



Retrospectieve en real-time VLPV-analyse Proeftuin Noordbergum

BTO 2014.201(s)
Februari 2014

KWR

Watercycle Research Institute





Watercycle Research Institute

Retrospectieve en real-time VLPV-analyse Proeftuin Noordbergum

BTO 2014.201(s)
Februari 2014

© 2013 KWR

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.

Colofon

Titel

Retrospectieve en real-time VLPV-analyse Proeftuin Noordbergum

Opdrachtnummer

C222033

Rapportnummer

BTO 2014.201(s)

Onderzoeksprogramma

Speerpuntonderzoek

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

Vitens

Kwaliteitsborger(s)

Mirjam Blokker

Auteur(s)

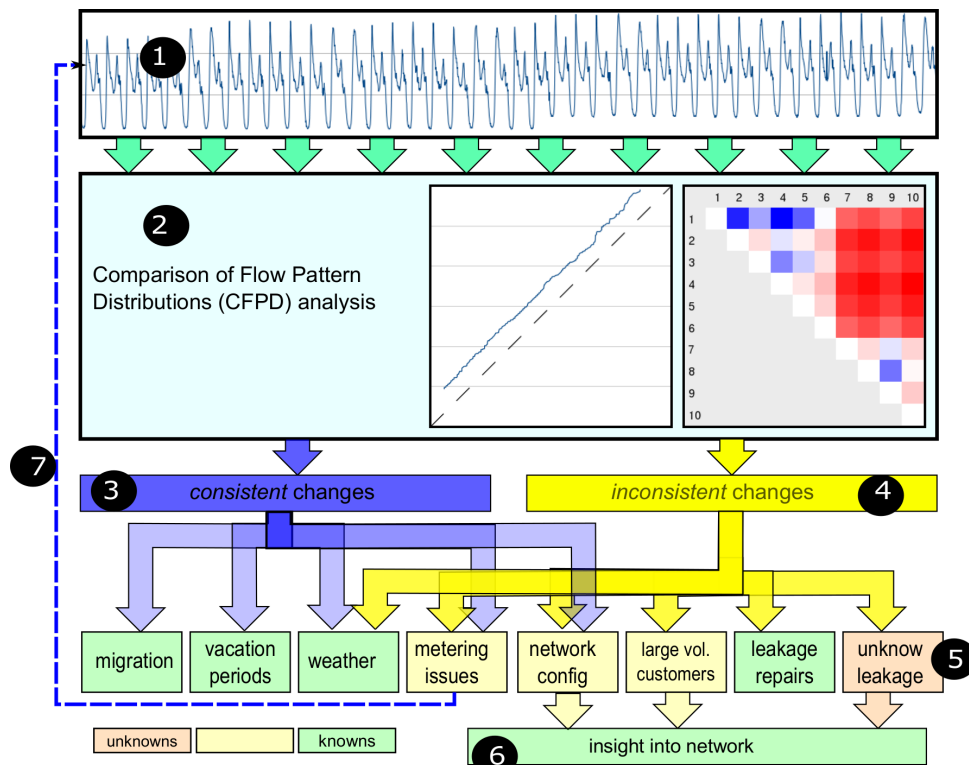
Peter van Thienen en Claudia Agudelo

Verzonden aan

Dit rapport is selectief verspreid onder medewerkers van BTO-participanten en is verder niet openbaar.

Samenvatting

In 2011 is binnen het BTO-project Modelleren Nieuwe Stijl – Lekverliezen een nieuwe methode voor de analyse van volumestroomtijdsreeksen ontwikkeld (BTO 2011.053). Met deze methode (Vergelijking van LeveringsPatroonVerdelingen- of VLPV-methode, in het Engels *Comparison of Flow Pattern Distributions: CFPD*) kunnen verschillende typen verandering in deze tijdsreeksen worden onderscheiden en gekwantificeerd. Aangezien de verschillende typen veranderingen aan verschillende potentiële oorzaken kunnen worden toegeschreven, kan de methode een meer specifieke interpretatie aan geconstateerde veranderingen in leveringsvolumen toeschrijven dan bestaande methoden, bijvoorbeeld in termen van veranderende vraag en toegenomen lekverlies, zie Figuur S1.



Figuur S1: Overzicht van toepassing van de VLPV-methode (of CFPD). 1) tijdreeksen van volumestroomgegevens voor leverings- of balansgebied; 2-4) VLPV-analyse onderscheidt en kwantificeert twee soorten afwijkingen; 5) verschillende typen veranderingen worden aan verschillende processen toegeschreven; 6) eliminatie van bekende processen en effecten resulteert in een beperkte lijst onbekende maar potentieel belangrijke afwijkingen die inzicht in het netwerk opleveren; 7) eventueel geconstateerde problemen met data(kwaliteit) vormen aanleiding verbeteringen door te voeren in het begin van het proces.

Het doel van dit onderzoek is om vast te stellen of deze methode meer nuttige informatie oplevert dan de analysemethoden die nu door Vitens worden toegepast. Om hierin inzicht te krijgen, is een retrospectieve (in de tijd terugkijkende) VLPV-blokanalyse uitgevoerd op volumestroomgegevens voor de Proeftuin Noordbergum. Vervolgens is een numerieke analyse uitgevoerd om de te verwachten detectielimieten in de gebieden in de Proeftuin vast te stellen. Ten slotte is een real-time toepassing van de VLPV-methode met schuivend tijdvenster beproefd aan de hand van volumestroommetingen tijdens een spuiproef en synthetische tests (met op numerieke wijze aan data toegevoegde lekken).

Door middel van de VLPV-analyse zijn in totaal vele tientallen veranderingen in de leveringspatronen van de Proeftuin geconstateerd. Deze zijn naast de storingenregistratie van Vitens gelegd (zie Tabel S1) en in samenspraak met experts van Vitens geïnterpreteerd. Het merendeel van de in deze registratie opgenomen gebeurtenissen was in de analyse terug te vinden; voor een minderheid geldt dat deze niet was terug te zien. Het betreft hier mogelijk (deels) incidenten met een beperkte volumestroom en dus

een beperkt effect in de data. Daarnaast zijn er veel veranderingen in de data gevonden die niet konden worden gekoppeld aan een bekende storing in het Vitens-log en evenmin aan een externe oorzaak zoals bijvoorbeeld warm weer of schoolvakanties. Het betreft hier dus in feite nieuwe informatie. In een aantal gevallen wijzen deze afwijkingen direct of indirect op open grensafsluiters tussen deelbalansgebieden.

Tabel S1: Overzicht van bij Vitens geregistreeerde en in VLPV-analyses naar voren gekomen gebeurtenissen in het distributienetwerk van de Proeftuin in de geanalyseerde periode.

Deelbalansgebied	Match met log Vitens?			Niet in log	Externe oorzaak
	<i>ja</i>	<i>mogelijk</i>	<i>nee</i>		
<i>Buitenpost</i>	2	0	2	5	4
<i>Bergum</i>	4	1	1	9	1
<i>Dokkum</i>	0	1	1	3	3
<i>Holwerd</i>	0	0	0	3	2
<i>Leeuwarden</i>	4	7	6	3	0
Totaal	10	9	10	23	10

In vier gevallen is er sprake van gelijktijdige afwijkingen in twee aangrenzende deelbalansgebieden zonder duidelijke verklaring uit bekenden (weer, vakanties, werkzaamheden, etc.). Deze afwijkingen worden voor individuele gebieden veelal geïnterpreteerd in termen van een open grensafsluiter, hetgeen verder wordt ondersteund door dit gelijktijdige optreden. Bovendien geven de respectievelijke combinaties aan op welke grens de open afsluiter zich zou moeten bevinden of hebben bevonden (Buitenpost-Bergum, Bergum-Leeuwarden, Holwerd-Dokkum).

Op basis van dit overzicht blijkt dat toepassing van de VLPV-analyse in de Proeftuin leidt tot vergroot inzicht in het netwerk. Het is duidelijk dat deze analyse niet het eindpunt vormt, maar in ieder geval aanleiding geeft om bepaalde zaken verder uit te zoeken (bijvoorbeeld de open afsluiters).

Voor ieder van de gebieden is vastgesteld welke lekomvang er onder rustige (geen andere anomalieën) en onrustige (verstoord patroon) omstandigheden te herkennen zijn met behulp van de VLPV-methode. Onder ideale omstandigheden blijkt een lek van slechts 2% van de gemiddelde volumestroom van een gebied al zichtbaar; onder moeilijke omstandigheden (gelijktijdige andere variaties) loopt dit op tot 15-20%.

De zogenaamde real-time VLPV-analyse maakt gebruik van een schuivend tijdvenster, zodat steeds een actueel beeld op basis van de data van de laatste 24 uur kan worden gemaakt. Doel van deze methodiek is om bijna instantaan (d.w.z. binnen enkele uren) het ontstaan van nieuwe lekken te kunnen detecteren. Voor toepassing op langere termijnen is de VLPV-blokanalyse geschikter. Vooralsnog blijkt de real-time VLPV-analyse met schuivend tijdvenster onvoldoende constant te presteren voor toepassing in de praktijk.

Inhoud

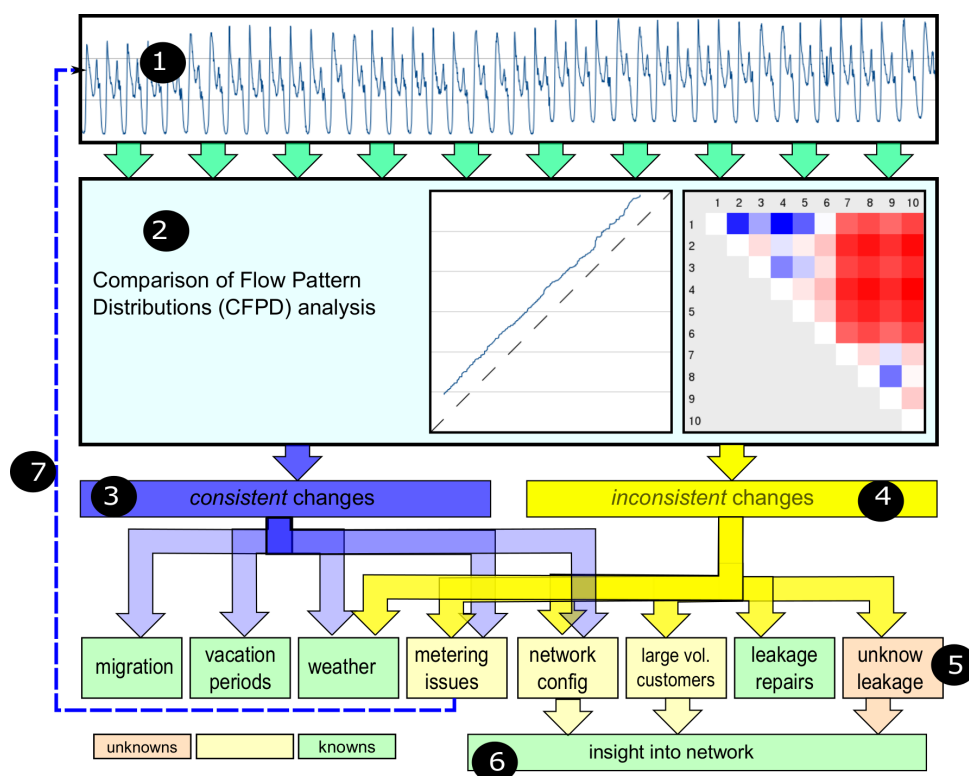
Samenvatting	4
Inhoud	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding en doel	8
1.2 Leeswijzer	9
2 VLPV-methodiek	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Retrospectieve VLPV-analyse	10
2.2.1 Terminologie en processen	10
2.2.2 Procedure voor vergelijking van geselecteerde perioden	10
2.2.3 Blokanalyse van lange tijdreeksen	13
2.2.4 Interpretatie van resultaten	14
2.2.5 Kwaliteitsinschatting van de geanalyseerde gegevens	15
2.3 Real-time VLPV-analyse	16
3 Retrospectieve VLPV-analyse van de Proeftuin Noordbergum	18
3.1 Dataset	18
3.2 Blokanalyse van de maanden juli 2012 t/m maart 2013 per deel gebied	19
3.2.1 Verwachte orde grootte van inconsistente veranderingen door lekken	19
3.2.2 Analyse en interpretatie	20
3.2.3 Buitenpost	20
3.2.4 Bergum	23
3.2.5 Dokkum	28
3.2.6 Holwerd	32
3.2.7 Leeuwarden	33
3.3 Samenvatting van onverklaarde afwijkingen	37
4 Gevoeligheidsanalyse retrospectieve VLPV-analyse	39
4.1 Inleiding	39
4.2 Opzet	39
4.3 Testdata	39
4.4 Resultaten	40
5 Validatie van real-time VLPV-analyse met een spuiproef en numerieke lekken	44
5.1 Inleiding	44
5.2 Spuiproef	44
5.2.1 Beschrijving spuiproef en gegevens	44
5.2.2 Resultaten	45
5.3 Synthetische lekken/spuiproeven	46

5.3.1	Beschrijving	46
5.3.2	Resultaten	46
5.4	Discussie	48
6	Conclusies en aanbevelingen	50
6.1	Conclusies	50
6.1.1	VLPV-blokanalyse Proeftuin	50
6.1.2	Gevoeligheidsanalyse	50
6.1.3	Real-time VLPV-analyse met schuivend tijdvenster	51
6.2	Aanbevelingen	51
Appendix I - Retrospectieve blokanalyse per deelgebied alle maanden		52
Buitenpost		52
Bergum		55
Dokkum		56
Holwerd		60
Leeuwarden		63
Appendix II: Weergegevens juli 2012 – maart 2013 – weerstation Leeuwarden		66
Appendix III: Loggegevens		68

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In 2011 is binnen het BTO-project Modelleren Nieuwe Stijl – Lekverliezen een nieuwe methode voor de analyse van volumestroomtijdreeksen ontwikkeld (BTO 2011.053). Met deze methode (Vergelijking van LeveringsPatroonVerdelingen- of VLPV-methode) kunnen verschillende typen verandering in deze tijdreeksen worden onderscheiden en gekwantificeerd. Aangezien de verschillende typen veranderingen aan verschillende potentiële oorzaken kunnen worden toegeschreven, kan de methode een meer specifieke interpretatie aan geconstateerde veranderingen in leveringsvolumen toeschrijven dan bestaande methoden, bijvoorbeeld in termen van veranderende vraag en toegenomen lekverlies, zie Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht van toepassing van de VLPV-methode (of CFPD). 1) tijdreeks van volumestroomgegevens voor leverings- of balansgebied; 2-4) VLPV-analyse onderscheidt en kwantificeert twee soorten afwijkingen; 5) verschillende typen veranderingen worden aan verschillende processen toegeschreven; 6) eliminatie van bekende processen en effecten resulteert in een beperkte lijst onbekende maar potentieel belangrijke afwijkingen die inzicht in het netwerk opleveren; 7) eventueel geconstateerde problemen met data(kwaliteit) vormen aanleiding verbeteringen door te voeren in het begin van het proces.

Vitens wil graag zien of de nieuwe methode meer nuttige informatie oplevert dan de analysemethoden die nu door Vitens worden toegepast. Om hierin inzicht te krijgen, is een retrospectieve (in de tijd terugkijkende) VLPV-blokanalyse uitgevoerd op volumestroomgegevens voor de Proeftuin Noordbergum. Vervolgens is een numerieke analyse uitgevoerd om te verwachten detectielimieten voor de gebieden in de Proeftuin vast te stellen. Ten slotte is een real-time toepassing van de VLVP-methode met schuivend tijdvenster beproefd aan de hand van volumestroommetingen tijdens een spuiproef en synthetische tests.

1.2 Leeswijzer

Allereerst wordt in Hoofdstuk 2 de VLPV-methodiek en interpretatie van resultaten toegelicht. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 een analyse van leveringsgegevens voor de deelbalansgebieden van de Proeftuin gepresenteerd, evenals een interpretatie van de gevonden afwijkingen. Hoofdstuk 4 biedt vervolgens een bepaling van de te verwachten detectielimieten van de VLPV-methoden voor de verschillende deelbalansgebieden. In Hoofdstuk 5 wordt de real-time VLPV-methode met schuivend tijdvenster beproefd aan de hand van een spuitproef en numerieke tests. Tenslotte geeft Hoofdstuk 6 een overzicht van conclusies en aanbevelingen volgende uit de voorgaande hoofdstukken.

2 VLPV-methodiek

2.1 Inleiding

In het BTO is een methode voor volumestroomanalyse ontwikkeld die de Vergelijking van LeveringsPatroonVerdelingen (VLPV) of Comparison of Flow Pattern Distributions (CFPD) is genoemd. Deze methode biedt een kwantitatief onderscheidende analyse van veranderingen in waterlevering met specifieke interpretaties voor specifieke typen wijziging. Dit hoofdstuk biedt een beschrijving van deze methode. Voor meer informatie wordt verwezen naar Van Thienen en Pieterse-Quirijns (2011) en Van Thienen (2013).

2.2 Retrospectieve VLPV-analyse

2.2.1 Terminologie en processen

Binnen een enkel leveringsgebied kan men verwachten dat het leveringspatroon (het verloop van de volumestroom in de tijd) van weekdag tot weekdag zeer vergelijkbaar is. Wanneer men leveringspatronen van perioden die in de tijd ver uit elkaar liggen met elkaar gaat vergelijken, kan het totale verbruik aanzienlijk veranderd zijn, bijvoorbeeld door bevolkingsgroei. Wanneer de samenstelling van het gebied qua afnemers niet significant is veranderd maar de omvang van de bevolking wel, zal de vorm van het leveringspatroon niet wezenlijk anders zijn. Het zal slechts met een bepaalde factor iets groter dan 1 (of kleiner in geval van bevolkingskrimp) vermenigvuldigd zijn (schaalfactor). Deze verandering noemen we een *consistente* verandering, omdat het leveringspatroon niet van vorm verandert.

Als in de tussenliggende periode echter bijvoorbeeld een toename van het lekverlies optreedt, bijvoorbeeld door het ontstaan van nieuwe of het groter worden van bestaande lekken, dan is de verwachting dat het gehele leveringspatroon naar boven (hogere volumestroom) opschuift. In feite wordt er een bepaalde factor bij het patroon opgeteld (optelfactor). Dergelijke veranderingen noemen we *inconsistente* veranderingen. Tabel 1 geeft een overzicht van mogelijk veranderingen in een leveringsgebied en de gevolgen daarvan op het leveringspatroon in termen van consistente en inconsistente veranderingen.

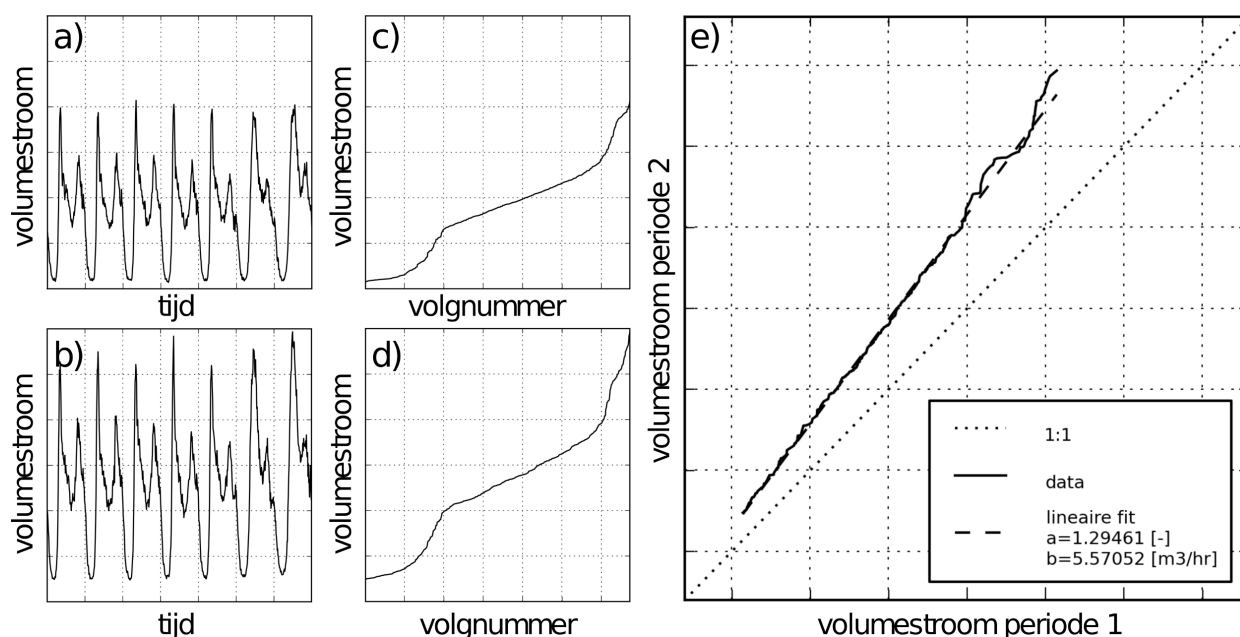
2.2.2 Procedure voor vergelijking van geselecteerde perioden

Hieronder wordt de VLPV-procedure geschetst (zie Figuur 2) die consistente en inconsistente veranderingen kwantificeert. Hiermee worden de hierboven genoemde schaafactor, die we a noemen, en optelfactor, die we b noemen, direct bepaald:

1. Neem twee tijdreeksen van de volumestroom met willekeurige maar gelijke tijdsresolutie uit hetzelfde leveringsgebied of waarvan dezelfde leveringspatroonvorm verondersteld kan worden (Figuur 2a,b).
2. Neem de volumestromen van de datasets en sorteer deze van laag naar hoog (Figuur 2c,d). De volgnummers van de metingen worden hierna geschaald, zodanig dat zij alle tussen 0 en 1 liggen.
3. Zet beide sets uit tegen elkaar in een grafiek. Deze noemen we een VLPV-diagram. Voer een lineaire kleinste-kwadratenfit uit op de curve. Deze levert direct de schaafactor a en de optelfactor b (Figuur 2e).

Tabel 1: Verschillende scenario's die consistente en inconsistente veranderingen in het leveringspatroon van een leveringsgebied tot gevolg hebben.

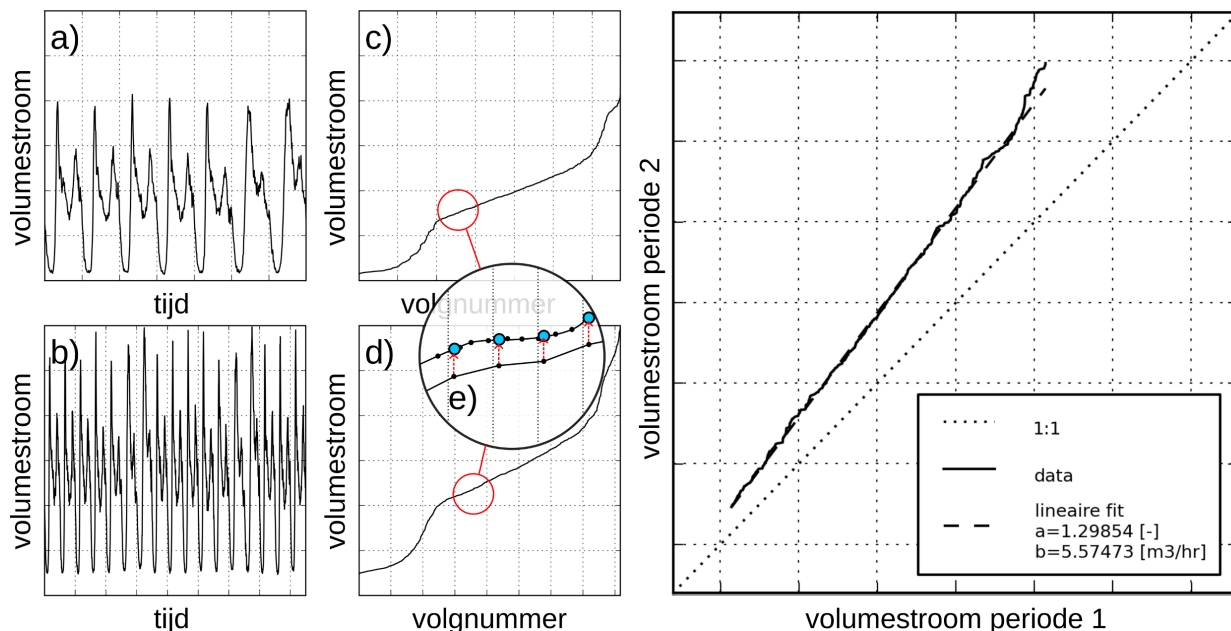
scenario	aspect	verandering	opmerking
bevolkings- omvang verandert	nieuwe wijk wordt gebouwd en bewoond	consistent met huishoudelijk deel van bestaande patroon	aanname dat gedrag vergelijkbaar is met dat van bestaande populatie
	vakantieperiode	afname consistent met huishoudelijk deel van bestaande patroon	minder mensen aanwezig, maar met zelfde vraagpatroon
	seizoensgebonden bezoek toeristen	deel consistent, deel inconsistent	toeristen hebben waarschijnlijk een vergelijkbaar verbruikspatroon, maar mogelijk niet identiek
warme periode	douche/badkamer	toename	gecombineerde effect is een toename met een grote consistente component en een kleine inconsistente component in de huishoudelijke vraag
	was	toename	
	toiletgebruik	zelfde/afname?	
	keuken	toename	
	buitenkraan	inconsistente toename	typisch patroon van tuinbesproeiing
verandering van netconfiguratie (afsluitermanipulatie)		consistente en/of inconsistente veranderingen	
grootverbruiker komt of vertrekt		inconsistente verandering	klantspecifiek vraagpatroon
nieuw lek		inconsistente toename	
reparatie van een lek		inconsistente afname	



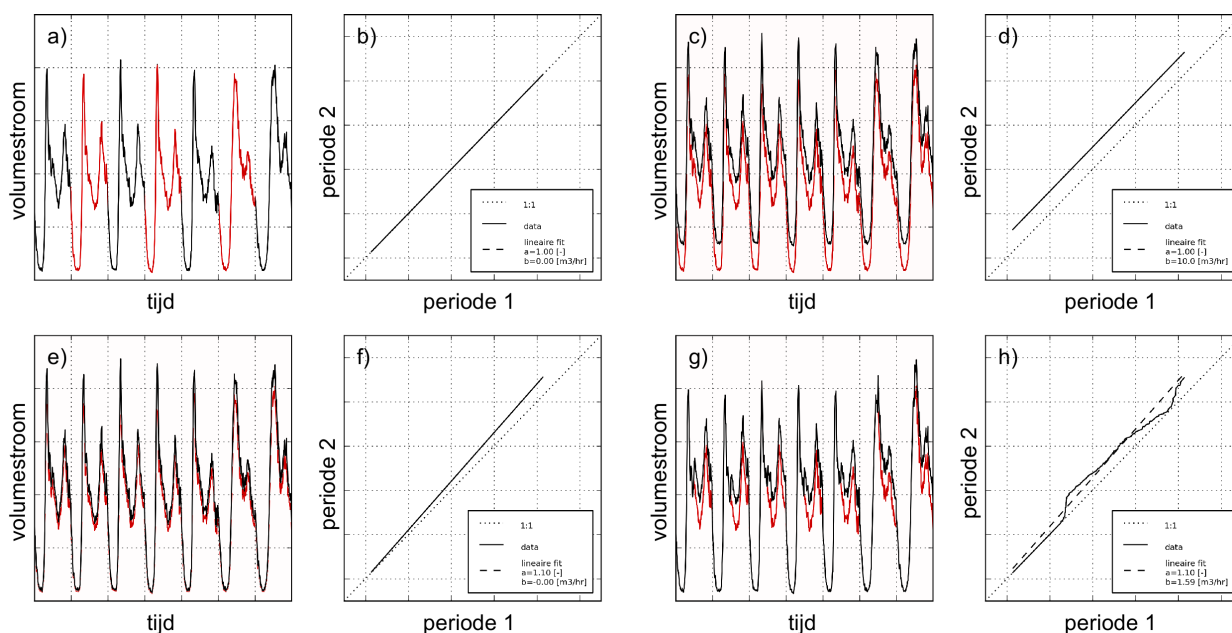
Figuur 2: VLPV-procedure voor datasets van gelijke lengte.

Wanneer de datasets niet van gelijke lengte zijn, meestal omdat de te vergelijken perioden niet een gelijke tijdsduur vertegenwoordigen, vindt er tussen stap 2 en stap 3 nog een extra bewerking plaats. Deze is weergegeven in Figuur 3: één van de twee datasets wordt herbemonsterd zodanig dat beide sets een gelijk aantal waarnemingen bevatten. De herbemonstering wordt gedaan door lineaire interpolatie van de te herbemonsteren set op de ordinaal van de andere set. In het voorbeeld van Figuur 3e bevat het onderste curvesegment vier datapunten en het bovenste, doordat hij een langere periode representeert, elf. Bij de x-coördinaat van ieder punt van de onderste curve wordt nu de bovenste curve uitgelezen (blauwe punten). Indien zich op deze x-coördinaat geen meting bevindt, wordt deze aangemaakt door lineaire interpolatie tussen de twee dichtstbijzijnde metingen. Deze procedure resulteert in een dataset voor de bovenste curve die een lengte heeft gelijk aan die van de onderste curve. Vervolgens kan de laatste stap van de VLPV-analyse worden uitgevoerd (Figuur 3f).

De VLPV-grafieken die op deze manier worden geproduceerd, hebben een aantal karakteristieke eigenschappen die interpretatie van een VLPV-analyse ondersteunen. Deze zijn weergegeven in Figuur 4. Als eerste noemen we de *identiteitseigenschap*. Wanneer twee patronen die exact gelijk zijn aan elkaar (Figuur 4a) worden vergeleken in een VLPV-analyse, resulteert dit in een kaarsrechte VLPV-curve met een helling $a=1$ en een y-asafsnode $b=0$ m³/uur (Figuur 4b). Als tweede noemen we de *verschuivingseigenschap*. Wanneer twee patronen identiek zijn afgezien van een constante verschuiving in het tweede patroon (bijvoorbeeld ten gevolge van een opgetreden lek, Figuur 4c), dan resulteert dit in een kaarsrechte VLPV-curve met een helling $a=1$ en een y-asafsnode $b>0$ m³/uur (Figuur 4d), waarbij b de waarde heeft van de verschuiving. De derde eigenschap is de *schaaleigenschap*. Als twee patronen worden vergeleken die een gelijk verbruiksgedrag representeren, maar waarvan het tweede aan een iets grotere bevolkingsomvang is gekoppeld dan het eerste (Figuur 4e), dan resulteert dit in een kaarsrechte VLPV-curve met een helling $a>1$ en een y-asafsnode $b=0$ m³/uur (Figuur 4f). De helling a is de schaalfactor tussen de bevolkingsomvangs (en dus totale watervraag) behorende bij de twee patronen. Het laatste geval betreft de situatie waarin twee patronen gedurende een gedeelte van de dag identiek zijn en gedurende een gedeelte van de dag van elkaar afwijken (Figuur 4g). Dit resulteert in een VLPV-curve die lokaal een helling $a=1$ en een y-asafsnode $b=0$ m³/uur heeft en lokaal hiervan afwijkt (Figuur 4h). Welke delen gelijk zijn en welke afwijken hangt geheel af van de karakteristieke volumestromen in de twee patronen op de momenten dat zij identiek zijn respectievelijk afwijken.



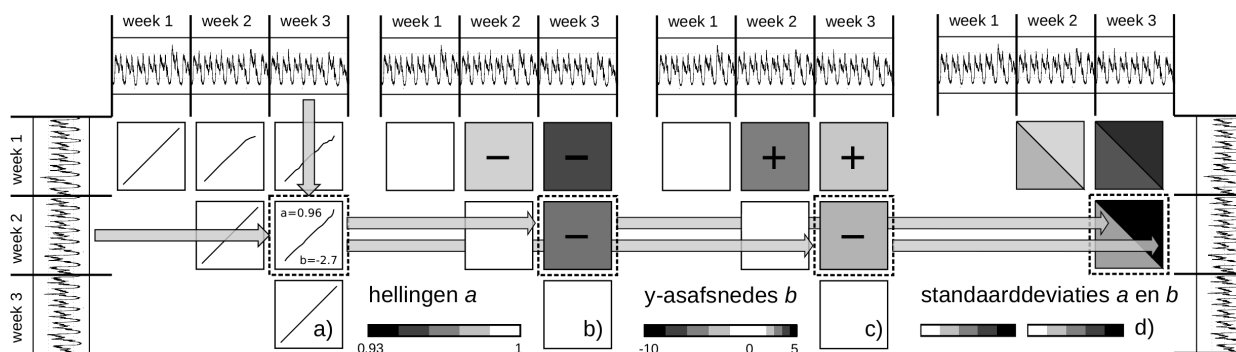
Figuur 3: VLPV-procedure voor datasets van ongelijke lengte.



Figuur 4: Eigenschappen van de VLPV-analyse. a) Identieke tijdreeksen (volledige overlap gedurende de gehele periode is weergegeven met een afwisseling van rood en zwart) resulteren in een rechte VLPV-curve met een helling $a=1$ en een y -afsnede $b=0 \text{ m}^3/\text{u}$. b) Een continue toename van het signaal (zwart) t.o.v. het oorspronkelijke signaal (rood), bijvoorbeeld een lek van $5 \text{ m}^3/\text{u}$, resulteert in een verticale verschuiving van de VLPV-curve met eenzelfde hoeveelheid. c) Een schaling van het oorspronkelijke patroon met een factor, bijvoorbeeld door een toename van de bevolking, resulteert in een VLPV-diagram met een helling ongelijk aan 1. d) Veranderingen in het afzetpatroon die zich slechts gedurende een deel van de dag voordoen, zijn in het VLPV-diagram zichtbaar als lokale afwijkingen van de ideale rechte lijn.

2.2.3 Blokanalyse van lange tijdreeksen

De hierboven beschreven analyse op geselecteerde tijdblokken kan interessant zijn wanneer men weet dat er in een bepaalde periode iets in het betreffende leveringsgebied is gebeurd. In de regel weet men dit echter niet, en wil men bijvoorbeeld onderzoeken wanneer er nieuwe lekken zijn ontstaan en wat de omvang van deze lekken is. De VLPV-blokanalyse verdeelt een lange volumestroomtijdreeks in subperiodes van gelijke duur en vergelijkt iedere subperiode met iedere andere subperiode in de tijdreeks. Figuur 5 toont deze procedure en de weergave van de resultaten ervan. Er wordt een tabel gemaakt waarin iedere subperiode (in dit geval een week) tegenover iedere andere subperiode wordt gezet (Figuur 5a). Vervolgens wordt een VLPV-analyse van iedere combinatie gemaakt. Let op dat een vergelijking van periode 2 met periode 3 hetzelfde oplevert als een vergelijking van periode 3 met periode 2 met omgekeerde tekens voor de wijzigingen in a en b . Om deze reden wordt alleen de rechter bovendriehoek van de tabel gevuld. De gevonden a -waarden worden weergegeven in een nieuwe tabel (Figuur 5b), waarbij een grijs tint of kleurwaarde de mate van afwijking van 1 weergeeft en (in het geval van gebruik van grijs tinten) een teken de richting van de afwijking. De gevonden b -waarden worden eveneens in een tabel gezet (Figuur 5c). Hierin geeft de grijs tint de afwijking van b van 0 weer en een teken opnieuw de richting van de afwijking. Ten slotte worden de standaarddeviaties van de bepaalde waarden van a en b weergegeven in een laatste tabel (Figuur 5d). Deze standaarddeviaties representeren de onzekerheid in de bepaling van de factoren a en b ten gevolge van afwijkingen van de VLPV-curve van de ideale rechte lijn. Ze bieden dus een handvat voor de beoordeling van de kwaliteit van de bepaalde a - en b -factoren.



Figuur 5: VLPV-blokanalyse. a) Vergelijking d.m.v. de VLPV-procedure van iedere deelperiode (week) met iedere andere deelperiode. b) Weergave van de gevonden a-waarden voor deze vergelijkingen. c) Weergave van de gevonden b-waarden voor deze vergelijkingen. d) Weergave van de bij de a- en b-waarden behorende standaarddeviaties voor deze vergelijkingen (linksonder: a, rechtsboven: b).

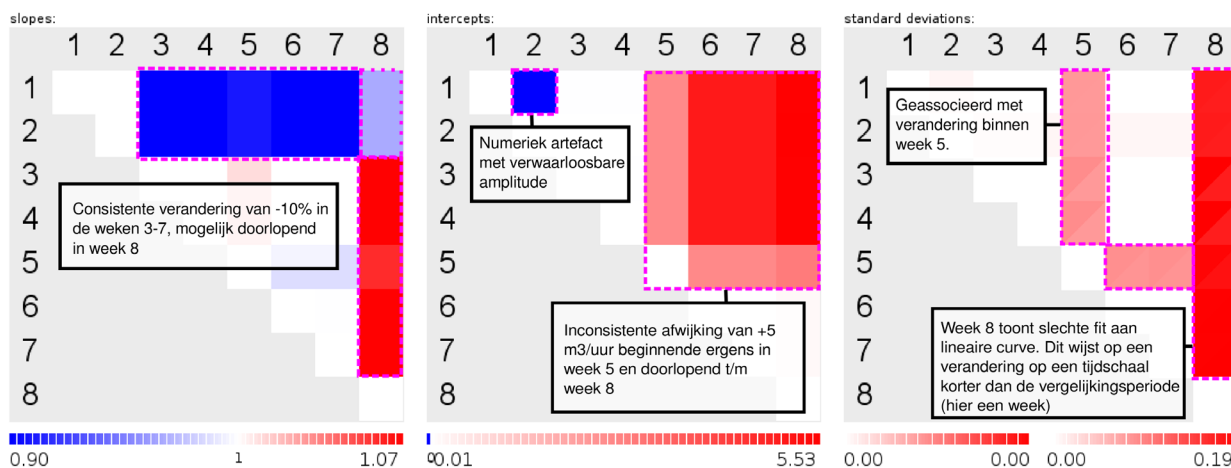
2.2.4 Interpretatie van resultaten

Het bovenstaande illustreert hoe veranderingen in het leveringspatroon doorwerken in de analysesresultaten en diagrammen van de VLPV-methode. In de praktijk wordt de omgekeerde route gevolgd: beginnende met een leveringspatroon, dat wordt geanalyseerd en waarbij de resultaten vervolgens moeten worden geïnterpreteerd in termen van veranderingen in watervraag, lekverlies en netwerkconfiguratie (afsluiters).

Figuur 6 toont een VLPV-blokanalyse op weekbasis van een synthetische dataset van 8 weken waarin enkele afwijkingen zijn gestopt, namelijk:

- een schaling met een factor 0.9 vanaf dag 15;
- een constante toename van de volumestroom met 5 m³/uur vanaf dag 32;
- een korte extra toename van 20 m³/uur vanaf 20:00 op dag 52 t/m 8:00 op dag 53.

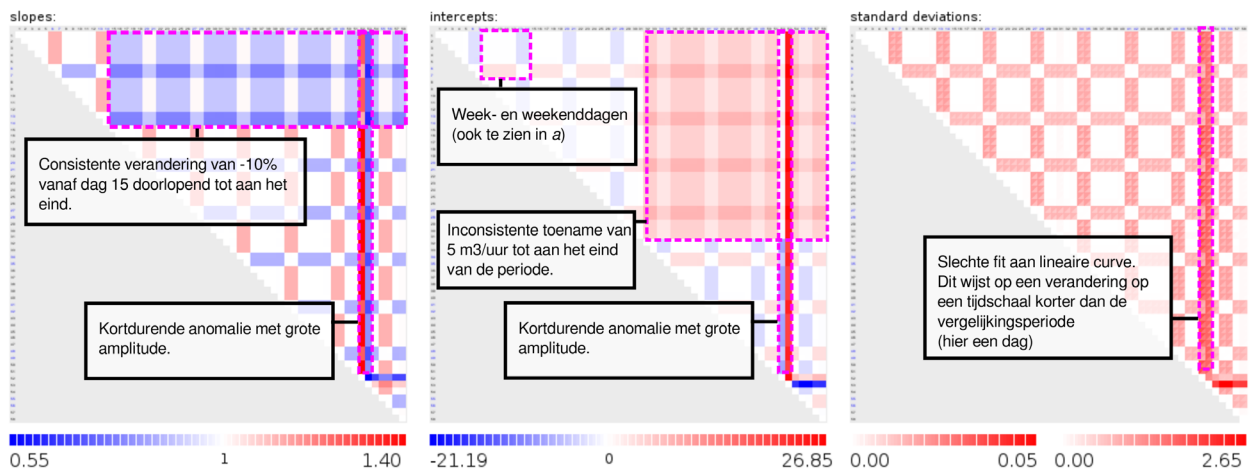
Zoals de in de figuur toegevoegde interpretaties aangeven, zijn de eerste twee afwijkingen goed terug te zien, hoewel de aanvangstijdstippen en duur door de lange vergelijkingsperiode moeilijk zijn vast te stellen. De derde afwijking is ook aanwezig maar minder duidelijk.



Figuur 6: Interpretatie van een VLPV-blokanalyse (synthetische data) met een vergelijkingsperiode van een week.

Figuur 7 toont een VLPV-blokanalyse van dezelfde synthetische dataset op dagbasis. Hierin zijn, naast de regelmatig terugkerende verschillen tussen week- en weekenddagen, de opgelegde afwijkingen opnieuw goed herkenbaar en nu ook goed dateerbaar. Alleen de afwijking die minder dan een dag heeft

geduurd en leidt tot een niet-eenduidige afwijking in zowel a als b op beide betreffende dagen. Dit is aanleiding om in meer detail naar de data zelf te kijken. Let op dat bij afwijking die minder lang duren dan de vergelijkingsperiode (en in algemene zin bij afwijkingen die een grote standaarddeviatie vertonen) de afgelezen amplitude uit de blokdiagrammen minder betrouwbaar is.

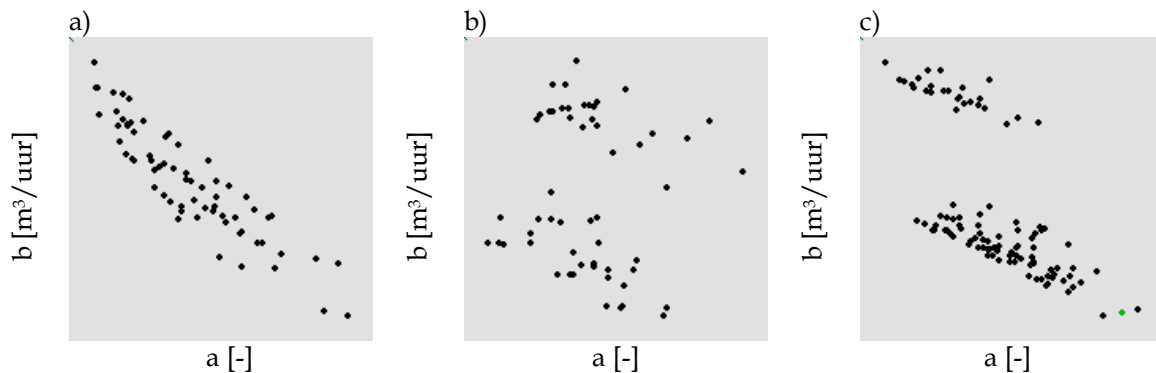


Figuur 7: Interpretatie van een VLPV-blokanalyse (synthetische data, zelfde als voorafgaande figuur) met een vergelijkingsperiode van een dag.

Wanneer dergelijke afwijkingen worden geconstateerd in de analyseresultaten van velddata, kunnen zij worden geïnterpreteerd in termen van gebeurtenissen in het leveringsgebied (bijvoorbeeld vakanties) en het netwerk (bijvoorbeeld afsluitermanipulaties of lekkages), zie Tabel 1.

2.2.5 Kwaliteitsinschatting van de geanalyseerde gegevens

Het belangrijkste kenmerk van de VLPV-methode is dat er, zoals hierboven toegelicht, onderscheid gemaakt kan worden tussen twee verschillende typen verandering, gekwantificeerd in de factoren a en b . Door de factoren a en b , bepaald in een blokanalyse, tegen elkaar uit te zetten in een grafiek kan worden vastgesteld in welke mate a en b daadwerkelijk onafhankelijk van elkaar zijn. Dit is gebeurd in Figuur 8.



Figuur 8: a-b-diagrammen voor verschillende VLPV-blokanalyses. a) Sterke correlatie tussen a en b is verdacht. b) Gebrek aan correlatie tussen a en b duidt op onafhankelijkheid van de verantwoordelijke processen en suggereert een goede datakwaliteit. c) In een dataset met sterk gecorreleerde a en b zijn duidelijk twee onderscheidende populaties te herkennen.

Figuur 8a toont een geval waarin de correlatie tussen a en b sterk is. Dit kan verschillende oorzaken hebben. De meest voor de hand liggende is dat het overgrote deel van de geconstateerde verandering veroorzaakt worden door een proces dat zowel consistente als inconsistente veranderingen oproept. Een

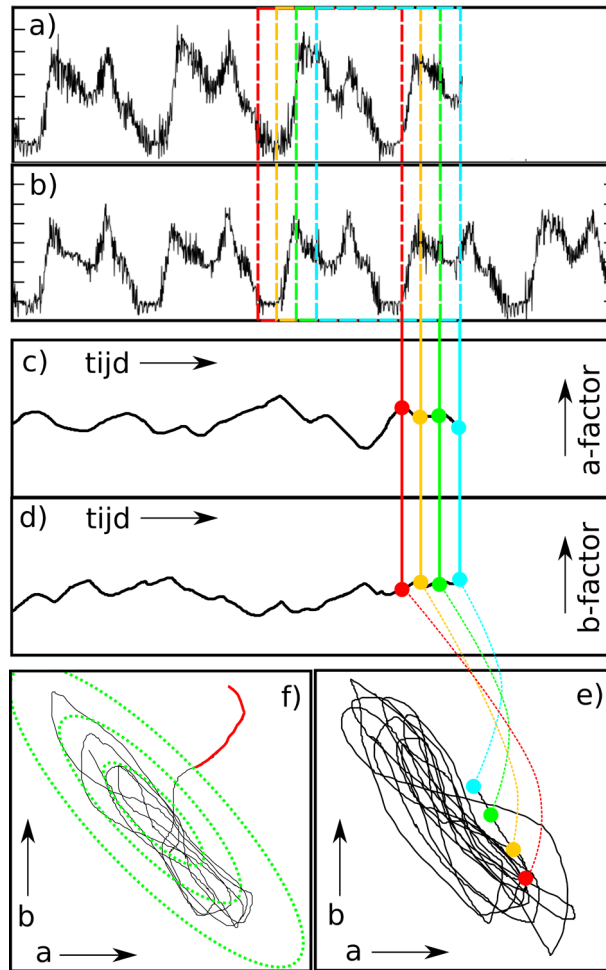
voorbeeld hiervan is grootverbruik gedurende een deel van de dag (zie Figuur 4h). Wanneer er echter weinig andere veranderingen in een volumestroomtijdreeks aanwezig is, is een veelvoorkomende oorzaak echter gewoon het verschil tussen week- en weekenddagen, waarbij a groter dan 1 is voor weekenddagen t.o.v. weekdays en b kleiner dan 0.

Figuur 8b toont een geval waarin a en b ongecorrleerd zijn. In dit geval kunnen de consistente en inconsistente veranderingen goed aan verschillende, onafhankelijke mechanismen worden toegeschreven.

Ook als er een sterke correlatie tussen a en b wordt geconstateerd, kan de dataset desondanks inzicht opleveren in een VLPV-analyse. Figuur 8c toont een dergelijk geval, waarin sprake is van een duidelijke correlatie maar waarin een inconsistente verandering de puntenwolk in twee verschillende populaties heeft opgedeeld.

2.3 Real-time VLPV-analyse

De hierboven beschreven methodiek vergelijkt steeds al dan niet opeenvolgende perioden, bijvoorbeeld dagen, met elkaar. Deze benadering voldoet niet, wanneer men bijvoorbeeld voor monitoring-doeleinden iedere minuut een analyse inclusief de actuele waarden wil uitvoeren. Om dit mogelijk te maken, moet er worden gewerkt met een schuivend tijdvenster. De procedure die is weergegeven in Figuur 2 en Figuur 3 wordt nog steeds uitgevoerd, maar nu met de gegevens van de afgelopen 24 uur (Figuur 9a). Deze worden in een VLPV-analyse vergeleken met dezelfde 24 uur (d.w.z. zelfde start- en eindtijd op dezelfde weekdays) van een of meerdere dagen uit een referentiedataset (Figuur 9b). Deze referentiedataset is een volumestroomtijdreeks voor hetzelfde gebied, waarin geen afwijkingen te zien zijn. Vervolgens worden de uit de analyse volgende a - en b -factoren als functie van de tijd in een grafiek weergegeven (Figuur 9c,d), en bovendien tegen elkaar uitgezet (Figuur 9e). Onder normale omstandigheden beweegt het resultaat zich volgens een min of meer vast patroon door de a,b -ruimte. Hier is goed een gemiddelde positie voor te berekenen, met ellipsen die 1..n standaarddeviaties hieromheen weergeven (Figuur 9f). Wanneer het resultaat bijvoorbeeld de grens van 3 standaarddeviaties overschrijdt, is het waarschijnlijk dat er een afwijking in het volumestroomsignaal aanwezig is (rode deel van curve in Figuur 9f).



Figuur 9: Procedure van de real-time VLPV-analyse met schuivend tijdvenster. a,b) vergelijking van actuele waarden van laatste etmaal met gelijke periode in referentiedataset; c,d) ontwikkeling van a- en b-factor als functie van de tijd; e) beweging van analyseresultaat in a,b-ruimte; f) wanneer een afwijking in de volumestroomtijdreeks optreedt, beweegt het analyseresultaat zich buiten de 'normale' paden.

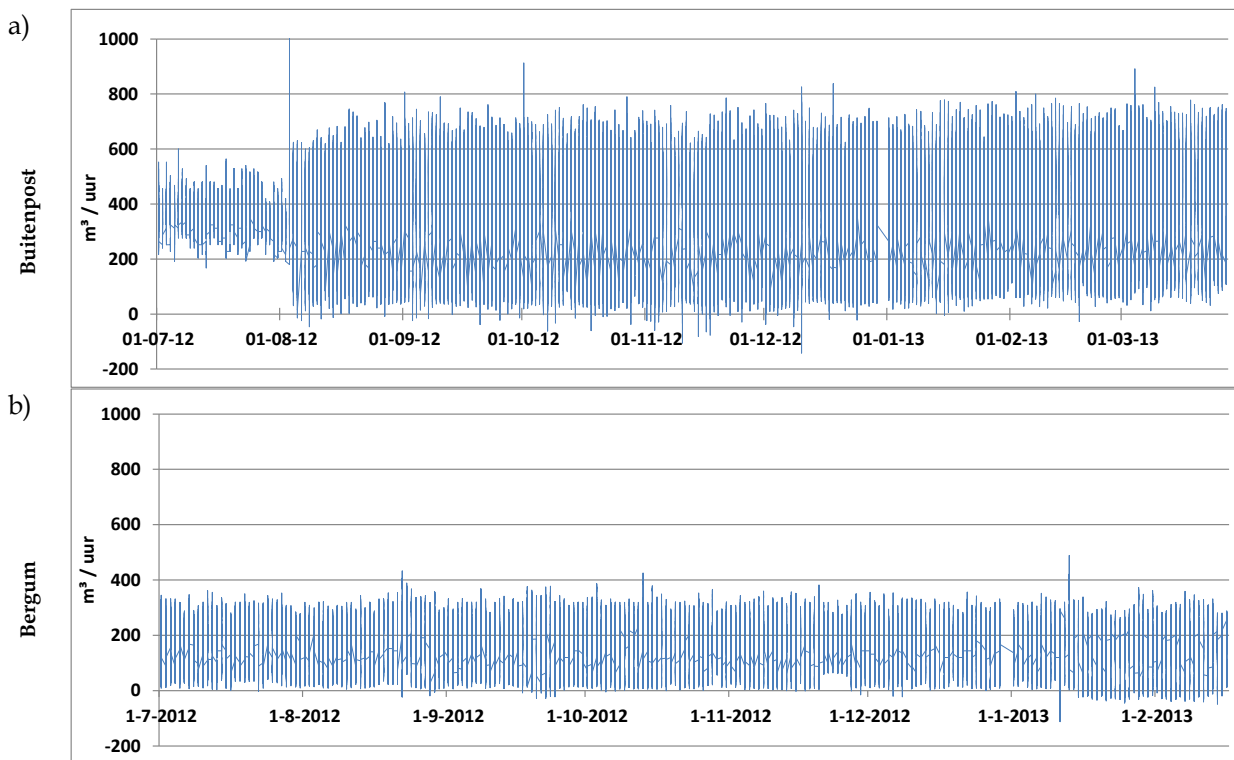
3 Retrospectieve VLPV-analyse van de Proeftuin Noordbergum

3.1 Dataset

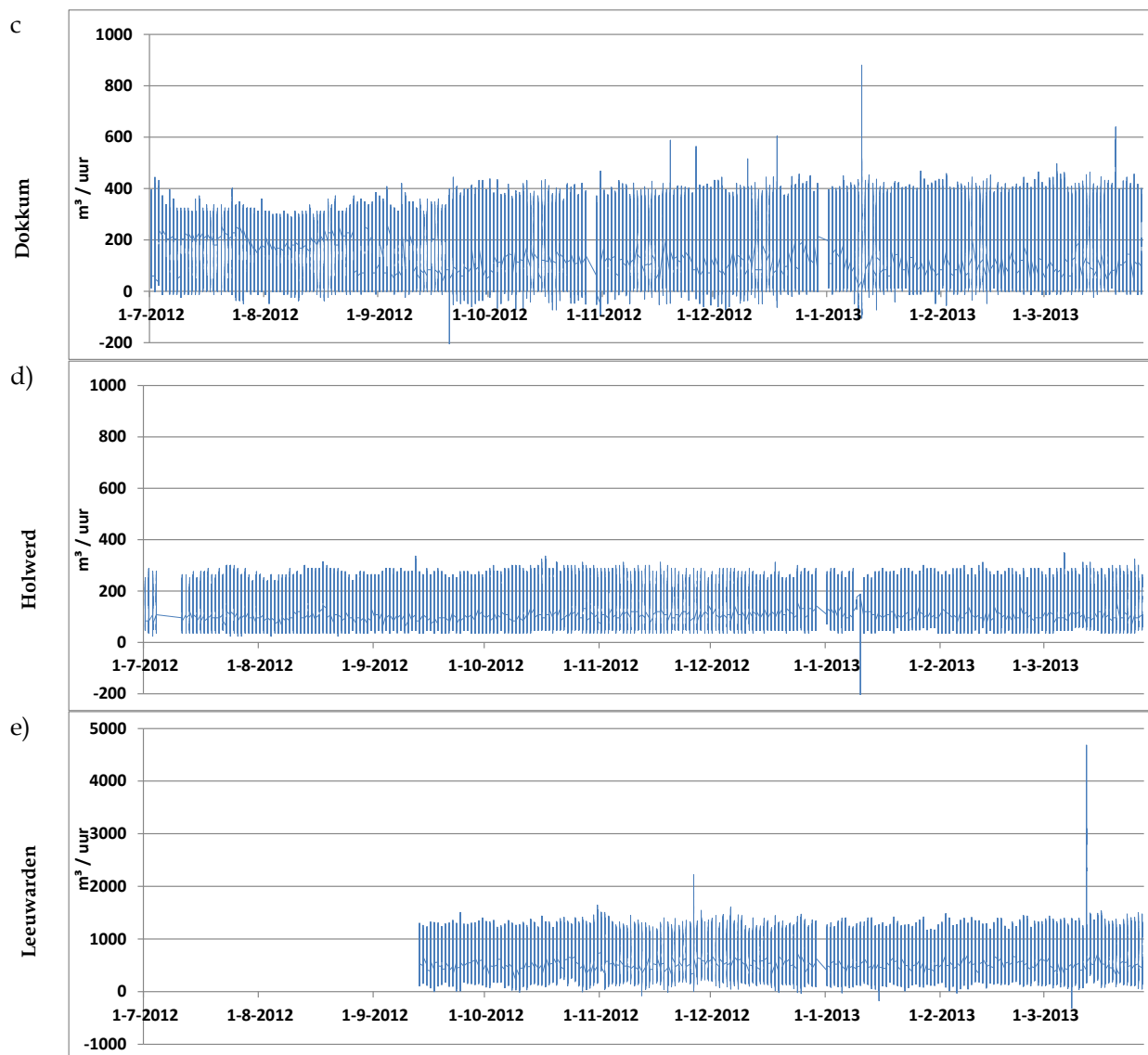
Vitens heeft een dataset met de volumestroomwaarden met een interval van 5 minuten aangeleverd voor de 5 deelgebieden in de Proeftuin Noordbergum voor de periode 01 juli 2012 – 26 maart 2013. Vitens heeft aangegeven voor welke perioden daarbinnen de data als niet betrouwbaar moeten worden beschouwd (zie Tabel 2). De volumestroomtijdreeksen zijn per deelgebied weergegeven in Figuur 10. Om mogelijke problemen door bepaalde meetartefacten te omzeilen, is besloten om de data te aggregeren. Voor de VLPV-analyse is de data per 15 minuten geaggregeerd.

Tabel 2: Volumestroom per deelgebied

Deelgebied	Gemiddelde volumestroom (m ³ /uur)	Gerapporteerde foute data	ontbrekende data
<i>Buitenpost</i>	357		30-31 december 2012
<i>Bergum</i>	174	17 Feb t/m 27 maart 2012	30-31 december 2012
<i>Dokkum</i>	199	28 t/m 29 oktober 2012	30-31 december 2012
<i>Holwerd</i>	156	5 t/m 10 juli 2012	30-31 december 2012
<i>Leeuwarden</i>	741	1 juli t/m 12 September 2012	30-31 december 2012



Figuur 10: Volumestroomtijdreeksen per deelgebied voor de Proeftuin Noordbergum vanaf juli 2012 t/m maart 2013 op basis van oorspronkelijke gegevens op 5-minutenbasis.



Figuur 10 (vervolg).

3.2 Blokanalyse van de maanden juli 2012 t/m maart 2013 per deel gebied

3.2.1 Verwachte orde grootte van inconsistente veranderingen door lekken

Om een volumestroomgetal te hangen aan voor Nederlandse begrippen typische lage en hoge lekverliezen van 5% respectievelijk 15%, berekenen wij deze op basis van het geschatte jaarvolume voor 2012 van circa 14 miljoen kubieke meter. Een lekverlies van 5% correspondeert met een constante lek volumestroom van 80 m³/uur; voor 15% komen we zo op 240 m³/uur. Tabel 3 laat het verwachte lekverlies per deelgebied zien. Deze getallen plaatsen de hieronder geconstateerde inconsistente veranderingen in perspectief.

Tabel 3: Kengetallen lekverlies per deelgebied

	Buitenpost	Bergum	Dokkum	Holwerd	Leeuwarden
Gemiddelde volumestroom (m ³ /uur)	357	174	199	156	741
Kengetallen lekverlies 5% en 15% (m ³ /uur)	18-54	9-26	10-30	8-23	37-111

3.2.2 Analyse en interpretatie

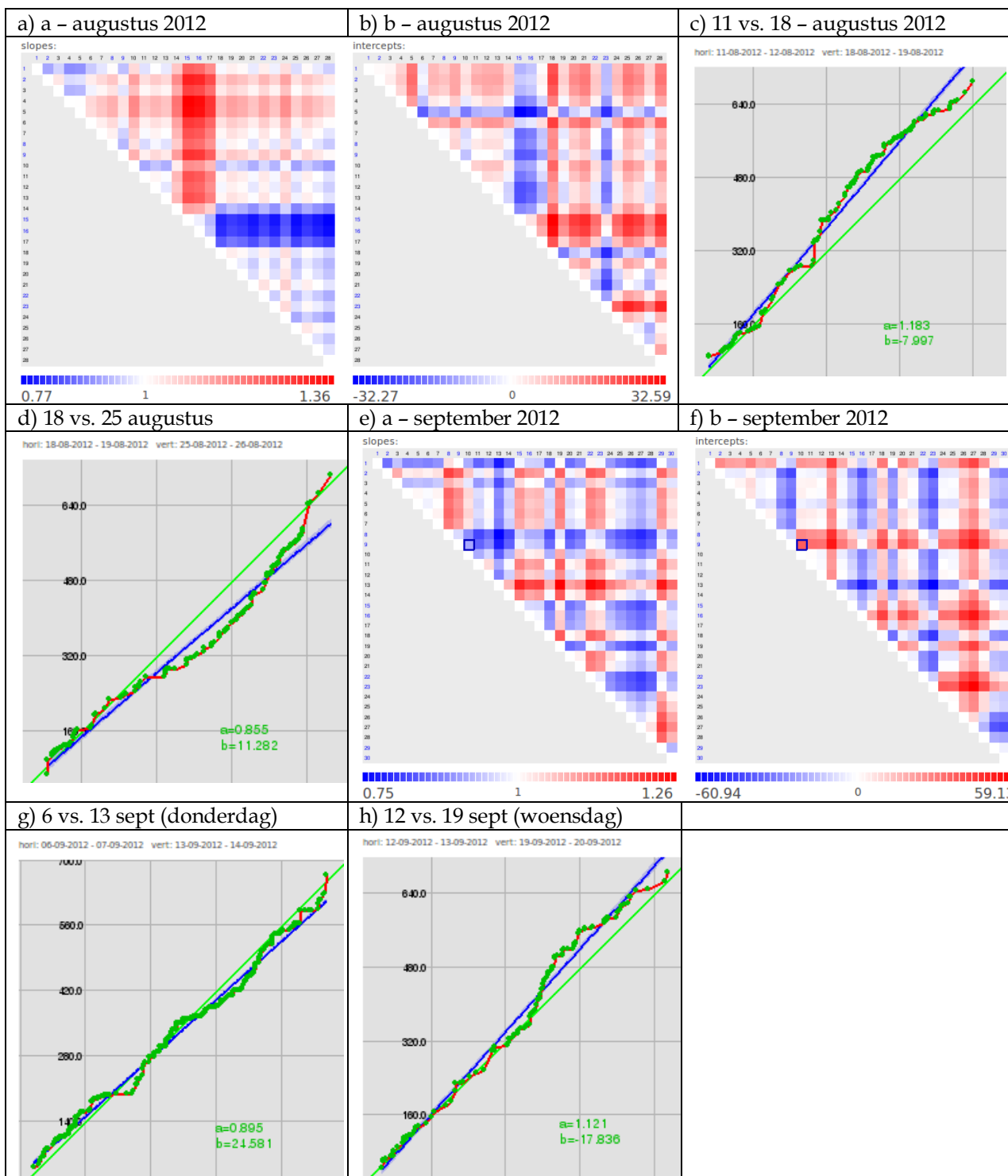
Voor alle geleverde gegevens zijn VLPV-analyses uitgevoerd. Deze zijn doorgesproken met en geïnterpreteerd in samenspraak met Theo Veltkamp, die ook enkele aanvullende visualisaties vanuit het datasysteem heeft verzorgd. Afwijkingen die overduidelijk gerelateerd zijn aan vakanties, zijn niet voor alle gebieden in het overzicht opgenomen.

3.2.3 Buitenpost

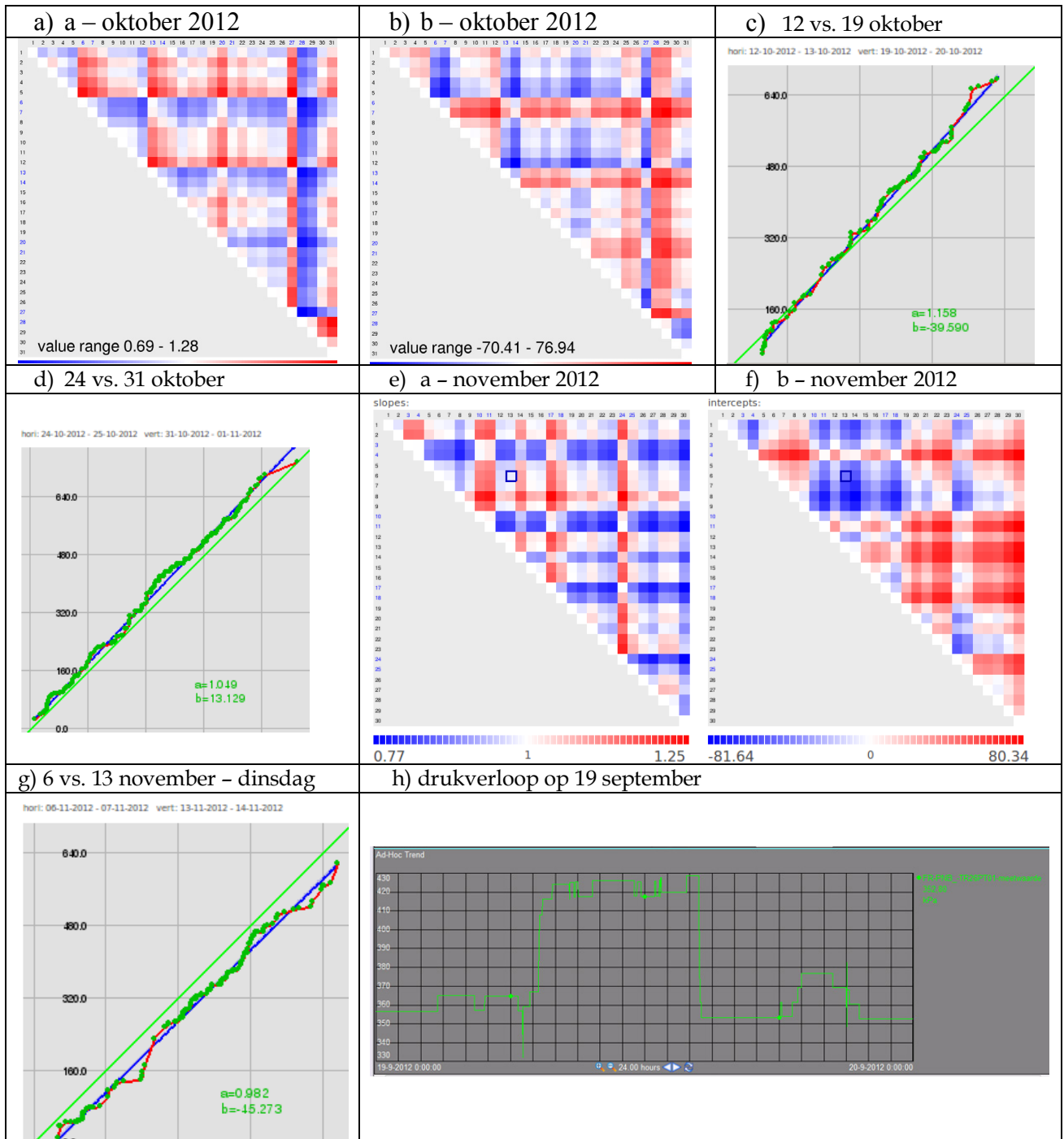
<i>datum</i>	<i>Gerapporteerd</i>	<i>VLPV-analyse</i>	<i>Interpretatie/resultaat</i>	<i>Fig</i>
18 t/m 20 augustus 2012	-	een inconsistente afname, gepaard gaand met een consistente toename	waarschijnlijk gerelateerd aan het weer	Figuur 11a,b
Vanaf 18 augustus 2013		18 augustus heeft een hogere piekwaarde; consistente verandering vanaf 21 augustus	waarschijnlijk gerelateerd aan het weer (tuinsproeien). Op 18 en 19 augustus zijn maximumtemperaturen van respectievelijk 30°C en 32°C geregistreerd, zie appendix II	Figuur 11c, d
13 sept 2012	-	consistente afname van 10% en inconsistente toename van ca. 25 m ³ /uur ten opzichte van donderdag 6 september	In het nachtverbruik is deze afwijking niet terug te zien; lijkt dus geen lek dat doorloopt te zijn.	Figuur 11e,f,g
19 sept 2012	-	consistente toename van 12% en inconsistente afname van 18 m ³ /uur ten opzichte van woensdag 12 september (Ook in Bergum te zien).	Er is een verhoging van de druk in het systeem in deze periode (360 -> 430 kPa), waardoor vermoedelijk een open afsluiter naar het gebied Bergum zichtbaar wordt.	Figuur 11e,f,h, Figuur 12h
Vanaf 13 okt 2012	-	Langdurige consistente toename, inconsistente afname	herfstvakantie	Figuur 12a,b
19 okt 2012	lekkage flowtoename 25-30m ³ van 08:45 - 11:00 uur.	a-factor is abnormaal hoog voor een vrijdag en b-factor abnormaal laag	Lekkage is terug te zien	Figuur 12c
25-29 okt 2012	-	Consistente afname, inconsistente toename	Einde herfstvakantie	Figuur 12d
27 okt 2012	-	Consistente en inconsistente afwijking met grote amplitude	Tussen 7:50 en 19:40 is de druk iets hoger (1-1,5 m) er wordt er wat meer water afgezet. Mogelijk een lek of een open afsluiter.	Figuur 12a,b
31 okt 2012	lekkage Surhuister-veen van 15:00 - 18:00 uur.	Niet te zien	omvang van lek niet geregistreerd, dus onbekend of zichtbaarheid te verwachten is	Figuur 12a,b
10-18 nov 2012	-	inconsistente afwijking van -45 m ³ /uur	Er lijkt een afsluiter open te staan naar een aangrenzend gebied, vermoedelijk Bergum.	Figuur 12f,g
14 nov 2012	-	consistente toename van ca. 10% met een afname in de lagere consumpties	"In dit gebied wordt wel eens met afsluiters gespeeld."	Figuur 12e
4 feb 2013	spuiwerkzaamheden			

18 feb 2013	uitval distributie suppletie-reservoir Kollum i.v.m. stroomsto-ring	Consistente en inconsistente verandering	Uitval is terug te zien	Figuur 12e,f
-------------	---	--	-------------------------	--------------

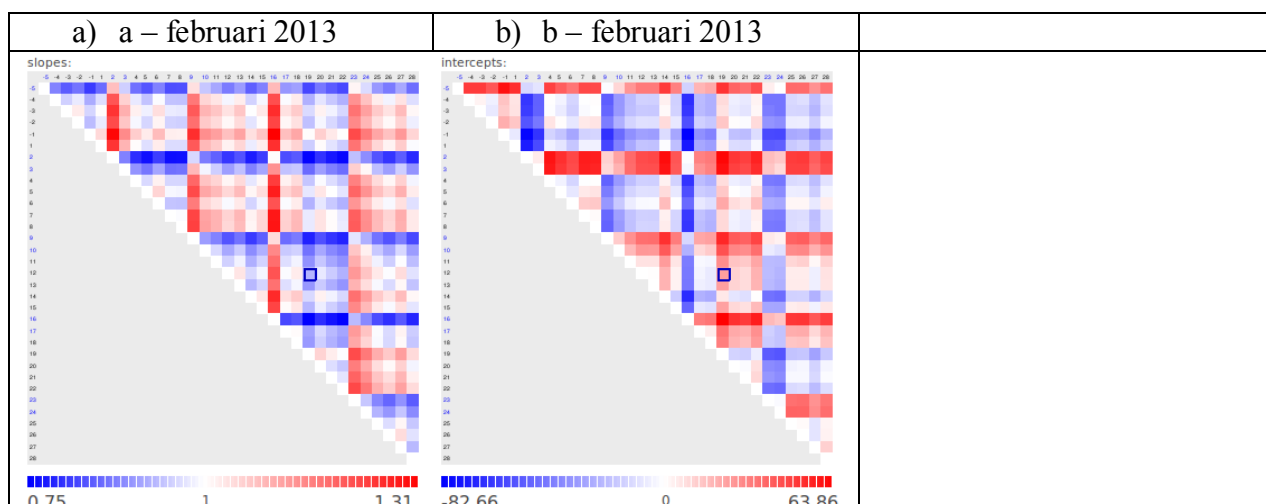
match	Mogelijke match	Geen match	Niet in log	Extern
-------	-----------------	------------	-------------	--------



Figuur 11: Geselecteerde resultaten voor het gebied Buitenpost voor augustus-september 2012 op dagbasis. Er is een verandering in de data vanaf 4 augustus. a, b laten augustus zien zonder de eerste drie dagen.



Figuur 12: Geselecteerde resultaten voor het gebied Buitenpost voor september-november 2012 op dagbasis.



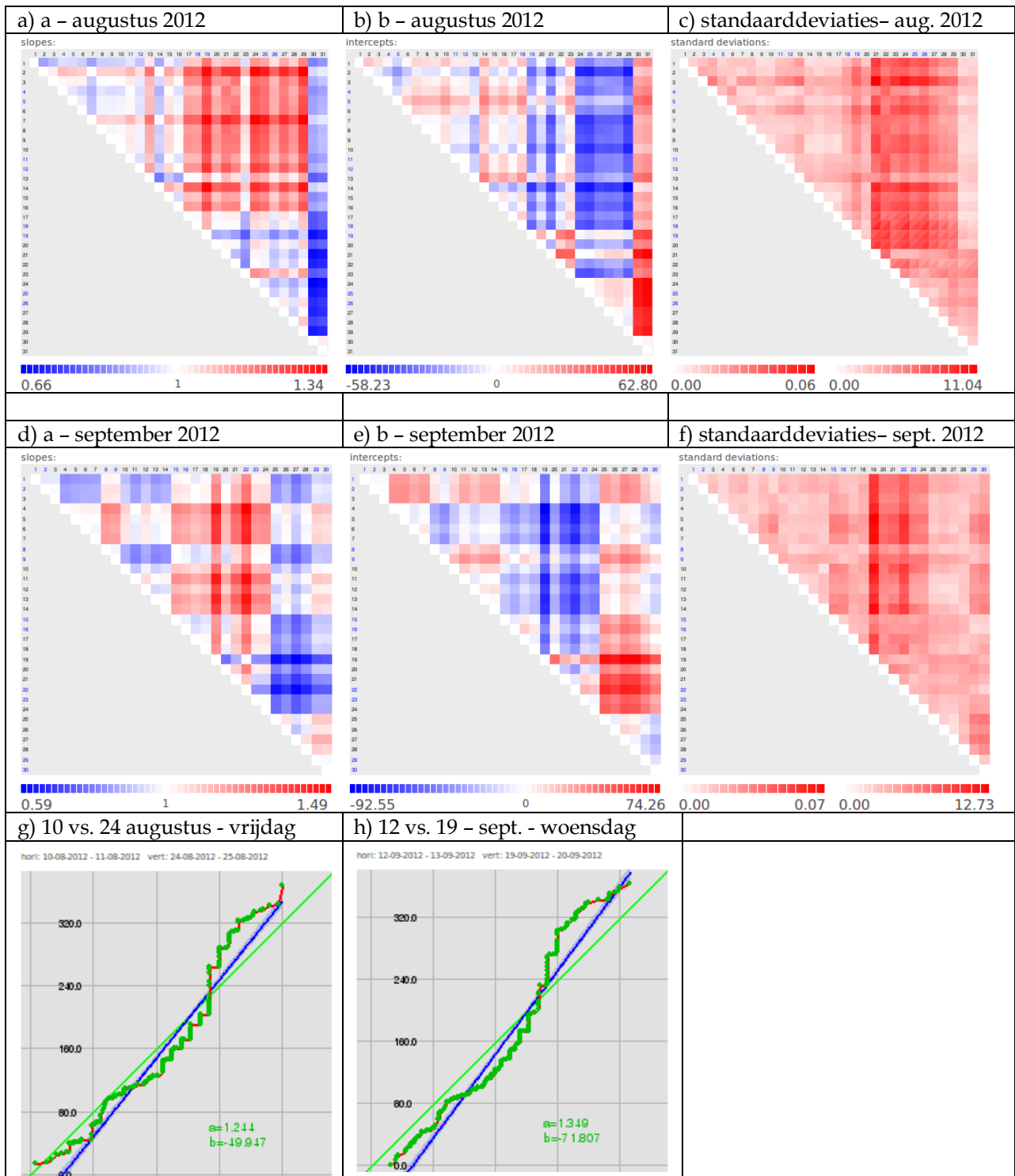
Figuur 13: Geselecteerde resultaten voor het gebied Buitenpost voor februari 2013 op dagbasis.

3.2.4 Bergum

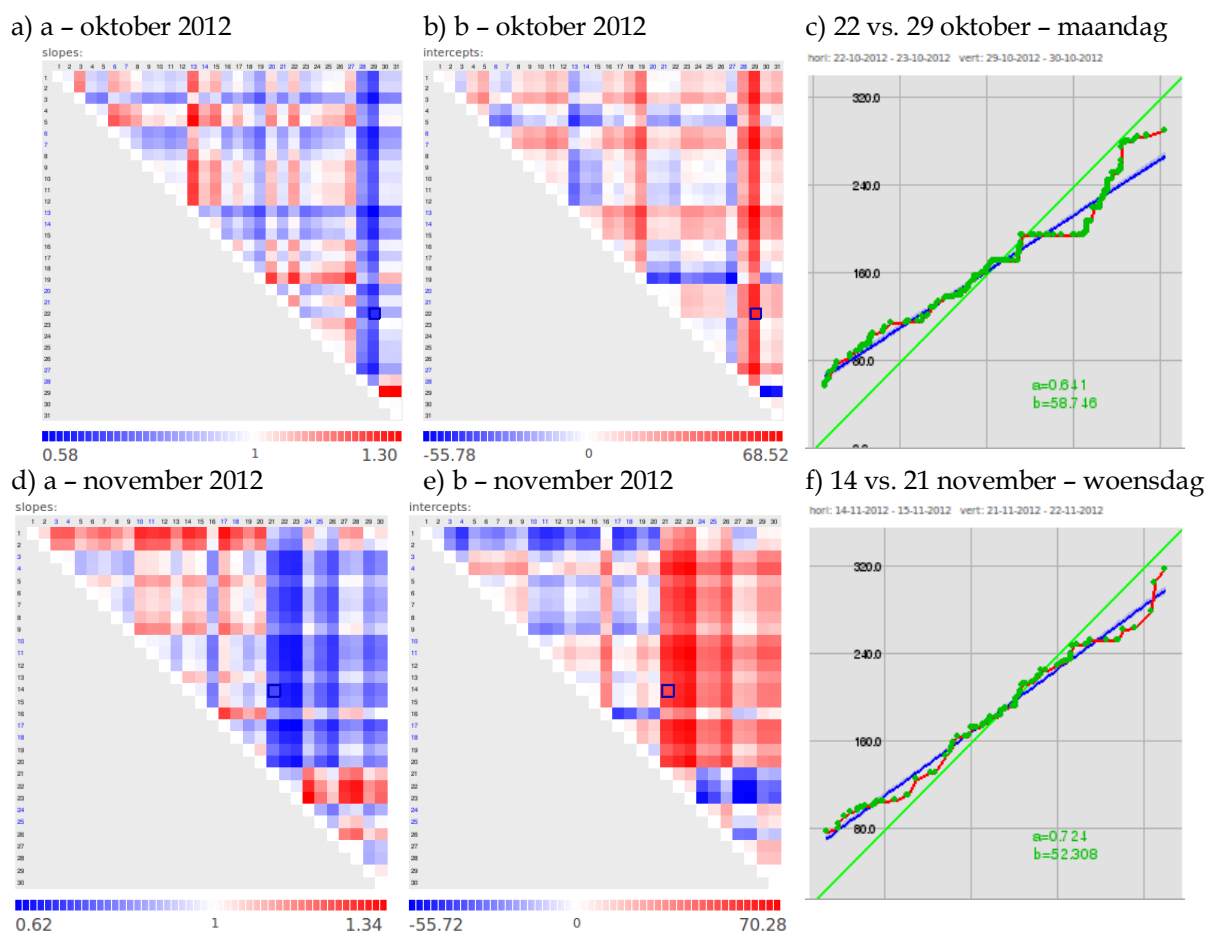
datum	gerapporteerd	VLPV-analyse	Interpretatie/resultaat	figuur
7 aug 2012	diverse malen uitval verbinding KLM/SHT	Consistente+inconsistente afname op 7 augustus	Te zien	Figuur 14a,b
8 aug 2012	250mm bij Nijega dicht van 13:30 - 15:00 uur	Geen afwijkingen te zien	Niet te zien	Figuur 14a,b
17-29 aug 2012	-	consistente toename van ca. 30%	Vermoedelijk afsluitermanipulatie of een grote klant	Figuur 14a
21-29 aug 2012	250 mm bij Nijega dicht	Toegenomen standaarddeviatie van a- en b-factoren -> veranderingen van patroonvorm	Te zien	Figuur 14c
Vanaf 24 aug 2012	-	inconsistente afname van ca. 50 m ³ /uur	Eind warme periode	Figuur 14b,g
15-24 sept 2012	-	Langdurige consistente toename, gepaard met inconsistente afname	Mogelijke een open verbinding met Buitenpost	Figuur 14d,e
19-24 sept 2012	250 mm bij Nijega dicht, gerapporteerd 18-24 september	Toegenomen standaarddeviatie van a- en b-factoren -> veranderingen van patroonvorm	Te zien	Figuur 14f
18 sept 2012	lekkage 250mm Kloosterlaan te Bergum van 09:00 - 11:00 uur	Niet te zien (wel een afwijking in a en b op 19 september)	Registratie storing is op correcte datum - afwijking op 19 is dus iets anders.	
19 sept 2012		consistente toename en een inconsistente afname	Onbekend	Figuur 14d,e,h
22 sept 2012		Vergelijkbare afwijking als op 19 september, zowel in a als in b.	Onbekend	Figuur 14d,e
28-29 okt		kortdurende anomalie met een	Vermoedelijk grote	Figuur 15 a,

2012		grote amplitude, zowel consistent als inconsistent	klant (hele jaar door zijn grote schommelingen te zien die wijzen op een grote invloed van een of meer grote klanten op het signaal).	<i>b,c</i>
Vanaf 3 nov 2012		consistente afname van ca. 30% met een toename van de minimale waarden en een daling van de maximale waarden	Vermoedelijk gevolg van een open verbinding tussen Buitenpost en Bergum	Figuur 15 <i>d</i>
10-20 nov 2012		Positieve consistente afwijking, gepaard met negatieve inconsistente afwijking	Onbekend	
Vanaf 21 nov 2012		inconsistent toename van ca. 50 m ³ /uur, gepaard gaand met een aanzienlijke consistente afname	Onbekend	Figuur 15 <i>e, f</i>
13 jan 2013	-	Consistente toename, inconsistent afname	Niet terug te zien in de meetdata	Figuur 16i
14 jan 2013	Open verbinding tussen Balansgebieden Buitenpost en Bergum dichtgezet	Consistente en inconsistente veranderingen in het patroon van Bergum tonen een blokpatroon dat in grote mate een spiegeling vormt tussen beide. In Buitenpost zijn deze veranderingen niet te zien.		Figuur 16 a,b,c,d,e,f,g,h

match	Mogelijke match	Geen match	Niet in log	Extern
-------	-----------------	------------	-------------	--------

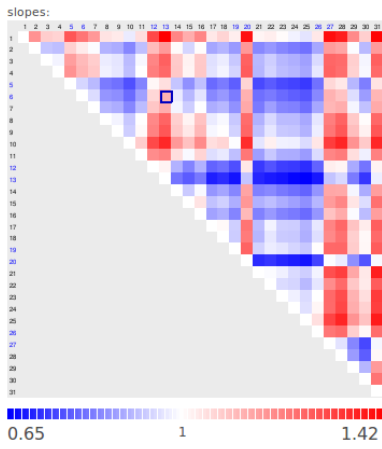


Figuur 14: Augustus en september 2012 voor Bergum deelgebied

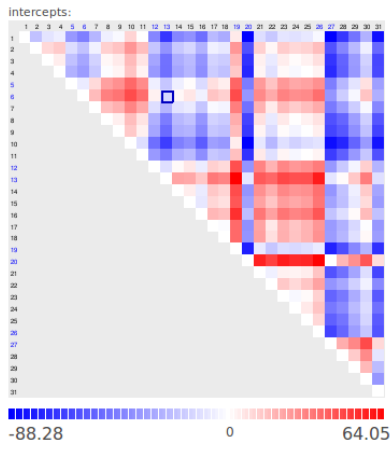


Figuur 15: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in oktober en november 2012 voor Bergum

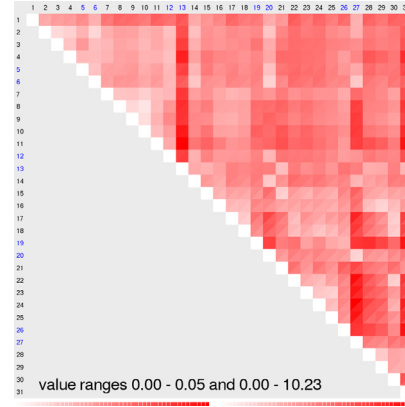
a) a – januari 2013



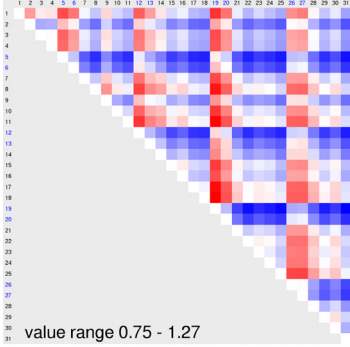
b) b – januari 2013



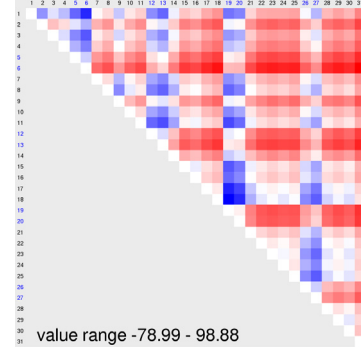
c) standaard deviaties – jan 2013



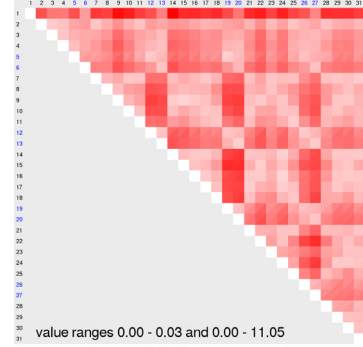
d) Buitenpost: a – jan 2013



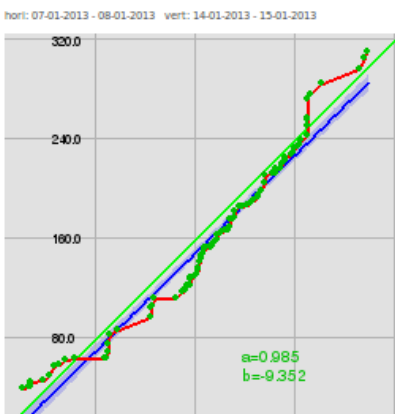
e) Buitenpost: b – jan 2013



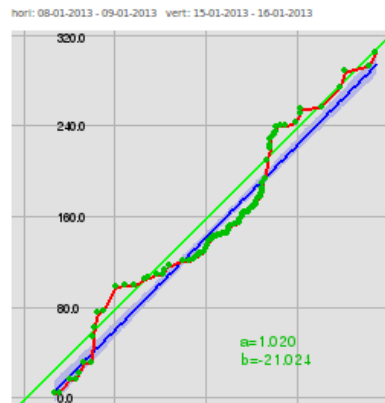
Buitenpost: stdev – jan 2013



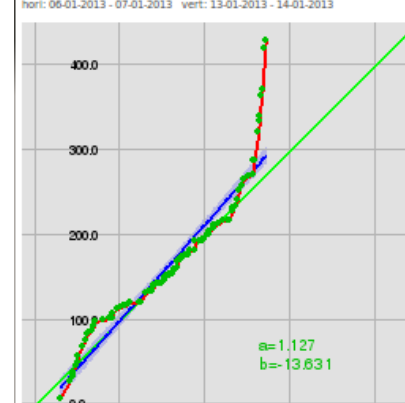
g) 7 vs. 14 januari (maandag)



h) 8 vs. 15 - dinsdag



i) 6 vs. 13 - zondag



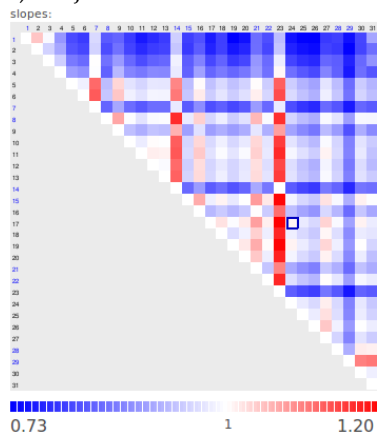
Figuur 16: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in januari 2013 voor Bergum

3.2.5 Dokkum

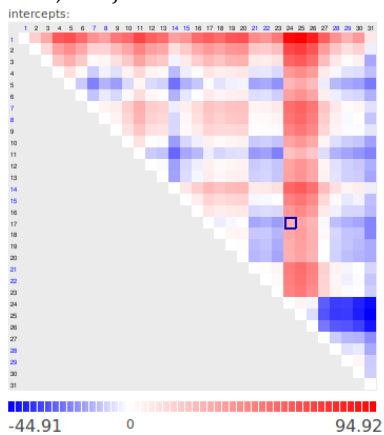
<i>datum</i>	<i>gerapporteerd</i>	<i>VLPV-analyse</i>	<i>Interpretatie/resultaat</i>	<i>figuur</i>
23 jul 2012		Consistente toename van 11% gedurende 1 dag	Onbekend	
24 jul 2012		Inconsistente toename van 30 m ³ /uur	Warm weer, zie appendix II	<i>Figuur 17b</i>
Tweede helft augustus 2012		Consistente toename	Warm	<i>Figuur 17e,g,h</i>
14-18/21 aug 2012		Opvallende inconsistente toename	Warm weer	<i>Figuur 17f</i>
26 okt 2012	Vanaf 28 oktober zijn de gegevens onbetrouwbaar; 30 oktober flowmeter TR 23 defect	consistente toename van 9% en een inconsistente afname van ca. 18 m ³ /uur	Datumregistratie incorrect?	<i>Figuur 18, Figuur 19 a-c.</i>
9-10 jan 2013		zowel een consistente afname van ca. 30% als een inconsistente toename	Artefact uit balansberekening ten gevolge van automatische data-correctie	<i>Figuur 19 d - f</i>
11 jan 2013	Lekkage aan de Eelaan te Dokkum		kortdurende lekkage	<i>Figuur 19 d - f</i>
20 maart 2013		zowel een consistente toename als een inconsistente afname, met een toename van de maximale waarden	De toren van Dokkum loopt leeg tussen 14:00 en 15:00 en kort daarna weer even. Dit lijkt op een kortdurend lek gevolgd door reparatie en afspuien.	<i>Figuur 20 a-c, Figuur 21</i>

match	Mogelijke match	Geen match	Niet in log	Extern
-------	-----------------	------------	-------------	--------

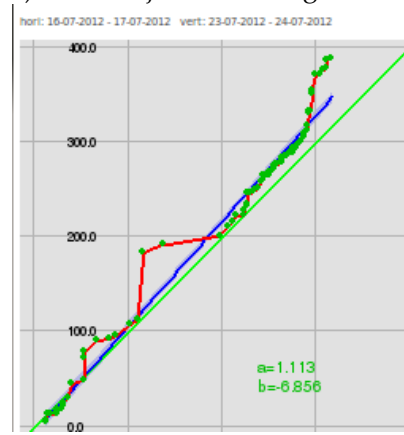
a) a – juli 2012



b) b – juli 2012



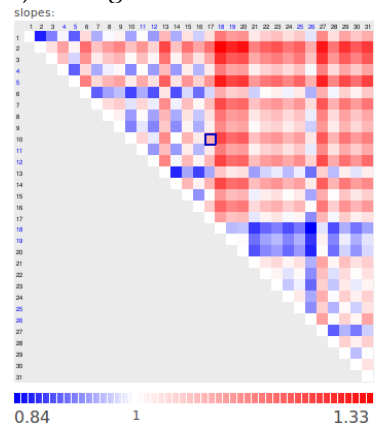
c) 16 vs. 23 juli - maandag



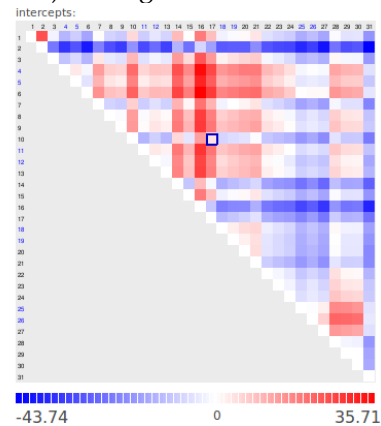
d) 17 vs. 24 juli (dinsdag)



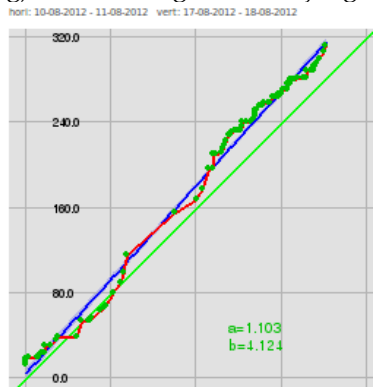
e) a – augustus 2012



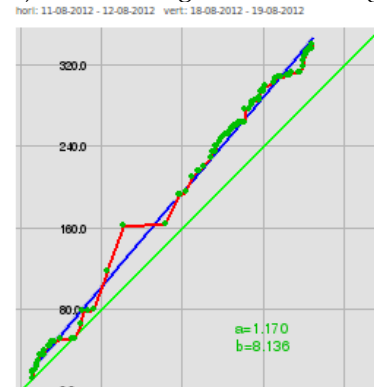
f) b – augustus 2012



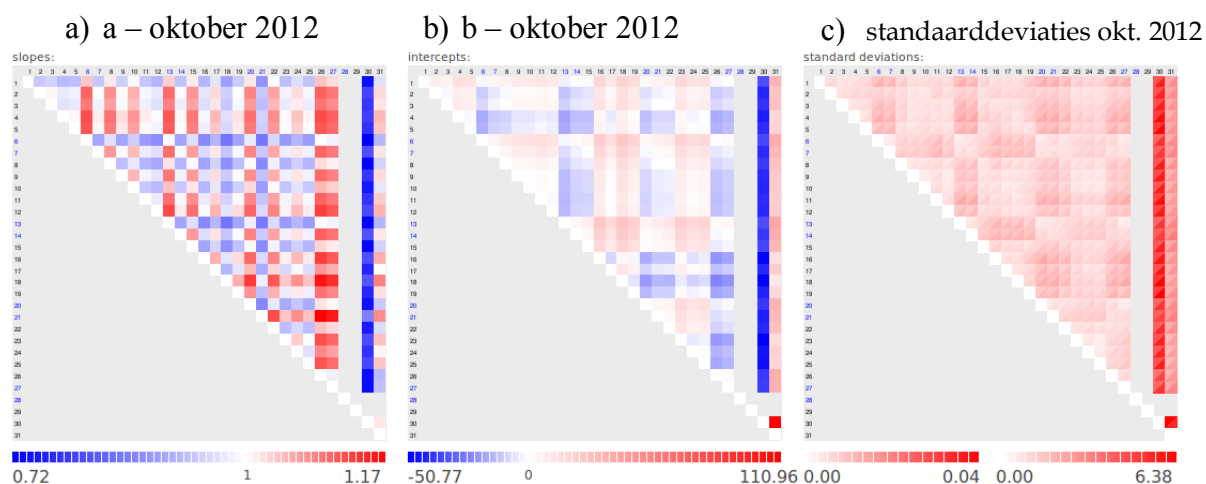
g) 10 vs. 17 augustus - vrijdag



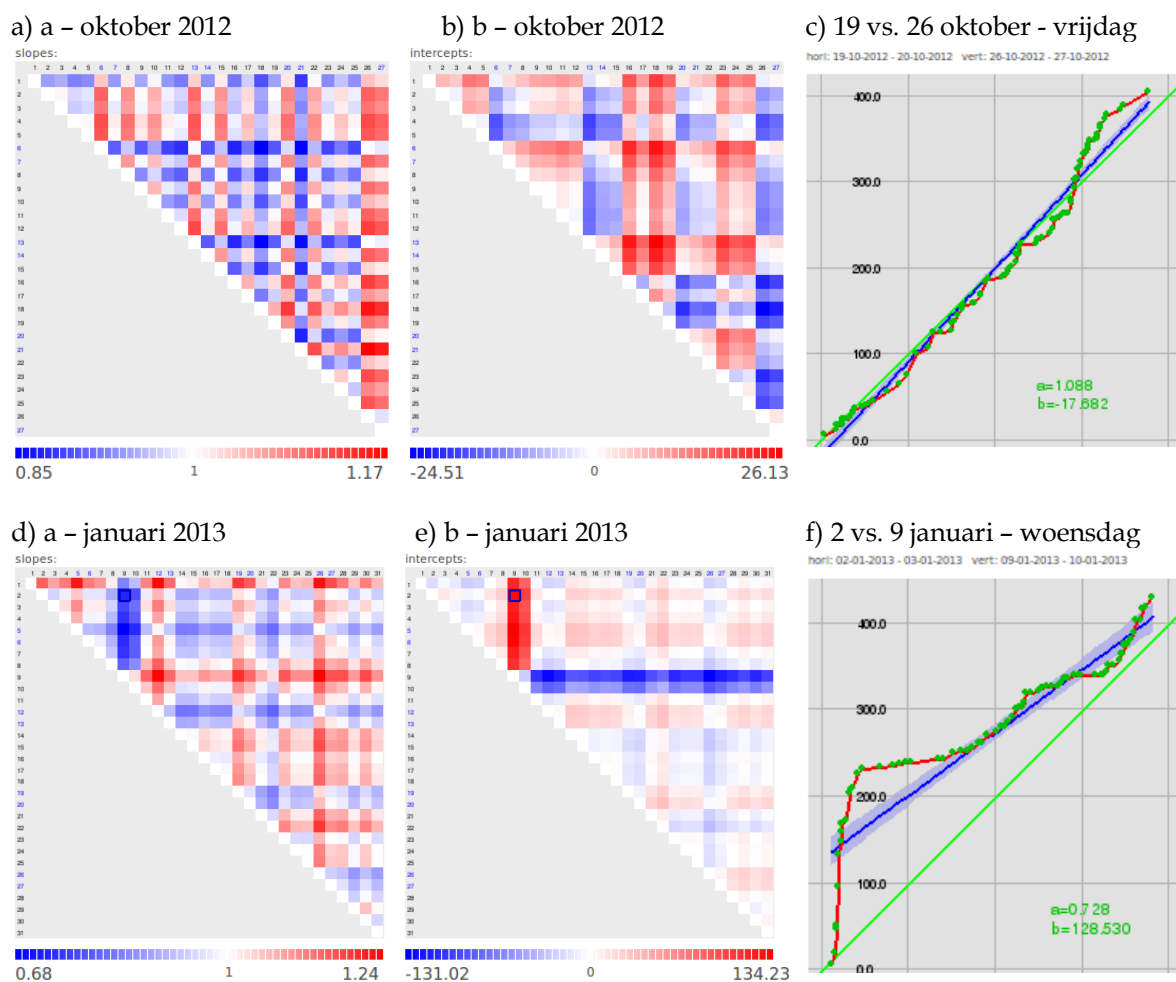
h) 11 vs. 18 augustus - zaterdag



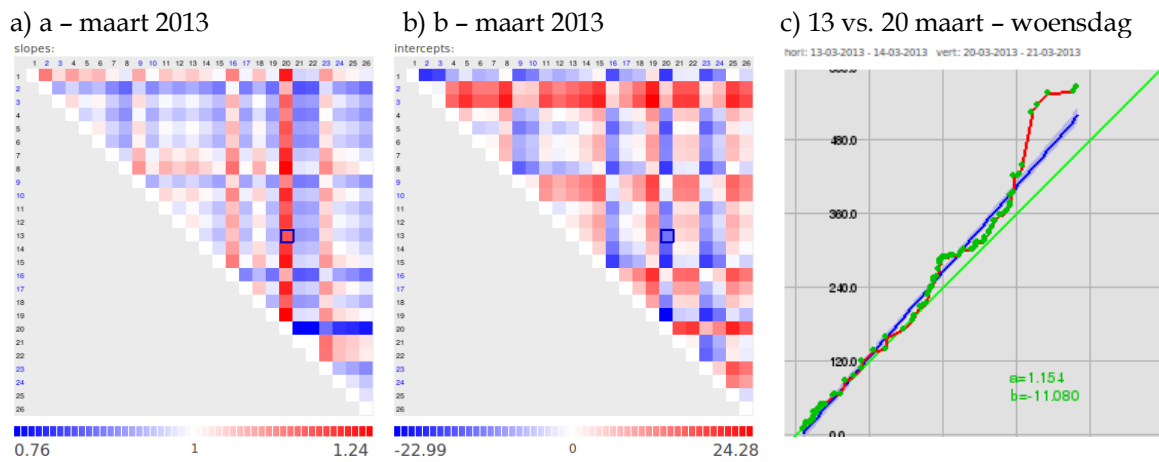
Figuur 17: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in juli en augustus 2012 voor Dokkum.



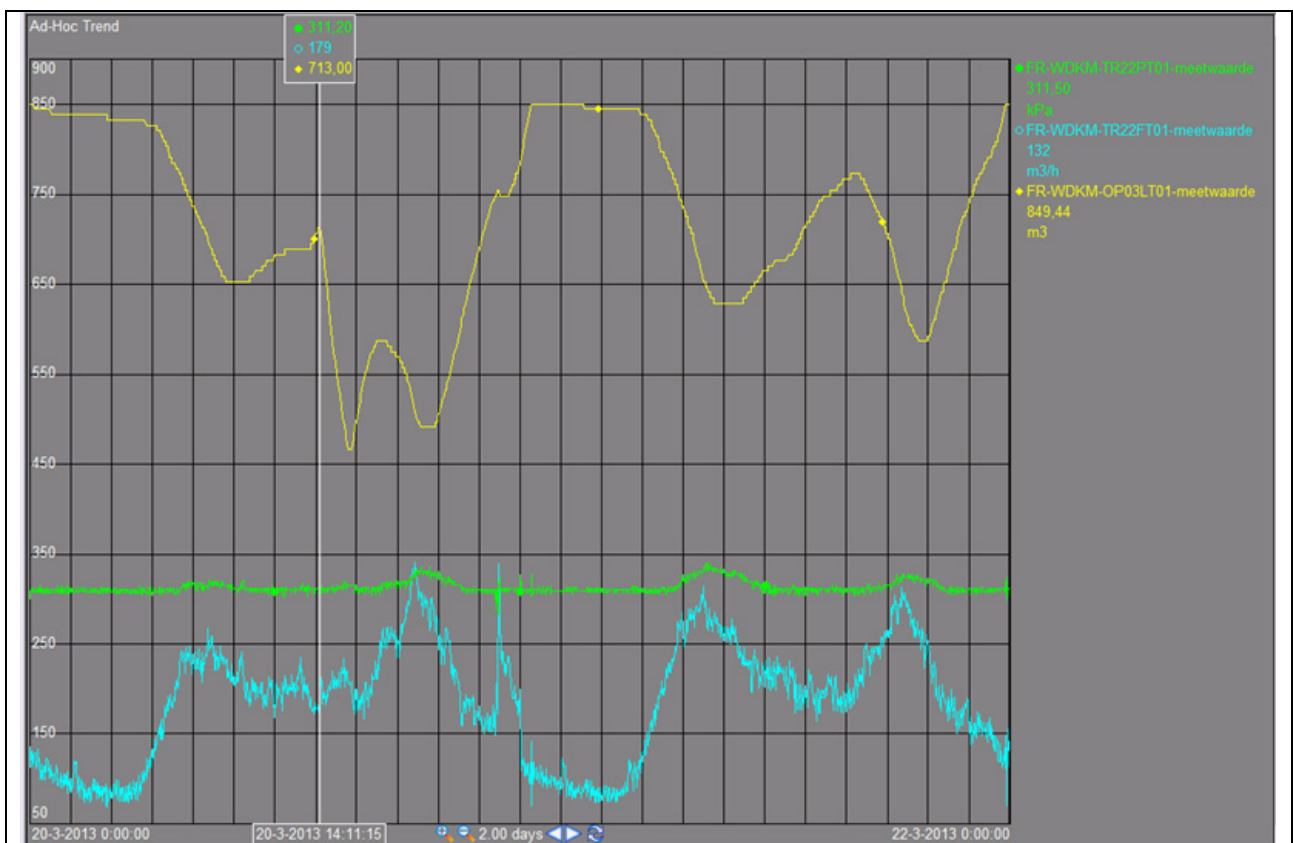
Figuur 18: Oktober 2012 en januari 2013 voor Dokkum deelgebied



Figuur 19: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in oktober 2012 en januari 2013 voor Dokkum.



Figuur 20: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in maart 2013 voor Dokkum.



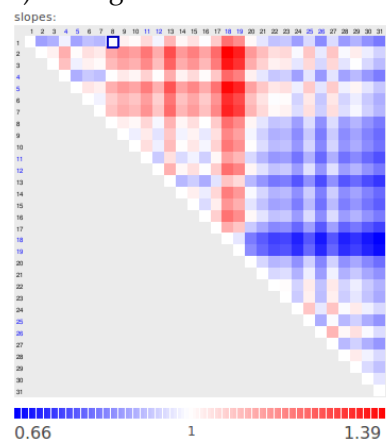
Figuur 21: Druk (groen), volumestroom (cyaan) en niveau (geel) van de watertoren van Dokkum.

3.2.6 Holwerd

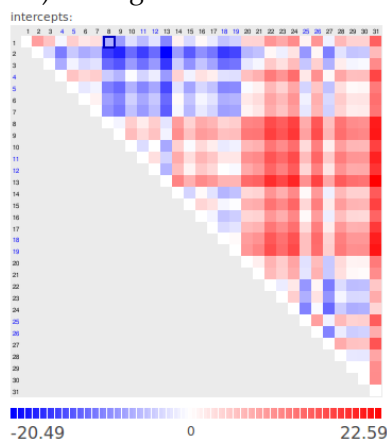
datum	gerapporteerd	VLPV-analyse	Interpretatie/resultaat	figuur
8-19 aug 2012		consistente toename, gepaard met een inconsistente afname	Warme dagen (zie appendix II)	<i>Figuur 22 a, b</i>
18-19 aug 2012		Inconsistente toename	Warme dagen	<i>Figuur 22 a</i>
9-10 jan 2013		grote afwijking in zowel het consistente als het inconsistente signaal; deze afwijking is eveneens terug te zien in een verhoogd minimum nachtverbruik	Open verbinding met het deelgebied Dokkum, waar op 9-10 januari een foutieve data-correctie lijkt te hebben plaatsgevonden.	<i>Figuur 22 c, d</i>
2,9,16,23 maart 2013		Positieve consistente afwijkingen op deze zaterdagen	Voorjaarsvakantieperiode	<i>Figuur 23 a</i>
7-13 maart 2013		Positieve inconsistente afwijking	Relatief rustige week tussen voorjaarsvakantie en paasdrukte?	<i>Figuur 23 b</i>

match	Mogelijke match	Geen match	Niet in log	Extern
-------	-----------------	------------	-------------	--------

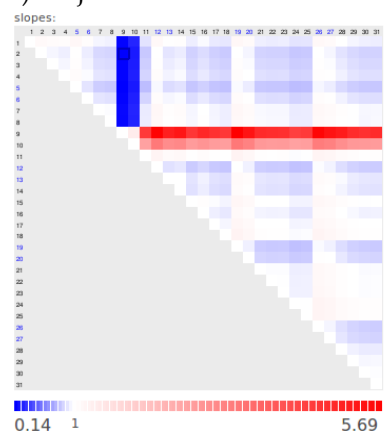
a) a – augustus 2012



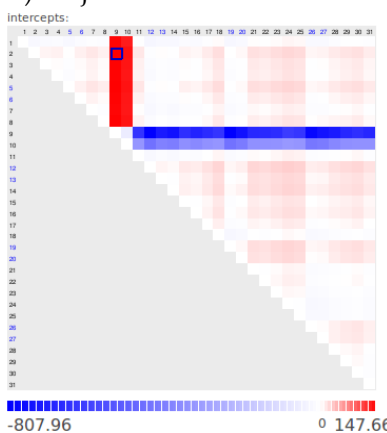
b) b – augustus 2012



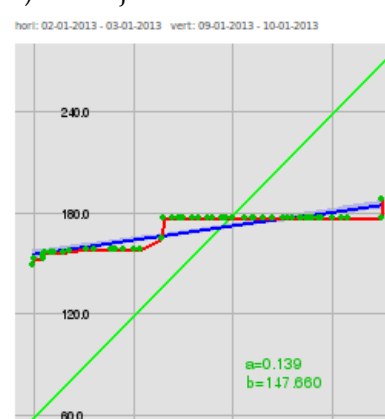
c) a – januari 2013



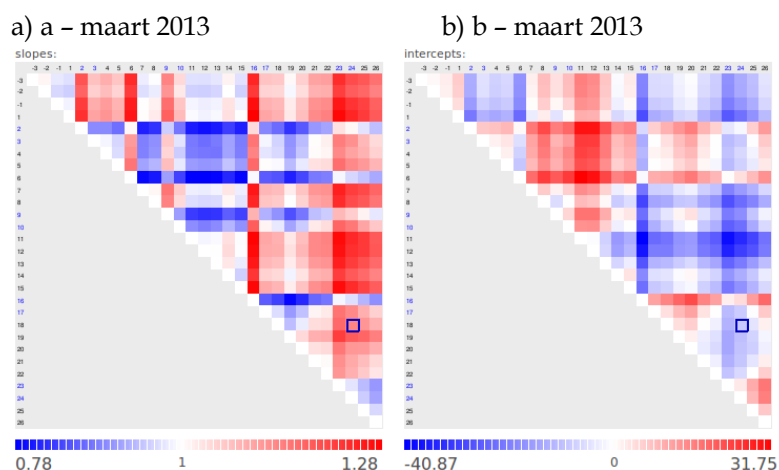
d) b – januari 2013



e) 2 vs. 9 januari



Figuur 22: Geselecteerde resultaten op dagbasis in augustus 2012 en januari 2013 voor Holwerd.



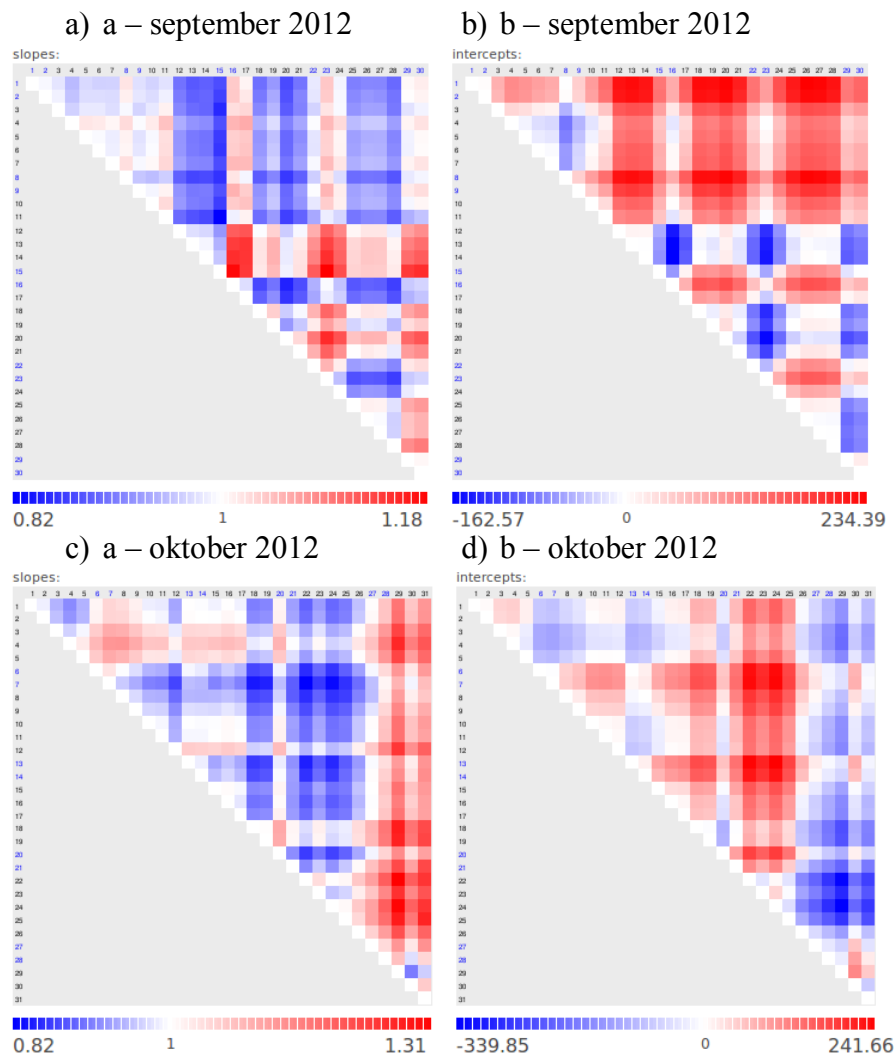
Figuur 23: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in maart 2013 voor Holwerd.

3.2.7 Leeuwarden

<i>datum</i>	<i>gerapporteerd</i>	<i>VLPV-analyse</i>	<i>Interpretatie/ resultaat</i>	<i>figuur</i>
12 sept 2012	aanpassen van de telpulsen flowmeters Wirdum. Stonden te laag ingesteld. Waterbalans nu weer goed.	overgang tussen goede en slechte data in de consistente en inconsistente afwijkingen in te zien		<i>Figuur 24a,b</i>
19 sept 2012	opmerking over verhoging min nacht afname in de agenda	Niet te zien in de analyse		<i>Figuur 24b</i>
24 sept 2012	lekkage Camminghaburen (kant Noordbergum) 100mm PVC	Niet te herkennen in de analyse	Signaal verdrinkt vermoedelijk in de ruis van Leeuwarden gezien relatief geringe omvang	<i>Figuur 24b</i>
1 okt 2012	Produktiestop Noordbergum. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden	Niet te herkennen in de analyse		
8 okt 2012	Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden	Niet te herkennen in de analyse		
18-25 okt 2012		Consistente afname en inconsistente toename	Probleem met geregistreerde meetwaarden?	<i>Figuur 24c,d</i>
20 okt 2012	toename ca. 100m ³ gedurende 2 dagen	Hogere inconsistente afwijkingen vanaf 18 oktober	Onderdeel van geconstateerde afwijking 18-25 oktober?	<i>Figuur 24c,d</i>
26/27 okt 2012		Consistente toename en inconsistente afname	Probleem met geregistreerde meetwaarden?	<i>Figuur 24c,d</i>
1 nov 2012	Balansgebied Franeker : tijdelijk geen water naar	negatieve consistente, positieve inconsistente		

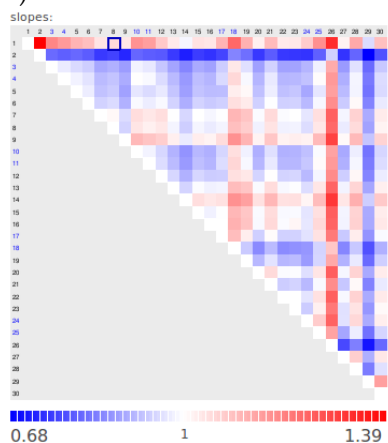
	dit gebied. Mogelijk merkbaar in balansgebied Leeuwarden.	afwijking		
3 nov 2012		Einde van afwijkingen van eind oktober		<i>Figuur 25 a, b</i>
5-7 nov 2012	Spuiwerkzaamheden	Niet terug te zien in de analyse	Vermoedelijk te kort om zichtbaar te zijn in de VLPV-diagrammen	<i>Figuur 25 a, b</i>
6 dec 2012	Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden	sterke schommelingen in beide factoren gedurende gehele werkweek	mogelijk verband	
11 dec 2012	Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden	lichte afwijking in a en b te zien	zou normaal als ruis worden geïnterpreteerd	
26-29 nov 2012	26: spuiwerkzaamheden van 09:00 -10:00 uur; drukkklachten vanuit Leeuwarden. 28: hoger verbruik van ca. 400 m3 in verband met lopende spui op de 500 mm Julianalaan Leeuwarden duurt tot 3 december.	Consistente afwijking op 26, inconsistente afwijking die enkele dagen aanhoudt vanaf 27.	Spuiwerkzaamheden	<i>Figuur 25 c-e</i>
11 feb 2013	Lekkage Balansgebied Grouw, mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden	niet terug te zien		
7 maart 2013	Balansgebied Leeuwarden hoger verbruik in verband met vullen 500mm3			<i>Figuur 26 a-b</i>
8 maart 2013	hoger verbruik in verband met vullen 500mm3			<i>Figuur 26 a-b</i>
11 maart 2013	hoger verbruik in verband met spuien 500mm3			<i>Figuur 26 a-b</i>
12 maart 2013	mega lekkage te Leeuwarden van 19:00 - 22:00 uur	zowel inconsistente als consistente afwijking	Het grote lek van 12 maart	<i>Figuur 26 a-c</i>
13-15 maart 2013	hoger verbruik in verband met vullen en spuien 630mm3 op 14 maart	Aanhoudend verhoogde inconsistente waarden van de orde +175 m3/uur	Spuiwerkzaamheden volgend op het grote lek van 12 maart	<i>Figuur 26 a-b</i>

match	Mogelijke match	Geen match	Niet in log	Extern
-------	-----------------	------------	-------------	--------

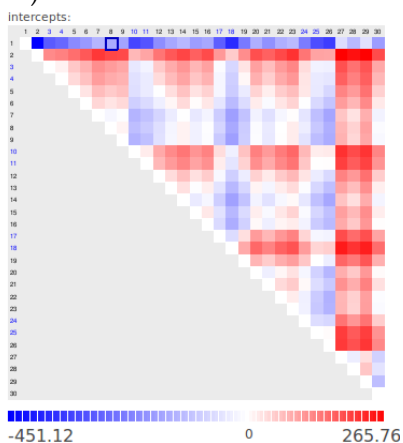


Figuur 24: September en oktober 2012 voor Leeuwarden deelgebied

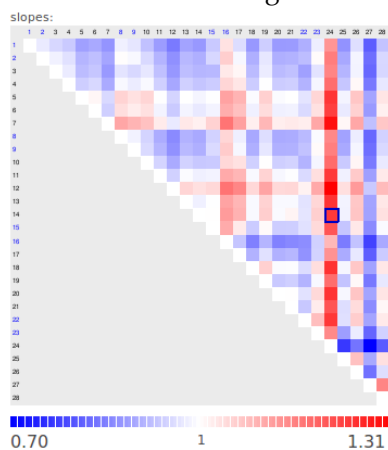
a) a – november 2012



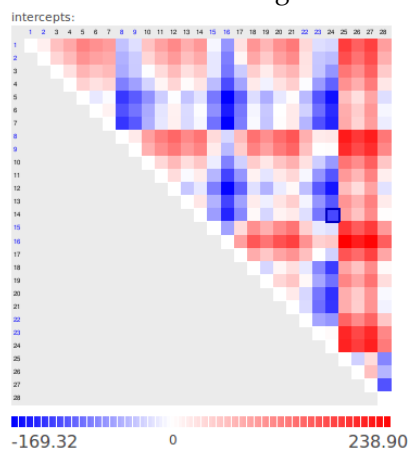
b) b – november 2012



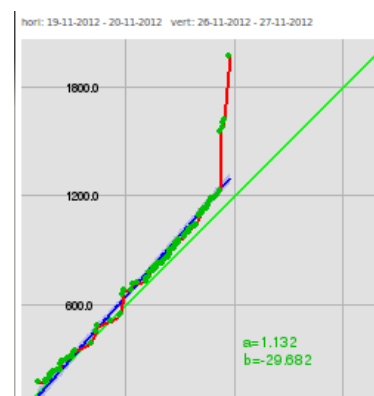
c) a – november 2012
zonder eerste twee dagen



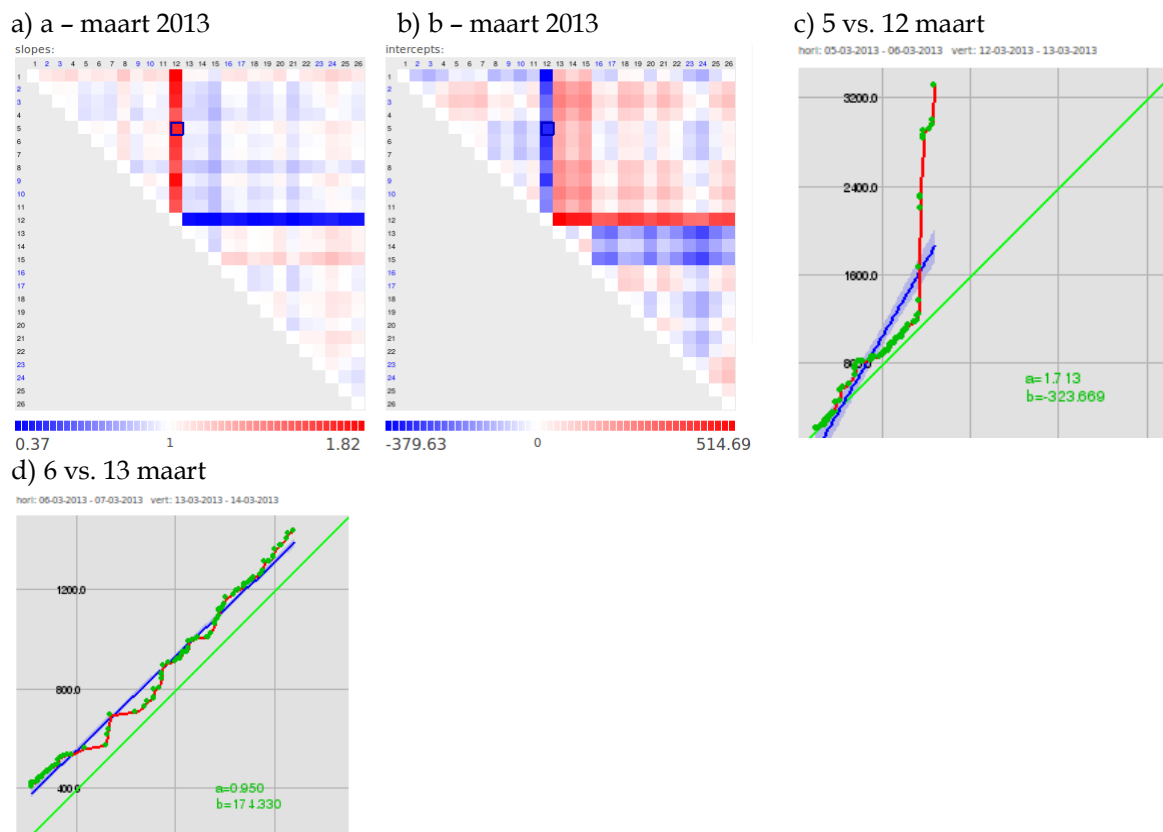
d) b – november 2012
zonder eerste twee dagen



e) 19 vs. 26 – maandag



Figuur 25: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in november 2012 voor Leeuwarden.



Figuur 26: Geselecteerde resultaten van VLPV-(blok)analyses op dagbasis in maart 2013 voor Leeuwarden.

3.3 Samenvatting van onverklaarde afwijkingen

Tabel 4 geeft een overzicht van alle niet direct uit bekende gegevens verklaarbare afwijkingen die in de voorgaande paragraaf zijn geconstateerd (geel gemarkeerde velden). Hierbij zijn enkele gevallen (bijvoorbeeld Dokkum 20 maart) die niet op basis van het log maar in gesprek met Vitens alsnog van een verklaring zijn voorzien niet meegenomen.

In vier gevallen is er sprake van gelijktijdige afwijkingen in twee aangrenzende deelbalansgebieden. In de vorige paragraaf werden deze afwijkingen vaak reeds geïnterpreteerd in termen van een open grensafsluiter. Het gelijktijdig optreden in twee aangrenzende gebieden ondersteunt deze hypothese en geeft bovendien aan op welke grens de open afsluiter zich zou moeten bevinden.

Tabel 4: Overzicht van geconstateerde afwijkingen die niet direct aan gebeurtenissen in het Vitens-log weersomstandigheden of andere bekende effecten gekoppeld kunnen worden.

datum	interpretatie	Buitenpost	Bergum	Dokkum	Holwerd	Leeuwarden
23 jul	consistent +11%			ja		
17-29 aug	afsluitermanipulatie of grote klant?		ja			
13 sept	?	ja				
19 sept	open afsluiter?	ja	ja			
22 sept	?		ja			
15-24 sept	open afsluiter?		ja			
27 okt	open afsluiter?	ja				
18-25 okt	probleem met meetwaarden?					ja
26-27 okt	probleem met meetwaarden?					ja
28-29 okt	grootverbruiker?		ja			
vanaf 3 nov	open afsluiter?		ja			ja
10-18/20 nov	open afsluiter?	ja	ja			
vanaf 21 nov	?		ja			
9-10 jan	open verbinding Dokkum-Holwerd			ja	ja	
13 jan	?		ja			
7-13 maa	?			ja		

4 Gevoeligheidsanalyse retrospectieve VLPV-analyse

4.1 Inleiding

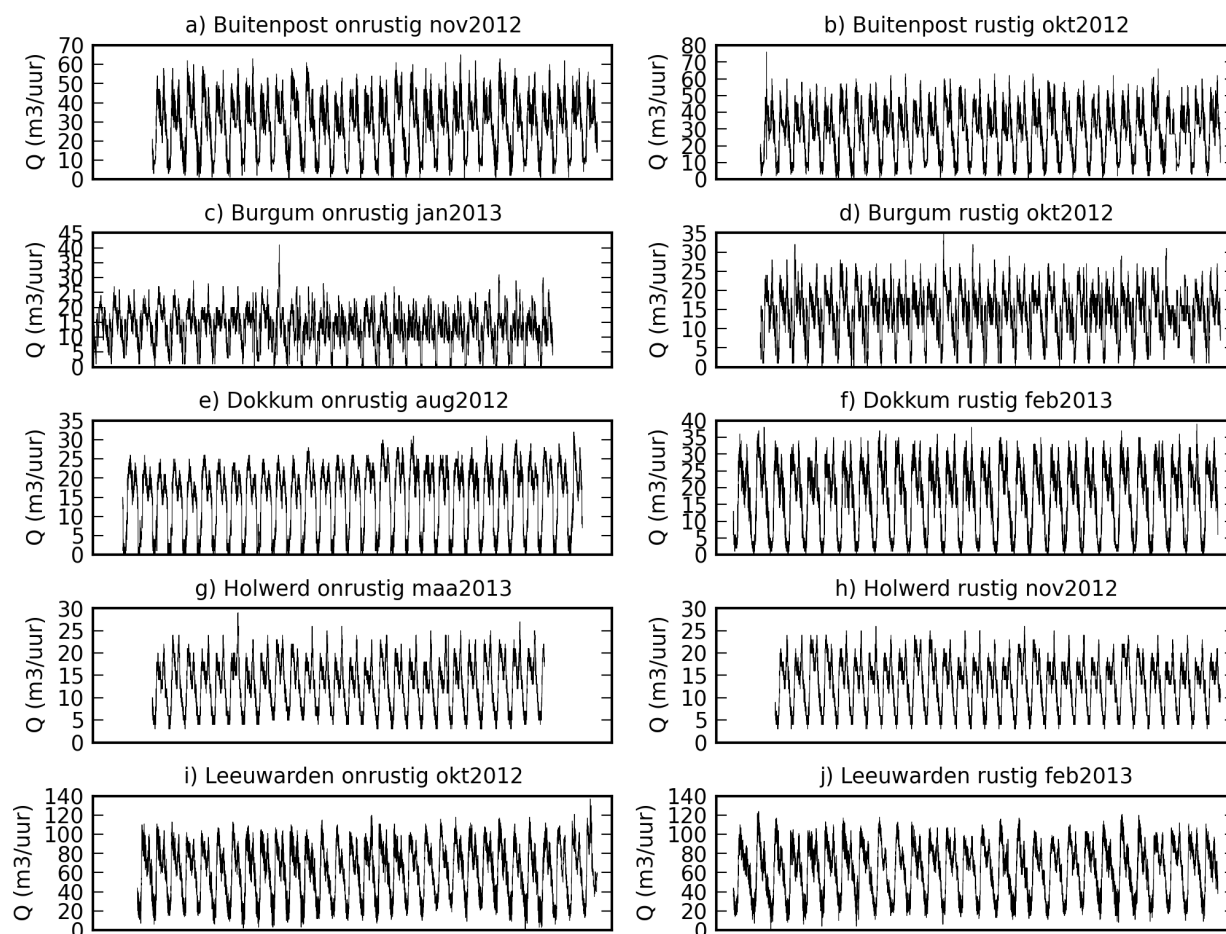
Met behulp van numerieke toevoeging van lekken aan data uit de verschillende gebieden wordt bepaald wat de detectielimiet van inconsistente afwijkingen onder verschillende omstandigheden is voor verschillende gebieden.

4.2 Opzet

Voor ieder van de vijf deelbalansgebieden is een relatief rustige en een relatief onrustige periode van circa een maand uitgekozen. Aan elk van de geselecteerde fragmenten van de dataset zijn achtereenvolgens synthetische signalen van toenemende amplitude (kunstmatige lekken) toegevoegd. Vervolgens is gekeken bij welk niveau de synthetisch toegevoegde lekken in de analyse terug te herkennen zijn.

4.3 Testdata

Voor elk van de gebieden zijn twee perioden van ongeveer een maand geselecteerd, een die een rustig beeld toont in een VLPV-analyse (variaties ten gevolge van de verschillen tussen de week- en weekenddagen goed zichtbaar) en een die een onrustiger beeld geeft (andere variaties overheersen). De geselecteerde tijdreeksen zijn weergegeven in Figuur 27 (links: onrustig, rechts: rustig).



Figuur 27: Overzicht van gebruikte basisdatasets voor de gevoeligheidsanalyse van leksignalen.

Aan deze tijdreeksen zijn beginnende op geselecteerde maandagen halverwege de maand op numerieke wijze lekken toegevoegd met een constante omvang van 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, en 20% van de gemiddelde volumestroom, respectievelijk (de laatste twee percentages alleen bij de onrustige tijdreeksen). Deze synthetische lekken lopen door tot aan het einde van de maand. Een overzicht van de betreffende synthetische lekken wordt gegeven Tabel 5 en Tabel 6.

Tabel 5: Overzicht van numeriek toegevoegde lekken in de rustige tijdreeksen.

rustig	Dag (ma)	<Q> (m ³ /uur)	1% (m ³ /uur)	2% (m ³ /uur)	5% (m ³ /uur)	10% (m ³ /uur)
Buitenpost	15/10	29,00	0,29	0,58	1,45	2,90
Burgum	15/10	14,54	0,15	0,29	0,73	1,45
Dokkum	18/2	17,46	0,17	0,35	0,87	1,75
Holwerd	19/11	13,43	0,13	0,27	0,67	1,34
Leeuwarden	18/2	63,19	0,63	1,26	3,16	6,32

Tabel 6: Overzicht van numeriek toegevoegde lekken in onrustige tijdreeksen.

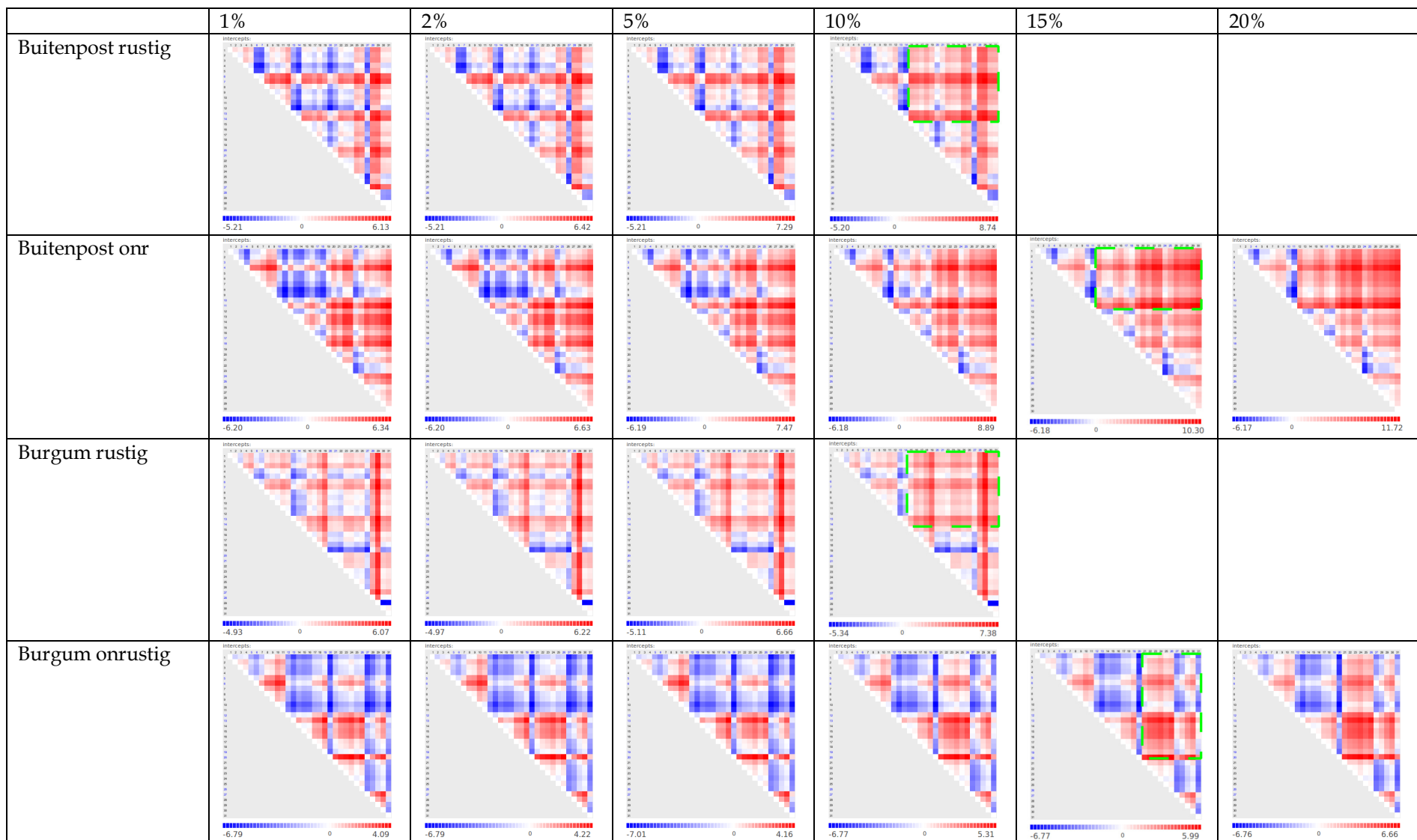
onrustig	Dag (ma)	<Q> (m ³ /uur)	1% (m ³ /uur)	2% (m ³ /uur)	5% (m ³ /uur)	10% (m ³ /uur)	15% (m ³ /uur)	20% (m ³ /uur)
Buitenpost	12/11	28,81	0,29	0,58	1,44	2,88	4,32	5,76
Burgum	21/1	13,69	0,14	0,27	0,68	1,37	2,05	2,73
Dokkum	20/8	15,21	0,15	0,30	0,71	1,52	2,23	3,04
Holwerd	18/3	13,18	0,13	0,26	0,66	1,32	1,98	2,64
Leeuwarden	22/10	62,31	0,62	1,25	3,12	6,23	9,35	12,46

4.4 Resultaten

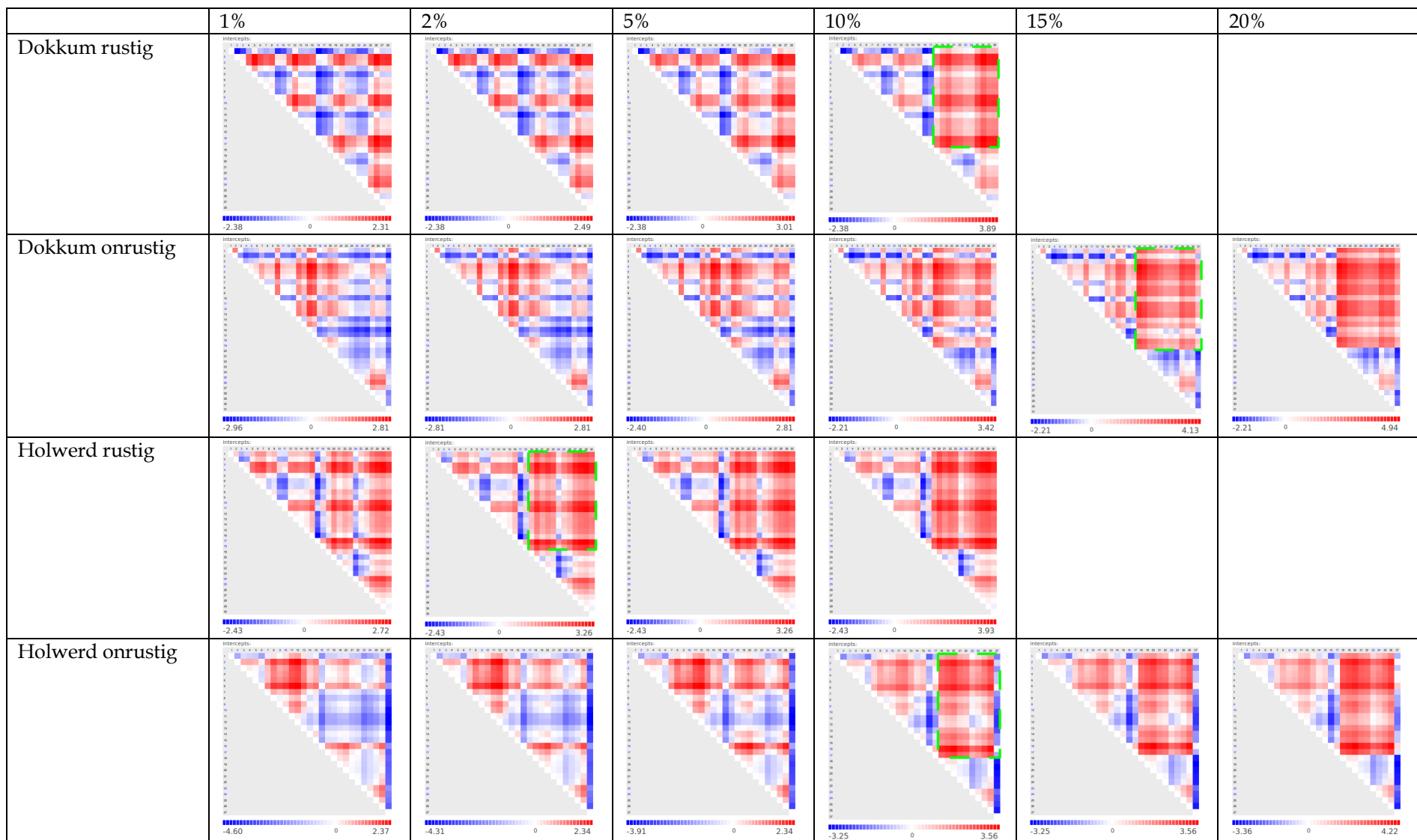
Voor elk van de in Tabel 5 en Tabel 6 weergegeven scenario's is een blokanalyse uitgevoerd. De y-asafsnedetabellen (b-factor) voor deze analyses zijn weergegeven in Figuur 28 t/m Figuur 30. Steeds is met een onderbroken groene rechthoek aangegeven wanneer het synthetische lek voor het eerst herkenbaar is in het blokdiagram. Dit geeft aan wat de detectielimiet voor dit gebied en deze omstandigheden is. Een overzicht hiervan wordt gegeven in Tabel 7. Let op dat een meer uitputtende analyse met een groter aantal basisdatasets, startdagen en lekduren een vollediger beeld zou scheppen. De hier gevonden getallen kunnen als indicatief worden beschouwd.

Tabel 7: Overzicht van bepaalde detectielimieten voor de verschillende gebieden onder rustige en onrustige omstandigheden.

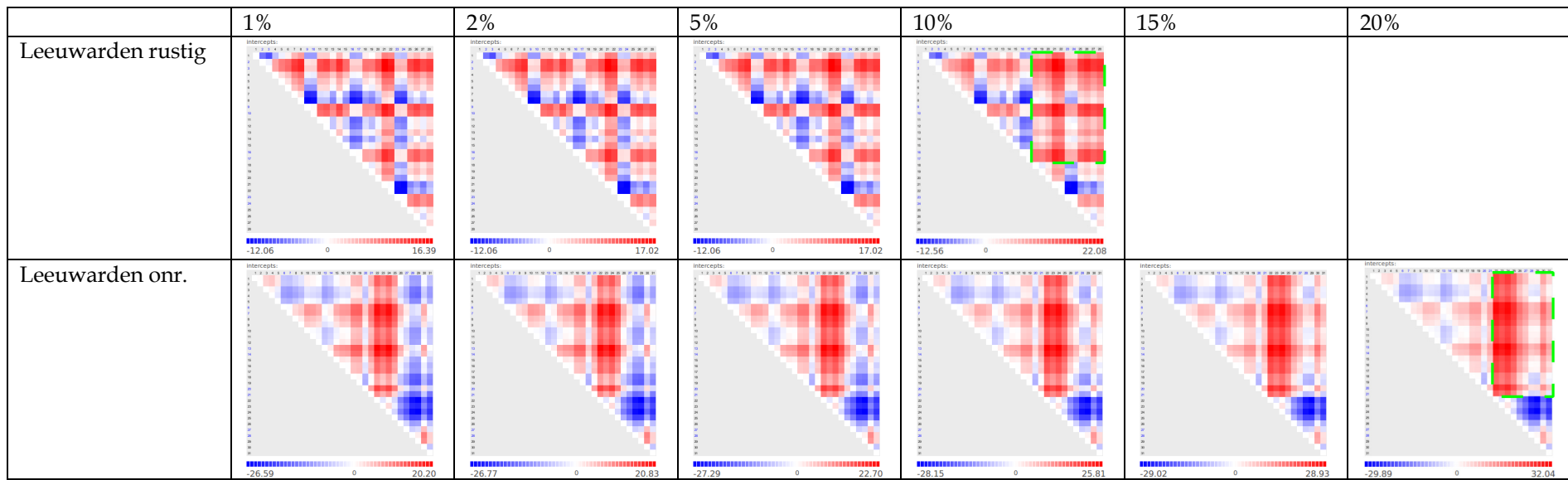
	rustig	onrustig
Buitenpost	10%	15%
Burgum	10%	15%
Dokkum	10%	15%
Holwerd	2%	10%
Leeuwarden	10%	20%



Figuur 28: VLPV-blokdiagrammen (b-factor) voor Buitenpost en Burgum voor toenemende omvang van synthetische lekken. Groene, onderbroken rechthoeken geven de eerste herkenning aan.



Figuur 29: VLPV-blokdiagrammen (b -factor) voor Dokkum en Holwerd voor toenemende omvang van synthetische lekken. Groene, onderbroken rechthoeken geven de eerste herkenning aan.



Figuur 30: VLPV-blokdigrammen (b -factor) voor Leeuwarden voor toenemende omvang van synthetische lekken. Groene, onderbroken rechthoeken geven de eerste herkenning aan.

5 Validatie van real-time VLPV-analyse met een spuiproof en numerieke lekken

5.1 Inleiding

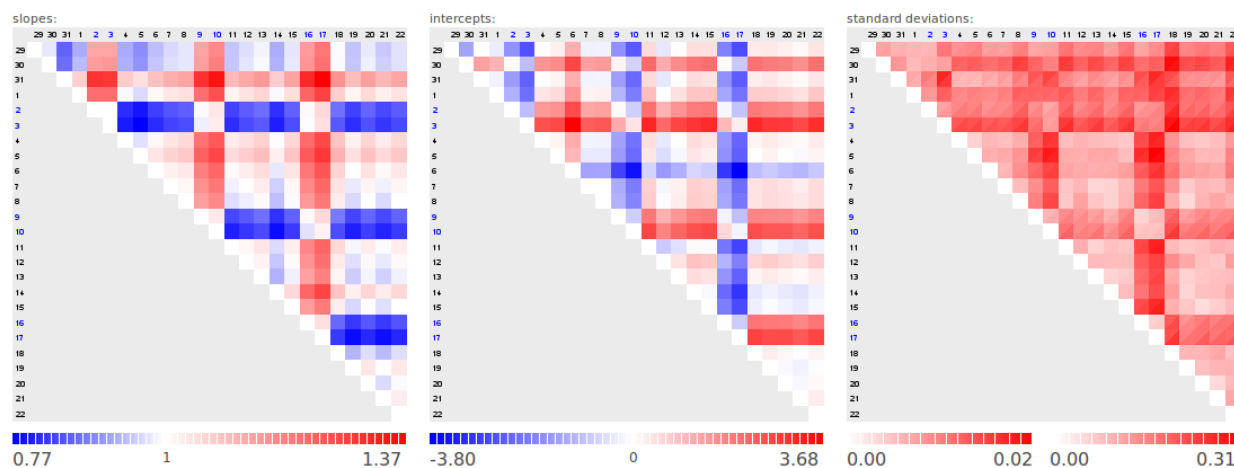
De in §2.3 beschreven zogenaamde real-time VLPV-analyse maakt gebruik van een schuivend tijdvenster, zodat steeds een actueel beeld op basis van de data van de laatste 24 uur kan worden gemaakt. Doel van deze methodiek is om bijna instantaan (d.w.z. binnen enkele uren) het ontstaan van nieuwe lekken te kunnen detecteren. Voor toepassing op langere termijnen is de VLPV-blokanalyse geschikt.

Deze methode is in theorie uitgewerkt maar tot dusver nog niet aan een praktijktoets onderworpen. In dit hoofdstuk is de analyse uitgevoerd op data van een spuiproof die in de Proeftuin is uitgevoerd. Vervolgens zijn de bevindingen verder uitgewerkt aan de hand van synthetische tests.

5.2 Spuiproof

5.2.1 Beschrijving spuiproof en gegevens

Op 22 november 2013 is in de wijk Westeinde in Leeuwarden gedurende 2,5 uur een brandkraan opengezet met een vaste volumestroom van 6 m³/uur, waarmee een kortdurend lek is gesimuleerd. Westeinde vormt een DMA, waarvan de in- en uitstroom op alle 3 de voedingsbuizen is bemeterd, zodat de totale afname van de wijk kan worden berekend. Deze gegevens zijn met een resolutie van een meting per 5 minuten door Vitens aangeleverd voor de periode van 1 oktober 2013 tot en met de dag van de spuiproof. Vanaf eind oktober vertonen deze gegevens een stabiel beeld (zie Figuur 31).

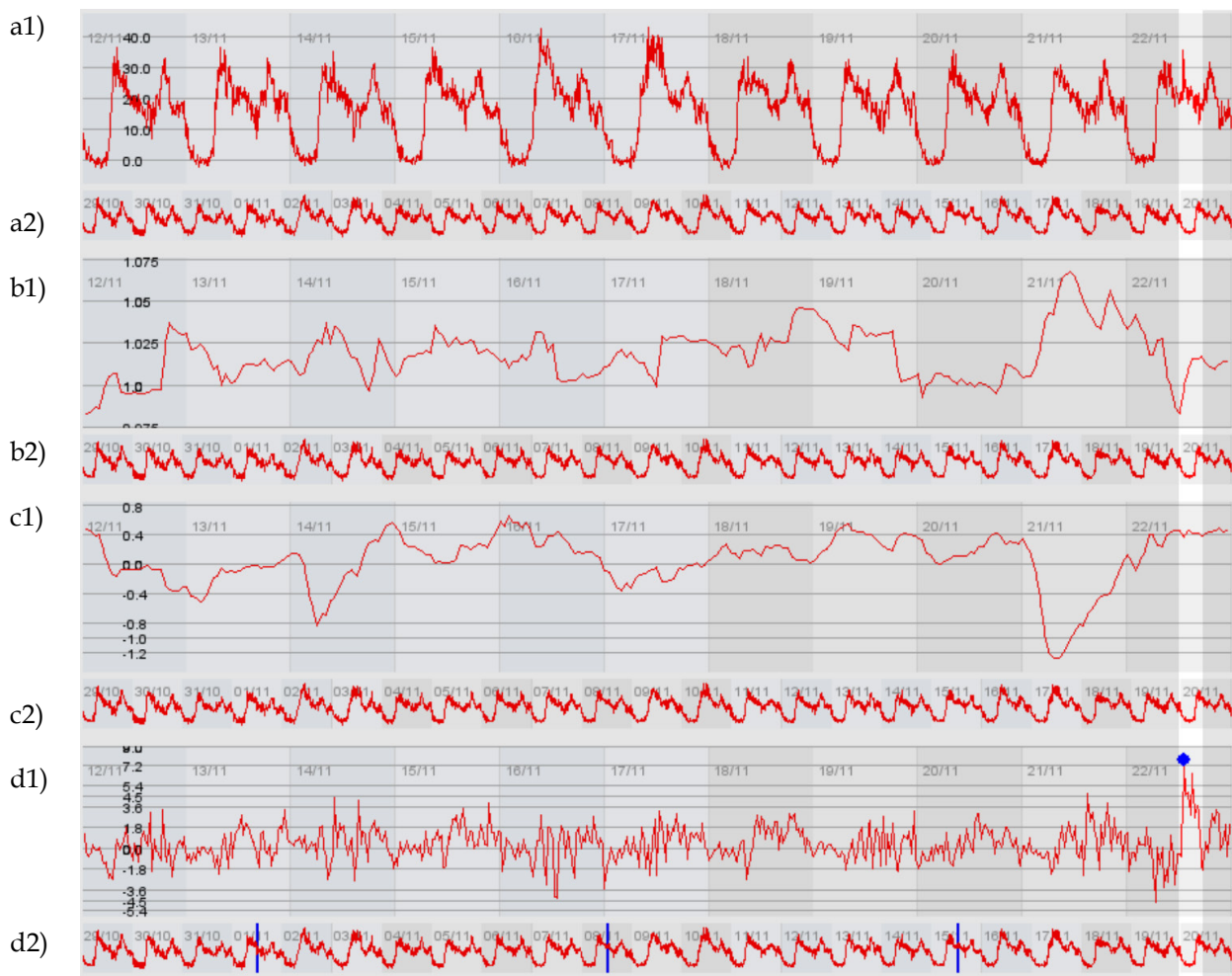


Figuur 31: VLPV-blokanalyse van 24 dagen voor t/m de dag van de spuiproof.

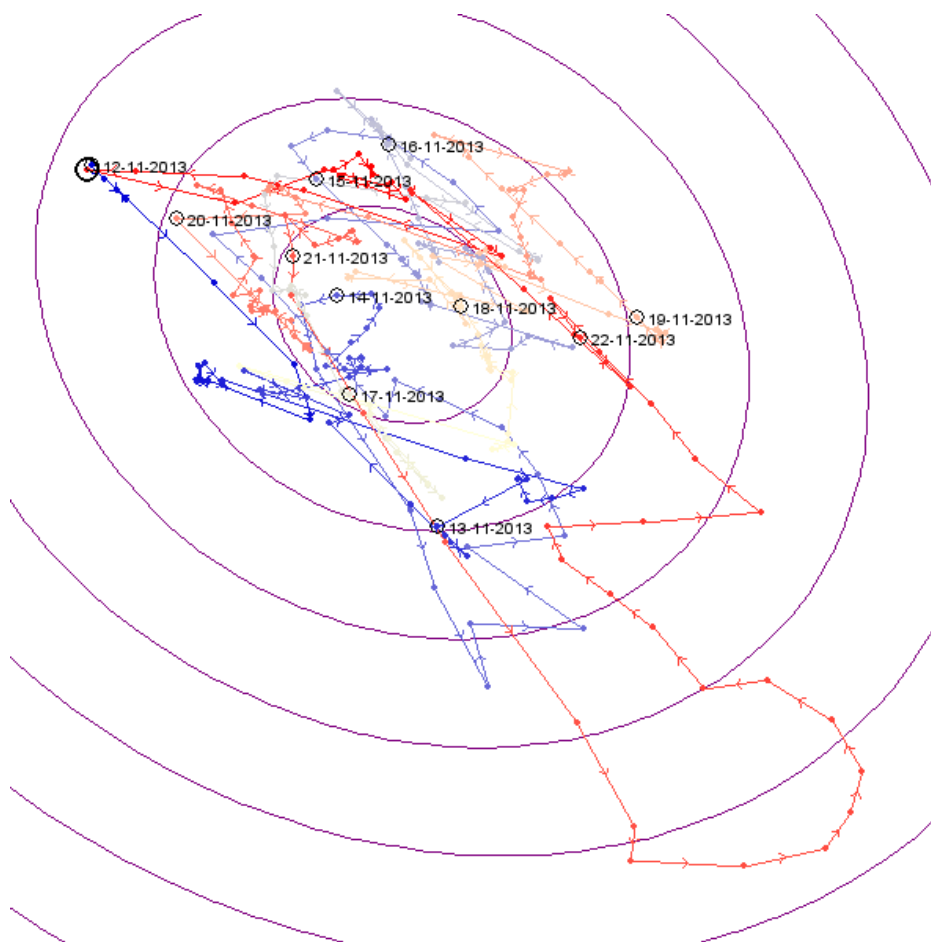
De geleverde data bevatten bij herhaling enige negatieve waarden in de nacht op het totaal voor het DMA. Deze hebben te maken met de meetnauwkeurigheid. De negatieve waarden zijn in de analyse meegenomen, aangezien het negeren hiervan tot een afwijkend en minder constant beeld leidt. Een nadere beschouwing van de gerealiseerde meetnauwkeurigheid en de consequenties hiervan voor de detecteerbaarheid van afwijkingen zou waardevol zijn, maar ligt buiten de scope van dit rapport.

5.2.2 Resultaten

De resultaten van de uitgevoerde analyse zijn weergegeven in Figuur 32 en Figuur 33. Figuur 32 toont de tijdreeksen van volumestroom, a-factor, b-factor en een vergelijking met het gemiddelde van drie zelfde momenten in drie voorafgaande weken. Het tijdvak van de spuiproef is uitgelicht in de figuur. In de vergelijking met de historische data is de spuiproef goed te zien, en ook de amplitude van 6 m³/uur volgt bij benadering uit deze vergelijking. In de a- en b-factor blijkt deze echter in het geheel niet herkenbaar. Veel opvallender is een afwijking op de voorgaande dag, die in de loop van die dag weer verdwijnt (en daardoor niet zichtbaar is in Figuur 31). Ook in Figuur 33, waarin de beweging van de volumestroomdata in de *a,b*-ruimte is weergegeven, wijken de punten die horen bij het tijdvak van de spuiproef (rode staart vanaf de zwarte cirkel) niet significant af van het 'normale' gedrag. De betreffende punten liggen alle ruim binnen de drie standaard deviaties rondom de gemiddelde positie voor een onverstoorde periode (12-20 november). De geconstateerde afwijking voor 21 november is hier wel duidelijk terug te zien in de grote lus rechtsonder in het diagram.



Figuur 32: VLPV-analyse met schuivend tijdvenster voor de periode van 12 t/m 22 november. a1) volumestroom (m³/uur); a2,b2,c2,d2) volumestroom referentiedataset 12-20 november (m³/uur); b1) a-factor; c1) b-factor; d1) afwijking t.o.v. gemiddelde van drie zelfde momenten in drie voorafgaande weken. De spuiproef is aangegeven d.m.v. een lichte band aan de rechterzijde van het diagram.



Figuur 33: Beweging van het volumestroomsignaal in de a,b -ruimte in de periode van 12 t/m 22 november. Contouren geven 1..n standaarddeviaties van de bewegingen t.o.v. de gemiddelde positie over de periode van 12-20 november (onverstoord) weer. De zwarte cirkel geeft het moment van de spuiproef aan. De kleuren van het pad geven het verloop van de tijd aan, van blauw aan het begin via geelwit tot rood aan het eind van de periode. 21 november is een sterk afwijkende dag in de zin dat hij begint binnen de 1σ -ellips en eindigt binnen de 2σ -ellips, maar ondertussen buiten de 5σ -ellips treedt.

5.3 Synthetische lekken/spuiproeven

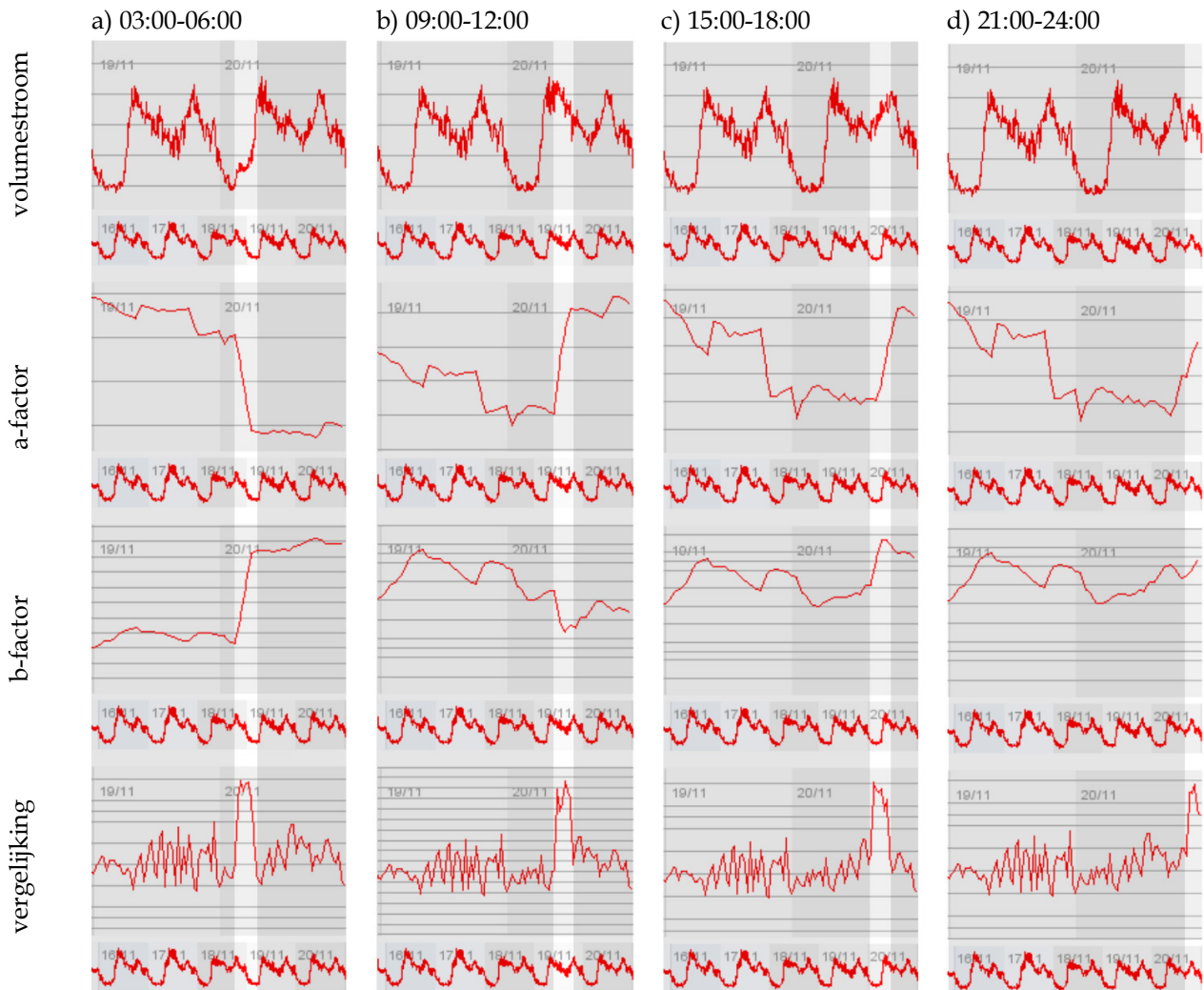
5.3.1 Beschrijving

Vanuit de theorie is te verwachten dat een kortdurend lek in een VLPV-analyse met lopend tijdvenster op bepaalde momenten van de dag beter te zien is dan op andere momenten. Om dit te toetsen en illustreren wordt aan de volumestroomdata uit de periode van 12-20 november op de laatste dag gedurende drie uur op numerieke wijze een constante volumestroom van $6 \text{ m}^3/\text{uur}$ toegevoegd. Vervolgens wordt de verkregen tijdreeks geanalyseerd zoals in §5.2.2.

5.3.2 Resultaten

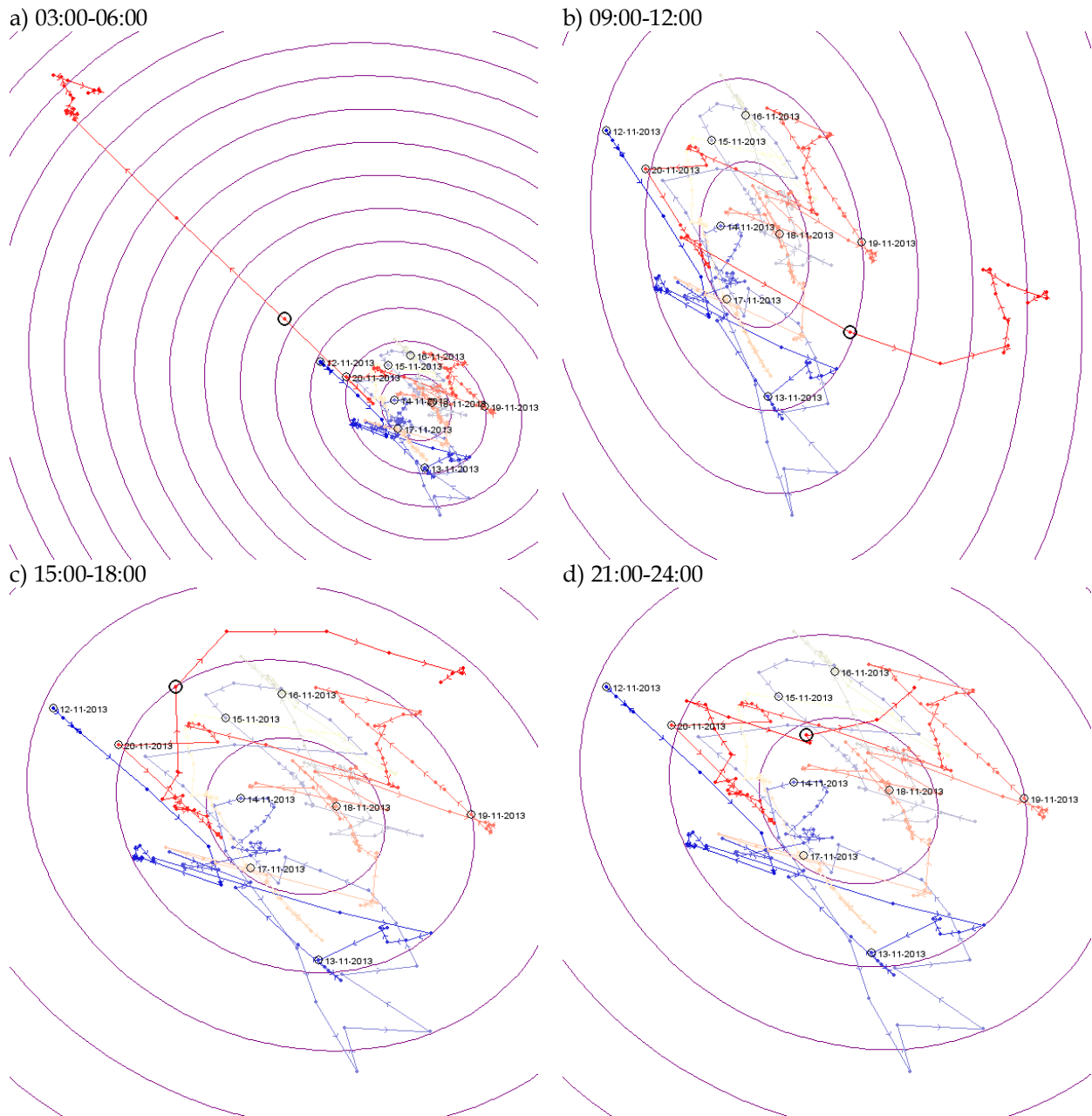
In Figuur 34 zijn voor de vier synthetische spuiproeven boven elkaar respectievelijk de volumestroom, het referentiesignaal, de a -factor, het referentiesignaal, de b -factor, het referentiesignaal, de vergelijking met het referentiesignaal en het referentiesignaal weergegeven. Hierbij is de spuiperiode uitgelicht. In alle gevallen is de spui goed te zien in de vergelijking met het referentiesignaal. In de eerste twee gevallen (a en b), plaatshebbend in de ochtend, is bovendien een sterke afwijking in de a - en b -factor te zien die veel groter is dan de natuurlijke variatie voorafgaand aan de spui. In de laatste twee gevallen (c en d), plaatshebbend in de middag en avond, is eveneens een reactie in het a - en b -signaal te zien, maar

deze is van vergelijkbare magnitude als de natuurlijke variaties in de voorafgaande periode, en daarmee moeilijker herkenbaar als betekenisvol.



Figuur 34: Tijdreeksen voor synthetische spuiproeven op de data van 20 november tussen 3 en 6 (a), 9 en 12 (b), 15 en 18 (c), en 21 en 24 uur (d), respectievelijk. Voor een uitleg van de tijdreeksen, zie het bijschrift van Figuur 32.

Figuur 35 toont het pad van de data voor de vier gevallen in de a,b -ruimte over de periode van 12 t/m 20 november. Hieruit komt een vergelijkbaar beeld naar voren. Spuien/leken in de ochtend (a,b) bewegen zich snel ruim buiten de drie standaard deviaties rondom het gemiddelde (rode staart vanaf de zwarte cirkel). Dit is eveneens geverifieerd voor de periode tussen 6 en 9 uur 's ochtends (niet weergegeven). In de middag en avond, echter blijven de paden binnen de 3 standaard deviaties en zijn daarom moeilijk als afwijkend herkenbaar.



Figuur 35: Beweging van het volumestroomsignaal in de a,b -ruimte in de periode van 12 t/m 20 november met een synthetisch lek op 20 november tussen 3 en 6 (a), 9 en 12 (b), 15 en 18 (c), en 21 en 24 uur (d), respectievelijk.. Contouren geven 1..n standaarddeviaties van de bewegingen t.o.v. de gemiddelde positie over de periode van 12-19 november (onverstoord) weer. De zwarte cirkel geeft het moment van aanvang van de spuiproef aan.

5.4 Discussie

De beperkte veld- en synthetische tests die zijn uitgevoerd leiden tot de conclusie dat de real-time VLPV-methode met schuivend tijdvenster in de eerste helft van de dag tot goede resultaten leidt: een afwijking in het volumestroompatroon uit zich in een afwijking van vele standaarddeviaties in de a,b -ruimte. Deze afwijking lijkt vele malen groter dan in een vergelijking met historische data. In de middag- en avonden wordt echter geen onderscheidend vermogen gevonden. Het lijkt de moeite waard om dit gedrag verder te onderzoeken om het nader te kunnen duiden. Een voor de hand liggende benadering is om te bekijken welke positie de datapunten behorende bij de anomalie (spuiproef, lek) op de VLPV-

curve terechtkomen als functie van het aanvangstijdstip van de afwijking en welke consequenties dit heeft voor de helling en y-asafsnode. Dit ligt echter buiten de scope van dit project.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

6.1.1 VLPV-blokanalyse Proeftuin

In totaal zijn er vele tientallen veranderingen in de leveringspatronen van de Proeftuin geconstateerd. Deze zijn naast de storingenregistratie van Vitens gelegd (zie Tabel 8) en in samenspraak met experts van Vitens geïnterpreteerd. Het merendeel van de in deze registratie opgenomen gebeurtenissen was duidelijk of minder duidelijk in de analyse terug te vinden; voor een minderheid geldt dat deze niet was terug te zien. Het betreft hier mogelijk (deels) incidenten met een beperkte volumestroom en dus een beperkt effect in de data. Daarnaast zijn er veel veranderingen in de data gevonden die niet konden worden gekoppeld aan een storing in het Vitens-log en evenmin aan een externe oorzaak zoals bijvoorbeeld warm weer of schoolvakanties. Het betreft hier dus in feite nieuwe informatie. In een aantal gevallen wijzen deze afwijkingen direct of indirect op open grensafsluiters tussen deelbalansgebieden.

Tabel 8: Overzicht van bij Vitens geregistreeerde en in VLPV-analyses naar voren zichtbare gebeurtenissen in het distributienetwerk van de Proeftuin in de geanalyseerde periode.

Deelbalansgebied	Match met log Vitens?			Niet in log	Externe oorzaak
	ja	mogelijk	nee		
Buitenpost	2	0	2	5	4
Bergum	4	1	1	9	1
Dokkum	0	1	1	3	3
Holwerd	0	0	0	3	2
Leeuwarden	4	7	6	3	0
Totaal	10	9	10	23	10

In vier gevallen is er sprake van gelijktijdige afwijkingen in twee aangrenzende deelbalansgebieden zonder duidelijke verklaring uit bekenden (weer, vakanties, werkzaamheden, etc.). Deze afwijkingen worden voor individuele gebieden veelal geïnterpreteerd in termen van een open grensafsluiter, hetgeen verder wordt ondersteund door dit gelijktijdige optreden. Bovendien geven de respectievelijke combinaties aan op welke grens de open afsluiter zich zou moeten bevinden of hebben bevonden (Buitenpost-Bergum, Bergum-Leeuwarden, Holwerd-Dokkum).

Op basis van dit overzicht blijkt dat toepassing van de VLPV-analyse in de Proeftuin leidt tot vergroot inzicht in het netwerk. Het is duidelijk dat deze analyse niet het eindpunt vormt, maar in ieder geval aanleiding geeft om bepaalde zaken verder uit te zoeken (bijvoorbeeld de open afsluiters).

6.1.2 Gevoeligheidsanalyse

Met behulp van numeriek toegevoegde lekken aan metingen voor de deelbalansgebieden van de Proeftuin is voor ieder van de gebieden vastgesteld welke lekomvang er onder rustige (geen andere anomalieën) en onrustige (verstoorde patroon) omstandigheden te herkennen zijn. Deze omvang is voor ieder van de deelbalansgebieden voor beide sets omstandigheden weergegeven in Tabel 9. Onder ideale omstandigheden blijkt een lek van slechts 2% van de gemiddelde volumestroom van een gebied al zichtbaar; onder moeilijke omstandigheden loopt dit op tot 15-20%.

Tabel 9: Overzicht van bepaalde detectielimieten voor de verschillende gebieden onder rustige en onrustige omstandigheden.

	rustig	onrustig
Buitenpost	10%	15%
Burgum	10%	15%
Dokkum	10%	15%
Holwerd	2%	10%
Leeuwarden	10%	20%

6.1.3 Real-time VLPV-analyse met schuivend tijdvenster

De zogenaamde real-time VLPV-analyse maakt gebruik van een schuivend tijdvenster, zodat steeds een actueel beeld op basis van de data van de laatste 24 uur kan worden gemaakt. Doel van deze methodiek is om bijna instantaan (d.w.z. binnen enkele uren) het ontstaan van nieuwe lekken te kunnen detecteren. Voor toepassing op langere termijnen is de VLPV-blokanalyse geschikter.

Hoewel dit in een vergelijking met eerdere gegevens heel goed te herkennen is, blijkt de real-time VLPV-analyse niet in staat om een in het veld gesimuleerd lek (open brandkraan) van 6 m³/uur in de wijk Westeinde in Leeuwarden te detecteren. Een nadere analyse op basis van synthetische (numeriek toegevoegde) spuiproeven wijst uit dat kortdurende afwijkingen die in de ochtend optreden heel goed te herkennen zouden moeten zijn (vele standaarddeviaties afwijking van de reguliere situatie), maar dat afwijkingen/lekken die in de middag of avond optreden niet te onderscheiden zijn van het reguliere gedrag met deze methode. Vooralsnog maakt dit de real-time VLPV-analyse met schuivend tijdvenster minder geschikt voor toepassing in de praktijk. Het lijkt de moeite waard om dit gedrag verder te onderzoeken om het nader te kunnen duiden, maar dit ligt buiten de scope van dit project.

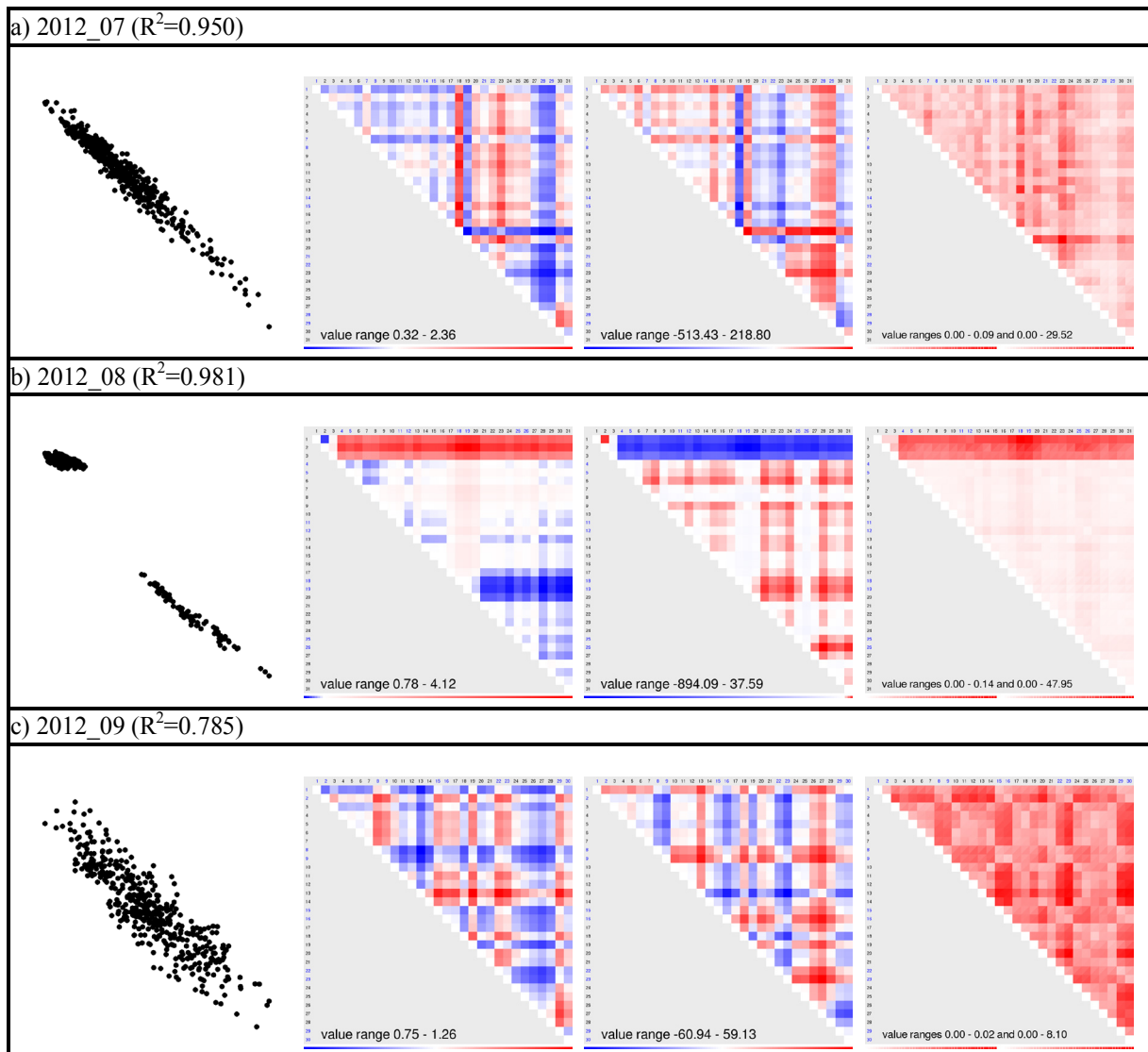
6.2 Aanbevelingen

- Voor een succesvolle toepassing van welke data-analysemethode dan ook, dus ook de VLPV-methode, wordt een centrale, volledige en correcte registratie van alle relevante factoren aanbevolen. Het gaat hierbij onder andere om afsluiterstanden en -manipulaties, bedrijfsvoering, etc. Hiermee wordt de interpretatie van analyses vergemakkelijkt en worden niet-relevante afwijkingen weggestreept, waardoor de aandacht gericht kan worden op die afwijkingen die mogelijk wel relevante informatie over het netwerk bevatten.
- Dit rapport biedt een onderbouwing van de toegevoegde waarde van VLPV-analyses. De reeds gestarte experimentele toepassing van de methode door Vitens zelf moet dit beeld verder versterken. Een evaluatie op basis van in ieder geval meerdere maanden ervaring wordt aanbevolen.
- Een VLPV-analyse van meerdere jaren aan gegevens maakt beter duidelijk wat “natuurlijke” variaties van het systeem (bijvoorbeeld door de seizoenen heen) zijn, waarmee het herkennen van relevante afwijkingen veroorzaakt door onbekenden (zoals nieuwe lekken of open afsluiters) gemakkelijker zou moeten worden.
- De VLPV-analyses van Proeftuindata tonen diverse aanwijzingen voor open grensafsluiters. Extra aandacht hiervoor wordt aanbevolen.
- Een nadere beschouwing van gerealiseerde en haalbare meetnauwkeurigheden (in brede zin: nauwkeurigheid, precisie, etc.) op verschillende schalen (DMA's, deelbalansgebieden) zal een duidelijker beeld van haalbare detectiegrenzen voor afwijkingen opleveren.
- Toepassing van de real-time VLPV-methode met schuivend tijdvenster in de praktijk wordt vooralsnog niet aanbevolen. Nader onderzoek moet de bestaande problemen duiden en wellicht een richting voor oplossingen bieden.

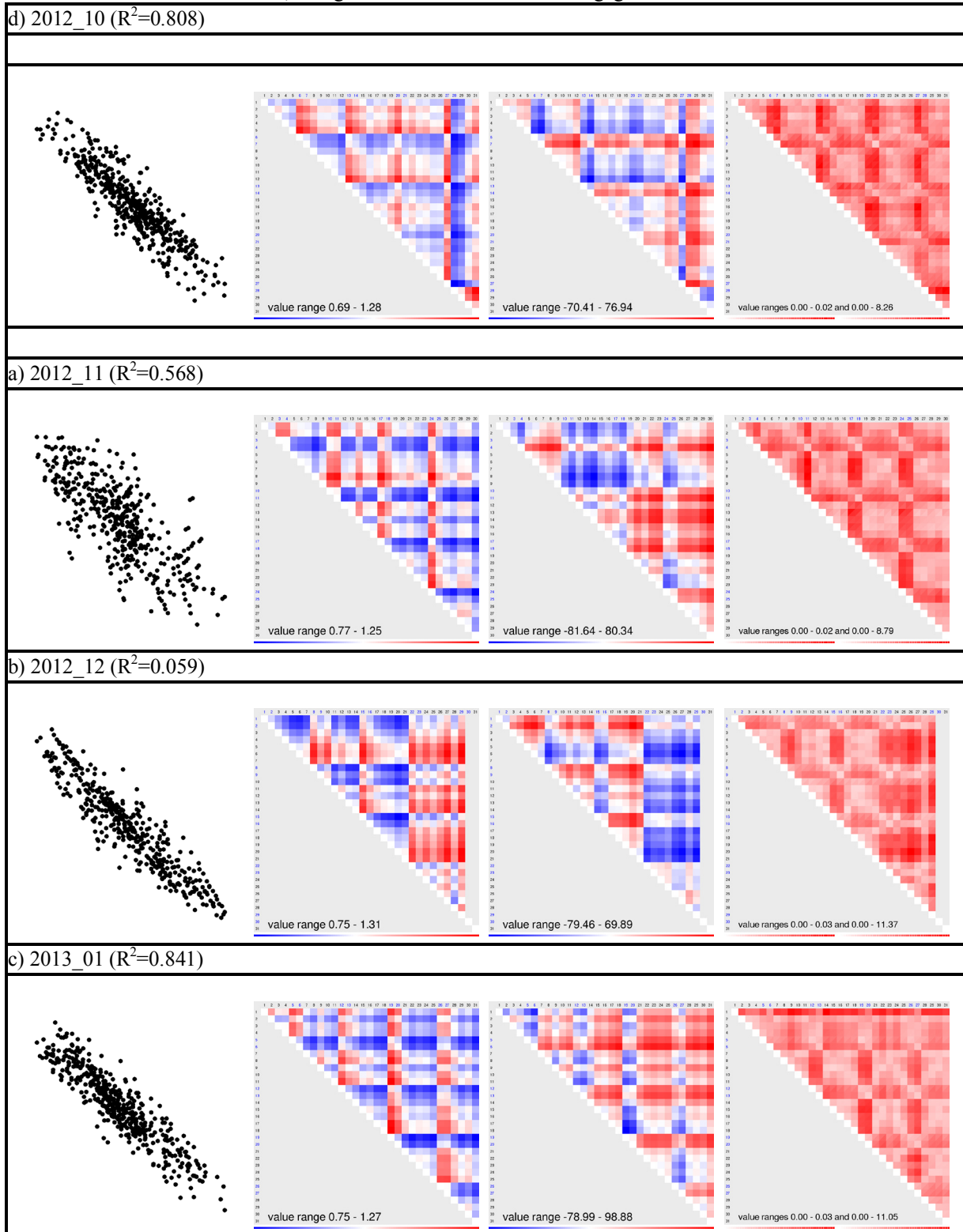
Appendix I - Retrospectieve blokanalyse per deelgebied alle maanden

Buitenpost

VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_07 t/m 2012_09. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

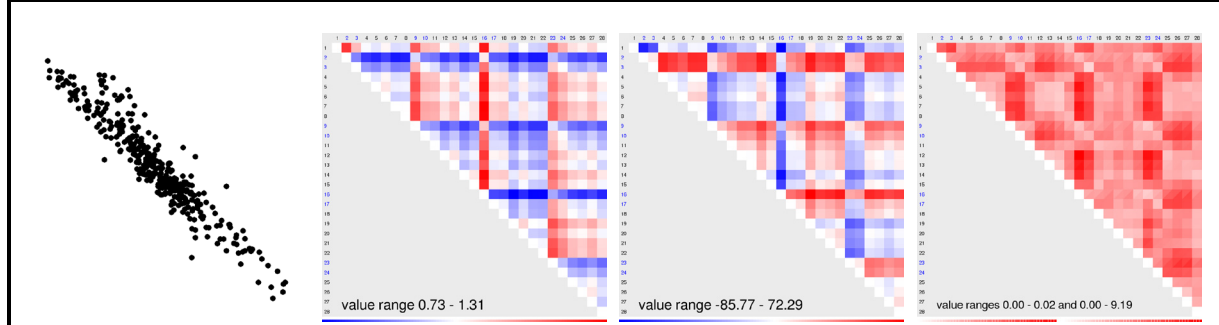


VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_10 t/m 2013_01. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

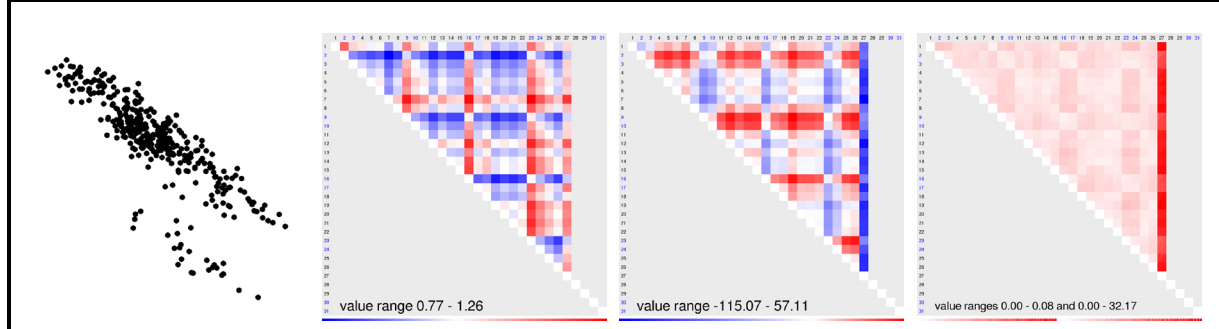


VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2013_02 t/m 2013_03. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

d) 2013_02 ($R^2=0.901$)

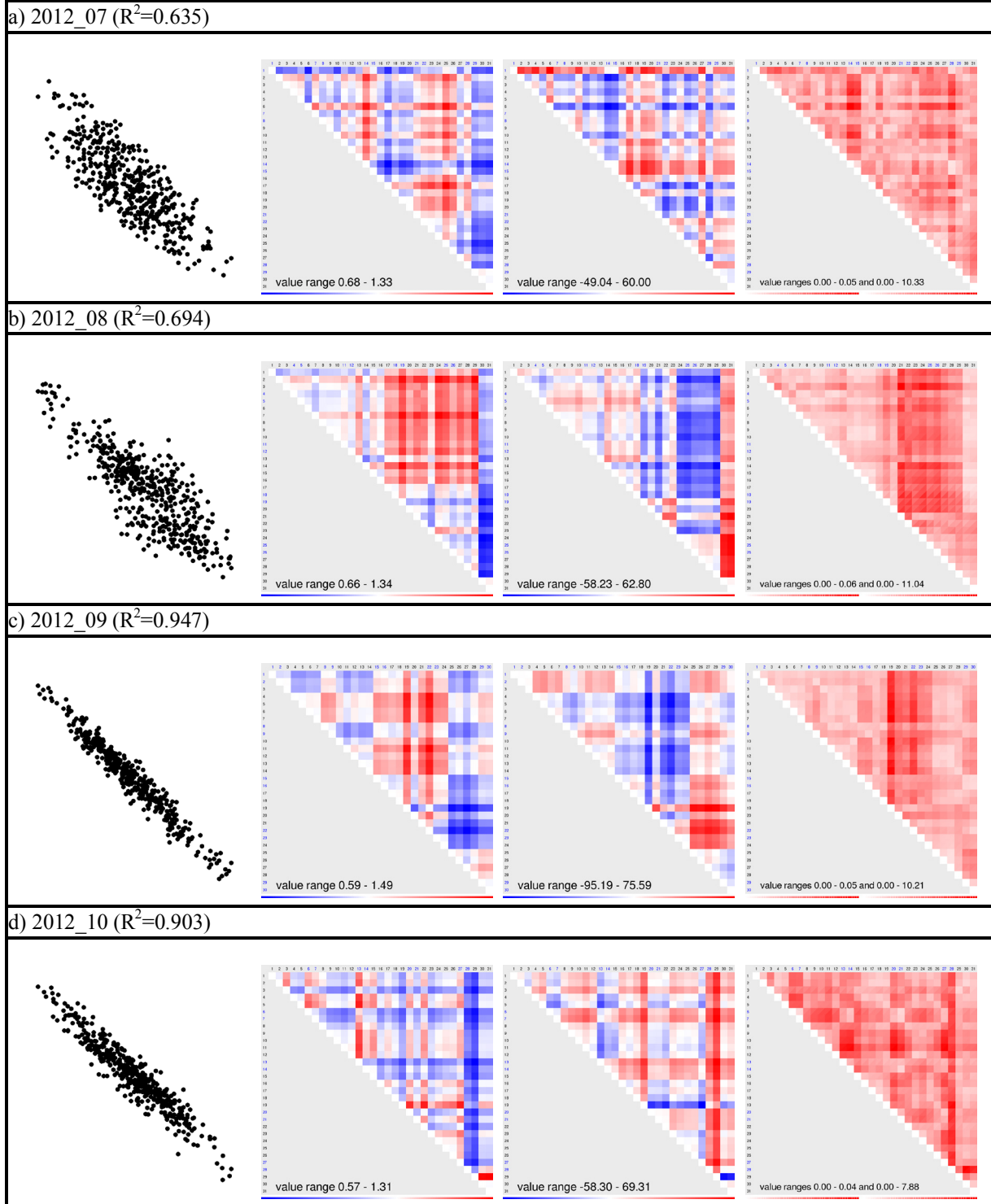


a) 2013_03 ($R^2=0.012$)

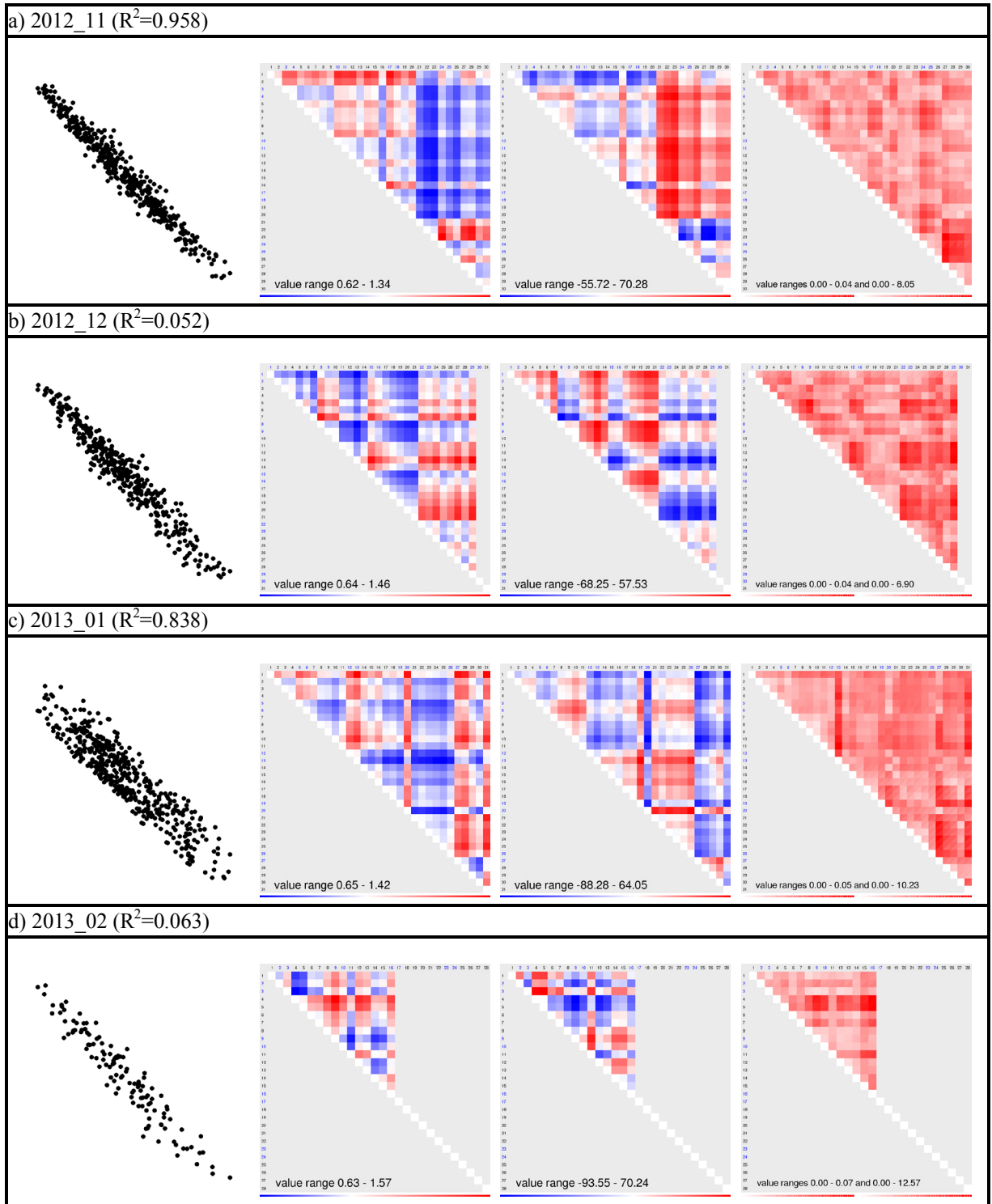


Bergum

VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_07 t/m 2012_10. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.



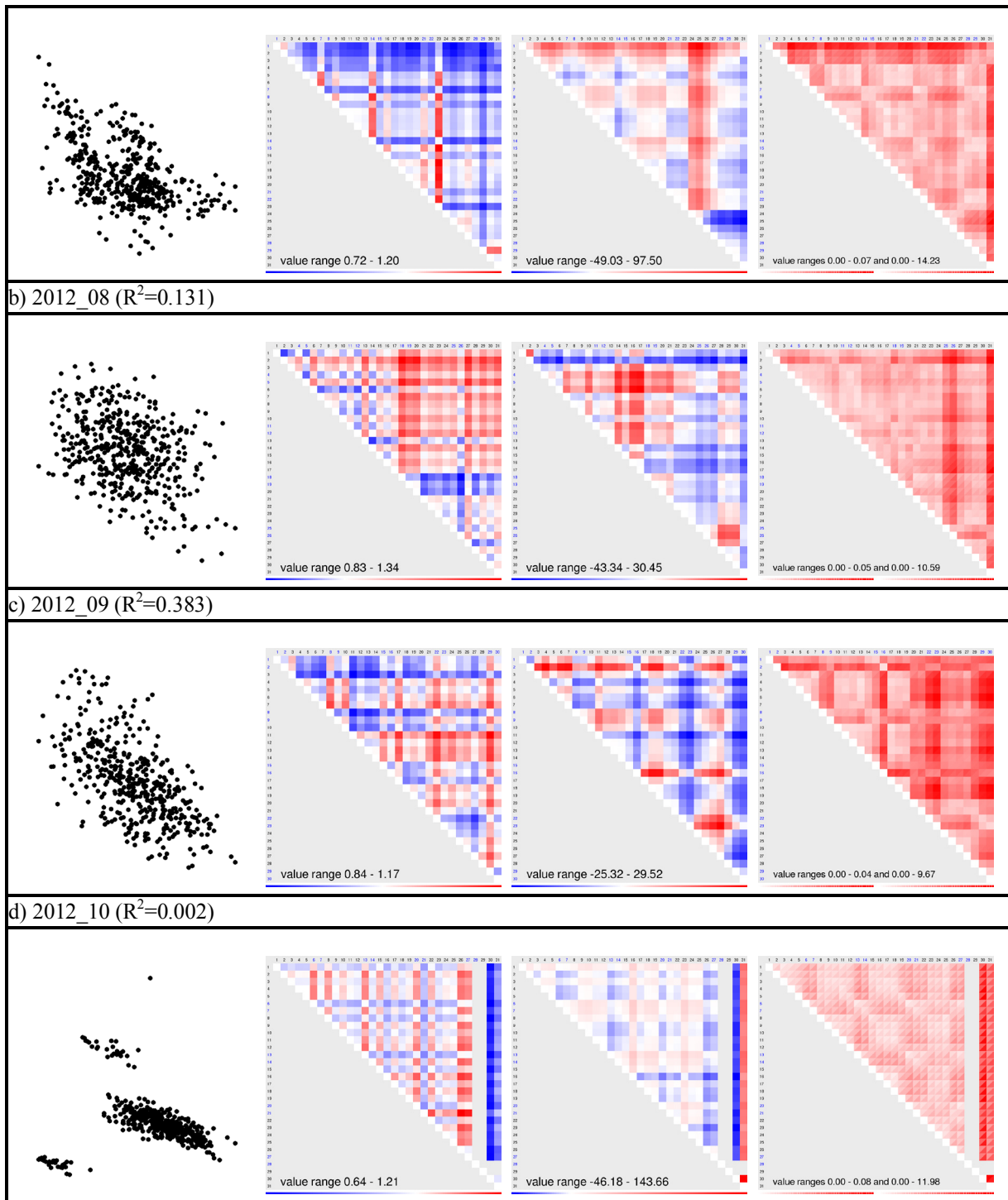
VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_11 t/m 2013_02. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.



Dokkum

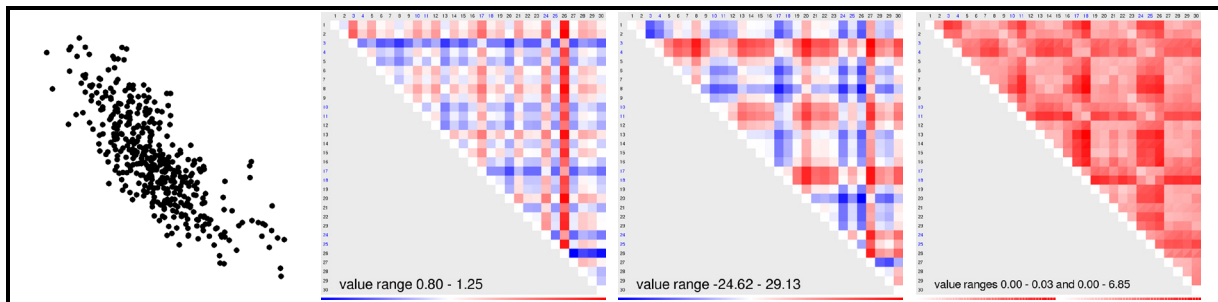
VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_07 t/m 2012_10. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

a) 2012_07 ($R^2=0.271$)

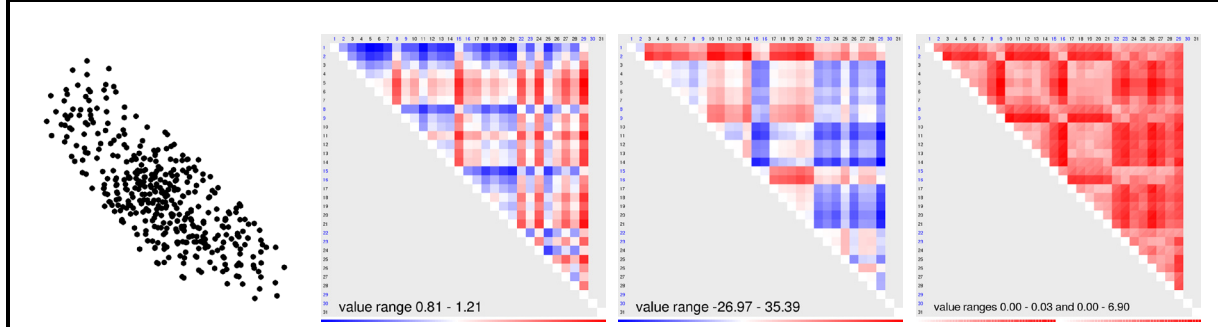


VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_11 t/m 2013_02. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

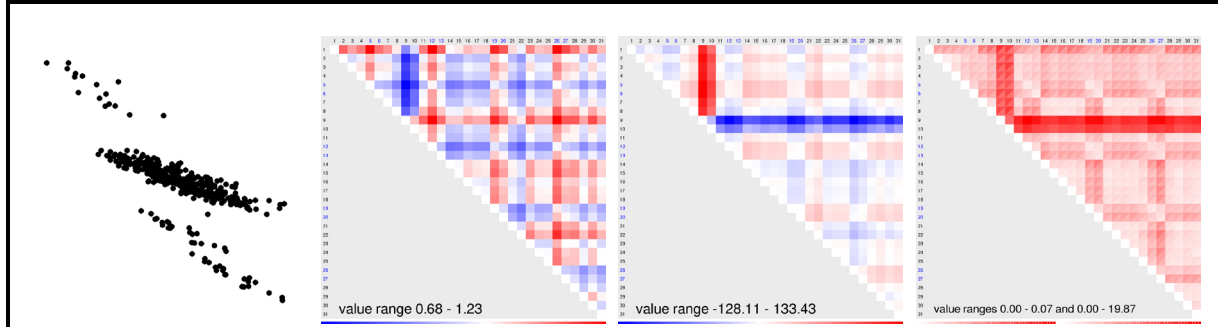
a) 2012_11 ($R^2=0.589$)



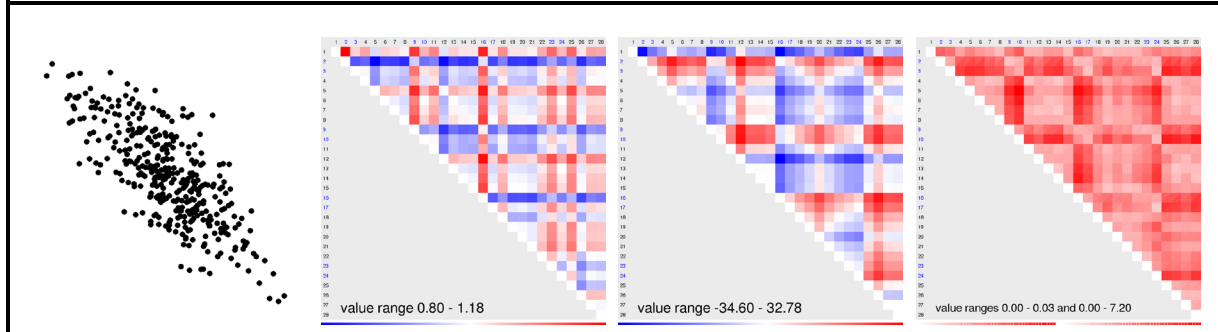
b) 2012_12 ($R^2=0.003$)



c) 2013_01 ($R^2=0.549$)

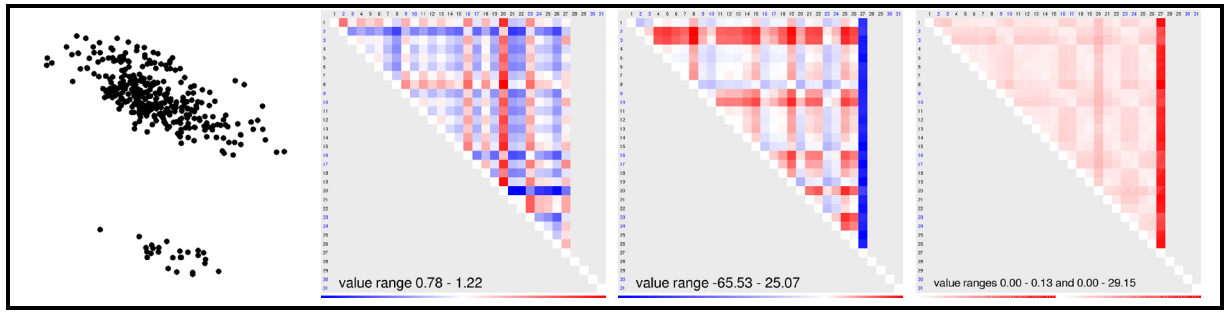


d) 2013_02 ($R^2=0.572$)



VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2013_03 t/m 2013_03. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

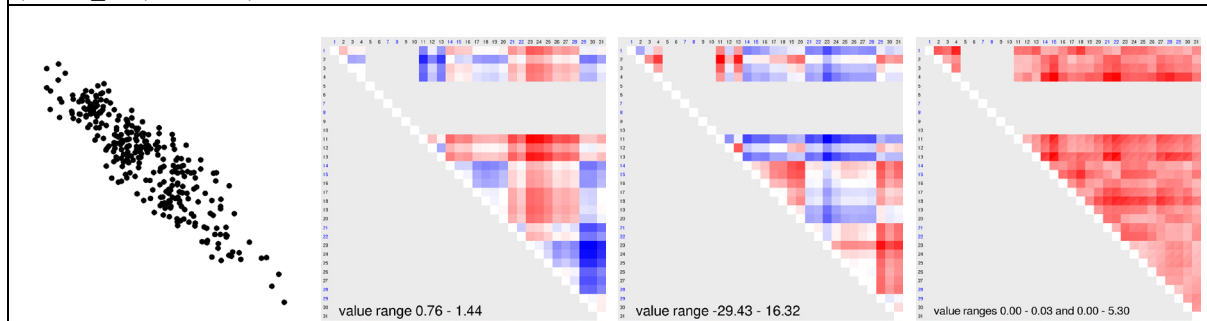
a) 2013_03 ($R^2=0.004$)



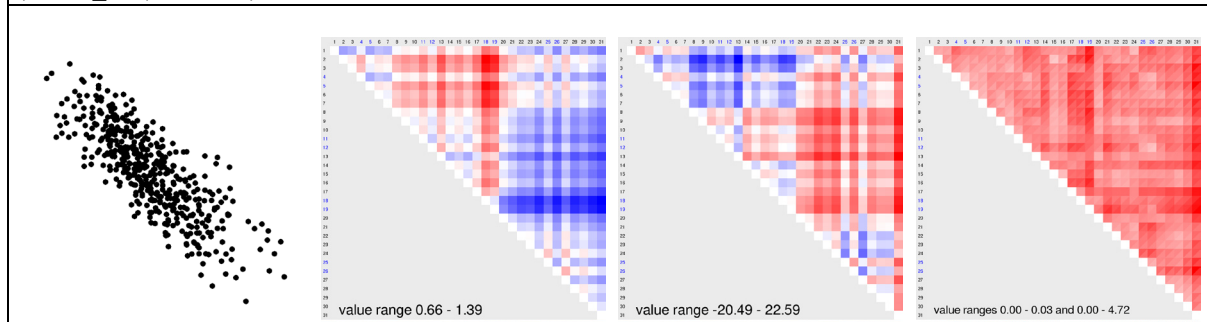
Holwerd

VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_07 t/m 2012_10. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

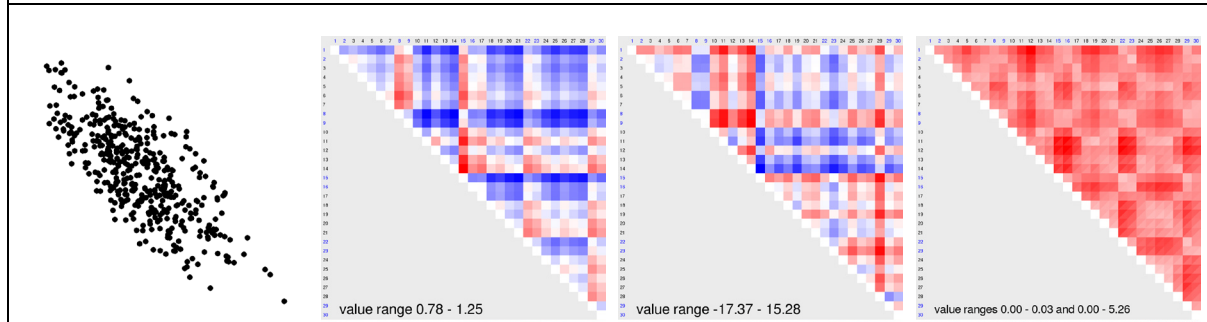
a) 2012_07 ($R^2=0.029$)



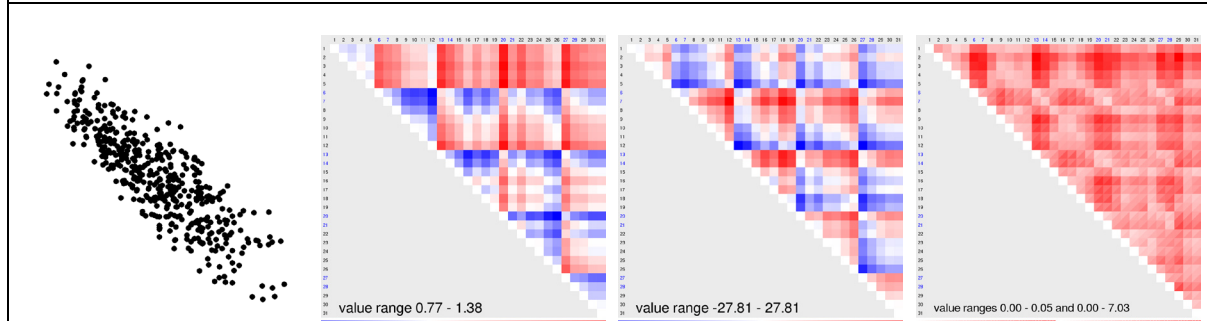
b) 2012_08 ($R^2=0.649$)



c) 2012_09 ($R^2=0.528$)

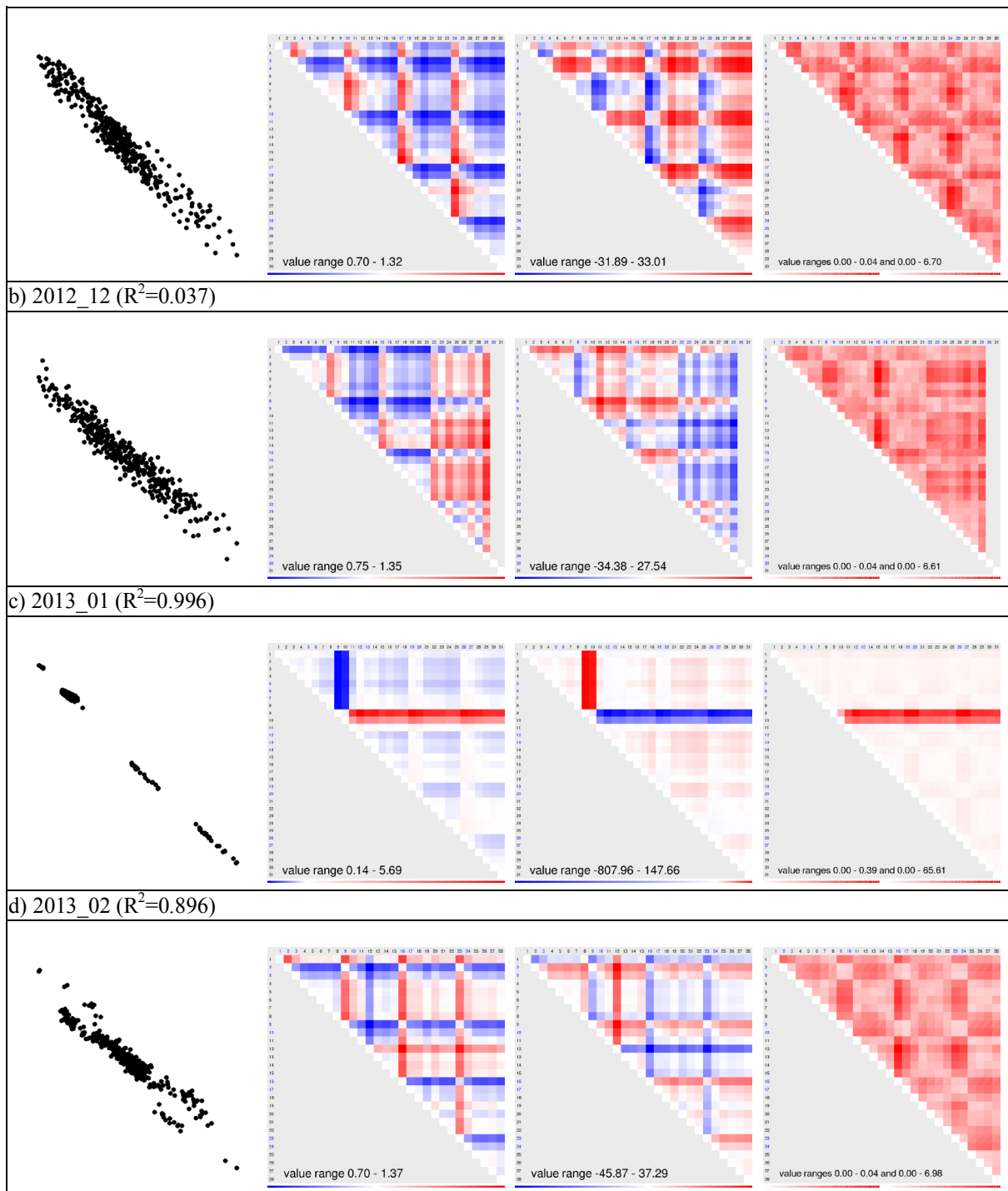


d) 2012_10 ($R^2=0.716$)



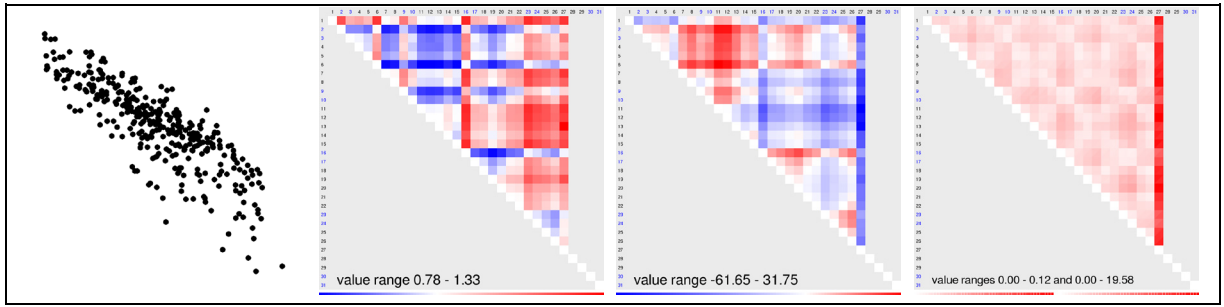
VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_11 t/m 2013_02. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

a) 2012_11 ($R^2=0.938$)



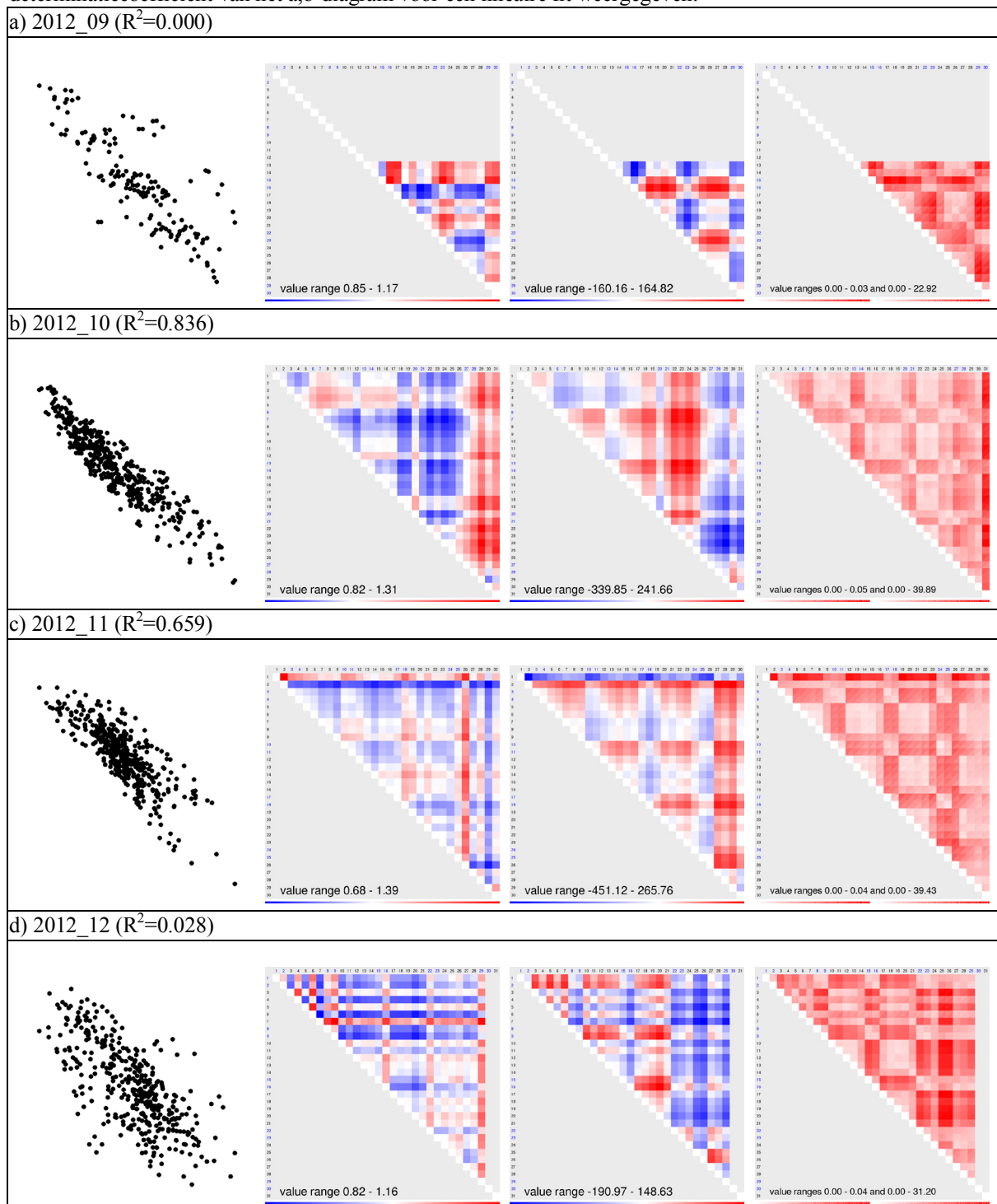
VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2013_03 t/m 2013_03. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

a) 2013_03 ($R^2=0.045$)

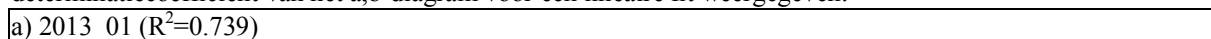


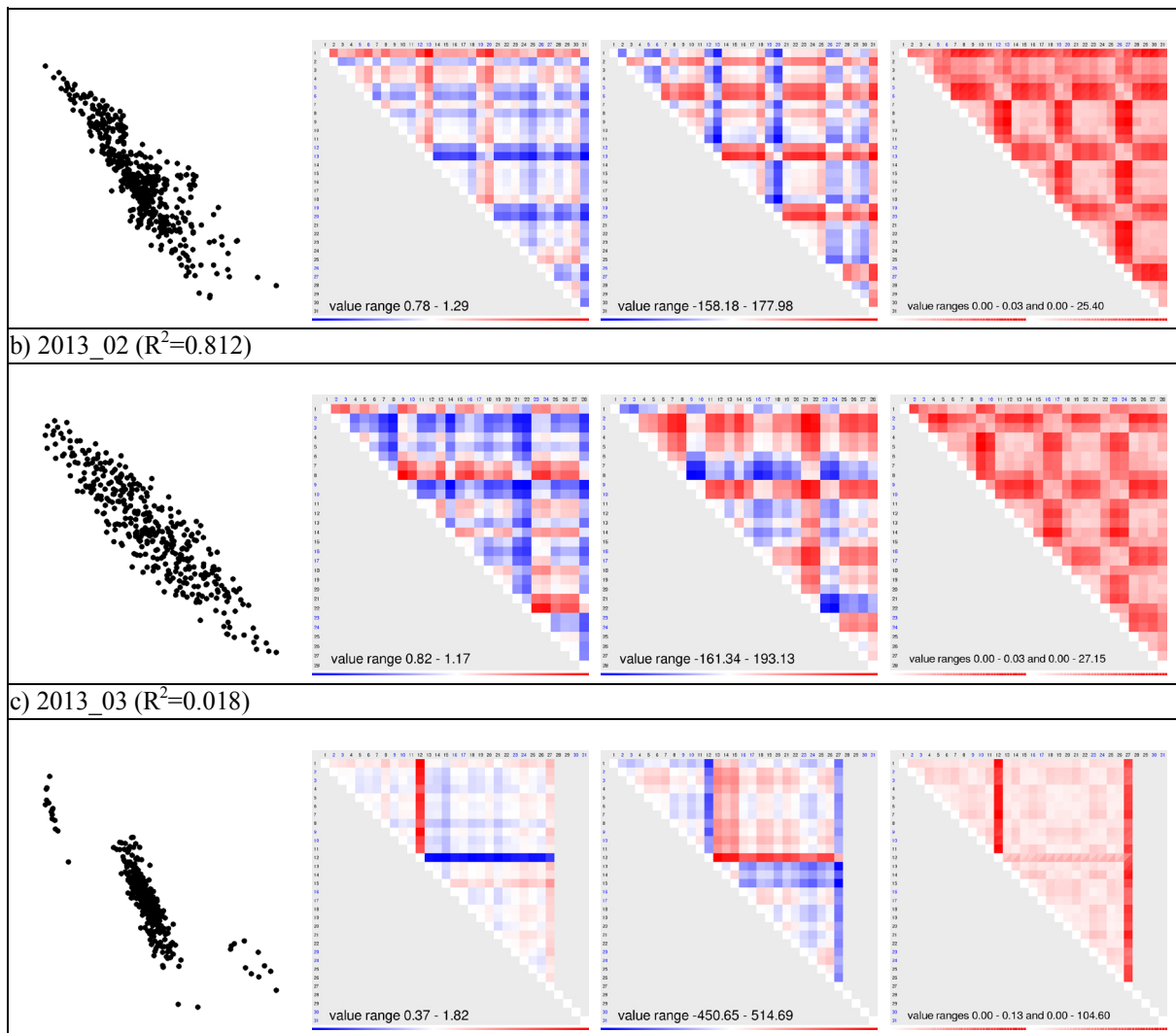
Leeuwarden

VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2012_09 t/m 2012_12. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.

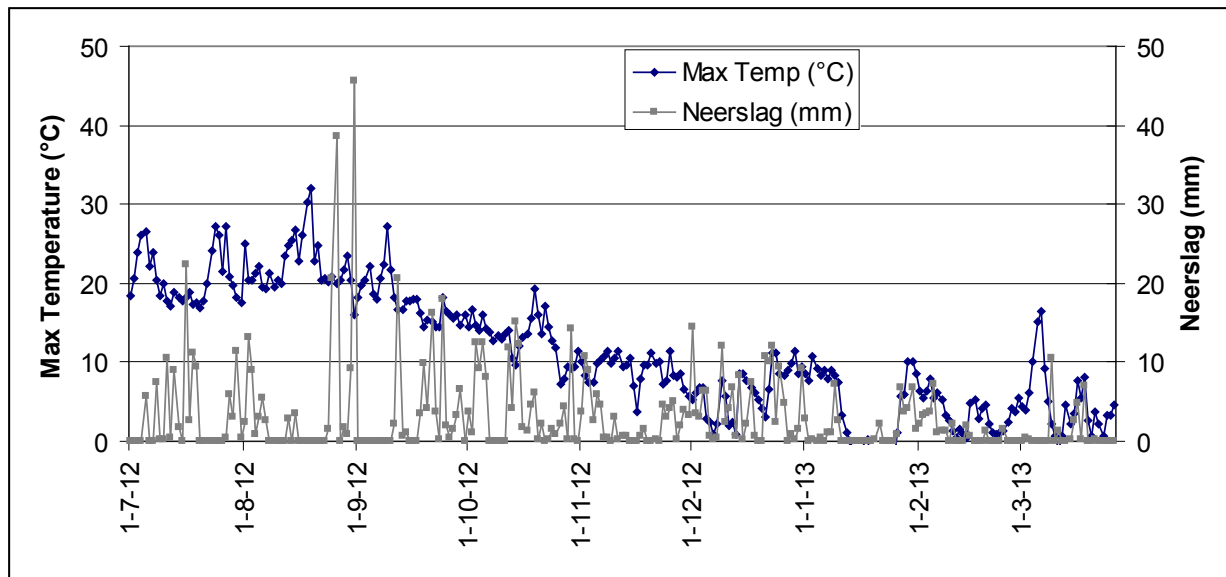


VLPV-blokanalyseresultaten voor Analysis voor de periode 2013_01 t/m 2013_03. Van links naar rechts zijn weergegeven a,b-diagrammen, hellingen, intercepts en standaarddeviaties. Tussen haakjes is de determinatiecoëfficiënt van het a,b-diagram voor een lineaire fit weergegeven.





Appendix II: Weergegevens juli 2012 – maart 2013 – weerstation Leeuwarden



Appendix III: Loggegevens

2012 :

- 26-6 tot 03-08-2012 geen gegevens van KLM/SHT naar Pi gestuurd.*
07-08 : diverse malen uitval verbinding KLM/SHT
08-08 : Balansgebied Bergum 250mm bij Nijega dicht van 13:30 – 15:00 uur.
21-08 : Balansgebied Bergum 250 mm bij Nijega dicht. Tot 29-08
24-08 : Balansgebied Leeuwarden lekkage van ca 1000m³ van 20:00 – 22:00 uur *
30-08 : Balansgebied Leeuwarden spuiwerkzaamheden.*
12-09 : Balansgebied Leeuwarden : aanpassen van de telpulsen flowmeters Wirdum. Stonden te laag ingesteld. Waterbalans nu weer goed.
18-09 : Balansgebied Bergum 250 mm bij Nijega dicht. Tot 24-09.
18-09 : Balansgebied Bergum lekkage 250mm Kloosterlaan te Bergum van 09:00 – 11:00 uur.
19-09 : Balansgebied Leeuwarden opmerking over verhoging min nacht afname in de agenda
24-09 : Balansgebied Leeuwarden lekkage Camminghaburen (kant Noordbergum) 100mm PVC
01-10 : Produktiestop Noordbergum. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden
08-10 : Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden
19-10 : Balansgebied Buitenpost lekkage flowtoename 25-30m³ van 08:45 – 11:00 uur
20-10 : Balansgebied Leeuwarden toename ca 100m³ gedurende 2 dagen
30-10 : Balansgebied Dokkum : Flowmeting TR23 defect
31-10 : Balansgebied Buitenpost lekkage Surhuisterveen van 15:00 – 18:00 uur.
01-11 : Balansgebied Franeker : tijdelijk geen water naar dit gebied. Mogelijk merkbaar in balansgebied Leeuwarden.
02-11 : Werkzaamheden Tele 2+
05-11 : Balansgebied Leeuwarden : spuiwerkzaamheden ook op 06-11 en 07-11
26-11 : Balansgebied Leeuwarden : spuiwerkzaamheden van 09:00 -10:00 uur drukkklachten vanuit Leeuwarden.
28-11 : Balansgebied Leeuwarden : hoger verbruik van ca 400 m³ in verband met lopende spui op de 500 mm Julianalaan Leeuwarden duurt tot 3 december.
29-11 : Balansgebied Buitenpost : hoger verbruik van 14:00 – 16:00 uur i.v.m in gebruik nemen nieuwe leiding.
06-12 : Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden
11-12 : Produktiestop Spannenburg. Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden

2013 :

- 11-01 : Balansgebied Dokkum : Lekkage in Dokkum aan de Eelaan.
14-01 : Open verbinding tussen Balansgebieden Buitenpost en Bergum dichtgezet.
04-02 : Balansgebieden Buitenpost spuiwerkzaamheden.
07-02 : Produktiestop Noordbergum+.
11-02 : Lekkage Balansgebied Grouw, mogelijk gevolgen voor Balansgebied Leeuwarden.
17-02 : Balansgebied Bergum lekkage nabij Suameer van 02:00 – 05:00 uur*
18-02 : Balansgebieden Buitenpost uitval distributie suppletiereservoir Kollum i.v.m. stroomstoring
26-02 : Produktiestop Terwisscha, Mogelijk gevolgen voor Balansgebied Bergum.*
07-03 : Balansgebied Leeuwarden hoger verbruik in verband met vullen 500mm³
08-03 : Balansgebied Leeuwarden hoger verbruik in verband met vullen 500mm³
11-03 : Balansgebied Leeuwarden hoger verbruik in verband met spuien 500mm³
12-03 : Balansgebied Leeuwarden mega lekkage te Leeuwarden van 19:00 – 22:00 uur.
14-03 : Balansgebied Leeuwarden hoger verbruik in verband met vullen en spuien 630mm³

* in analyse buiten beschouwing gelaten vanwege als onbetrouwbaar gemarkeerde leveringsdata

+ in analyse buiten beschouwing gelaten vanwege onduidelijke consequenties

