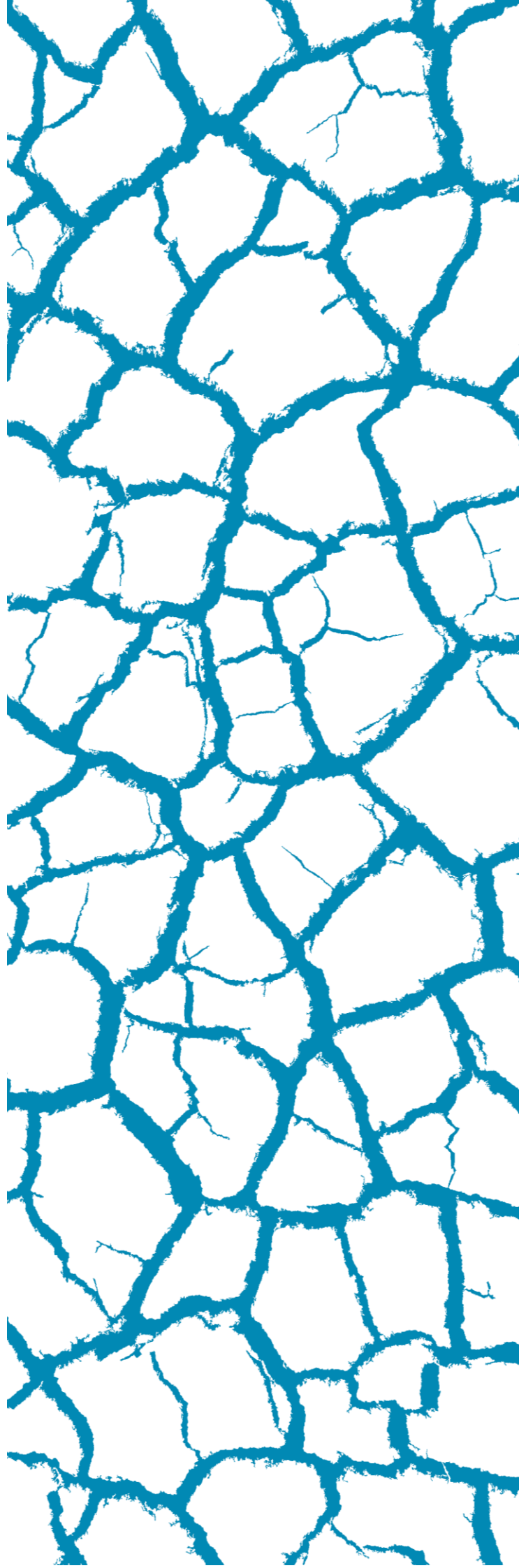




Waterbalans Huurnerveld

Evaluatie metingen





Waterbalans Huurnerveld

Evaluatie metingen

© 2015 Artesia B.V.

Opdrachtgever: provincie Overijssel
Projectnummer: 15.04.98
Datum: 9 november 2015
Auteur(s): W. Beekman
Borging: F.W. Schaars

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

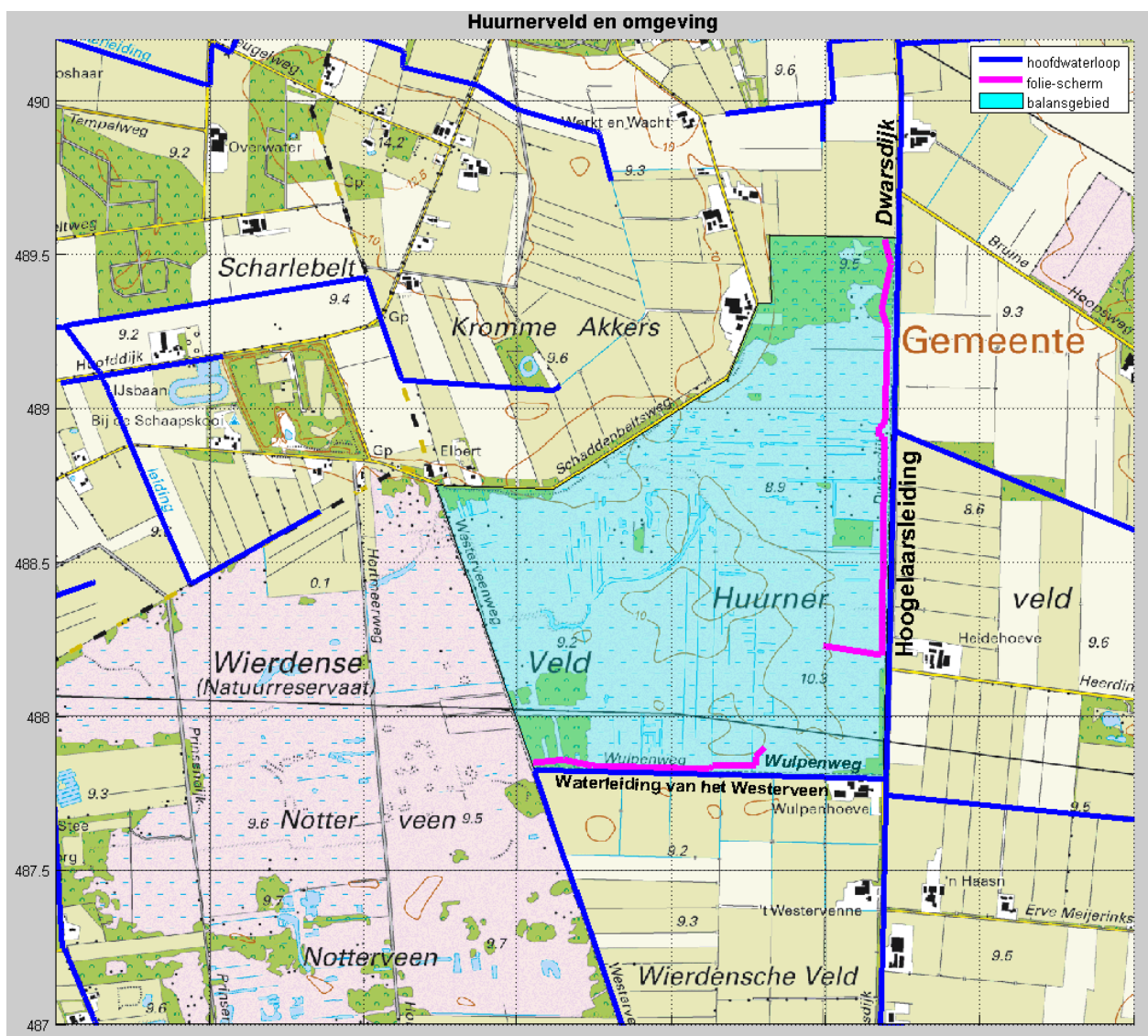
Inhoud

1	Achtergrond	1
1.1	Gebiedskarakterisering	1
1.2	Probleemanalyse	2
1.3	Vraagstelling.....	2
2	Gebiedseigenschappen	3
2.1	Terrein karakterisering.....	3
2.2	Geologisch profiel.....	4
2.3	Regionale gelaagdheid	5
3	Monitoring.....	7
3.1	Inventarisatie meetlocaties	7
3.2	Overzicht van de metingen.....	8
3.3	Karakterisering metingen	12
4	Tijdreeksanalyse	17
5	Waterbalans.....	19
5.1	Schatting wegzijging uit metingen.....	19
5.2	WALRUS	21
5.3	Bak-model.....	23
6	Discussie, conclusies en aanbevelingen.....	27
6.1	De monitoring.....	27
6.2	Tijdreeksanalyse	28
6.3	Waterbalans	28
6.4	Aanbevelingen	28
7	Literatuur	31
	Bijlage 1 Historische beelden Huurnerveld	33
	Bijlage 2 Grondwaterstandsreeksen	35
	Bijlage 3 Resultaten tijdreeksanalyse	51

1 Achtergrond

1.1 Gebiedskarakterisering

Het Huurnerveld beslaat de oostelijke kant van het natuurreservaat Wierdense Veld, gelokaliseerd ten noorden van de as Nijverdal~Wierden. Het gebied is een hoogveenrestant met een Natura2000 status. Het oorspronkelijke hoogveengebied is door vergraving, drooglegging en ontginning gedegenerereerd en verkleind tot de huidige omvang. In het Huurnerveld concentreren zich momenteel de beste hoogveenplantengemeenschappen met uitbreidingsperspectieven. Inrichting en beheer van het resterende natuurgebied zijn gericht op de revitalisatie van het hoogveen. Een belangrijke ingreep is de barrière tegen afstroming die eind 2011 is opgeworpen, in de vorm van een begraven foliescherm aan de zuid- en oostzijde van het Huurnerveld, langs respectievelijk de Wulpenweg en de Dwarsdijk.



figuur 1: ligging Huurnerveld

1.2 Probleemanalyse

Voor het Wierdense Veld is een gebiedsanalyse uitgevoerd [KWR & Witteveen+Bos, 2012]. Hierin werd geconstateerd dat het uitzakken van grondwaterstanden in het veen als gevolg van een te grote wegzijging een belemmering vormt voor verdere ontwikkeling van hoogveenvegetaties in het gebied. Als mogelijke oorzaken worden het lage peil in de Hoogelaarsleiding en de grondwateronttrekkingen Wierden en Hoge Hexel aangewezen. De gebiedsanalyse baseert zich daarbij op onderzoeken van Hoogendoorn & te Stroet [1994] en Tomassen et al. [2005]. Het onderzoek van Tomassen et al. [2005] bevat onder meer conclusies over de weerstand van de veenlaag in het Huurnerveld, op basis van metingen in het veld.

In de rapportage van Jansen et al., [2013] is een samenvatting gegeven van de knelpunten en voorwaarden van het beoogde gebiedsherstel. In deze rapportage wordt geconcludeerd dat de lokale hydrologie cruciaal is voor de stabilisatie van de huidige kwaliteit, maar dat ingrepen in een groter gebied noodzakelijk zijn voor een duurzaam herstel. Ook in deze rapportage wordt een belangrijke belemmerende rol toegekend aan de Hoogelaarsleiding. De afvoer via deze waterloop is hoog en speelt dus een belangrijke rol in de waterhuishouding binnen zijn stroomgebied. Tevens wordt in dit rapport beaamd dat de regionale verdroging door drainage van landbouwgronden en door de operationele (drink)waterwinningen wordt veroorzaakt.

Voor herstel van het hoogveen zijn de juiste hydrologische omstandigheden nodig, maar er moet ook worden voldaan aan kwalitatieve voorwaarden. Dit aspect is geconstateerd (Jansen, et al., 2013), maar lijkt nog onvoldoende geïnventariseerd en de tot dusver voorgestelde maatregelen zijn ook niet vanuit dat gezichtspunt beschreven: deze leggen de nadruk op hydrologische ingrepen, zoals het verhogen van het stuwpeil in de Hoogelaarsleiding en andere vernattingsmaatregelen in het agrarische gebied rond het Huurnerveld.

1.3 Vraagstelling

Om tot een beter gekwantificeerd begrip van de hydrologie te komen is in 2011 een aanvullend monitoringsysteem ingericht, waarin de grondwaterstanden en de afvoer op een aantal punten wordt gemeten. De vraag is om op basis van de sindsdien verzamelde gegevens een eerste evaluatie van de waterbalans van het Huurnerveld op te stellen. Deze evaluatie moet zicht bieden op hiaten in de monitoring en mondt uit in een advies over het opheffen van die hiaten. De waterbalans moet inzicht geven in de gemiddelde wegzijging in het gebied.

De aanpak is opgedeeld in de volgende onderdelen:

- Gebiedskaracterisering: globale beschrijving van de geomorfologische en geologische kenmerken die ten grondslag liggen aan het ontstaan van het hoogveen en de waterhuishoudkundige ingrepen die vervolgens hebben geleid tot de degeneratie van het hoogveengebied.
- Beschrijving van de operationele hydrologische monitoring in het Huurnerveld voor de evaluatie van de hydrologische toestand en ontwikkeling en analyse en validatie van de metingen.
- Opstellen van verschillende benaderingen voor de waterbalans van het Huurnerveld, zoveel mogelijk in termen van de metingen van neerslag en afvoer.
- Evaluatie van de onzekerheid in de verschillende balansposten.

In deze rapportage zijn deze onderdelen uitgewerkt en besluiten we met een discussie over de waterbalans van het Huurnerveld, inclusief de range in de onzekerheid en een schatting van de wegzijging. We eindigen met een aantal aanbevelingen hoe de monitoring verbeterd zou kunnen worden, gericht op het vaststellen en het opheffen van de hydrologische kwetsbaarheid van het gebied.

2 Gebiedseigenschappen

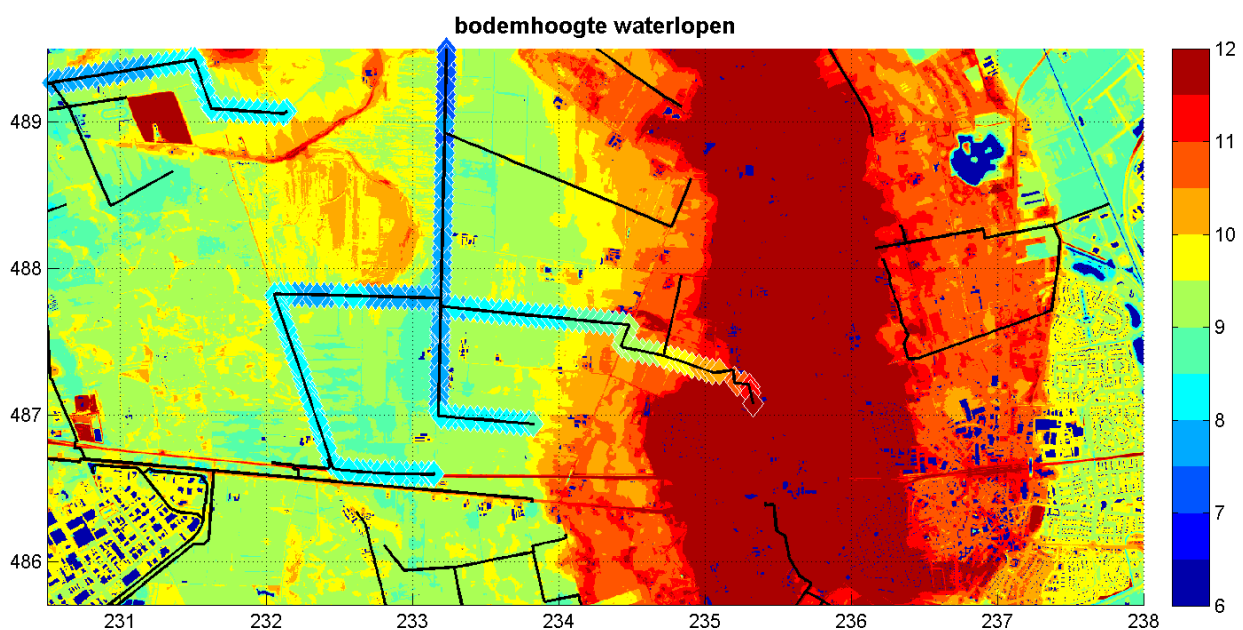
2.1 Terrein karakterisering

Het Huurnerveld is een hoogveenrestant, dat onderdeel uitmaakt van het Wierdense Veld. In Bijlage 1 is de huidige situatie vergeleken met de situatie rond 1880. Daaruit blijkt dat de situatie drastisch is gewijzigd: toen was alleen de stuwwal tussen Wierden en Hoge Herksel in landbouwkundig gebruik en waren de voetvlaktes aan beide zijden van de stuwwal nog onontgonnen.

Uit het beeld van de terreinhoogte is deze indeling nog goed te herleiden. Het Huurnerveld is nu van de stuwwal afgescheiden door een agrarische zone, die inmiddels topografisch lager ligt en door ontwatering hydrologisch nog lager ligt. Het Huurnerveld grenst ook aan de noord- en zuidzijde aan agrarisch gebied. De scheiding aan zuid- en oostzijde wordt gevormd door de Hoogelaarsleiding. Aan de noordzijde is de grens een weg en ligt de ontwatering op enige afstand. De ontwateringspotentie (bodemhoogte) van deze randdrain is weergegeven in onderstaande figuur in relatie tot het maaiveld.

De Hoogelaarsleiding zorgt in deze setting voor de interceptie van het water dat vanaf de stuwwal richting het Huurnerveld toestroomt. Daarnaast blijkt uit modelonderzoek van Hoogendoorn en te Stroet (1994) dat de toestroming van grondwater naar het Huurnerveld vanuit de stuwwal van Hoge Hexel is afgenomen door de drinkwaterwinning Hoge Hexel. Daarmee is het Huurnerveld afgesneden van een belangrijke hydrologische conditie die in het verleden heeft geleid tot het ontstaan van het hoogveen: de aanvoer van voldoende en carbonaatrijk water.

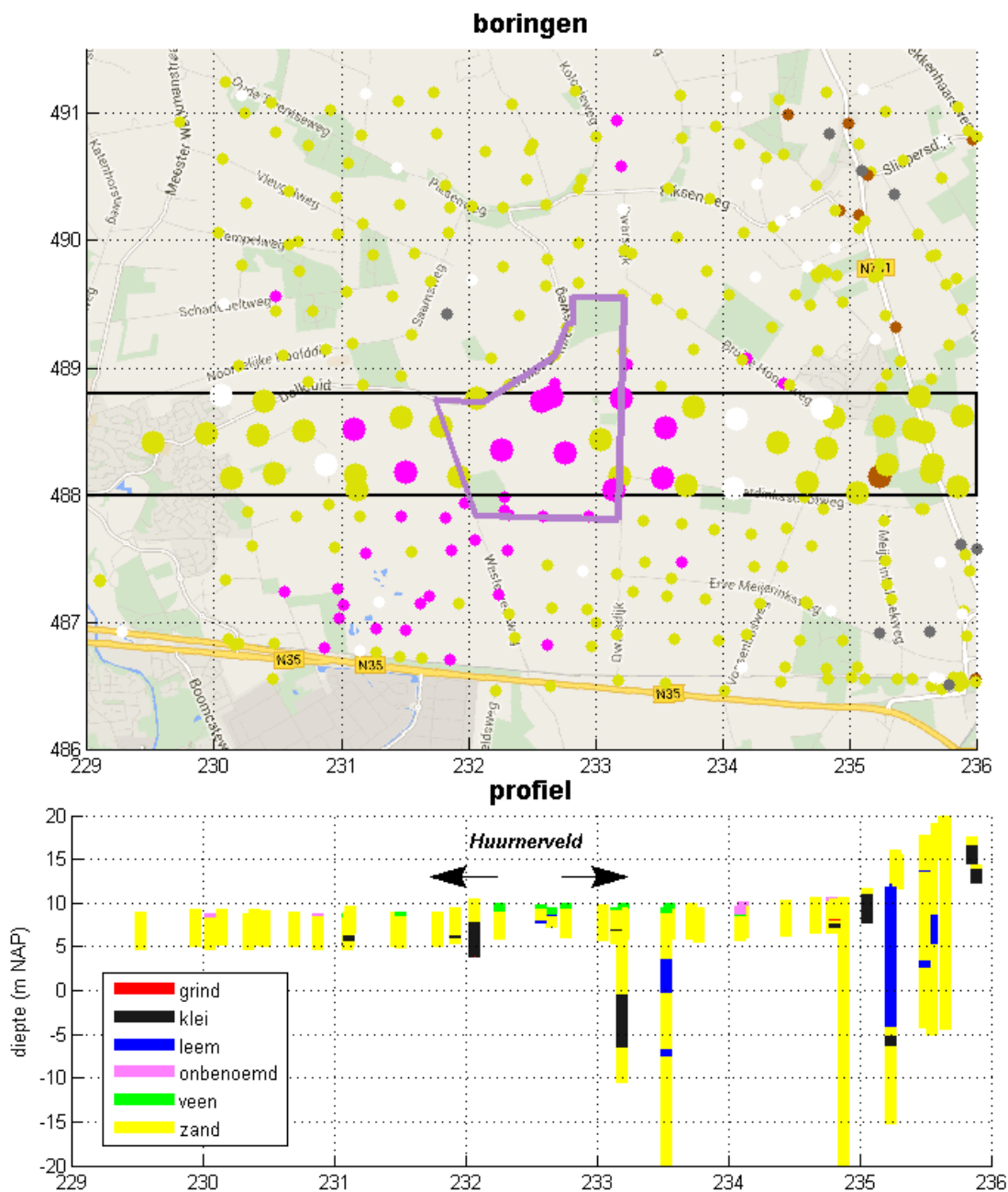
Binnen het Huurnerveld zijn naast vergravingspatronen ook nog enkele morfologische verhogingen te zien, die gekarteerd zijn als dekzandruggen. Deze kunnen een lokale motor zijn voor hoogveen ontwikkeling, door hun bijdrage aan de water en koolstofbalans aan de voet van deze verhogingen.



figuur 2: Terreinhoogte en insnijding van enkele waterlopen rond het Huurnerveld

2.2 Geologisch profiel

De bodem van het Huurnerveld is intensief gekarteerd tot 5 meter diep. Van de ontwikkeling van de diepere bodemlagen is minder bekend. Over het algemeen is de bodem onder het Huurnerveld zandig ontwikkeld, met aan de top een dun veendek. Her en der komen in de toplaag ook klei of leembandjes voor, die in de praktijk een aanzienlijke hydraulische weerstand kunnen hebben. Dieper in het profiel wordt een dikkere kleilaag aangetroffen, die soms wordt geassocieerd met de keileem van de stuwwal, maar niet altijd. Aan de keileem wordt een min of meer continue verbreiding toegedacht, maar de aanwezigheid is onder het Huurnerveld alleen aan de oost-rand aangetoond. Tussen het Huurnerveld en de stuwwal wordt de keileem in meerdere boringen aangetoond. Deze keileem zal rond de stuwwal zorgen voor een scheiding van het freatische water en het wat dieper grondwater.

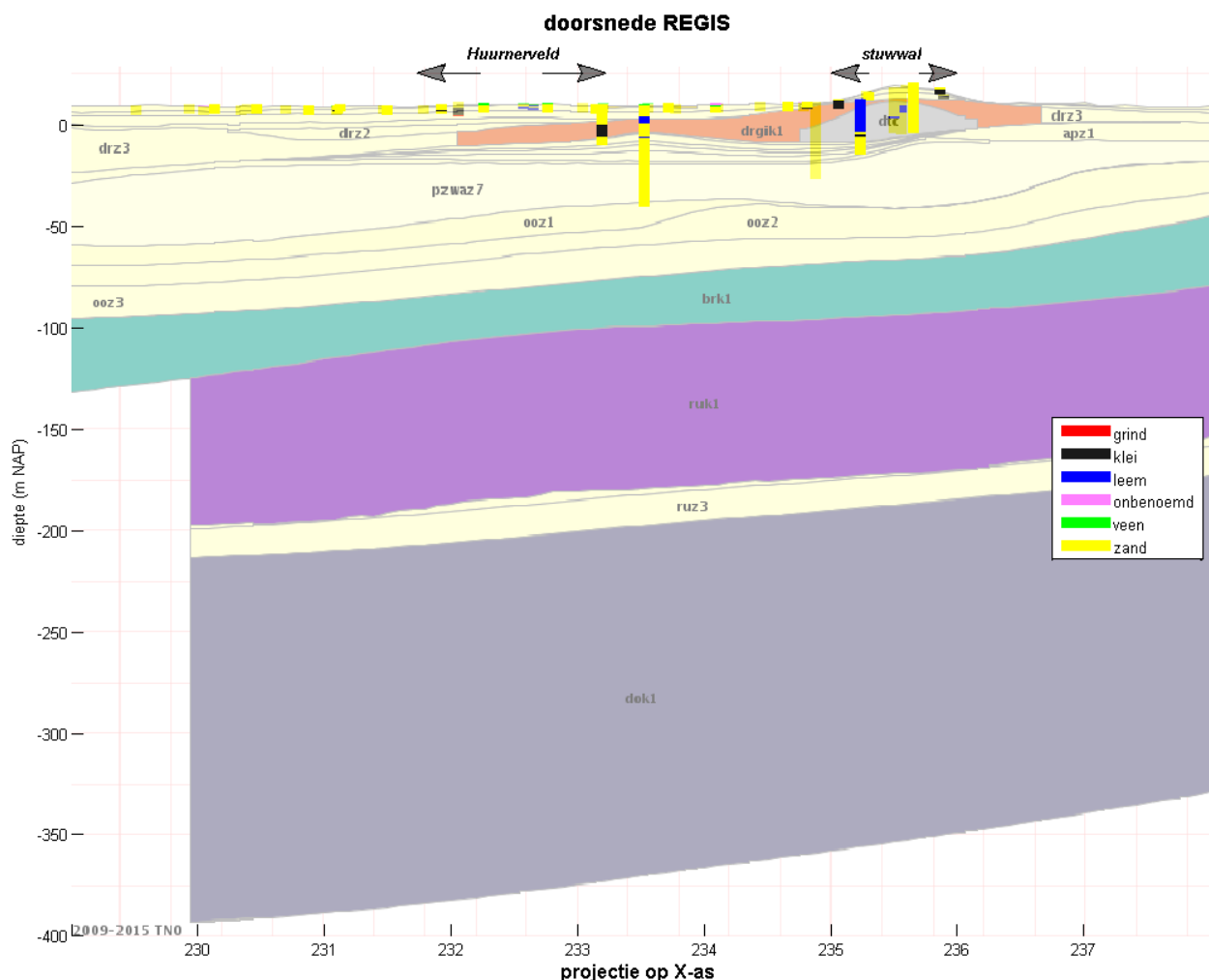


figuur 3: Boringen over het Huurnerveld tot op de stuwwal. De grote bollen in de plattegrond zijn de in het dwarsprofiel opgenomen boringen. Paarse bollen hebben een veendek, gele bollen hebben een zanddek, witte bollen zijn onbepaald.

2.3 Regionale gelaagdheid

In breder verband kan de ondergrond als een gelaagd systeem worden beschouwd, omdat afzettingen zich laagsgewijs vormen. De geologische eigenschappen in horizontale richting lijken daarom sterker op elkaar dan in de verticaal. De geologische interpretatie van het gebied is benaderd met het in oostelijke richting iets opgerekte dwarsprofiel dat ook in figuur 3 is gekozen. De stuwwal bestaat uit een gestuwd complex (dtc) en is omgeven door keileemafzettingen. Op deze keileem zijn dekzanden afgezet. Deze combinatie vormt een gunstige conditie voor de vorming van veen, zoals ook heeft plaatsgevonden: het afstromende water vanaf de stuwwal zorgt voor een constante voeding met carbonaatrijk water in de voetvlakte, de keileem zorgt voor een geremde inzijging en dus natte omstandigheden.

Het is ook duidelijk dat de geologische interpretatie op de schaal van het Huurnerveld geen sterke handvaten biedt voor het beschrijven van de lokale hydrologie. De verbreiding en beëindiging van de keileem (drgik1) is in dit verband een relevante factor, waarover REGIS geen uitsluitsel kan geven.

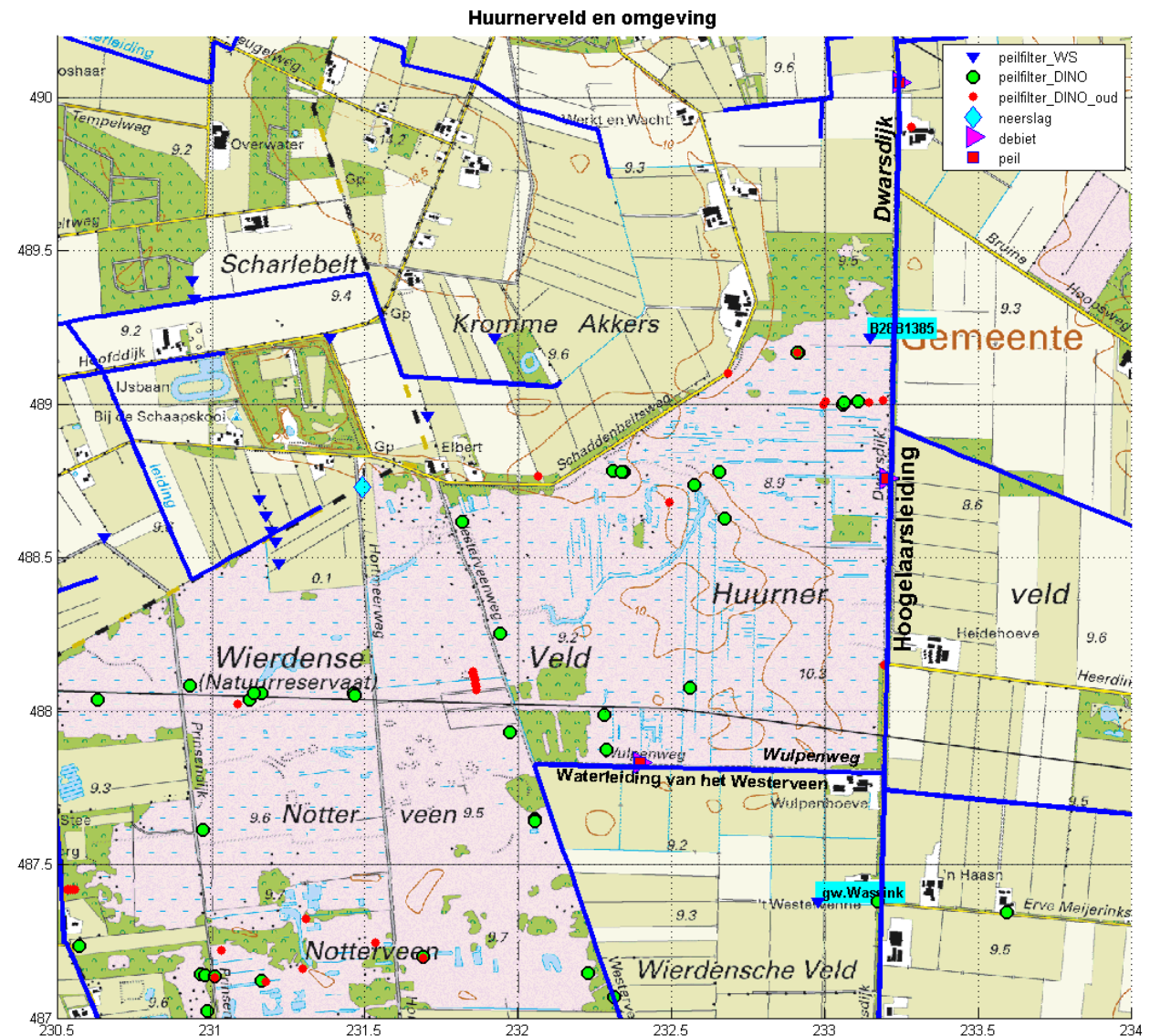


figuur 4: Geologische interpretatie van het dwarsprofiel over het Huurnerveld volgens REGIS 2.1

3 Monitoring

3.1 Inventarisatie meetlocaties

Het meetnet voor de hydrologische karakterisering van het Huurnerveld bestaat uit grondwatermeetpunten, afvoermeetpunten, een regenmeter en vegetatie karteringen. In figuur 5 zijn de meetlocaties van de hydrologische meetpunten rond het Huurnerveld weergegeven. De metingen uit de gemarkeerde peilfilters zijn zijn in figuur 6 opgenomen.



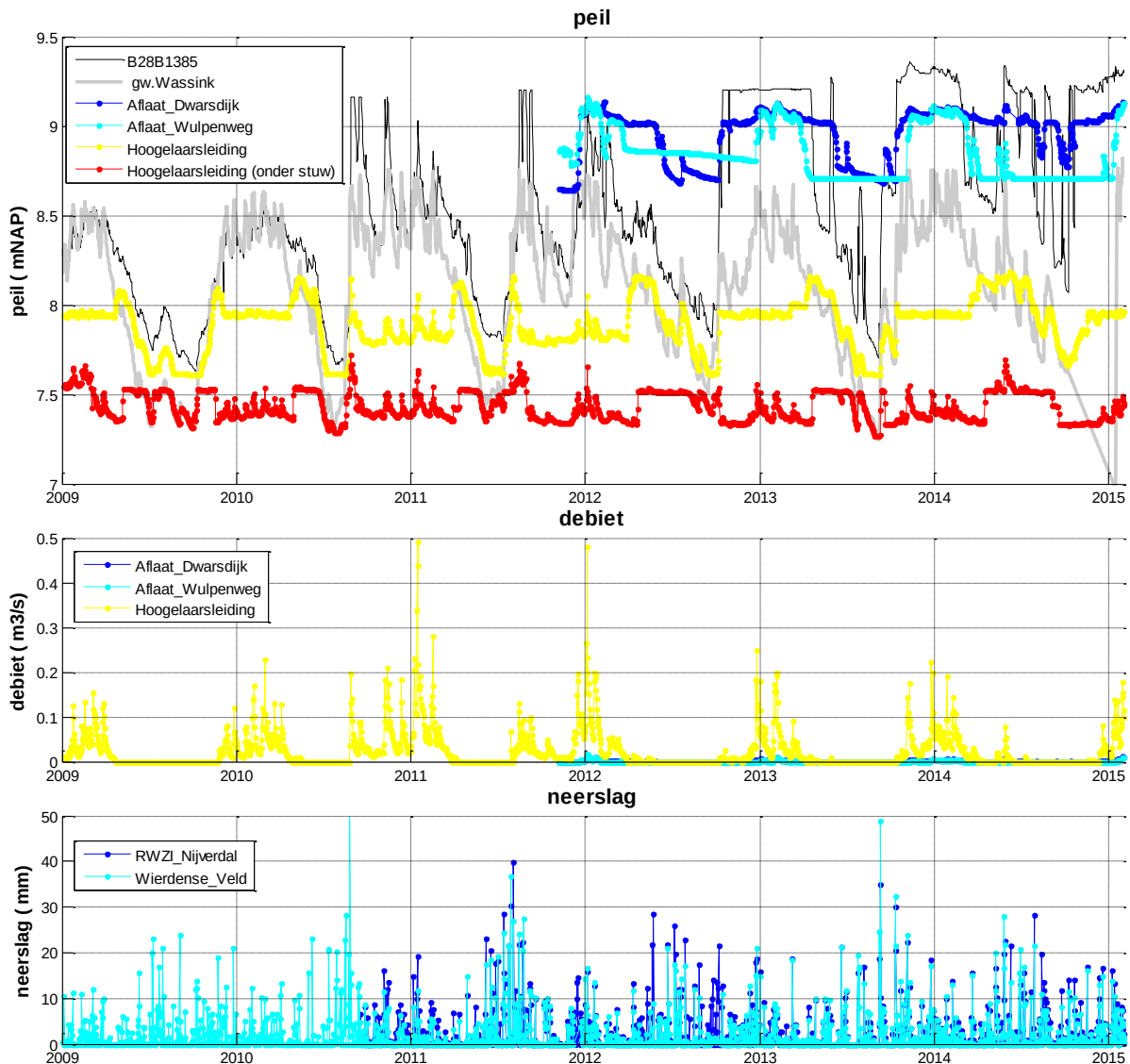
figuur 5: meetnet rond Huurnerveld

3.2 Overzicht van de metingen

In en rond het Huurnerveld worden een aantal metingen verricht, die aspecten van de waterbalans vastleggen:

- afvoer via de Hoogelaarsleiding naar het noorden, met de stuw net ten noorden van het Huurnerveld en twee aflaten vanuit het Huurnerveld, respectievelijk aan de Wulpenweg (zuidkant) en aan de Dwarsdijk (oostkant).
- de berging in het grondwater op basis van stijghoogtereregistratie in het ondiepe grondwater in en in enkele filters rond het Huurnerveld
- de atmosferische aanvoer, op basis van twee regenmeters, waarvan één net buiten het Huurnerveld in het Wierdense veld is geplaatst

In figuur 6 is een selectie van deze metingen in temporeel verband getoond:



figuur 6: Metingen van componenten van de waterbalans rond het Huurnerveld

De peilregistratie van de beide aflaten representeren niet het openwaterpeil van het Huurnerveld, maar het (lagere) peil voor de meetstuw (zie figuur 12). Uit de peil-registraties, zoals weergegeven in het bovenste deel van figuur 6 zijn een aantal karakteriseringingen af te leiden:

- de aflat aan de Dwarsdijk, die vooral de noordoostelijke helft van het Huurnerveld afwatert, is gedurende een langere periode (circa 8 maanden per jaar) functioneel dan de aflat aan de Wulpenweg, die de zuidwestelijke helft van het Huurnerveld afwatert (circa 4 maanden per jaar). Dit zou er op kunnen duiden dat de wegzijging in het noordoostelijk deel van het Huurnerveld geringer is dan in het zuidwestelijke deel.

- De grondwaterstandsreeks gemeten bij buis Wassink, is weergegeven naast de meetreeks in buis B28B1385, omdat beide buizen een vergelijkbare hydrologische positie hebben ten opzichte van stuwwal en Hoogelaarsleiding, maar verschillen op ligging binnen en buiten het Huurnerveld. Tot 2011 lijkt de stijghoogtedynamiek op elkaar, maar zakt de Wassink-reeks in de zomer iets verder uit, ook onder het peil in de Hoogelaarsleiding. Vanaf het najaar van 2010 ligt de B28B1385-reeks hoger. Vermoedelijk staat het filter onder invloed van intredend oppervlaktewater: de gemeten peilsprongen zijn niet te verklaren op basis van de gevallen neerslag. Sinds het gereedkomen van de omwalling van het Huurnerveld eind 2011 lijkt de frequentie van de oppervlaktewaterinstroom hoger geworden.
- Uit het peilverloop van de Hoogelaarsleiding blijkt globaal dat in de maanden november tot april een streefpeil kan worden gehanteerd, van mei tot juni wordt maximaal geconserveerd en van juli tot september zakt het peil mee met de grondwaterstand. De Hoogelaarsleiding fungeert momenteel dus de helft van het jaar als interceptor van het afstromende (grond)water vanaf de stuwwal. Deze interceptie werkt het hele jaar door in de grondwaterstanden.

Uit de debiet-registraties, zoals weergegeven in het middelste deel van figuur 6 zijn een aantal aanvullende karakteriseringen af te leiden:

- De aflat uit het Huurnerveld verloopt via beide aflaten parallel, gelijkmatig en permanent in de wintermaanden. De cumulatieve aflat via de Dwardsijk is 2 maal groter dan via de aflat aan de Wulpenweg, zowel periode als debiet zijn iets langer respectievelijk groter.
- De totale aflat van het Huurnerveld bedraagt gemiddeld minder dan 0,1 mm/dag en de piek-aflat 0.8 mm/dag.
- De totale interceptie door de Hoogelaarsleiding bedraagt gemiddeld circa 0.3 mm/dag en de piekafvoer 2 mm/dag (uitgaande van een intrekgebied achter de stuw van circa 600 ha).

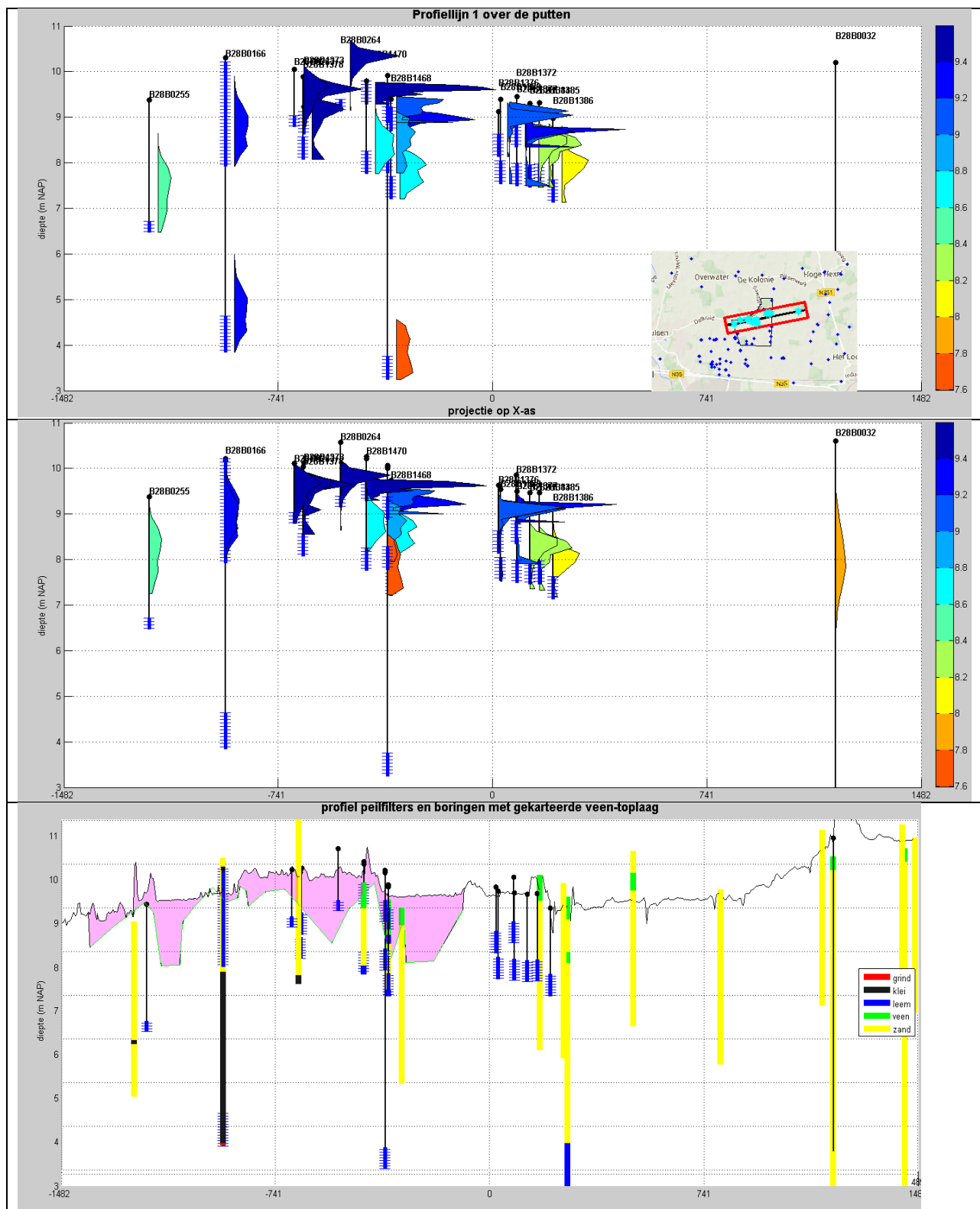
Uit de samenhang tussen peil-, debiet- en neerslag reeksen zijn eveneens een aantal relevante eigenschappen vast te stellen:

- De Wassink-buis is een goede indicator voor de grondwaterconditie in het gebied: indien het peil hoger is dan het peil in de Hoogelaarsleiding werkt de Hoogelaarsleiding als drain en treedt er dus afvoer op.
- In de zomer is de respons van neerslag op grondwaterstanden, en afvoer aanzienlijk trager en partieler dan in de winter: het is een duidelijk niet lineair systeem.

In figuur 7 wordt nader ingezoomd op de grondwatermetingen binnen het Huurnerveld. De figuren geven inzicht in de verticale gradiënten en in de dynamiek op verschillende plaatsen in het profiel. De kleur van de vlag geeft de mediane stijghoogte (m NAP) per filter. De dynamiek wordt weergegeven door de hoogte van de 'vlag' bij de mast. In de middelste grafiek zijn de vlaggen op NAP hoogte geplaatst in de bovenste grafiek zijn de vlaggen bij de filters geplaatst. In de onderste grafiek is de bijbehorende bodemkundige opbouw weergegeven. Ook de veendikte-inventarisatie uit 1991 (Aggenbach, et al., 1991) is aan het profiel toegevoegd (de roze vlakken).

Uit deze figuren blijken een aantal bijzondere hydrologische kenmerken:

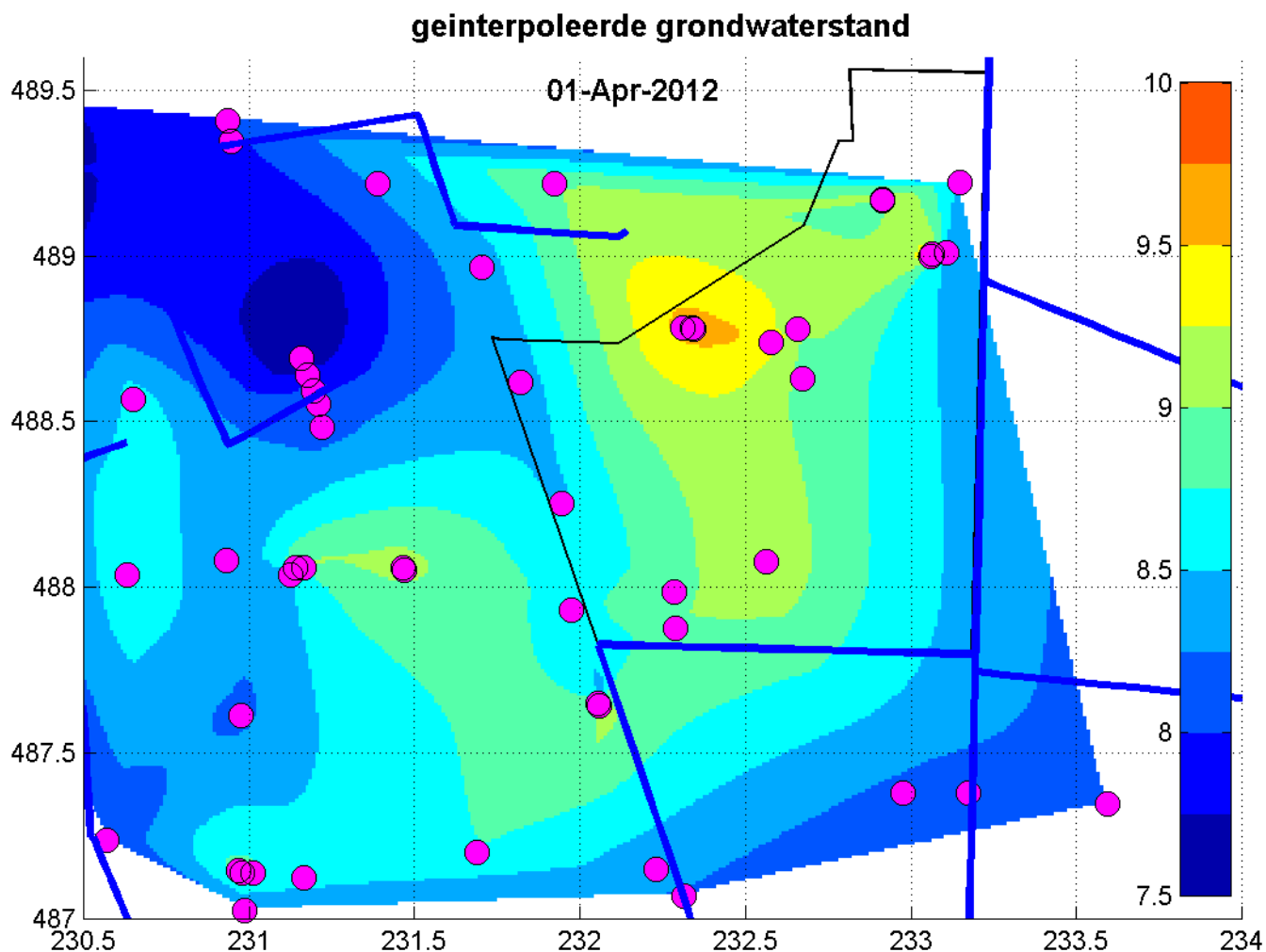
- In veel filters treedt een grote amplitude op (smalle hoge vlaggen). Echter in de freatische filters centraal in het Huurnerveld is de dynamiek veel kleiner (brede lage vlag): hier voldoet de dynamiek met een amplitude van circa 50 cm ongeveer aan de hydrologische randvoorwaarde voor hoogveenontwikkeling.
- In waarnemingsputten met meerdere filters blijkt op een aantal plaatsen een sterke verticale gradiënt in de stijghoogte, met name in het centrum van het Huurnerveld. In de (gesloten) waarnemingsbuis B28B0166 aan de noordwestkant, net buiten het Huurnerveld, is de gradiënt gering, terwijl buis B28B0255 (het meest westelijke punt in het profiel van figuur 7) juist weer goed in dit beeld van een geleidelijk verlopende verticale gradiënt past.
- In de waarnemingsputten aan de oostkant, tegen de Hoogelaarsleiding blijkt een duidelijke gradiënt aanwezig in de stijghoogte, aansluitend op het peil van de Hoogelaarsleiding.
- De meest filters liggen onder de gekarteerde veenlaag en boven de veronderstelde diepte van de keileem onder het Huurnerveld. De filters die in het veen zijn geplaatst hebben de kleinste dynamiek.
- De diepe grondwaterstijghoogte wordt gerepresenteerd door buis B28B0032 (meest oostelijke punt in profiel), met een filter onder de keileem. De stijghoogte in buis B28B1468 (centraal in profiel) is vergelijkbaar, maar het filter zit boven de diepte van het keileem. Dit is een indicatie dat het keileem zich niet uitstrekt onder het Huurnerveld.



figuur 7: frequentie dynamiek (horizontale uitslag) in verschillende filters onder het Huurnerveld: kleur geeft stijghoogte (m NAP) van de hoogste frequentieklasse, verticale range geeft de fluctuatie in meter (bovenste grafiek) en in m NAP (middelste grafiek). De onderste grafiek geeft de boorbeschrijving van boringen langs het gekozen profiel. De in 1991 gekarteerde veendikte is ook in het profiel opgenomen als roze vlakken.

Het aantal waarnemingsbuizen in en om het Huurnerveld is behoorlijk groot, wat een ruimtelijke interpolatie in principe toelaat. Omdat er op veel plaatsen onder het Huurnerveld een sterke verticale stijghoogte gradiënt aanwezig is, is de positie van het filter van invloed op de gemeten stijghoogte. Er is dus geen eenduidige keuze te maken tussen de filters met een gelijke hydrologische positie in het profiel.

Om toch een indruk te krijgen van de minimale grondwaterstand zijn de metingen van alle bovenste filters boven de 6 m NAP geïnterpoleerd tot een dynamisch beeld van de ondiepe stijghoogte: een soort film van de grondwaterstand. Ondiep geplaatste filters zorgen bij deze methode dus voor een lokale piek in de stijghoogte contour. In figuur 8 is een still uit deze film weergegeven.



figuur 8: Geïnterpoleerde grondwaterstand

3.3 Karakterisering metingen

De metingen rond en in het Huurnerveld zijn verzameld en beoordeeld op consistentie. Het betreffen stijghoogte-, afvoer- en neerslagmetingen.

Stijghoogte metingen

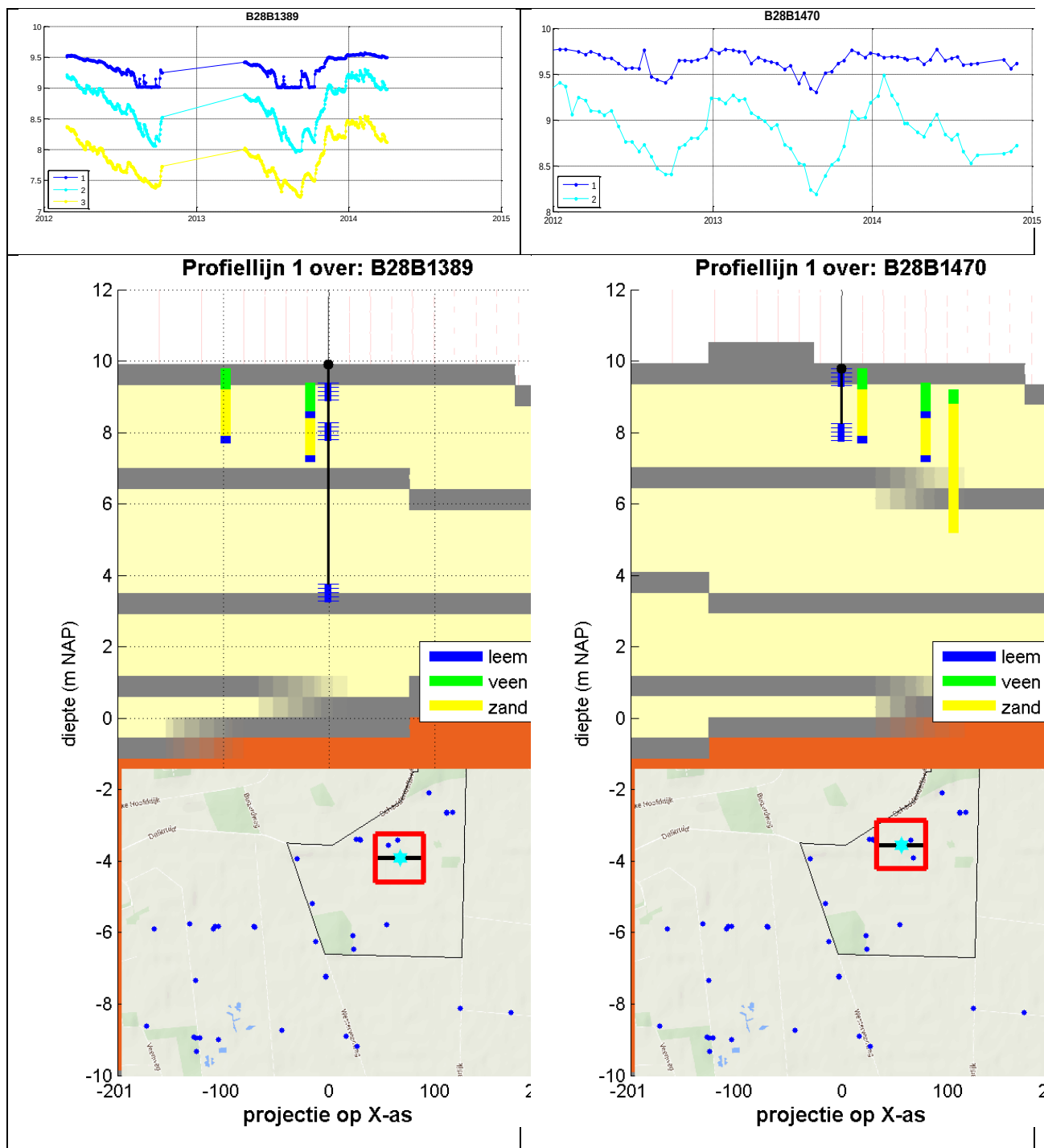
De stijghoogtemetingen zijn in samenhang beschouwd, getoetst aan de volgende eigenschappen:

- congruentie van gedrag: lopen de fluctuaties in de verschillende waarnemingsfilters parallel
- hydrologische consistentie:
 - zijn de stijghoogteverschillen in filters in een waarnemingsput logisch en persistent;
 - vertonen de fluctuaties samenhang met externe factoren (neerslag en eventueel waterwinning, en oppervlaktewaterpeil)
 - zijn de stijghoogtes ruimtelijk consistent: samenhang met terreinmorphologie
- temporele consistentie:
 - kan van de meetreeksen een lineair tijdreeksmodel worden gemaakt

Het blijkt dat de meeste meetreeksen voldoen aan deze criteria. De ruimtelijke samenhang van de metingen is weergegeven in figuur 8. De temporele samenhang en congruentie van de meetreeksen is groot. Van veel meetreeksen kan een bevredigend lineair tijdreeksmodel worden opgesteld, verklaard door de neerslag en verdamping. Deze worden in hoofdstuk 4 verder toegelicht.

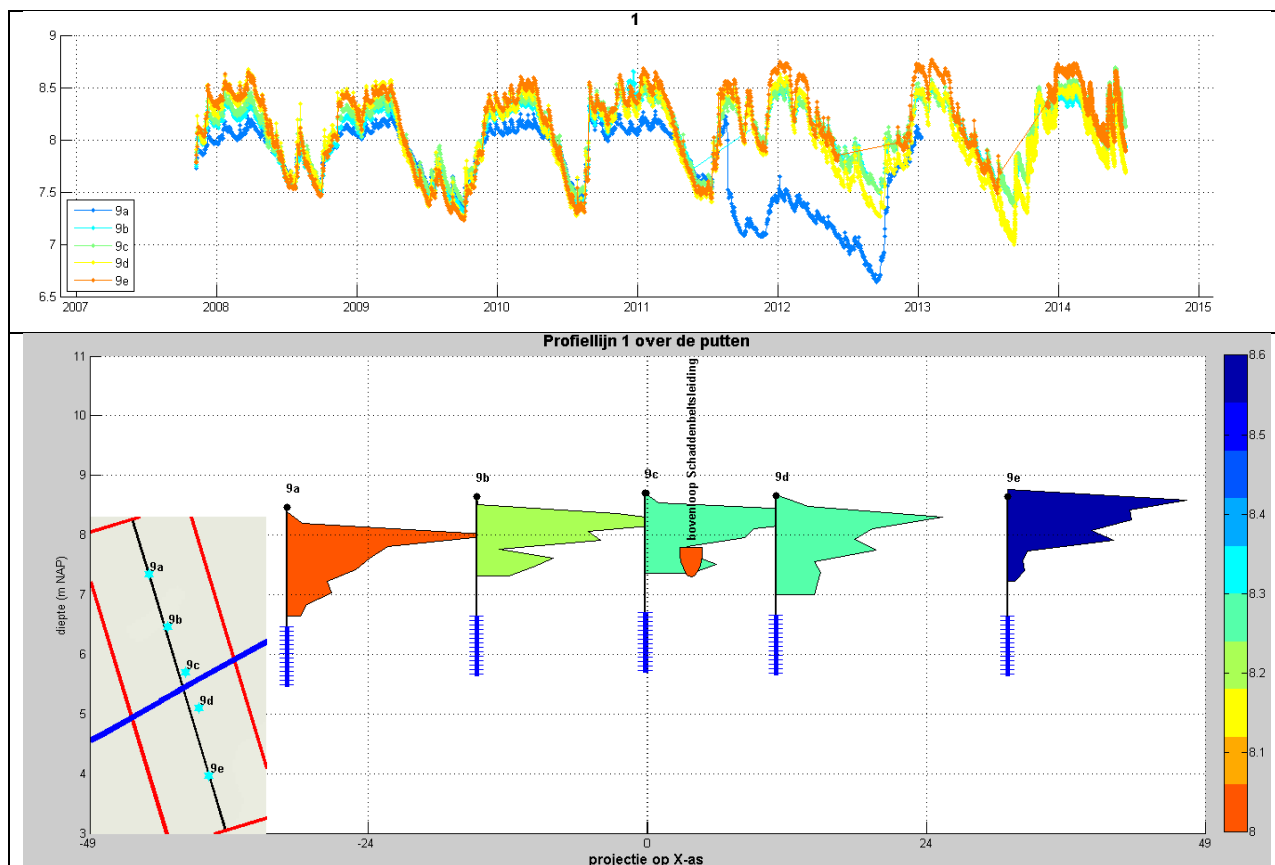
In totaal zijn er binnen het Huurnerveld 6 waarnemingsputten (en 4 daarbuiten in het Wierdenseveld) met dubbele filters, waarvan de bovenste in het veen is geplaatst. In al deze buizen blijkt over een dieptetraject van maximaal 2 meter, een zeer sterke verticale gradiënt met een helling in de zomer van dichtbij 1 en in de winter van ~0.5. (een gradiënt van 1 betekent dat de stijghoogte net zoveel daalt als de plaatshoogte, een kenmerk voor vrije drainage). De positie van de filters in samenhang met het bodemprofiel zijn opgenomen in Bijlage 2 en een voorbeeld in figuur 9. Daaruit blijkt dat de grondwaterstand in het veen (waar dit aanwezig is) zeer goed wordt vastgehouden (misschien met uitzondering van de droogvallende buizen B28B1388 en B28B1389). De dynamiek heeft in het veendek een kleine amplitude van circa 50 cm. Het ondiepe grondwater, vlak onder het veendek (circa 8 m NAP) heeft een aanzienlijk grotere dynamiek en een permanent lagere stijghoogte, mede ten gevolge van de grondwaterwinningen in de omgeving. Deze stijghoogte gradiënt zet zich verder door naar de diepte, althans in de twee waarnemingsbuizen met een filter op ~4 m NAP (B28B1389 en B28B1635) naast een freatisch filter. De weerstand wordt op deze locaties gevormd door op het oog bescheiden leemlaagjes.

Volgens REGIS (gebaseerd op enkele diepere boringen) ligt het zwaartepunt van de weerstand in de deklaag dieper in het profiel (-10 tot 0 m NAP, zie figuur 4). De metingen ondersteunen het beeld van een geconcentreerde weerstand dieper in het profiel niet. Waarschijnlijk moet de weerstand van de deklaag diffuus verdeeld over het profiel worden gedacht. Deze weerstand wordt gevormd door het samenspel van de diverse leemlaagjes in het profiel van de deklaag. De weerstand van de deklaag dempt de doorwerking van de grondwaterwinning op de freatische dynamiek in het Huurnerveld. Uit eerder onderzoek (Wirdum, 2006) bleek al dat de winning met tijdreeksanalyse niet gekwantificeerd kon worden in het grondwaterregiem en hierin dus geen dominante factor is.

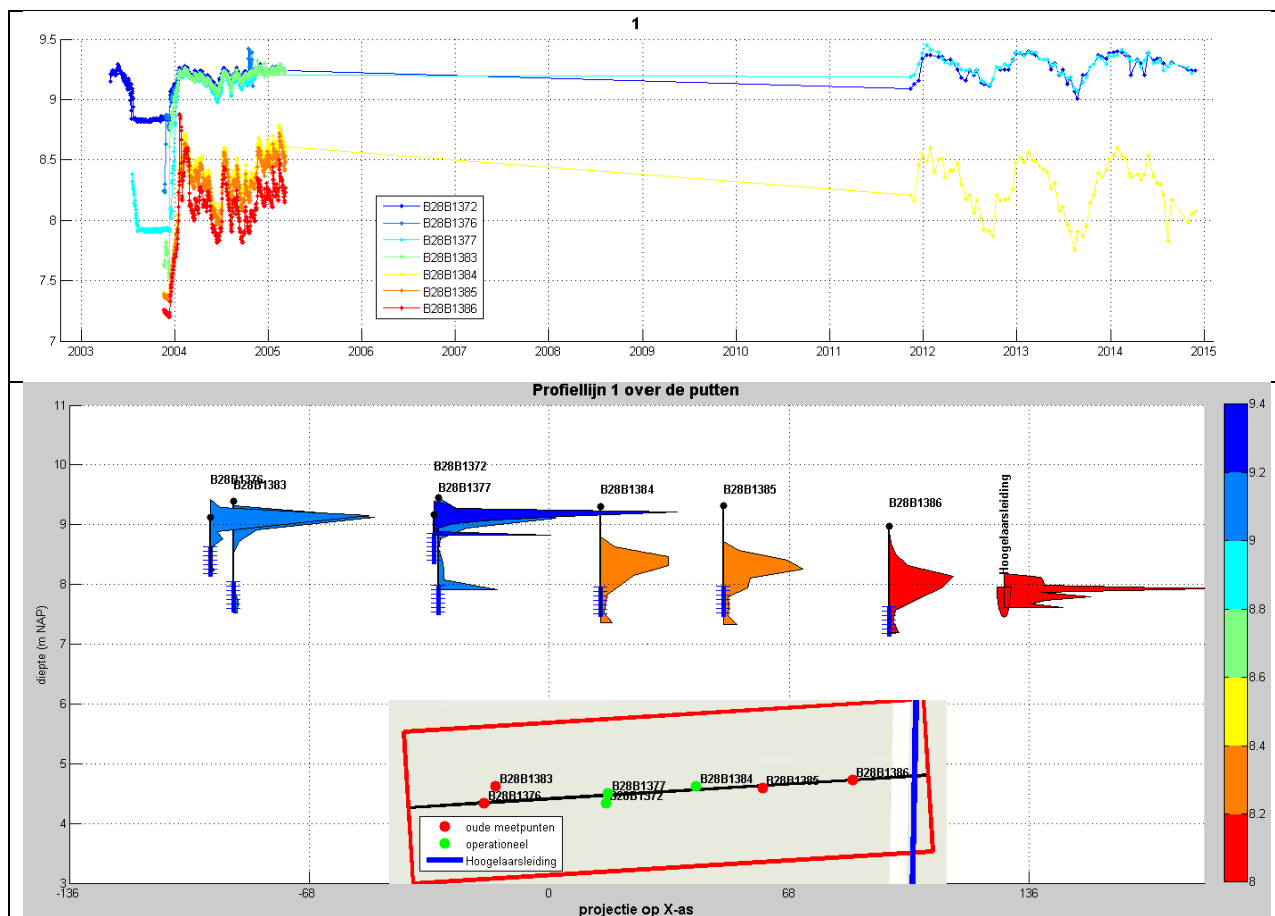


figuur 9: Tijdreeksen en locatie en bodemopbouw (binnen een vierkant van 400 meter) tegen een achtergrond van REGIS bij 2 waarnemingsputten in het Huurnerveld. De locatie van de put is aangegeven met de cyaan-kleurige ster-markering, de overige waarnemingsputten zijn weergegeven met blauwe punten. De REGIS-interpretatie laat een zandig profiel zien (geel), op een leemlaag (oranje). De grijze banden zijn scheidingen tussen veronderstelde formatie-eenheden.

De raai van peilbuizen, genummerd van 9a t/m 9e (figuur 10) over de Schaddenbeltsleiding aan de noordgrens van het Wierdenseveld (westelijk van het Huurnerveld) laat zien dat de invloed van deze waterloop op de dynamiek van de ondiepe grondwaterstijghoogte beperkt is. Er is over deze raai een uniforme gradiënt met een afnemende stijghoogte van zuid naar noord. In 2011/2012 treedt in peilbuis 9a een onverklaarde tijdelijke depressie van de stijghoogtes op. De peildynamiek van de waterloop wordt niet gemeten, zodat de interactie niet nader beschouwd kan worden.



figuur 10: Dynamiek van de raai, dwars op raai 9 (peil open water gesteld op zomerpeil, 14 cm boven bodemhoogte)



figuur 11: Dynamiek van de raai, dwars op de Hoogelaarsleiding (met peildynamiek) inclusief de Hoogelaarsleiding zelf

De stijghoogtereeksen van deels oudere metingen aan de westzijde van de Hoogelaarsleiding figuur 11 suggereert dat het effect van de omwalling van het Huurnerveld (operationeel sinds eind 2011) in de metingen van de stijghoogte(-dynamiek) in het ondiepe grondwater beperkt is. Door het hiaat in de metingen tussen 2005 en 2012, de wilde metingen vóór 2004 en de korte meetperiode in 2004 is deze suggestie echter slecht te kwantificeren (zie paragraaf 4). Het lijkt waarschijnlijk dat de grootste veranderingen zich afspelen in de freatische zone, boven de filterstelling van de waarnemingsbuizen. De stijghoogte in de raai verspringt trapsgewijs en sluit in de laatste trap goed aan bij het peil van de Hoogelaarsleiding. Gezien de gelijke filterstelling van de meetpunten in de raai, is dit verloop onverwacht. Dit getrapte verloop kan mogelijk verklaard worden door de schakeling van leemlenzen in het profiel, die gezamenlijk een getrappt schijnspiegelsysteem vormen.

Afvoermetingen

In de Hoogelaarsleiding wordt de afvoer aan de benedenstroomse (noord-)kant van het Huurnerveld gemeten. Tevens wordt de aflat vanuit het Huurnerveld op de Hoogelaarsleiding, bij hoge waterstand gemeten. De constructie bestaat uit een instelbare kandelstuw, gevolgd voor een vaste V-vormige meetstuw. Een impressie van de meetopstelling is weergegeven in figuur 12. Deze meetopstelling is sinds de aanleg van de isolatiemaatregelen van het Huurnerveld eind 2011 operationeel.



figuur 12: Afvoerm Meetpunt

De peilen die gemeten worden voor de debietbepaling zijn dus geen registratie van het openwater peil in het Huurnerveld, maar alleen van de voorvijver van de meetstuw. Omdat het Huurnerveld door middel van een folie-versterkte omwalling is geïsoleerd van de Hoogelaarsleiding, is deze afvoer de enige oppervlakkige afvoer uit het gebied. De westelijke en noordelijke rand worden gevormd door respectievelijk de Westerveenweg en de Schaddenbeltsweg, beiden zonder doorlaten. De westelijke barrière kan bij uitzonderlijk hoge waterstanden mogelijk overstroomd (mondelinge toelichting tijdens gebiedsexcursie 27-03-2015).

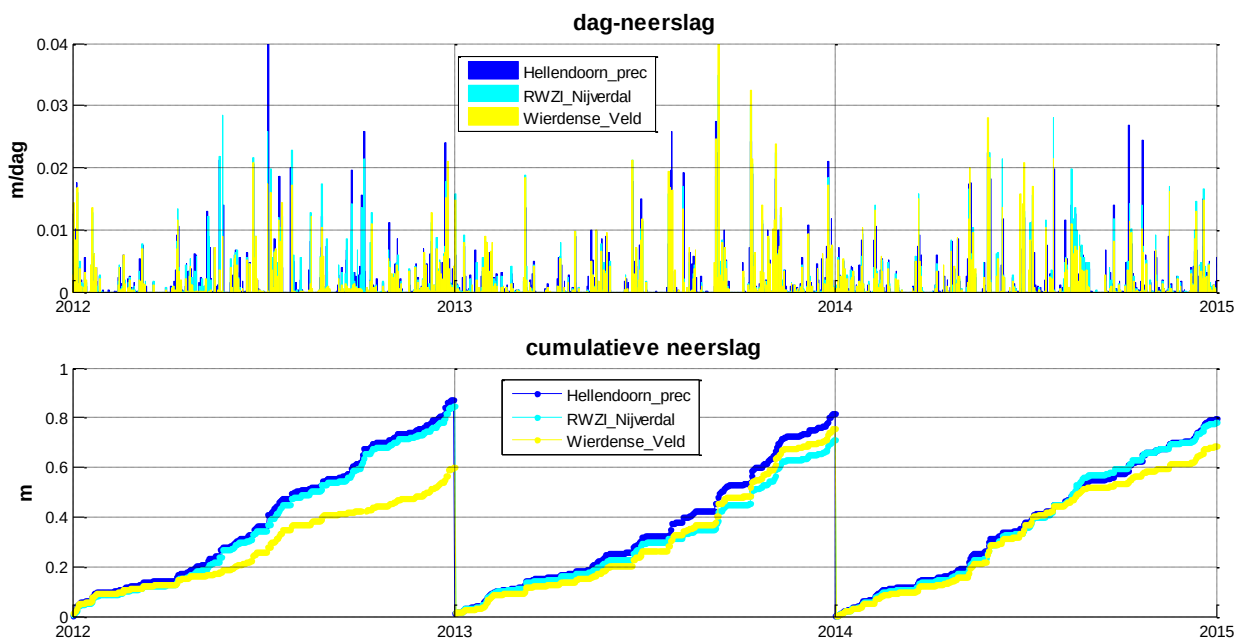
Neerslagmetingen

Binnen het Wierdenseveld wordt de neerslag handmatig met een niet standaard opstelling gemeten. In de buurt wordt de neerslag in een standaardopstelling gemeten op de RWZI-Nijverdal. De dichtstbijzijnde officiële regenmeter staat in Hellendoorn. Voor de oriëntatie zijn de locaties weergegeven in figuur 13.



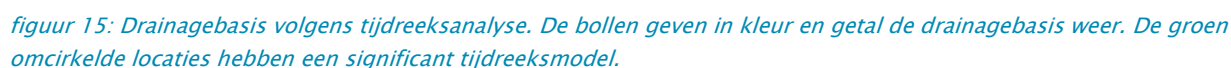
figuur 13: Meteorologische meetpunten en locatie peilregistratie in de Hoogelaarsleiding

De metingen op de drie neerslagstations zijn weergegeven in figuur 14. Het blijkt dat de metingen in het Wierdenseveld in sommige jaren/perioden sterk afwijken van de metingen met standaard opstellingen. De vraag is of het voordeel van lokale metingen in dat geval opweegt tegen de onzekerheid van een niet-professionele opstelling.

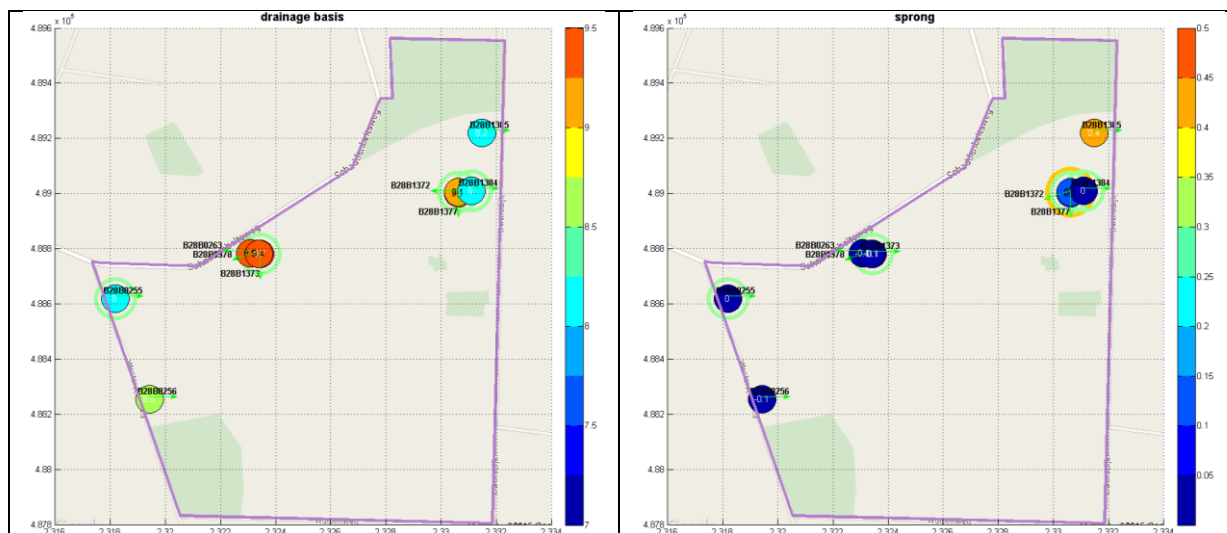


figuur 14: neerslag metingen in de drie meetstations

Op alle grondwater-reeksen in en om het Huurnerveld is lineaire tijdreeksanalyse uitgevoerd, met behulp van Menyanthes. De resultaten van de tijdreeksanalyse zijn opgenomen in Bijlage 3. In figuur 15 is de berekende drainagebasis voor de meetpunten weergegeven, inclusief een markering (groene ring) indien de verklaarde variantie boven 70% ligt. Het blijkt dat de tijdreeksmodellen op de meeste punten een redelijke verklaarde variantie opleveren. De drainagebasis varieert nogal, waarschijnlijk als gevolg van de variatie in filterstelling en de storende lagen in het bodemprofiel. Opvallend in de resultaten is de hoge verdampingsfactor ($>>1$) die in vrijwel alle meetreeksen is afgeleid. Dat suggereert een niet-lineair gedrag van de meetreeksen, die kan zijn samengesteld uit een toenemende berging in de winter (meet open water) en een toenemende wegzijging in de zomer (over het algemeen grotere gradiënten).



ARTESIA



figuur 16: Detectie van de invloed van de omwalling van het Huurnerveld: links geeft de drainagebasis volgens het tijdreeksmodel met sprong; rechts geeft de spronggrootte weer. Groen omcirkelde locaties hebben een significant tijdreeksmodel.

5 Waterbalans

De waterbalans voor het Huurnerveld bestaat uit de voeding uit neerslag en de laterale aanvoer van grondwater, en de verliesposten via verdamping, drainage naar oppervlaktewater en wegzijging naar de ondergrond. De laterale aanvoer kan worden verwaarloosd: die wordt afgevangen in de Hoogelaarsleiding. Op korte tijdschalen speelt berging een rol, die toeneemt naarmate de periode waarop je de waterbalans wilt vaststellen korter wordt. Op lange tijdschalen kan de berging worden verwaarloosd.

De analyse van de waterbalans impliceert een concept om de metingen met elkaar in verband te brengen en daaruit de onbekende posten te schatten. Twee posten van de waterbalans worden direct gemeten (neerslag en afvoer van oppervlaktewater), aan de overige posten wordt indirect gemeten, via de grondwaterstand (de bergingsverandering). De belangrijkste onbekende post in de waterbalans is de wegzijging. Voor deze analyse hebben we drie benaderingen gekozen:

1. De waterbalans op basis van de metingen. Hiermee kan de wegzijging stationair worden geschat.
2. De waterbalans op basis van een WALRUS-model, waarmee de interne hydrologie dynamisch kan worden beschreven. De wegzijging valt echter buiten het optimalisatie protocol.
3. De waterbalans op basis van een bakjesmodel, waarmee ook de wegzijging dynamisch kan worden geoptimaliseerd.

5.1 Schatting wegzijging uit metingen

De wegzijging is de restpost van de netto neerslag (neerslag minus verdamping) minus de oppervlakkige afvoer, minus een eventuele bergingsverandering in die periode. De bergingsverandering kan worden benaderd met de verandering in stijghoogte, gecorrigeerd voor de effectieve porositeit. Deze relatie wordt beschreven met de volgende vergelijking van de waterbalans:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{N - ET - W - Q}{n}$$

Met:

$\frac{dh}{dt}$	– verandering in grondwaterstand
N	– neerslag
ET	– verdamping
W	– wegzijging
Q	– afvoer via oppervlaktewater
n	– porositeit

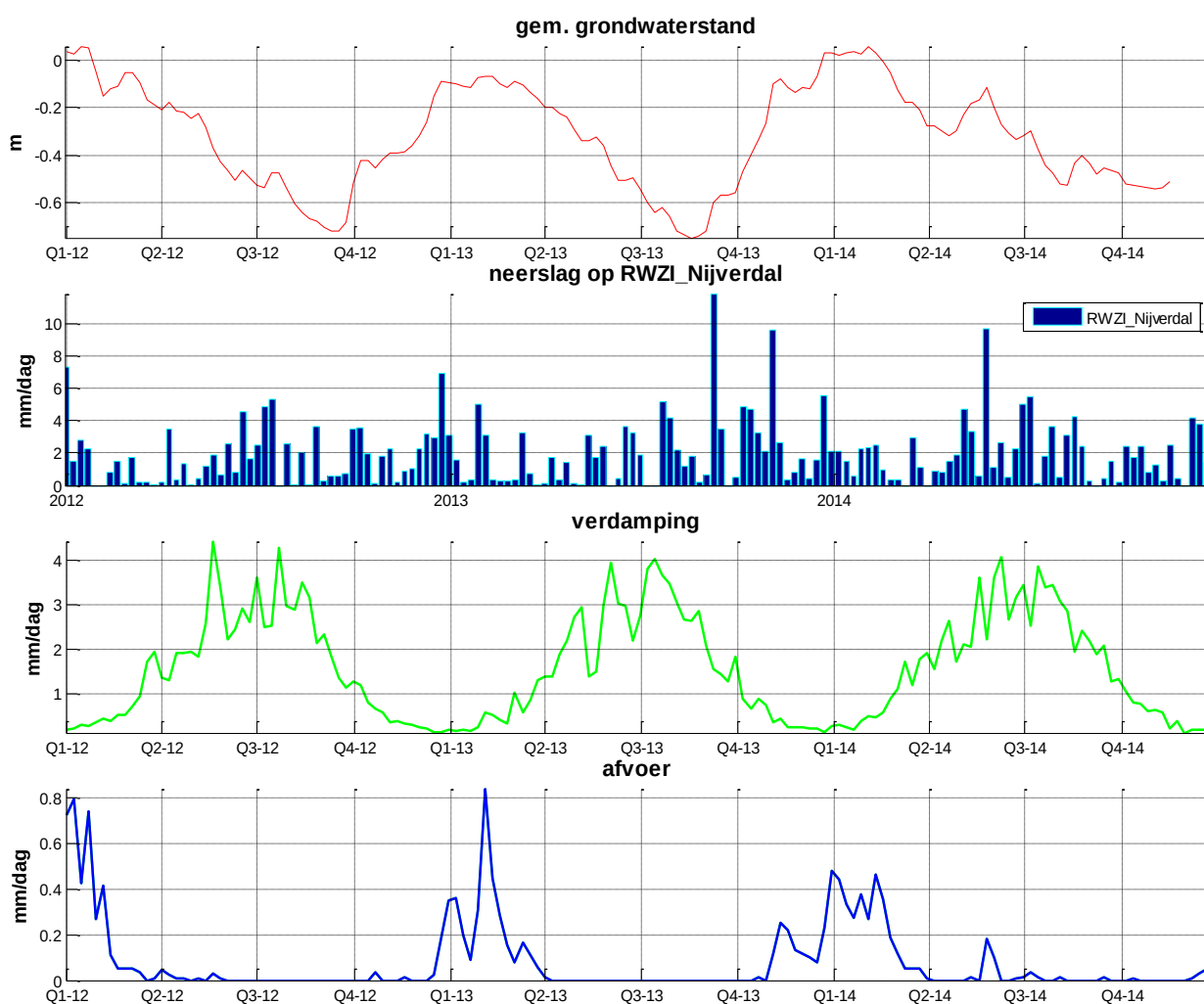
Deze posten zijn gemeten, met uitzondering van de wegzijging en de porositeit. Indien we voor de verdamping de potentiële verdamping nemen en aannemen dat wegzijging en porositeit constant zijn, kan met lineaire regressie op de metingen een schatting van de wegzijging en de porositeit worden bepaald:

$$dV = \frac{dH \cdot n}{dt} \quad \text{en:} \quad X = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad [dN - dE - dQ] \quad \text{en:} \quad p = X \backslash dV$$

Met:

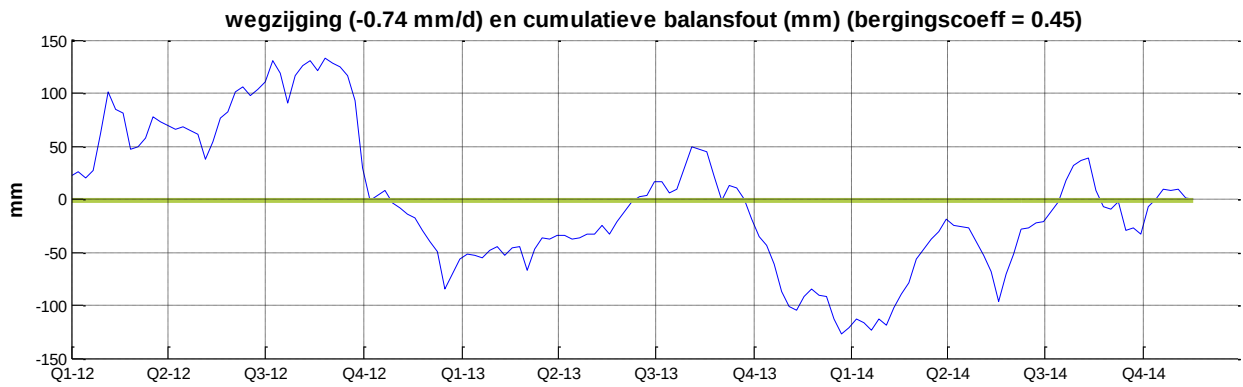
dV	– verandering van het volume grondwater, gebaseerd op de interpolatie van de grondwaterstanden in het Huurnerveld (zie paragraaf 3.2)
dH	– verandering gemiddelde stijghoogte in Huurnerveld
n	– porositeit
dt	– tijdstap
X	– matrix van metingen met dummy toegevoegd voor de wegzijging
dN, dE, dQ	– metingen van neerslag, potentiële verdamping en afvoer
p	– geoptimaliseerde parameters: (p(1) = wegzijging, p(2) is factor voor aanpassing porositeit)

In figuur 17 zijn op basis van de metingen de waterbalansposten weergegeven. Op basis van deze invoer zijn in figuur 18 de geoptimaliseerde resultaten voor de waterbalans weergegeven.



figuur 17: Waterbalansposten, gebaseerd op de geïnterpoleerde grondwaterstanden en de metingen van aflat en neerslag

De optimalisatie komt uit op een grote bergingscoëfficiënt en een wegzijging van bijna een halve mm/dag. Enige verdampingsreductie leidt tot een evenredige toename van de wegzijging: alles wat niet verdampt moet immers op een andere wijze het systeem verlaten. Zo leidt een verdampingsreductie van 20% tot een toename van de wegzijging van 0.43 mm/d naar 0.74 mm (75% toename)). De cumulatieve balansfout van dit model (met verdampingsreductie) is weergegeven in figuur 18. Er blijkt een duidelijke seizoenscomponent in de balansfout (de dynamische berging) te zitten: bij dalende grondwaterstand wordt een deel van de watervraag gehaald uit de niet in de vergelijking opgenomen dynamische berging (onverzadigde zone en open water), maar mogelijk ok deels uit dynamisch gedrag van de wegzijging en van de verdampingsreductie. Bij een stijgende grondwaterstand vindt het omgekeerde plaats. In totaal blijkt deze dynamische berging een actieve buffer van circa 250 mm nodig te hebben.



figuur 18: Balansfout waterbalans

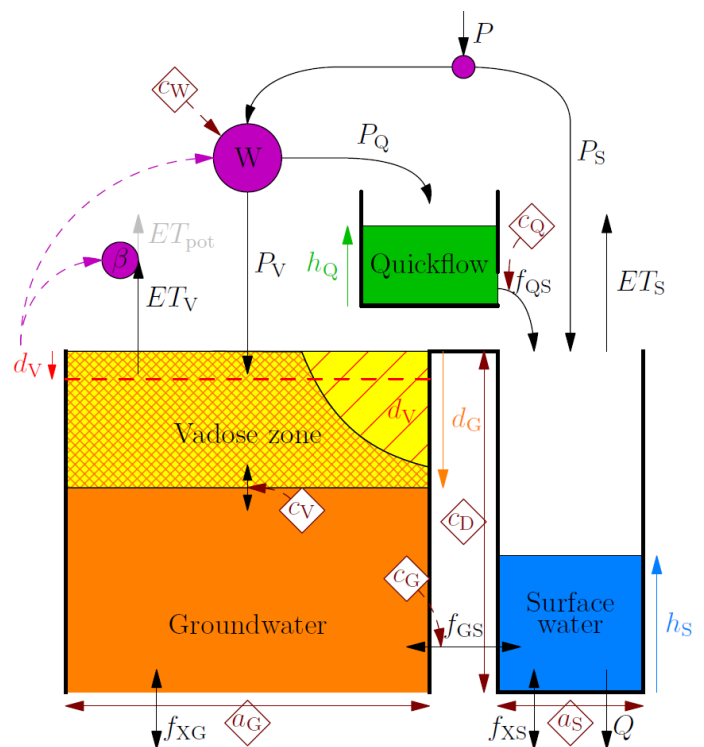
Zoals is gebleken uit de metingen op verschillende plaatsen in het Huurnerveld (zie paragraaf 3.2), bestaan er grote verschillen tussen de dynamiek:

- Reeksen met een kleine fluctuatie hebben een grotere porositeit (tot ~64%), en ook een grotere dynamische berging nodig (tot ~ 300mm). Dit suggereert dat op deze locaties een intensievere uitwisseling met open water kan optreden (de berging in de onverzadigde zone zal op deze locaties niet groter zijn).
- Reeksen met een grote fluctuatie hebben een kleinere porositeit (ordegrootte 16%) en de dynamische berging is ook kleiner (rond 150 mm). Dit suggereert dat deze locaties meer zijn aangewezen op berging in de eigen onverzadigde zone.

5.2 WALRUS

Omdat uit de waterbalans op basis van de metingen is gebleken dat de dynamische berging een belangrijke post is, is getracht deze mee te nemen in een uitgebreider modelconcept. Daarmee wordt beoogd de hypothese te toetsen over de aard van deze dynamische berging.

Een geschikt concept daarvoor is het recent ontwikkelde WALRUS-model (Brauer, 2015), dat zich specifiek richt op de interactie tussen grond en oppervlaktewater, inclusief de berging in de onverzadigde zone, plasvorming en een verdampingsreductie-mechanisme. Het modelschema is weergegeven in figuur 19. Externe fluxen, waaronder de wegzijging, kunnen worden opgelegd. De belangrijkste uitdaging is om de dynamische berging uit de aanpak van paragraaf 5.1 toe te kennen aan bergingstermen (met name de onverzadigde zone) en aan dynamische reductie van de verdamping.



figuur 19: Modelschema van WALRUS

Het model bevat 4 te optimaliseren parameters, respectievelijk:

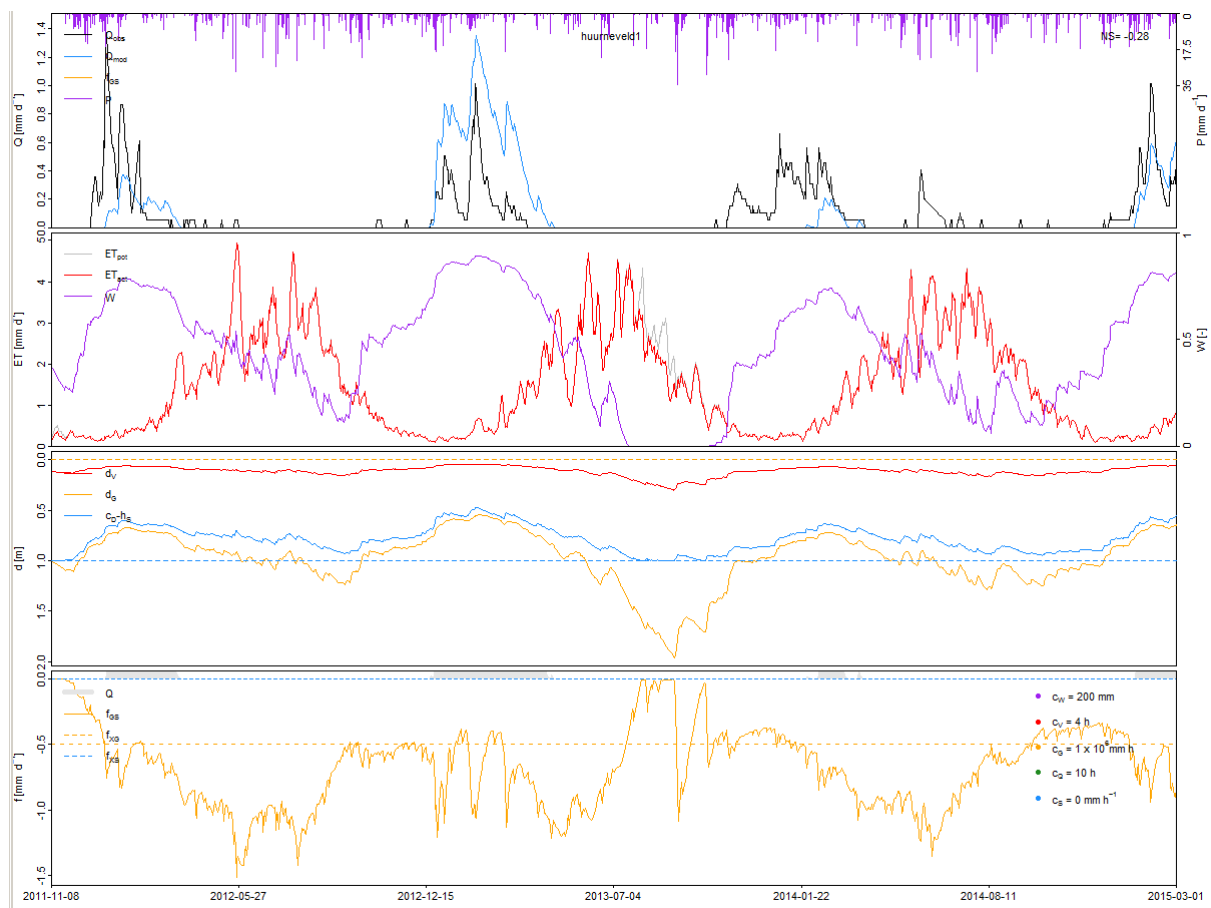
- c_g – grondwaterreservoir constante ($m \cdot d$): reguleert de drainage
- c_v – relaxatie onverzadigde zone (d): reguleert de uitwisseling tussen onverzadigde zone en grondwater
- c_w – vochtgraad (m): reguleert de verdeling tussen plasvorming en infiltratie
- c_q – weerstand plasvormingsreservoir (d): reguleert de leging van de waterberging naar het oppervlaktewater

Daarnaast vergt het model een fysieke schematisatie van het balansgebied, waaronder de keuze van een bodemtype met de bijbehorende bodemfysische eigenschappen, oppervlaktewaterdimensies en procesrelaties, zoals de verdampingsreductie. Voor het Huurnerveld is gebruik gemaakt van de default relaties en zijn de fysieke eigenschappen globaal ingeschat op basis van de veldsituatie. De randfluxen (neerslag, referentieverdamping en wegzijging) worden opgelegd. De optimalisatie van het model is gericht op het beschrijven van het afvoergedrag uit het stroomgebied.

Optimalisatie van de parameters van het testmodel van het Huurnerveld biedt een herkenbaar afvoergedrag, maar voorspelt nog een matige fit. Dit komt omdat het aandeel van de oppervlakkige afvoer een relatief kleine post is in de waterbalans, die bovendien langdurig geen waarde heeft. Handmatig verder optimaliseren is natuurlijk wel mogelijk maar valt buiten het bereik van deze studie. Het ruwe resultaat levert wel aanvullende onderbouwing van de beschrijving van het hydrologische systeem:

- De WALRUS-model geeft aan dat het waarschijnlijk is dat er enige dynamiek in de verdampingsreductie optreedt: bij lage grondwaterstanden en hoge verdampingsvraag zal de vegetatie waarschijnlijk niet optimaal verdampen.
- Het model beschrijft ook dat het interne open water bijdraagt aan het dempen van de grondwaterfluctuatie.

Het model geeft geen inzicht in eventuele dynamiek in de wegzijging, en voegt op dat vlak dus niets toe aan beschrijving van het hydrologische systeem. Deze flux is niet te onderscheiden van de interne uitwisseling met het open water.



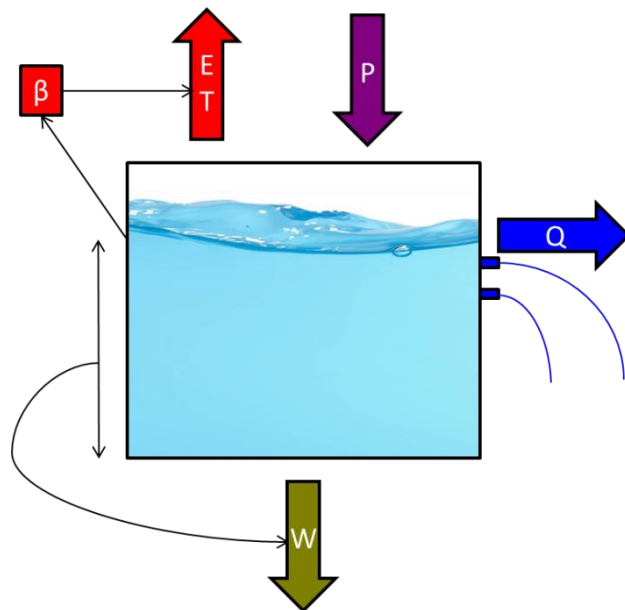
figuur 20: Resultaat WALRUS-model: de bovenste balk geeft de afstroming uit het Huurnerveld; de tweede balk geeft potentiële en actueel verdamping; de derde balk geeft het verloop van de grondwaterstand en het peil van het openwater in het Huurnerveld; de onderste balk geeft de interne uitwisselingsflux tussen grond en oppervlaktewater en de constant gestelde wegzijging.

5.3 Bak-model

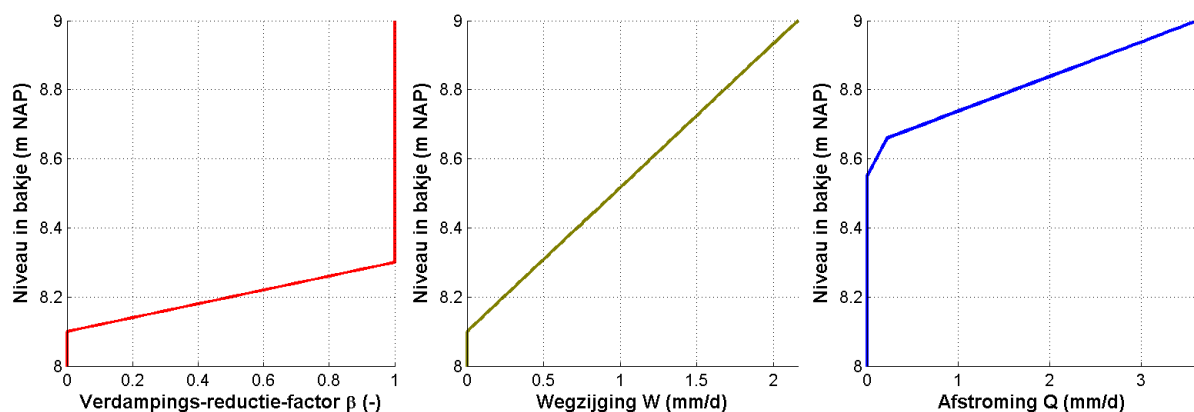
In een derde poging om de waterbalans te beschrijven, gericht op het nader bepalen van de dynamiek van de wegzijging onder het Huurnerveld, is een Bak-model opgesteld. Het schema is afgeleid van het WALRUS-model, maar de relaties zijn gelineariseerd en de twee compartimenten (water en bodem kolom) zijn samengevoegd tot 1 bakje. Dit Bak-model bestaat dus uit één reservoir, waarin neerslag valt (N). Water verlaat het bakje via verdamping (ET), afstroming (Q) en wegzijging (W). Binnen dit model is een aantal terugkoppelingen opgenomen. Deze zijn weergegeven in figuur 22.

- De verdamping is afhankelijk van de potentiële verdamping en de diepte van de grondwaterstand.
- De wegzijging is enkel afhankelijk van de waterstand in het bakje: we gaan uit van het concept van een schijnspiegelsysteem. Er is in dit model dus geen relatie met de waterstand in een dieper pakket.
- De afstroming hangt af van het niveau in het bakje, waarbij de afstroming op twee verschillende niveaus plaatsvindt over de twee stuwen.

Deze drie relaties veroorzaken allen een hogere verliespost uit het Huurnerveld bij een hogere waterstand in het bakje. De eveneens belangrijke relatie tussen peil en berging kan niet worden onderscheiden van de wegzijgingsfunctie en zit dus impliciet in de wegzijgingsrelatie verstopt.



figuur 21: Overall schema van het 'bak-model'



figuur 22: De drie stijghoogte afhankelijke terugkoppelingen van de uitgaande fluxen voor het Huurnerveld

De waterbalans van dit schema is identiek geformuleerd als in de eerdere presentaties van de waterbalans:

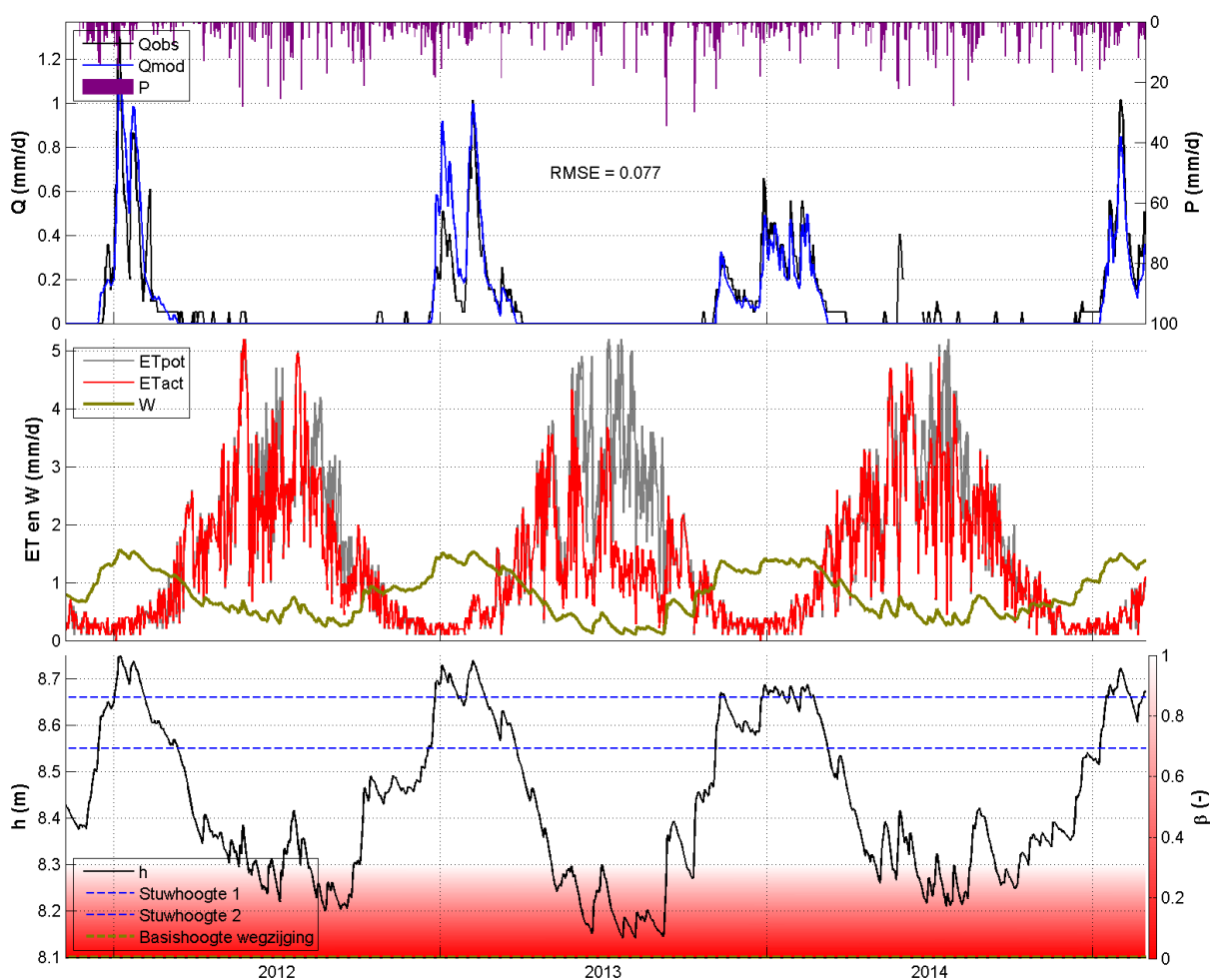
$$\frac{dh}{dt} = \frac{P - ET - W - Q}{n}$$

De individuele termen ET, W en Q worden bepaald via de relaties uit figuur 22, terwijl voor de bergingscoëfficiënt een (vaste) waarde van 0.3 is gekozen. Voor het doorrekenen van het model wordt de differentiaalvergelijking opgelost door middel van de standaard oplossingsmethode in MATLAB. Het resultaat is de waterstand in het bakje en de verschillende hiervan afhankelijke fluxen uit het model.

ijking

De ijking van het model is gericht op het matchen van de afstroming uit het Huurnerveld. Hierbij bleek vooral de afstroming in de winter van 2013/2014 bepalend voor het begrenzen van de parameter ruimte. Bij veel parameter-combinaties was het niet mogelijk om voldoende afvoer te genereren. Door de relatief warme en droge zomer van 2013 bleek het bakje zo leeg dat de afvoer in de winter pas laat op gang kwam en vaak minder was dan uit de metingen bleek. Door de wegzijging op de getoonde wijze afhankelijk te maken van de waterstand in het bakje en door het optreden van verdampingsreductie kan in het model voldoende water in het profiel worden vastgehouden.

Het resultaat van de ijking is weergegeven in figuur 23. Uit de figuur blijkt dat de fit met de debietmetingen vrij goed is. Pieken worden goed beschreven, net als de debiet-afvlakking volgend op de pieken. Het grootste verschil treedt op rond de jaarwisseling van 2012/2013. Deze piek is het gevolg van een aantal dagen met sterke neerslag, waarvan de laatste op 25 december 2012 optrad. Vanaf deze dag wijkt het debiet sterk af. Wellicht is deze neerslagpiek aan het Huurnerveld voorbijgegaan.



figuur 23: Het resultaat van het balansmodel. In de bovenste twee grafieken staan de verschillende fluxen in en uit het bakje, terwijl in de onderste grafiek het niveau in het bakje is weergegeven.

De berekende verdampingsreductie in de zomer van 2013 is redelijk groot, terwijl de wegzijging maar een fractie van de wegzijging in de winter bedraagt. Binnen deze schematisatie van het Huurnerveld zijn de balanst termen en de dynamiek redelijk nauw begrensd. Andere definities van de terugkoppelingen leveren iets afwijkende parameters, maar ruimte om daarin te variëren blijft beperkt omdat voldaan moet worden aan de waterbalans.

De metingen van het afstroomdebiet bevatten vooral informatie over de werking van het systeem in de winter. De sterke reductie van de wegzijging in de zomer is hier indirect uit afgeleid, maar een verdere verdampingsreductie zou ook helpen om het water langer vast te houden in 2013. Dit is echter niet waarschijnlijk. Een sluitende koppeling tussen de grondwaterdynamiek en het gesimuleerde peil in het bakje is lastig vanwege de heterogeniteit van het Huurnerveld. Interne fluxen, maaiveldverschillen en daarmee samenhangende verschillen in porositeit zijn niet in het modelconcept opgenomen.

Het resultaat van de ijking kan worden samengevat in een waterbalans op jaarbasis, zoals opgenomen in tabel 1. Uit deze balans blijkt dat overall de oppervlakkige afvoer gering is en dus de grondwaterafvoer fors. Het modelresultaat leidt tot de hypothese dat de specifieke dynamiek in de wegzijging leidt tot een relatief beperkte grondwaterstandsfluctuatie.

tabel 1: gemeten en berekende fluxen (mm/jr). (N – Neerslag; E – Verdamping; Q – afvoer uit Huurnerveld; W – wegzijging; del(S) – verandering berging; Q_Hoogelaarsleiding – relatief getal, het intrekgebied is 3.5 groter*

jaar	N	E-ref	Q	Q-bak	E-bak	W-bak	del(S)		Q_Hoogelaarsleiding
2012	848,6	567,6	28,9	32,1	515,2	286,5	14,8		380,7
2013	709,7	562,6	34,4	40,2	387,7	287,7	-5,9		382,5
2014	779,1	597,0	26,1	18,5	538,7	266,4	-44,5		255,1

6 Discussie, conclusies en aanbevelingen

6.1 De monitoring

Het Huurnerveld is op het oog een hydrologisch relatief goed geïsoleerd systeem. Dat heeft met name betrekking op het ontbreken van doorkruisende waterlopen. Sinds eind 2011 is de omwalling van het Huurnerveld operationeel, en is de interne monitoring geïntensiveerd, inclusief de afvoermetingen. De waterbalans van het gebied wordt beschreven met de volgende posten:

$$\Delta(\text{Volume}) = \text{Neerslag} - \text{Verdamping} - \text{Wegzijging} - \text{Afvoer}$$

Van al deze posten worden schattingen gemaakt op basis van metingen. De volume verandering wordt afgeleid van de stijghoogte-metingen in het grondwater. Onzekere factoren zijn hierbij de effectieve porositeit van de matrix, inclusief de berging in de onverzadigde zone en de verdeling tussen bodem en openwater. Ook de ruimtelijke interpolatie in een heterogeen gebied draagt bij aan de ruis rond de temporele koppeling tussen stijghoogtedynamiek en daarmee samenhangende volumetrische berging in het gebied.

De neerslag wordt in het Wierdenseveld gemeten, maar de metingen laten in 2012 en 2014 zulke sterke afwijkingen zien van de metingen op nabijgelegen regenmeters met een standaardopstelling, dat het waarschijnlijk lijkt dat de metingen op het Wierdenseveld onbetrouwbaar zijn. Neerslag (en verdamping) worden daarom betrokken van nabijgelegen meteorologische stations. Daarmee wordt uiteraard de ruimtelijke variatie van deze posten toegevoegd aan de ruis van het model van de waterbalans.

De wegzijging onder het Huurnerveld wordt niet gemeten. Wel is er een overtuigende indicatie dat er sprake moet zijn van wegzijging. Het grondwater wordt op diverse plekken binnen het Huurnerveld gemonitord. Uit alle buizen met een dubbel filter (op verschillende dieptes) blijkt dat er een neerwaartse gradiënt aanwezig is. Deze gradiënt is dicht bij 1 in het bovenste deel van het profiel en verkeert daar dus vrijwel onder vrij verval. De dynamiek in ondiepe, in het veen geplaatste filters wijkt af van die in diepere filters: de amplitude is kleiner: bij lage grondwaterstanden (in de zomer en dus ook bij lagere viscositeit van het water, wat zich vertaalt in een grotere doorlatendheid) is de gradiënt groter dan in de winter, terwijl de flux waarschijnlijk kleiner is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de wegzijging verloopt volgens het principe van een schijnspiegelsysteem. Dat wil zeggen dat de wegzijging niet of nauwelijks wordt beïnvloed door de diepere grondwaterstijghoogte, maar alleen (of voornamelijk) door de freatische grondwaterstand. Ook de raai van peilfilters aan de westzijde van de Hoogelaarsleiding suggereren met een getrappt verloop van de gemeten stijghoogte dat er sprake is van een schijnspiegelsysteem.

Afstroming uit het gebied vindt plaats via twee routes, waar het afstromende debiet wordt gemonitord. De meetopstelling is robuust en biedt de mogelijkheid voor een relatief nauwkeurige bepaling van de afvoer in de lage afvoerrange.

De grondwatertoevoer naar het Huurnerveld vanaf de stuwwal wordt door de Hoogelaarsleiding effectief onmogelijk gemaakt. De afvoer van de Hoogelaarsleiding bedraagt ruim 100 mm gerekend over het intrekgebied. Het peil van de Hoogelaarsleiding zet zich voort in de ondiepe grondwaterstijghoogte onder het Huurnerveld en bepaalt op die wijze mede de ontwateringsbasis en dus de wegzijgingscondities.

6.2 Tijdreeksanalyse

Veel meetpunten zijn sinds de uitvoering van de omwalling van het Huurnerveld ingericht. Dat betekent dat het effect van deze maatregel ruimtelijk slecht kan worden vastgesteld. Op basis van een viertal meetpunten lijkt het effect op de grondwaterstijghoogte zich te beperken tot de noord-oostelijke hoek van het Huurnerveld. De stijghoogte in de zone langs de Hoogelaarsleiding ligt dicht bij het peil in deze afwateringssloot. Het is aannemelijk dat verhoging van dit peil hier een duidelijke respons in het grondwater zal opleveren. Echter om effect te hebben op het freatische grondwaterpeil zal de peilverhoging aanzienlijk moeten zijn, gezien de momenteel aanwezige verticale gradiënten. Het effect van peilverhoging is niet-lineair en zal pas significant bijdragen aan de condities als het peil in de buurt van de freatische grondwaterstand komt. De optimale situatie wordt bereikt als de Hoogelaarsleiding zijn drainerende werking verliest.

6.3 Waterbalans

Uit de verschillende waterbalansschattingen blijken de onbekende posten consistent te worden geschat. De wegzijging ligt jaargemiddeld op circa 200 mm: de restterm tussen neerslag, verdamping en oppervlakkige afvoer, maar er zijn ruimtelijk en temporeel grote verschillen. In het beter ontwikkelde veen is de wegzijging gering, resulterend in een kleine grondwaterstandsdynamiek. Hier voldoen de hydrologische condities aan de vereisten voor veenherstel. In de freatische filters in de zandige profielen is de grondwaterstandsdynamiek groter en sterker gekoppeld aan de diepere stijghoogtedynamiek.

De interne buffer blijkt circa 250 mm te bevatten. Deze buffer bestaat uit de variabele vochtinhoud van de onverzadigde zone en de peilafhankelijk bergingscapaciteit van het openwater. De verdeling van deze interne buffer is niet perse ruimtelijk homogeen. Dit verklaart mede het voorkomen van gunstige en minder gunstige omstandigheden voor hoogveenontwikkeling binnen het Huurnerveld.

De verschillende benaderingen voor de waterbalans leveren verschillende bijdragen voor het schatten van de verschillende posten van de waterbalans. De metingen levert de balans in gemiddelden. De Walrus-benadering geeft een realistisch (tijdreeks)patroon voor de verdampingsreductie. Het modelconcept als totaal is echter nog te complex om objectief te fitten op de metingen. Er moeten diverse subjectieve keuzes worden gemaakt ten aanzien van dimensionering en eigenschappen, die de uitkomsten beïnvloeden. Het Bak-model lijkt het beste toegesneden voor het onderling relateren van de balansposten op basis van de beschikbare metingen want hiermee kan de gemeten afvoerdynamiek uit het Huurnerveld goed worden gereproduceerd. De resultaten van het Bak-model laten ook zien dat een schijnspiegel-schematisatie van de wegzijging goed aansluit bij de andere balanstermen (met name de metingen van de grondwaterfluctuatie en de afstroming).

6.4 Aanbevelingen

De monitoring en analyse laten zien dat er een sterke gradiënt onder het Huurnerveld aanwezig is. Deze is mogelijk doordat de bodem naast het gewenste veendek, ook dieper in het profiel veen, leem en kleilagen heeft, die sterk stagnerend werken. Om de hydrologische condities voor veengroei te monitoren zijn zuiver freatische buizen onontbeerlijk. Om de kansen voor het ontstaan te voorspellen zijn echter peilbuizen met filterclusters nodig verdeeld over de diepte tot in het watervoerende pakket. Dan kunnen relaties worden afgeleid, die inzicht geven in het verband tussen beheer (peilbeheer in de omgeving, waterwinning) en de invloed op de freatische condities in het Huurnerveld. De raai over de Hoogelaarsleiding verdient als eerste een renovatie en (freatische) uitbreiding, zeker ook in relatie tot de plannen voor peilaanpassing.

De wegzijging is een relatieve onbekende in de waterbalans. Het zou bijzonder illustratief zijn om op een aantal locaties, verdeeld over het Huurnerveld, in samenhang met peilbuizen met een filtercluster, gedurende een jaar infiltrometers te plaatsen, waarmee een tijdreeks van de infiltratie kan worden bepaald. De peilbuizen ter plaatse geven dan samenhangende informatie over eventuele laterale voeding ter plaatse van de meetlocatie.

7 Literatuur

- Aggenbach C.J.S. en Jansen A.J.M., (1991).** Vegetatiekartering en hydro-ecologische analyse van het Wierdense veld [Rapport]. – Nieuwegein : Kiwa, 1991.
- Beekman, W., Caljé, R., Schaars, F., & Heijkers, J. (2014).** Vergelijking van enkele schattingsmethoden voor de actuele verdamping. Stromingen.
- Brauer C., (2014).** Modelling rainfall-runoff processes in lowland catchments. Thesis, WUR
- Brauer C., P. Torfs, R. Teuling, R. Uijlenhoet (2015).** The Wageningen Lowland Runoff Simulator [Rapport]. – Wageningen : WUR, 2015.
- Hoogendoorn, J.H. & C.B.M. te Stroet, (1994).** Optimalisatie waterbeheer Wierden/Wierdense Veld, technisch rapport. TNO-rapport OS 94-14 B. TNO-Mileu en Energie, Instituut voor Grondwater en Geo-energie, Oosterwolde.
- Jansen, A.J.M., J.R. von Asmuth, P.J.T. van Bakel, E. Brouwer, R.J. Ketelaar, R.L. Terhürne, (2013).** Het Wierdense Veld: Advies van de Commissie van Deskundigen
- KWR & Witteveen+Bos, (2012).** Natura 2000 Gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Wierdense Veld. Rapport KWR & Witteveen+Bos. Nieuwegein/Deventer.
- Tomassen, H., G.J. van Duinen, F. Smolders, D. Brouwer, S. van der Schaaf, G. van Wirdum, H. Esselink & J. Roelofs, (2005).** Vooronderzoek Wierdense Veld. Eindrapportage mei 2005. Rapport. Onderzoekcentrum B-Ware, Nijmegen/Landschap Overijssel.
- Wirdum G. van, W. Barendrecht, (2006).** Hoe hangt het waterregime in de veenlaag van het Wierdense Veld af van de waterwinning in Wierden (Overijssel)? [Rapport].

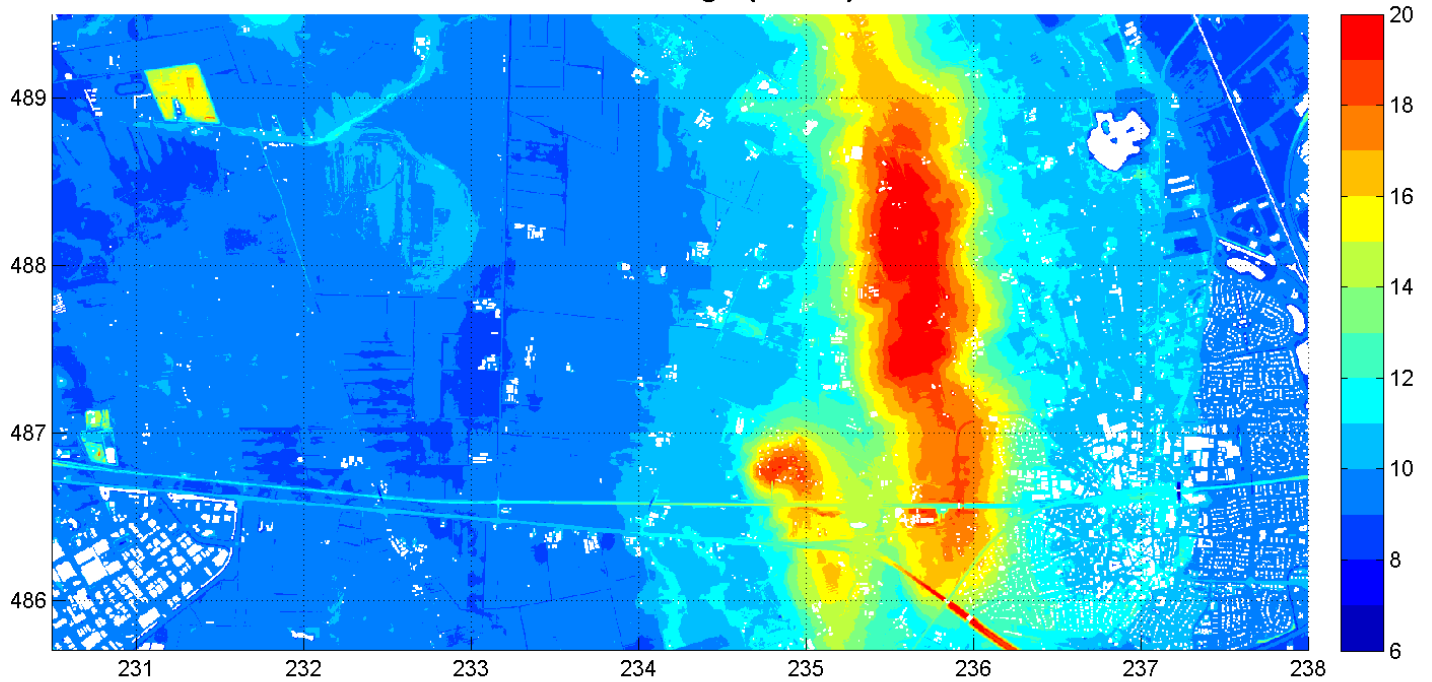
Bijlage 1 Historische beelden Huurnerveld



Google



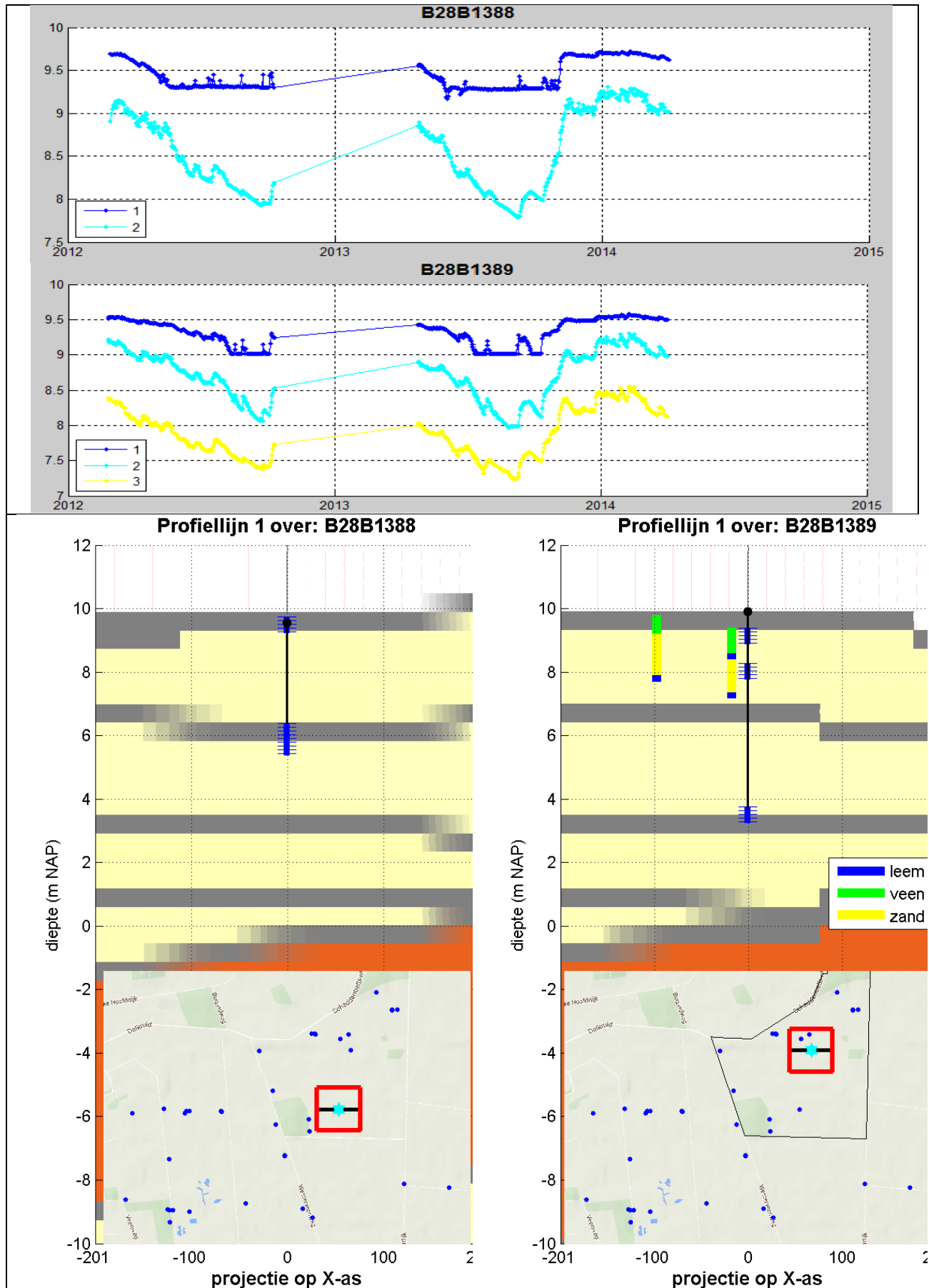
AHN-terreinhoogte (m NAP)

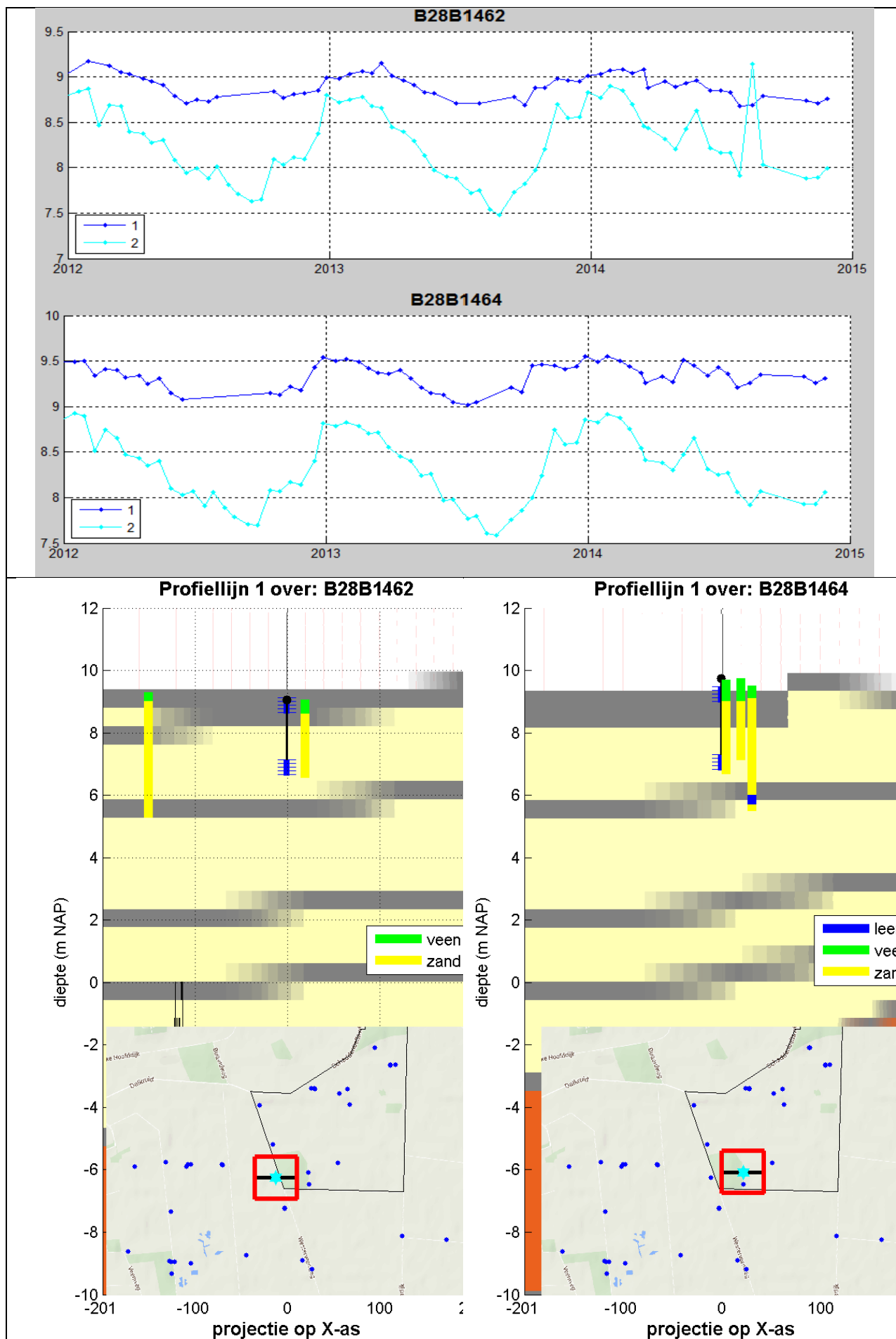


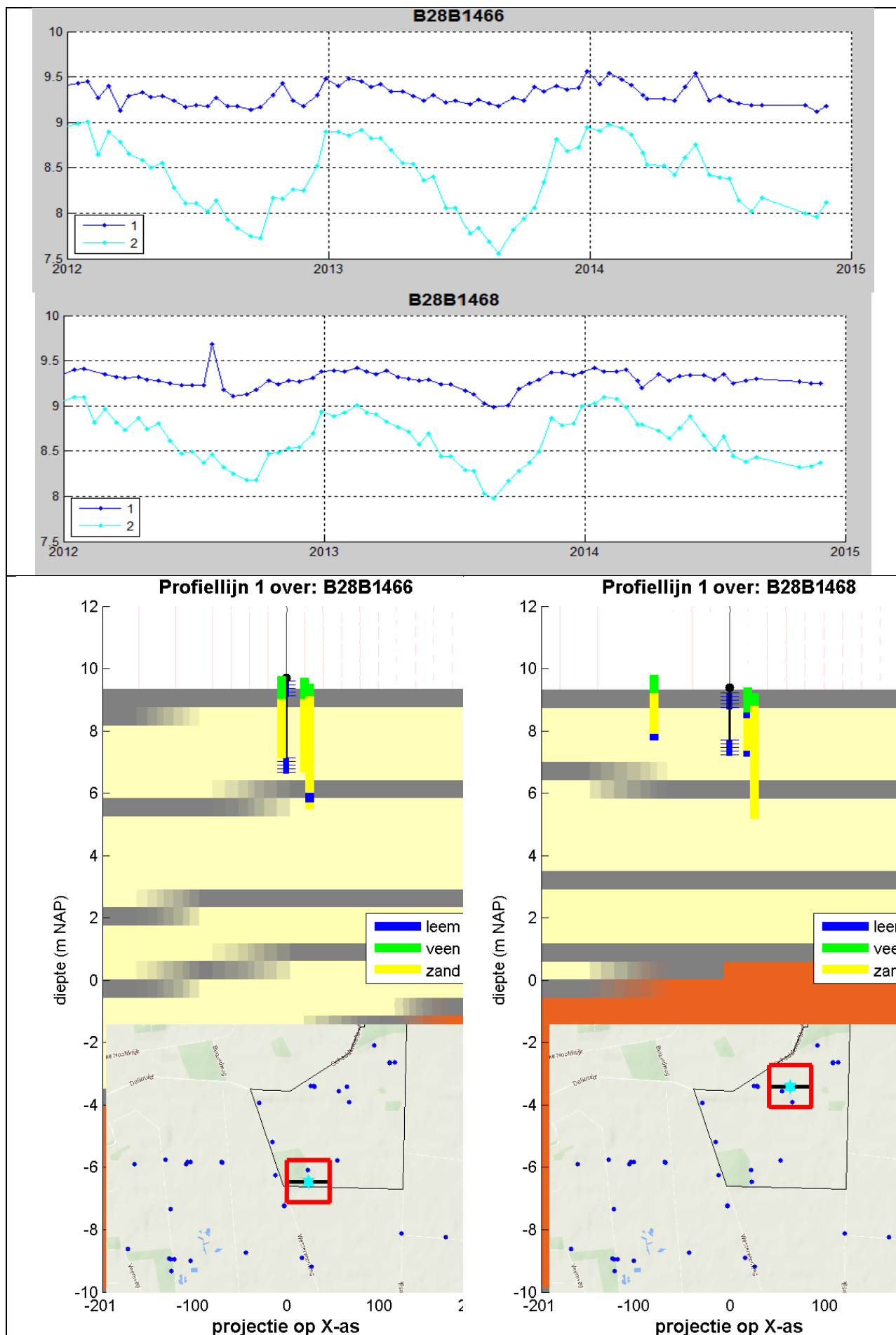
top-kaart

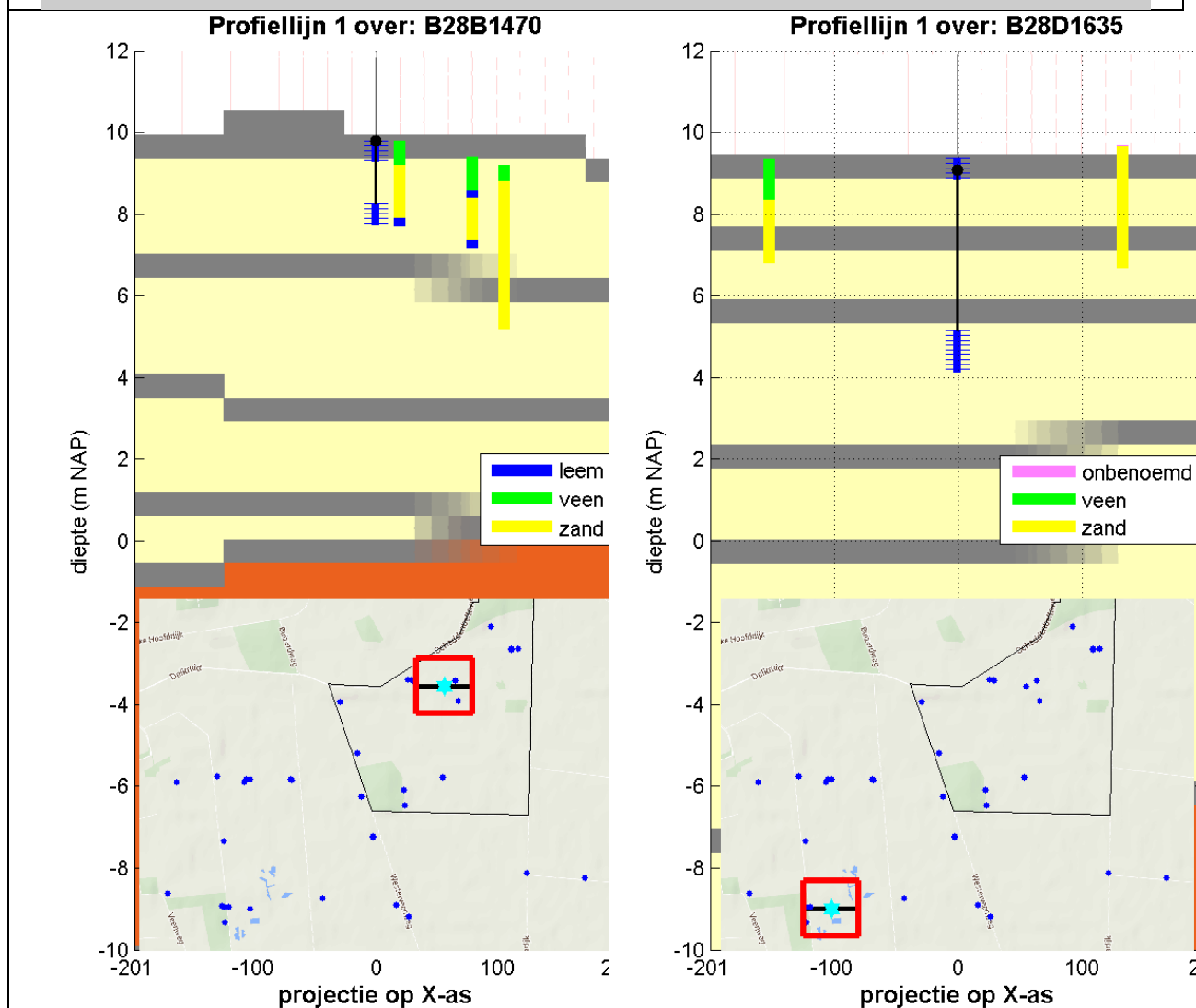
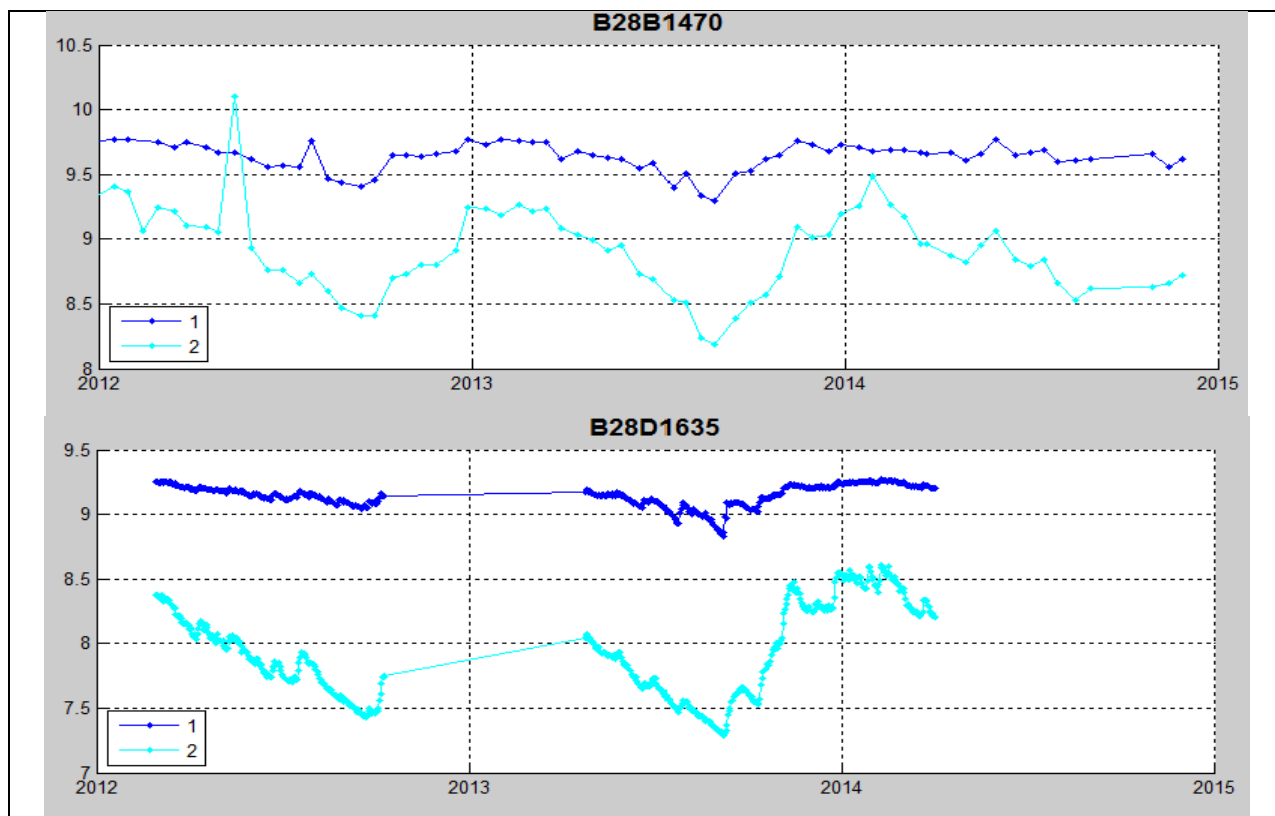


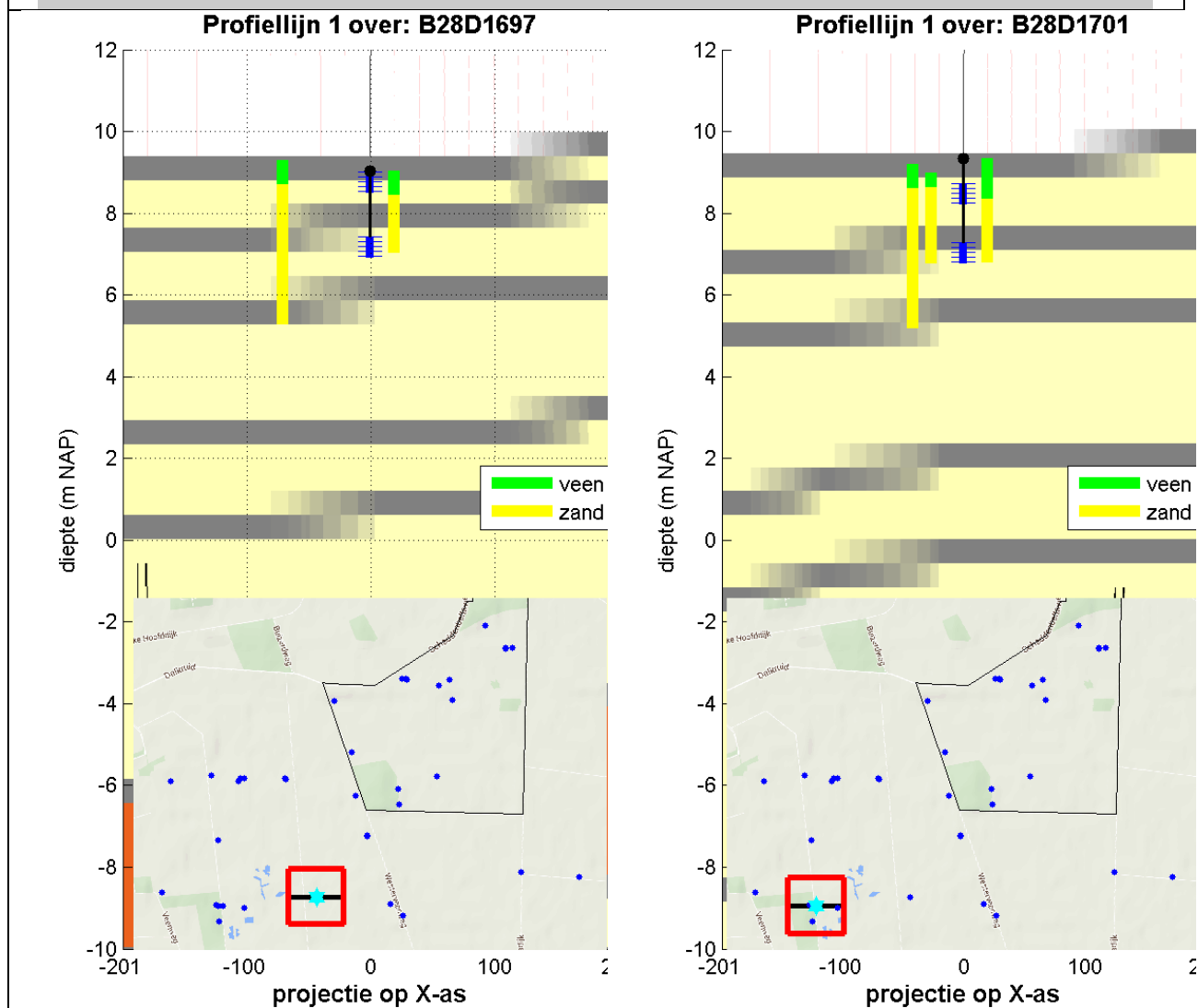
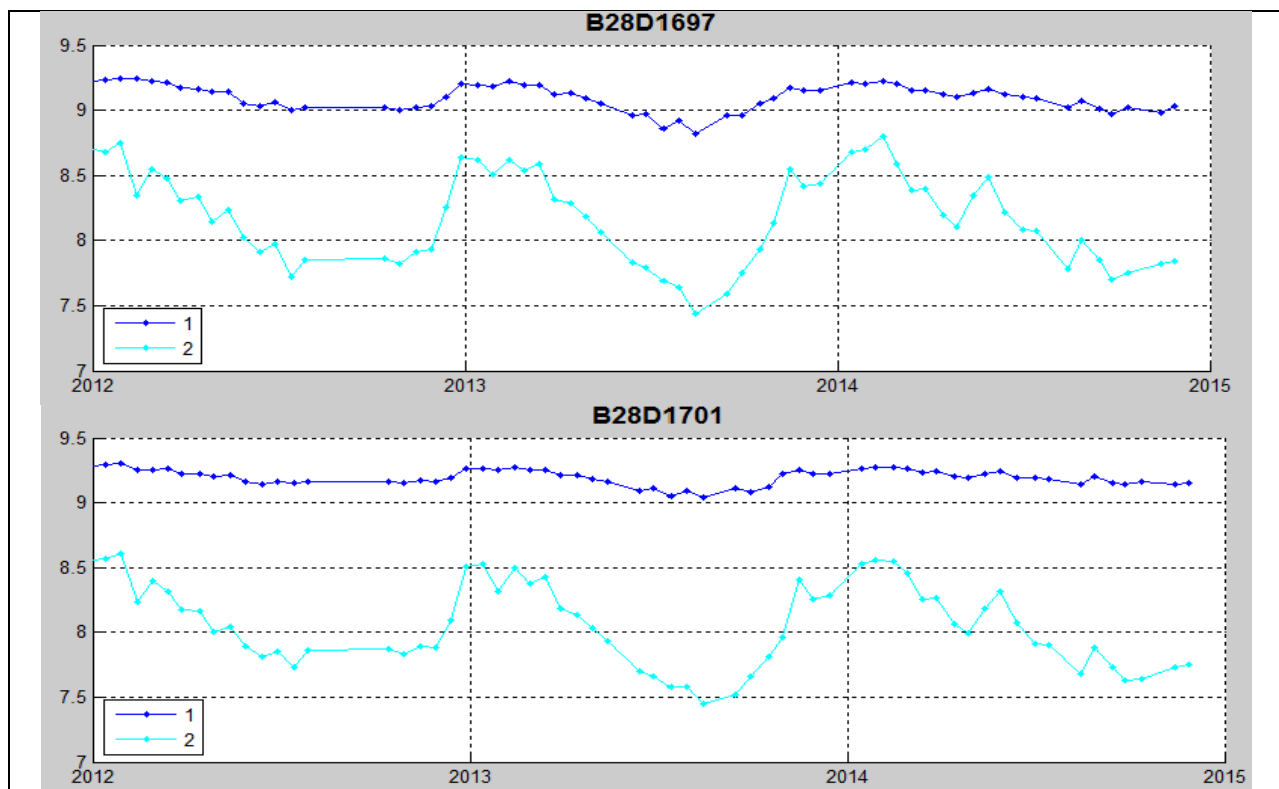
Bijlage 2 Grondwaterstandsreeksen

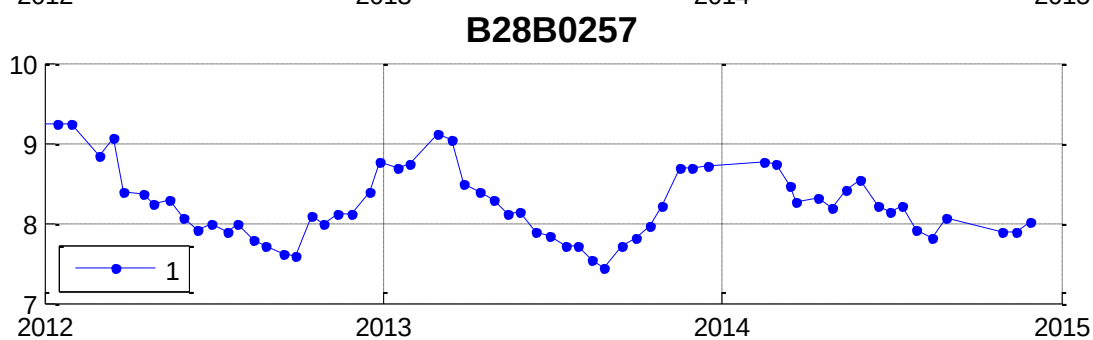
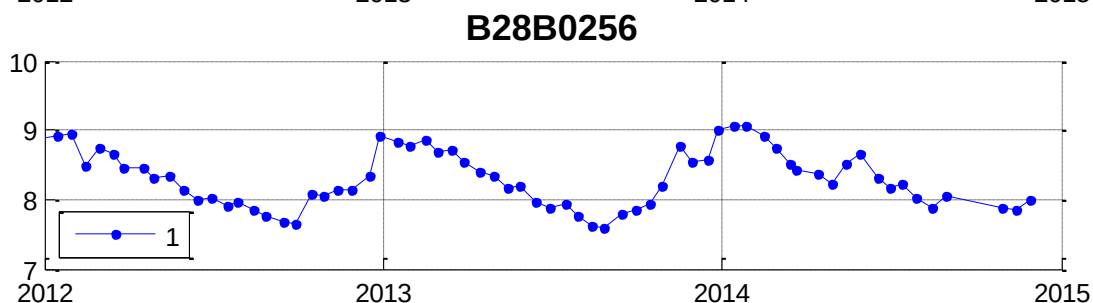
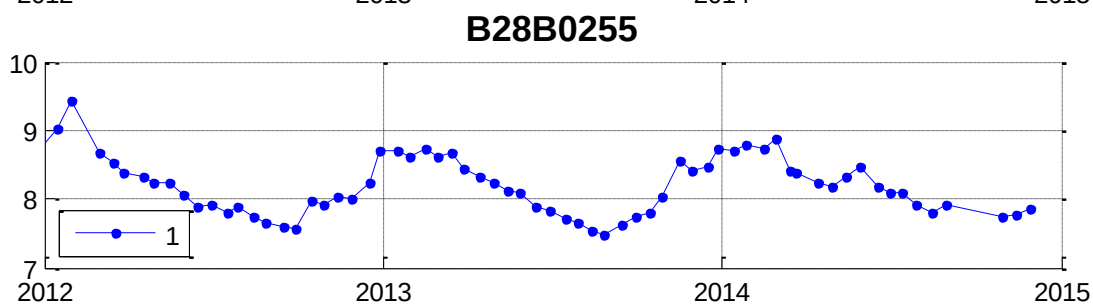
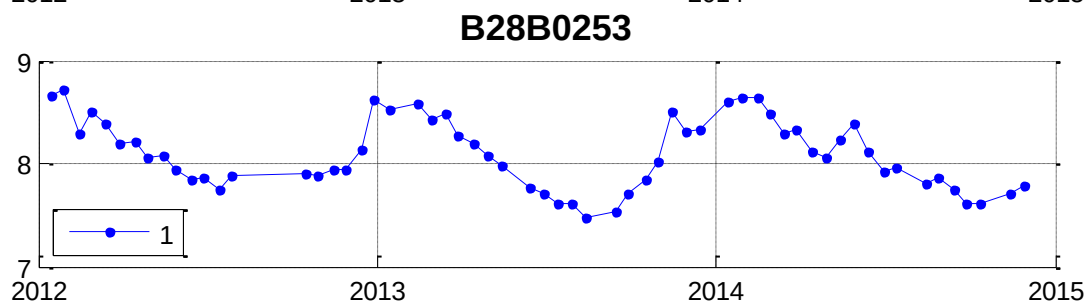
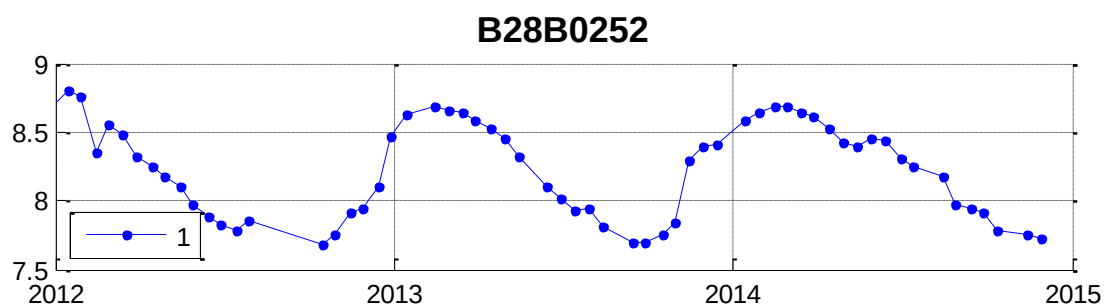


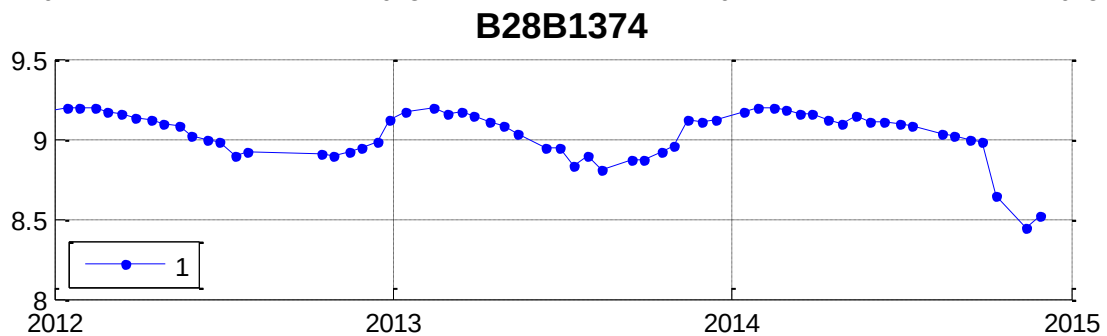
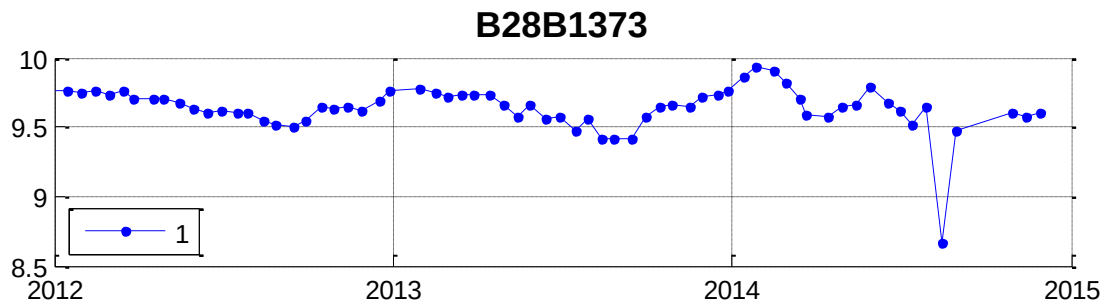
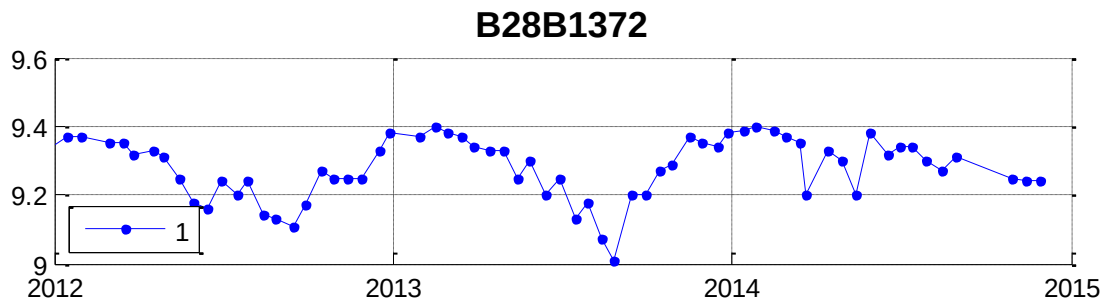
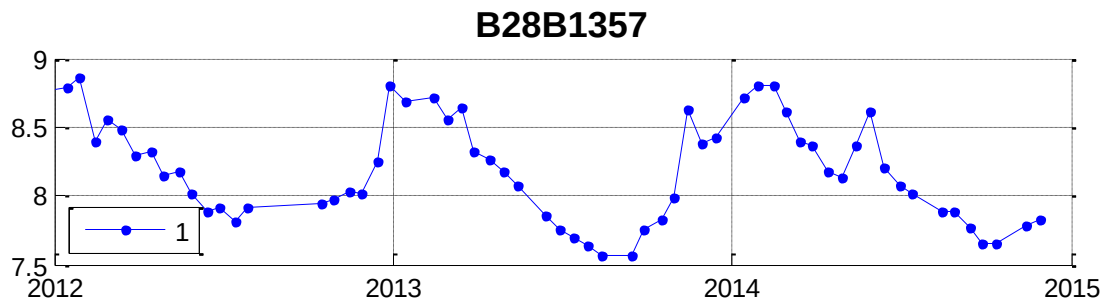
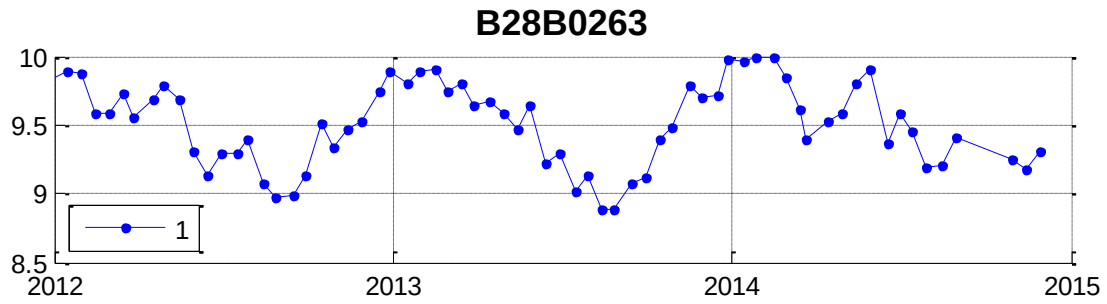




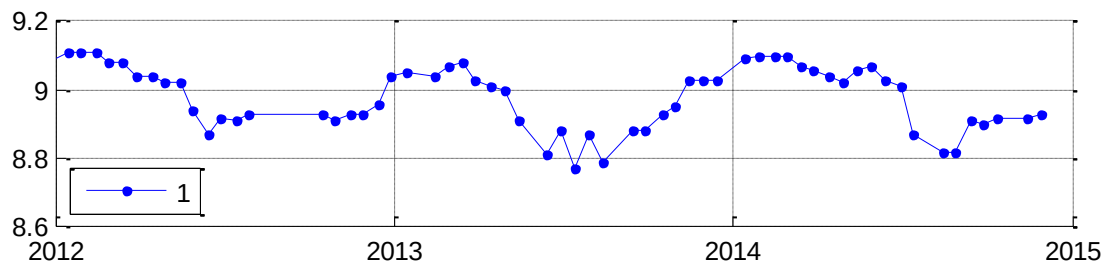




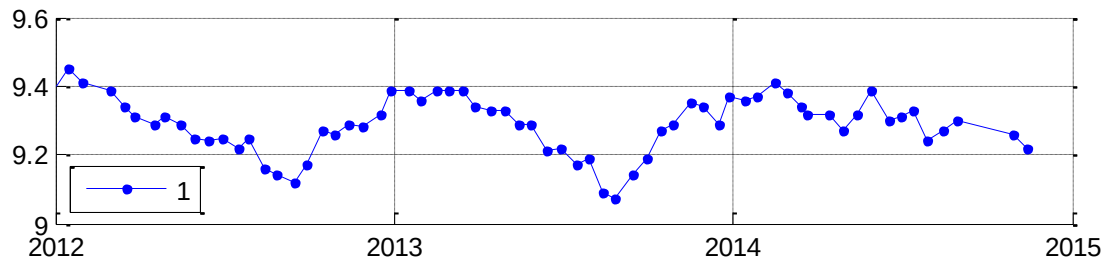




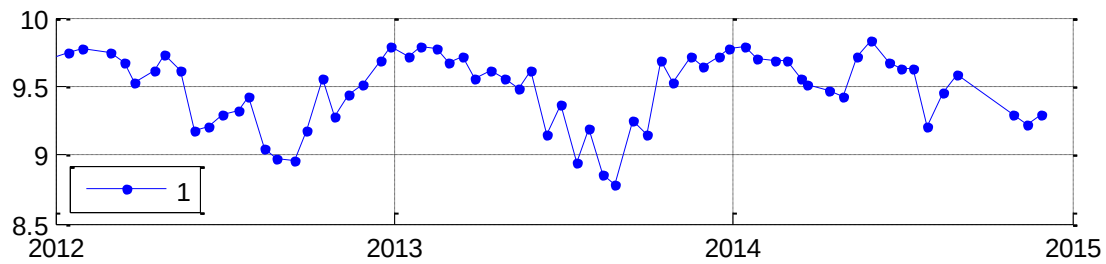
B28B1375



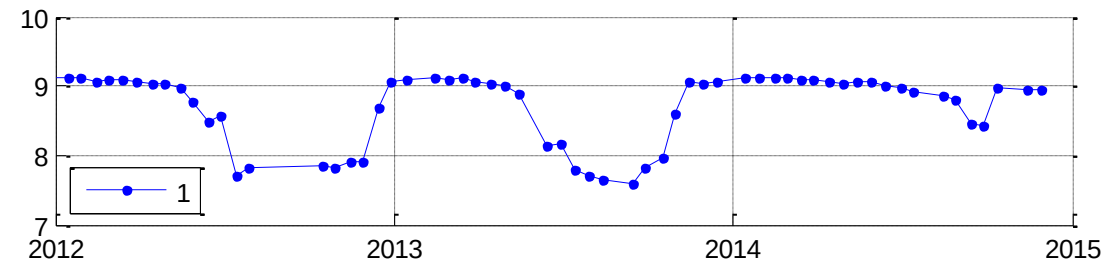
B28B1377



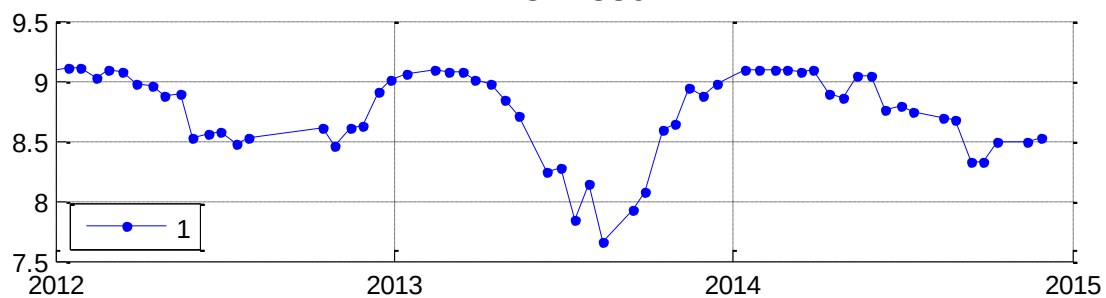
B28B1378

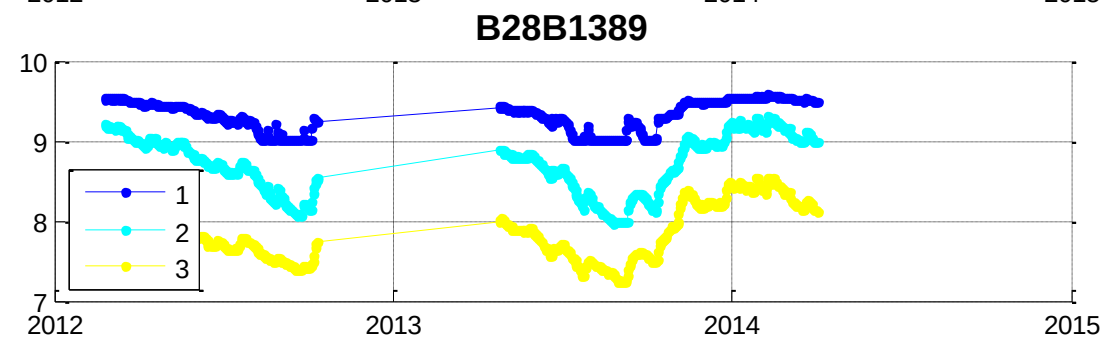
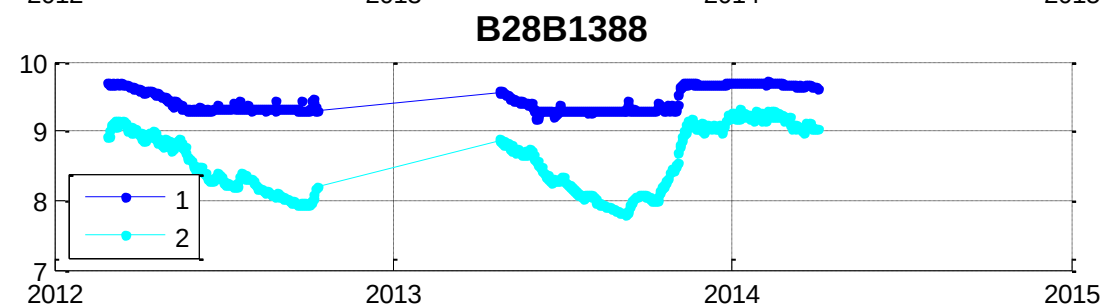
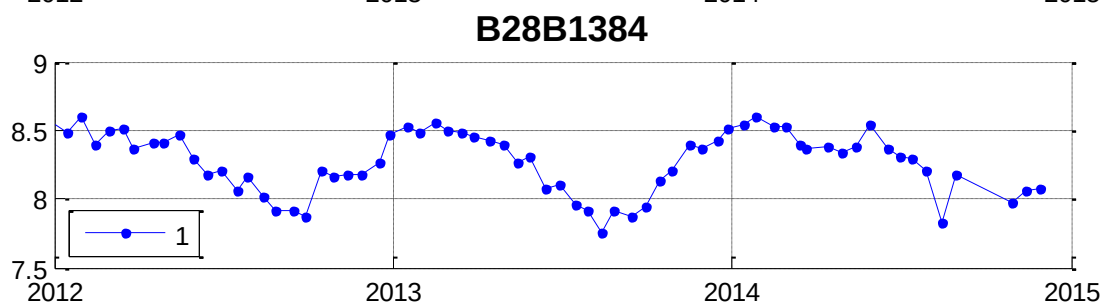
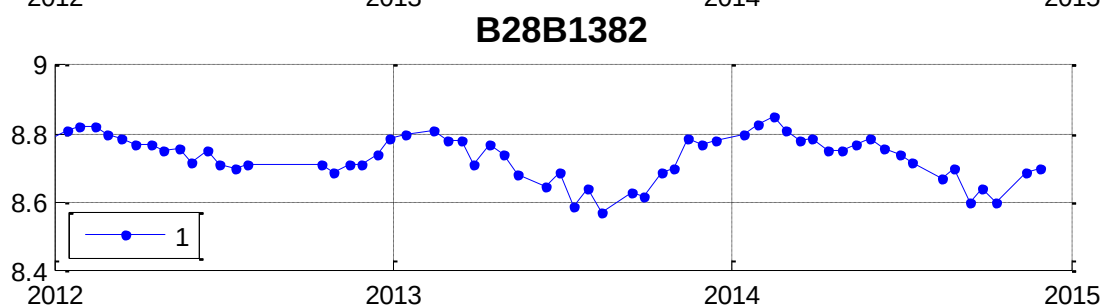
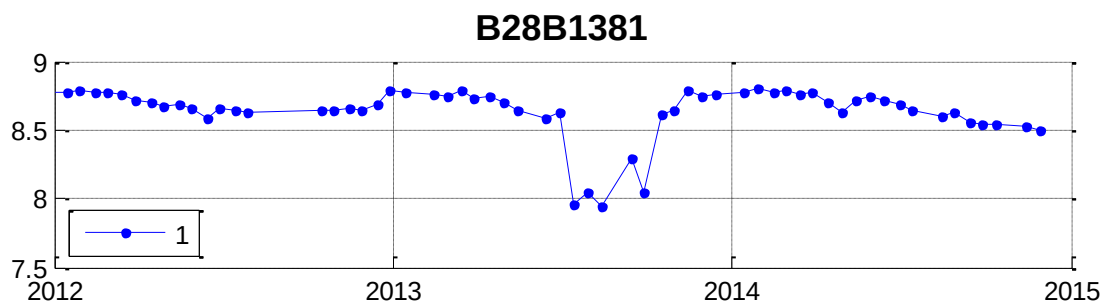


B28B1379

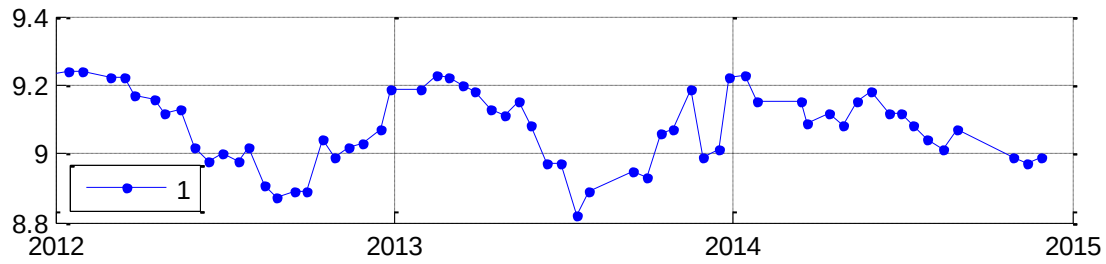


B28B1380

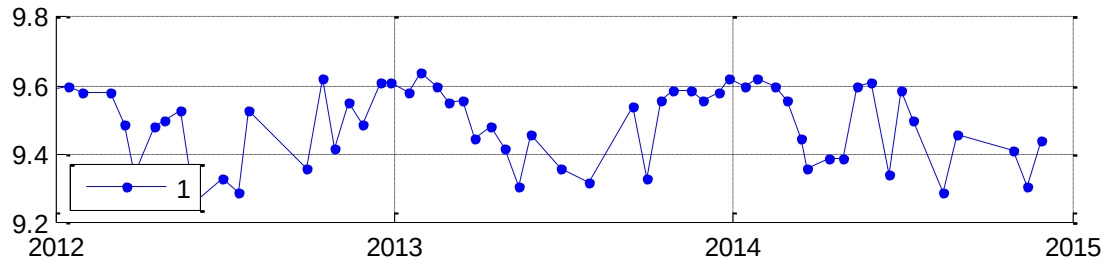




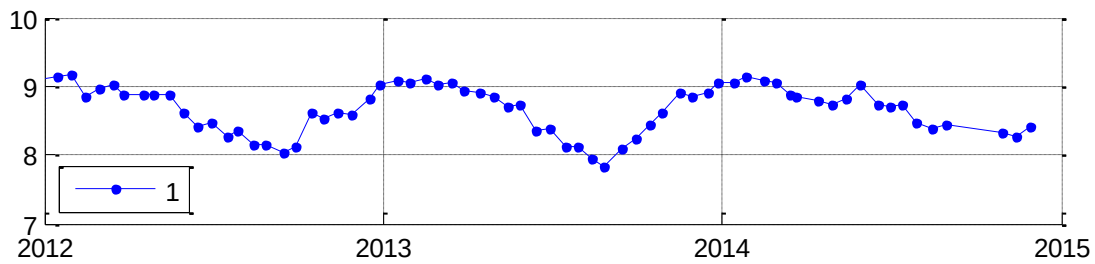
B28B1459



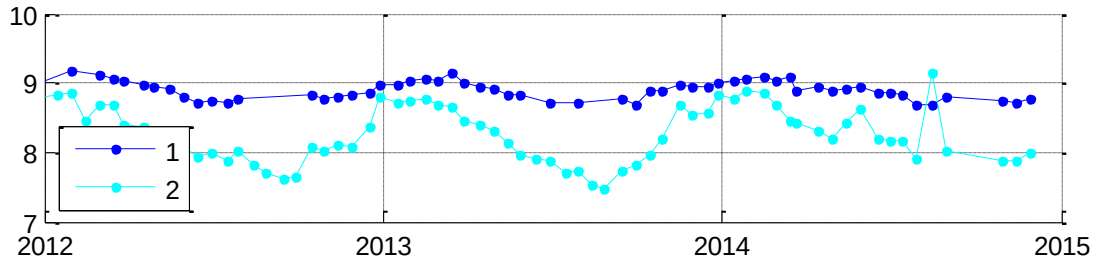
B28B1460



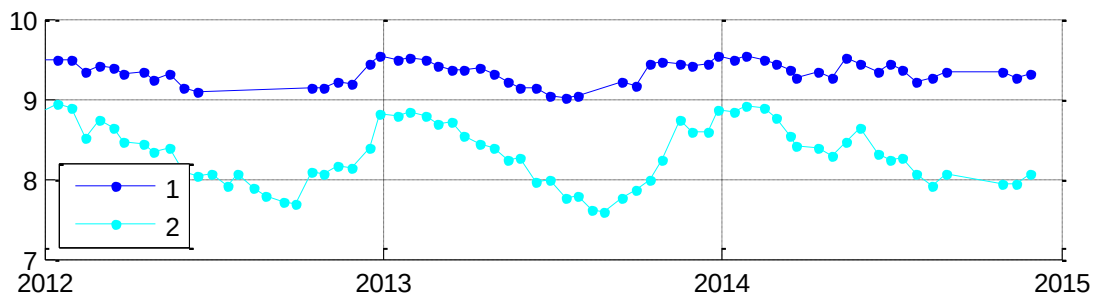
B28B1461



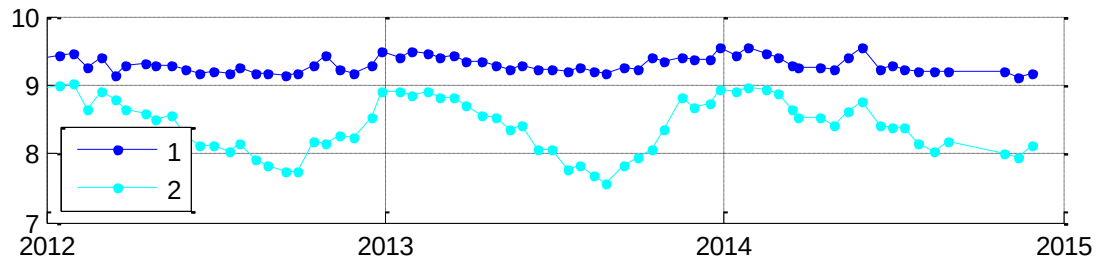
B28B1462



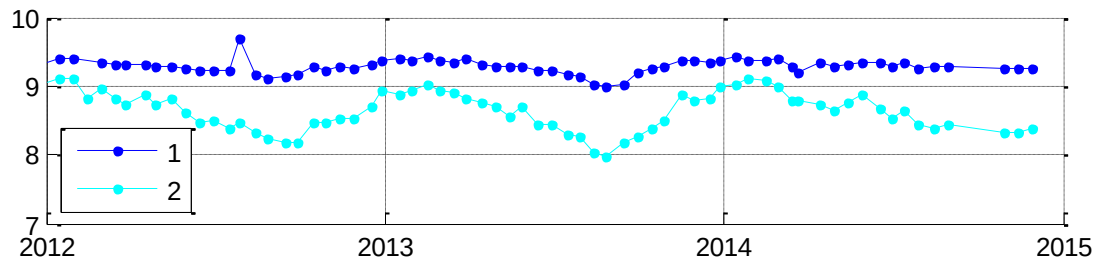
B28B1464



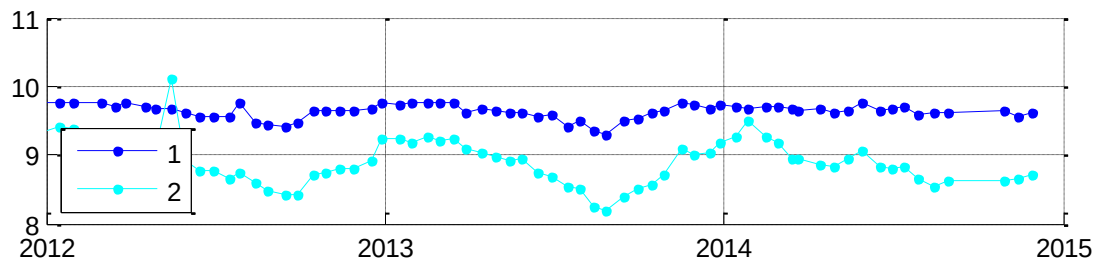
B28B1466



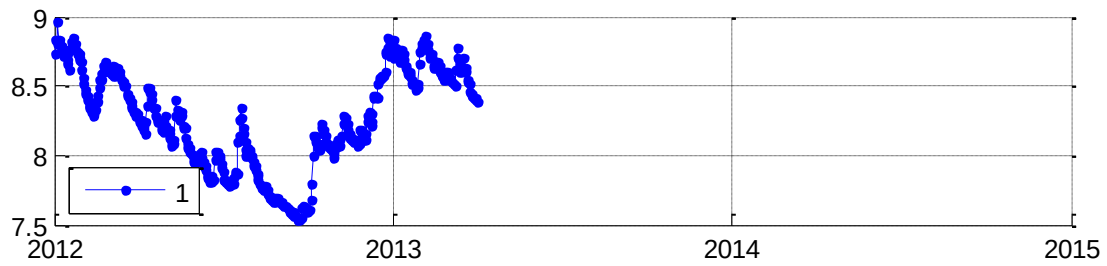
B28B1468



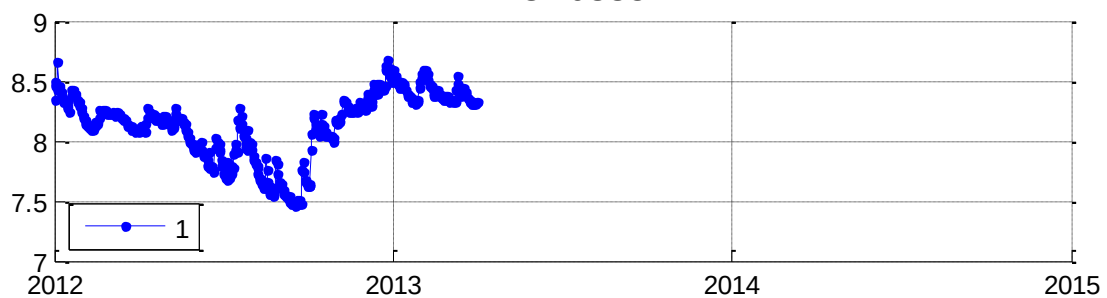
B28B1470

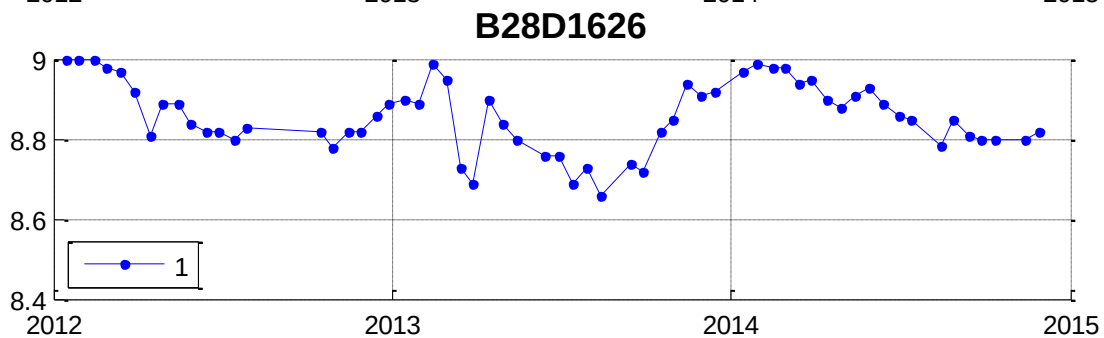
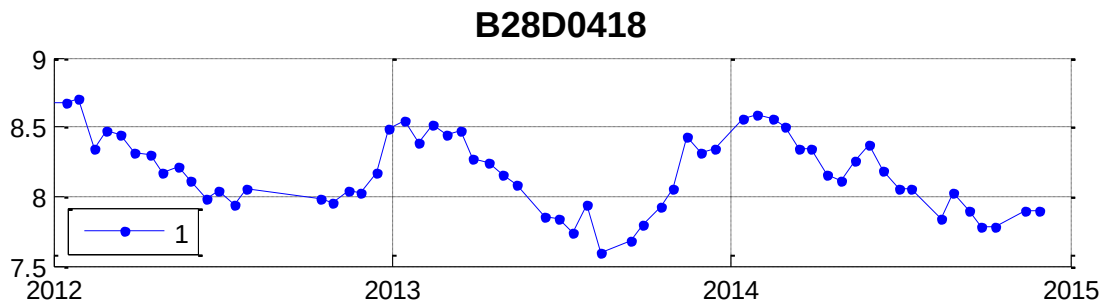
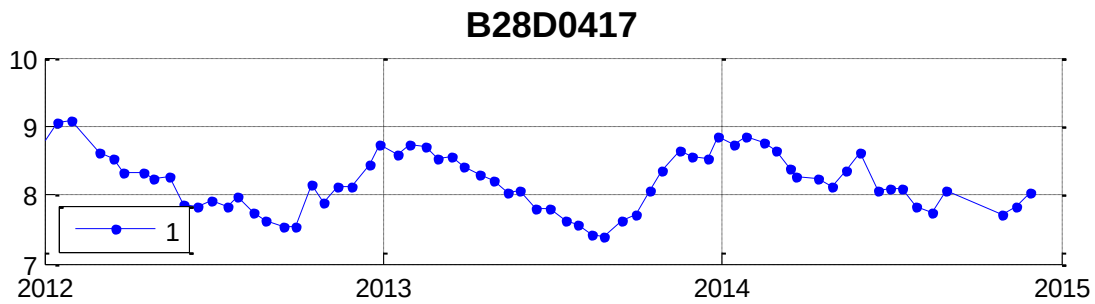
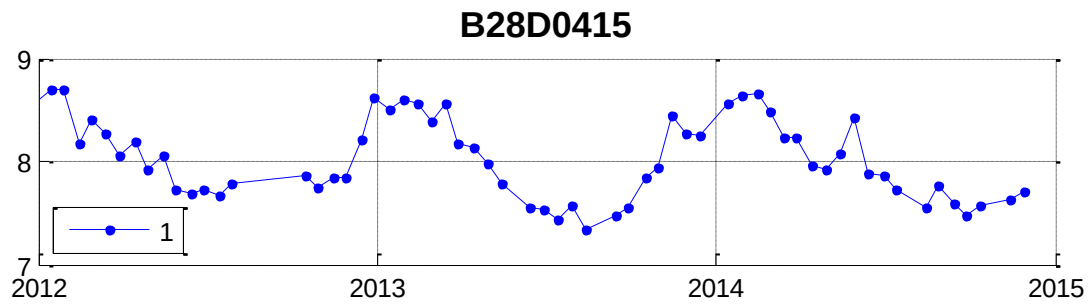
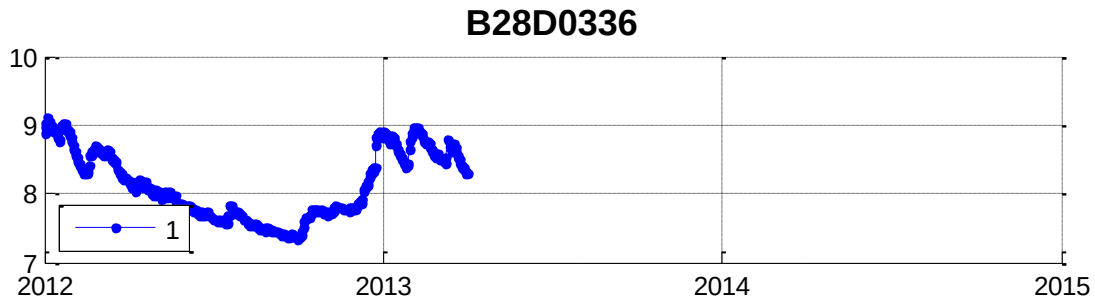


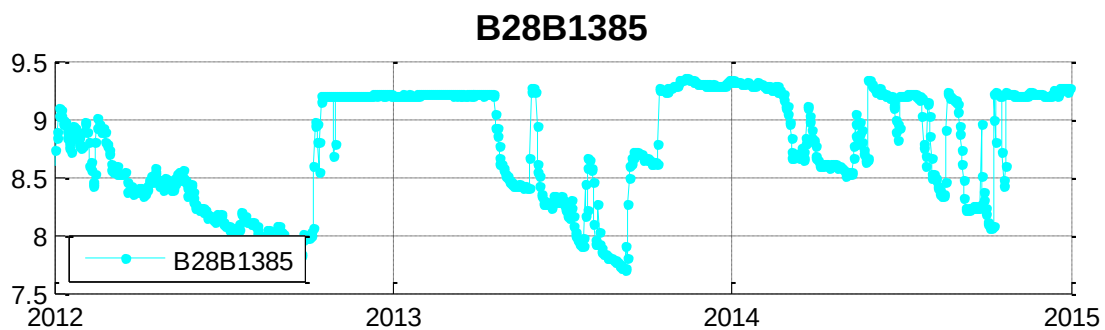
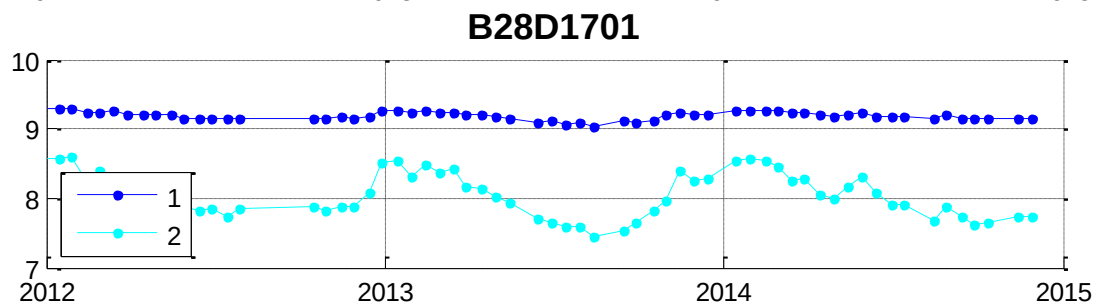
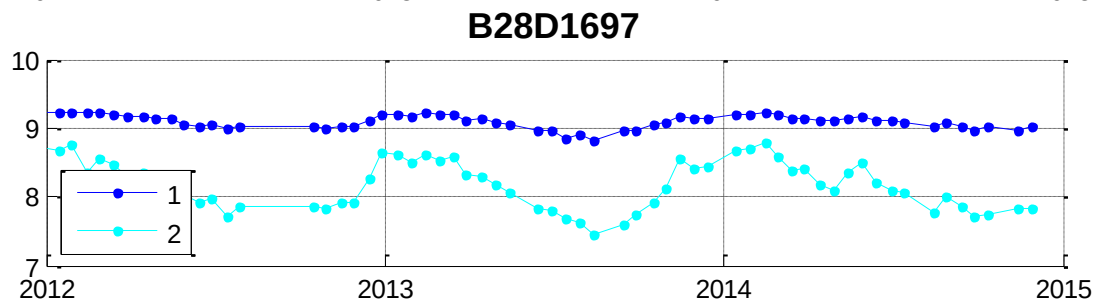
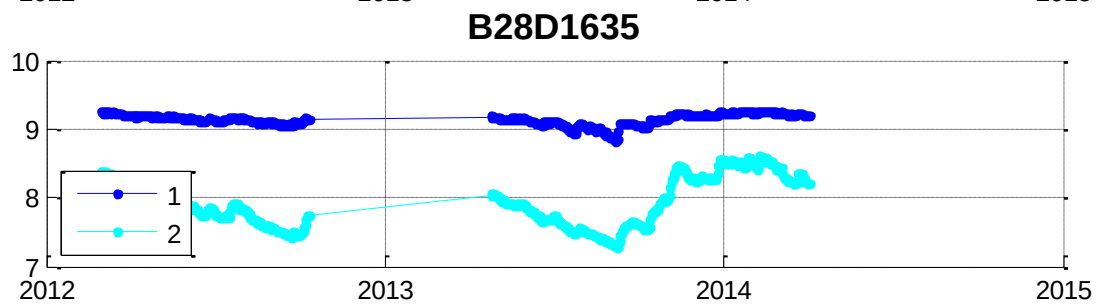
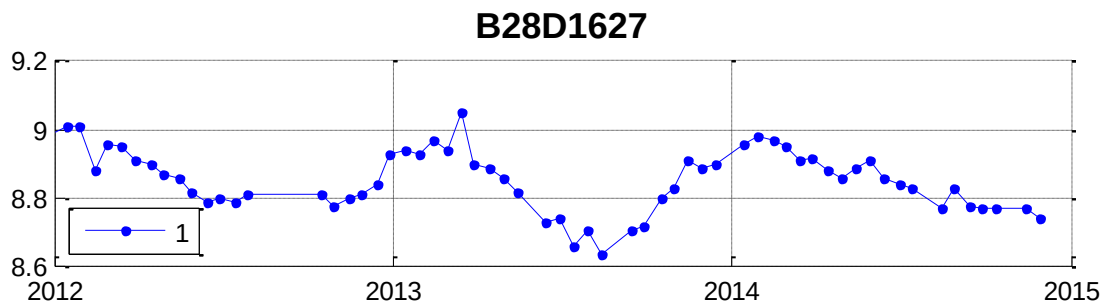
B28D0265

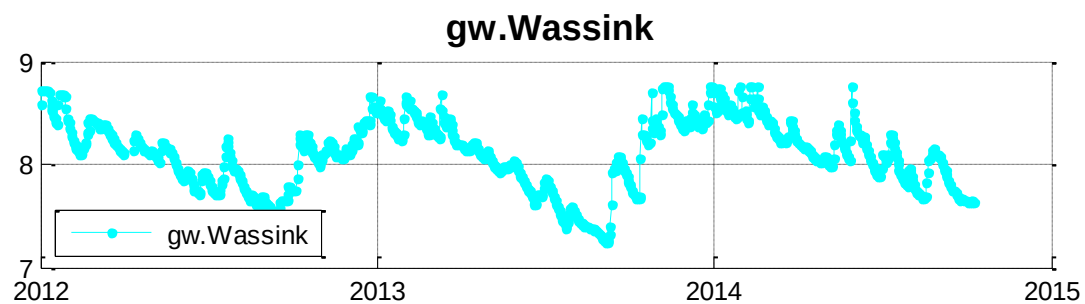


B28D0335

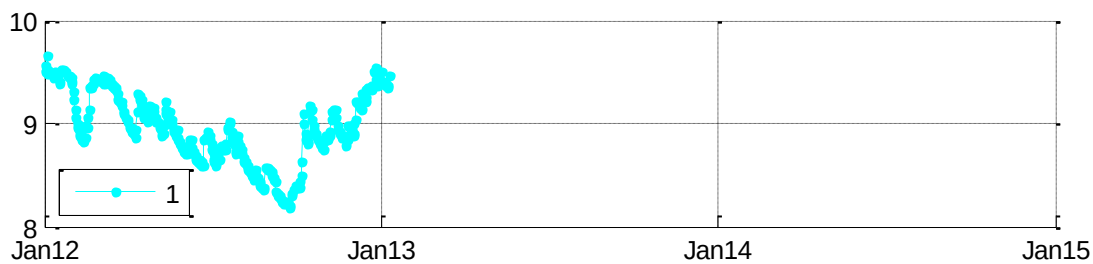




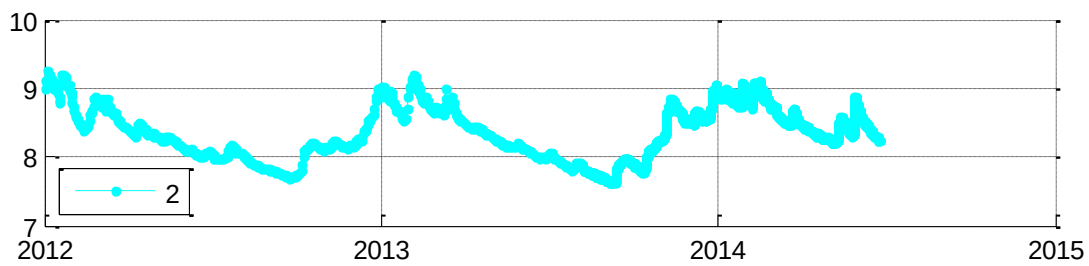




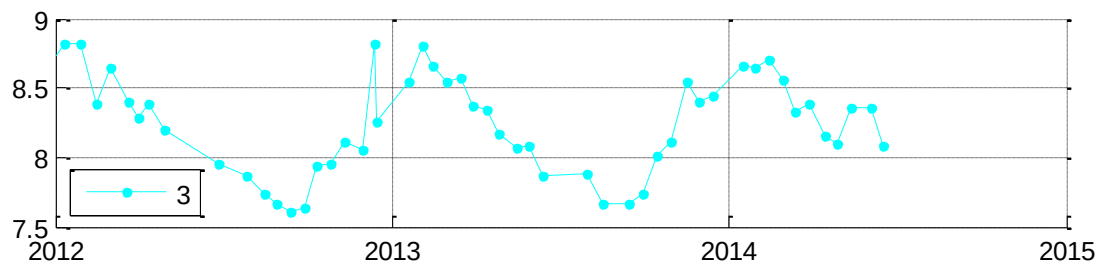
1



2



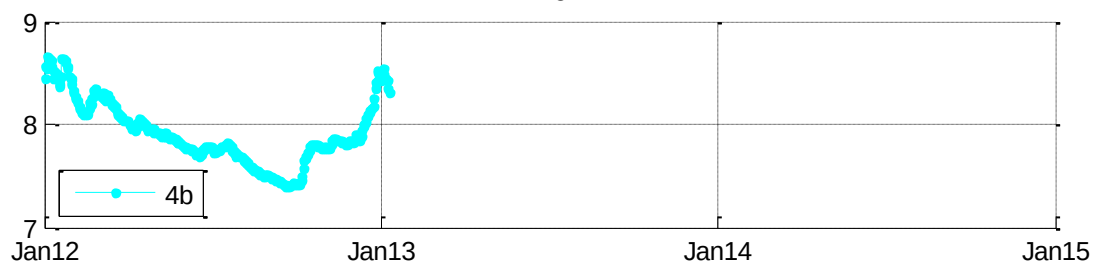
3



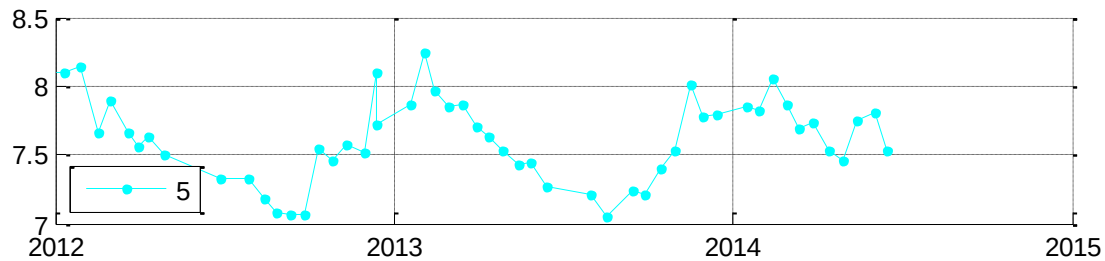
4a



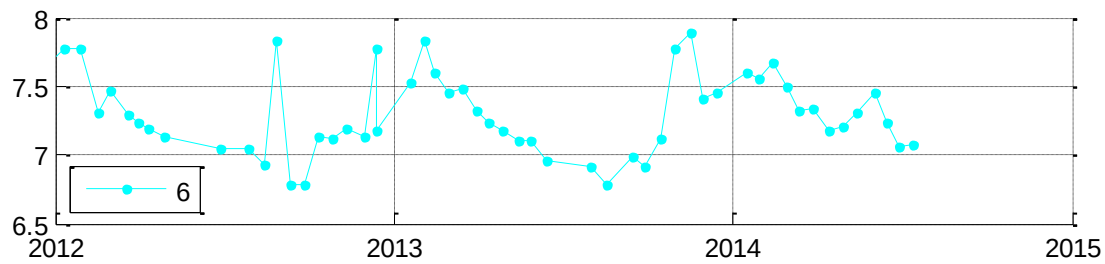
4b



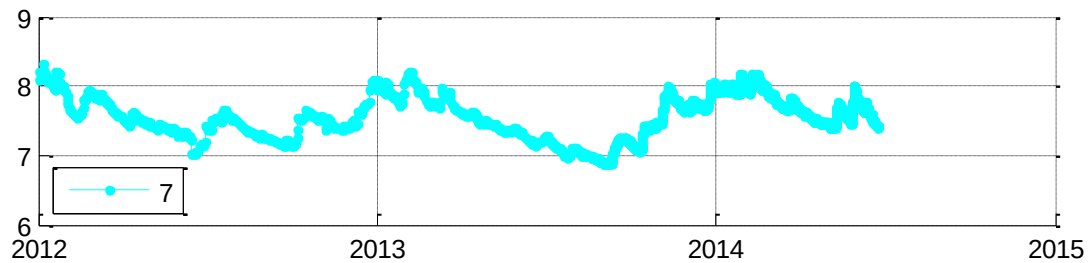
5



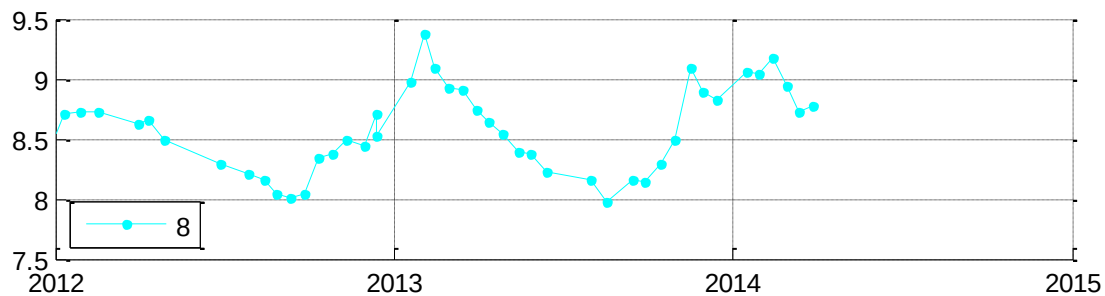
6

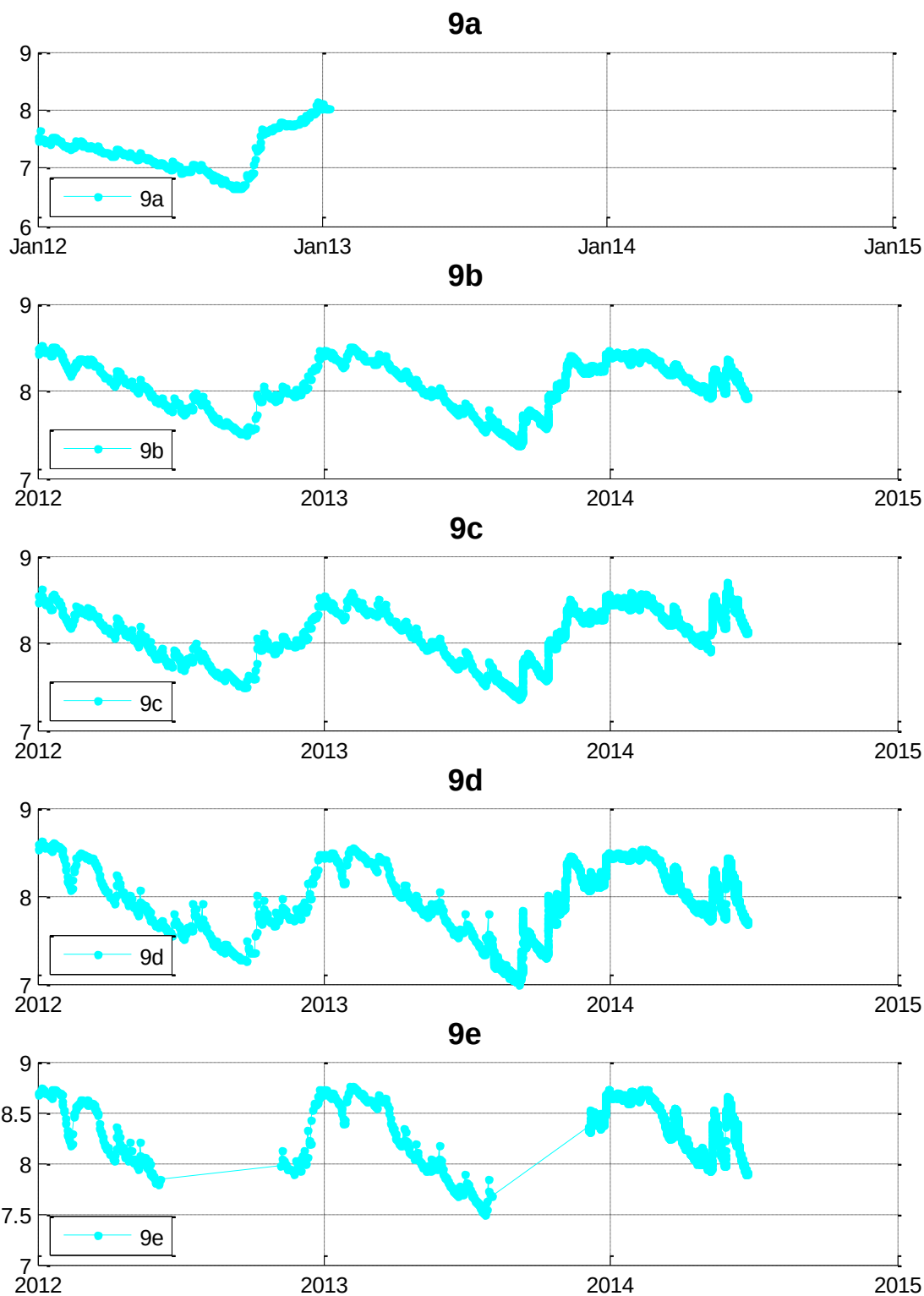


7



8





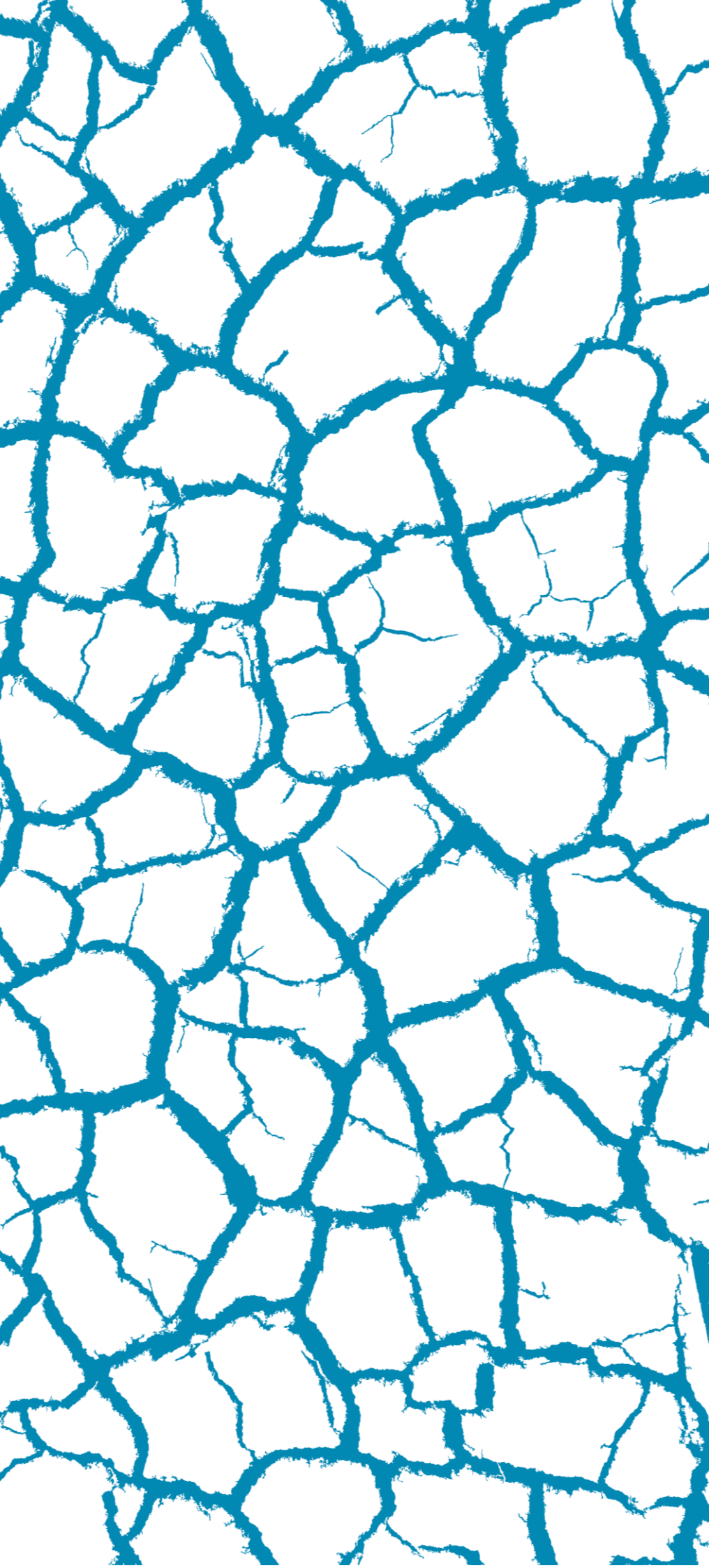
Bijlage 3 Resultaten tijdreeksanalyse

tabel 2: Effect-detectie van de aanleg omwalling rond Huurnerveld

BUIS	FILTER	X	Y	Z (m -mv)	drainage diepte (m NAP)	sprong (m)	verd.factor	Verklaarde variantie
B28B1385	1	233147	489220	7,97	7,7	0,4	0,76	59
B28B0255	1	231819	488619	6,72	7,3	0,0	0,96	78
B28B0256	1	231944	488253	7,6	7,8	-0,1	0,82	43
B28B0263	1	232309	488783	9,04	9,4	-0,1	1,27	62
B28B1372	1	233061	489000	8,85	8,8	0,1	1,09	67
B28B1373	1	232344	488780	9,13	9,6	-0,1	1,00	77
B28B1377	1	233062	489005	7,99	9,0	0,1	1,01	84
B28B1378	1	232340	488781	8,61	9,3	-0,1	1,39	67
B28B1384	1	233108	489009	7,96	7,1	0,0	1,12	77

tabel 3: Tijdreeksanalyse grondwaterreeksen op basis van meteorologische invloeden

BUIS	FILTER	X	Y	Z (m-mv)	drainage diepte (m NAP)	verd.factor	Verklaarde variantie
B28B1385 gw.Wassink	1	233147	489220	7,97	8,5	1,75	37
	1	232977	487379		8,1	1,37	82
	1	231924	489219	7,65	8,8	1,15	80
	2	231704	488965	7,3	8,1	1,39	83
	3	231388	489219	7,04	8,0	1,48	83
	4a	230945	489346	7,32	7,8	1,46	94
	4b	230937	489407	7,33	8,0	1,68	87
	5	230161	489490	6,78	7,4	1,50	74
	7	230329	489038	6,46	7,4	1,40	80
	8	230651	488567	7,1	8,2	3,42	38
	9a	231158	488693	6,46	7,7	1,81	31
	9b	231178	488639	6,64	7,9	1,60	86
	9c	231196	488591	6,7	7,9	1,33	87
	9d	231210	488554	6,66	7,8	1,34	91
	9e	231221	488484	6,64	8,0	1,46	83
B28B0252	1	230931	488082	7,33	8,2	1,33	81
B28B0253	1	230975	487612	6,18	8,0	1,28	74
B28B0255	1	231819	488619	6,72	7,9	1,50	86
B28B0256	1	231944	488253	7,6	8,4	1,47	58
B28B0257	1	232056	487649	6,25	8,0	1,44	82
B28B0263	1	232309	488783	9,04	9,5	1,72	83
B28B1357	1	231126	488037	7,75	8,2	1,51	81
B28B1372	1	233061	489000	8,85	9,3	1,44	57
B28B1373	1	232344	488780	9,13	9,6	4,42	50
B28B1374	1	231465	488060	8,58	9,0	1,59	59
B28B1375	1	231166	488058	8,68	9,0	2,02	79
B28B1377	1	233062	489005	7,99	9,3	1,90	74
B28B1378	1	232340	488781	8,61	9,4	1,44	72
B28B1379	1	231469	488053	8,06	8,7	1,10	72
B28B1380	1	231141	488058	7,94	8,6	1,74	78
B28B1381	1	230631	488037	7,39	8,5	1,29	50
B28B1382	1	230631	488037	8,32	8,7	1,66	82
B28B1384	1	233108	489009	7,96	8,2	2,17	84
B28B1388	1	232562	488078	9,75	9,5	0,46	89
B28B1388	2	232562	488078	6,38	8,6	1,85	96
B28B1389	1	232673	488629	9,38	9,3	2,36	92
B28B1389	2	232673	488629	8,28	8,7	1,76	93
B28B1389	3	232673	488629	3,75	7,9	1,19	96
B28B1459	1	232057	487641	9,26	9,0	1,56	79
B28B1460	1	232915	489169	9,6	9,5	1,35	55
B28B1461	1	232912	489168	7,8	8,6	2,25	85
B28B1462	1	231974	487932	9,13	8,9	2,15	85
B28B1462	2	231974	487932	7,14	8,3	1,34	74
B28B1464	1	232283	487987	9,48	9,3	1,02	72
B28B1464	2	232283	487987	7,3	8,3	1,73	89
B28B1466	1	232288	487875	9,61	9,3	1,20	59
B28B1466	2	232288	487875	7,15	8,4	1,82	89
B28B1468	1	232656	488779	9,21	9,3	1,54	38
B28B1468	2	232656	488779	7,71	8,6	2,02	86
B28B1470	1	232576	488737	9,79	9,6	1,32	65
B28B1470	2	232576	488737	8,26	8,8	2,47	72
B28D0265	1	232314	487069	6,37	8,0	1,35	84
B28D0335	1	233172	487379	5,25	8,1	1,79	79
B28D0336	1	233594	487345	5,7	7,9	1,41	84
B28D0417	1	232229	487148	6,33	8,0	1,41	86
B28D0418	1	230986	487024	7,43	8,0	1,52	76
B28D1626	1	230967	487143	8,22	8,8	1,00	70
B28D1627	1	230979	487138	7,79	8,8	1,55	83
B28D1635	1	231164	487123	9,36	9,1	1,00	88
B28D1635	2	231164	487123	5,14	8,0	1,00	95
B28D1697	1	231690	487200	9	9,1	1,30	87
B28D1697	2	231690	487200	7,42	8,1	1,67	87
B28D1701	1	231012	487136	8,73	9,2	1,32	83
B28D1701	2	231012	487136	7,29	8,0	1,75	85



Korte Weistraat 12
2871 BP Schoonhoven
Tel: (0182) 387138
www.artesia-water.nl