

Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata


PT8446

31 maart 2010

Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata

PT-8446

Verantwoording

Titel	Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata
Opdrachtgever	Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB)
Projectleider	Thomas Keijzer
Auteur(s)	Thomas Keijzer, Frank Volkering, Simon Vriend (Deltares) en Pauline van Gaans (Deltares)
Projectnummer	4570326
Aantal pagina's	118 (exclusief bijlagen)
Datum	31 maart 2010
Handtekening	

Colofon

Tauw bv
afdeling Bodem
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon (0570) 69 99 11
Fax (0570) 69 96 66

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001.

Kenmerk R001-4570326FVO-Ios-V02-NL

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
Informatieblad bij het project	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
1.1 Doelstelling van het project	15
1.2 Samenstelling consortium	16
1.3 Leeswijzer	17
2 Korte beschrijving activiteiten	21
2.1 Activiteit 1 – Inventarisatie & belronde	21
2.2 Activiteit 2 – Definiëren van archetypen op basis cases	22
2.3 Activiteit 3 – Archetypen koppelen aan statistische tests	22
2.4 Activiteit 4 – Maken en beschrijven statistische <i>tools</i>	23
2.5 Activiteit 5 – Workshop	23
2.6 Activiteit 6 – Aanzet tot cursus & gebruik	23
2.7 Activiteit 7 – Distributie en beheer	24
2.8 Activiteit 8 – Eindrapportage	24
3 Inventarisatie en probleemanalyse	27
3.1 Uitgevoerde werkzaamheden	28
3.2 Resultaten gebruik statistiek in de bodemketen in Nederland	29
3.3 Resultaten gebruik statistiek in de bodemketen in vier Europese landen	30
3.4 Conclusie en aanbevelingen	31
4 Archetypen en de koppeling met de statistische tests	35
4.1 Definiëren van archetypen op basis van cases	35
4.2 Koppeling archetypen aan statistische tests	36
4.3 Eisen aan datasets	48
4.4 Het verschil tussen een statistische test en een statistische tool	49
5 Statistische tools	53
5.1 Algemene inleiding op de statistische <i>tools</i>	53
5.2 In welke volgorde moeten de verschillende <i>tools</i> gebruikt worden?	59

5.3	Algemene statistische <i>tools</i> om een dataset te kunnen beoordelen	61
5.3.1	Module basisstatistiek	61
5.3.2	Module verdeling	64
5.4	Statistische <i>tools</i> waarmee kan worden nagegaan of aan een bepaald criteria wordt voldaan	67
5.4.1	Module uitbijters	67
5.4.2	Module t-toets.....	72
5.5	Statistische <i>tools</i> om te beoordelen of er sprake is van een trend binnen de dataset ..	75
5.5.1	Module trend-1 voor kleine datasets	75
5.5.2	Module trend-2 voor grote datasets	79
5.5.3	Module trend uitbijter.....	83
5.6	Statistische <i>tools</i> om verschillende datasets onderling met elkaar te vergelijken	86
5.6.1	Module voor twee datasets (t-groep).....	86
5.6.2	Module voor paarsgewijze toets van twee datasets (t-paar)	89
5.6.3	Module correlatie en scatter	92
5.7	Interpolatietechnieken	95
6	Verslaglegging workshop.....	103
7	Gebruik van de tools: cursus, distributie en beheer.....	109
7.1	Aanzet tot een cursus.....	109
7.2	Uitwerking van de cursus	109
7.3	Distributie of waar kan ik de statistische <i>tools</i> vinden	113
7.4	Beheer, onderhoud en bekende problemen.....	113
8	Literatuur.....	117

Bijlage(n)

1. Voorbeeld datasets
2. Presentaties workshop

Informatieblad bij het project

Project

Item	Omschrijving
SKB-projectnummer	PI8033/PT8446
Datum voorstel	28 mei 2008
Titel	Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata
Verkorte titel	Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata
Tenderronde	2 juni 2008
Projectkosten	EUR 57.772,00
Startdatum project	1 oktober 2008
Einddatum project	31 december 2009

Samenstelling consortium

Organisatie	Contactpersoon	Telefoonnummer	E-mailadres
<i>Penvoerder</i>			
Tauw	Th.J.S. Keijzer	(0570) 69 97 17	thomas.keijzer@tauw.nl
<i>Leden</i>			
Deltares	P.F.M. van Gaans	(030) 256 46 54	pauline.vangaans@tno.nl
Groundwater Technology	E. de Zeeuw	(010) 238 28 56	
Gemeente Den Haag	M.P. Pluim	(070) 353 62 31	m.pluim@dsb.denhaag.nl

Samenvatting van het project

Binnen het werkveld bodem krijgen we steeds vaker te maken met meetreeksen. Dit wordt belangrijker naar mate er vaker voor een saneringsoplossing wordt gekozen waarbij tijd een belangrijke saneringsparameter is. Betrouwbare en eenduidige interpretatie van deze meetreeksen is, mede in het licht van kwaliteitsdenken, noodzakelijk. Statistiek is daar een onontbeerlijk hulpmiddel bij.

De doelstelling van het project is het introduceren van het gebruik van statistiek in het werkveld bodem. Om dit doel te kunnen bereiken zijn binnen dit project eenvoudige statistische *tools* voor een aantal statistische standaardtests ontwikkeld. Deze *tools* kunnen worden gebruikt voor de interpretatie van data verkregen uit diverse soorten milieuonderzoek. Op deze wijze is het

mogelijk dat statistische interpretaties door alle betrokkenen in de bodemketen op een uniforme, reproduceerbare en voor alle betrokken partijen begrijpelijke wijze plaatsvindt.

Trefwoorden

Gecontroleerde trefwoorden	Vrije trefwoorden
Bodemverontreiniging	Interpretatie
Monitoring	Dataset
Statistiek	
Statistische analyses	

Samenvatting

Monitoringsgegevens, meetreeksen, grondwatergetallen ... data! Binnen de bodemwereld worden heel wat gegevens verzameld. Véél van die gegevens worden als kale getallen, zonder interpretatie, zonder voorspelling of trendanalyse of zelfs zonder inbedding binnen het verwachtingenkader, aan een opdrachtgever of bevoegd gezag gerapporteerd. Maar data zoals monitoringsgegevens hebben op zichzelf geen waarde zolang ze niet worden geïnterpreteerd. Naar aanleiding van de discussies tijdens de KIS van september 2007 over natuurlijke afbraak was één van de conclusies die werd getrokken dat de statistische onderbouwing van monitoringsdata te vaak ontbreekt. Het idee is toen ontstaan om de bodemadviseur een aantal eenvoudige statistische hulpmiddelen te geven om deze onderbouwing op een reproduceerbare en begrijpelijke wijze te kunnen laten uitvoeren. Dit idee heeft uiteindelijk geleid tot het project *Statistisch verantwoorde interpretatie van monitoringsdata* (PT8446). Waarvan deze rapportage de verslaglegging is.

Voorafgaand aan het project is een inventarisatie gehouden onder bodemprofessionals binnen en buiten Nederland om na te gaan in hoeverre men binnen zijn werk gebruik maakt van statistiek. Ontluisterend hierbij is dat bijna alle geïnterviewde personen het nut van statistiek inzien in hun werk maar die niet toepassen. Wel staat men over het algemeen open voor een *toolkit* waarin een aantal statistische tests worden aangeboden zodat men deze eenvoudig kan toepassen. Hierbij staan twee zaken voorop: ten eerste moet het snel en eenvoudig te begrijpen zijn en ten tweede wil men de vrijheid hebben deze statistische *tools* al dan niet in samenspraak met de andere betrokken partijen kunnen gebruiken. Men was bang voor protocolisering (hoofdstuk 3). Op basis van de inventarisatie is aan de hand van een aantal archetypen aan situaties die veel voorkomen binnen de bodemwereld gekeken welke vraagstellingen daarbij horen en waar een statistische test kan helpen de antwoorden op die vragen te onderbouwen (hoofdstuk 4). Deze statistische tools zijn vervolgens gemaakt in een veel voorkomende gebruikersomgeving. Hierbij is, vanwege technische ontwerpoverwegingen gekozen voor *Visual Basic for Applications* (VBA) binnen een Microsoft Office 2007 omgeving. De gedetailleerde toelichting en beschrijving inclusief allerlei voorbeelden hoe de statistische *tools* gebruikt en geïnterpreteerd kunnen worden is onderdeel geweest van het project (hoofdstuk 5). Dit hoofdstuk kan worden gebruikt als handleiding bij het gebruik van de statistische *tools*.

Door uitgebreid stil te staan bij hoe men de statistische *tools* kan gebruiken is het mogelijk een van de doelstellingen van het project, het introduceren van het gebruik van statistiek in het werkveld bodem, te bereiken. Deze doelstelling is getoetst gedurende een workshop (hoofdstuk 6) waarbij bodemprofessionals is gevraagd te werken met, en commentaar te leveren op de ontwikkelde *tools*. Deze terugkoppeling met het werkveld die grotendeels bestond uit positieve reacties heeft

uiteindelijk geleid tot een definitieve versie van de statistische *tools* die hoort bij deze eindrapportage (StatModules.xlsm, v1.0 d.d. 7 januari 2010).

Ook is gedurende het project een aanzet tot een cursus, om de nut en noodzaak van statistiek in het werkveld bodem te belichten en het werken met de statistische *tools* te leren, gegeven. Dit is onderdeel van de strategie om de doelstellingen van het project te bereiken. Deze cursus zal mogelijk binnen het Post Academisch Onderwijs (PAO) worden gegeven (hoofdstuk 7).

De gedurende dit project ontwikkelde statistische *tools* zijn beschikbaar en zijn voor iedereen kosteloos te downloaden via de volgende websites: www.bodemrichtlijn.nl onder bibliotheek en dan bodemsaneringstechnieken/nazorg van in situ maatregelen, op www.skbodem.nl en op www.begripinbodem.nl.

1

Inleiding

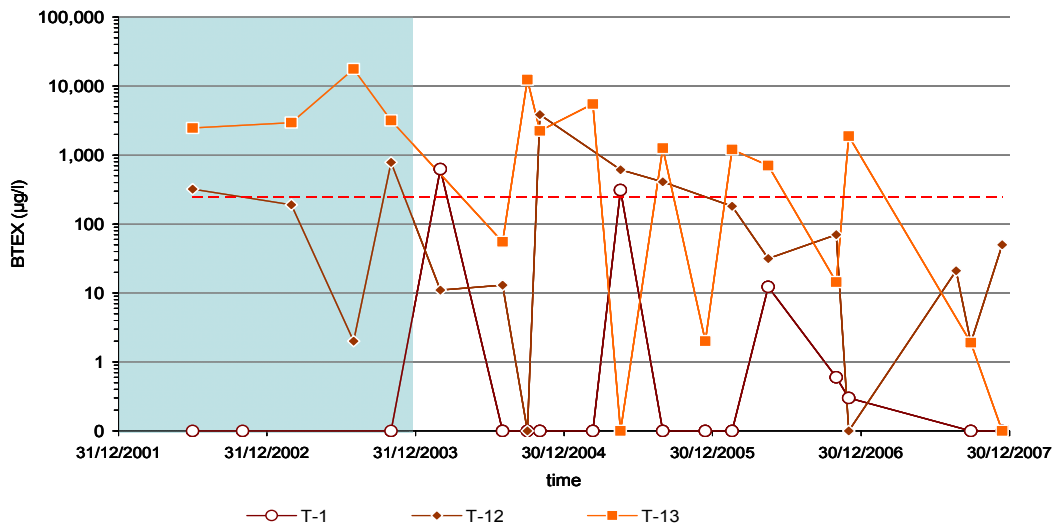
1 Inleiding

Monitoringsgegevens, meetreeksen, grondwatergetallen ... data! Binnen de bodemwereld worden heel wat gegevens verzameld. V eel van die gegevens worden als kale getallen, zonder interpretatie, zonder voorspelling of trendanalyse of zelfs zonder inbedding binnen het verwachtingenkader, aan een opdrachtgever of bevoegd gezag gerapporteerd. Maar data zoals monitoringsgegevens hebben op zichzelf geen waarde zolang ze niet worden geïnterpreteerd. In dit hoofdstuk volgt een korte inleiding op het project, de doelstelling en de doelgroep.

Naar aanleiding van de discussies tijdens de KIS (Kennis Integratie Sessie op 18 en 19 september 2007 te Papendal) over natuurlijke afbraak was  en van de conclusies die werd getrokken dat de statistische onderbouwing van monitoringsdata te vaak ontbreekt. De interpretatie van meetreeksen zal steeds vaker voorkomen, en ook belangrijker worden naar mate er vaker voor een saneringsoplossing wordt gekozen waarbij tijd een belangrijke saneringsparameter is. Als een grondwaterpluim voor een langere periode wordt gemonitord om bijvoorbeeld de natuurlijke afbraak te volgen wordt ook de interpretatie belangrijker om vragen zoals: *'Treedt de afbraak wel op?'* of *'Wat is de ontwikkeling in de grondwaterconcentratie in de tijd?'* *'Is er een dalende trend? Zo ja, hoe significant is die?'* te kunnen beantwoorden. In figuur 1.1, pagina 16, is een monitoringsreeks gegeven waarbij alleen datapresentatie niet voldoende is, interpretatie van de reeks is noodzakelijk. Deze antwoorden bevinden zich in de verzamelde meetreeksen en zijn alleen te vinden wanneer men naast het ervaren oog van een adviseur de meetreeksen ook onderwerpt aan een aantal statistische testen. Uit de tijdens de KIS gevoerde discussie is het idee ontstaan om de bodemadviseur een aantal eenvoudige statistische hulpmiddelen ter beschikking te stellen om deze onderbouwing op een reproduceerbare en begrijpelijke wijze te kunnen laten uitvoeren. Dit idee is als projectidee ingediend in de tenderronde van 1 februari 2008 (PI8033). Het idee is vervolgens verder uitgewerkt op basis van de commentaren en als projectvoorstel ingediend en gehonoreerd (PT8446).

1.1 Doelstelling van het project

De doelstelling van het project is **het ontwikkelen van eenvoudige tools voor een aantal statistische standaardtests die kunnen worden gebruikt voor de interpretatie van data verkregen uit diverse soorten milieuonderzoek**. Zodat statistische interpretaties door alle betrokkenen in de bodemketen op een uniforme, reproduceerbare en voor alle betrokken partijen begrijpelijke wijze plaatsvindt.



Figuur 1.1 Significante trend of helemaal geen trend? Monitoringgegevens na het afsluiten van een actieve sanering om vast te stellen of nalevering het halen van de terugsaneerwaarde frustreert. © Tauw, 2009

De doelstelling van het project is het gebruik van statistische interpretatie van data terug te brengen in het werkveld en hiervoor breed draagvlak te vinden bij de verschillende betrokken partijen in de bodemketen. Een statistische onderbouwing is niet altijd noodzakelijk binnen projecten, echter in de bodemwereld wordt tijd een steeds belangrijkere saneringsparameter. Denk maar aan de discussie met betrekking tot de stabiele eindsituatie of het toepassen van natuurlijke afbraak als saneringstechniek. Het introduceren van tijd als saneringsparameter heeft tot gevolg dat tijdseries belangrijker worden en dat op basis van de interpretatie van die tijdseries conclusies worden getrokken met betrekking tot het afsluiten of continueren van een sanering. Dit maakt een statistische onderbouwing van de verzamelde data wenselijk en zelfs noodzakelijk. In de doelstelling is sprake van datasets verkregen in verschillende soorten milieuonderzoek. De nut en noodzaak van statistische test is het duidelijkst bij tijdseries zoals worden verkregen bij de monitoring van bijvoorbeeld een stabiele eindsituatie. Er zijn echter meer situaties denkbaar waarbij een simpele statistische test kan helpen, ook in die gevallen wordt in de bodemketen zelden gebruik gemaakt van statistiek.

1.2 Samenstelling consortium

Het consortium dat betrokken is geweest bij het project is gegeven in tabel 1.1, pagina 17.

Tabel 1.1 Samenstelling consortium

Organisatie	Rol in de bodemketen	Contactpersoon
<i>Penvoerder</i>		
Tauw	Adviesbureau	De heer Th.J.S. Keijzer
<i>Leden</i>		
Deltares/TNO	Kennisinstituut	Mevrouw P. van Gaans
Gemeente Den Haag	Bevoegd gezag	De heer M.P. Pluim
Groundwater Technology	Aannemer	Mevrouw H. Keijzer/de heer E. de Zeeuw

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een korte beschrijving gegeven van de zeven activiteiten waaruit het project heeft bestaan. De probleemanalyse die voortkomt uit de telefonische inventarisatie die is gehouden om na te gaan waarom statistiek zo weinig wordt gebruikt in de bodemketen is gegeven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de beschrijving van de archetypen gegeven samen met de koppeling tussen de archetypen en de verschillende statistische tests. De statistische *tools* worden in hoofdstuk 5 beschreven aan de hand van verschillende voorbeelden. Bij deze beschrijving komen ook de randvoorwaarden aan bod waar de dataset aan moet voldoen zodat de statistische *tool* zinvol ingezet kan worden. **Hoofdstuk 5 kan als handleiding worden gebruikt voor de ontwikkelde statistische *tools*.** In hoofdstuk 6 wordt kort verslag gedaan van de workshop waarin de *tools* zijn getest op bruikbaarheid. Het gebruik van de statistische *tools* zoals binnen een cursus maar ook de distributie en het beheer van de *tools* wordt beschreven in hoofdstuk 7. Een lijst met literatuur specifiek gericht op statistiek binnen het milieuonderzoek is gegeven in hoofdstuk 8.

De statistische *tools* zijn op cd-rom als losse bijlage bij de rapportage gevoegd. Op de cd-rom is, gezien de grote lengte van het document, ruim 200 pagina's, de ontwikkelde VBA-Excel code van de verschillende statistische *tools* toegevoegd.

De statistische *tools* zijn beschikbaar via de volgende websites: www.bodemrichtlijn.nl onder bibliotheek en dan bodemsaneringstechnieken/nazorg van in situ maatregelen, op www.skbodem.nl en op www.begripinbodem.nl.

Korte beschrijving activiteiten

2

2 Korte beschrijving activiteiten

In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van de verschillende activiteiten die binnen het kader van het project hebben plaatsgevonden. De resultaten van de verschillende activiteiten worden in de volgende hoofdstukken beschreven.

Het project is onderverdeeld in de volgende activiteiten:

1. Inventarisatie & belronde
2. Definiëren van archetypen
3. Archetypen koppelen aan mogelijke statistische tests
4. Statistische tests uitwerken tot *tools* en deze omschrijven
5. Workshop toepassen statistische *tools* op praktijk voorbeelden
6. Aanzet tot cursus & gebruik
7. Distributie, beheer
8. Eindrapportage

2.1 Activiteit 1 – Inventarisatie & belronde

In de aanloop naar het project is vanuit SKB gevraagd om een probleemanalyse waarom statistiek niet of slechts sporadisch gebruikt wordt binnen projecten. Ook viel het SKB op dat het bevoegd gezag niet participeert in het project. Op basis van een workshop gehouden na het indienen van het projectidee, maar voor het uiteindelijke projectplan is veel bevoegd gezag benaderd om deel te nemen. Ook bij het samenstellen van het consortium is divers bevoegd gezag benaderd. Het is echter niet gelukt een bevoegd gezag in het consortium op te nemen. Een probleemanalyse over de status van het toepassen van statistiek, zoals gevraagd door SKB, lijkt daarmee wenselijk.

De huidige praktijk in de bodemketen is er één van een werkveld waarbij de prijs van een offerte of aanbidding vaak allesbepalend is. Helemaal bij overheden is de prijs een bepalende factor om werk wel of niet te gunnen. Een statistisch verantwoorde wijze van omgaan van data is daarbij, of beter wordt vaak gezien als een kostenverhogend aspect. Terwijl een goede interpretatie van data ook kan leiden tot het eerder stoppen van bijvoorbeeld monitoring omdat eerder (en statistisch te onderbouwen) een bepaalde trend kan worden vastgesteld. Nederland neemt in deze een andere positie in dan in bijvoorbeeld de Verenigde staten. Daar is bij alle *monitored natural attenuation* problemen voorgeschreven dat een statistische trendanalyse moet worden uitgevoerd op de verkregen data. Hoe de situatie in andere Europese landen is, is niet bekend.

Als activiteit 1 is een telefonische inventarisatie gehouden die zal dienen als basis voor een beknopte probleemanalyse. Belangrijkste vraag die hierbij moet worden beantwoord is waarom statistiek in de bodemketen niet, of zeer sporadisch wordt gebruikt. Hierbij zal ook worden gekeken naar het proces en gebruik van statistiek bij de interpretatie in enkele Europese landen. De probleemanalyse zal bestaan uit:

- Het benaderen van bevoegd gezag. De personen zal een aantal vragen worden voorgelegd over de huidige praktijk in relatie tot een (verbeterde) interpretatie van onderzoeksgegevens
- Een korte inventarisatie in welke mate statistische tests worden gebruikt in het werkproces in verschillende Europese landen, met speciale aandacht voor monitoringsdata

De uitgebreidere beschrijving en de resultaten van activiteit 1 worden beschreven in hoofdstuk 3.

2.2 Activiteit 2 – Definiëren van archetypen op basis cases

De tweede activiteit binnen het project heeft bestaan uit het beschrijven van een aantal veelvoorkomende archetypen op basis van de door het consortium ingebrachte cases.

Op voorhand is een aantal archetypen benoemd, te weten:

- Stabiele eindsituatie/stationaire pluim
- Toepassing terugvalsscenario op basis van actie- en signaalwaarden
- Onderbouwen stopzetting nazorg/monitoring/sanering op basis van een tijdsreeks
- Vaststellen achtergrondconcentratie bij diffuus voorkomende verontreinigingen

Bij de start van het project is aan het consortium de vraag gesteld voor welke situaties zij het wenselijk achten statistische *tools* te hebben om een beslissing te kunnen onderbouwen. Deze situaties zijn vervolgens eveneens als archetypen opgenomen.

De beschrijving van de archetypen is samen met de resultaten van activiteit 3, de koppeling van de statistische tests aan de archetypen opgenomen in hoofdstuk 4.

2.3 Activiteit 3 – Archetypen koppelen aan statistische tests

De volgende stap binnen het project was de koppeling van de archetypen aan de statistische tests. Hierbij is nagegaan welke hypothesen er getoetst moeten worden en welke statistische test daartoe het meest geschikt zijn. Tegelijkertijd zal er worden gekeken wat de eisen zijn waaraan de datasets moeten voldoen om de statistische test met een bepaalde significantie te kunnen toepassen. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan het aantal waarnemingen binnen de dataset et cetera. De verwachting is dat bepaalde statistische tests bij meerdere archetypes gebruikt kunnen worden.

De keuze van de statistische tests die binnen het project zijn uitgewerkt en de koppeling van deze tests met de verschillende archetypen is opgenomen in hoofdstuk 4.

2.4 Activiteit 4 – Maken en beschrijven statistische *tools*

Op basis van de resultaten van de vorige twee activiteiten is een aantal statistische tests omgewerkt tot statistische *tools*. Hierbij hebben de toepasbaarheid en duidelijkheid voorop gestaan. De *tools* zijn gemaakt als (simpele) Excel-rekensheet waarbij invoer en uitvoer gestandaardiseerd is en zo beschreven dat deze, na lezen van de korte beschrijving die integraal in de *tool* verwerkt is, voor alle betrokkenen begrijpelijk is. In de omschrijving van de *tool* is ook beschreven aan welke randvoorwaarden moeten worden voldaan om de *tool* te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld het aantal datapunten.

De statistische *tools* zullen in hoofdstuk 5 worden beschreven aan de hand van verschillende voorbeelden. Bij deze beschrijving komen ook de randvoorwaarden aan bod waar de dataset aan moet voldoen zodat de statistische *tool* zinvol ingezet kan worden. De statistische *tools* zijn op cd-rom als losse bijlage bij de rapportage gevoegd en zijn te downloaden via verschillende websites. [Hoofdstuk 5 kan als handleiding worden gebruikt voor de ontwikkelde statistische *tools*.](#)

2.5 Activiteit 5 – Workshop

Het concept van de koppeling van de statistische test aan de archetypen en aan welke criteria de datasets moeten voldoen is gepresenteerd in een workshop. In deze workshop zijn ook de statistische *tools* gepresenteerd en hoe deze te gebruiken. Aan de hand van een aantal praktijkvoorbeelden is de bruikbaarheid van de archetypen en de daaruit afgeleide toepasbaarheid van de statistische tests getoetst.

De resultaten van de workshop zijn in hoofdstuk 6 opgenomen. De commentaren en eventuele kritieken, aanbevelingen et cetera op de werking van de statistische *tools* zijn verwerkt in de eindversie van de *tools* die beschreven zijn in hoofdstuk 5.

2.6 Activiteit 6 – Aanzet tot cursus & gebruik

Gebruik van de statistische *tools* kan worden gestimuleerd door het geven van een cursus. Op basis van de workshop is een aanzet gegeven voor een cursus over nut en noodzaak van het gebruiken van statistiek. Daarnaast is het gebruik zo laagdrempelig gemaakt door de statistische *tools* te maken in Microsoft Excel, een programma dat iedereen zeer waarschijnlijk op zijn werkplek heeft.

De aanzet van de cursus is gegeven in hoofdstuk 7, samen met een beschrijving hoe distributie, beheer en onderhoud van de statistische *tools* kan worden gewaarborgd.

2.7 Activiteit 7 – Distributie en beheer

Het gebruik van de statistische *tools* valt of staat met de distributie, het beheer en een toelichting hoe de *tools* te gebruiken. Door de *tools* te maken in Excel is het eenvoudiger beheer te plegen omdat Excel-sheets als zodanig kunnen worden gedistribueerd en er geen aparte *executables* hoeven te worden gemaakt en gedistribueerd.

De beschrijving hoe distributie, beheer en onderhoud van de statistische *tools* kan worden gewaarborgd is gegeven in hoofdstuk 7 samen met de aanzet van de cursus.

2.8 Activiteit 8 – Eindrapportage

De onderhavige rapportage is de definitieve beschrijving van de hierboven genoemde activiteiten en bijbehorende (deel)resultaten.

Inventarisatie en probleemanalyse

3

3 Inventarisatie en probleemanalyse

In het basisprojectplan is als eerste activiteit een beknopte probleemanalyse opgenomen waarom het bevoegd gezag niet participeert in het project (zie Tauw-projectvoorstel P002-4570326TOK-nij-V01-NL d.d. 15 september 2008). Op basis van deze probleemanalyse is een go/no go-beslissing genomen. In het kader van activiteit 1 heeft een telefonische inventarisatie plaatsgevonden. Tijdens deze inventarisatie is aan de geïnterviewde een aantal vragen voorgelegd over de huidige praktijk in relatie tot een (verbeterde) interpretatie van onderzoeksgegevens. Tijdens de inventarisatie is ook gekeken naar het proces en gebruik van statistiek bij de interpretatie in vier Europese landen. De resultaten zijn in een eerder stadium als deelresultaat 1 in een notitie aan SKB gerapporteerd (Tauw-notitie N003-4570326TOK-nij-V01-NL d.d. 10 juni 2009) en worden in dit hoofdstuk voor de volledigheid gegeven.

Doelstelling

De doelstelling van activiteit 1 was het beantwoorden van de vraag waarom statistiek in de bodemketen niet, of zeer sporadisch wordt gebruikt.

Probleemstelling

In de workshop van 13 mei 2008 gehouden in aanloop naar het indienen van het projectvoorstel is het bevoegde gezag benaderd om deel te nemen in het project. Ook bij het samenstellen van het consortium is divers bevoegd gezag benaderd. Het beeld wat hieruit naar voren kwam is dat:

- De medewerkers die bij een bevoegd gezag werken aan het opstellen van beschikkingen en handhaving daarvan matig geïnteresseerd zijn in de al dan niet betere interpretaties van monitoringsdata. De houding is vaak meer één van het nakomen van afspraken, als in die afspraken statistische interpretatie is opgenomen zal daar ook op worden beoordeeld dan wel gestuurd
- De medewerkers die bij een bevoegd gezag werken aan saneringen in eigen beheer zijn wel geïnteresseerd. Vaak ziet deze groep de mogelijkheden om op basis van een statistische interpretatie beargumenteerd eerder te stoppen met een sanering of monitoring, of de monitoringsinspanning aan te passen aan de verkregen resultaten. Dit 'deel' van het bevoegd gezag is ook in het consortium vertegenwoordigd

De huidige praktijk in de bodemketen is er één van een werkveld waarbij de prijs van een offerte of aanbieding vaak allesbepalend is. Helemaal bij overheden is de prijs een bepalende factor om werk wel of niet te gunnen.

Een statistisch verantwoorde wijze van omgaan van data is daarbij, of beter wordt vermoedelijk gezien als een kostenverhogend aspect. Nederland neemt in deze een andere positie in dan in bijvoorbeeld de Verenigde Staten. Daar is bij alle *monitored natural attenuation* problemen voorgeschreven dat een statistische trendanalyse uitgevoerd dient te worden op de verkregen data.

3.1 Uitgevoerde werkzaamheden

De uitgevoerde werkzaamheden hebben bestaan uit het benaderen van medewerkers van diverse overheden (zie tabel 3.1). De personen is aan de hand van een telefoonscript een aantal vragen voorgelegd waaronder:

- Hoe wordt binnen het werkveld en de huidige praktijk data verzameld en geïnterpreteerd
- Wat is de rol bij het vergaren en interpreteren van data van de verschillende partijen, en in welke rol deze partijen betrokken zijn bij de verschillende archetypen
- Is er bij het bevoegd gezag behoefte aan een statistische toolkit
- Welke rol ziet het bevoegde gezag bij een (verbeterde) interpretatie van onderzoeksgegevens waaronder monitoringsdata
- Wat zijn de (mogelijke) positieve effecten van het toepassen van statistiek bij de interpretatie
- Zijn er mogelijke negatieve effecten op het toepassen van statistiek bij de interpretatie van data
- Wat zijn weerstanden bij de toepassing van statistiek bij de interpretatie van onderzoeksgegevens? In hoeverre zijn deze weerstanden gevoelsmatig

Voor het volledige telefoonscript wordt verwezen naar de rapportage van deelresultaat 1 aan SKB, zie Tauw-notitie N003-4570326TOK-nij-V01-NL d.d. 10 juni 2009.

Tabel 3.1 Voor de probleemanalyse benaderde instanties

Organisatie	Saneren in eigen beheer	Bevoegd gezag
Gemeente Nijmegen	Ja	Ja
Gemeente Enschede	Ja	Ja
Gemeente Den Haag	Ja	Nee
Gemeente Zwolle	Nee	Ja
Projectbureau Amsterdam	Ja	Nee
Provincie Drenthe	Ja	Ja
Provincie Gelderland	Nee	Ja
Provincie Flevoland	Nee	Ja
Provincie Zeeland	Ja	Ja
DCMR	Ja	Ja

Daarnaast is een vergelijkbare inventarisatie uitgevoerd naar het gebruik van statistische tests in het werkproces in verschillende Europese landen, met speciale aandacht voor monitoringsdata. Hiervoor is contact opgenomen met Tauw-vestigingen in de verschillende Europese landen, zie ook tabel 3.2.

Tabel 3.2 Voor de probleemanalyse benaderde buitenlandse instanties en contactpersonen

Organisatie	Locatie	Persoon & functie
Tauw NV, België	Leuven	Mevrouw N. Bal, adviseur
Tauw GmbH, Duitsland	Regensburg	De heer M. Sumann, adviseur
Tauw France	Parijs	De heer J-P. Brault, projectleider
Tauw Iberia, Spanje	Madrid	De heer I. Barco Luengo, projectleider

3.2 Resultaten gebruik statistiek in de bodemketen in Nederland

De volledige resultaten van de enquête zijn gegeven in de rapportage deelresultaat 1, zie Tauw-notitie N003-4570326TOK-nij-V01-NL d.d. 10 juni 2009. In grote lijnen kunnen de volgende onderstaande conclusies getrokken worden.

Herkenning problematiek/huidige praktijk

- De problematiek van het omgaan met monitoringsgegevens wordt in grote lijnen ondersteund. Met name het omgaan met trends is lastig. Slechts één van de 12 geïnterviewden geeft aan weinig problemen in de dagelijkse praktijk te ondervinden
- Conflicten over de interpretatie van gegeven zijn veelvoorkomend. Handhavers gaan (terecht) strikt om met gemaakte afspraken
- De invulling van de interpretatie is doorgaans een zaak van het betrokken adviesbureau. Sommig bevoegd gezag heeft richtlijnen voor langlopende monitoring, maar deze gaan meestal slechts in beperkte mate in op de interpretatie van de gegevens

Oorzaak

Er zijn meerdere oorzaken voor de bovengenoemde problematiek genoemd:

- Het kennisniveau bij zowel de overheid als bij de adviesbureaus wordt het meest genoemd, vooral omdat er nog redelijk weinig ervaring is. Vaak wordt een te optimistisch beeld geschetst met irreële saneringdoelstellingen, dat vervolgens niet correct blijkt
- De lange duur vormt een praktisch probleem

Oplossingsrichting

- Er is geen eenduidige oplossingsrichting aangedragen. Het maken van duidelijke en slimme afspraken is een aantal maal genoemd. Te strakke afspraken moeten worden vermeden. Daarnaast wordt aangeraden een fasering in de monitoring aan te brengen

Behoeftte aan statistische hulpmiddelen

- De meeste geïnterviewden verwachten dat eenvoudige statistische hulpmiddelen een nuttig instrument kunnen vormen. Hieraan zijn een aantal duidelijke randvoorwaarden gesteld:
 - De hulpmiddelen moeten betrouwbaar, toegankelijk en algemeen beschikbaar zijn
 - Ze moeten vanaf het begin goed werken. Als er eerst een testversie komt die niet goed blijkt te werken, is de kans op draagvlak verkeken
 - De hulpmiddelen moeten geen aanleiding mogen vormen om zelf niet meer goed na te denken
- Opvallend was de eensgezinde weerzin tegen het opnemen in protocollen. Vrijwel alle geïnterviewden gaven aan totaal geen behoefte te hebben aan een protocol waarin toepassing van statistische hulpmiddelen wordt voorgeschreven. De meerderheid was voor een handreiking

3.3 Resultaten gebruik statistiek in de bodemketen in vier Europese landen

België

Onderstaande geldt alleen voor Vlaanderen. In de projecten op het gebied van bodem en/of grondwater (van bodemonderzoek tot aan sanering) wordt statistiek niet of nauwelijks toegepast. Opmerkelijk is wel dat er binnen Vlaanderen op het ogenblik wordt gewerkt aan een protocol voor het onderzoeken van verontreinigingen als gevolg van (historische) atmosferische depositie rond industriële locaties. In dit onderzoeksprotocol is volgens mevrouw N. Bal wel ruim aandacht voor een statistische onderbouwing van de dataset en interpretatie daarvan. Daarbuiten is de keuze aan het adviesbureau om al dan niet statistiek toe te passen. Als er al statistiek wordt toegepast in een project is dat of op initiatief van de het adviesbureau of de opdrachtgever. Een trend richting een meer statistische aanpak van datasets verwacht mevrouw Bal binnen Vlaanderen niet.

Duitsland

De werkpraktijk in Duitsland is sterk vergelijkbaar met die in Nederland volgens de heer M. Sumann. De markt wordt voornamelijk beheerst door de prijs van een aanbieding. Het toepassen van statistiek wordt hierbij veelal gezien als prijsverhogend. Dit houdt in dat ook in Duitsland het initiatief om statistiek in een project toe te passen voornamelijk bij het adviesbureau vandaan komt. Voor lange monitoringsreeksen bijvoorbeeld bij grondwatersaneringen wordt met enige regelmaat statistiek (regressielijnen, trendanalyse en soms Monte Carlo simulaties) toegepast bij de interpretatie. Bevoegd gezag weet hier doorgaans niet mee om te gaan, hoewel

dit per deelstaat sterk kan variëren. Vooruitstrevende deelstaten zoals Berlijn, Bayern, Nord-Rhein Westfalen en Baden Württemberg staan vaak wel open voor een dergelijke statistische interpretatie. Over het algemeen geldt echter dat het bevoegd gezag als onzekerheden onderbouwd/uitgesloten moeten worden eerder kiest voor meer meten dan voor een statistische interpretatie. De heer Sumann ziet ook geen neiging binnen Duitse overheden naar een meer statistisch onderbouwde manier van werken.

Frankrijk

In Frankrijk worden statistische tests routinematig ingezet binnen risico beoordelingen. Daarbuiten zoals in projecten op het gebied van bodem en grondwater eigenlijk niet. Ook de datasets die worden verzameld in het kader van langlopende grondwatersaneringen worden niet met behulp van statistische tests geëvalueerd. Bodemonderzoeksprotocollen, zoals ook in Nederland en België het geval is, zijn vaak wel gebaseerd op een statistische afweging van aantallen monsters in relatie tot de onderzoekshypothese en het oppervlak van de te onderzoeken locatie. Een trend richting een meer statistische aanpak van datasets verwacht de heer Brault niet. Veel van wat moet is afhankelijk van de invulling van het departementale bevoegd gezag.

Spanje

In Spanje is de situatie vergelijkbaar als in de eerder genoemde Europese landen, statistiek wordt niet standaardmatig gebruikt binnen de projecten op het gebied van bodem en/of grondwater. De heer Barco Luengo gaf aan dat in waarschijnlijk minder dan 1 % van de projecten statistiek wordt toegepast. Ook gaf hij aan dat opdrachtgevers, als er al statistiek in de data-analyse wordt gebruikt, een dergelijke statistische interpretatie een deel van het werk is van een adviesbureau. En dat ook het initiatief om statistiek te gebruiken binnen een project, net als in Duitsland, uit gaat van het adviesbureau. Projecten om statistiek toe te passen leken hem voornamelijk lange termijn monitoring van (afgesloten) saneringen en risico beoordelingen.

3.4 Conclusie en aanbevelingen

Nationaal

De toenemende ervaring met langdurige monitoring en de complexere doelstellingen ervan (bijvoorbeeld stabiele eindsituatie) leiden tot een duidelijke behoefte om beter om te gaan met de resultaten. Over het algemeen wordt uitgegaan van te positieve verwachtingen wordt in de plannen slechts beperkt aandacht geschonken aan een eenduidige interpretatie van de resultaten. Een gebrek aan kennis en ervaring lijkt het voornaamste struikelblok te zijn. Eenvoudige statistische hulpmiddelen zouden een deel van de oplossing kunnen vormen indien aan een aantal voorwaarden wordt voldaan:

- De hulpmiddelen moeten betrouwbaar, toegankelijk en algemeen beschikbaar zijn

- Ze moeten vanaf het begin goed werken. Als er eerst een testversie komt die niet goed blijkt te werken, is de kans op draagvlak verkeken
- De hulpmiddelen moeten geen aanleiding mogen vormen om zelf niet meer goed na te denken

Opname in protocollen wordt ongewenst geacht, een handreiking is voldoende.

Internationaal

Samenvattend kan worden gesteld dat binnen de onderzocht Europese landen er op een vergelijkbare wijze binnen de bodemketen wordt omgegaan met statistiek.

Onderzoeksstrategieën zijn vaak wel gebaseerd op een statistische onderbouwde aantal monsters en analyses. Statistiek wordt alleen op initiatief van de opdrachtgever/adviesbureau toegepast binnen projecten.

Archetypen en de koppeling met de statistische tests

4

4 Archetypen en de koppeling met de statistische tests

Om te bepalen welke statistische tests moeten worden uitgewerkt tot statistische tools is nagegaan voor wat voor een soort projecten of verontreinigingssituaties, archetypen, met de statistiek zou willen gebruiken. Hiervoor is gekeken binnen activiteit 2 naar de door het consortium ingebrachte cases en is op basis daarvan een aantal veelvoorkomende archetypen gedefinieerd. Op voorhand zijn in het basisprojectplan al een aantal archetypen genoemd die zeker meegenomen zouden worden (zie Tauw-projectvoorstel P002-4570326TOK-nij-V01-NL d.d. 15 september 2008). Daarna zijn de archetypen binnen activiteit 3 gekoppeld aan de statistische tests waarbij een korte omschrijving van de statistische test is gegeven en de eisen waaraan een dataset moet voldoen wil de test enige betrouwbaarheid hebben. In dit hoofdstuk worden de resultaten van zowel activiteit 2 als van activiteit 3 gerapporteerd.

4.1 Definiëren van archetypen op basis van cases

Activiteit 2 waarin de verschillende archetypen zijn gedefinieerd op basis van ingebrachte cases is in een eerder stadium als deelresultaat 2 aan SKB gerapporteerd, zie Tauw-notitie N004-4570326TOK-sbb-V01-NL d.d. 25 juni 2009.

Op voorhand was in het basisprojectplan al een aantal archetypen benoemd, te weten:

- Stabiele eindsituatie/stationaire pluim
- Toepassing terugvalscenario op basis van actie- en signaalwaarden
- Onderbouwen stopzetting nazorg/monitoring/sanering op basis van een tijdsreeks
- Vaststellen achtergrondconcentratie bij diffuus voorkomende verontreinigingen

Bij de start van het project is aan het consortium de vraag gesteld voor welke situaties zij het wenselijk achten statistische *tools* te hebben om een beslissing te kunnen onderbouwen. Op basis van de reactie is in samenspraak met het consortium het aantal archetypen uitgebreid en een selectie gemaakt.

Resultaten

In tabel 4.1 (pagina 37) zijn de door het consortium ingebrachte archetypen opgenomen. Wat daarbij opvalt is dat het eenvoudiger is een beslismoment of gewenste statistische test te benoemen dan met een archetype aan verontreiniging of verontreinigingssituatie te komen. In tabel 4.1 zijn alle ingebrachte opgenomen en is naast een omschrijving van het archetypen/beslismoment ook de eventuele kanttekeningen opgenomen. Ook is aangegeven of de test wel of niet binnen dit project zal worden uitgewerkt.

4.2 Koppeling archetypen aan statistische tests

Activiteit 3 waarin de verschillende archetypen worden gekoppeld aan de statistische tests is in een eerder stadium als deelresultaat 3 aan SKB gerapporteerd, zie Tauw-notitie N005-4570326TOK-nhr-V01-NL d.d. 10 juli 2009.

In tabel 4.2 (pagina 41) worden de archetypen/beslismoment waarvan in Activiteit 2 (zie paragraaf 4.1) is besloten dat ze worden uitgewerkt nogmaals gegeven, samen met de vragen of beslismomenten die in een dergelijke situatie worden gesteld. In tabel 4.2 worden de archetypen gekoppeld aan één of meerdere statistische tests die de vragen die leven binnen een archetype kunnen worden beantwoord. In tabel 4.3 (pagina 45) worden deze statistische test verder uitgewerkt en omschreven. Daarnaast zijn in tabel 4.3 opmerkingen en kanttekeningen bij de verschillende statistische tests opgenomen waarmee bij de uitwerking naar een statistische *tool* of gebruik van de *tool* rekening mee moet worden gehouden.

In tabel 4.2 wordt ook het uitwerken van interpolatietechnieken genoemd. Deze is niet opgenomen in tabel 4.3 omdat hiervoor geen *tools* zullen worden ontwikkeld. Wel zal binnen dit project inzichtelijk worden gemaakt wat de basis is van de verschillende interpolatietechnieken en de daarbij behorende voor- en nadelen. Zie voor de beschrijving van de interpolatietechnieken paragraaf 5.7, pagina 95.

In tabel 4.3 is ook een kolom 'Welke hypothese wordt getoetst' opgenomen. Deze kolom is bewust leeg gelaten ondanks dat in het projectplan is opgenomen dat dit gedurende het project zou worden verwoord. Het consortium is van mening dat het belangrijk is dat de gebruiker van de statistische *tools* voor zichzelf een conceptueel model heeft gevormd: 'Wat betekent die hypothese die je aan het toetsen bent nu precies praktisch gezien', en 'Wat verwacht je dat er ongeveer uitkomen gaat'? Dat betekent dus dat de gebruiker zelf zal moeten invullen welke hypothese hij/zij eigenlijk toetst. De hypothese zal dus verschillen per gebruiker en case waarop hij/zij de toets toepast. Het opnemen van de hypothese in statistische termen –bijvoorbeeld H_0 wordt verworpen/aangenomen– voegt niets toe.

Tabel 4.1 Archetypen na eerste inventarisatie binnen het consortium (tabel loopt over meerdere pagina's)

Archetype inclusief omschrijving	Kanttekeningen	Uitwerken?
<p>Stabiele eindsituatie</p> <p>In meerdere verontreinigingssituaties worden actieve saneringsmaatregelen genomen om een bestaande pluim binnen een periode van 30 jaar stabiel te krijgen. Een definitie van een stabiele eindsituatie wordt onder andere gegeven in ROSA. Vaak wordt de pluim voor een bepaalde periode gemonitord om te kunnen aantonen dat deze daadwerkelijk stationair is na de periode van 30 jaar</p>	Geen	Ja
<p>Toepassing terugvalsscenario</p> <p>Binnen actieve en passieve saneringen is het gangbaar een beslismoment in te bouwen waarop wordt vastgesteld of de sanering voldoet aan de verwachtingen. Voldoet de sanering niet dan wordt op basis van de signaal- en actiewaarden bepaald of het terugvalsscenario moet worden ingezet</p>	<p>Het gaat hier niet om een <i>tool</i> om signaal- en actiewaarden vast te stellen, maar om te bepalen of op basis van de data het terugvalsscenario moet worden ingezet</p>	Ja

Archetype inclusief omschrijving	Kanttekeningen	Uitwerken?
<p>Vaststellen achtergrondconcentratie</p> <p>Vooral bij projecten waarbij bodem- of grondwateronderzoek wordt gedaan om de kwaliteit van een groter gebied (meerdere hectaren) vast te stellen, is het wenselijk te weten wat de achtergrondconcentratie is. Vaak komen binnen een dergelijk gebied hogere concentraties voor. Discussies over of die te verwachten zijn gezien de spreiding van de achtergrondwaarden of dat het gaat om ongewenst hoge concentraties, worden dan vaak gevoerd. Meestal gaat het in dergelijke archetypen om metalen in de grond. Bij gebiedsgericht grondwaterbeheer kan een dergelijke situatie zich ook voor doen</p>	Geen	Ja
<p>Monitoring/voortgang actieve sanering</p> <p>Aannemers bepalen met behulp van macroparameters vaak de milieumstandigheden in peilbuizen. Hiermee kan men iets zeggen over het optreden van biologische afbraak. Het bijvoorbeeld toename metaboliet bij biologische afbraak vaststellen of er een correlatie is de milieumstandigheden en de verontreinigingsconcentratie zouden kunnen helpen een beter onderbouwde beschouwing te geven. Naast macroparameters worden ook veldparameters zoals pH, Ec, redox, zuurstof gemeten. Mogelijk kan hiertussen ook een correlatie worden vastgesteld</p>	Het bepalen of trends gekoppeld zijn (correlaties) is relevant,	Ja

Archetype inclusief omschrijving	Kanttekeningen	Uitwerken?
<p>Data screening</p> <p>Op het moment dat er een hoeveelheid aan gegevens tot beschikking komt, bijvoorbeeld bij projectoverdracht van adviesbureau naar aannemer, is een eerste algemene data-analyse van belang. Hieronder wordt verstaan: bepaal het gemiddelde, de spreiding, de verdeling, is er een uitbijter aanwezig, et cetera. Het zou handig zijn als deze algemene gegevens snel beschikbaar zijn</p>	<p>Wat betreft uitschieters moet niet alleen de vraag beantwoord worden en of ze een uitschieter zijn ten opzichte van de dataset (mediaan + spreiding), maar juist ook of ze dat zijn ten opzichte van de trend (en of ze die ten onrechte bepalen als het begin-/eindwaarnemingen zijn, of dat ze juist de trend negatief beïnvloeden als ze ergens in het midden zitten)</p>	<p>Ja</p>
<p>Dimensionering sanering biologische afbraak</p> <p>Voor de dimensionering van een sanering moeten betrokken partijen in de bodemketen vaak vaststellen/beoordelen welke hoeveelheid substraat er moet worden toegevoegd om de biologische afbraak goed te kunnen stimuleren en dat deze niet gelimiteerd wordt door de aanwezigheid van het substraat. Hierbij zijn een aantal parameters van belang zoals de aanwezigheid van sulfaat, ijzer, DOC, et cetera</p>	<p>Lijkt een zinvol archetype. Ook omdat dit het bevoegd gezag de mogelijkheid biedt de inschatting van adviesbureau of aannemer te controleren. Veel gestimuleerde biologische afbraak projecten lopen stagneren omdat er onvoldoende substraat is gedoseerd</p>	<p>Ja</p>
<p>Dimensionering sanering biologische afbraak - Monte Carlo</p> <p>Kunnen we met behulp van een statistische methode een bandbreedte geven van het benodigde substraat? Ik denk hier aan een Monte Carlo simulatie of valt dit niet onder de statistische tools van dit project</p>	<p>Een Monte Carlo-achtig tool om naar trends te kijken zou een leuke aanvulling kunnen zijn op meer traditionele tools als least squares. Echter valt buiten de scope van dit project, eerst maar de traditionele methoden geaccepteerd en gebruikt krijgen!</p>	<p>Nee</p>

Archetype inclusief omschrijving	Kanttekeningen	Uitwerken?
<p>Afweging Een 'simpele' tool voor het afwegen van saneringsvarianten</p>	<p>Afweging vangen in een multi-variantenanalyse is een SKB-project <i>an sich</i>. Er zijn binnen SKB verband voldoende handreikingen (ROSA) en <i>tools</i> (RMK) ontwikkeld om een afweging te kunnen maken tussen saneringsvarianten</p>	<p>Nee</p>
<p>Omvang en volumebepaling Van een bestaande grond of grondwatervergelijking op basis van puntgegevens de omvang en het volume van de verontreiniging bepalen</p>	<p>Er zijn voldoende programma's (bijvoorbeeld Surfer, Voxler, EVS) waar op basis van de puntgegevens met verschillende interpolatietechnieken omvang en volume van een verontreiniging kan worden bepaald. Een nieuwe tool ontwikkelen is daarom niet nodig. Wel kan het handig zijn om op een rijtje te zetten wat de kanttekeningen en voor- en nadelen van de interpolatietechnieken zijn. Hierin wordt ook informatie overgenomen wanneer je de interpolatietechniek kan toepassen (aantal waarnemingen per oppervlakte et cetera)</p>	<p>Ja, maar niet als statistische tool maar als omschrijving van de voor- en nadelen van de verschillende interpolatietechnieken</p>

Kenmerk R001-4570326FVO-los-V02-NL

Archetype inclusief omschrijving	Kanttekeningen	Uitwerken?
<p>Stopzetten (na)zorg</p> <p>Vergelijkbaar aan het toepassen van een terugvalscenario is het archetype van een project waarbij de (na)zorg van een sanering moet worden geëvalueerd. Moet deze worden gestopt, en zo ja op basis waarvan besluit je dat dan</p>	<p>Lijkt op archetype stabiele eindsituatie. Bij archetype stabiele eindsituatie ligt de nadruk meer op een 4D benadering van de data (data in de ruimte (x, y, z vs. tijd). Bij dit archetype ligt de nadruk meer op een 2D benadering (data vs. tijd)</p>	<p>Ja</p>

Tabel 4.2 Archetypen met daaraan gekoppeld de statistische tests (tabel loopt over meerde pagina's)

Archetype	Omschrijving	Vragen	Statistische test
1 - Stabiele eindsituatie	In meerdere verontreinigingssituaties worden actieve saneringsmaatregelen genomen om een bestaande pluim binnen een periode van 30 jaar stabiel te krijgen. In een dergelijk geval wordt de pluim voor een bepaalde periode gemonitord om te kunnen aantonen dat deze daadwerkelijk stationair wordt	<ul style="list-style-type: none"> • Is de pluim krimpend/stationair/ groeiend • Moet ik de monitoring extensiveren/intensiveren • Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd (bijvoorbeeld concentratie, substraat, redox) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trendanalyse • Trendomkering/ -verandering • Correlatie tussen trends • Vaststellen of dataset voldoende lang is • Vorm curve (exponentieel vs. Lineair)

Archetype	Omschrijving	Vragen	Statistische test
2 – Toepassing terugvalsscenario	Binnen actieve en passieve saneringen is het gangbaar een beslismoment in te bouwen waarop wordt vastgesteld of de sanering voldoet aan de verwachtingen. Voldoet de sanering niet dan wordt op basis van de signaal- en actiewaarden bepaald of het terugvalsscenario moet worden ingezet	<ul style="list-style-type: none"> Hoeveel waarnemingen moet je doen wil je zeker zijn dat de signaal- of actiewaarde daadwerkelijk wordt overschreden Het gemeten getal is onverwacht hoog/ laag. Wijkt het daadwerkelijk af van de eerdere metingen 	<ul style="list-style-type: none"> Student-t Trendanalyse
3 - Vaststellen achtergrondconcentratie	Vooraf bij projecten waarbij bodem- of grondwateronderzoek wordt gedaan om de kwaliteit van een groter gebied (meerdere hectaren) vast te stellen, is het wenselijk te weten wat de achtergrondconcentratie is. Vaak komen binnen een dergelijk gebied hogere concentraties voor wat leidt tot discussies. Meestal gaat het om metalen in de grond. Echter bij gebiedsgericht grondwaterbeheer kan een dergelijke situatie zich ook voor doen	<ul style="list-style-type: none"> Wat is de verdeling van de achtergrondconcentratie Wanneer valt een waarneming daarbuiten Hoe is de achtergrondconcentratie ruimtelijk verdeeld 	<ul style="list-style-type: none"> Gemiddelde, spreiding, type verdeling (log vs. normaal) Uitschieter test Interpolatietechnieken

Kenmerk R001-4570326FVO-los-V02-NL

Archetype	Omschrijving	Vragen	Statistische test
4 - Voortgang actieve sanering	Aannemers bepalen op basis van veldparameters de voortgang van een actieve sanering, bijvoorbeeld macroparameters als indicator voor de milieumomstandigheden gunstig voor het optreden van biologische afbraak	<ul style="list-style-type: none"> • Gaat de sanering conform verwachting • Is er een correlatie tussen de milieumomstandigheden en de verontreinigingsconcentratie • Is er een correlatie tussen veldparameters zoals pH, Ec, redox, zuurstof gemeten • Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd 	<ul style="list-style-type: none"> • Trendanalyse • Trendomkering/ -verandering • Correlatie tussen trends • Vaststellen of dataset voldoende lang is • Vorm curve (exponentieel vs. Lineair)
5 - Stopzetten (na)zorg	Van een sanering wordt in het kader van de (na)zorg een restverontreiniging gemonitord. Na een x aantal jaren worden de activiteiten in het kader van deze (na)zorg geëvalueerd om te kijken of de (na)zorg moet worden doorgezet, aangepast of kan worden gestopt	<ul style="list-style-type: none"> • Moet ik de monitoring extensiveren/intensiveren • Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd • Wanneer is de verwachting dat ik kan stoppen • Wat is de relatie tussen investeringen en het milieurendement 	<ul style="list-style-type: none"> • Trendanalyse • Trendomkering/ -verandering • Vaststellen of dataset voldoende lang is • Vorm curve (exponentieel vs. Lineair)
6 - Data screening	Bij projectoverdracht bijvoorbeeld van adviesbureau naar aannemer, komt er een grote hoeveelheid aan gegevens tot iemands beschikking. Een eerste algemene data-analyse is dan van belang. Prettig is het als een dergelijke analyse snel beschikbaar is	<ul style="list-style-type: none"> • Wat is de kwaliteit van de data • Wat is het gemiddelde, de spreiding, de verdeling in de data • Is er een uitbijter aanwezig 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemiddelde, spreiding, type verdeling (log vs. normaal) • Uitschieter test

Archetype	Omschrijving	Vragen	Statistische test
7 - Dimensioneren sanering gestimuleerde biologische afbraak	Adviesbureaus en aannemers bepalen op basis van de locatiespecifieke gegevens zoals verontreinigingsgraad en macroparameters hoeveel toeslagstof (bijvoorbeeld substraat, ORC of chemische oxidator) moet worden toegevoegd om de verontreiniging biologisch dan wel chemisch om te zetten of vast te leggen. In situ saneringen kunnen stagneren omdat er onvoldoende wordt toegevoegd	<ul style="list-style-type: none"> • Verloopt de sanering conform het verwachtingspatroon • Moet ik meer toeslagstof toevoegen 	<ul style="list-style-type: none"> • Trendanalyse • Trendomkering/ -verandering • Correlatie tussen trends
8 - Omvang en volume verontreiniging	Om inzicht te krijgen in de omvang en het volume van een grond- of grondwaterverontreiniging worden door interpolatieprogramma's gebruikt. Hiermee worden witte vlekken in de onderzoeksgegevens op basis van de beschikbare data ingevuld. Het levert vaak mooie plaatjes op en kan het inzicht in de verontreinigingssituatie vergroten. Er kleven echter ook een aantal nadelen aan	<ul style="list-style-type: none"> • Wat is de invloed van de keuze van de interpolatie (bijvoorbeeld lineaire interpolatie, nearest neighbour interpolatie, et cetera) op het resultaat • Wat zijn de criteria waaraan de dataset moet voldoen voor een bepaalde interpolatietechniek mag worden toegepast • Welke interpolatietechnieken zijn er en wat zijn de voor- en nadelen 	Geen, in hoofdstuk 5 is een omschrijving van de voor- en nadelen van de verschillende interpolatietechnieken gegeven

Tabel 4.3 Korte omschrijving van de statistische die zullen worden uitgewerkt tot een statistische *tool* (tabel loopt over meerdere pagina's)

Statistische test zoals genoemd in tabel 4.2	Hoe uitwerken	Opmerkingen
Trendanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Standaard regressie visualiseren, inclusief betrouwbaarheidsinterval rondom de regressielijn • Kendall-Theil Robust line 	<ul style="list-style-type: none"> • Ook te gebruiken vooraf aan uitschieter test ten opzichte van de trend
Trendomkering	<ul style="list-style-type: none"> • Regressie tot aan punt van de omkering, en dan toetsen of opvolgende meetpunten (individueel) uitschieters zijn • Als van hoge waarde naar nul dan T-test tussen de populatie voor en na en/of test op gelijke variantie voor en na (kan ook omgekeerd van nul naar hoge waarde) 	<ul style="list-style-type: none"> • Uitschieters als de waarneming buiten het voorspelde betrouwbaarheidsinterval vallen • Het gaat vooral om de spreiding in het 'goede' gedeelte van de curve, hoe betrouwbaar kun je vaststellen dat die inderdaad nog maar heel klein is
Correlatie tussen trends	<ul style="list-style-type: none"> • Grafieken van alle variabelen tegen de tijd en van de variabelen onderling tegen elkaar • Pearson & Spearman correlatie tussen direct betrokken variabelen • Vector plots (<i>redundancy analysis</i>) 	

Statistische test zoals genoemd in tabel 4.2	Hoe uitwerken	Opmerkingen
Dataset voldoende lang	<ul style="list-style-type: none"> Bij lange datareeks semivariogram bepalen In de meeste andere gevallen is er geen goede statistische test voor monitoring-interval Via regressie het betrouwbaarheidsinterval van je voorspelde (maar nog niet gemeten) volgende geplande meting uitrekenen op basis daarvan besluiten of dat voldoet 	<ul style="list-style-type: none"> Dit is dan vooral om gewenste monitorings-interval te bepalen Dan beter uitgaan van modelberekeningen (bijvoorbeeld op basis berekende stroming, afbraaksnelheid en dergelijke) Het rare hier is dat je betrouwbaarheidsinterval voor de daar weer op volgende geplande meting (verder vooruit in de tijd, dus meer extrapolatie) breder zal zijn. Dus je besluit nu dat je wel kunt stoppen omdat je daar voldoende zeker van bent, maar statistisch gezien ebt die zekerheid weg met de tijd. Conceptueel gezien is dat niet logisch, dan geldt als je het nu al weet, dan straks zeker
Vorm van curve	Visueel via grafieken	Niet echt goed te toetsen omdat het verschillende modellen zijn. Alleen bij toevoeging van extra term in model kun je toename verklaarde variantie via F-test toetsen. Maar ook dan heb je meestal veel punten nodig.
Student-t		Meetwaarden toetsen ten opzichte van een vaste normwaarde (zie Saneringsverloop versus verwachting)
Verdeling, algemeen	Cumulatieve frequentie-curve waarbij de x-schaal verloopt volgens een verwachte z-score, dus niet gewoon incrementeel	Geeft beste visuele aanwijzing voor al of niet normaal of lognormaal verdeeld, en aanwezigheid van uitschieters
Verdeling, achtergrondwaarden	Grafieken zoals histogram, daarnaast gemiddelde, variantie, afwijking, min, max, skewness	Voor een enigszins betrouwbare vaststelling heb je al gauw 30 datapunten nodig

Kenmerk R001-4570326FVO-los-V02-NL

Statistische test zoals genoemd in tabel 4.2	Hoe uitwerken	Opmerkingen
Uitschieter test t.o.v. verdeling	Q-test	Gaat uit van een normale verdeling, dus daar eerst naar kijken (zie Verdeling, algemeen)
Uitschieter t.o.v. trend	<ul style="list-style-type: none"> Via vergelijking van Pearson & Spearman correlatie Door te kijken of de waarneming binnen betrouwbaarheidsinterval ligt en na te gaan of dat zo blijft wanneer de waarneming buiten de regressie-analyse wordt gehouden (zie Trendanalyse) 	<ul style="list-style-type: none"> Is niet echt toetscriterium voor, maar geeft wel belangrijke aanwijzing Dit kan de situatie opleveren dat een waarneming erbij hoort als deze wordt meegenomen in de analyse, en niet als hij er uitgelaten wordt. Koppelen met Kendall-Theil (welk datapunt veroorzaakt afwijkende pair-wise hellingen?)
Saneringsverloop vs. verwachting	Student-t	Je toetst of de meetwaarde afwijkt van wat je verwacht had (daar zul je dan een waarde of een range voor moeten kiezen). Maar je weet dan nog niet hoe dat komt. Kan ook heel andere oorzaak zijn dan te weinig toeslagstof.

4.3 Eisen aan datasets

Van de in tabel 4.3 opgenomen statistische tests is in deze paragraaf kort weergegeven wat de eisen zijn die gesteld worden aan de datasets wil men de test kunnen toepassen. Dit is verwerkt en beschreven in de omschrijving bij de statistische *tools* (zie hoofdstuk 5 & StatModules.xlsm). Ervaring leert dat in zijn algemeenheid een dataset van 30 punten een mooi aantal is. Als je dan geen statistische uitspraak kunt doen over de dataset heb je echt te maken met veel spreiding/variatie. Dergelijke datasets worden vaak wel verzameld als het gaat om de (proces)monitoring bij in situ saneringen. In veel monitoringsprojecten waarvoor de statistische *tools* binnen dit project ook worden ontwikkeld is vaak sprake van een dataset die kleiner is dan 30 punten. Als men 30 monitoringsgegevens heeft in meerdere peilbuizen en/of filters mag men spreken van een uitgebreide dataset. Veelal wordt er over een monitoringsperiode slechts één keer per peilbuis of filter per jaar gemeten. Met een veel voorkomende monitoringsperiode van in eerste instantie vijf jaar heeft men dan per waarnemingspunt een dataset van vijf waarnemingen. Op basis van een dergelijke dataset wil men toch een uitspraak kunnen doen over het waargenomen concentratieverloop. Om bij dergelijke kleine datasets een significant resultaat te krijgen uit statistische toetsen is in het algemeen lastig, maar 100 % zekerheid bestaat hoe dan ook niet in de statistiek. Het belangrijkste is een uitspraak te kunnen doen over de kans dat iets door toeval of niet is gebeurd.

Uit te werken statistische tests en de eisen aan de datasets:

- **Trendanalyse** - ordegrootte circa tien datapunten. Dit hangt af van de spatiering van de datapunten en van de trend zelf (vorm van de curve). Bijvoorbeeld als je al na de tweede meting naar nul of constant gaat, dan is het statistisch geen significante trend, maar mogelijk wel wat er verwacht wordt. Daarom is het nodig om een (intelligentie) visuele inspectie van de dataset te doen, dus evidente zaken moet degene die de statistische test toepast er gewoon visueel uifilteren: *don't prove the obvious*
- **Trendomkering** - geldt hetzelfde voor als bij trendanalyse, en dat geldt dan voor zowel voor als na populaties/trends dus circa 15-20 datapunten. Belangrijk hier is te kijken naar de consistentie van de omkering op meerdere waarnemingslocaties. Locale omkeringen kunnen heel andere oorzaken hebben zoals een verandering in de stromingsrichting dan wat je eigenlijk verwacht
- **Correlatie tussen trends** - ordegrootte eveneens tien datapunten. De variabelen moeten eigenlijk normaal verdeeld zijn, of normaal verdeeld zijn na een (log)transformatie vooraf aan de Pearson correlatie. Voor de een Spearman correlatie is dat niet nodig
- **Dataset voldoende lang** - je moet hier vooral goed weten wat voor type curve je verwacht volgens de theorie, want anders extrapoleer je uiteraard een verkeerde kant op. Of je genoeg data hebt is juist wat je aan het toetsen bent. Theoretisch minimaal aantal datapunten is drie
- **Vorm van curve** - in principe kan op basis van vijf datapunten bepaald worden of er sprake is van een lineaire, log, exponentiele curve et cetera. Maar met natuurlijke variatie erover heen

woulden wel eens (veel) meer datapunten nodig kunnen zijn. Geen eisen aan verdeling data op zich

- **Student-t** - de t-verdeling geldt in principe voor een dataset met minder dan 30, daarboven is hij gelijk aan de normale verdeling en komt de test neer op al of niet overlap van de 95 % betrouwbaarheidsintervallen. Voor student-t moeten data (na transformatie) normaal verdeeld zijn. Non-parametrisch kan de Mann-Whitney test gebruikt kunnen worden
- **Verdeling algemeen** - aantal datapunten liefst minimaal 30 maar kan soms ook al met minder. Geen eisen aan de verdeling want daar kijk je juist naar. Hier zou ook zogenaamde 'Bayesiaanse' kennis van pas kunnen komen, zoals het gegeven dat sporenelementen in grondwater meestal log-normaal verdeeld zijn. Swan & Sandilands noemen bij hun regressie hoofdstuk de *trial and error* methode voor transformaties, dus zo'n aanpak (en terminologie) kan ook gebruikt worden
- **Verdeling achtergrondwaarde** - zie hierboven
- **Uitschieter ten opzichte van verdeling** - Q-test tabellen beginnen bij al bij drie. Dus vanaf een dataset met drie waarnemingen is het mogelijk een uitschieter te bepalen. Echter, bij dat soort kleine aantallen moet je forse afwijkingen hebben om significant te zijn. In principe normale verdeling, maar met een kleine dataset zoals $n=3$ zul je nooit aantonen dat deze normaal verdeeld is! Toch moet je ook hier oppassen voor een lognormale verdeling die als normaal behandeld wordt
- **Uitschieter ten opzichte van een trend** - logischerwijs dezelfde eisen als bij de trendanalyse en trendomkering (zie eerste twee bullets)

4.4 Het verschil tussen een statistische test en een statistische tool

De statistische test uit tabel 4.2 en 4.3 moeten vervolgens worden omgewerkt naar statistische *tools*. Het is daarvoor nodig stil te staan bij het verschil tussen een statistische test en een statistische *tool*.

Met een **statistische test** kan een bepaald statistische gegeven van een dataset worden bepaald. Bijvoorbeeld zijn de waarnemingen in de dataset normaal of lognormaal verdeeld (zie ook figuur 5.7, pagina 64) of bevat de dataset een uitschieter. Een waarneming die door omstandigheden niet in de dataset thuishoort bijvoorbeeld door een bemonsteringsfout. Een **statistische tool** is alleen een middel om een bepaalde statistische test snel en eenvoudig uit te voeren. De statistische *tool* moet de drempel om een statistische test of statistische interpretatie op een bepaalde dataset uit te voeren verlagen.

In hoofdstuk 5 zijn de ontwikkelde statistische *tools* verder beschreven. Hoofdstuk 5 kan worden gebruikt als handleiding voor het gebruik van de ontwikkelde *tools*. Bij de ontwikkeling van de *tools* heeft de toepasbaarheid en duidelijkheid voorop gestaan. De *tools* zijn gemaakt binnen een Microsoft Excel 2007 omgeving. Per statistische *tool* is een Excel-rekensheet gemaakt met steeds een aantal vergelijkbare werkbladen. Op het eerste werkblad staat uitgelegd wat de test

doet, en in welke situaties waarin deze te gebruiken is. Na het lezen van deze korte beschrijving moet de *tool* voor alle betrokkenen begrijpbaar zijn. Het tweede werkblad is het invulblad waar de data kunnen worden ingevoerd, en de resultaten zichtbaar worden. Op het derde werkblad worden meer gedetailleerde uitkomsten van de test opgenomen. Het vierde en laatste blad geeft meer diepgang en daar waar nodig verwijzingen naar achtergrondinformatie.

Statistische tools

5

5 Statistische tools

Op basis van de resultaten van de vorige twee activiteiten beschreven in hoofdstuk 3 en 4 is een aantal statistische tests omgewerkt tot statistische *tools*. De *tools* zijn gemaakt als (simpele) Excel-rekensheet waarbij invoer en uitvoer gestandaardiseerd is en zo beschreven dat deze voor alle betrokkenen begrijpelijk is. Een korte beschrijving van de statistische test is in de *tool* verwerkt. Hier is ook beschreven aan welke randvoorwaarden moeten worden voldaan om de *tool* te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld het aantal datapunten. In dit hoofdstuk worden de statistische *tools* beschreven aan de hand van verschillende praktijkvoorbeelden. De statistische *tools* zijn op cd-rom als losse bijlage bij dit rapport gevoegd en zijn te downloaden via verschillende websites.

5.1 Algemene inleiding op de statistische *tools*

Instellingen Microsoft Excel 2007

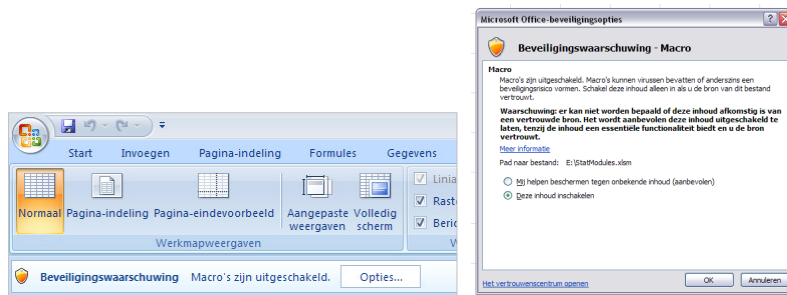
De statistische *tools* zijn uitgewerkt in Microsoft Excel 2007. De keuze hiervoor is gebaseerd op de Visual Basic (VBA) die vanuit deze versie van Excel is aan te roepen waardoor het mogelijk was de gewenste reken- en presentatieroutines te kunnen programmeren. Eerdere versies zoals Microsoft Excel 2003 boden deze mogelijkheden niet. Om de statistische *tools* ook daadwerkelijk te kunnen gebruiken zal de gebruiker in Excel een aantal instellingen moeten controleren. Deze instellingen hebben betrekking op het gebruik van macro's en de zogenaamde *ToolPak*. In kader 5.1, pagina 54, is uitgelegd hoe u vooraf aan het gebruik de instellingen kunt aanpassen zodat de statistische *tools* werken.

Achtergrond bij de Excel rekensheet

Op basis van deelresultaat 3 zijn binnen Microsoft Excel 2007 een aantal statistische *tools* uitgeprogrammeerd, waarbij tevens een uniforme instructie- en invoerstructuur is ontworpen. Een kernpunt bij de inrichting van de verschillende *tools* is geweest, dat via figuren de uitkomst van een toets visueel wordt gemaakt. Een beroemd statisticus Tukey merkte ooit op: '*There is no excuse for failing to plot and look*'. In figuur 5.1 en 5.2, pagina 55 en 56, zijn voorbeelden gegeven van een invoerwerkblad en van een instructietekst. Daar waar mogelijk zijn de *tools* gebaseerd op vrij op het internet beschikbare handleidingen en teksten van de EPA en de USGS, literatuur verwijzingen zijn opgenomen in hoofdstuk 8. Controle datasets uit deze bronnen zijn beschikbaar gesteld binnen het [werkblad Voorbeelden](#) van het centrale Excel bestand [StatModules.xlsm](#).

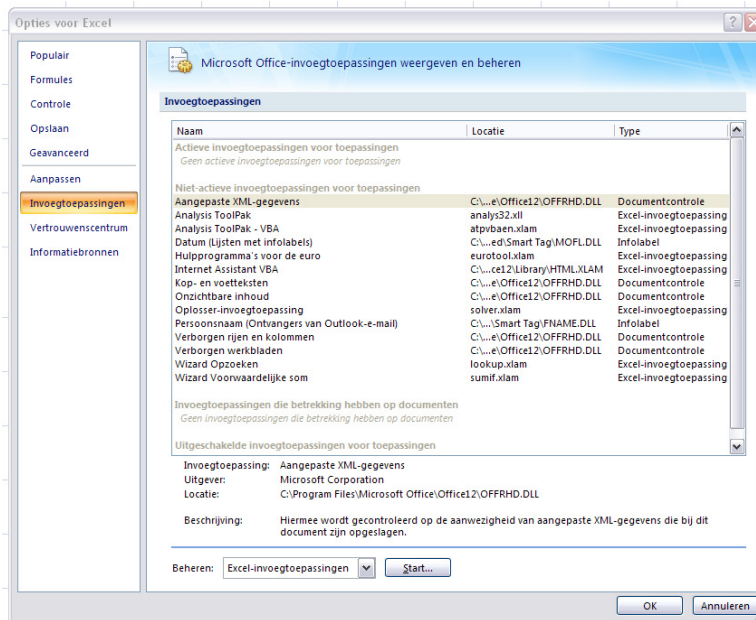
Kader 5.1 Benodigde aanpassing van de instellingen van Microsoft Excel 2007 aan te passen om te kunnen werken met de statistische tools in StatModules.xlsm

Wanneer u het centrale bestand StatModules opstart en u, of de IT-afdeling van het bedrijf waar u werkt, heeft Microsoft Office zo geconfigureerd dat u een waarschuwing krijgt omdat het bestand macro's bevat. Kies dan in het beveiligingsscherm met de waarschuwing de knop **optie** om de macro's te activeren. De twee menu's die u door moet om dat te doen zijn in figuur A gegeven.



Figuur A Het toestaan van de macro's binnen Microsoft Excel 2007. Kies in het beveiligingsscherm-macro voor de optie **Deze inhoud inschakelen**

Vervolgens moet u een aantal zogenaamde invoegtoepassingen inschakelen.




Figuur B Het scherm Opties voor Excel van waaruit de Invoegtoepassingen kunnen worden geactiveerd

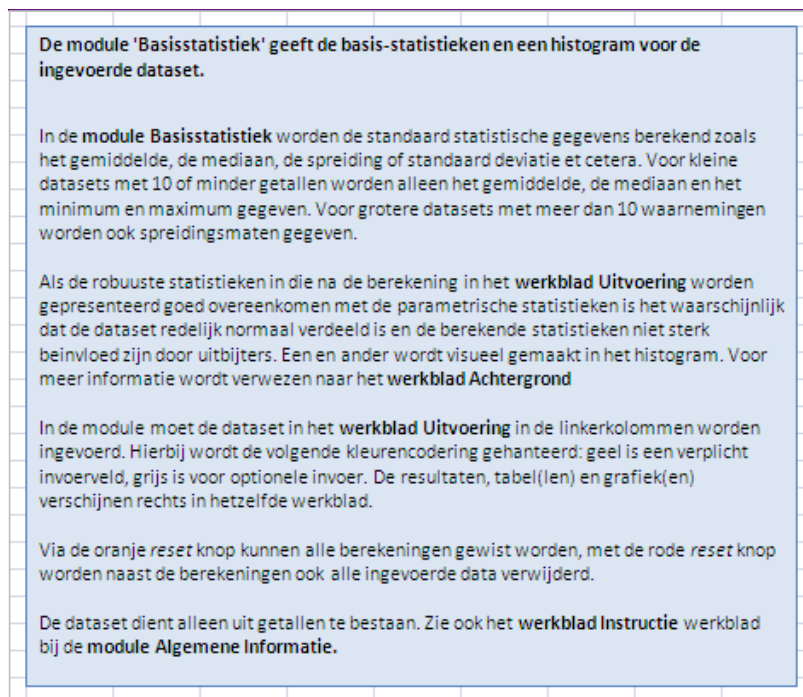
Druk daarvoor op de knop met het Microsoft logo en kies uit het menu de optie **Opties voor Excel**. U krijgt dan het in figuur B gegeven keuzescherm. Selecteer in het linker deel van het scherm de keuze **Invoegtoepassingen** en selecteer in het rechter deel de **Niet actieve invoegtoepassingen voor toepassingen**. Druk vervolgens op de knop **Start** onderaan het midden van het rechter scherm deel. U krijgt nu een optiemenu te zien, figuur C, waarin u zeven keuzemogelijkheden hebt. Van de mogelijkheden die er worden gegeven moeten in ieder geval de *Analysis ToolPak*, *Analysis ToolPak - VBA*, *Wizard voorwaardelijke som* en *Oplasser invoegtoepassing* worden aangevinkt. Klik op Ok en u bent klaar.



Figuur C Scherm met Invoegtoepassingen

bemonsterings-locatie (coördinaten / diepte)	bemonsterings- datum	welk laboratorium	meetwaarden						

Figuur 5.1 Voorbeeld van het invoerwerkblad van één van de statistische tools. De invoerwerkbladen van de statistische tools hebben dezelfde lay-out. Alleen het aantal in te vullen datapunten kan verschillen




Figuur 5.2 Voorbeeld van de instructietekst met de uitleg van de module **Basisstatistiek**

Alle statistische *tools* zijn te benaderen en te gebruiken vanuit één centraal Excel bestand, te weten: **StatModules.xlsm**. In figuur 5.3, pagina 57, wordt het startscherm gegeven. De volgende statistische *tools* zijn beschikbaar, een uitgebreidere beschrijving per module wordt in een aparte paragraaf gegeven:

- **Algemene informatie**
- **Module Basisstatistiek**, geeft de basisstatistieken van een ingevoerde dataset
- **Module Verdeling**, geeft inzicht in welke mate een dataset normaal verdeeld is
- **Module Uitbijters**, geeft inzicht of een bepaalde waarneming binnen de dataset hoort
- **Module t-toets**, geeft inzicht of een waarneming redelijkerwijs boven/onder een bepaalde grenswaarde ligt
- **Module Trend-1** en **module Trend-2** voor het bepalen van een trend in een kleine (maximaal 20 waarnemingen) en grote dataset (meer dan 20 waarnemingen)
- **Module trend uitbijter**, gaat na of een trend dataset een uitbijter bevat
- **Module t-paar** en **module t-groep**, maakt het onderling vergelijken van twee datasets mogelijk
- **Module Correlatie en scatter** geeft snel inzicht in onderlinge relaties tussen verschillende datasets

Statistische tools / SKB-project PT8446



Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem

Algemene statistische tools om een dataset te kunnen beoordelen

Algemene informatie	GO!
De module Basisstatistiek geeft de basisstatistieken en een histogram voor de ingevoerde dataset.	GO!
De module Verdeling geeft via grafieken inzicht in de mate waarin een dataset normaal verdeeld is of niet.	GO!

Tools om te kunnen beoordelen of aan een bepaalde waarde wordt voldaan

De module Uitbijters geeft via Dixon's Q-toets inzicht in de mate waarin afwijkende waarden buiten beschouwing mogen worden gelaten.	GO!
De module t-toets berekent via een t-toets uit een aantal meetgegevens of het redelijk is om aan te nemen dat een bepaalde	GO!





Tools om te kunnen beoordelen of een trend in een dataset aanwezig is

De module Trend-1 geeft via correlatie coëfficiënten en grafieken aan of er een trend bestaat in een serie meetwaarden. Deze module is bedoeld voor datasets tot en met 20 getallen.	GO!
De module Trend-2 analyseert via een regressieberekening of er sprake is van een trend in de meetgegevens. Voor deze analyse zijn bij	GO!
De module trend Uitbijter geeft via grafieken inzicht in hoeverre een trend dataset uitbijters bevat.	GO!

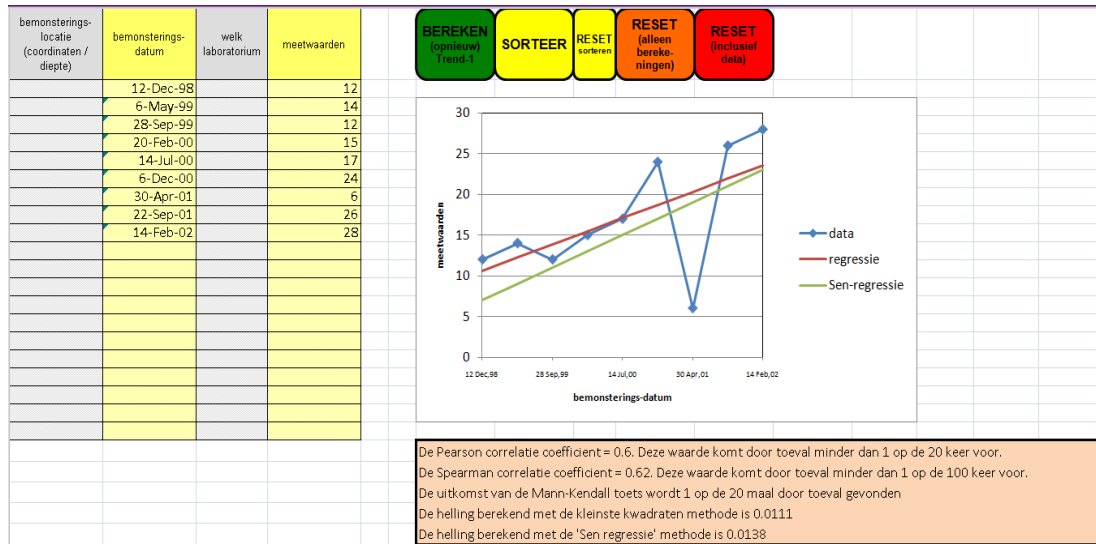
Tools om verschillende dataset onderling met elkaar te vergelijken

De module t-groep vergelijkt 2 groepen meetgegevens en geeft aan of er reden is om aan te nemen dat deze twee sets verschillend zijn.	GO!
De module t-paar vergelijkt de meetgegevens van 2 groepen paarsgewijs. Zodoende kan beoordeeld worden of een bepaalde	GO!
Correlatie en scatter	GO!

StatModules.xlsm - versie 0.1 - 16 december 2009 - © SKB, Couda 2009
Aan het gebruik van de statistische tools kunnen geen rechten worden ontleend

Figuur 5.3 Overzicht van de statistische tools of modules die via het centrale bestand StatModules.xlsm beschikbaar zijn



Figuur 5.4 Voorbeeld van de uitvoer binnen het werkblad Uitvoering voor de module Trend-1

bemonsterings-datum	meetwaarden	regressie	residue	Sen-regressie	Sen-residue	Overzichtstabel		
12-Dec-98	12	10.64	1.36	7	10.64		bemonsterings-datum	meetwaarden
6-May-99	14	12.26	1.74	9	12.26	n	9	9
28-Sep-99	12	13.88	-1.88	11	13.88	minimum	12/12/1998	6
20-Feb-00	15	15.49	-0.49	13	15.49	maximum	2/14/2002	28
14-Jul-00	17	17.11	-0.11	15	17.11	mediaan		15
6-Dec-00	24	18.73	5.27	17	18.73	gemiddelde		17.11
30-Apr-01	6	20.34	-14.34	19	20.34	st.dev.		7.373
22-Sep-01	26	21.96	4.04	21	21.96	r-Pearson	0.6005	
14-Feb-02	28	23.58	4.42	23	23.58	t-Pearson	1.987	
						toevallige kans op r-P	0.044	
						r-Spearman	0.6193	
						toevallige kans op r-S	<0.01	
						Mann-Kendall		
						# dalend (neg.)	7	
						# horizontaal (nul)	1	
						# stijgend (pos.)	28	
						M-K statistiek S	21	
						toevallige kans op S	<0.05	
						kleinste kwadraten regressie		
						schatter	st.dev. van schatter	
						as-afsnijding	-392.3	206.1
						helling	0.01115	0.005612
						st.dev om regr.lijn	6.302745685	
						Sen regressie		
						helling	0.01379	
						max. aantal paren	36	

Figuur 5.5 Voorbeeld van de uitvoer in het werkblad Berekeningen voor de module Trend-1

Vanuit **StatModules.xlsm** worden per module die op pagina 56 genoemd staan een nieuwe Excel bestand aangemaakt. Hierin kunnen de desbetreffende statistische *tools* worden uitgevoerd. Zoals reeds opgemerkt worden instructieteksten en achtergrondinformatie verstrekt in werkbladen binnen deze bestanden. Zo is de vereiste achtergrondkennis in een muisklik beschikbaar voor de gebruiker. Er is getracht om deze informatie zodanig te verwoorden, dat deze zo kort mogelijk is en dat geen uitgebreide theoretische voorkennis vereist is om deze te begrijpen. Echter, daar de uiteindelijke interpretaties en beslissingen bij de onderzoeker blijft liggen, is het in ieder geval nodig, dat deze een algemeen begrip heeft van wat wel en wat niet uit statistische overwegingen mag worden afgeleid. Deze kennis is te halen uit, of op te frissen met de bronnen gegeven in hoofdstuk 8.

Bij de programmering van de modules is ervoor gekozen om deze zo laagdrempelig mogelijk te houden, opdat indien op een later tijdstip aanpassingen gewenst zijn, deze door niet-professionele programmeurs relatief eenvoudig zijn aan te brengen. De instructie- en achtergrondteksten, die aangeven wat een module exact inhoudt, worden gegeven in de volgende achtereenvolgende paragrafen, inclusief één of meerdere voorbeelden op basis van de in hoofdstuk 4 beschreven archetypen.

De resultaten van de statistische *tools* worden over het algemeen op twee plaatsen gegeven:

- In het **werkblad Uitvoering** naast de invoergegevens nadat de gebruiker op de groene Bereken knop heeft gedrukt. In dit werkblad wordt min of meer in lektaal de uitkomst van een analyse gegeven. In dit werkblad worden ook de verschillende figuren ter illustratie weergegeven
- In het **werkblad Berekeningen**. In dit blad wordt voor de meer onderlegde gebruiker nog een breed scala aan statistische parameters en toetsen gegeven

Een voorbeeld van de uitvoer in beide werkbladen is gegeven in figuur 5.4 en 5.5, pagina 58. De volledige ontwikkelde VBA-Excel code voor de verschillende modules is, gezien de grote lengte van deze code van ruim 200 pagina's, terug te vinden op de bijgevoegde cd-rom.

5.2 In welke volgorde moeten de verschillende *tools* gebruikt worden?

Binnen **StatModules.xlsm** zijn de verschillende statistische *tools* gegroepeerd op basis van een logische volgorde en op basis van het soort statistische tests. Dit resulteert in:

- Algemene *tools* om een dataset te kunnen beoordelen, dit kan met de **module Basisstatistiek** en de **module Verdeling**
- Statistische *tools* waarmee kan worden nagegaan of aan een bepaald criteria wordt voldaan, dit kan middels de **module Uitbijters** en de **module t-toets**
- Statistische *tools* om te beoordelen of er sprake is van een trend binnen de dataset. Hiervoor kunnen de **module Trend-1**, voor kleine datasets, en **module Trend-2**, voor grotere dataset, en de **module Trend uitbijter** worden gebruikt

- Statistische *tools* om verschillende datasets onderling met elkaar te vergelijken kan door middel van de **module t-groep** en **module t-paar**. Daarnaast kan met behulp van de **module Correlatie en Scatter** een snelle inschatting worden gemaakt van de onderlinge verbanden tussen verschillende datasets

Tijdens het project is er voor gekozen de *tools* zo te maken dat ze los van elkaar te gebruiken zijn. Gebruikers, en dan met name wanneer men vaker gebruik maakt van de statistische tools, hoeven dan niet steeds een bepaalde opeenvolging van handelingen of testen te doorlopen. Er is ook eigenlijk geen standaard volgorde waarin de verschillende statistische *tools* gebruikt moeten worden. Het gebruik van de verschillende statistische *tools* is afhankelijk van de hypothese die men wil toetsen.

Voor de gebruiker kan echter wel een logische opeenvolging van de statistische *tools* worden gegeven. Hieronder wordt aan de hand van twee voorbeelden een logische opeenvolging van *tools* gegeven die kan worden doorlopen.

Voorbeeld 1

In een filter van een monitoringspeilbuis wordt een verontreiniging gemonitord in het kader van de zorgmaatregelen in een saneringsplan. Na een aantal jaren dringt de vraag zich op of de grondwaterkwaliteit ter hoogte van de peilbuis verbeterd of niet.

Los van het toepassen van allerlei statistische *tools*, tests en trucjes is het belangrijk de verzamelde data eerst in een grafiek te visualiseren en na te gaan of er sprake is van een af- of toename. Gebeurt er eigenlijk überhaupt iets? Het visualiseren van de data geeft meer inzicht dan de data aflezen uit allerlei tabellen. Als op basis van de visualisatie het erop lijkt dat er een afname/toename in de concentratie is kan dit worden getoetst en onderbouwd worden met behulp van de verschillende statistische *tools*.

Als eerste kan de **module Basisstatistiek** worden gebruikt. Met deze module krijgt men inzicht in de statistische kerngetallen van de dataset (gemiddelde, mediaan, verdeling van de data, et cetera). Dit inzicht in de dataset kan verder worden uitgebreid door in detail te kijken naar de verdeling van de gegevens, grondwaterconcentraties in de monitoringspeilbuis, binnen de dataset. Dit kan met behulp van de **module Verdeling**. Op basis van de uitkomsten van deze module kan worden geconcludeerd of de dataset normaal, lognormaal of anders verdeeld is. Als een dataset normaal is verdeeld neemt de betrouwbaarheid van andere statistische *tools* die op de dataset worden toegepast toe. Is de data niet normaal verdeeld kan dat wijzen op een samengestelde dataset; de dataset bestaat bijvoorbeeld uit twee verschillende groepen data waarbij de hoge concentraties misschien het gevolg zijn van een ander proces dan de lage concentraties. Daarnaast kan inzicht in de verdeling informatie opleveren over de aanwezigheid van uitbijters binnen de dataset. Als dat laatste het geval is kan dit met behulp van de **module Uitbijters** worden geverifieerd. Wanneer de dataset is bekeken op het voorkomen van uitbijters, en deze zijn eventueel uit de dataset verwijderd, kan met behulp van de **module Trend-1** of de

module Trend-2 worden gekeken of er sprake is van een verbetering van de waterkwaliteit. Welke module gebruikt kan worden hangt af van de grootte van de dataset. In statistische termen wordt er dan getoetst of er een negatieve/positieve trend is in het concentratieverloop met de tijd.

Voorbeeld 2

Het tweede voorbeeld heeft betrekking op het beoordelen van een verontreinigingssituatie vooraf aan het in gebruik nemen van een terrein en na het beëindigen van het gebruik. Een vergelijkbare situatie is vooraf aan een sanering en na het voltooiën van de sanering.

Ook hier geldt dat de eerste stap bestaat uit het visualiseren van de data. Het tekenen van grafieken of het op een kaart visualiseren van de concentraties tijdens de verschillende meetronden is de eerste stap. Voor de verschillende datasets, de individuele monitoringsronden, kan eerst de onder voorbeeld 1 beschreven modules worden gebruikt om een indruk te krijgen van de kwaliteit van de data. Hierbij is het raadzaam de uitbijter test achterwegen te laten omdat mogelijk in het gebied een peilbuis aanwezig is die, in beide datasets wat afwijkende concentraties heeft ten opzichte van de overige peilbuizen. Wel wordt aangeraden de dataset te analyseren met behulp van de **module Verdeling**. Inzicht in het feit of een dataset al dan niet normaal verdeeld is helpt bij het bepalen of men naar de resultaten van de parametrische testen of naar de verdelingsvrije of robuuste statistische testen moet kijken. Een parametrische test biedt meestal een hoger onderscheidingsvermogen (zie ook paragraaf 5.3). Daarna kan met de **module Correlatie en Scatter** snel inzicht worden verkregen of de verschillende datasets mogelijk een onderlinge correlatie hebben. Per twee datasets, bijvoorbeeld op twee verschillende tijdstippen kan dan met behulp van de **module t-groep** of **module t-paar** worden gekeken of de datasets significant van elkaar verschillen.

5.3 Algemene statistische tools om een dataset te kunnen beoordelen

5.3.1 Module basisstatistiek

Algemene inleiding

In de **module Basisstatistiek** worden de standaard statistische gegevens berekend zoals het gemiddelde, de mediaan, de spreiding of standaard deviatie et cetera. Voor kleine datasets met tien of minder getallen worden alleen het gemiddelde, de mediaan en het minimum en maximum gegeven. Voor grotere datasets worden ook spreidingsmaten gegeven.

In de module moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd. Hierbij wordt de volgende kleurencodering gehanteerd: geel is een verplicht invoerveld, grijs is voor optionele invoer. De resultaten, tabel(len) en grafiek(en) verschijnen rechts in hetzelfde werkblad. Via de oranje *reset* knop kunnen alle berekeningen gewist worden, met de rode *reset* knop worden naast de berekeningen ook alle ingevoerde data verwijderd.

Achtergrond informatie

Parametrische statistieken zijn statistische tests waarbij aangenomen wordt dat de verdeling in de dataset bekend is. Meestal wordt er van uitgegaan dat deze normaal verdeeld zijn (zie figuur 5.7, pagina 64). De hypothese die getoetst wordt, veronderstelt een bepaalde waarden voor één of meer van deze parameters. Wanneer de aanname van de onderliggende verdeling juist is, biedt een parametrische test een hoger onderscheidingsvermogen dan verdelingsvrije of **robuuste statistieken**. Als de robuuste statistieken goed overeenkomen met de parametrische statistieken is het waarschijnlijk dat de dataset redelijk normaal verdeeld is en de berekende statistieken niet sterk beïnvloed zijn door uitbijters. Dit wordt visueel gemaakt in een histogram.

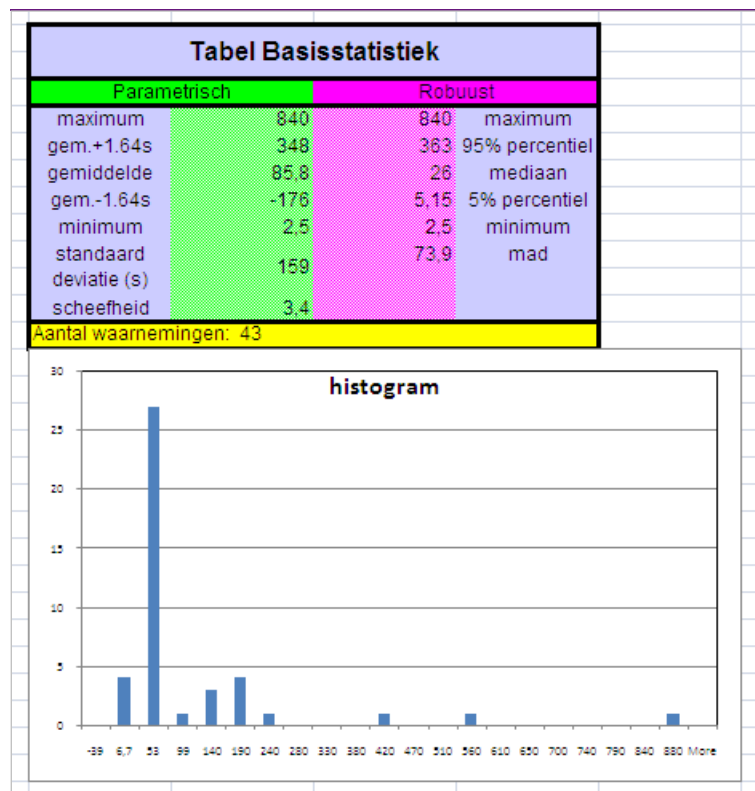
In de module worden de volgende statistische gegevens worden berekend:

- Gemiddelde - de gemiddelde waarde is de som van alle getallen gedeeld door het aantal
- Standaard deviatie (st.dev) is een maat voor de spreiding in de dataset. Het is de wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde afwijkingen van het gemiddelde
- Mediaan is de middelste waarde nadat de getallen gesorteerd zijn. De mediaan heeft weinig last van uitbijters en wordt daarom een robuuste schatter genoemd. De mediaan is in feite het 50^{ste} percentiel (zie hieronder)
- Percentiel wordt op eenzelfde wijze bepaald als de mediaan die in feite het 50^{ste} percentiel is. Bij 100 getallen is het 5^{de} percentiel het vijfde getal van onder
- Mediane absolute deviatie (mad) is de mediaan van de absolute deviaties van de mediaan

Indien het aantal waarnemingen oneindig groot is, hebben bovengenoemde eigenschappen de 'ware' waarde. Meestal is het aantal waarnemingen niet oneindig en hebben we te maken met een zogenaamde steekproef. Het berekende gemiddelde en de berekende standaard deviatie zijn dan schattingen van de 'ware' getallen. Als het aantal waarnemingen naar oneindig gaat en de dataset normaal verdeeld is (zie figuur 5.7, pagina 64), dan is het gemiddelde gelijk aan de mediaan en het gemiddelde minus 1,64 maal de standaard deviatie gelijk aan het 5^{de} percentiel. Hoe kleiner het aantal getallen in de dataset, hoe groter de spreiding zal zijn in de schattingen van het gemiddelde, standaard deviatie et cetera.

Voorbeeld

Als voorbeeld wordt de dataset van Site W gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. De dataset is van het archetype vaststellen achtergrondconcentratie zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om monitoringsdata in een woonwijk waar voorheen een groot kassencomplex was gevestigd. In het grondwater worden licht maar ook sterk verhoogde concentraties aan nikkel aangetroffen. Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: wat is het gemiddelde, de spreiding, en het type verdeling (normaal versus lognormaal) van de dataset, wanneer valt een waarneming daarbuiten (zie tabel 4.2, pagina 41).



Figuur 5.6 Uitkomst van de module Basisstatistiek voor Site W

De dataset bestaat uit 43 meetpunten met een onbekende ruimtelijke verdeling. Wanneer de data in de daarvoor bedoelde gele velden van het [werkblad Uitvoering](#) van de [module Basisstatistiek](#) wordt geplakt en op de groene knop Bereken wordt gedrukt volgt de in figuur 5.6 weergegeven uitkomst. De uitkomst van de module wordt getoond in de vorm van een tabel met daarin de uitkomsten voor de dataset op basis van parametrische en robuuste statistiek. Daarnaast wordt de ingevoerde data gevisualiseerd door middel van een histogram.

Wat opvalt aan de uitkomsten die worden gegeven in de tabel voor de parametrische en robuuste statistiek is dat deze onderling verschillen, met vanzelfsprekend de uitzondering voor de maximale en minimale waarde binnen de dataset. Als de robuuste statistiek goed overeenkomt met de parametrische statistiek is het aannemelijk dat de dataset redelijk normaal verdeeld is en de berekende statistieken niet sterk beïnvloed zijn door uitbijters.

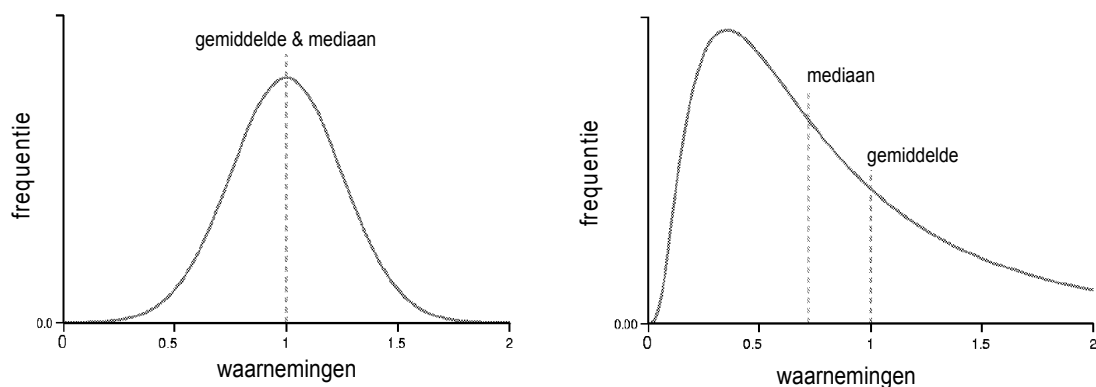
Omdat er een groot verschil zit tussen de waarde voor het gemiddelde, de waarde voor het gemiddelde $\pm 1,64$ en de 5^{de} en 95^{ste} percentiel is het aannemelijk dat de dataset niet normaal verdeeld is. Dit valt direct op als men kijkt naar het histogram. Het merendeel van de data ligt aan

de rechterkant van het histogram (zogenaamd rechts-scheef verdeeld) met een staart aan de linkerkant die bestaat uit drie waarnemingen. Deze scheve verdeling wordt in de tabel uitgedrukt als een scheefheid van 3,4. Een symmetrische, perfect normale verdeling heeft een scheefheid van 0. Er is in deze dataset dus geen sprake van een perfecte normale verdeling, de dataset lijkt eerder naar de linkerkant uitgerekt en daarmee lognormaal verdeeld. Dit kan ook betekenen dat de dataset mogelijk is opgebouwd uit twee of meer subsets of dat de dataset wordt beïnvloed door uitbijters. Deze uitbijters zijn dan, kijkend naar het histogram de hoge grondwaterconcentraties aan nikkel.

5.3.2 Module verdeling

Algemene inleiding

Met de **module Verdeling** kan worden nagegaan of de waarnemingen binnen een dataset normaal verdeeld zijn. Bij een normale verdeling heeft de dataset, wanneer men de waarnemingen uitzet in een histogram, een klokvorm, zie figuur 5.7. Dit heet ook wel een Gaussiaanse verdeling. Vaak zijn datasets echter scheef of lognormaal verdeeld (figuur 5.7) Als in geval van een lognormale verdeling de logaritmes van de meetwaarden worden berekend, een zogenaamde logtransformatie, laten deze getransformeerde data weer een normale verdeling zien. Statistische tests die een normale verdeling nodig hebben, kunnen dan wel op de getransformeerde data worden toegepast.



Figuur 5.7 Voorbeeld van links een normale of Gaussiaanse verdeling en rechts een lognormale verdeling. Als in geval van een lognormale verdeling de logaritmes van de meetwaarden worden berekend de zogenaamde logtransformatie, laten deze getransformeerde data een normale verdeling zien. Statistische tests die een normale verdeling nodig hebben, kunnen dan wel op de getransformeerde data worden toegepast. Naar Helsel & Hirsch (2002)

In de **module Verdeling** moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. De resultaten met illustraties verschijnen rechts in hetzelfde werkblad. Via de oranje *reset* knop kunnen alle berekeningen gewist worden, met de rode *reset* knop worden ook alle ingevoerde data verwijderd. Let op! Voordat een nieuwe dataset wordt ingevoerd moeten altijd eerst de oude berekeningen gewist worden. In de module is er niet voor gekozen om een verdeling zoals in figuur 5.7 is gegeven te tekenen maar een afgeleide daarvan een zogenaamde cumulatieve frequentie curve. De dataset wordt op een dusdanige manier geplot dat als er min of meer een rechte lijn te zien is dat de dataset voldoet hij aan de normale verdeling. Bij uitbijters aan boven of onderkant wordt de lijn aan het betreffende uiteinde steiler. Als de lijn ergens halverwege een knik of buigpunt vertoont, is er mogelijk sprake van twee (of meer) groepen.

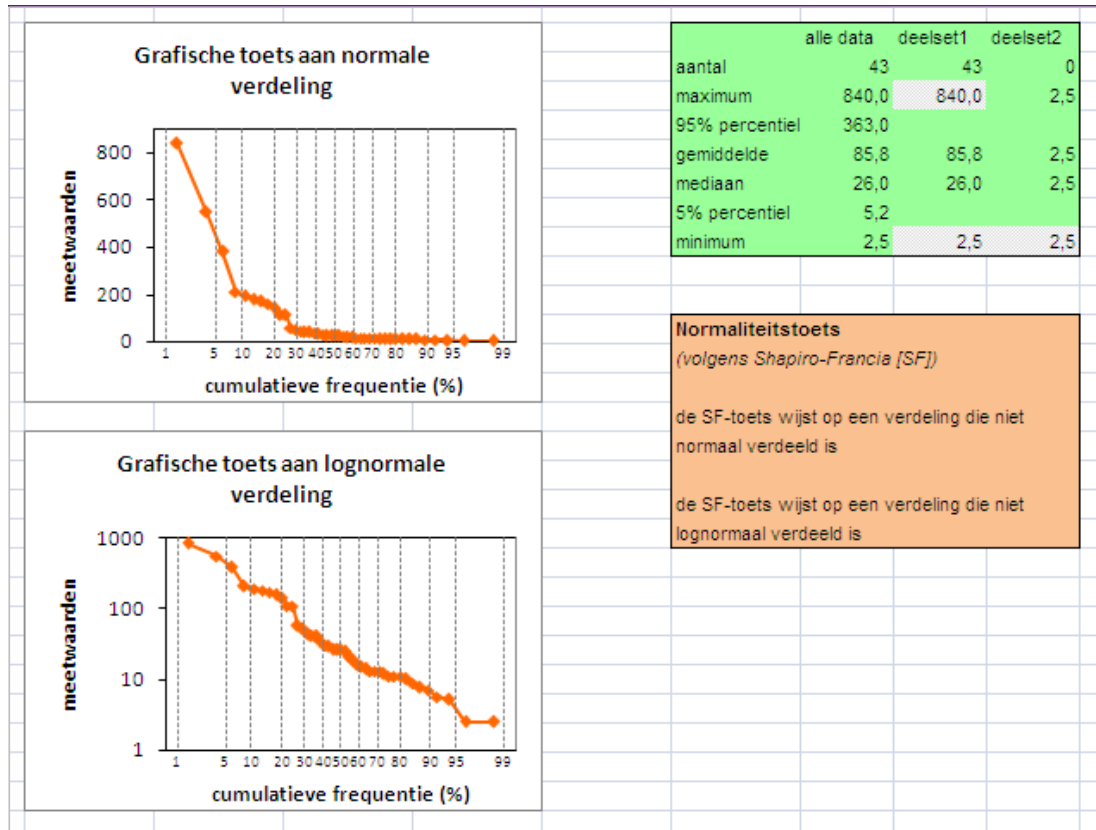
Achtergrond informatie

Een additionele toets om te beoordelen of een verdeling als normaal of lognormaal beschouwd kan worden is de Shapiro-Francia toets, die in de (roze) box genaamd **normaliteitstoets** gevonden wordt in het **werkblad Uitvoering**. Na de eerste berekening voor de gehele dataset kunnen, voor één of twee deelsets, waarden onder of boven gekozen minima en maxima als uitbijters of aparte groep beschouwd worden. Dit kan via de optionele invoer in de grijze velden in de groene tabel en daarna opnieuw berekenen. Pas op! Een nieuwe normaliteitstoets volgens Shapiro-Francia op deze deelpopulatie wordt niet gegeven. Voor het bepalen van deze minima of maxima kan het helpen de data te sorteren met behulp van de gele knop.

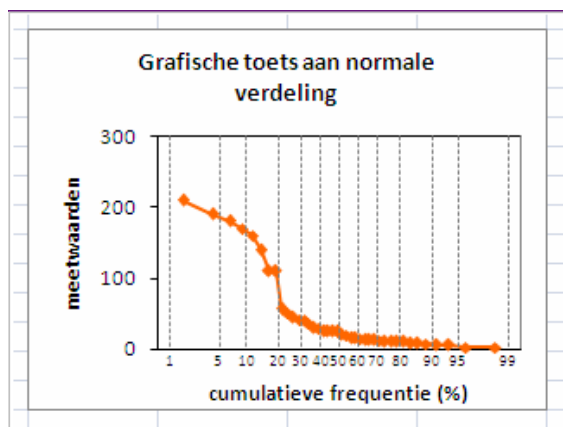
De punten van de cumulatieve frequentie curve zullen zelden of nooit precies op een rechte lijn vallen. Een belangrijke vraag is natuurlijk wanneer men zich zorgen moet gaan maken over een afwijking. Dit kan afgelezen worden in het nomogram. Door een lijn te trekken van het aantal meetwaarden op de rechteras (number of samples) naar het percentage op de rechte lijn aan de linkerkant, kan men op de kromme lijnen aflezen wat het interval is waarin de waarnemingspunten in 19 van de 20 gevallen moeten vallen. Is het aantal afwijkingen hoger dan 1 op de 20, of wijkt een punt heel erg af, dan is dit een aanwijzing dat men te maken heeft met bijvoorbeeld uitbijters, bi- of multimodaliteit, een lognormale verdeling of iets dergelijks. Een cumulatieve frequentie curve kan natuurlijk ook gebruikt worden om het gemiddelde en de standaard deviatie af te lezen. Vooral als er aan de onder of bovenkant een knikpunt ligt, kan dit een betere schatting opleveren, dan de berekende waarde.

Voorbeeld

Als voorbeeld wordt weer de dataset van Site W gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** dit keer van de **module Verdeling**. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de in figuur 5.8 (pagina 66) gegeven uitkomsten getoond.



Figuur 5.8 Uitkomst bij het voorbeeld van de module Verdeling voor Site W



Figuur 5.9 Uitkomst bij het voorbeeld van de module Verdeling voor Site W waarbij als maximum concentratie aan nikkel 210 µg/l is genomen

In het werkblad Uitvoering worden de resultaten van de statistische test getoond aan de hand van een tweetal cumulatieve frequentiecurves: de bovenste getekend aan de hand van de originele data, de onderste aan de hand van de loggetransformeerde data. Rechts daarvan een groen blok met de statistische basisgegevens van de originele dataset en de mogelijkheid om een deelset van de dataset te maken door een nieuwe hoogste waarneming in te vullen. Daaronder een roze resultatenblok genaamd normaliteitstoets. Hierin worden de resultaten van de Shapiro-Francia toets samengevat.

Voor de dataset van site W valt op dat de cumulatieve frequentiecurve voor de originele dataset de helling aan de kant van de hoge waarnemingen steiler wordt. Ook de uitkomst van de Shapiro-Francia toets duidt er op dat de dataset voor nikkel niet normaal is verdeeld. Dit duidt op de aanwezigheid van een of meer uitbijters in de dataset. Wanneer in de groene resultatenbox de maximale waarde van 840 $\mu\text{g/l}$ wordt vervangen door 210 $\mu\text{g/l}$ vallen de drie hoogste en mogelijke uitbijters uit de cumulatieve frequentiecurve. De aangepaste cumulatieve frequentiecurve is gegeven in figuur 5.9 (pagina 66). In plaats van een duidelijk antwoord te krijgen op de vraagstelling of de drie hoge concentraties aan nikkel uitbijters zijn of niet blijkt ook de cumulatieve frequentiecurve voor de aangepaste dataset geen (min of meer) rechte lijn op te leveren. Ook deze curve bevat een verandering in helling. Als we terugkijken naar het histogram dat met behulp van de module basisstatistiek is getekend (figuur 5.6, pagina 63) en we kijken wat beter dan valt op dat er een tweetal maxima zijn: een rond 53 $\mu\text{g/l}$ en de andere rond 190 $\mu\text{g/l}$. Dat betekent dat de data niet normaal of lognormaal verdeeld is maar bimodaal. Dit betekent dat er twee verschillende waarden zijn waar de waarnemingen uit de dataset rond verdeeld zijn. Dat houdt in dat er sprake is van twee verschillende datasets die zijn samengevoegd, of anders gezegd er zijn twee verschillende oorzaken die resulteren in verhoogde nikkel concentraties in het grondwater. Althans als men de drie hoogste waarnemingen buiten beschouwing laat. Of de hoge concentraties daadwerkelijk uitbijters zijn kan worden bepaald met behulp van de module Uitbijters (zie hieronder).

5.4 Statistische *tools* waarmee kan worden nagegaan of aan een bepaald criteria wordt voldaan

5.4.1 Module uitbijters

Algemene inleiding

Uitbijters, ofwel waarden in een dataset die ver van de overige waarnemingen verwijderd liggen, hebben veelal een overheersende invloed bij veel statistische toetsen. Met behulp van deze module kan worden bepaald of een bepaald getal een uitbijter is.

In de **module Uitbijters** moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. De resultaten met illustraties verschijnen rechts in hetzelfde werkblad. Via de oranje *reset* knop

kunnen alle berekeningen gewist worden, met de rode *reset* knop worden ook alle ingevoerde data verwijderd. De dataset dient alléén uit getallen te bestaan, zie ook het [werkblad Instructie](#) bij de [module Algemene Informatie](#).

De uitbijter test of Dixon's Q-toets wordt alleen berekend voor datasets met maximaal 25 waarnemingen. Voorwaarde voor de Q-toets is dat de gegevens redelijk normaal verdeeld zijn. Een goede toets hiervoor kan worden gevonden in de [module Verdeling](#). Naast normaal verdeelde datasets komen lognormale verdelingen ook vaak voor. De Q-toets wordt daarom tevens berekend voor loggetransformeerde data.

Uitbijters kunnen ook snel worden teruggevonden wanneer de optionele data zoals locatie, datum en/of laboratorium zijn ingevoerd. Soms is een uitbijter het gevolg van een monstername fout op een bepaalde dag of het gevolg van een andere analysemethode bij een laboratorium. Optionele data bevatten daarom vaak meer informatie dan op eerste gezicht gedacht.

Achtergrond informatie

Uitbijters, ofwel waarden in een dataset die ver van de overige waarnemingen verwijderd liggen, hebben veelal een overheersende invloed bij veel statistische toetsen. Vaak komen zij voort uit gebeurtenissen of acties, die geen onderdeel uitmaken van het geplande experiment of studie. Bijvoorbeeld een lekkend filter bij een waterbemonstering kan leiden tot sterke afwijkingen in de analyseresultaten, maar geeft geen inzicht in de waterchemie. Als een sterk afwijkende waarneming om de één of andere reden verdacht is, is het beter om deze waarneming apart te behandelen en niet mee te nemen in verdere analyse. Als geen ongebruikelijkheden zijn geconstateerd is het vaak lastig om een afwijkende waarneming als uitbijter te bestempelen.

Bij grotere datasets met meer dan 25 waarnemingen kan gebruik gemaakt worden van de reguliere toetsen, zoals bijvoorbeeld de parametrische t-toets om te bekijken of een afwijkende waarneming door toeval verklaard kan worden. Bij kleine datasets is Dixon's Q-toets geschikter. Voorwaarde voor het gebruik van deze toets is dat de dataset niet significant afwijkt van een normale verdeling. De Q-waarde wordt als volgt berekend:

$$Q = \frac{x_u - x_n}{x_u - x_v}$$

1

waarin x_u de mogelijke uitbijter, x_n de dichtstbij gelegen waarde en x_v de verstweg gelegen waarde. In tabel 5.1 kan voor maximaal tien waarnemingen afgelezen worden hoe vaak een Q-waarde door toeval gevonden wordt.

Tabel 5.1 Grenswaarden voor de Dixon's Q-test

Betrouwbaarheids- interval	Aantal 3	4	5	6	7	8	9	10
Q(90 %)	0,941	0,765	0,642	0,560	0,507	0,468	0,437	0,412
Q(95 %)	0,970	0,829	0,710	0,625	0,568	0,526	0,493	0,466
Q(99 %)	0,994	0,926	0,821	0,740	0,680	0,634	0,598	0,568

Dus als $n=4$ en $Q=0.770$, dan komt deze waarde door toeval minder dan 1 op de 10 keer. Of anders gezegd met een betrouwbaarheid van 90 % kan worden geconcludeerd dat het gaat om een uitbijter. Het blijft echter aan de onderzoeker om te besluiten hoe verder de uitbijter te behandelen. In het [werkblad Berekeningen](#) worden enige gebruikelijke steekproefparameters berekend. Om de betekenis van de Q-toets beter te kunnen inschatten worden ook de z-scores berekend voor de gehele steekproef, alsook voor de gevallen waarbij de hoogste of laagste waarde niet is meegenomen bij de berekening van het gemiddelde en de standaard deviatie. De z-score geeft aan hoeveel keer de standaarddeviatie een meetwaarde afligt van het gemiddelde.

Een z-score van groter dan 2 of kleiner dan -2 komt 1 op de 20 keer voor. Een z-score van groter dan 3 of kleiner dan -3 komt ruwweg 1 op de 400 keer voor. Dus een z-score van groter dan 2.5 is per definitie verdacht. Bij het weghalen van een uitbijter uit de dataset wordt de dataset kleiner waarmee de kans op een uitbijter volgens vergelijking 1 (pagina 68) groter wordt. Het is daarom niet zomaar toegestaan sequentieel uitbijter na uitbijter met deze methode uit de dataset weg te halen.

Voorbeeld 1

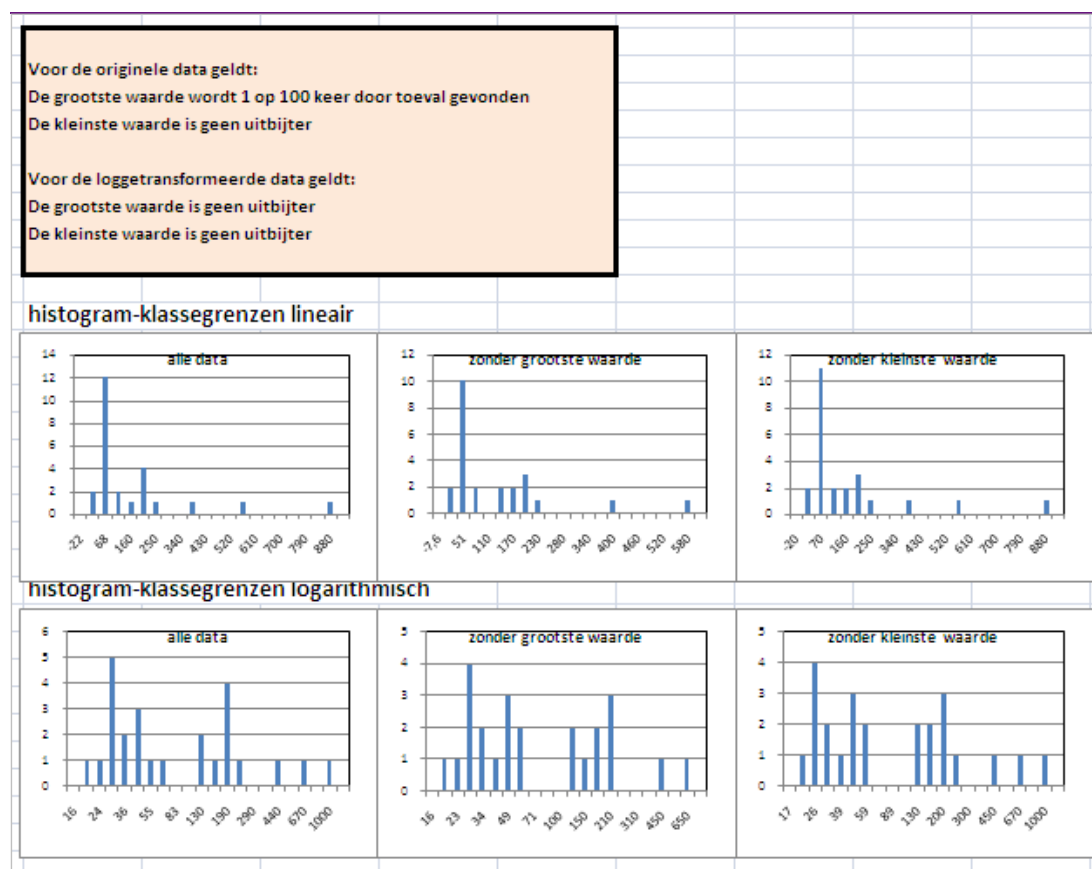
Als voorbeeld wordt weer de dataset van Site W gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven en in paragraaf 5.4 onder het voorbeeld zijn de resultaten voor de algemene statistische gegevens van de dataset besproken, zie ook figuur 5.6. Daar werd geconstateerd dat de hoge concentraties aan nikkel mogelijk uitbijters zijn. De dataset wordt ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#) van de [module Uitbijters](#). Omdat de dataset voor Site W uit meer dan 25 waarnemingen bestaat wordt ervoor gekozen om de 25 hoogste waarnemingen in te vullen. Op basis van de uitkomsten uit de module Basisstatistiek is tenslotte de hypothese geformuleerd dat de hoge grondwaterconcentraties mogelijk uitbijters zijn. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de in figuur 5.10 (pagina 70) gegeven uitkomsten getoond.

De uitkomsten zijn verdeeld in drie verschillende resultaatblokken: ten eerste een roze tekstblok waarin de resultaten worden samengevat, ten tweede een serie histogrammen op basis van lineaire klassenindeling waarbij achtereenvolgens de hele dataset wordt gegeven en dan zonder de laagste en hoogste waarde, als laatste wordt een serie histogrammen gegeven waarbij een

logaritmische klassenindeling wordt gebruikt. Kijkend naar het eerste resultatenblok dan worden voor de dataset de volgende resultaten gegeven:

- Voor de originele data:
 - De grootste waarde wordt 1 op 100 keer door toeval gevonden
 - De kleinste waarde is geen uitbijter
- Voor de loggetransformeerde data:
 - De hoogste waarde is geen uitbijter
 - De kleinste waarde is geen uitbijter

Dit betekent dat de hoogste waarde met een betrouwbaarheid van 99 % een uitbijter is. Voor de laagste waarde van 16 µg/l is het duidelijk dat het niet om een uitbijter gaat. Dat de hoogste concentratie uitbijter is heeft mogelijk ook gevolgen voor de twee andere hoge nikkel concentraties in de dataset.



Figuur 5.10 Uitkomst van het eerste voorbeeld van de module Uitbijters voor Site W

gesorteerde meetwaarden	log(meetwaarde)	standaardisering (z-scores) op basis van:						statistische parameters op basis van:			
		alle data	zonder hoogste waarde	zonder laagste waarde	alle logdata	logdata zonder hoogste	logdata zonder laagste	alle data	zonder hoogste waarde	zonder laagste waarde	
3850	3,58546073	3,753	15,19	3,63	1,572	1,769	1,621	max	3850	784	3850
784	2,89431606	0,4321	2,539	0,3955	1,043	1,209	1,03	min	0,1	0,1	0,1
610	2,78532964	0,2437	1,822	0,2119	0,96	1,121	0,9373	gemiddelde	385,1	168,5	409,1
410	2,61278386	0,02702	0,9964	0,0009362	0,8279	0,9809	0,7898	st.dev.	923,2	242,4	948
320,4	2,50569251	-0,07003	0,6267	-0,09358	0,746	0,8941	0,6963	b	33,93	25,24	48,83
190	2,2787536	-0,2113	0,08873	-0,2311	0,5724	0,7103	0,5043	b-ls	1,673	1,472	3,301
181	2,25767857	-0,221	0,0516	-0,2406	0,5563	0,6932	0,4863	b+ls	688,1	432,9	722,3
69,9	1,84447718	-0,3414	-0,4068	-0,3578	0,2402	0,3584	0,1331	mediaan	50	40,75	59,95
50	1,69897	-0,3629	-0,4889	-0,3788	0,1289	0,2405	0,008782	mad	372,6	394	392,8
31,5	1,49831055	-0,383	-0,5652	-0,3983	-0,02465	0,07795	-0,1627	n	17		
21	1,32221929	-0,3943	-0,6085	-0,4094	-0,1594	-0,06472	-0,3132				
13	1,11394335	-0,403	-0,6415	-0,4178	-0,3187	-0,2335	-0,4912				
11	1,04139269	-0,4052	-0,6498	-0,42	-0,3742	-0,2922	-0,5532	Q-toets voor:	originele data		loggetransformeerde data
2	0,30103	-0,4149	-0,6869	-0,4295	-0,9406	-0,8921	-1,186	Q	sign.	Q-log	sign.-log
1,9	0,2787536	-0,415	-0,6873	-0,4296	-0,9576	-0,9101	-1,205	hoogste waarde	0,842	99	0,242 <90
0,1	-1	-0,417	-0,6947	-0,4315	-1,936	-1,946	-2,298	laagste waarde	0,002951 <90		0,3378 <90
0,1	-1	-0,417	-0,6947	-0,4315	-1,936	-1,946	-2,298				
								Kritische Q-waarden			
								90%	0,438		
								95%	0,49		
								99%	0,577		

Figuur 5.11 Uitkomst bij het tweede voorbeeld van de module **Uitbijters** in het werkblad **berekeningen** voor **Site T**. In de figuur is het gedeelte gemarkeerd wat in de tekst nader is besproken

Voorbeeld 2

Als tweede voorbeeld wordt de BTEX dataset voor monitoringsfilter T-12 van Site T gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. De dataset wordt, met uitzondering van de lege velden of *missing data*, ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module Uitbijters**. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden uitkomsten in **werkblad Uitvoering** getoond, daarnaast worden in het **werkblad Berekeningen** de ruwe uitkomsten van de statistische test gegeven, zie ook figuur 5.11.

In het **werkblad Uitvoering** zijn de uitkomsten, net als bij het vorige voorbeeld, weer verdeeld in drie verschillende resultaatblokken. Kijkend naar het eerste resultatenblok dan wordt voor de dataset gegeven dat voor de originele data de grootste waarde minder dan 1 op 100 keer door toeval wordt gevonden en dus met een betrouwbaarheid van 99 % een uitbijter is. De kleinste waarde is geen uitbijter.

Kijken we in het **werkblad Berekeningen** naar de samenvatting van de statistische parameters (rood omkaderd in figuur 5.11) dan komen we op basis van de uitkomsten van de Q-toets voor de originele data tot dezelfde conclusie. De kritische waarde bij een betrouwbaarheidsinterval van 90 % is 0,438, bij 95 % is dat 0,490 en bij 99 % 0,577. De Q-waarde voor de hoogste waarde is 0,842 en wordt dus in minder dan 1 op de 100 gevallen door toeval gevonden. Met een 99 % betrouwbaarheid kan dus worden gesteld dat de hoge BTEX-concentratie een uitbijter is. Als we kijken naar de z-scores in het linker deel van de ruwe uitkomsten valt op dat voor de originele data de z-score voor de hoogste waarneming 3,7 is. In de achtergrond informatie op pagina 69 is

gesteld dat een z-score van groter dan 2.5 per definitie verdacht is. Op basis van deze uitkomsten wordt geconcludeerd dat de hoogst gemeten BTEX-concentratie in het filter T-12 een uitbijter is.

5.4.2 Module t-toets

Algemene inleiding

Met de **module t-toets** kan worden berekend of statistisch gezien het gemiddelde van een aantal meetwaarden voldoende onder een grenswaarde bijvoorbeeld een terugsaneerwaarde, actie- of signaalwaarde ligt om te mogen concluderen dat deze niet overschreden wordt.

In de module moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. In een histogram wordt de verdeling van de meetwaarden en de opgegeven grenswaarde (punt naar beneden in rode lijn) weergegeven. Voor grotere datasets worden ook spreidingsmaten gegeven. Via de oranje *reset* knop kunnen alle berekeningen gewist worden, met de rode *reset* knop worden ook alle ingevoerde data verwijderd. De dataset dient alléén uit getallen te bestaan. De test is gevoelig voor uitbijters en kan niet 'omgaan' met waarden onder de detectielimiet. Hiervoor zal een fictief maar reëel laag getal voor moeten worden opgenomen.

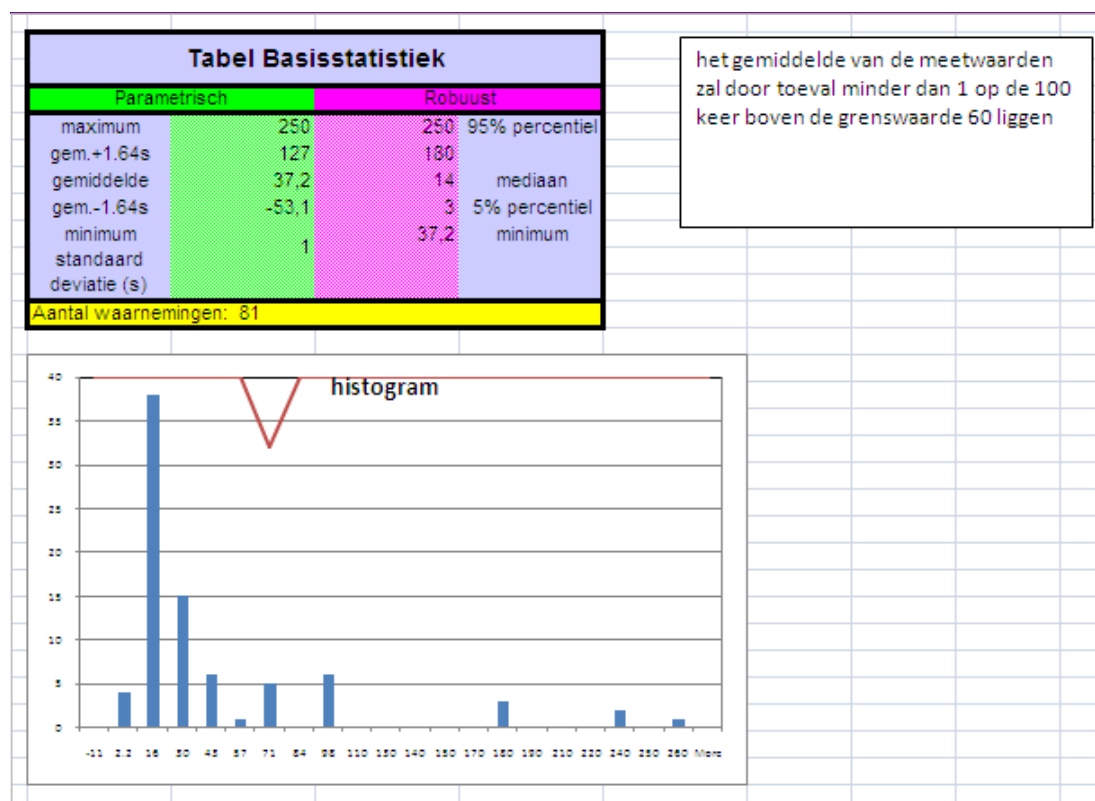
De berekening in de module is gebaseerd op de t-verdeling. Deze verdeling wordt toegepast omdat bij de toets de meetgegevens gebruikt moeten worden om een schatting te maken van de spreiding in de meetgegevens. Als de spreiding wel bekend zou zijn, zou de normale verdeling worden gebruikt.

Achtergrond informatie

Doel van de test is het verschil te toetsen van een gemiddelde van een populatie (dataset) ten opzichte van een vaste waarde. De t-toets kan ook worden gebruikt om het gemiddelde van een dataset te schatten. Aanname bij de t-toets is dat de data niet afhankelijk zijn en min of meer normaal verdeeld zijn. Of dat de dataset uit meer dan 30 waarnemingen bestaat. De t-toets is een robuuste toets wanneer de dataset slechts in beperkte mate afwijkt van een normale verdeling.

Voorbeeld 1

Site D valt onder het archetype vaststellen achtergrondconcentratie en/of data screening zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om grondwaterconcentraties aan arseen (As) op een grote industriële locatie. Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: wat is de verdeling van de achtergrondconcentratie, wanneer valt een waarneming daarbuiten (uitbijter), wat is het gemiddelde, de spreiding en verdeling binnen de dataset. Maar ook wordt gemiddeld de interventiewaarde van As voor ondiep grondwater van 60 µg/l op de locatie overschreden. En wat is de kans dat ik in een nieuwe peilbuis weer concentraties As boven de interventiewaarde aantref? De volledige dataset is gegeven in bijlage 1.



Figuur 5.12 Uitkomst bij voorbeeld 1 van de module t-toets

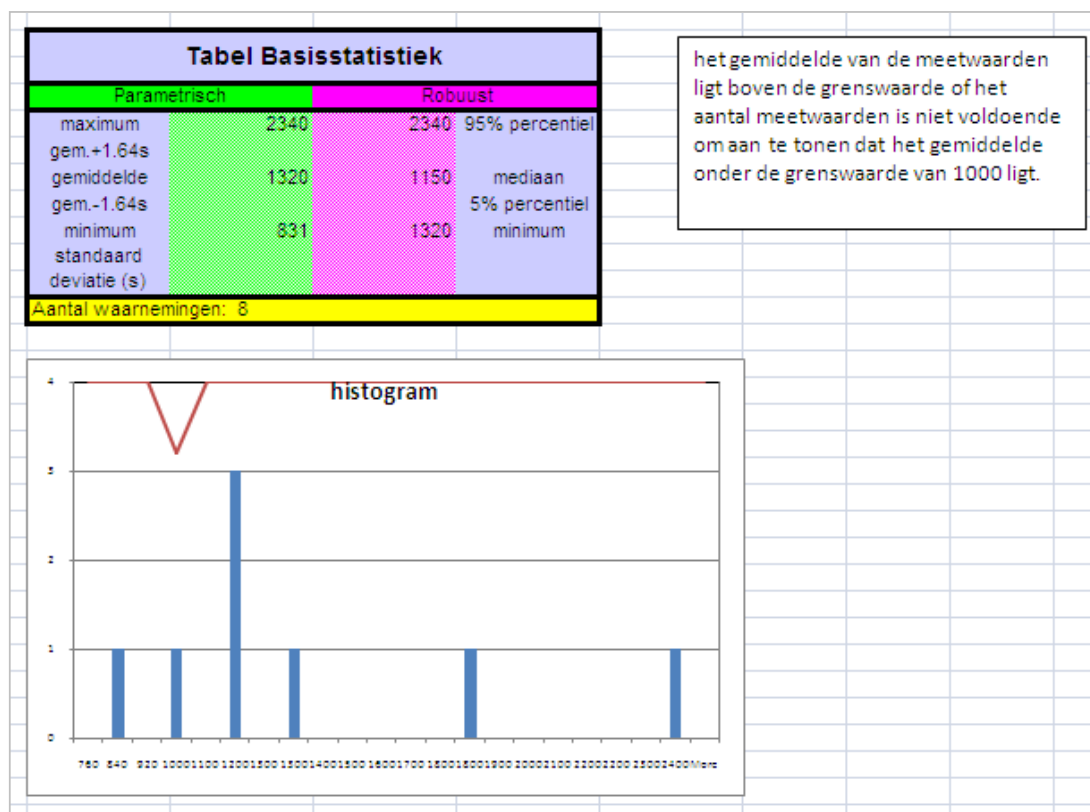
De dataset wordt ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#) van de [module t-toets](#). Concentraties onder de detectielimiet worden vervangen voor een lage, reële concentratie van 1 µg/l. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in [werkblad Uitvoering](#) getoont, zie figuur 5.12.

De resultaten van de test worden in drie blokken gepresenteerd. Ten eerste een samenvatting van de basisstatistische gegevens van de dataset met daarin de waarden voor de parametrische test en de robuuste test (zie ook paragraaf 5.3.1, pagina 61). De data wordt geplott in een histogram met daarin aangegeven, door middel van een punt naar beneden in een rode lijn, de ingevulde grenswaarde. In dit geval is de grenswaarde de interventiewaarde van As in ondiep grondwater. Tenslotte wordt er een *overall* conclusie getrokken. In dit geval dat de concentratie As met een kans van 1 op 100, niet boven de opgegeven concentratie van 60 µg/l zal liggen. De kans dat bij het plaatsen van een nieuwe peilbuis de arseenconcentratie boven de interventiewaarde zal liggen is daarmee klein. In dit voorbeeld wordt vastgesteld dat de kans dat het gemiddelde van de dataset met een betrouwbaarheid van 99 % niet wordt overschreden. De kans dat in het grondwater van een nieuw geplaatste peilbuis de As-concentratie boven de interventiewaarde ligt is daarmee klein.

Voorbeeld 2

Een ander voorbeeld is een toetsing of een voldaan wordt aan een gegeven terugsaneerwaarde, signaal- of actiewaarde. Dit wordt gedaan voor de data voor de som ETX in peilbuis 2 van site F (zie bijlage 1). Het gaat om een restverontreiniging met aromaten (BTEX) die gesaneerd is maar waarbij op één plek een grondverontreiniging is achtergebleven die zorgt voor hoge concentraties in het grondwater. In het nazorg plan is een tweemaandelijks monitoring opgenomen om na te gaan hoe de concentraties zich ontwikkelen en of de gedefinieerde signaalwaarden worden overschreden. De signaalwaarde voor benzeen is 65 µg/l en die voor de som ethylbenzeen, toluen en xylenen, kortweg som ETX, is 1.000 µg/l. Bij overschrijding moeten aanvullende maatregelen worden getroffen om verspreiding naar de bodemlucht te verhinderen.

De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module t-toets**. Wanneer op de knop bereken wordt gedrukt worden uitkomsten in **werkblad Uitvoering** getoond, zie ook figuur 5.13.



Figuur 5.13 Uitkomst bij voorbeeld 2 van de module t-toets. Dataset van peilbuis 2 voor de som ETX, site F

De dataset uit voorbeeld 2 bevat te weinig waarnemingen om statistisch een goede uitspraak te doen. Dat wil niet zeggen dat we op basis van de uitgevoerde statistische test niets kunnen zeggen. Het gemiddelde van de verzamelde waarnemingen ligt boven de opgegeven grenswaarde van 1.000 µg/l. In het [werkblad Berekeningen](#) zien we dat het gemiddelde van de dataset 1323 µg/l is met een standaard deviatie van 505 µg/l. Het is dus zeer aannemelijk dat de signaalwaarde wordt overschreden. Daarbij komt dat als men toch wil aantonen dat de signaalwaarde niet wordt overschreden men langer zou moeten meten. De dataset is te klein om te kunnen aantonen dat het gemiddelde van de verzamelde waarde met enige betrouwbaarheid onder de signaalwaarde ligt.

5.5 Statistische *tools* om te beoordelen of er sprake is van een trend binnen de dataset

5.5.1 Module trend-1 voor kleine datasets

Algemene inleiding

Bij allerlei verzamelde data zoals bijvoorbeeld monitoringsdata is het interessant te weten of er sprake is van een verband of trend tussen de waarnemingen in de dataset. Dit is voor kleine datasets tot en met 20 waarnemingen vast te stellen met de [module Trend-1](#). In de module wordt er op drie manieren gekeken of er een verband bestaat:

- Op basis van de Pearson correlatiecoëfficiënt voor de ingevoerde data
- Op basis van de verdelingsvrije Spearman correlatiecoëfficiënt voor de rangorden van de data
- Op basis van de Mann-Kendall toets

De Pearson coëfficiënt is erg gevoelig voor uitbijters, de andere twee niet. De eerste twee coëfficiënten kunnen variëren van -1 (afname via een vrijwel rechte lijn), via 0 (geen verband), tot +1 (toename via een vrijwel rechte lijn).

Als er een duidelijke trend gevonden wordt, levert deze module twee regressieschattingen voor de verandering van de afhankelijke dataserie (waarden langs de y-as) met de tijd (waarden langs de x-as). De eerste, de kleinste kwadraten of klassieke lineaire regressie, is erg uitbijter gevoelig, de tweede, de Sen-helling, is daarentegen robuust. Robuust wil zeggen dat de methode niet gevoelig is voor uitbijters. In het [werkblad Uitvoeringen](#) wordt in een grafiek de originele gegevens geplot en bij een duidelijk verband ook de twee regressieschatters. De gebruiker zal na bestudering van de gegevens en de getekende grafieken zelf moeten besluiten welke schatter de juiste is en of er sprake is van een trend in de dataset.

Voor de Mann-Kendall schatter wordt een zogenaamde statistische S berekend door het verschil te nemen van het aantal positieve en negatieve gepaarde verschillen tussen de verschillende waarnemingen in de dataset. Wanneer S een groot positief getal is dan is er sprake van een toenemende trend in de dataset. Als S een groot negatief getal is, is er sprake van een

afnemende trend in de dataset. De hypothese die ten grondslag ligt van de Mann-Kendall test is dat er geen trend zit in de dataset.

Achtergrond informatie Sen-helling

De Sen-helling is een non-parametrisch alternatief om de helling van een lijn te schatten. Dit kan door de helling te berekenen van alle paren van afhankelijke waarnemingen in de tijd om vervolgens de mediaan van de hellingen te gebruiken als schatting van de *overall* helling. Op deze manier is de Sen-helling ongevoelig voor uitbijters. Binnen de dataset mogen een beperkt aantal waarnemingen onder de detectie limiet liggen of ontbreken.

Stel er zijn n tijdsafhankelijke waarnemingen waarbij X_i de waarneming is op tijdstip i . Als er geen waarnemingen ontbreken dan zijn er $n(n-1)/2$ mogelijke paren (i, j) waarbij geldt dat $i < j$.

De helling voor een dergelijk paar is:

$$b_{ij} = \frac{X_j - X_i}{j - i} \quad 2$$

Als er geen trend in de dataset is dan zijn ongeveer evenveel positieve als negatieve hellingen aanwezig en ligt de mediaan van de hellingen in de buurt van de nul. Is de waarde voor de Sen-helling negatief is er sprake van een dalende trend, is de waarde positief is de trend stijgend.

Voorbeeld 1

Als eerste voorbeeld wordt de dataset uit figuur 1.1 (pagina 16) gebruikt. Het gaat hier om de dataset voor site T en dan de monitoringsdata voor BTEX in monitoringsfilter T-13. Site T is van het archetypen stopzetten (na)zorg. Het gaat om een dataset die is verzameld na het stopzetten van een in situ saneringssysteem waarbij met behulp van skimmers een drijfslaag is verwijderd. Aansluitend is met een persluchtinjectie- en biosparingsysteem in de smearzone de vracht aan de vaste fase van de bodem verder gereduceerd. Naast BTEX komen ook alifatische koolwaterstoffen voor op de locatie. Bij het zien van het verloop in de data in figuur 1.1 dringt de vraag zich op of er sprake is van een (afnemende) trend in de gemeten BTEX-concentraties. Omdat de dataset uit 16 waarnemingen bestaat ($n=16$) wordt de **module Trend-1** voor kleine datasets gebruikt om na te gaan of er sprake is van een dalende trend. De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** en wanneer op de knop bereken wordt gedrukt worden de in figuur 5.14 (pagina 78) gegeven uitkomsten gegeven. De dataset is ook opgenomen in bijlage 1.

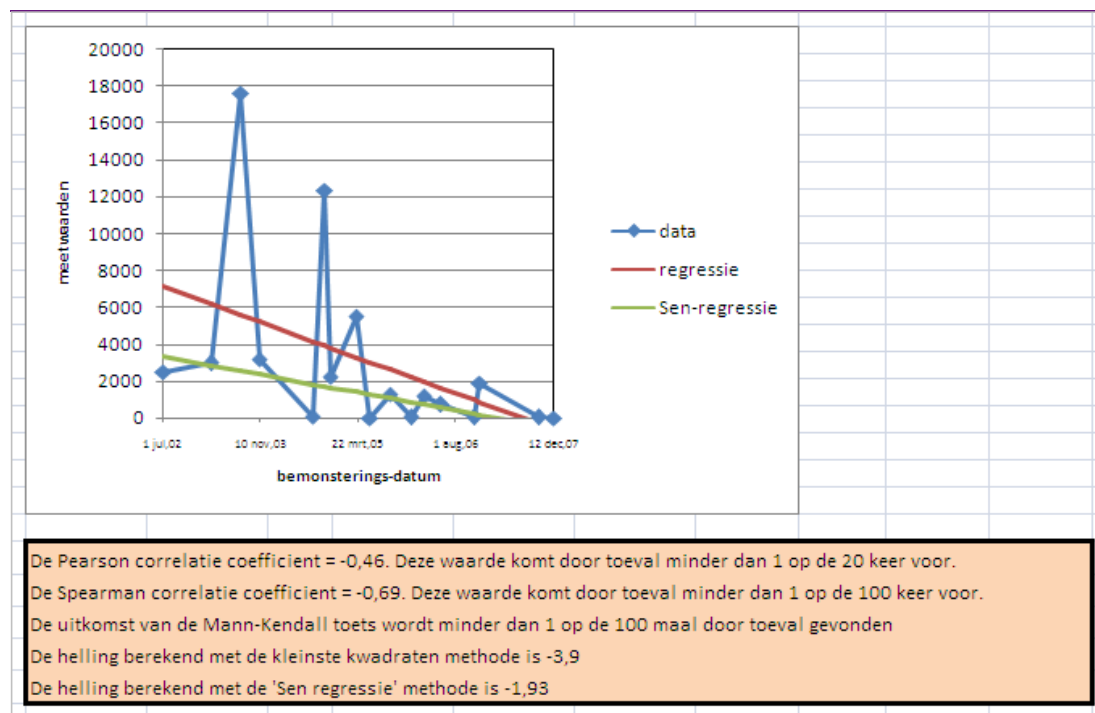
De resultaten worden in het **werkblad Uitvoering** gegeven in de vorm van een grafiek met daarin de originele data en twee regressielijnen: een gewone, kleinste kwadraten regressie lijn (rood) en een Sen-regressielijn (taupe), zie figuur 5.14. Van beide regressielijnen wordt de helling gegeven. Onder de grafiek worden in een roze box een samenvatting gegeven van de uitkomsten van de diverse statistische tests waarmee een inschatting is gemaakt of er sprake is van een trend in de dataset of niet.

Voor Site T, monitoringsfilter T-13 worden de volgende resultaten gevonden:

- De Pearson correlatiecoëfficiënt is $-0,46$. Deze komt door toeval minder dan 1 op de 20 keer voor, of met een betrouwbaarheid van 95 % is er sprake van een (dalende) trend. In de algemene inleiding op de module is aangegeven dat de Pearson coëfficiënt kan variëren van -1 (afname via een vrijwel rechte lijn), via 0 (geen verband), tot $+1$ (toename via een vrijwel rechte lijn). Maar ook dat de Pearson coëfficiënt erg gevoelig is voor uitbijters. Voor de geteste dataset lijkt het er sterk op dat er sprake is van een dalende trend, er wordt een negatieve Pearson correlatiecoëfficiënt gevonden maar dat er mogelijk sprake is van een aantal uitbijters in de dataset. De waarde voor de correlatiecoëfficiënt is niet echt overtuigend en ook de kans dat de afname gewoon toeval is, 1 op de 20, is groot. Op basis van alleen de Pearson correlatiecoëfficiënt kan niet een overtuigende conclusie worden getrokken dat er sprake is van een dalende trend in de dataset
- De Spearman correlatiecoëfficiënt is $-0,69$. Deze komt door toeval minder dan 1 op de 100 keer voor, of met een betrouwbaarheid van 99 % is er sprake van een (dalende) trend. Ook de Spearman correlatiecoëfficiënt kan variëren van -1 tot $+1$. Voor de geteste database wordt een relatief hoge Spearman correlatiecoëfficiënt gevonden waarbij de kans dat dit door toeval het geval is ook nog eens heel laag is, 1 op de 100 keer. Op basis van de Spearman correlatiecoëfficiënt is in dit geval eenduidiger vast te stellen dat er dus sprake is van een dalende trend
- De uitkomst van de Mann-Kendall test heeft een betrouwbaarheid van 99 %, wordt minder dan 1 op de 100 keer door toeval gevonden. De meer gedetailleerde uitkomsten van de Mann-Kendall test staan in het [werkblad Berekeningen](#). Op basis van de uitkomst van de test kan dus eveneens worden geconcludeerd dat er sprake is van een (dalende) trend
- De helling berekend met de kleinste kwadraten methode is $-3,9$.
- De helling berekend met de 'Sen regressie' methode is $-1,93$. Uit de twee berekende hellingen blijkt eveneens dat er dalende trend in de data aanwezig is. Dat de waarden voor de twee hellingen verschillend zijn is een indicatie dat er sprake is van uitbijters. Kijkend naar de grafiek is het aannemelijk te veronderstellen dat de twee hoge waarnemingen uitbijters zijn. Dit kan op twee manieren getoetst worden; ten eerste via de [module Uitbijter](#) of anders via de [module Trend uitbijter](#)

Voorbeeld 2

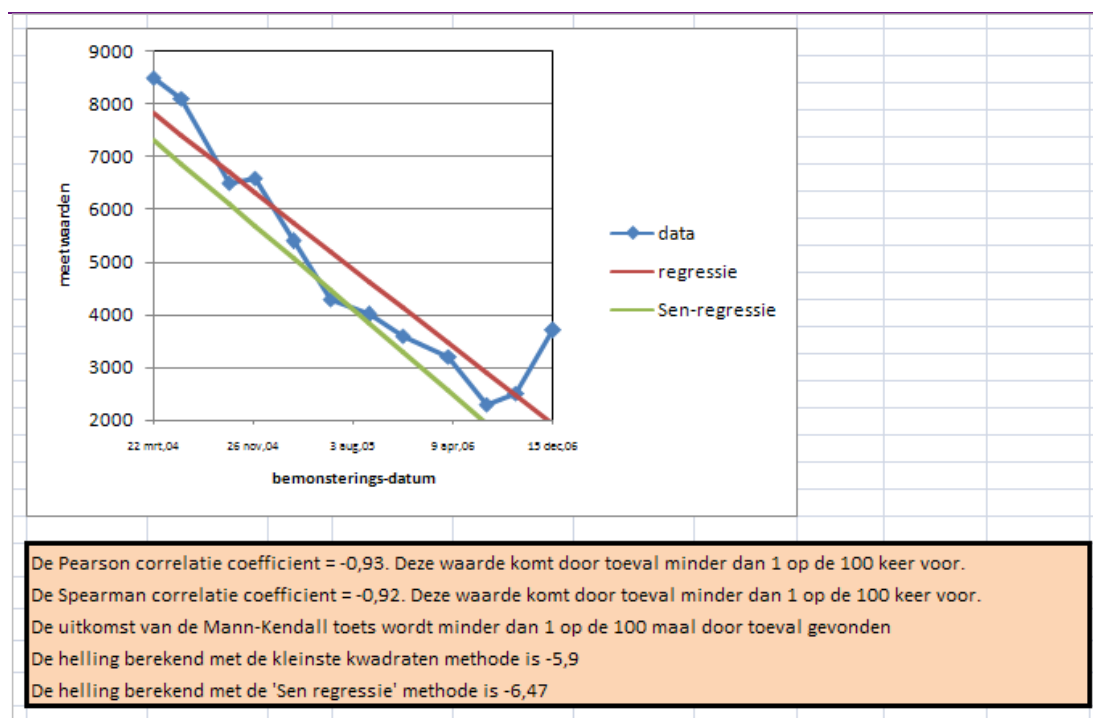
Als voorbeeld wordt de dataset van Site N gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. Site N valt onder het archetype [stopzetten \(na\)zorg](#). Het gaat om een dataset met zink (Zn) concentraties in het grondwater. De bron van de verontreiniging is gesaneerd met behulp van een grondwateronttrekking. De peilbuis waarin de dataset is verzameld staat aan de terreingrens buiten de directe invloedssfeer van de onttrekking en dient om te bepalen of de grondwateronttrekking voldoende succesvol is om nalevering aan de grondwaterpluim te minimaliseren.



Figuur 5.14 Uitkomst bij het voorbeeld van de module Trend-1 voor Site T, monitoringsfilter T-13

Bij een dergelijk project moet de verzamelde dataset antwoord kunnen geven of de concentratie die de grondwaterpluim instroomt daalt als gevolg van de genomen saneringsmaatregel in de bron. De verzamelde dataset wordt ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#), wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de in figuur 5.15 (pagina 79) gegeven uitkomsten getoond.

Net als bij voorbeeld 1 worden de resultaten gegeven in een grafiek en een box met daarin een samenvatting van de uitkomsten van de diverse statistische tests. De verwachting is dat de Zn-concentratie in de peilbuis daalt vanwege de saneringsmaatregelen in de bron. In tegenstelling tot voorbeeld 1 geven nu zowel de Pearson and Spearman correlatiecoëfficiënt hetzelfde beeld te zien. Beide coëfficiënten liggen dicht tegen de -1 aan wat duidt op een duidelijke dalende trend. Beide coëfficiënten worden net als het resultaat van de Mann-Kendall toets hebben een betrouwbaarheid van 99 %. Ook de hellingen van de kleinste kwadraten methode en de Sen-helling liggen vlak bij elkaar. Dit is een goede indicatie dat er geen uitbijters in de dataset aanwezig zijn. De laatste zinkconcentratie die wordt gemeten is 3.700 µg/l is hoger dan de metingen daar direct voor. Echter deze concentratie valt nog wel binnen de andere waarnemingen van de dataset. Of de waarneming duidt op een verandering in de trend kan op basis van deze enkele meting niet worden geconcludeerd. Om dat te kunnen vaststellen zullen meer metingen moeten worden uitgevoerd.



Figuur 5.15 Uitkomst bij het voorbeeld van de module Trend-1 voor Site N

5.5.2 Module trend-2 voor grote datasets

Algemene inleiding

Bij allerlei verzamelde data zoals bijvoorbeeld monitoringsdata is het interessant te weten of er sprake is van een verband of trend tussen de waarnemingen in de dataset. Dit is voor grote datasets met 20 of meer waarnemingen vast te stellen met de **module Trend-2**. Na invoering van de dataset en de berekening wordt in het **werkblad Uitvoering** drie grafieken getoond. In de bovenste grafiek zijn de originele meetgegevens gebruikt. In de tweede grafiek zijn de meetgegevens loggetransformeerd. De derde grafiek is hetzelfde als de tweede grafiek alleen zijn alle y-waarden weer teruggetransformeerd naar gewone waarden. Dit betekent dat de lijnen in die grafiek per definitie in meer of mindere mate krom lopen. In de grafieken worden eveneens drie hellingen gegeven. De middelste lijn geeft de helling van de lijn die statistisch gezien het best bij de gegevens past. De andere hellingen geven de maximale en minimale helling, die nog bij deze gegevens zou kunnen passen. Als één van deze drie lijnen een stijgende of dalende helling heeft terwijl de andere lijnen een andere helling hebben, dan betekent dit dat met deze meetgegevens (nog) geen trend is aangetoond.

De statistische toets verliest aan kracht als de meetdatums niet regelmatig gespreid zijn in de tijd.

Voorbeeld 1

Als voorbeeld wordt de dataset van Site E voor benzeen, archetype voortgang actieve sanering, tegen het licht gehouden. De volledige dataset is gegeven in bijlage 1. Het gaat om een grondwatersanering door middel van *pump & treat* van een verontreiniging bij een tankstation. De bron van de verontreiniging, een grondverontreiniging aan minerale olie is middels een ontgraving gesaneerd. De grondwateronttrekking is gedimensioneerd om de grondwaterverontreiniging met vluchtige aromatische koolwaterstoffen waaronder benzeen te saneren.

De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module Trend-2**.

Bemonsteringsdata waarbij een concentratie onder de detectielimiet wordt aangetroffen worden bij de test buiten beschouwing gelaten. Wanneer op de knop bereken wordt gedrukt worden de uitkomsten in **werkblad Uitvoering** getoond, zie ook figuur 5.16 (pagina 81). In figuur 5.16A zijn de resultaten voor de volledige dataset gegeven, in figuur 5.16B is een deel van de dataset niet meegenomen. Voor een beschrijving van deze keuze en de achtergrond hierachter zie de volgende paragraaf.

De resultaten worden in het **werkblad Uitvoering** gegeven in de vorm van drie grafieken:

- De bovenste grafiek toont de originele data met daarin de *best fit* op basis van een kleinste kwadraten methode. Daarnaast worden een lijn getekend met een zogenaamde boven- en onderlimiet. Deze geven respectievelijk de maximale en minimale helling van de lijn die nog bij de dataset zou kunnen passen. Op basis van de resultaten in deze grafiek is het aannemelijk dat de afname in concentratie een lineair, negatieve trend volgt. Echter op basis van de grafiek is duidelijk te zien dat de data een exponentiele daling laat zien wat op basis van de theoretische achtergrond ook de verwachting is
- De middelste grafiek laat de loggetransformeerde data zien met de daarbij behorende *best fit* en de bijbehorende boven- en onderlimiet. Dat is er sprake is van een exponentiele daling blijkt uit deze grafiek. De waarnemingen uit de dataset neigen naar een rechte lijn wanneer. Wat echter opvalt is dat in het begin van de grondwatersanering en aan het einde de waarnemingen afwijken. Met name de data verzameld aan het einde van de grondwatersanering, met name na november 1995 lijken een min of meer constante concentratie aan benzeen te bevatten (zie ook bijlage 1). In figuur 5.16B zijn de waarnemingen van na 1 november 1995 niet meegenomen. In de loggetransformeerde figuur met de data valt dan op dat de waarnemingen op een bijna rechte lijn vallen. Ook de lijnen voor de boven- en onderlimiet van de helling voor de best fit liggen dicht bij elkaar. Op basis van de uitkomsten is het logisch te veronderstellen dat de benzeenconcentratie exponentieel afneemt
- De derde en onderste grafiek, niet weergegeven in figuur 5.16, is vergelijkbaar aan de middelste grafiek. Echter zijn alle y-waarden weer teruggetransformeerd naar gewone waarden. Dit betekent dat de lijnen in deze grafiek per definitie in meer of mindere mate

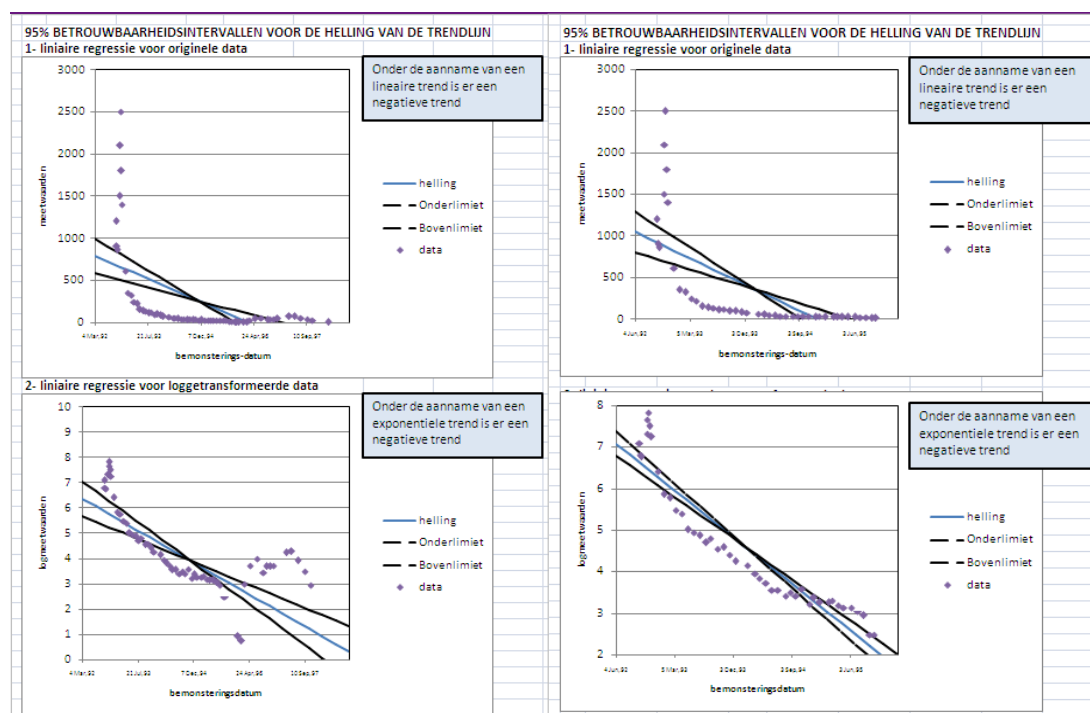
krom lopen. Dat de grafiek niet is opgenomen in figuur 5.16 heeft te maken met één van de weinige *bugs* die aanwezig zijn in de ontwikkelde statistische *tools*, zie ook paragraaf 7.4

Voorbeeld 2

Het tweede voorbeeld is de dataset van Site M voor benzeen, archetype voortgang actieve sanering en data screening. De volledige dataset is gegeven in bijlage 1. Net als bij het vorige voorbeeld gaat het om een grondwatersanering door middel van *pump & treat* van een verontreiniging bij een tankstation. Ook hier is de bron van de verontreiniging door ontgraving gesaneerd, echter is er een restverontreiniging in de grond achtergebleven wat ook blijkt uit de resultaten van de grondwateronttrekking.

De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module Trend-2**.

Bemonsteringsdata waarbij een concentratie onder de detectielimiet wordt aangetroffen worden bij de test buiten beschouwing gelaten. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in **werkblad Uitvoering** gegeven, zie ook figuur 5.17.


A
B

Figuur 5.16 Uitkomsten bij voorbeeld 1, site E van de module Trend-2. Rechts voor de complete dataset en links voor een deel van de dataset, zie ook de begeleidende tekst. De onderste grafiek uit het werkblad *Uitvoering* is niet weergegeven

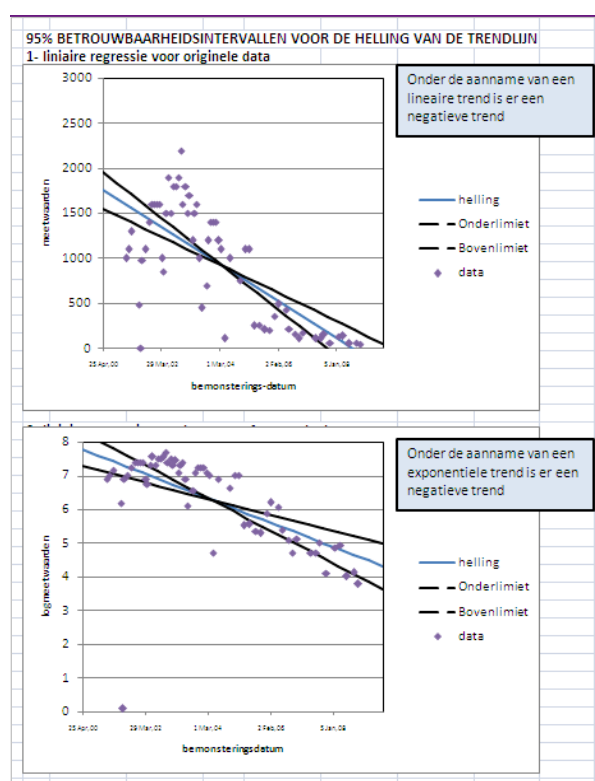
Net als bij voorbeeld 1 worden de resultaten gegeven in drie grafieken. Uit de bovenste twee, de *best fit* voor de originele data en die voor de loggetransformeerde data, blijkt dat er sprake is van een dalende trend in de dataset. Voor de concentratiedaling tijdens een grondwateronttrekking verwacht men op basis van de achterliggende theorie een exponentiele daling. Op basis van die aanname wordt er inderdaad een negatieve trend geconstateerd. Wat opvalt ten opzichte van voorbeeld 1 is dat deze exponentiele afname veel minder eenduidig is, vergelijk hiervoor de resultaten in figuur 5.16 met figuur 5.17 (pagina 83).

Dit kan worden verklaard worden door het feit dat bij de ontgraving van de bron van de verontreiniging een restverontreiniging is achtergebleven (bijlage 1). Wanneer er nog eens goed wordt gekeken naar de statistische resultaten voor de dataset vallen twee dingen op, zie ook de ruwe data in bijlage 1:

- Helemaal aan het begin van de saneringswerkzaamheden wordt in een serie met benzeen concentraties van rond de 1.500 µg/l een lage concentratie van 1,1 µg/l gemeten. Dit lijkt in de serie waarnemingen sterk op een uitbijter. Als we de eerste 25 waarnemingen inclusief de lage waarneming invullen in de **module Uitbijter** blijkt ook dat met een betrouwbaarheid van 95 % (kans 1 op 20) uitgaande van een lineair verloop van de data en een betrouwbaarheid van 99 % (kans 1 op 100) dat het hier gaat om een uitbijter. Als onderdeel van de statistische *tools* is eveneens een uitbijter test gemaakt voor een dataset waarin een trend aanwezig is. Deze **module Trend uitbijter** wordt beschreven in paragraaf 5.5.3
- Op basis van de grafieken in figuur 5.17 lijkt er een tweedeling in de dataset aanwezig te zijn. De gemeten concentraties na april 2005 lijken gemiddeld lager te zijn dan de concentraties die daarvoor zijn gemeten. Wanneer de dataset wordt ingevuld in de **module Basisstatistiek** valt op dat er een histogram wordt gegeven met daarin twee, mogelijk zelfs drie groepen data. De dataset lijkt dus bi- of multimodaal te zijn verdeeld. Ook de resultaten van de dataset wanneer deze met behulp van de **module Verdeling** wordt bekeken wijzen een niet normale verdeling van de dataset. Wat aan deze resultaten opvalt is dat de lage concentratie van 1,1 µg/l meteen als uitbijter kan worden aangemerkt vanwege de abrupte verandering in de helling aan de lage kant van de cumulatieve frequentieverdeling voor de lognormale verdeling. Daarnaast bevat de lijn in beide curves voor de cumulatieve frequentieverdeling een duidelijke knik of hellingsverandering die wijst op een niet normale verdeling

De resultaten van de *screening* van de dataset van site M zijn niet helemaal onverwacht. Wetende dat er een restverontreiniging is achtergebleven na de bronsanering (zie bijlage 1) is het logisch te veronderstellen dat deze restverontreiniging geresulteerd heeft in nalevering, en dus hoge en relatief constante concentraties aan benzeen in het onttrokken grondwater. Pas in 2005, wanneer of de restverontreiniging is aangepakt of uitgeput dalen de concentraties aan benzeen. De verzamelde dataset bestaat dus eigenlijk uit twee datasets waarbij de eerste set een sterk schommelende, dataset met een min of meer stabiele concentratie aan benzeen is waarin geen

trend aanwezig is, en een tweede dataset die een min of meer exponentiele daling laat zien in de concentraties aan benzeen. De reden dat de module toch aangeeft dat er sprake is van een trend is omdat deze ook daadwerkelijk aanwezig is. Het is echter niet het schoolvoorbeeld van een exponentiele afname in concentraties zoals in voorbeeld 1 was te zien en op basis van de theorie kan worden verwacht.



Figuur 5.17 Uitkomsten bij voorbeeld 2, site M van de module Trend-2

5.5.3 Module trend uitbijter

Algemene inleiding

In een dataset waar een duidelijke trend tussen de waarnemingen bestaat kan het interessant zijn te weten of binnen de dataset sprake is van een uitbijter. Dit kan worden vastgesteld zoals is gedaan in voorbeeld 2 in paragraaf 5.5.2 met behulp van de **module Uitbijter**. Het nadeel is echter dat deze module een maximum van 25 waarnemingen toestaat. Daarom is het mogelijk met de **module Trend uitbijter** voor een grotere dataset waarin een trend aanwezig is na te gaan of er binnen deze dataset nog uitbijters aanwezig zijn.

De dataset moet in het **werkblad Uitvoering**, moet net als in alle eerdere modules in de linkerkolommen worden ingevoerd: waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. De grafieken met de resultaten verschijnen rechts in hetzelfde werkblad. Er worden drie grafieken gegeven na het invoeren van de dataset in het **werkblad Uitvoering** waarin naast de datapunten drie lijnen getekend zijn. In de bovenste grafiek zijn de originele meetgegevens gebruikt. In de tweede grafiek zijn de meetgegevens loggetransformeerd. De derde grafiek is hetzelfde als de tweede grafiek, alleen zijn alle y-waarden weer teruggetransformeerd naar gewone waarden waardoor de lijnen in deze grafiek in meer of mindere mate krom lopen.

De statistische toets verliest aan kracht als de meetdatums niet regelmatig gespreid zijn in de tijd.

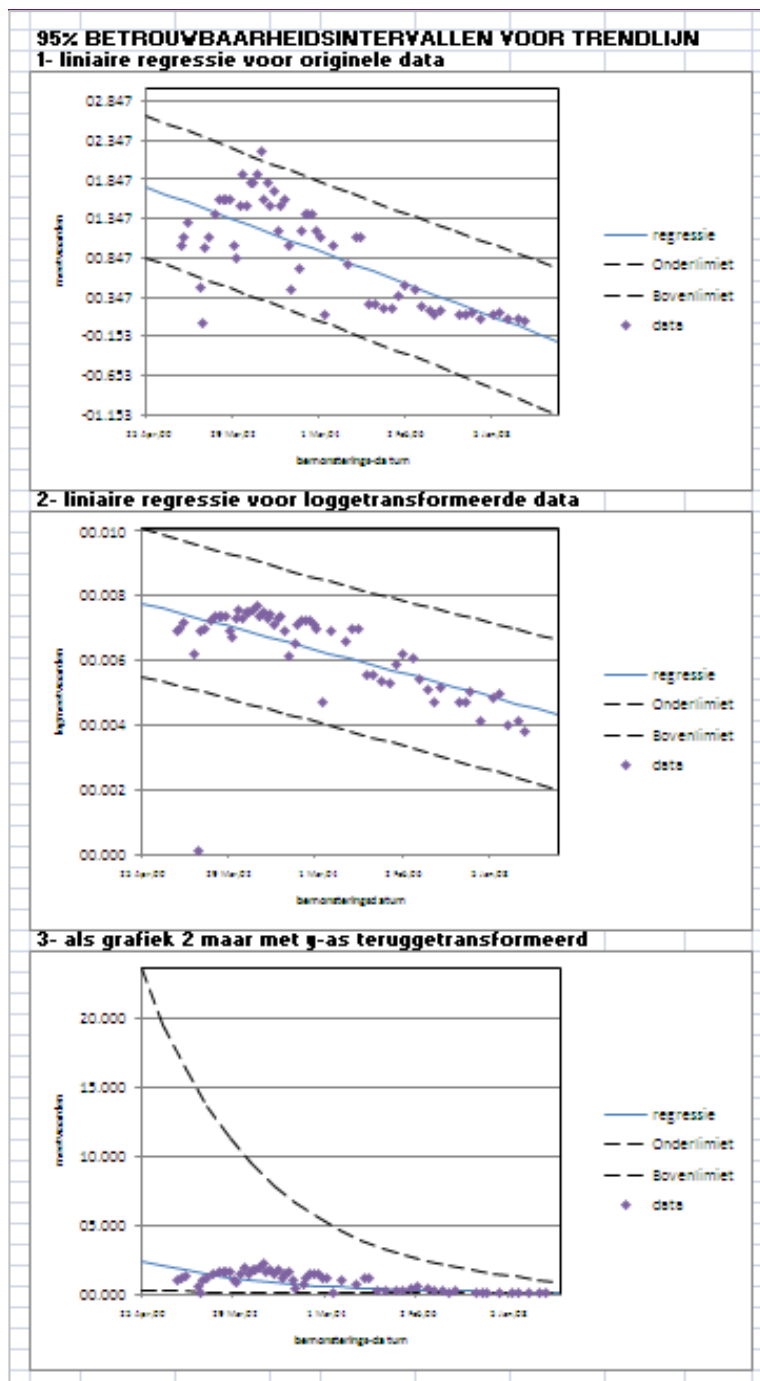
Voorbeeld

Het voorbeeld is de dataset van Site M voor benzeen. Hiervoor is in de vorige paragraaf (§ 5.5.2) al met behulp van de **module Uitbijter** vastgesteld dat de dataset een uitbijter bevat. Dit kan echter sneller, en voor de gehele dataset worden bepaald met deze module. De dataset voor Site M is van het archetype voortgang actieve sanering zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4. De dataset is verzameld in het kader van een grondwatersanering door middel van *pump & treat* van een verontreiniging met BTEX en minerale olie bij een tankstation. De volledige dataset is gegeven in bijlage 1.

De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module Trend uitbijter**. De verschillende bemonsteringsdata waarbij een concentratie onder de detectielimiet wordt aangetroffen worden bij de test buiten beschouwing gelaten. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in **werkblad Uitvoering** gegeven, zie ook figuur 5.18 (pagina 85).

De resultaten worden gegeven in drie grafieken die hierboven zijn beschreven en die vergelijkbaar zijn met de wijze waarop in de **module Trend-2** de resultaten zijn gepresenteerd. De middelste lijn in alle grafieken is de lijn die het beste de meetwaarde bij de bemonsteringsdatum voorspelt de zogenaamde *best fit*. Dit wil zeggen dat er geen andere lijn is, waarvoor geldt dat de som van de gekwadrateerde afstanden van de lijn kleiner is. De andere lijnen boven en onder deze best fit geven het interval weer waarbinnen een nieuwe meting zal vallen als deze meting hoort bij deze dataset. Volgens de statistische wetmatigheden geldt dit voor 19 waarnemingen wanneer er 20 nieuwe waarnemingen worden verzameld, oftewel 90 % van de nieuwe waarnemingen vallen binnen deze grenzen. Dit betekent ook dat als de originele dataset een punt bevat dat buiten deze lijnen valt, dit wellicht een uitbijter zou kunnen zijn. Kijkend naar de grafiek die hoort bij de loggetransformeerde (zie figuur 5.18), op basis van de achterliggende theorie wordt er een exponentiele afname van de concentraties in het onttrokken grondwater verwacht, valt op aan het begin van de meetserie er een waarneming is die ver onder de onderlimiet valt.

Kenmerk R001-4570326FVO-los-V02-NL



Figuur 5.18 Uitkomsten bij het voorbeeld van de module Trend-2 voor site M

Dit is de waarneming van 1,1 µg/l die al eerder in paragraaf 5.5.2. in voorbeeld 2 is aangemerkt als uitbijter. Voor deze dataset is het niet meer te achterhalen waarom deze waarneming zo sterk afwijkt van de waarnemingen daaromheen. De lage concentratie kan worden veroorzaakt door een fout in de monstername. Als men in een meetserie een dergelijke afwijkende waarde aantreft is het nuttig om alles, de gevolgde procedure van monstername tot rapportage nog eens goed na te lopen om te achterhalen wat de oorzaak van de afwijking.

Op basis van de aanname dat het om een lineaire dataset zou kunnen gaan is in de bovenste grafiek van figuur 5.18 te zien dat er dan meerdere waarnemingen in de dataset zijn die mogelijke uitbijters zijn. Omdat er echter een exponentiele afname wordt verwacht kan het resultaat in deze grafiek buiten beschouwing worden gelaten.

5.6 Statistische tools om verschillende datasets onderling met elkaar te vergelijken

5.6.1 Module voor twee datasets (t-groep)

Algemene inleiding

Met behulp van de **module t-groep** is het mogelijk vast te stellen of twee groepen meetgegevens van elkaar verschillen. Hierbij kan men denken aan de verontreinigingssituatie vooraf en na een in situ sanering, of in het geval van een nul- en eindsituatie bodemonderzoek op dezelfde locatie. Er zijn meerder situaties waarbij men zich kan afvragen of het verontreinigingsbeeld nu daadwerkelijk anders is dan een eerdere keer dat men die vaststelde.

In de **module t-groep** moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. De uitspraak of beide datasets verschillend zijn, wordt gegeven in het **werkblad Uitvoering** en zijn gebaseerd op een t-toets, waarvan de uitslag verwoord staat onder een histogram waar beide groepen in zijn weergegeven. Via de oranje *reset* knop kunnen alle berekeningen gewist worden, met de rode *reset* knop worden ook alle ingevoerde data verwijderd.

Bij deze toets wordt eerst bekeken of de spreidingen in beide groepen meetwaarden vergelijkbaar zijn. Is dit niet het geval dan wordt een aangepaste variant van deze t-toets gebruikt, die iets minder krachtig is dan wanneer de spreidingen wel vergelijkbaar zijn.

Achtergrond informatie

De module t-groep maakt gebruik van twee verschillende soorten t-toetsen

- De 'twee groepen' t-toets bij gelijke spreiding. Doel van de test is om te bepalen of er een verschil is tussen twee groepen data, en zo ja om een schatting te geven over de mate waarin de twee datasets verschillen. De test bestaat uit een vergelijking van een systematische *random* greep aan waarnemingen x_1, x_2, \dots, x_m van de ene dataset, en een

onafhankelijke, systematische greep aan waarnemingen y_1, y_2, \dots, y_n van de tweede dataset. Aanname bij de test is dat de twee datasets onafhankelijk zijn. Ook moet de spreiding van beide datasets vergelijkbaar zijn. De test is robuust zolang beide datasets min of meer normaal verdeeld zijn. De robuustheid neemt af wanneer de verschillen in spreiding van beide datasets groot is. De 'twee groepen' t-toets is gevoelig voor uitbijters omdat het gemiddelde en de standaard deviatie van de dataset hiervoor gevoelig is

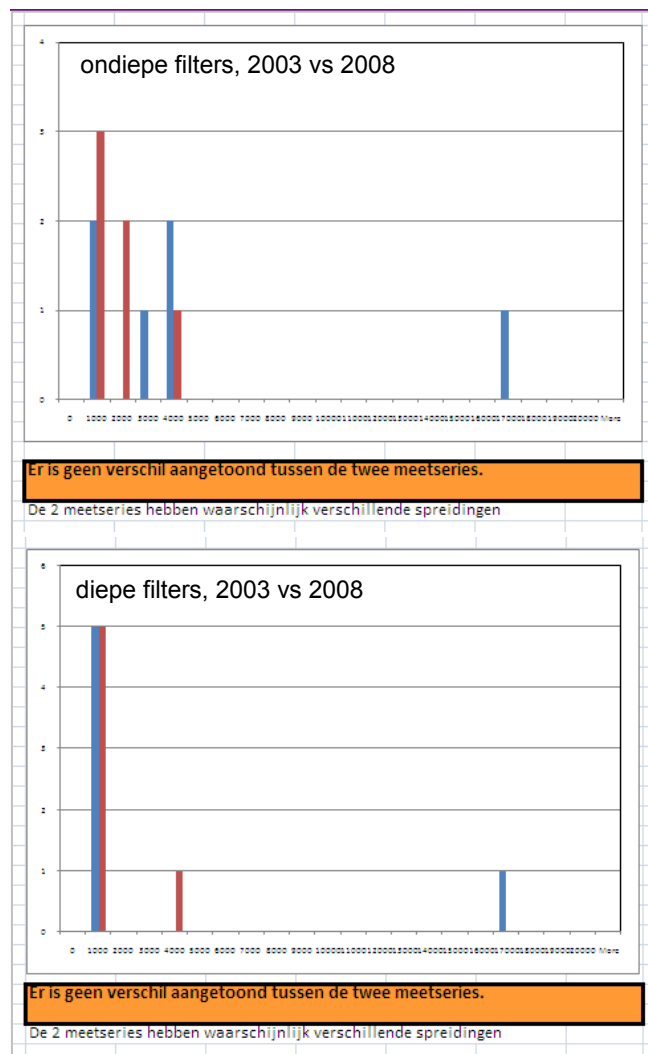
- De 'twee groepen' t-toets bij ongelijke spreiding. Doel van de test is om te toetsen of twee datasets verschillend zijn, en zo ja om een schatting te geven van de maat waarin de twee datasets verschillend zijn wanneer het vermoeden bestaat dat de variatie van de datasets niet aan elkaar gelijk zijn. De test bestaat uit een simpele of systematische *random* greep x_1, x_2, \dots, x_m van de eerste dataset en een onafhankelijke simpele of systematische *random* greep y_1, y_2, \dots, y_n uit de tweede dataset. Aanname bij de test is dat de twee datasets onafhankelijk zijn en min of meer normaal verdeeld. De test is robuust voor de verschillen in spreiding van de verschillende datasets en een beperkte afwijking van de normale verdeling. De test is wel gevoelig voor uitbijters

Voorbeeld

Het voorbeeld is de dataset van Site L. De dataset voor Site L is van het archetype stabiele eindsituatie en/of dimensionering (gestimuleerde) natuurlijke afbraak zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4. De dataset is verzameld in het kader van een sanering op basis van natuurlijke afbraak in een serie peilbuizen op de as van een grondwaterpluim. De dataset voor Per is gegeven in bijlage 1.

De dataset wordt ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#) van de [module t-groep](#). De verschillende bemonsteringsdata waarbij een concentratie onder de detectielimiet wordt aangetroffen wordt een lage reële waarde ingevoerd. In dit voorbeeld wordt gekeken of de verontreinigingssituatie in 2003 verschilt van die geconstateerd in 2008 voor zowel de ondiepe als diepe filters. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in [werkblad Uitvoering](#) gegeven, zie ook figuur 5.19 (pagina 88).

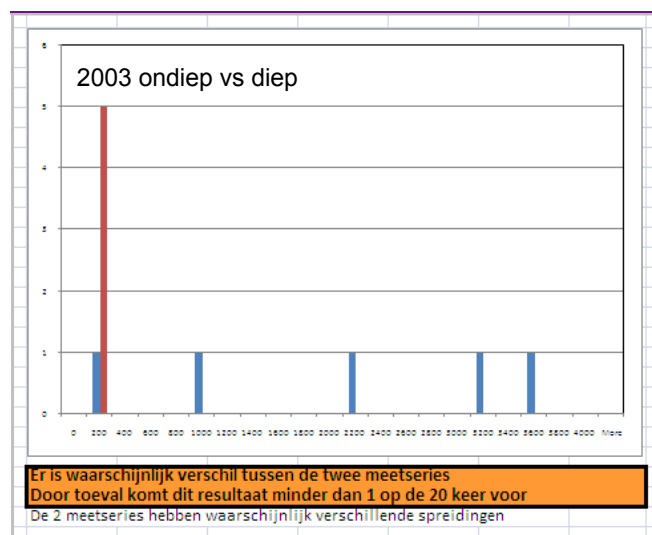
De resultaten van de module worden gegeven in een histogram met daaronder een oranje resultatenbox waarin de belangrijkste resultaten van de t-toets gegeven zijn. Voor de verontreinigingssituatie in 2003 en 2008 in de ondiepe filters wordt geconstateerd dat beide meetseries niet voldoende van elkaar verschillen (zie figuur 5.19). Wel valt op aan het histogram dat de rode dataset (meetserie B met daarin de waarnemingen voor 2008) naar rechts is verschoven en ten opzichte van de dataset uit 2003 lagere concentraties aan Per bevat. Dit wordt onder de oranje resultaten box ook verwoord: 'De 2 meetseries hebben waarschijnlijk verschillende spreidingen'. De resultaten voor de diepe filters zijn vergelijkbaar met die voor de ondiepe filters. De verontreinigingssituatie in 2008 wijkt te weinig af van die in 2003 om te kunnen concluderen dat zij, statistisch gezien van elkaar verschillen.



Figuur 5.19 Uitkomsten bij het voorbeeld van de module t-groep voor site L. In het bovenste histogram de resultaten voor de ondiepe filters, in het onderste histogram de resultaten voor de diepe filters

Wanneer we goed naar de data kijken valt op dat in het algemeen de Per-concentraties in de ondiepe filters hoger zijn dan in de diepere filters, ongeacht of het om de waarnemingen uit 2003 of 2008 gaat. In het grondwater worden de afbraak producten van Per zoals Cis en VC ook gevonden (data niet gegeven in bijlage 1) wat veronderstelt dat er afbraak optreedt. Op basis van kennis met betrekking tot de natuurlijke afbraak van vluchtige chloorkoolwaterstoffen is het aannemelijk te veronderstellen dat in het diepe deel van het grondwater afbraak eerder optreedt door de gunstigere redoxomstandigheden dan in ondiepe grondwater. Op basis hiervan zou je

verwachten dat de datasets voor Per voor beide filterdiepten voor hetzelfde jaar verschillend zijn. Als we de ondiepe en diepe dataset invullen, bijvoorbeeld voor 2003, in de **module t-groep** blijkt dit statistisch ook onderbouwd te kunnen worden (figuur 5.20). Op basis van de t-toets wordt een verschil tussen beide datasets geconstateerd die met een kans van minder dan 1 op de 20 door toeval kan worden verklaard. Het is dus aannemelijk te veronderstellen dat natuurlijke afbraak in het diepe deel van het grondwater optreedt waardoor de Per-concentraties in het diepe grondwater lager zijn dan in het ondiepere grondwater.



Figuur 5.20 Uitkomsten bij het voorbeeld van de module t-groep voor site L waarbij de dataset voor 2003 voor het ondiepe en diepe grondwater met elkaar vergeleken zijn

5.6.2 Module voor paarsgewijze toets van twee datasets (t-paar)

Algemene inleiding

De **module t-paar** vergelijkt de meetgegevens van twee groepen datasets paarsgewijs waardoor bepaald kan worden of een bepaald effect invloed heeft. Bijvoorbeeld men meet op twee verschillende tijdstippen de concentratie van een verontreiniging in een aantal peilbuizen en men vraagt zich af of er een verandering is opgetreden in de concentratie. Omdat deze metingen als paren worden behandeld en niet als twee onafhankelijke groepen, zoals dat werd gedaan bij de **module t-groep** (zie paragraaf 5.6.1), is deze toets krachtiger.

In de **module t-paar** moet de dataset in het **werkblad Uitvoering** in de linkerkolommen worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. De uitspraak wordt gebaseerd op een t-toets, waarvan de resultaten worden verwoord in het **werkblad Uitvoering** samen met een lijngrafiek waar de meetparen in zijn weergegeven.

Achtergrond informatie

In tegenstelling tot de test in de **module t-groep** gaat de test die gebruikt wordt in de **module t-paar** er van uit dat de datasets die worden vergeleken gecorreleerd zijn. Voorbeelden hiervan zijn metingen voor en na een saneringsmaatregel, of twee laboratoria die dezelfde chemische analyses doen op een zelfde set aan monsters. Doel van de test is aan te tonen of er een verschil is tussen de twee datasets. Waarbij wordt aangenomen dat de twee datasets min of meer normaal verdeeld zijn. Omdat er uitgegaan wordt dat er eigenlijk één monster is waarvoor twee waarnemingen aanwezig zijn, zijn de beperkingen van de test te vergelijken met de gewone t-toets. De test is robuust met betrekking tot kleine afwijkingen op de normale verdeling. De test is gevoelig voor uitbijters. Daarnaast kan de test niet overweg met waarnemingen onder de detectielimiet en deze zullen dan ook moeten worden vervangen voor een reëel laag getal.

Voorbeeld 1

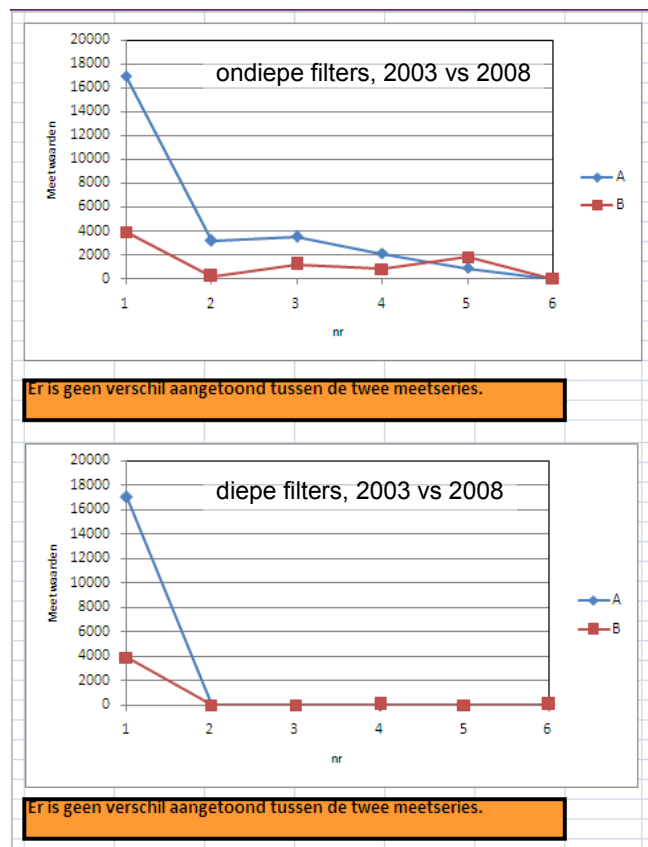
Het voorbeeld is, net als in de vorige paragraaf de dataset van Site L. De dataset voor Site L is van het archetype stabiele eindsituatie en/of dimensionering (gestimuleerde) natuurlijke afbraak zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4. De dataset is verzameld in het kader van een sanering op basis van natuurlijke afbraak in een serie peilbuizen op de as van een grondwaterpluim. De dataset voor Per is gegeven in bijlage 1.

De dataset wordt ingevuld in het **werkblad Uitvoering** van de **module t-paar**. De verschillende bemonsteringsdata waarbij een concentratie onder de detectielimiet wordt aangetroffen wordt een lage reële waarde ingevoerd. Ook nu wordt gekeken of de verontreinigingssituatie in 2003 verschilt van die geconstateerd in 2008 voor zowel de ondiepe als diepe filters. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in **werkblad Uitvoering** gegeven, zie ook figuur 5.21 (pagina 91).

De resultaten van de module worden gegeven in een grafiek met daaronder een oranje resultatenbox waarin de belangrijkste resultaten van de t-paar toets gegeven. Voor de verontreinigingssituatie in 2003 en 2008 in de ondiepe filters wordt geconstateerd dat beide meetseries niet wezenlijk van elkaar verschillen (zie figuur 5.20). De resultaten van de gepaarde t-toets met deze module verschilt niet van de resultaten van de t-toets uit de vorige paragraaf waarbij de beide datasets als groep met elkaar werden vergeleken.

Voorbeeld 2

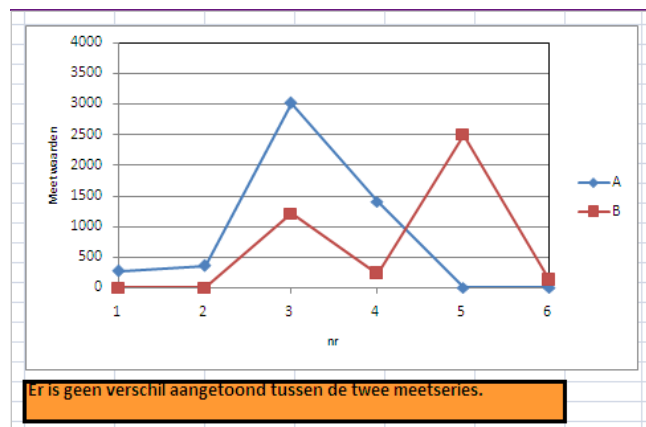
Als tweede voorbeeld wordt de dataset van Site K gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. Site K valt onder het archetype dimensionering biologische afbraak en/of voortgang actieve sanering. Het gaat om een verontreiniging met 1,2-cis-dichlooretheen die door middel van het toedienen van substraat als gevolg van de (gestimuleerde) natuurlijke afbraak wordt gesaneerd.



Figuur 5.21 Uitkomsten bij voorbeeld 1 van de module t-paar voor site L. In de bovenste grafiek de resultaten voor de ondiepe filters, in de onderste grafiek de resultaten voor de diepe filters

Bij deze dataset is het interessant om na te gaan of de verontreinigingssituatie met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen en de afbraakproducten etheen en ethaan vooraf aan de toediening van het substraat verschilt ten opzichte van de situatie na bijvoorbeeld een jaar saneren (monitoringsronde 5, bijlage 1). De dataset wordt ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#) van de [module t-paar](#). Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden de uitkomsten in [werkblad Uitvoering](#) gegeven, zie ook figuur 5.22.

De resultaten worden in een lijngrafiek gegeven en een oranje resultatenbox. Op basis van de uitkomsten van de statistische test moet men concluderen dat er tussen beide datasets te weinig verschillen aanwezig zijn om te kunnen concluderen dat het gaat om verschillende datasets. De afname in Cis, paar nummer 3 in figuur 5.22, en de toename in etheen (paar nummer 5) en ethaan (paar nummer 6) zijn te gering om de datasets onderscheidend van elkaar te maken.



Figuur 5.22 Uitkomsten bij voorbeeld 2 van de module t-paar voor site K

Op basis van de data gegeven in bijlage 1 kan men wel constateren dat er een verschuiving optreedt naar de afbraakproducten en dat de Cis concentratie daalt maar de algehele verontreinigings situatie verschilt statistisch gezien niet van de situatie zoals deze voor de toediening van substraat bestond. De enige juiste conclusie die hieruit moet worden getrokken is dat men de monitoring van de gestimuleerde afbraak nog enige tijd moet doorzetten.

5.6.3 Module correlatie en scatter

Algemene inleiding

De **module Correlatie en scatter** is vooral bedoeld om via zogenaamde scattergrammen en correlatiecoëfficiënten een snelle, *quick and dirty* indruk te krijgen van de verbanden van de waargenomen meetwaarden tegen de bemonsteringsdatum.

In deze module kunnen in het **werkblad Uitvoering** naast de bemonsteringsdatum tot negen kolommen met meetwaarden worden ingevoerd waarbij geel een verplicht invoerveld is en grijs voor optionele invoer. Niet alle meetwaardenkolommen hoeven gevuld te worden. Bij de analyses van de verschillende datasets worden de meetwaarden één voor één uitgezet tegen de bemonsteringsdatum. Daarbij worden per paar alléén records gebruikt, die respectievelijk een datum en een getal bevatten. Het getal -999 wordt als ontbrekende waarneming beschouwd, een paar met een -999 wordt niet meegenomen.

De resultaten worden als een serie grafieken getoond in het **werkblad Grafieken**. In de grafieken staan naast de datapunten tevens de kleinste kwadraten of lineaire regressie lijn en de lijn die gebaseerd is op de Sen-helling samen met de medianen van de datum- en de meetwaardereeks. In het **werkblad Uitvoering** worden verschillende correlatiecoëfficiënten zoals de Pearson, Pearson op loggetransformeerde meetwaarden (r-LogPearson) en Spearman met de

bemonsteringsdatum gegeven. Bij de r-LogPearson worden nullen als *missing data* beschouwd. Bij negatieve meetwaarden worden geen r-LogPearson gegeven.

Een uitgebreidere set correlatiecoëfficiënten en correlatiecoëfficiënten gebaseerd op rangorde worden gegeven in het [werkblad Grafieken](#) vanaf cel A33. De hier berekende correlatiecoëfficiënt gebaseerd op rangorde (r-Rank) is alleen gelijk aan de Spearman correlatiecoëfficiënt als de data en de meetwaarden geen gelijke waarden en/of nullen bevatten. Excel is niet geschikt in die gevallen en zal meer of mindere mate afwijkingen vertonen van de correcte waarden. Bij de correlatiecoëfficiënten, die berekend zijn voor de loggetransformeerde meetwaarden, zijn, indien deze aanwezig zijn, nullen en negatieve getallen als *missing data* worden beschouwd! Als de r-Pearson en r-Rank coëfficiënten niet veel van elkaar verschillen betekent dit, dat hoogstwaarschijnlijk afwijkingen van normaal gedrag weinig invloed op de coëfficiënten hebben.

Daarnaast worden de uitkomsten van de berekeningen ook per ingevoerde serie meetwaarden gegeven in het [werkblad Berek#](#). Waarbij # gelijk is aan het aantal series aan meetwaarden is ingevoerd waarbij de resultaten voor meetserie A in werkblad Berek1 komen, die voor meetserie B in werkblad Berek2 et cetera.

[Achtergrond informatie](#)

Bij de Spearman coëfficiënten die zoal berekend worden in de verschillende modules binnen [StatModules.xlsm](#) wordt een soort gemiddelde rank bepaald voor gelijke waarden. Dit is de correcte procedure. Als echter de in Excel aanwezige functie voor rankbepaling wordt gebruikt zoals in deze module, is dat niet het geval. Dat is de reden, dat er verschillen optreden tussen de berekende Spearman correlatiecoëfficiënt in de verschillende modules en de Spearman rank correlaties in de correlatiematrix, die in het [werkblad Grafieken](#) van deze module gegeven wordt. Waarschuwing! Excel gaat vaak slecht om met nullen. Het gedrag is ook moeilijk te voorspellen. Het is daarom verstandig om nullen, zeker als het om analyses gaat te vervangen door een geschikt klein getal. US EPA (2006) geeft waardevolle suggesties over hoe om te gaan met detectielimieten of zogenaamde *non-detects* (zie hoofdstuk 8).

[Voorbeeld](#)

Als voorbeeld wordt de dataset van Site K gebruikt. In bijlage 1 is de dataset in zijn geheel weergegeven. Site K valt onder het archetype dimensionering biologische afbraak en/of voortgang actieve sanering. Het gaat om een verontreiniging met 1,2-cis-dichlooretheen die door middel van het toedienen van substraat als gevolg van de (gestimuleerde) natuurlijke afbraak wordt gesaneerd. De data omvatten verschillende parameters die nodig zijn om te kunnen vaststellen of het gewenste proces daadwerkelijk optreedt. De dataset wordt, met uitzondering van de berekende dechloreringsgraad ingevuld in het [werkblad Uitvoering](#) van de [module Correlatie en scatter](#). Waarbij de concentratie Per in de kolom met meetwaarden A komt, Tri in

de kolom met meetwaarden B en zo verder. In de dataset voor sulfaat ontbreekt een waarneming. Hiervoor wordt in de kolom meetwaarden H -999 ingevuld om aan te geven dat het hier om missing data gaat. Wanneer op de knop *bereken* wordt gedrukt worden uitkomsten in **werkblad Uitvoering** getoond in een tabel met daarin de r-Pearson, r-logPearson en r-Rank correlatiecoëfficiënten (zie figuur 5.23). De scatterdiagrammen met de best fit en Sen-helling worden gegeven in het **werkblad Grafieken** (zie figuur 5.24, pagina 95) en per dataset worden de meer gedetailleerde uitkomsten per ingevoerde meetserie in een afzonderlijk **werkblad Berek** gegeven (zie figuur 5.25, pagina 96). Voor dit voorbeeld zijn alle negen kolommen voor meetwaarden ingevuld dus is er een serie werkbladen Berek1 tot en met Berek9.

Kijkend naar de verschillende berekende correlatiecoëfficiënten (figuur 5.23) en wat daarover is geschreven in **module Trend-1** (zie paragraaf 5.5.1, pagina 75) lijkt het er op dat voor veel van de ingevoerde datasets er sprake is van een redelijke trend. Voor de concentratie Per (A in figuur 5.23 en 5.24), Tri (B) en sulfaat (H) gaat het om een duidelijke dalende trend. Bij andere dataserieën is er wel een dalende trend maar is deze minder duidelijk ontwikkeld: Cis (C in figuur 5.23 en 5.24), VC (D). In andere gevallen is er sprake van een stijgende trend waarbij die voor etheen (E) duidelijk ontwikkeld is maar voor ethaan (F) en methaan (I) minder goed. De concentratie aan DOC (G) blijft gedurende de periode waarin is gemeten min of meer stabiel. Deze correlatiecoëfficiënten komen ook duidelijk naar voren uit de visualisatie in het **werkblad Grafieken** (figuur 5.24).

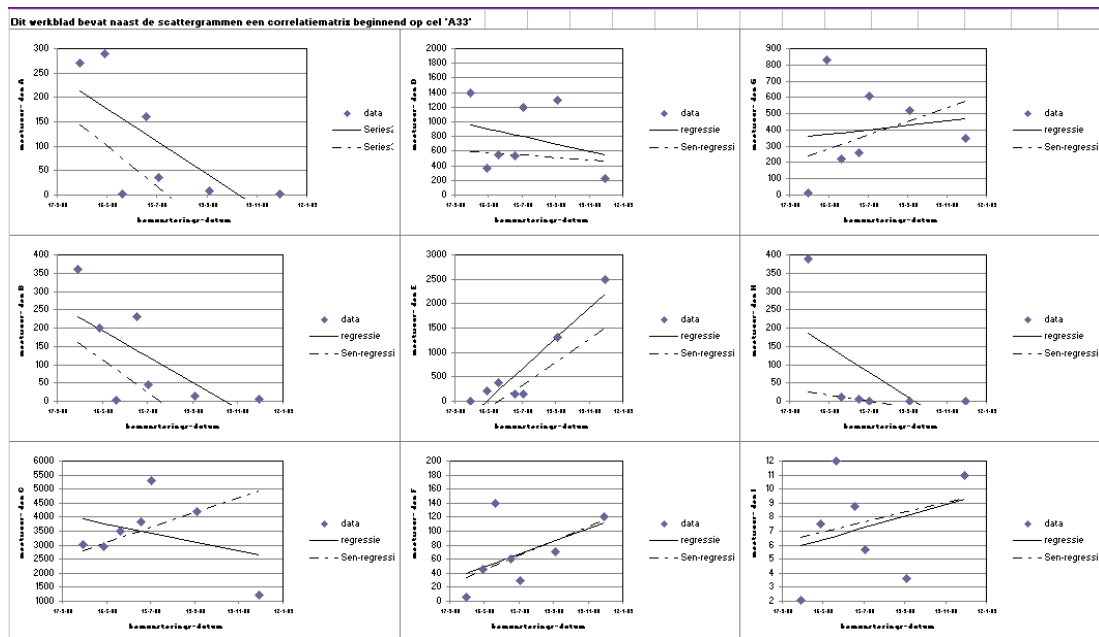
Deze resultaten komen overeen met wat zou verwachten bij een gestimuleerde natuurlijke afbraak waarbij de afbraak na injectie van substraat ook daadwerkelijk op gang komt. De concentraties aan verontreinigingen nemen in meer of mindere mate af. Dat er geen hele duidelijke afname voor Cis wordt waargenomen kan goed worden verklaard door dat bij de afbraak van Per en Tri, waarvan de concentraties wel afnemen, ook Cis wordt gevormd. Hierdoor blijven de concentraties aan C dus min of meer constant (zie figuur 5.24). De concentraties aan etheen en ethaan vertonen een duidelijke stijgende trend wat er ook op duidt dat Cis en VC worden afgebroken. Ook de aan biologische afbraak gerelateerde parameters zoals sulfaat en methaan laten het verwachte concentratieverloop zien. Door de toediening van substraat (DOC) worden de redoxcondities in het grondwater sulfaatreducerend of methanogeen. De dalende trend in sulfaat duidt op de reductie van sulfaat naar sulfide, de toenemende trend in methaan is een indicatie dat er methaan wordt gevormd en dat er in het grondwater methanogene omstandigheden zijn gaan heersen. De concentratie aan substraat (DOC) blijft gedurende de monitoringsperiode min of meer constant.

Met de **module Correlatie en scatter** is dus op een snelle manier inzichtelijk te maken wat er gebeurt in de verschillende, aan elkaar gecorreleerde datasets zonder dat daarvoor de afzonderlijke statistische *tools* per dataset voor hoeven te worden doorlopen.

Kenmerk R001-4570326FVO-los-V02-NL

Meetwaard	r-Pearson	r-LogPears	r-Rank
A	-0,71	-0,74	-0,61
B	-0,68	-0,70	-0,57
C	-0,35	0,69	0,18
D	-0,28	0,25	-0,32
E	0,93	0,80	0,70
F	0,51	0,24	0,50
G	0,14	0,33	0,32
H	-0,62		-0,94
I	0,31	-0,09	0,25

Figuur 5.23 Uitkomsten in het werkblad Uitvoering bij het voorbeeld van de module Correlatie en scatter



Figuur 5.24 Uitkomsten in het werkblad Grafieken bij het voorbeeld van de module Correlatie en scatter

5.7 Interpolatietechnieken

Invoedsfeer van waarnemingspunten

Interpolatie is alleen zinvol als naburige metingen niet onafhankelijk van elkaar zijn. Gaat het bij trends over het verloop van bijvoorbeeld concentraties met de tijd, bij ruimtelijke interpolatie gaat het over het verloop of het patroon van gehalten in de geografische ruimte. De belangrijkste voorwaarde voor een goed onderbouwde interpolatie in tijd en in ruimte is dat de 'afstand' tussen de waarnemingspunten kleiner is dan hun invloedsfeer. Als de meetpunten te ver uit elkaar liggen kan daartussen geen betrouwbare schatting gemaakt worden.

bemonsterings- datum	meetwaarde- den C	regressie	residue	Sen-regre:	Sen-residue	Overzichtstabel	
14-4-08	3008,7	3928	-919,3	2817	3928	bemonste	meetwaarde- den C
13-5-08	2955,2	3773	-817,8	3071	3773	n	7
4-6-08	3509,8	3656	-146,2	3264	3656	minimum	14-4-08
2-7-08	3815	3506	309	3510	3506	maximum	11-12-08
17-7-08	5314	3425	1889	3641	3425	mediaan	3510
17-9-08	4212	3094	1118	4185	3094	gemiddelde	3432
11-12-08	1206	2639	-1433	4930	2639	st.dev.	1269
						r-Pearson	-0,3468
						t-Pearson	-0,8267
						toevallige kans op r-P	0,22
						r-Spearman	0,1786
						toevallige kans op r-S	niet sign (> 0,05)
						Mann-Kendall	
						# dalend (neg.)	8
						# horizontaal (nul)	0
						# stijgend (pos.)	13
						M-K statistiek S	5
						toevallige kans op S	niet sign (> 0,20)
						kleinste kwadraten regressie	
						schatter	st.dev. van schatter
						as-afsnijding	215600
						helling	-5,352
						Sen regressie	
						helling	8,769
						aantal Sen hellingen	21
						De helling berekend met de kleinste kwadraten methode is -5,35.	
						De helling berekend met de 'Sen regressie' methode is 8,77.	
						De gevonden Pearson correlatie coefficient kan goed aan toeval worden toegeschreven	
						De uitkomst van de Mann-Kendall toets kan goed door toeval worden verklaard.	

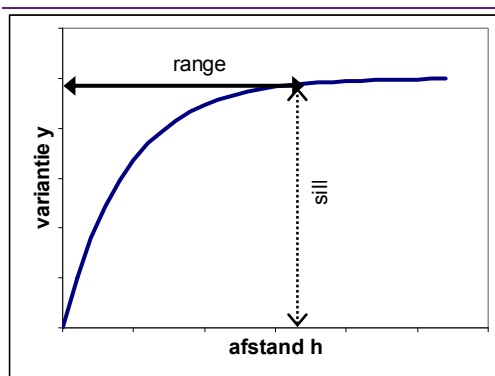
Figuur 5.25 Uitkomsten in het werkblad Berek 3 bij het voorbeeld van de module Correlatie en scatter. In dit werkblad zijn de gedetailleerde resultaten weergegeven voor de statistische bewerkingen op de dataingevoerd in de kolom meetwaarden C in het werkblad Uitvoering. In dit geval zijn dat de gemeten concentraties aan 1,2-cis-dichlooretheen

De maximum-afstand in de ruimte kan afgeleid worden door middel van een variogram. Het variogram $\gamma(h)$ beschrijft de mate van ruimtelijke afhankelijkheid tussen meetpunten als functie van hun onderlinge afstand h . Het experimentele variogram wordt berekend als het gemiddelde gekwadraterde verschil in meetwaarde tussen waarnemingen op afstand h :

$$\gamma(h) := \frac{1}{|N(h)|} \sum_{(i,j) \in N(h)} |z_i - z_j|^2 \quad 3$$

$N(h)$ is in formule 3 de set van alle N paren waarnemingen (i, j) met onderlinge afstand h en z_i is de meetwaarde voor waarneming i . Als de waarnemingen volgens een vast grid op afstanden h zijn genomen kan γ eenvoudig berekend worden voor waarden $h, 2h, 3h, \dots$. Als dit niet het geval is worden meestal paren meetpunten samengenomen die 'ongeveer' dezelfde afstand hebben, om toch gemiddelden te kunnen berekenen. Door de experimenteel berekende punten kan een model-variogram worden gefit.

Op basis van formule 3 is $\gamma(0)=0$, en in het algemeen neemt $\gamma(h)$ eerst toe met de afstand om bij een zekere afstand, de range, een maximum te bereiken (zie figuur 5.26). Dit betekent dat waarnemingen die op een afstand h groter dan de range van elkaar verwijderd zijn, statistisch gezien onafhankelijk van elkaar zijn (zie kader 5.2). De range is de feitelijke invloedssfeer, daar voorbij heeft een waarneming geen specifiek voorspellende waarde meer, dat wil zeggen niet beter voorspellend dan alle verder weg gelegen waarnemingen, en kan er dus niet goed geïnterpoleerd worden.



Figuur 5.26 Hypothetisch voorbeeld van een variogram

Kader 5.2 Overeenkomst tussen de voor berekening $\gamma(h)$ en de standaard deviatie

Formule 3 is eigenlijk dezelfde als die gebruikt wordt bij de berekening van de variantie, dit is het kwadraat van de standaard deviatie, van een analytisch chemische bepaling uit duplo bepalingen. De wortel uit $\gamma(h)$ is gelijk aan de standaard deviatie die geldt voor punten die een afstand h uit elkaar liggen. Als h groot wordt dan is de wortel uit $\gamma(h)$ gelijk aan de standaard deviatie van waarnemingen die onafhankelijk van elkaar zijn.

Bruikbare interpolatietechnieken

De twee meest gebruikte vormen van ruimtelijke interpolatie zijn:

1. **Inverse distance**
2. **Kriging**

In alle gevallen wordt op een punt waar geen waarneming is, de waarde $u(x)$ geschat als een gewogen gemiddelde van de omringende waarnemingen u_k . De crux zit hem in het bepalen van de gewichten w_k . Bij **inverse distance** hangt het gewicht op een eenvoudige manier af van de afstand d tussen x en de omringende meetpunten x_k :

$$u(x) = \sum_{k=0}^N \frac{w_k(x)}{\sum_{k=0}^N w_k(x)} u_k \quad 4$$

met

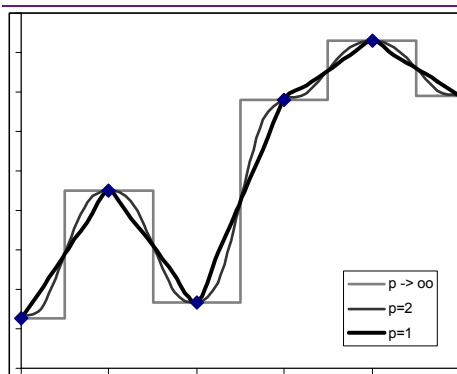
$$w_k(x) = \frac{1}{d(x, x_k)^p} \quad 5$$

Als p is 1 in formule 5 is de interpolatie lineair, met p is 2 of 3 volgt de interpolatie een meer golvend vlak, terwijl bij heel hoge waarden van de macht p een blokfunctie wordt gevolgd, zie figuur 5.27 (pagina 99) voor een eendimensionaal geval. In veel gevallen wordt p is 2 aangehouden, de invloed van een waarneming neemt dan af met het kwadraat van de afstand. Bij **kriging** worden de gewichten bepaald aan de hand van de inverse varianties van het modelgefitte variogram.

Voor- en nadelen

Het voordeel van **inverse distance** is de eenvoud, er hoeft geen model gefit te worden. Tevens is er geen duidelijke beperking voor wat betreft het aantal waarnemingen. Het belangrijkste voordeel van **kriging** is dat behalve de geïnterpoleerde waarde ook een schattingsfout (marge) berekend wordt. Dit voordeel geldt uiteraard alleen als het variogram goed gefit is. Voor het fitten van een adequaat modelvariogram is een voldoende aantal berekende waarden $\gamma(h)$ nodig (voor verschillende h), en voldoende meetparen per $\gamma(h)$. Als men hier dieper over nadenkt, komt men tot de conclusie dat voor een goede interpolatie over het algemeen veel meer monsters zouden moeten worden genomen dan in de praktijk gebruikelijk is. Een nadeel van **kriging** is dat de geïnterpoleerde waarde op een meetpunt niet altijd gelijk hoeft te zijn aan de daar gemeten waarde. Dit is het geval als er een zogenaamde nugget-variantie is dat wil zeggen dat voor het gefitte modelvariogram niet geldt dat $\gamma(0)=0$ (zie kader 5.3).

Zoals in het begin al aangegeven is bij beide interpolatietechnieken de belangrijkste voorwaarde de waarnemingsdichtheid. In de praktijk is die vaak niet, of maar net voldoende. In die situatie zal het ruimtelijk beeld dat met de methoden wordt verkregen niet wezenlijk van elkaar verschillen. Naast de hier beschreven interpolatietechnieken zijn er nog een aantal karteertechnieken die soms nuttig kunnen zijn. Dit zijn onder andere de zogenaamde *trendsurfaces* en de *moving averages*. Met deze technieken is het soms mogelijk om locale fenomenen te scheiden van de meer regionale variaties. Een goede omschrijving van de verschillende interpolatietechnieken is te vinden op www.innovativegis.com/basis/pfprimer/TofC/TofC.htm.



Figuur 5.27 Eindimensionale inverse distance interpolatie afhankelijk van de macht p

Kader 5.3 De nugget-variantie

Dat voor het gefitte model geldt dat $\gamma(0) \neq 0$ is niet ongebruikelijk. Het is onmogelijk om twee keer op dezelfde plaats een monster te nemen, maar in geval van de benadering: twee monsters vlak bij elkaar, zijn de meetwaarden vaak al duidelijk verschillend. Ook als hetzelfde monster twee keer wordt gemeten zijn de meetwaarden onderhevig aan toevallige variatie. De nugget-variantie vertegenwoordigt de korte afstand variatie die van nature in de bodem voorkomt in combinatie met de meetvariantie.

Verlaglegging workshop

6

6 Verslaglegging workshop

In de workshop zijn het doel van het project en de werking van het belangrijkste eindproduct, de statistische *tools* toegelicht. Tijdens de workshop is uitgebreid stil gestaan bij de verschillende onderdelen en is geoefend aan de hand van voorbeeld datasets. Daarnaast zijn door sommige deelnemers eigen meetgegevens meegenomen en getoetst. De resultaten van de workshop zijn gebruikt om de toegankelijkheid, de toepasbaarheid en de bruikbaarheid van de ontwikkelde producten te verifiëren, de begeleidende teksten bij de verschillende statistische tests op bruikbaarheid te toetsen en daarnaast biedt het de gelegenheid om de statistische *tools* te ontdoen van eventuele fouten. De verschillende commentaren van de workshop zijn integraal verwerkt in de statistische *tools* en de verschillende hoofdstukken van deze rapportage.

De workshop is gehouden op 3 december 2009 bij Tauw in Deventer. Gezien de vrij beperkte animo voorafgaand aan het project was gerekend op een beperkte belangstelling voor de workshop. Het aantal aanmeldingen, meer dan 65, bleek echter ruimschoots het aantal beschikbare plaatsen te overtreffen. Er is daarom een selectie gemaakt uit de inschrijvers op basis van de volgende twee uitgangspunten:

- Maximaal één persoon per organisatie
- Een zo breed mogelijke vertegenwoordiging van het werkveld bodem

Uiteindelijk hebben er 21 mensen deelgenomen. De deelnemerslijst is in tabel 6.1 opgenomen. De workshop is Activiteit 5 van het project (zie hoofdstuk 2) en is niet als apart deelresultaat aan SKB gerapporteerd. Het programma van de workshop bestond uit de volgende onderdelen:

1. Een inleiding over het SKB-project met daarin de aanleiding, doelstelling, activiteiten en de samenstelling van het consortium
2. Een zeer summiere toelichting op statistiek
3. Een toelichting op de ontwikkelde statistische *tools*
4. Het oefenen met de statistische *tools*
5. Terugkoppeling door de deelnemers

In de praktijk bleken de onderdelen 3, 4 en 5 sterk in elkaar over te lopen. Bij het gebruiken van de statistische *tools* kwam de diversiteit van de groep goed naar voren. Voor een aantal deelnemers ging het wat te snel, anderen konden het goed volgen en weer anderen hebben de mogelijkheden van de statistische *tools* uitgebreid op de proef geteld. Over het algemeen werden de *tools* als nuttig en gebruiksvriendelijk ervaren. De inleidende presentatie en de presentatie met betrekking tot de statistische *tools* zijn opgenomen in bijlage 2.

Tabel 6.1 Deelnemerslijst van de workshop Statistiek van 3 december 2009

Naam	Organisatie	Gremia
Denny Schanze	Arcadis/In Situ Technieken	Aannemer
Johan Hoekman	BAM Milieu	Aannemer
Harald Opdam	Heijmans Infra Techniek	Aannemer
Willem Havermans	NTP Milieu	Aannemer
Jessy Venhuis	DHV	Adviseur
Marco de Jonge	Grontmij Nederland B.V	Adviseur
Sjoerd de Vries	MWH BV	Adviseur
Gilles Sandwijk	Oranjewoud	Adviseur
Willem Jan Zaadnoordijk	Royal Haskoning	Adviseur
A. de Keijzer	Wareco Ingenieurs	Adviseur
Arthur de Kruijff	Gemeente Den Haag	Bevoegd gezag
Boris Seeters	Gemeente Utrecht	Bevoegd gezag
Klaas Ratsma	Gemeentewerken Rotterdam	Bevoegd gezag
Albert Josse	Provincie Gelderland	Bevoegd gezag
Ben Driever	Provincie Utrecht	Bevoegd gezag
Inez Akkerman	Provincie Noord-Holland	Bevoegd gezag
E.T. van Klinken	Gemeente Den Haag	Bevoegd gezag
Jan Frank Mars	Bodem+	Kennis organisatie
Sander Feenstra	Bodemzorg	Nazorg organisatie
Ernst Algra	Nazorg Bodem	Nazorg organisatie

De belangrijkste commentaren van de deelnemers waren:

1. Het resultaat van de toetsingen is onduidelijk geformuleerd. Er worden geen concrete uitspraken gedaan waar gebruikers iets mee kunnen
2. In de huidige vorm is het Excel-spreadsheet een lijstje van statistische *tools* waarvan niet goed duidelijk is wanneer en in welke volgorde ze gebruikt kunnen of moeten worden. Er moet een handleiding komen met toelichting en een soort stappenplan voor veel voorkomende situaties/vragen. Dit moet worden toegelicht met voorbeelden
3. De statistische *tools* zijn niet geschikt voor standaardmatig gebruik door handhavers die zich verder niet in de materie verdiepen
4. Het is onhandig dat de statistische *tools* in Office 2007 zijn gemaakt. De vraag is gesteld of er andere versie, bijvoorbeeld in de Office 2000, een webapplicatie of een *open source* applicatie komen

Ad 1

Het commentaar over de formulering van de resultaten was eerder al binnen het consortium onderwerp van discussie geweest. De huidige formulering is het maximaal haalbare uit statistisch oogpunt. Voor meer concrete uitspraken is de context nodig van het probleem/archetype waarvoor de statistische *tool* wordt gebruikt. De formuleringen in de statistische *tools* worden derhalve niet aangepast. Wel zal in de handleiding (zei volgend punt) een toelichting op de formuleringen in de verschillende statistische *tools* worden gegeven.

Ad 2

Er komt een handleiding die aan de gestelde eisen voldoet. Er is bewust gekozen de workshop in te gaan met onvoorbereide gebruikers. De archetypen zullen worden aangehouden als veelvoorkomende situaties. De tijdens de workshop gebruikte datasets zijn gekozen als voorbeelden en zullen ook in de handleiding gebruikt worden. **Hoofdstuk 5 bevat een uitgebreide beschrijving van de verschillende statistische *tools* samen met één of meerdere voorbeelden en kan als handleiding worden gebruikt.**

Ad 3

Het uitgangspunt van het consortium is dat statistiek slechts een hulpmiddel is en dat de gebruiker. Wel wordt onderkend dat er verschillende categorieën gebruikers zijn. Het lijkt daarom verstandig twee cursussen op te zetten: één cursus voor mensen die de statistische *tools* actief gebruiken en één cursus voor mensen die er alleen passief gebruik van maken. Dit commentaar is verwerkt in hoofdstuk 7.

Ad 4

De oudere versies van office bieden niet de programmeermogelijkheden die Office 2007 wel biedt. In het kader van dit SKB-project zullen geen andere versies worden vervaardigd.

Daarnaast zijn tijdens het werken met de statistische *tools* tijdens de workshop een paar kleine onvolkomenheden aan het licht gekomen. Deze zijn zo veel als mogelijk verholpen in de versie van de statistische *tools* bij deze rapportage.

Gezien het grote aantal aanmeldingen wordt overwogen op een later tijdstip de workshop te herhalen. Dit zou een goede gelegenheid zijn om de handleiding te toetsen.

Gebruik van de *tools*: cursus, distributie en beheer

7

7 Gebruik van de tools: cursus, distributie en beheer

De doelstelling van het SKB-project is het gebruik van statistische interpretatie van data terug te brengen in het werkveld en hiervoor breed draagvlak te vinden bij de verschillende betrokken partijen in de bodemketen. Eén van de activiteiten binnen dit project is het geven van een aanzet voor een cursus over toepassing van statistiek. De cursusomschrijving zal dusdanig zijn dat een docent met verstand van zaken zich in een dag de cursus eigen moet kunnen maken en moet kunnen geven. In dit hoofdstuk wordt naast een voorzet voor een cursus ook een aantal zaken met betrekking tot de distributie en beheer beschreven.

7.1 Aanzet tot een cursus

De aanzet tot een cursus heeft als doel een ruwe schets en materiaal te leveren voor een cursus van circa een dag. De aanzet moet het mogelijk maken dat een docent met verstand van zaken in één dag een cursus in elkaar kan zetten. Met een cursus kan ons inziens het draagvlak worden vergroot om de ontwikkelde statistische *tools* te gebruiken. Een cursus is hierin een middel, door geïnteresseerden te laten oefenen aan de hand van herkenbare situaties kan het draagvlak voor het gebruik van statistiek in de bodemketen worden vergroot. In de aanzet tot de cursus zit:

- Een omschrijving van het doel van de cursus
- Een omschrijving van de beoogde doelgroep(en)
- Een dagprogramma
- Een beschrijving van de opdrachten en cases inclusief antwoordmodel/uitwerking

Voor een zo breed mogelijk bereik is het gewenst dat de cursus binnen al bestaande cursusprogramma's zoals die van het Post Academisch Onderwijs (PAO) of de BodemBreed Academie wordt ingepast.

De aanzet tot een cursus is Activiteit 6 van het project (zie hoofdstuk 2). Deze activiteit is niet als een afzonderlijk deelresultaat aan SKB gerapporteerd en wordt in paragraaf 7.2 verder uitgewerkt.

7.2 Uitwerking van de cursus

Doel van de cursus

Het doel van de cursus is tweeledig: ten eerste **het stimuleren van het gebruik van statistiek** tijdens de projecten binnen het werkveld bodem en ten tweede het leren werken met, en **toepassen van de statistische tools die zijn ontwikkeld** binnen dit SKB-project.

Doelgroep

De cursus is bestemd voor de volgende doelgroepen:

- Adviseurs en aannemers die zich bezighouden met het ontwerpen van (in situ) saneringen en monitoringen in het kader van een actieve sanering of gedurende de (na)zorg fase
- Ambtenaren van bevoegd gezag, zowel saneerders in eigen beheer als plantoetsers en handhavers
- Overige geïnteresseerden uit het werkveld bodem of uit vergelijkbare werkvelden

Uit de workshop van 3 december 2009 waarin de ontwikkelde statistische *tools* zijn getest (zie ook hoofdstuk 6) is gebleken dat er duidelijk sprake is van twee categorieën gebruikers:

1. **Ontwerpers**, gebruikers die zelf actief met de statistische *tools* werken voor het ontwerpen van monitoren en voor het interpreteren van complexe resultaten
2. **Handhavers**, gebruikers die de statistische *tools* gebruiken om data te toetsen aan vooraf gestelde eisen

Gezien het grote verschil in het gebruiksdoel voor de twee categorieën is besloten voor beide groepen een aparte cursus op te zetten. Het programma voor de twee verschillende groepen is de volgende twee paragrafen gegeven.

Dagprogramma voor de ontwerpers

Het programma voor de **ontwerpers** is erop gericht de gebruikers te leren wanneer statistiek nuttig is en hoe het gebruik daarvan moet worden ingestoken. Gebruikers moeten de mogelijkheden en beperkingen van statistische methodes kennen en in staat zijn te beslissen wanneer welke *tool* moet worden ingezet. Uiteindelijk moeten zij in staat zijn statistiek op de juiste manier in te passen in sanerings- en monitoringsplannen en in staat zijn de resultaten op statistisch verantwoorde manier te interpreteren. Intrinsiek ligt in het voorgaande besloten, dat meetprogramma's dusdanig worden opgezet dat getrokken conclusies efficiënt onderbouwd kunnen worden uit statistische beschouwingen.

In de tabel 7.1 (pagina 111) is een indicatief programma voor de cursus opgenomen. Het is de bedoeling de cursus door twee docenten te laten geven, waarvan er ten minste één een statistische achtergrond heeft. Omdat de deelnemers zelf met de statistische *tools* moeten kunnen werken is het noodzakelijk dat er computers beschikbaar zijn; ten minste één computer per twee deelnemers.

Programma voor handhavers

De cursus voor **handhavers** is eenvoudiger van opzet en minder breed dan die voor de ontwerpers. Het doel voor deze categorie gebruikers is de basis beginselen van statistiek bij te brengen en hen duidelijk te maken dat het in feite de handhavers zijn, die de criteria vaststellen

waar via de statistiek aan getoetst kan worden. Ontwerpers en interpretators zijn machteloos als randvoorwaarden, normen en dergelijke niet helder en duidelijk geformuleerd zijn door de handhavers.

In de tabel 7.2 (pagina 112) is een indicatief programma voor de cursus voor handhavers opgenomen. Ook hierbij is het de bedoeling de cursus door twee docenten te laten geven, waarvan er ten minste één een statistische achtergrond heeft. Omdat de deelnemers zelf met de statistische *tools* moeten kunnen werken is het noodzakelijk dat er computers beschikbaar zijn; ten minste één computer per twee deelnemers.

Tabel 7.1 Indicatief programma voor de ontwerperscursus statistiek

Tijd	Beschrijving programma onderdeel
09.00 – 09.15	Welkom & algemene inleiding voorstellen, aanleiding en doel van de cursus
09.15 – 09.45	Algemene statistische begrippen toelichting op diverse veel gebruikte statistische begrippen zoals normaal versus lognormaal verdeeld, robuust versus niet robuuste methodes, betrouwbaarheid et cetera
09.45 – 10.00	Statistiek in het werkveld bodem archetypen als voorbeeld van cases waarbij statistiek gebruik kan worden
10.00 – 10.15	Algemene inleiding op de statistische <i>tools</i> handleiding en logische volgorde toepassen verschillende modules
10.15 – 10.30	Pauze
10.30 – 12.30	Toelichting en oefenen met de statistische <i>tools</i> I werken met de modules basisstatistiek, verdeling, uitbijertoets, trends voor kleine en grote datasets, naast voorbeelden worden ook opdrachten uitgevoerd aan de hand van aangeleverde datasets
12.30 – 13.30	Lunchpauze
13.30 – 14.30	Toelichting en oefenen met de statistische <i>tools</i> II werken met de modules trend uitbijters, vergelijken datasets, paarsgewijze beoordeling datasets en correlatie & scatter, naast voorbeelden worden ook opdrachten uitgevoerd aan de hand van aangeleverde datasets
14.30 – 15.30	Oefenen met de statistische <i>tools</i> I werken aan opdrachten of aan de hand van eigen meegebrachte datasets
15.30 – 15.50	Pauze
15.50 – 16.50	Oefenen met de statistische <i>tools</i> II werken aan opdrachten of aan de hand van eigen meegebrachte datasets

Het accentverschil tussen beide cursussen zal met name liggen in de manier waarop gewerkt wordt met de statistische *tools*. In de cursus voor de handhavers zal het laatste blok aan modules, correlaties tussen verschillende datasets niet worden gegeven. Deze cursus zal zich veel meer moeten richten op handhavingsvragen.

Tabel 7.2 Indicatief programma voor de handhaverscursus statistiek

Tijd	Beschrijving programma onderdeel
09.00 – 09.15	Welkom & algemene inleiding voorstellen, aanleiding en doel van de cursus
09.15 – 09.45	Algemene statistische begrippen toelichting op diverse veel gebruikte statistische begrippen zoals normaal versus lognormaal verdeeld, robuust versus niet robuuste methodes, betrouwbaarheid et cetera
09.45 – 10.00	Statistiek in het werkveld bodem voorbeelden van gevallen waarbij statistiek nodig is voor handhaven
10.00 – 10.15	Algemene inleiding op de statistische <i>tools</i> handleiding en logische volgorde toepassen verschillende modules
10.15 – 10.30	Pauze
10.30 – 12.30	Toelichting en oefenen met de statistische <i>tools</i> I werken met de modules basisstatistiek, verdeling, uitbijtertoets, trends voor kleine datasets, naast voorbeelden worden ook opdrachten uitgevoerd aan de hand van aangeleverde datasets
12.30 – 13.30	Lunchpauze
13.30 – 14.30	Toelichting en oefenen met de statistische <i>tools</i> II werken met de modules trends voor grote datasets, trend uitbijters en vergelijken datasets, naast voorbeelden worden ook opdrachten uitgevoerd aan de hand van aangeleverde datasets
14.30 – 15.30	Oefenen met de statistische <i>tools</i> I beoordelen van aangeleverde datasets
15.30 – 15.50	Pauze
15.50 – 16.50	Oefenen met de statistische <i>tools</i> II beoordelingen van toetsingen

Opdrachten en cases

De opdrachten en cases die voor de beide cursussen gebruikt kunnen worden staan in deze rapportage. De datasets inclusief een korte omschrijving van de case zijn gegeven in bijlage 1.

In hoofdstuk 5 zijn per module een of meerdere voorbeelden gegeven waarin vraagstelling, resultaten en beantwoording van de vraagstelling aan de hand van de resultaten (antwoordmodel) is gegeven.

7.3 Distributie of waar kan ik de statistische *tools* vinden

Het gebruik van de statistische *tools* valt of staat met de distributie, het beheer en een toelichting hoe de *tools* te gebruiken. Hoe de *tools* te gebruiken is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 5. De in de vorige paragraaf beschreven aanzet tot een cursus zal dat gebruik verder vergemakkelijken. Een beschrijving van de distributie, het beheer en het onderhoud is Activiteit 7 van het project (zie hoofdstuk 2). Deze activiteit is niet als een afzonderlijk deelresultaat aan SKB gerapporteerd en wordt in deze paragraaf en paragraaf 7.4 verder uitgewerkt.

De statistische *tools* zijn terug te vinden in het Microsoft Excel 2007 bestand [StatModules.xlsm](#) op de cd-rom bij deze rapportage. Dit bestand is ook te downloaden en beschikbaar voor iedereen zonder dat daar kosten aan zijn verbonden via de volgende websites:

- www.bodemrichtlijn.nl onder bibliotheek en dan bodemsaneringstechnieken/nazorg van in situ maatregelen
- www.skbodem.nl
- www.begripinbodem.nl

Daarnaast is de definitieve versie van de statistische *tools* aan de deelnemers van de workshop van 3 december 2009 (hoofdstuk 6) verzonden inclusief deze eindrapportage. Daarnaast hebben ook de personen die zich hadden aangemeld voor de workshop, maar vanwege het beperkte aantal plaatsen niet konden deelnemen aan de workshop de definitieve versie van de statistische *tools* opgestuurd gekregen.

7.4 Beheer, onderhoud en bekende problemen

Beheer en onderhoud

Tauw als penvoerder van het consortium zal het beheer en eventueel klein onderhoud voor een periode van een jaar op zich nemen. Het beheer zal bestaan uit de onderstaande zaken:

- Distributie van de definitieve versie van de statistische *tools* (StatModules.xlsm) naar de verschillende websites genoemd in de vorige paragraaf
- Distributie van de definitieve versie van de statistische *tools* (StatModules.xlsm) naar de deelnemers aan de workshop en aan diegene die zich voor de workshop hadden opgegeven maar niet konden deelnemen
- Het fungeren als loket (zie volgende paragraaf) waar gebruikers fouten kunnen melden. Tauw zal van de gemaakte meldingen gedurende één jaar een lijst bijhouden van de gemelde

problemen. Tauw zal aan het einde van het jaar een prioritering aanbrenge in welke volgorde deze problemen eventueel moeten worden aangepakt bij een nieuwe versie

- Tauw zal gedurende één jaar klein onderhoud plegen aan de statistische *tools*. Onder klein onderhoud wordt verstaan het verhelpen van klein storende foutjes bijvoorbeeld taalfouten waarbij geen aanpassingen aan het in VBA geprogrammeerde deel van de statistische *tools* nodig zullen zijn
- Tauw zal alleen in uitzonderlijke gevallen actief onderhoud plegen aan het in VBA geprogrammeerde deel van de statistische *tools*. Tauw zal dit alleen doen als er een aantoonbare fout aanwezig is die verder gebruik van de *tools* in de weg kan staan

Bij de programmering van de statistische *tools* is ervoor gekozen deze zo laagdrempelig mogelijk te houden, indien er in de beheerfase aanpassingen gewenst zijn, deze, door niet-professionele, programmeurs relatief eenvoudig zijn aan te brengen.

Bekende problemen

Hoewel er geprobeerd is de statistische *tools* volledig foutenvrij op te leveren zijn er tijdens de workshop op 3 december 2009, voor een verslag zie hoofdstuk 6, nog een aantal bekende problemen of *bugs* naar voren gekomen:

- In de **verschillende modules** waarin een histogram in het werkveld Uitvoering wordt gegeven blijft deze soms leeg. De assen van het histogram worden wel getekend maar de data wordt niet in het histogram geplot. Omdat dit probleem niet reproduceerbaar is, op de ene computer gebeurt dit wel terwijl op een andere er geen problemen met de histogrammen zijn, is het (nog) niet mogelijk geweest deze fout uit de statistische *tools* te halen. Mocht de fout optreden wordt geadviseerd de statistische *tools* op een andere computer te draaien
- In de **module Trend-2** wordt soms de derde grafiek, de grafiek met de y-as teruggetransformeerde data, in het werkblad Uitvoeringen niet geplot. Omdat dit probleem eveneens niet reproduceerbaar is, is het (nog) niet mogelijk geweest deze fout uit de statistische *tools* te halen. Mocht de fout optreden wordt eveneens geadviseerd de statistische *tools* op een andere computer te draaien
- In de **module Correlatie en scatter** wordt soms in het werkblad Grafieken de scatterplot voor meetserie A niet getekend. Omdat dit probleem eveneens niet reproduceerbaar is, is het (nog) niet mogelijk geweest deze fout uit de statistische *tools* te halen. Mocht de fout optreden wordt eveneens geadviseerd de statistische *tools* op een andere computer te draaien

Mocht u bij het gebruik van de statistische *tools* tegen problemen of *bugs* aanlopen kunt u contact opnemen met één van de in het colofon genoemde personen bij Tauw te Deventer op het algemene telefoonnummer (0570) 69 99 11. U kunt dit telefoonnummer **niet** gebruiken als helpdesk bij het gebruik van de statistische *tools*.

8

Literatuur

8 Literatuur

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de geraadpleegde literatuur. De literatuurlijst pretendeert niet uitputtend te zijn wel is getracht verwijzingen op te nemen die kunnen worden gebruikt om de weggezakte kennis met betrekking tot statistiek opnieuw op te halen. Daarnaast is voornamelijk gekeken naar de toepassing van statistiek op bodem gerelateerde onderwerpen.

Rapporten, boeken en andere geschreven informatie bronnen

- CL:aire (2008). **Guidance on comparing soil contamination data with a critical concentration**. Handreiking voor het opstellen van een bemonsteringsplan en bijbehorende statistische methoden om te bepalen of aan bepaalde criteria wordt voldaan. Via www.claire.co.uk te downloaden
- Helsel D.R. & Hirsch R.M. (2002). **Statistical methods in water resources**, Chapter 3A van Book 4 Hydrological Analysis and Interpretation. Environmental van de serie Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey. Goed boek over statistiek toegespitst op (grond)water datasets. Te downloaden via www.usgs.gov
- US EPA (2006). **Data quality assessment: Statistical methods for practitioners QA/G-9S**, report EPA/240/B-06/002, Washington DC, USA. Goed referentie document voor het ophalen van de statistiek en toegepast op bodem gerelateerde problemen. Document is beschikbaar via www.epa.gov zoekterm QA/G-9S

Kenmerk R001-4570326FVO-Ios-V02-NL

Bijlage

1

Voorbeeld datasets

In deze bijlage worden zijn aantal datasets opgenomen die binnen het consortium zijn verzameld op basis van de genoemde archetypen. In tabel B1.1 is een overzicht opgenomen. De data uit deze datasets zijn onder andere in hoofdstuk 5 gebruikt om het gebruik en de uitkomsten uit de verschillende statistische *tools* toe te lichten. Naast de datasets in deze bijlagen zijn ook een aantal datasets in het [werkblad Voorbeelden](#) in [StatModules.xlsm](#) opgenomen. Deze voorbeelden komen bijna allemaal uit de US EPA (2006) QA/G-9S rapportage. Bij deze datasets zijn ter controle ook de statistische uitkomsten opgenomen. Ook Helsel & Hirsch (2002) bevat een uitgebreide bijlage met voorbeelden en uitwerkingen. In hoofdstuk 8 zijn de volledige referenties opgenomen.

Tabel B1.1 Overzicht van voorbeeld datasets en archetype

Dataset	Archetype
Site D	Vaststellen achtergrondconcentratie/data screening
Site E	Voortgang actieve sanering
Site F	Toepassen terugvalsscenario
Site K	Dimensionering stimulering natuurlijke afbraak/voortgang actieve sanering
Site L	Stabiele eindsituatie/dimensionering stimulering natuurlijke afbraak
Site M	Voortgang actieve sanering
Site N	Stoppen (na)zorg/stabiele eindsituatie
Site T	Stoppen (na)zorg
Site W	Vaststellen achtergrondconcentratie

Voorbeeld Site D

Site D valt onder het archetype **vaststellen achtergrondconcentratie** en/of **data screening** zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om grondwaterconcentraties aan arseen (As) op een grote industriële locatie. De ruimtelijke verdeling van de waarnemingen is bekend. Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: wat is de verdeling van de achtergrondconcentratie, wanneer valt een waarneming daarbuiten (uitbijter), wat is het gemiddelde, de spreiding, en het type verdeling (normaal versus lognormaal).

Tabel B1.2 Data site D

n	Datum	As (µg/l)	n	Datum	As (µg/l)	n	Datum	As (µg/l)
1	22 aug 2000	28	28	02-feb-2004	4	55	30-jan-2004	70
2	13 jun 1997	34	29	02-feb-2004	12	56	30-jan-2004	70
3	22 sep 1999	38	30	02-feb-2004	3	57	03-jun-1998	10
4	22 dec 1999	<dl	31	30-jan-2004	4	58	03-jun-1998	97
5	22 dec 1999	18	32	29 jan 2004	15	59	30 jan 2004	170
6	29 jan 2004	8	33	15 apr 2004	4	60	15 jun 1998	17
7	29 jan 2004	3	34	15 apr 2004	4	61	03 jun 1998	48
8	29 jan 2004	24	35	15 apr 2004	27	62	29 jan 2004	90
9	29 jan 2004	24	36	15 apr 2004	27	63	29 jan 2004	90
10	29 jan 2004	6	37	15 apr 2004	4	64	03 jun 1998	34
11	30 jan 2004	28	38	15 apr 2004	4	65	03 jun 1998	18
12	29 jan 2004	5	39	15 apr 2004	9	66	30 jan 2004	180
13	02 feb 2004	7	40	15 apr 2004	9	67	30 jan 2004	180
14	29 jan 2004	3	41	15 apr 2004	32	68	07 okt 1999	93
15	29 jan 2004	4	42	15 apr 2004	3	69	30 jan 2004	85
16	30 jan 2004	2	43	03 jun 1998	59	70	30 jan 2004	85
17	15 apr 2004	9	44	29 jan 2004	5	71	22 sep 1999	65
18	30 jan 2004	14	45	29 jan 2004	5	72	29 jan 2004	23
19	29 jan 2004	13	46	03 jun 1998	42	73	29 jan 2004	23
20	29 jan 2004	6	47	22 aug 2000	28	74	22 sep 1999	230
21	29 jan 2004	27	48	03 jun 1998	10	75	29 jan 2004	6
22	30 jan 2004	9	49	03 jun 1998	10	76	29 jan 2004	6
23	30 jan 2004	5	50	30 jan 2004	11	77	22 sep 1999	58
24	29 jan 2004	2	51	30 jan 2004	11	78	07 okt 1999	10
25	02 feb 2004	11	52	03 jun 1998	10	79	02 feb 2004	250
26	02 feb 2004	<dl	53	15 apr 2004	25	80	29 jan 2004	230
27	02 feb 2004	6	54	15 apr 2004	25	81	30 jan 2004	36

Voorbeeld Site E

Site E valt onder het archetype **voortgang actieve sanering** en/of **data screening** zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om een grondwatersanering door middel van *pump & treat* grondwaterconcentraties van een verontreiniging bij een tankstation. De bron van de verontreiniging, een grondverontreiniging aan minerale olie is middels een ontgraving gesaneerd. De grondwateronttrekking is gedimensioneerd om de grondwaterverontreiniging met vluchtige aromatische koolwaterstoffen waaronder benzeen te saneren. De data in de tabel zijn de influentconcentraties voor de zuiveringsinstallatie.

Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: Gaat de sanering conform verwachting? Bij een grondwatersanering verwacht je op basis van de theoretische achtergrond een logaritmische daling van de verschillende concentraties aan verontreinigingen. Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd? Is er sprake van een trendomkering of trendbreuk in de data die kan wijzen op veranderende omstandigheden tijdens de sanering?

Tabel B1.3 Data site E (tabel loopt over meerder pagina's)

n	Datum	Benzeen (µg/l)	Tolueen (µg/l)	Ethylbenzeen (µg/l)	Xylenen (µg/l)	Min. olie (µg/l)	Naftaleen (µg/l)
1	22-9-1992	1200	1200	130	560	250	<20
2	25-9-1992	900	1300	170	750	450	<20
3	1-10-1992	860	820	93	550	400	9,5
4	27-10-1992	1500	1800	190	860	400	<20
5	29-10-1992	2100	1800	180	770	400	<20
6	3-11-1992	2500	2700	240	1020	1600	<20
7	10-11-1992	1800	2100	240	1040	500	<20
8	17-11-1992	1400	1700	220	970	500	<20
9	16-12-1992	610	580	130	500	300	7,9
10	13-1-1993	350	420	87	306	250	6,5
21	10-2-1993	320	420	80	299	200	7
22	12-3-1993	240	330	63	232	200	5,2
23	7-4-1993	220	380	67	247	200	4,7
24	5-5-1993	150	290	49	189	150	<4.2
25	3-6-1993	140	310	42	188	150	<2
26	1-7-1993	130	290	45	181	150	3,7
27	30-7-1993	110	250	43	167	150	3,7
28	20-8-1993	120	300	46	192	150	3,9
29	23-9-1993	94	190	39	165	100	2,6
30	21-10-1993	98	210	34	137	100	2,3
31	18-11-1993	82	160	27	115	<100	2,6
32	15-12-1993	70	200	37	149	150	2,7

n	Datum	Benzeen (µg/l)	Tolueen (µg/l)	Ethylbenzeen (µg/l)	Xylenen (µg/l)	Min. olie (µg/l)	Naftaleen (µg/l)
33	9-2-1994	63	150	29	121	<100	<2
34	15-3-1994	52	110	23	94	<100	<1.3
35	6-4-1994	46	120	28	114	<100	1,5
36	4-5-1994	41	160	33	131	<100	2
37	1-6-1994	35	140	30	122		3,9
38	29-6-1994	35	150	29	120	<100	3,9
39	3-8-1994	30	130	32	121		2,5
40	26-8-1994	33	170	38	145		<2
41	21-9-1994	30	160	37	135	<100	3,1
42	18-10-1994	36	130	35	129	<100	2,7
43	24-11-1994	25	89	24	92		1,9
44	13-12-1994	29	82	23	84	<100	1,8
45	10-1-1995	26	79	21	82		1,6
46	21-2-1995	26	63	19	71		1,9
47	9-3-1995	27	75	21	80	<100	1,7
48	6-4-1995	24	80	21	82		1,9
49	2-5-1995	23	110	28	109		2,3
50	7-6-1995	23	80	24	92		2
51	6-7-1995	21	94	28	108		<2.5
52	4-8-1995	19	100	28	110		2,2
53	1-9-1995	12	83	25	100	<100	2,2
54	21-9-1995	12	85	26	103		2,3
55	1-11-1995	<0.1	1	0,3	0,8	<100	<0.1
56	9-11-1995	<0.1	<0.1	0,1	<0.1	<100	<0.1
57	30-11-1995	<0.1	0,3	<0.1	<0.1		<0.1
58	15-1-1996	3	190	58	264	120	7,1
59	14-2-1996	2	110	52	190	61	4,9
60	14-3-1996	20	76	39	150	98	5,7
61	2-5-1996	41	90	55	220	94	5,8
62	5-7-1996	54	28	47	170	<50	5,4
63	2-9-1996	31	6,8	23	97	63	3,6
64	27-9-1996	40	8,4	47	150	60	5,1
65	1-11-1996	40	7,4	54	180	58	

Voorbeeld Site F

Site F valt onder het archetype **toepassen terugvalsscenario**. Het gaat om een restverontreiniging met aromaten (BTEX) die gesaneerd is maar waarbij op een plek een grondverontreiniging is achtergebleven die zorgt voor hoge concentraties in het grondwater. In het nazorg plan is een tweemaandelijks monitoring opgenomen om na te gaan hoe de concentraties zich ontwikkelen en of de gedefinieerde actiewaarden worden overschreden. De actiewaarde voor benzeen is 65 µg/l en die voor de som ethylbenzeen, toluen en xylenen, kortweg som ETX, is 1.000 µg/l.

In dit voorbeeld is de allerbelangrijkste vraag wordt de actiewaarde overschreden. Andere vragen die vaak naar boven komen in een dergelijke situatie is of er een trend aanwezig is in de dataset die kan wijzen op een verbetering of verslechtering van de verontreinigingssituatie.

Tabel B1.4 Data site F

n	Datum	Pb 1		Pb 2	
		Benzeen (µg/l)	Som ETX (µg/l)	Benzeen (µg/l)	Som ETX (µg/l)
1	21 okt 2007	15	497	710	1140
2	20 dec 2007	8	528	430	1810
3	20 feb 2008	110	1540	65	831
4	4 apr 2008	91	236	590	2340
5	3 jun 2008	88	1690	1300	922
7	28 okt 2008	70	1660	1600	1270
8	8 dec 2008	190	2470	1200	1160

Voorbeeld Site K

Site K valt onder het archetype **dimensionering biologische afbraak** en/of **voortgang actieve sanering**. Het gaat om een verontreiniging met 1,2-cis-dichlooretheen die door middel van het toedienen van substraat als gevolg van de (gestimuleerde) natuurlijke afbraak wordt gesaneerd. De data omvatten verschillende parameters die nodig zijn om te kunnen vaststellen of het gewenste proces daadwerkelijk optreedt. Dus naast de verontreinigingscomponenten zijn er afgeleide parameters zoals de dechloreringsgraad berekend maar zijn er ook metingen uitgevoerd naar de redoxomstandigheden om te kunnen vaststellen of de biologische afbraak ook daadwerkelijk optreedt.

De belangrijke vragen die bij dit archetype een rol speelt zijn: Verloopt de sanering wel conform het verwachtingspatroon? Is er voldoende toeslagstof zoals substraat aanwezig? Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd? Is er een correlatie tussen de verschillende parameters zoals een afname in Cis met een gelijktijdige toename in etheen en ethaan? Is er sprake van een trendomkering of trendbreuk in de data die kan wijzen op veranderende omstandigheden tijdens de sanering?

Tabel B1.5 Data site M, concentraties aan verontreinigingscomponenten

	Datum	Per (µg/l)	Tri (µg/l)	Cis (µg/l)	VC (µg/l)	Etheen (µg/l)	Ethaan (µg/l)
voor injectie	14 apr 2008	270	360	3008,7	1400	5	5,3
2 dagen na injectie	13 mei 2008	290	200	2955,2	370	220	45
1e monitoring	4 jun 2008	2,3	1,8	3509,8	550	380	140
2e monitoring	2 jul 2008	160	230	3815	540	140	61
3e monitoring	17 jul 2008	36	45	5314	1200	140	29
4e monitoring	17 sep 2008	8,6	13	4212	1300	1300	70
5e monitoring	11 dec 2008	2,6	5,4	1206	230	2500	120

Tabel B1.6 Data site M, afgeleide en redoxparameters

	Datum	dechloreringsgraad	DOC (µg/l)	Sulfaat (µg/l)	Methaan (µg/l)
voor injectie	14 apr 2008	0,597	14	390	2,1
2 dagen na injectie	13 mei 2008	0,616	830		7,5
1e monitoring	4 jun 2008	0,679	220	12	12
2e monitoring	2 jul 2008	0,598	260	4,6	8,8
3e monitoring	17 jul 2008	0,596	610	0	5,7
4e monitoring	17 sep 2008	0,761	520	0	3,6
5e monitoring	11 dec 2008	0,935	350	0	11

Voorbeeld Site L

Site L valt onder het archetype **stabiele eindsituatie** en/of **dimensionering biologische afbraak**. Het gaat om een verontreiniging met perchlooretheen (Per) die als gevolg van natuurlijke afbraak wordt gemonitord om na te gaan of er sprake is van een stabiele eindsituatie. Daarnaast speelt ook de vraag of, met name het ondiepe deel van de pluim, niet actiever moet worden aangepakt omdat op basis van de verzamelde gegevens de afbraak in dit deel van de pluim niet lijkt op te treden. De gegeven data betreffen alleen de concentraties aan Per in het diepe en ondiepe deel van de pluim. De gegevens zijn verzameld in een serie peilbuis op de as van de grondwaterpluim.

Vragen die bij het archetype stabiele eindsituatie spelen zijn: Is de pluim krimpend/stationair/groeiend? Moet ik de monitoring extensiveren/intensiveren? Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd? En in dit speciale geval speelt ook de vraag of de er in het ondiepe pakket afbraak optreedt of niet.

Tabel B1.7 Data site L, concentraties aan Per ($\mu\text{g/l}$) voor de ondiepe filters in de as van de pluim

Peilbuis	1	2	3	4	5	6
Filterstelling	3,5-5,5 -mv	5,0-6,0 m -mv	3,0-4,0 m -mv	5,0-6,0 m -mv	5,0-6, m -mv	4,0-5,0 m -mv
Afstand	15 m	50	65	90	120	135
Datum						
25 aug 2003	17.000	3.200	3.500	2.100	880	<0.1
26 aug 2004	13.000	6.700	4.900	1.900	920	<0.0
01 nov 2005	6.900	1.100	5.000	2.500	2.800	<0.1
21 sep 2006	3.600	620	3.500	2.100	3.100	<0.1
17 Sep 2007	4.300	370	1.800	1.400	1.200	<0.2
10 Sep 2008	3.900	200	1.200	800	1.800	<0.3

Tabel B1.8 Data site L, concentraties aan Per ($\mu\text{g/l}$) voor de diepe filters in de as van de pluim

Peilbuis	1	2	3	4	5	6
Filterstelling	3,5-5,5 -mv	10-11 m -mv	10-11 m -mv	10-11 m -mv	9,0-10, m -mv	7,0-8,0 m -mv
Afstand	15 m	50	65	90	120	135
Datum						
25 aug 2003	17.000	16	11	15	3	32
26 aug 2004	13.000	1	5	3	2	78
01 nov 2005	6.900	<0.6	3	1.5	54	160
21 sep 2006	3.600	<0.6	1	<0.6	14	570
17 Sep 2007	4.300	1	1	<0.6	9	120
10 Sep 2008	3.900	<0.1	6	37	5	38

Voorbeeld Site M

Site M valt onder het archetype **voortgang actieve sanering** en/of **data screening** zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om een grondwatersanering door middel van *pump & treat* grondwaterconcentraties van een verontreiniging bij een tankstation. De bron van de verontreiniging, de grondverontreiniging en een drijfslag aan minerale olie is middels een ontgraving gesaneerd, hierbij is een kleine restverontreiniging achtergebleven. De grondwateronttrekking is gedimensioneerd om de grondwaterverontreiniging met vluchtige aromatische koolwaterstoffen waaronder benzeen te saneren. De data in de tabel zijn de influent concentraties voor de zuiveringsinstallatie.

Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: Gaat de sanering conform verwachting? Bij een grondwatersanering verwacht je op basis van de theoretische achtergrond een logaritmische daling van de verschillende concentraties aan verontreinigingen. Is er een trend in de verschillende parameters met de tijd? Is er sprake van een trendomkering of trendbreuk in de data die kan wijzen op veranderende omstandigheden tijdens de sanering?

Tabel B1.9 Data site M (tabel loopt over meerder pagina's)

n	Datum	Benzeen (µg/l)	Toluëen (µg/l)	Ethylbenzeen (µg/l)	Xylenen (µg/l)	Min. olie (µg/l)	Naftaleen (µg/l)
1	1-2-2001	1000	400	380	870	650	29
2	1-3-2001	1100	990	420	1500	500	42
3	5-4-2001	1300	970	420	1600	950	41
4	3-7-2001	480	150	170	330	250	22
5	26-7-2001	1	0,5	0,2	1	470	<0,5
6	7-8-2001	980	920	380	1400	1000	51
7	13-9-2001	1100	1100	260	1400	2100	41
8	31-10-2001	1400	1200	110	1800	390	32
9	13-12-2001	1600	1200	99	1600	320	28
10	7-1-2002	1600	1100	130	1500	320	24
21	5-2-2002	1600	1200	210	1400	340	23
22	6-3-2002	1600	1100	260	1300	500	22
23	9-4-2002	1000	610	120	710	110	15
24	25-4-2002	850	420	46	700	160	13
25	27-5-2002	1500	960	130	1100	300	20
26	19-6-2002	1900	900	90	1500	550	23
27	22-7-2002	1500	760	110	1200	290	22
28	21-8-2002	1800	780	95	1300	440	24
29	17-9-2002	1800	760	120	1300	290	27
30	17-10-2002	1900	760	160	1250	310	26
31	18-11-2002	2200	960	190	1320	270	24

n	Datum	Benzeen (µg/l)	Tolueen (µg/l)	Ethylbenzeen (µg/l)	Xylenen (µg/l)	Min. olie (µg/l)	Naftaleen (µg/l)
32	9-12-2002	1600	670	100	1030	330	19
33	13-1-2003	1800	730	160	880	240	17
34	3-2-2003	1500	720	150	920	240	15
35	4-3-2003	1700	510	120	680	160	<15
36	7-4-2003	1200	490	120	730	140	12
37	1-5-2003	1500	520	140	810	220	14
38	27-5-2003	1600	440	120	700	230	17
39	30-6-2003	1000	240	40	540	190	13
40	22-7-2003	450	28	<0,5	260	180	8,5
41	22-9-2003	700	170	73	490	280	12
42	14-10-2003	1200	210	140	730	320	16
43	10-11-2003	1400	230	130	760	170	18
44	9-12-2003	1400	240	130	760	310	17
45	15-1-2004	1400	240	96	640	320	13
46	17-2-2004	1200	320	110	720	200	12
47	16-3-2004	1100	300	110	660	150	11
48	29-4-2004	110	130	63	430	180	12
49	1-7-2004	1000	50	22	230	190	12
50	9-9-2004	<0,5	<0,2	<0,2		230	<0,5
51	4-11-2004	750	21	26	270	110	11
52	27-12-2004	1100	98	81	440	240	12
53	10-2-2005	1100	71	45	350	170	10
54	13-4-2005	250	15	33	170	160	4,8
55	15-6-2005	260	5,1	1	140	140	7,6
56	24-8-2005	210	2,3	<0,2	86	150	7,7
57	18-10-2005	200	2,4	3,6	33	76	6,4
58	20-12-2005	360	4	13	87	120	7,4
59	8-2-2006	490	33	28	170	140	8,1
60	5-5-2006	430	13	19	150	160	7,4
61	15-6-2006	220	1,7	8,7	130	160	5,2
62	22-8-2006	160	1	5	34	130	6
63	10-10-2006	110	1,1	3,2	26	140	6,2
64	28-11-2006	170	1,9	6,4	44	110	7
65	8-2-2007	<0,1	<0,1	<0,1		120	0,2
66	3-5-2007	110	3	5	47	111	3
67	27-6-2007	110	0,5	3	35	140	4
68	3-8-2007	150	0,7	4	40	94	4
69	23-10-2007	61	0,2	1	10	110	3

n	Datum	Benzeen (µg/l)	Tolueen (µg/l)	Ethylbenzeen (µg/l)	Xylenen (µg/l)	Min. olie (µg/l)	Naftaleen (µg/l)
70	13-12-2007	<0,1	<0,1	<0,1	n.a.	<50	<0,1
71	31-1-2008	130	1,1	4,4	41	53	3,3
72	25-3-2008	140	4,8	8,3	64	50	3,8
73	6-6-2008	55	0,4	2,3	16	<50	2,3
74	26-8-2008	62	<0,1	1,1	7	<50	2,8
75	13-10-2008	44	<0,1	0,4	2	<50	2,3

Voorbeeld Site N

Site N valt onder het archetype **stopzetten (na)zorg** of **stabiele eindsituatie**. Het gaat om een dataset met zink (Zn) concentraties in het grondwater. De bron van de verontreiniging is gesaneerd met behulp van een grondwateronttrekking. De peilbuis waarin de dataset is verzameld staat aan de terreingrens buiten de directe invloedssfeer van de onttrekking. De peilbuis dient om te bepalen of de grondwateronttrekking voldoende succesvol is om nalevering aan de grondwaterpluim te minimaliseren. Van de grondwaterpluim met Zn die stroomafwaarts van deze peilbuis aanwezig is, is vastgesteld dat deze stabiel wordt door de natuurlijke vastlegging van het zware metaal aan het aquifer materiaal.

Bij een dergelijk project is het interessant dat de dataset die is verzameld antwoord geeft of de Zn concentratie die de grondwaterpluim instroomt daalt als gevolg van de genomen saneringsmaatregel in de bron.

Tabel B1.10 Data site N

n	Datum	Zn (µg/l)
1	22 mrt 2004	8.500
2	01 jun 2004	8.100
3	27 sep 2004	6.500
4	30 nov 2004	6.600
5	07 mrt 2005	5.400
6	07 jun 2005	4.300
7	12 sep 2005	4.000
8	06 dec 2005	3.600
9	30 mrt 2006	3.200
10	03 jul 2006	2.300
11	14 sep 2006	2.500
12	15 dec 2006	3.700

Voorbeeld Site T

Site T valt onder het archetypen **stopzetten (na)zorg**. Het gaat om een dataset die is verzameld na het stopzetten van een in situ saneringssysteem waarbij met behulp van skimmers een drijf laag is verwijderd. Aansluitend is met een persluchtinjectie- en biosparingsysteem in de smeerzone de vracht aan de vaste fase van de bodem verder gereduceerd. Het gaat om een verontreiniging met alifatische en aromatische koolwaterstoffen: C₆ tot en met C₄₀ en benzeen, toluen en xylenen.

Bij een dergelijk project in de fase waarin de dataset is verzameld kunnen de volgende vragen worden gesteld waarbij statistiek kan ondersteunen in de besluitvorming: moet ik de monitoring extensiveren/intensiveren, is er een trend in de verschillende parameters met de tijd, is er sprake van een trendomkering of –verandering, of wat is de vorm van de curve (exponentieel vs. lineair).

Tabel B1.11 Data site T voor aromatische koolwaterstoffen, BTEX in verschillende monitoringsfilters

n	Datum	BTEX (µg/l)			
		T 12	T 13	T 14	Fi 28
1	1 jul 2002	320	2462	3559	39900
2	1 nov 2002			22500	2900
3	1 mrt 2003	190	2945	3970	2168
4	1 aug 2003	2	17641	22	3055
5	1 nov 2003	784	3177	0,7	2498
6	1 mrt 2004	11		373	2005
7	1 aug 2004	13	55	249	284
8	1 okt 2004	0,1	12365	1088	418
9	1 nov 2004	3850	2244		566
10	11 mrt 2005		5494	3390	388
11	18 mei 2005	610	0,1	1217	72
12	30 aug 2005	410	1257	53	0,1
13	12 dec 2005		2	194	55
14	16 feb 2006	181	1200	221	30612
15	16 mei 2006	32	705	1131,4	33798
16	30 okt 2006	70	14,4	4085	17519
17	30 nov 2006	0,1	1880	2011	8909
18	21 aug 2007	21			6319
19	26 sep 2007	2	2	2826	2812

Tabel B1.12 Data site T voor alifatische koolwaterstoffen, C₆ C₁₀, in verschillende monitoringsfilters

n	Datum	C6 C10 (µg/l)			
		T 12	T 13	T 14	Fi 17
1	25 sep 1997	4630			
2	2 okt 1998	4280			
3	24 okt 1998	200			
4	20 mei 1999	1400			
5	28 sep 1999	990			
6	3 okt 1999	3130			
7	17 nov 1999	200			
8	24 mrt 2000	200			
9	5 aug 2001	2130			
10	5 aug 2001	200			
11	29 aug 2001	1600			
12	26 jul 2002	496			
13	1 mrt 2003	260	3210	4180	
14	1 aug 2003		17210	28	
15	1 nov 2003	56	86	65	4800
16	1 mrt 2004			77	4190
17	1 aug 2004	120	310	74	1000
18	1 okt 2004	1	260	120	750
19	1 nov 2004	150	81		600
20	11 mrt 2005		280	430	
21	18 mei 2005	120	67	120	800
22	30 aug 2005	84	150	66	600
23	12 dec 2005		250	1	630
24	16 feb 2006	360	1430	440	2250
25	16 mei 2006	97	1050	1276	3050
26	30 okt 2006	75	228	5050	
27	30 nov 2006	1	2198	2452	
28	21 aug 2007	23			4056
29	26 sep 2007	1	230	3435	4345

Voorbeeld Site W

Site W valt onder het archetype **vaststellen achtergrondconcentratie** zoals in hoofdstuk 4 gedefinieerd. Het gaat om monitoringsdata in een woonwijk waar voorheen een groot kassencomplex was gevestigd. In het grondwater worden licht maar ook sterk verhoogde concentraties aan nikkel (Ni) aangetroffen. Vragen die bij een dergelijke dataset naar voren kunnen komen zijn: wat is de verdeling van de achtergrondconcentratie, wanneer valt een waarneming daarbuiten (uitbijter), wat is het gemiddelde, de spreiding, en het type verdeling (normaal versus lognormaal).

Tabel B1.13 Data site W

n	Ni (µg/l)	n	Ni (µg/l)	n	Ni (µg/l)	n	Ni (µg/l)	n	Ni (µg/l)
1	2,5	11	11	21	25	31	51	41	380
2	2,5	12	12	22	26	32	57	42	550
3	5,1	13	13	23	26	33	110	43	840
4	5,6	14	13	24	26	34	110		
5	7,1	15	13	25	29	35	140		
6	7,8	16	14	26	30	36	160		
7	8,8	17	15	27	36	37	170		
8	10	18	16	28	41	38	180		
9	11	19	19	29	41	39	190		
10	11	20	21	30	44	40	210		

Bijlage

2

Presentaties workshop

Statistische interpretatie van monitoringsdata

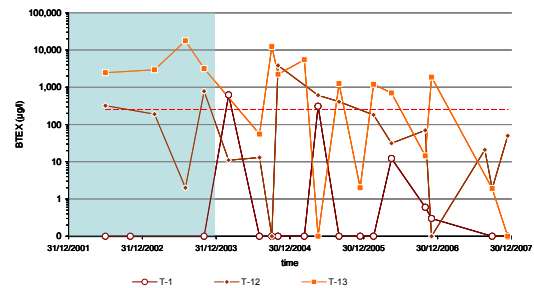
Workshop 3 december 2009, Deventer
SKB-project PT8446

Thomas Keijzer, Frank Volkering



Tauw

Waarom?



Tauw

Waarom?

- Omdat bij elke datareeks onherroepelijk moeilijke vragen naar boven komen:
 - Heeft een saneringsmaatregel het gewenste effect?
 - Treedt natuurlijke afbraak wel op?
 - Is er sprake van een trend?
 - Is een afwijkende waarde een uitschieter?
- ... die we vaak met *expert judgement* bestempelen als significant, trendmatig, betrouwbaar, ...

→ statistiek terugbrengen als onderbouwing!



Tauw

SKB-project PT8446

- Voorafgaand aan het project: workshop & inventarisatie om na te gaan **waarom** statistiek zo weinig wordt gebruikt
- Belangrijkste constatering:
 - Statistiek wordt als (te) ingewikkeld beschouwd
 - Behoeft bestaat om beter om te gaan met interpretatie
 - Conflicten over interpretatie van gegevens zijn veelvoorkomend
 - Invulling interpretatie is een zaak van het adviesbureau
 - Geen behoefte aan een protocol waarin toepassing van statistische hulpmiddelen wordt voorgeschreven



Tauw

SKB-project PT8446

- Eenvoudig te gebruiken & interpreteren statistische tests binnen een spreadsheet
→ **statistische tools** of modules
- De tools zijn ontwikkeld met een aantal **archetypen**, veel voorkomende situaties/projecten binnen de bodemwereld als uitgangspunt:
 - Stabiele eindsituatie
 - Monitoring/voortgang actieve sanering
 - Stopzetten nazorg/monitoring



Tauw

Deze workshop | Doel

- Doel:
 - bekendheid met de tools vergroten
 - testen van de beta-versie van de statistische tools
- Wat willen we van u weten:
 - Werkt het?
 - Is de uitleg bij de tools en de beschrijving/interpretatie van de uitkomsten begrijpelijk?
 - Ontbreken er zaken?
 - Suggesties voor distributie en beheer?
- Hoe – door test datasets en eigen data



Tauw

Deze workshop | Programma

- 13.00 – 13.15 Ontvangst & toelichting
- 13.15 – 13.45 Toelichting op de ontwikkelde statistische *tools*
- 13.45 – 15.00 Testen van de statistische *tools*
- 15.00 – 15.15 Pauze
- 15.15 – 16.00 Terugkoppeling en discussie

SKB-project PT8446 | Consortium



Gemeente Den Haag

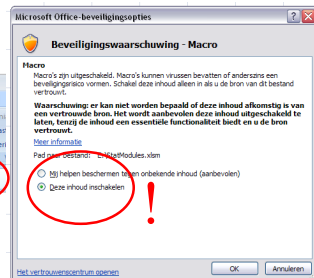


Toelichting op de statistische tools

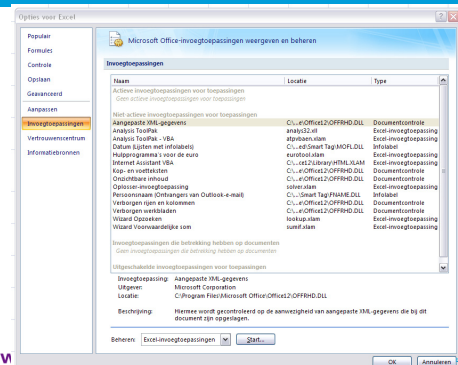
Algemeen

- Eenvoudige programmering (VBA)
 - Aanpassingen door anderen mogelijk
 - Geen aparte software nodig
- Resultaten
 - Veel grafiekjes en beschreven in lektentaal
 - Extra resultaten in de werkbladen berekeningen
 - Pas of voor <d.l.'s, en ontbrekende data
- Statistiek neemt **géén** beslissingen
 - dat is en blijft de taak van de onderzoeker

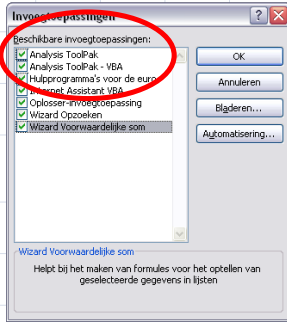
Add-ins Excel activeren | 1/3



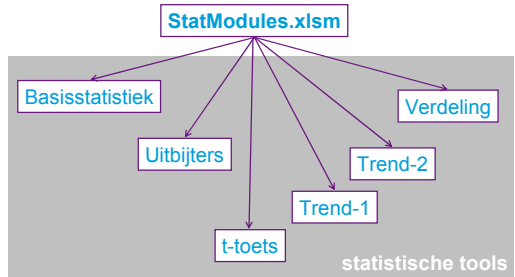
Add-ins Excel activeren | 2/3



Add-ins Excel activeren | 3/3



Statistische tools



Statistische tools/SKB-project PT8446

Algemene informatie

De module 'basisstatistiek' geeft de basis-statistieken en een histogram voor de ingevoerde dataset.

De module 'uitbijters' geeft via Dixon's Q-toets inzicht in de mate waarin afwijkende waarden door toeval verklaard kunnen worden.

De module 'verdeling' geeft via grafieken inzicht in de mate waarin een dataset normaal verdeeld is of niet. Additioneel wordt voor extra verificatie een toets uitgevoerd.

De module 'trend 1' geeft via correlatie coëfficiënten en grafieken aan of er een trend bestaat in een serie meerwaarden. Deze module is bedoeld voor meetseries tot en met 20 getallen.

De module 'trend 2' analyseert via een regressieberekening of er sprake is van een trend in de meetgegevens. Voor deze analyse zijn bij voorkeur meer dan 20 meetpunten nodig.

De module 'trend uitbijters' geeft via grafieken inzicht in hoeverre een trend dataset uitbijters bevat.

De module 't-toets' berekent via een t-toets uit een aantal meetgegevens of het redelijk is om aan te nemen dat een bepaalde grenswaarde niet overschreden wordt.

De module 't-groep' vergelijkt 2 groepen meetgegevens en geeft aan of er reden is om aan te nemen dat deze twee sets verschillend zijn.

De module 't-paar' vergelijkt de meetgegevens van 2 groepen paarsgewijs. Zodoende kan beoordeeld worden of een bepaald invloed effect heeft.

Correlatie en scatters

opent een nieuw Excel file met standaard 4 werkbladen:

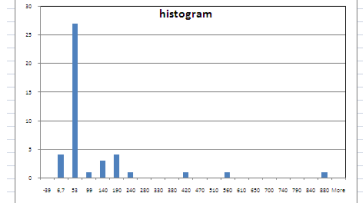
- Instructie
- Uitvoering
- Berekeningen
- Achtergrond

Basisstatistiek

- Site W
- Monitoring Ni in grondwater
- n=43

Tabel Basisstatistiek			
Farmaceutisch		Robuust	
maximum	340	340	maximum
gem. +1.64s	348	383	95% percentiel
gemiddelde	85,8	25	mediaan
gem. -1.64s	-176	5,15	5% percentiel
minimum	2,5	2,5	minimum
standaard deviatie (s)	158	73,9	mad
scheefheid	3,4		
aantal waarnemingen: 43			

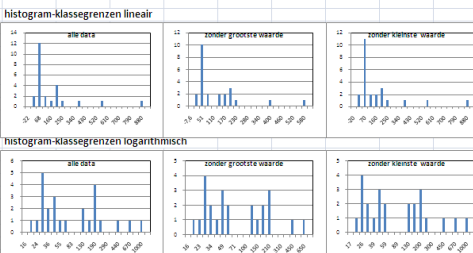
- Redelijke normale verdeling
- Hoge getallen uitbijters?



Uitbijters | Dixon's Q-test

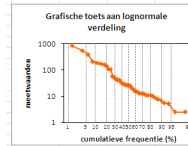
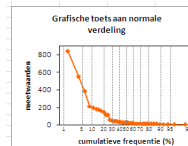
Voor de originele data geldt:
De grootste waarde wordt 1 op 100 keer door toeval gevonden
De kleinste waarde is geen uitbijter

Voor de loggetransformeerde data geldt:
De grootste waarde is geen uitbijter
De kleinste waarde is geen uitbijter



Verdeling | 1/2

- Site W
- Dataset niet normaal verdeeld
- Wat als je de hoogste waarden eruit haalt?



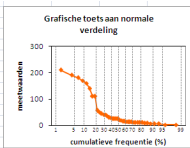
	alle data	geheel	geheel
aantal	43	43	0
maximum	340,0	340,0	2,5
95% percentiel	383,0	383,0	2,5
gemiddelde	85,8	85,8	2,5
mediaan	26,0	26,0	2,5
5% percentiel	5,2	5,2	2,5
minimum	2,8	2,5	2,5

Normaliteitsbeets (volgens Shapiro-Franca (SF))
de SF-waarde wijkt op een verdeling die niet normaal verdeeld is.
de SF-waarde wijkt op een verdeling die niet lognormaal verdeeld is.

Verdeling | 2/2

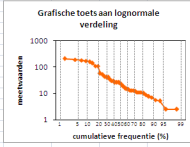
Site W

- Dataset met aangepaste max-waarde
- Twee datasets
- Mogelijk meerdere oorzaken Ni-conc. !



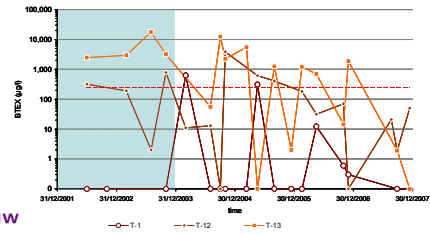
min data	maxset	maxset2
aantal	40	40
maximum	210.0	210.0
95% percentiel	100.0	
gemiddelde	48.0	48.0
mediaan	23.0	23.0
5% percentiel	5.0	
minimum	2.5	2.5

Normaliteits-toets (volgens Shapiro-Francia (SF))
 de SF-toets wijst op een verdeling die niet normaal verdeeld is
 de SF-toets wijst op een verdeling die niet lognormaal verdeeld is



Trend-1 | 1/2

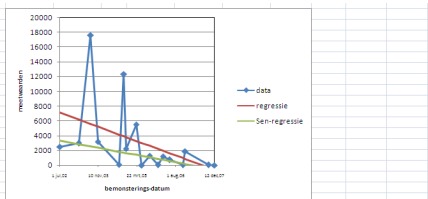
- Trendanalyse voor kleine datasets (max n=20)
- Site T
 - Monitoringsdata BTEX in filter T-13 na in situ sanering
 - Is er sprake van een dalende trend?



Trend-1 | 2/2

Site T, filter T-13

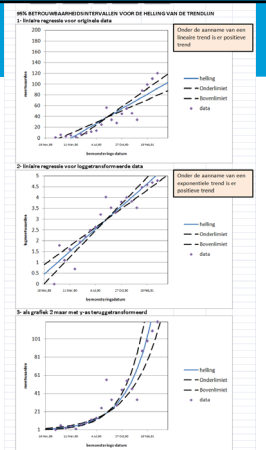
- Ja, sprake van een dalende trend



De Pearson correlatie coefficient is -0.46 . Deze waarde komt door toeval minder dan 1 op de 20 keer voor.
 De Spearman correlatie coefficient is -0.69 . Deze waarde komt door toeval minder dan 1 op de 100 keer voor.
 De uitkomst van de Mann-Whitney toets wordt minder dan 1 op de 100 maal door toeval gevonden.
 De helling berekend met de kleinste kwadraten methode is -3.9
 De helling berekend met de Sen regressie methode is -1.93

Trend-2

- Trendanalyse voor grotere datasets ($n > 20$)

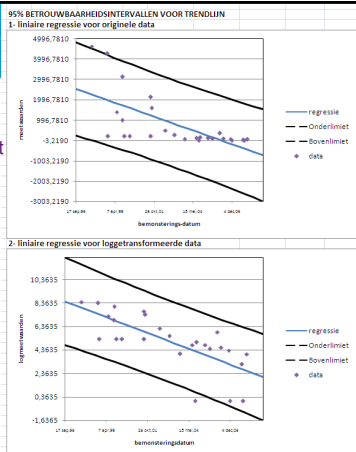


Trend uitbijter

- Geeft inzicht of een dataset uitbijters bevat
- Geldt voor grote datasets ($n > 20$)

Site T

- Monitoringsdata m.o. in filter T-12 na in situ sanering



t-toets | 1/2

- Vaststellen op basis van een dataset of een gegeven grenswaarde niet wordt overschreden

Site D

- As diffuus in grondwater
- $n=79$
- I-waarde $60 \mu\text{g/l}$

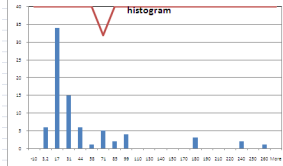
Naast t-toets kan ...

- Eerst gekeken worden naar de verdeling van de data
- Uitschieters?
- Ruimtelijke verdeling van de data (niet als tool aanwezig)

t-toets | 2/2

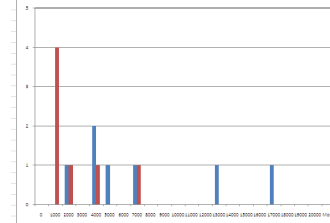
Tabel Basisstatistiek		
Populatiestatistiek	250	300
maximum	250	250 (95% percentiel)
gem.+1.64s	120	180
gemiddelde	30	15 (mediaan)
gem.-1.64s	-52.0	3 (5% percentiel)
minimum	0	minimum
standaard deviatie (s)	2	38,1
aantal waarnemingen: 70		

het gemiddelde van de meetwaarden zal door toeval minder dan 1 op de 100 keer boven de grenswaarde 60 liggen



t-groep

- Vergelijkt twee groepen meetgegevens, bijvoorbeeld concentraties tijdens verschillende meetronden

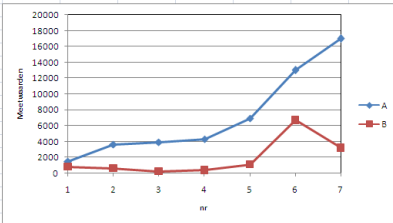


Er is geen verschil aangetoond tussen de twee meetseries.

De 2 meetseries hebben waarschijnlijk verschillende spreidingen

t-paar

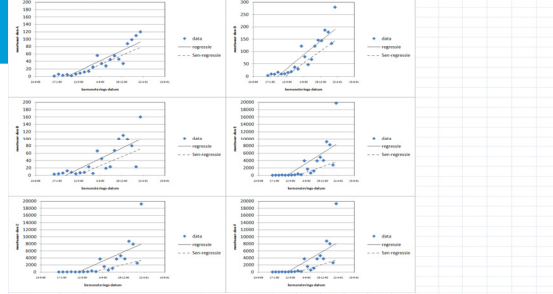
- Vergelijkt twee datasets paarsgewijs om na te gaan of deze hetzelfde zijn bijvoorbeeld vooraf en na straat injectie



Er is waarschijnlijk verschil tussen de twee meetseries

Door toeval komt dit resultaat minder dan 1 op de 40 keer voor

De verschillen tussen de concentraties van de meetseries zijn waarschijnlijk niet significant



Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie	Meetserie					
Meetserie A	Meetserie B	Meetserie C	Meetserie D	Meetserie E	Meetserie F	Meetserie G	Meetserie H	Meetserie I	Meetserie J	Meetserie K	Meetserie L	Meetserie M	Meetserie N	Meetserie O	Meetserie P	Meetserie Q	Meetserie R	Meetserie S	Meetserie T	Meetserie U	Meetserie V	Meetserie W	Meetserie X	Meetserie Y	Meetserie Z