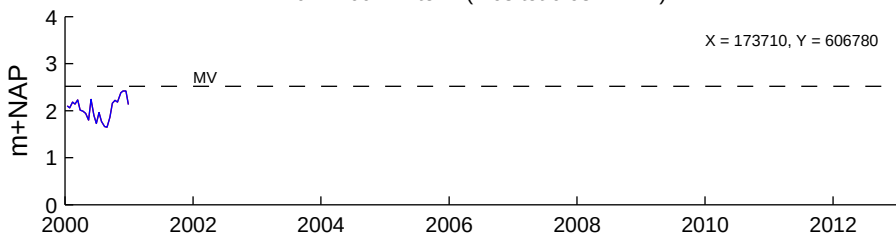
01HP0041 filter 1 (-1.48 tot -2.48 mNAP)

X = 179420, Y = 606700



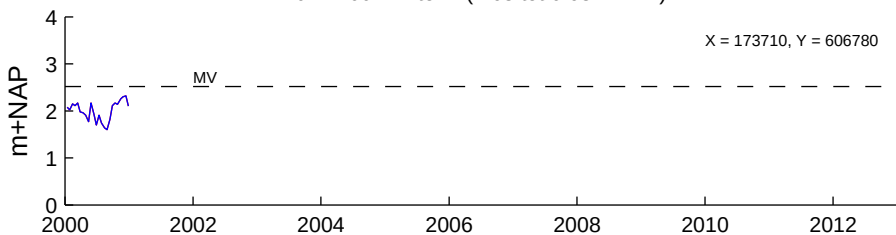
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

X = 173710, Y = 606780



01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

X = 173710, Y = 606780



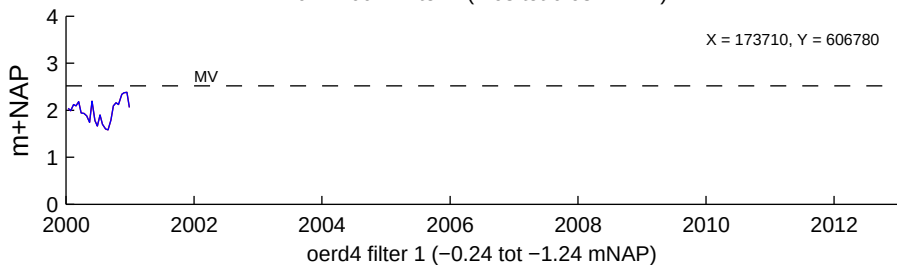
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)

X = 173710, Y = 606780

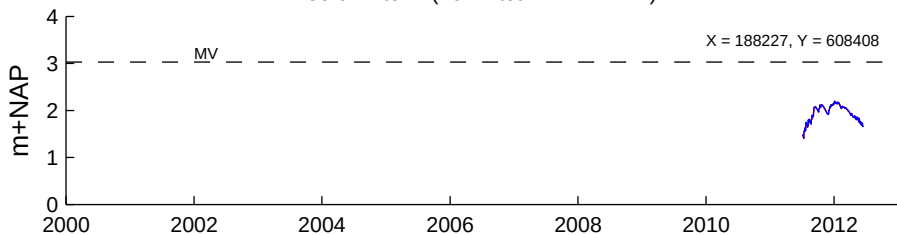


jaar

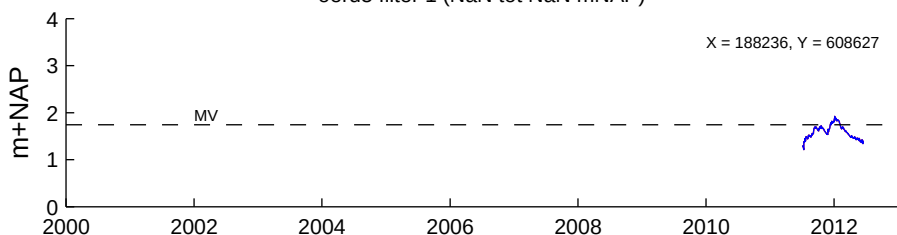
01HP0042 filter 1 (1.63 tot 0.63 mNAP)



oerd4 filter 1 (-0.24 tot -1.24 mNAP)



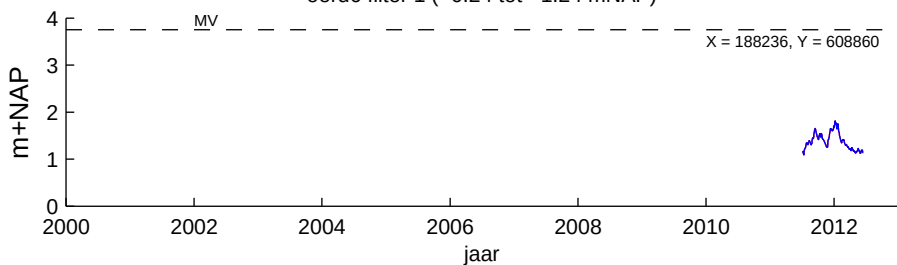
oerd5 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

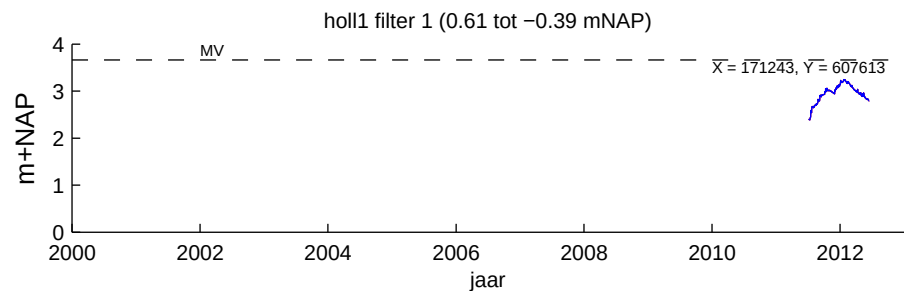
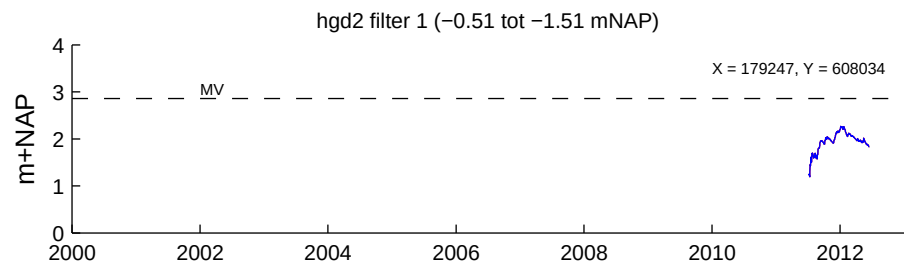
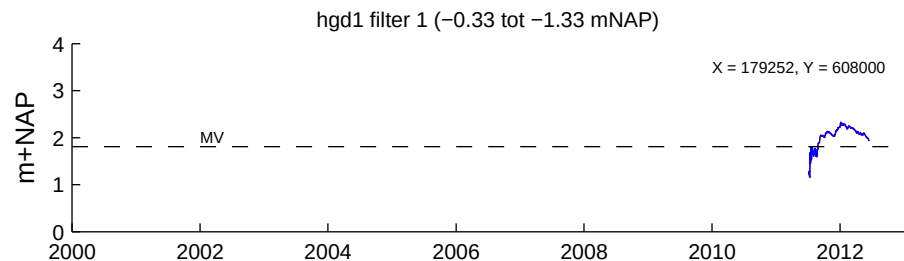
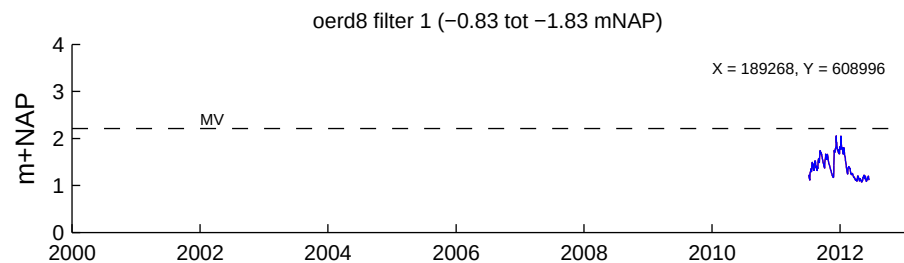
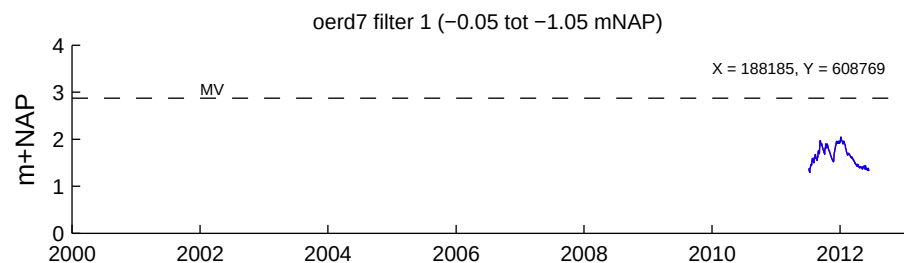


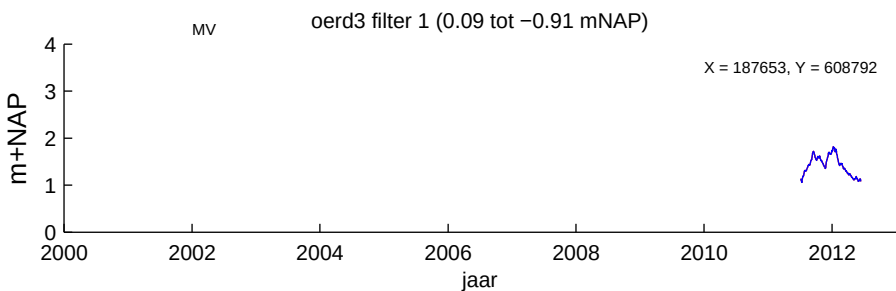
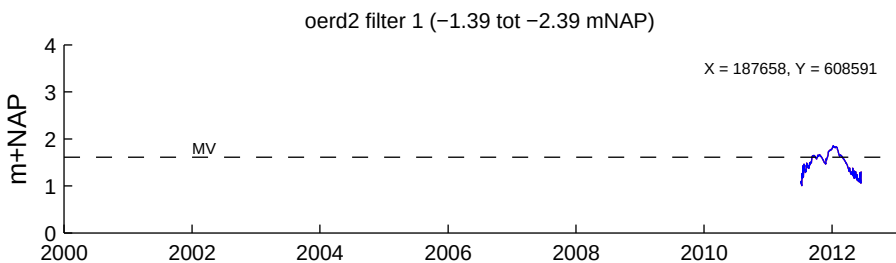
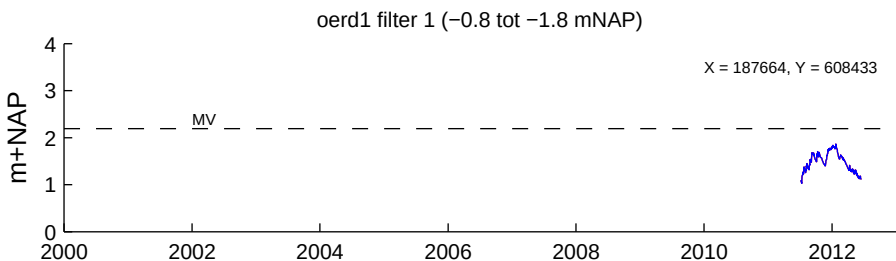
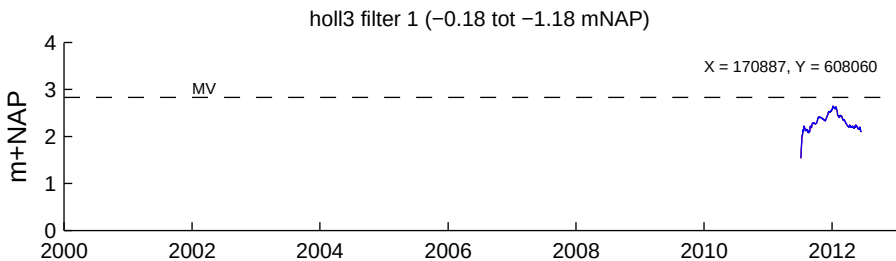
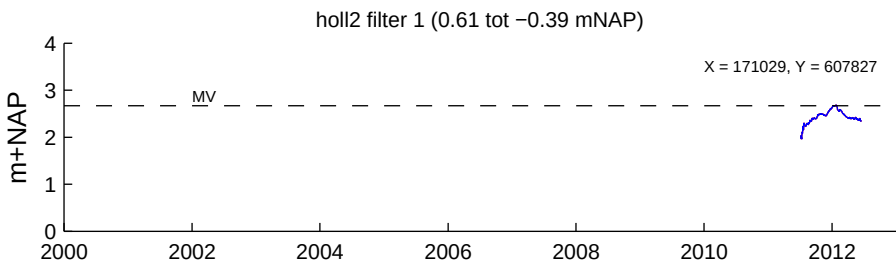
oerd5 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

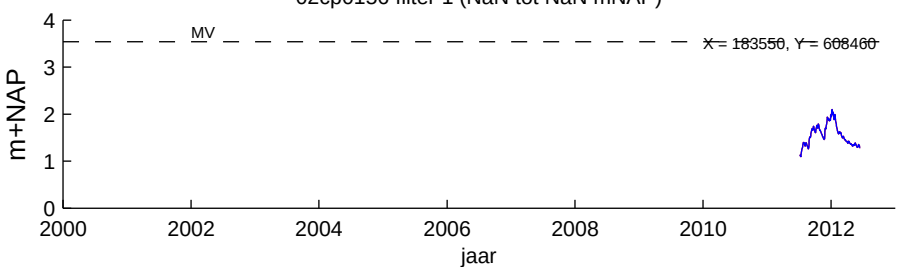
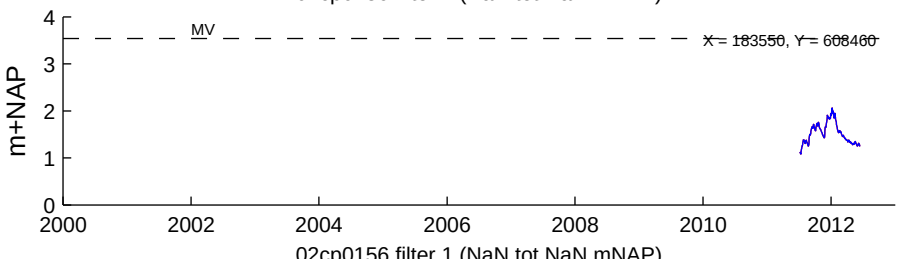
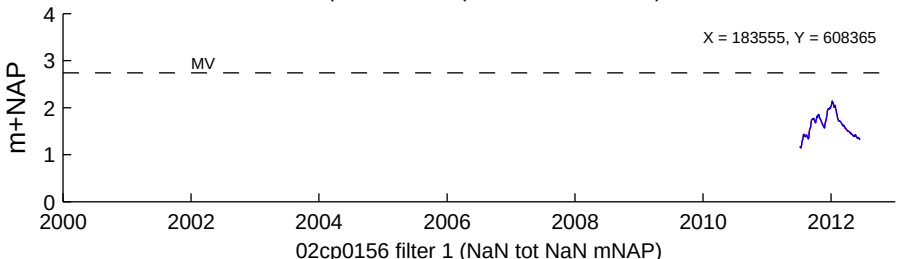
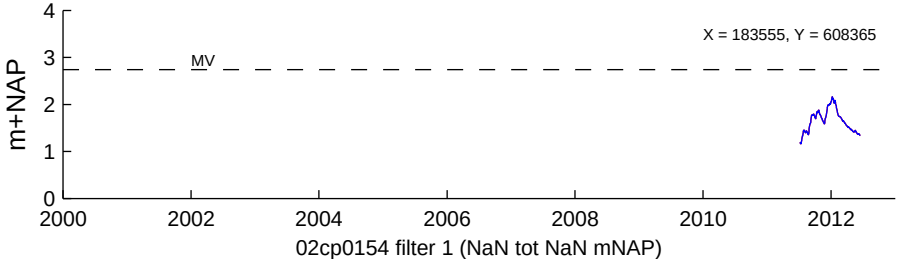
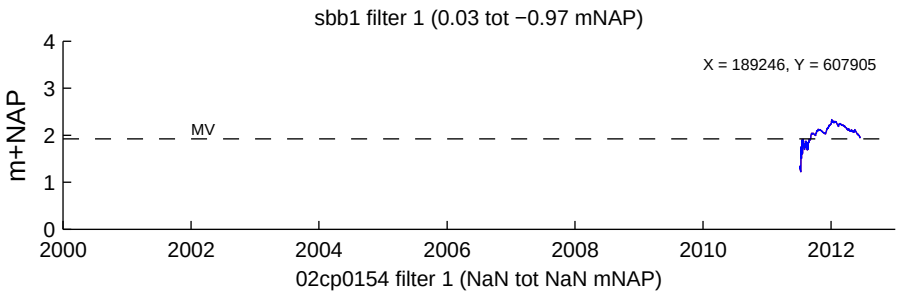


oerd6 filter 1 (-0.24 tot -1.24 mNAP)









hwpnab12 filter 1 (NaN tot NaN mNAP)

