

Cluster milieu

Nationaal Bestuursakkoord Water
Lozingseisen
WVO-vergunningen

LOZINGSEISEN WVO-VERGUNNINGEN

November 2005

Ten geleide

De afgelopen decennia hebben de ontwikkelingen op het vlak van een adequate handhaving bij het reguleren van emissies naar oppervlaktewater niet stilgestaan. De CIW-nota 'Handhaven is doen' (1992) heeft daar een belangrijke rol ingespeeld. Er ontstond in toenemende mate behoefte aan handhaving op het bestuurs- (rechte)lijke vlak, en door allerlei maatschappelijke ontwikkelingen kwam het hoger op de politieke agenda. Dit leidde in 2000 tot de CIW-nota 'Handhaving Wvo', met daarin een herziene landelijke beleidslijn. Voor een goede en effectieve handhaving is het formuleren van adequate lozingseisen in de vergunning essentieel, waarbij 'adequaat' wordt gedefinieerd als eenduidig, uniform, handhaafbaar en naleefbaar. In deze nota worden aanbevelingen gedaan om te komen tot adequate lozingseisen in Wvo-vergunningen ten behoeve van nieuwe en bestaande situaties. Deze nota is door het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water (LBOW) vastgesteld.

Momenteel zijn er een aantal ontwikkelingen gaande welke in de toekomst een rol kunnen gaan spelen voor deze nota. Hierbij moet gedacht worden aan de EU-Kaderrichtlijn Water, Totaal-effluent-beoordeling en vermindering van de administratieve lastendruk. Niet is uit te sluiten dat de aanbevelingen uit de nota op grond hiervan geactualiseerd moeten worden.

Met het uitkomen van deze nota zal een implementatietraject ingezet worden om het product zo goed mogelijk 'op de werkvloer te laten landen'. Hiermee wordt bedoeld dat vergunningverleners en handhavers van RWS en waterschappen, én aanvragers van Wvo-vergunningen geïnformeerd worden over dit product en dit vervolgens op juiste wijze in hun eigen praktijk kunnen gebruiken.

DE STAATSSECRETARIS VAN VERKEER EN WATERSTAAT,

Mw. drs. M.H. Schultz van Haegen

Inhoudsopgave

Ten geleide 3

Inhoudsopgave 5

Samenvatting 7

1 Inleiding 11

1.1 Achtergrond 11

1.2 Doelstelling 11

1.3 Afbakening 12

1.4 Aanpak op hoofdlijnen 13

1.5 Leeswijzer 14

2 Probleemstelling 17

2.1 Huidige aanpak voor het vaststellen van lozingseisen 17

2.2 Knelpunten in de huidige praktijk 17

2.2.1 Knelpunten op het gebied van de bruikbaarheid van de huidige methode 18

2.2.2 Knelpunten die ontstaan bij procesinherente schommelingen in het lozingspatroon 18

2.2.3 Knelpunten als gevolg van verschillen in inzicht en aanpak binnen het bevoegd gezag 18

2.2.4 Knelpunten als gevolg van onvolledige communicatie tussen bevoegd gezag en aanvrager 19

2.3 Randvoorwaarden voor (toekomstige) lozingseisen 20

2.4 Toekomstige ontwikkelingen 21

3 (Nieuwe) systematiek voor het vaststellen van lozingseisen 23

3.1 Inleiding 23

3.2 De systematiek in detail 24

3.2.0 Stap 0: Uitvoeren van een quick scan in het vooroverleg 24

3.2.1 Stap 1: Vaststellen van de te lozen parameters in de vergunningaanvraag 25

3.2.2 Stap 2: Vaststellen van de stand der techniek voor (productie)proces of eindzuivering met bijbehorende effluentwaarden 27

3.2.3 Stap 3: Vergelijken van effluentwaarden met het lozingspatroon 30

3.2.4 Stap 4: Vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende rwzi en/of het oppervlaktewater 31

3.2.5 Stap 5: Kritische beschouwing van het aantal parameters 32

3.2.6 Stap 6: Vaststellen van het lozingspatroon per parameter of stof(groep) bij een normale beheerste procesvoering 35

3.2.7 Stap 7: Vaststellen van het type lozingseis 38

3.2.8 Stap 8: Vaststellen van de hoogte van de lozingseis 42

3.3 Overige opmerkingen t.a.v. de systematiek en de Lozingseis-assistent 48

4 Conclusies en aanbevelingen 51

4.1 Conclusies 51

4.2 Aanbevelingen 53

4.3 Enkele afsluitende opmerkingen 54

5 Literatuurverwijzingen en afkortingenlijst 57

Bijlagen

Bijlage 1	Samenstelling projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' 61
Bijlage 2	Totaaloverzicht van alle stappen 63
Bijlage 3	Bescherming van de zuiveringstechnische werken 67
Bijlage 4	Doelen van lozingseisen 73
Bijlage 5	Mogelijke typen lozingseisen met hun specifieke voor- en nadelen 75
Bijlage 6	Statistische aspecten van lozingseisen 81
Bijlage 7	Gebruikershandleiding van de Lozingseis-assistent 141

Samenvatting

De afgelopen jaren zijn in Nederland diverse rapporten verschenen waarin richtlijnen zijn gegeven voor de Wvo-vergunningverlening en –handhaving. Landelijk gezien heeft dit echter niet geleid tot een uniforme aanpak bij het formuleren van lozingseisen in Wvo-vergunningen. Uit de praktijk blijkt namelijk dat elke vergunningverlener een eigen aanpak kiest, waarbij afwegingen vaak impliciet of onvolledig worden gemaakt. Ook is het zo dat definities van bepaalde begrippen niet eenduidig zijn vastgelegd. Daarnaast wordt in sommige gevallen door de vergunningverlener onvoldoende rekening gehouden met de praktijk van handhaving. En dit terwijl in 2000 de CIW-nota ‘Handhaving Wvo’ gepresenteerd is, waarin is beschreven hoe waterkwaliteitbeheerders de naleving van de Wvo kunnen bevorderen. In deze handhavingsnota is een belangrijke rol weggelegd voor het daadkrachtig optreden van de handhaver indien overschrijding van de kernbepalingen voorkomt. De handhaving werkt conform deze nota.

Aangezien lozingseisen als kernbepalingen in een Wvo-vergunning worden opgenomen, en deze over het algemeen niet adequaat geformuleerd zijn, leidt dit tot knelpunten tussen vergunningverleners, handhavers en aanvragers (vergunninghouders). Om deze redenen zijn in de voorliggende nota aanbevelingen gedaan voor adequate lozingseisen in Wvo-vergunningen. De term ‘adequaat’ wordt in dit verband gedefinieerd als ‘eenduidig, zo mogelijk uniform, handhaafbaar en naleefbaar’. Deze set aanbevelingen is gerubriceerd in een te doorlopen 8-stappenplan, die de ‘systematiek’ genoemd wordt. De systematiek voor lozingseisen bestaat uit de volgende stappen:

0. het uitvoeren van een quick scan, waarin alle stappen tijdens het vooroverleg snel door bevoegd gezag (vergunningverlener en handhaver) en aanvrager doorlopen worden, zodat duidelijk wordt of voldoende gegevens bekend zijn;
1. het vaststellen van het lozingspatroon van de te lozen parameters zodat de vergunningaanvraag in behandeling genomen kan worden;
2. het bepalen van effluentwaarden die behoren bij de stand der techniek voor het (productie)proces van de aanvrager of de eindzuivering;
3. het vergelijken van de actuele lozingsgegevens uit stap 1 met de effluentwaarden die bij de stand der techniek horen (stap 2) met zo nodig een saneringsonderzoek of –maatregel als gevolg;
4. het vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende zuiveringstechnische werken en/of het ontvangende oppervlaktewater, waarna eventueel aanvullende maatregelen worden vereist;
5. het kritisch beschouwen van het aantal parameters dat genormeerd en/of geanalyseerd wordt;
6. het vaststellen van het lozingspatroon dat hoort bij een normale beheerste procesvoering, waarin procesfluctuaties en

-
- seizoensmatige aspecten een plaats krijgen, in tegenstelling tot calamiteiten en dergelijke;
7. het als vergunningverlener en handhaver gezamenlijk kiezen voor een bepaald type lozingseis (of een combinatie van meerdere types), waarin ook de bemonsterings- en berekeningswijze is meegenomen;
 8. het vaststellen van de hoogte van de lozingseis op basis van 'expert judgement' of door middel van een statistisch softwarepakket (de Lozingseis-assistent).

Stap 1 t/m 4 zijn grotendeels gebaseerd op de huidige praktijk. Het vernieuwende van de systematiek voor lozingseisen in deze voorliggende nota is gelegen in de stappen 5 t/m 8:

- in stap 5 wordt de slimste set parameters gekozen, die bestaat uit de kleinst mogelijke set parameters die vanuit het oogpunt van emissiebeheer en het bedrijfsproductieproces interessant en representatief is; hiermee zou de administratieve lastendruk van het bedrijfsleven en van het bevoegd gezag beperkt kunnen worden;
 - in stap 6 wordt een lozingspatroon dat hoort bij de 'normale beheerste procesvoering' vastgesteld en wordt o.a. een afweging gemaakt welke (uitzonderlijke) situaties hier wel en niet onder vallen; op deze manier wordt er voor gezorgd dat een naleefbare lozingseis kan worden afgeleid;
 - ten behoeve van de keuze voor een type lozingseis zijn in stap 7 de voor- en nadelen van zeven types lozingseisen weergegeven, zodat voor elke lozingssituatie die vergund dient te worden, het beste type lozingseis kan worden gekozen. Er is sprake van de volgende types lozingseisen:
 - o steekmonstereis;
 - o etmaalmonstereis;
 - o dagvrachteis;
 - o eis voor VRG-n-steekmonsters*;
 - o eis voor VRG-n-etmaalmonsters;
 - o eis voor VRG-n-dagvrachten;
 - o jaarvrachteis
- * VRG-n staat voor voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van n (aantal) monsters
- een belangrijk vernieuwend element in deze systematiek is weggelegd voor de statistische software in stap 8. Indien er voldoende gegevens van het lozingspatroon voorhanden zijn, kan met behulp van de Lozingseis-assistent op statistisch verantwoorde wijze de hoogte van een lozingseis worden bepaald. Indien er onvoldoende gegevens blijken te zijn, dient te worden teruggevallen op expert judgement.
 - De Lozingseis-assistent biedt ook faciliteiten om te bepalen of er sprake is van een seizoensmatige lozingspatroon (te gebruiken in stap 6). Daarnaast kan de software worden gebruikt om te onderzoeken of het aantal parameters gereduceerd kan worden (zie stap 5). Bij de software hoort een zogenaamde gebruikershandleiding, waardoor voor de gebruiker duidelijk wordt waar bepaalde (statistische) keuzes toe leiden. De Lozingseis-assistent wordt door toekomstige gebruikers als een nuttig hulpmiddel gezien, maar dient wel in samenhang met de stappen 1 t/m 7 gebruikt te worden.

Door toepassing van de systematiek uit deze nota kunnen lozingseisen geformuleerd worden, die voldoen aan de gestelde criteria. De reden hiervoor is dat:

- de lozingseis een emissiegrenswaarde is, waarmee voor bevoegd gezag en aanvrager eenduidig is welke begrenzing aan de lozing is gesteld;
- de lozingseis zoveel mogelijk via een uniform denkkader (de systematiek) tot stand is gekomen;
- de lozingseis een harde emissiegrenswaarde is, waar de meet-, analyse- en bemonsteringsfout reeds in verdisconteerd zijn, zodat bij overschrijding van deze handhaafbare emissiegrenswaarde een handhavingstraject gestart kan worden;
- de lozingseis op statistisch verantwoorde wijze gebaseerd is op lozingsgegevens van een normale beheerste procesvoering, waarmee de lozingseis naleefbaar wordt geacht.

Er dient te worden opgemerkt dat de systematiek is opgesteld om oplossingen te bieden voor reguliere lozingssituaties (en dus niet voor uitzonderingssituaties). Daarom heeft men in deze nota gestreefd naar het bereiken van een optimum tussen een kookboek, waarin alles in detail voorgeschreven is, en een bepaalde vrijheid van handelen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De 'technische' Wvo-saneringsfase van de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw heeft langzaam plaatsgemaakt voor een meer beheersmatige fase met toenemende milieuverantwoordelijkheid voor het bedrijfsleven. Hierdoor is de betekenis van een adequate handhaving bij het reguleren van de emissies naar oppervlaktewater en rioolwaterzuiveringsinrichtingen toegenomen. Een mijlpaal op dit punt mag het verschijnen van de CIW-nota 'Handhaven is doen' in 1992 worden genoemd. De ontwikkelingen op het vlak van de handhaving hebben sindsdien evenwel niet stilgestaan. Aanpassingen van de handhavingspraktijk waren nodig in verband met ontwikkelingen in wetgeving en beleid. Er ontstond in toenemende mate behoefte aan handhaving op het bestuur(srechtelijke) vlak. Door allerlei maatschappelijke ontwikkelingen kwam handhaving hoger op de politieke agenda en kwam vanuit de politiek de druk om minder te gedogen en stringenter op de naleving van regelgeving toe te zien. Dit leidde in 2000 tot het uitkomen van de nieuwe CIW-nota 'Handhaving Wvo'. In deze handhavingsnota is een herziene landelijke beleidslijn geformuleerd voor de wijze waarop waterkwaliteitsbeheerders de naleving van de Wvo kunnen bevorderen. Tevens wordt in deze nota benadrukt dat daadkracht noodzakelijk is en dat handhaven doorgaans een vorm van maatwerk is.

De randvoorwaarde voor een goede en effectieve handhavingspraktijk is een goed handhaafbare Wvo-vergunning. In dit verband is het formuleren van adequate lozingseisen in de vergunningen essentieel. De term 'adequaat' wordt in dit geval gedefinieerd als "eenduidig, zo mogelijk uniform, handhaafbaar en naleefbaar". In de praktijk blijkt dat er op dit punt een aantal verbeteringen mogelijk is. In hoofdstuk 2 worden de knelpunten beschreven die optreden door inadequate lozingseisen. Omdat de CIW-nota 'Handhaving Wvo' een daadkrachtig optreden voorschrijft bij overtreding van de als kernbepalingen opgenomen lozingseisen kunnen er problemen ontstaan voor zowel het bedrijf als voor de handhavers indien lozingseisen niet adequaat zijn. In de voorliggende nota worden aanbevelingen gedaan om te komen tot adequate lozingseisen in Wvo-vergunningen ten behoeve van nieuwe en bestaande situaties. Deze nota vormt hiermee als het ware een verbindende schakel tussen het 'Handboek Wvo-vergunningverlening' en de nota 'Handhaving Wvo'.

1.2 Doelstelling

Het doel van het project 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' is het vaststellen van een set aanbevelingen die er toe moet leiden dat in de Wvo-vergunningverlening gekomen wordt tot 'eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare en naleefbare lozingseisen'.

Deze set aanbevelingen zal zoveel mogelijk worden gerubriceerd in een te doorlopen stappenplan waarbij per processtap aanbevelingen worden gegeven. Deze logisch gerangschikte set aanbevelingen wordt de 'systematiek' genoemd. Naast meer beleidsmatige overwegingen per processtap zullen, daar waar nodig of mogelijk, statistisch onderbouwde aanbevelingen worden gegeven, gericht op bijvoorbeeld de parametersselectie of de vaststelling van de hoogte van de lozingseis.

Een nevendoel naast de bovengenoemde doelen is het bijdragen aan een zo eenvoudig mogelijke of een zo efficiënt mogelijke vergunningverlening en handhaving.

1.3 Afbakening

In dit project 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' is gebleken dat in gesprekken over het doel van de systematiek voor lozingseisen de discussie heel snel 'in de breedte' gaat. Niet zelden belandt de discussie op vraagstukken die meer verband houden met het emissiebeleid of met het handhavingsbeleid in brede zin. Alles lijkt met alles samen te hangen. Toch is het onderwerp waarop de aanbevelingen in deze nota betrekking hebben, beperkt. Voor de duidelijkheid wordt in deze paragraaf de afbakening van het project 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' en daarmee de afbakening van deze nota dan ook nog eens nader toegelicht.

Het proces van vergunningverlening in het kader van de Wvo is tamelijk gecompliceerd. Er zal afgewogen moeten worden welke maatregelen de aanvrager zal moeten treffen om in aanmerking te kunnen komen voor een lozingsvergunning. Bij het bepalen van de vraag welke inspanning geleverd moet worden om de lozing te beperken of te beheersen, spelen overwegingen op basis van de stand der techniek een rol. Ook mogelijk aanvullende overwegingen vanuit de te beschermen zuiveringstechnische werken (bij indirecte lozingen vanuit AmvB-inrichtingen) en/of oppervlaktewater vervullen een rol. Deze nota bevat echter geen aanbevelingen die betrekking hebben op dit afwegingsproces. Hiervoor wordt verwezen naar andere CIW-nota's zoals bedrijfstakstudies, 'Emissie-Immissie' en 'Handboek Wvo-vergunningverlening'. De onderhavige nota geeft ook geen aanbevelingen m.b.t. de vraag hoe in de handhaving opgetreden moet worden bij overtredingssituaties. Deze materie is uitgebreid beschreven in de eerdergenoemde CIW-nota 'Handhaving Wvo'.

Het domein van deze nota kan als volgt worden geformuleerd:

"Het op adequate wijze vertalen van het afwegingsresultaat (of onderhandelingsresultaat) in lozingsvoorwaarden/kernvoorschriften, die in de te verlenen Wvo-vergunning kunnen worden opgenomen. De term 'adequaat' wordt in dit verband opgevat als eenduidig, zo mogelijk uniform, handhaafbaar en naleefbaar."

Het product van de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' moet worden beschouwd als een technische uitvoeringsrichtlijn met CIW-status (zoals dat in het verleden gold). Met deze uitvoeringsrichtlijn wordt het stramien aangegeven voor de communicatie tussen de aanvrager en het bevoegd gezag

(vergunningverlening én handhaving) inzake de op te nemen lozingseisen in de vergunning. Een stramen dat naar verwachting waardevol zal blijken te zijn voor zowel het bevoegd gezag als de aanvrager. Uiteraard is gemotiveerd afwijken van de gepresenteerde aanbevelingen mogelijk.

Opgemerkt dient te worden dat deze nota niet voor alle industriële bedrijven gebruikt hoeft te worden. Voor bedrijven in branches, waarvoor een CIW-bedrijfstakingstudie is verschenen, of waarvoor een AmvB geldt, zoals voor rwzi's, kan worden uitgegaan van de aanbevolen lozingseisen zoals geformuleerd voor deze situaties, mits deze lozingseisen adequaat worden geacht. In deze gevallen hoeft de voorliggende systematiek niet (helemaal) te worden doorlopen. Echter, wanneer het bevoegd gezag gemotiveerd tot de conclusie komt dat de aanbevolen lozingseisen niet adequaat zijn, dient men bij het afleiden van een nieuwe lozingseis de systematiek uit de voorliggende nota te gebruiken.

In deze nota wordt zo af en toe de term 'normering' gebruikt. Hiermee wordt echter geen relatie gelegd met de formulering van waterkwaliteitsnormen, maar wordt bedoeld: de formulering van lozingseisen voor bepaalde parameters.

1.4 Aanpak op hoofdlijnen

Binnen het project 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' is men te werk gegaan volgens een door CIW 4¹ goedgekeurd projectplan. Eerst is de huidige wijze onderzocht waarop lozingseisen tot stand komen en worden de knelpunten beschreven. Vervolgens heeft een discussie plaatsgevonden hoe deze knelpunten aangepakt konden worden en of aanbevelingen gedaan kunnen worden om het opstellen van lozingseisen in de praktijk te verbeteren. Dit heeft geleid tot de systematiek (het stappenplan), waarin alle afwegingen die een vergunningverlener moet maken bij het opstellen van een lozingseis, in kaart zijn gebracht.

In de tussentijd heeft ook statistisch onderzoek naar lozingseisen plaatsgevonden. Onderzocht is in welke mate de statistiek een bijdrage kan leveren aan de formulering van lozingseisen en welke procedure daarvoor gevolgd zou moeten worden. Dit onderzoek is de basis geweest voor het (laten) vervaardigen van de statistische software (de zgn. Lozingseis-assistent) waarmee de hoogte van de lozingseis op basis van het lozingspatroon bepaald kan worden. De systematiek voor het afleiden van lozingseisen is hiermee eigenlijk uit twee delen komen te bestaan. Het eerste deel omvat de stappen 1 t/m 7 van het 8-stappenplan. Deze stappen worden uitvoerig toegelicht in de voorliggende nota. Het tweede deel (stap 8) betreft de statistische software, waarvan een versie te downloaden is via het RIZA Steunpunt Emissies (www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/wateremissies). Uiteraard wordt in

.....
Noot

1 Toen de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' in 2001 opgericht werd, was Werkgroep 4 (Water en Milieu, CIW 4) van de Commissie Integraal Waterbeheer gedelegeerd opdrachtgever. Later is dit het Cluster Milieu van het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water (LBOW) geworden. Zie voor de samenstelling van de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' Bijlage 1.

de voorliggende nota wel op de hoofdlijnen van de statistische aspecten van lozingseisen ingegaan en zijn de beide delen onlosmakelijk met elkaar verbonden.

In het najaar van 2003 is de systematiek in de praktijk getest en ter beoordeling voorgelegd aan een aantal waterkwaliteitsbeheerders (handhavers en vergunningverleners) en aanvragers. Dit heeft geleid tot enkele aanvullende aanbevelingen voor het formuleren van lozingseisen.

Na de voorlopige vaststelling van deze nota in februari 2004 door Werkgroep 4 (Water en Milieu) van de CIW is gestart met het 'in het land' uitdragen van de systematiek (de introductie). Daartoe zijn in het voorjaar van 2004 twee introductiewerkshops georganiseerd, die drukbezocht werden. Tijdens deze introductiewerkshops hebben vergunningverleners, handhavers en aanvragers kennis kunnen maken met de systematiek (nota en software), o.a. door het uitvoeren van een case study. Gedurende deze introductiewerkshops zijn veel voorstellen gedaan voor verbetering van de systematiek, die zoveel mogelijk overgenomen zijn. Aansluitend heeft een pilot-traject plaatsgevonden, waarbij waterkwaliteitsbeheerders gevraagd werd de systematiek in de praktijk te testen. Hierdoor werd het duidelijk welke aanpassingen aan de systematiek vanuit de praktijk nog noodzakelijk waren. Bovendien kon de waterkwaliteitsbeheerder zélf rustig aan de hand van een reële vergunningssituatie uit het eigen beheersgebied kennismaken met de systematiek en eventuele wensen kenbaar maken. Deze reacties zijn verwerkt. Aldus is een eindversie van de systematiek ontstaan. Vervolgens heeft de definitieve vaststelling van de systematiek in NBW-kader plaatsgevonden.

Daar waar mogelijk heeft de projectgroep afgestemd met het CIW-project 'Standaardisatie Wvo-vergunningen'. Dit project heeft als doelstelling gehad de Wvo-vergunningverlening zo effectief en efficiënt mogelijk in te richten door middel van het ontwikkelen en implementeren van standaarden voor Wvo-vergunningen en aanvraagformulieren.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport bestaat uit een viertal hoofdstukken, waarbij de nadruk ligt op hoofdstuk 3. In dit hoofdstuk wordt namelijk de nieuwe systematiek voor het afleiden van lozingseisen gepresenteerd. Deze systematiek bestaat uit een 8-stappenplan, dat in paragraaf 3.2 in detail is beschreven. Per stap is bovendien een schema opgenomen, waarin de deelstappen zijn weergegeven. Het verdient aanbeveling om de schema's te doorlopen en de nuances in de bijbehorende tekst tot u te nemen. Bovendien is bij elke stap aan het begin kort het doel van de stap geformuleerd (dit doel is cursief gedrukt).

In hoofdstuk 2 van de voorliggende nota is beschreven hoe de huidige aanpak is voor het vaststellen van lozingseisen. In dit hoofdstuk wordt ook beschreven tegen welke knelpunten men in de praktijk aanloopt. Er is gepoogd deze knelpunten weg te nemen door middel van de nieuwe systematiek. Immers, uit deze knelpunten zijn de randvoorwaarden ontstaan, waar het afleiden van adequate lozingseisen aan moet voldoen.

In hoofdstuk 4 zijn tenslotte enkele afsluitende opmerkingen

gemaakt ten aanzien van het gebruik van de systematiek. Daarnaast zijn conclusies en aanbevelingen opgenomen.

Nota bene:

Bij het gebruik van deze systematiek voor lozingseisen dient de gebruiker zich goed te realiseren dat de statistische software geen zelfstandig product is, dat klakkeloos buiten de context van het stappenplan gebruikt mag worden. Het is namelijk gebleken dat de software dan in sommige gevallen een eigen leven gaat leiden. Er wordt ook benadrukt dat de systematiek voor lozingseisen uit 8 stappen bestaat, die met elkaar verbonden zijn (de software is een hulpmiddel). De gebruikershandleiding bij de statistische software (te vinden in Bijlage 7 van dit rapport) is een belangrijk onderdeel en dient dan ook, voorafgaand aan het gebruik van de software, gelezen te worden.

2 Probleemstelling

2.1 Huidige aanpak voor het vaststellen van lozingseisen

Over het opstellen van lozingseisen wordt in de bestaande literatuur voor waterkwaliteitsbeheerders weinig vermeld. Wel blijkt dat in de praktijk in hoofdlijnen en soms impliciet veelal de volgende aanpak wordt gevolgd:

- 1) Vastleggen van de huidige lozingssituatie door middel van het (door het bedrijf en/of de waterkwaliteitsbeheerder) meten, bemonsteren en analyseren van verschillende (voor het emissiebeheer) relevante parameters in het afvalwater van het desbetreffende bedrijf;
- 2) Vaststellen van de effluentconcentraties aan de hand van een beschrijving van de stand der techniek voor de betreffende verontreiniging(en). Wanneer er een verschil is tussen 1) en 2) worden saneringsmaatregelen of een saneringsonderzoek voorgeschreven;
- 3) Vaststellen van de invloed van de effluentconcentratie en effluentvracht op de ontvangende zuiveringstechnische werken en/of het ontvangende oppervlaktewater; bij een significant negatieve invloed zou dit kunnen leiden tot aanvullende maatregelen boven de stand der techniek;
- 4) Vaststellen van andere factoren die de formulering van lozingseisen nog kunnen beïnvloeden (o.a. procesfluctuaties, seizoensvariaties, lozingsduur, analysefouten, detectiegrenzen van bepaalde parameters, etc.);
- 5) Definitieve formulering van lozingseisen voor een parameter.

Binnen het project is de huidige praktijk besproken. Uit discussie bleek dat er op dit moment landelijk gezien allerm minst sprake is van een duidelijk beschreven aanpak voor met name stap 4 en 5. In de volgende paragraaf worden de tekortkomingen/knelpunten van de huidige aanpak voor het vaststellen van lozingseisen beschreven. De analyse van de knelpunten is vervolgens gebruikt voor het opstellen van een set randvoorwaarden voor een nieuwe systematiek.

2.2 Knelpunten in de huidige praktijk

De knelpunten kunnen worden onderverdeeld in:

- Knelpunten op het gebied van de bruikbaarheid van de huidige methode;
- Knelpunten die ontstaan bij procesinherente schommelingen in het lozingspatroon;
- Knelpunten als gevolg van verschillen in inzicht en aanpak binnen het bevoegd gezag;
- Knelpunten als gevolg van onvolledige communicatie tussen bevoegd gezag en aanvrager.

2.2.1 Knelpunten op het gebied van de bruikbaarheid van de huidige methode

De afwegingen die in de stappen uit de bovengenoemde methode gemaakt worden, blijken in de praktijk vaak impliciet plaats te vinden. Het afwegingskader voor met name de stappen 4 en 5 uit paragraaf 2.1 is niet eenduidig beschreven. Elke waterkwaliteitsbeheerder (én vergunningverlener) volgt als het ware (deels) zijn eigen weg. Hierdoor is geen sprake van uniformiteit in de afwegingen en kan het voorkomen dat lozingseisen op verschillende wijzen geformuleerd worden, terwijl het om vergelijkbare situaties gaat.

Het besef dat waterkwaliteitsbeheerders op verschillende wijzen met de formulering van lozingseisen omgaan, leidt bij het bedrijfsleven tot de roep om uniformering. Ook is de huidige methode niet volledig. Een aantal belangrijke afwegingen worden namelijk niet genoemd, zoals 'wanneer worden somparameters of individuele parameters gebruikt?' en 'wanneer zijn momentane en/of vrachteisen van belang?'. Naast het gebrek aan uniformiteit en volledigheid, is er ook sprake van een gebrek aan eenduidigheid. Er worden in de praktijk namelijk verschillende definities voor bijvoorbeeld de bemonstering en de berekeningswijze voor lozingseisen gehanteerd. Ook is er soms verwarring over de eisen (met betrekking tot bemonstering, meting en berekening) die gesteld worden in het kader van de lozingsvergunning en over de eisen die worden gesteld in het kader van de verontreinigingsheffing.

2.2.2 Knelpunten die ontstaan bij procesinherente schommelingen in het lozingspatroon

Ondanks een goede beheersing van procesactiviteiten (dus bij een normale beheerste procesvoering) blijkt in de huidige praktijk een groot aantal bedrijven de lozingseisen regelmatig te overschrijden. Procesinherente fluctuaties blijken onvermijdelijk, maar zijn kennelijk moeilijk om mee om te gaan bij de formulering van lozingseisen. Het gevolg hiervan is weer dat de naleefbaarheid van de lozingseisen in het gedrang komt, alsmede de handhaafbaarheid. De industrie heeft daarom ernstige bezwaren tegen concentratie-eisen die (te) streng zijn en pleit daarom voor reële concentratie-eisen en vrachteisen voor milieurelevante parameters.

2.2.3 Knelpunten als gevolg van verschillen in inzicht en aanpak binnen het bevoegd gezag

Er is in zekere zin sprake van een spanningveld tussen vergunningverleners en handhavers. Vergunningverleners stellen op basis van hun expertise lozingseisen op, maar houden daarbij soms onvoldoende rekening met de naleefbaarheid van deze eisen en de gevolgen die dat heeft voor de handhavers. Ze normeren bijvoorbeeld ook minder relevante parameters of stellen te strenge eisen, waardoor procesinherente schommelingen leiden tot overschrijding van de lozingseisen. In principe moet door de handhaver in een dergelijke situatie een proces-verbaal worden opgemaakt en een bestuurlijke reactie worden gegeven op de overtreding.

Dit laatste is het gevolg van het nieuwe handhavingsbeleid dat is vastgelegd in de CIW-nota 'Handhaving Wvo'. De nota maakt geen onderscheid in kleine overschrijdingen van lozingseisen of meer ernstige overschrijdingen. De nota introduceert het begrip kernbepaling en gaat er van uit dat lozingseisen een kernbepaling in de vergunning vormen. Tegen het overtreden van een kernbepaling wordt in principe strafrechtelijk en bestuursrechtelijk opgetreden. Dit heeft als consequentie dat lozingseisen dusdanig geformuleerd moeten worden dat ze eenduidig, naleefbaar en handhaafbaar zijn. Bij het constateren van een overtreding wordt voor het bestuursrechtelijk spoor overigens eerst nagegaan of de situatie legaliseerbaar is. Dit kan onder meer het geval zijn als blijkt dat de vergunning lozingseisen bevat die naar huidige inzichten te streng gesteld zijn. De legalisatietoets kan dan leiden tot aanpassing van de vergunning (eventueel voorafgegaan door een tijdelijke gedoogbeschikking). De legalisatietoets heeft in beginsel geen invloed op het strafrechtelijk spoor. Voor de situaties waar legalisatie aan de orde is moeten dus heldere afspraken gemaakt worden tussen bestuur en Openbaar Ministerie.

Hoewel oplossingen dus mogelijk zijn, geeft deze route veel werk en irritatie. Daarom moet gestreefd worden naar dusdanige lozingseisen in vergunningen dat legalisatie achteraf zelden nodig is. In de CIW-nota 'Handhaving Wvo' wordt het beleid voor samenwerking tussen vergunningverleners en handhavers vastgelegd. Een belangrijk aspect in dit traject is dat de vergunningvoorschriften, waaronder de lozingseisen, door vergunningverlener en handhaver gezamenlijk vertaald kunnen worden in een toezichtsplan. In de praktijk gebeurt dit voornamelijk voor de grote lozers/bedrijven. Wanneer dat al plaatsvindt in de fase van een ontwerp-vergunning, ontstaat vroegtijdig inzicht in de consequenties van de voorgestelde lozingseisen voor de wijze waarop het toezicht wordt ingevuld en de handhaving. De waterkwaliteitsbeheerders streven naar een zo efficiënt mogelijke inspanning door alleen dat te normeren wat relevant is vanuit de bescherming van het oppervlaktewater, de zuiveringstechnische werken. Ook voor de aanvrager is het verhelderend wanneer, bij voorkeur in de fase van de conceptbeschikking, met behulp van een toezichtsplan de consequenties van de voorgestelde lozingseisen duidelijk gemaakt worden. Eén en ander zal bijdragen aan een betere onderlinge communicatie.

2.2.4 Knelpunten als gevolg van onvolledige communicatie tussen bevoegd gezag en aanvrager

Voorafgaand aan een vergunningaanvraag vindt in de huidige situatie overleg plaats over de inhoud van de aanvraag met het oog op de benodigde gegevens om een aanvraag in behandeling te kunnen nemen en de lozingseisen die opgenomen zullen worden in de beschikking. Tijdens dit vooroverleg tussen de vergunningaanvrager en het bevoegde gezag hebben aanvragers momenteel het gevoel dat er onnodig veel eisen opgelegd gaan worden. Dit komt doordat discussie over de herkomst en de achtergrond van eisen voor de te normeren stoffen vaak niet plaatsvindt. De discussie waaróm lozingseisen voor een bepaalde stof opgenomen worden en hoe de formulering van lozingseisen dan tot stand komt, vindt in een aantal gevallen niet of onvoldoende plaats. Het is daarom belangrijk om in het achterhoofd te houden waaróm

lozingseisen opgenomen worden in de vergunning en dit inzichtelijk en bespreekbaar te maken. In artikel 7, lid 5 Wvo jo art. 8.12 Wm is sprake van doelvoorschriften. In zijn algemeenheid heeft een lozingseis, als doelvoorschrift, het doel om de kwaliteit van het oppervlaktewater (inclusief de waterbodem), en/of bij indirecte lozingen de goede werking van zuiveringstechnische werken (inclusief de kwaliteit van het zuiveringsslib) te beschermen. Daarbij heeft het ook indirect als doel de borging van een goede procesbewaking in het productieproces (en de eventuele (bedrijfs)-afvalwaterzuiveringsinstallatie) bij de vergunninghouder. Deze verschillende doelen beïnvloeden de wijze waarop parameters genormeerd dienen te worden. Men zal in de praktijk veelal met een lozingseis meerdere doelen nastreven.

Een andere knelpunt als gevolg van onvolledige communicatie tussen bevoegd gezag en aanvrager heeft te maken met het feit dat aanvragers soms ook te strenge lozingseisen aanvragen. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk tweeledig. Ten eerste wil zowel de vergunningverlener als de aanvrager aantonen dat de milieubelasting tot een absoluut minimum wordt beperkt. Ten tweede loopt het traject van vergunningverlening veelal ver vooruit op het traject van detailontwerp van installaties. Daardoor zijn uitgewerkte gegevens van een project soms pas later beschikbaar dan het tijdstip dat een aanvraag moet worden ingediend. Hierdoor worden in een vergunningaanvraag soms verwachtingswaarden opgenomen die te optimistisch zijn. Vergunningverleners verlenen dan vaak liever een te strenge lozingseis dan veiligheidshalve een ruimere lozingseis; een vergunningverlener heeft immers geen vrijheid om een ruimere lozingseis op te nemen dan vermeld staat in de aanvraag. Uiteraard zijn er ook situaties waarin aanvragers een (te) ruime lozingseis aanvragen.

Soms wordt bij revisievergunningen ten behoeve van de nieuwe formulering van lozingseisen van bestaande lozingen zowel door de vergunningaanvrager als de vergunningverlener uitgegaan van de resultaten van een zeer beperkt aantal metingen of wordt de formulering van lozingseisen gebaseerd op uitsluitend de laagste meetresultaten met de redenering dat het voor de vergunningaanvrager blijkbaar mogelijk is om daar aan te kunnen voldoen. Overleg over de oorzaken van fluctuaties, statistische analyse van de meetresultaten en de noodzaak van de strikte formulering van lozingseisen vindt daarbij veelal niet plaats.

2.3 Randvoorwaarden voor (toekomstige) lozingseisen

Uit de voorgaande tekst blijkt duidelijk dat er behoefte is aan een set aanbevelingen, een systematiek t.a.v. de formulering van lozingseisen. Maar aan welke randvoorwaarden dient een dergelijke systematiek te voldoen en welke eisen worden aan de formulering van lozingseisen gesteld?

- de systematiek moet helder, reproduceerbaar en gemakkelijk toepasbaar zijn;
- de systematiek moet leiden tot een zo eenvoudig en efficiënt mogelijke regulering van emissies middels vergunningverlening én handhaving;
- de systematiek moet niet alleen toepasbaar en transparant zijn voor ervaren gebruikers maar ook voor relatief onervaren gebruikers;

- de systematiek moet in algemene vorm toepasbaar zijn voor minimaal 80% van de Wvo-vergunningen; voor specifieke situaties gelden daarnaast uitzonderingsbepalingen en/of specifieke aanbevelingen;
- de systematiek mag niet leiden tot normopvulling (maar zal wellicht wel leiden tot ruimere formulering van lozingseisen, die aan de andere kant naar verwachting minder vaak zullen worden overtreden);
- de toepassing van de systematiek moet leiden tot lozingseisen die eenduidig, zo mogelijk uniform, handhaafbaar en naleefbaar zijn.

De geldende definities voor de hierboven genoemde termen met betrekking tot formulering van lozingseisen zijn:

- Formulering van lozingseisen is eenduidig als voor een bedrijf en bevoegd gezag duidelijk is welke grens is gesteld aan welke stof of stofgroep en dit niet voor tweëerlei uitleg vatbaar is.
- Formulering van lozingseisen is uniform als de vergunning verlenner uit de ene regio voor vergelijkbaar ontvangend oppervlaktewater voor een vergelijkbaar bedrijf met een vergelijkbare (bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie dezelfde stoffen op dezelfde wijze begrenst als in een andere regio.
- Formulering van lozingseisen is handhaafbaar als overschrijding van de norm betekent dat er een grens is overschreden en een handhavingstraject kan worden gestart. Het gaat hierbij om het eenvoudig objectief controleren of er een overtreding is.
- Formulering van lozingseisen is naleefbaar als de lozing niet leidt tot overschrijding van de norm indien de vergunninghouder geheel conform de aanvraag en de eventuele aanvullende voorschriften in de vergunning werkt, bij normaal beheerste procesvoering en omstandigheden, inclusief de toelaatbare procesgerelateerde en voorzienbare fluctuaties in de lozing.

2.4 Toekomstige ontwikkelingen

Bij het vormgeven van deze nota is nagegaan of en hoe rekening gehouden zou moeten worden met ontwikkelingen die in de toekomst een rol kunnen gaan spelen. Te denken valt hierbij in de eerste plaats aan de EU-Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG), die op 22 december 2000 van kracht geworden is. Het is te verwachten dat de waterkwaliteitsdoelstellingen als gevolg van de Kaderrichtlijn Water (KRW) veranderen, die weer van invloed kunnen zijn op de immissietoets (zie stap 4 in deze nota). Dit betekent dat de KRW geen directe consequenties heeft voor deze nota, omdat hooguit de waarden, waaraan getoetst wordt, veranderen. Desalniettemin is het verstandig hier nu reeds op te wijzen.

Een andere ontwikkeling die in dit kader genoemd moet worden, is Totaal-effluentbeoordeling, vaak afgekort tot TEB. Met TEB wordt met behulp van effectgerichte parameters beter inzicht verkregen in de gecombineerde werking van bekende en onbekende waterbezwaarlijke stoffen in een effluent. TEB is qua methodieken

bijna uitontwikkeld, maar het beleidsmatige kader is nog niet vastgesteld. In de toekomst zou TEB daarom een rol kunnen gaan spelen in stap 1, 2 en 3 van deze nota.

Een derde aspect dat hier genoemd dient te worden, is de vermindering van de administratieve lastendruk (Kabinetbesluit van 4 juli 2003) op basis van het Hoofdlijnenakkoord (het regeerakkoord Balkenende II). Ieder departement dient voor haar eigen domein maatregelen voor reductie van de administratieve lasten (tot 25-35%) te treffen. De voorliggende nota poogt aan deze doelstelling bij te dragen met haar heldere en consequente (afwegings)systematiek.

3 (Nieuwe) systematiek voor het vaststellen van lozingseisen

3.1 Inleiding

In dit project heeft men de tekortkomingen van de huidige aanpak (zie het vorige hoofdstuk) willen opheffen of verminderen door alle relevante afwegingen in kaart te brengen die een vergunningverlener moet maken om tot lozingseisen te komen. De lozingseisen voldoen vervolgens aan de eerdergenoemde vier criteria (eenduidig, zo mogelijk uniform, handhaafbaar en naleefbaar). De huidige werkwijze zoals geschetst in paragraaf 2.1 heeft daartoe als basis gediend. De afwegingen zijn uitgebreid beschreven in paragraaf 3.2. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de formulering van de stappen 5 t/m 8 als de belangrijkste taak van de projectgroep worden gezien; de stappen 1 t/m 4 worden daarom alleen kort gememoreerd. In de praktijk blijkt echter dat de stappen 1 t/m 4 veel tijd vergen.

De nieuwe systematiek is opgebouwd uit acht stappen:

- 0) Uitvoeren van een quick scan in het vooroverleg over de concept-aanvraag;
- 1) Vaststellen van de te lozen parameters in de vergunningaanvraag;
- 2) Vaststellen van de stand der techniek voor het (productie)proces van de lozer en/of de (bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie en de effluentwaarden die daarbij horen;
- 3) Vergelijken van de effluentwaarden met het lozingspatroon;
- 4) Vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende zuiveringstechnische werken en/of het ontvangende oppervlaktewater; bij een significant negatieve invloed zou dit kunnen leiden tot aanvullende maatregelen voor sommige stoffen (of parameters) bovenop de stand der techniek (stap 4 leidt tot een lijst van relevante parameters die de basis vormt voor de formulering van lozingseisen);
- 5) Kritische beschouwing van het aantal parameters waarvoor lozingseisen worden afgeleid. Soms is dit mogelijk door vaste verhoudingen tussen stoffen en/of parameters te hanteren, soms is dit ook mogelijk door te kiezen voor stofgroepen en som- en groepsparameters;
- 6) Vaststellen van (fluctuaties in) het lozingspatroon per parameter of stof(groep), zodat gekomen kan worden tot lozingsgegevens behorend bij een normale beheerste procesvoering;
- 7) Vaststellen van het type lozingseis, in relatie tot het doel van de formulering van lozingseisen en het type bedrijf;
- 8) Vaststellen van de hoogte van de lozingseis, waar mogelijk middels statistische software;

In de onderstaande tekst worden deze stappen beschreven en schematisch weergegeven. In Bijlage 2 is ook een totaaloverzicht van alle stappen te vinden. Bij het lezen van de stappen is het belangrijk dat men zich realiseert dat deze systematiek geen 'kookboek' is waarmee de formulering van lozingseisen op

standaardwijze plaats kan vinden. Alleen het denkkader wordt hier weergegeven. De formulering blijft een proces op maat, waarbij inzichten en afwegingen per situatie verschillend zijn. Het verdient daarom aanbeveling om alle overwegingen die in het proces een rol gespeeld hebben in bespreekverslagen vast te leggen.

Zoals in paragraaf 1.3 (Afbakening) al is vermeld dient men zich te realiseren dat de CIW-bedrijfstakstudies voor bepaalde branches en AmvB's (zoals voor rwzi's) aanbevolen lozingseisen hanteren, waarmee het bevoegd gezag rekening dient te houden. Deze kunnen worden overgenomen, indien het bevoegd gezag daarmee instemt. Pas als er gegronde redenen zijn voor het hanteren van andere lozingseisen, dient deze nota te worden gebruikt. De nadruk komt in een dergelijk geval te liggen op stap 5 en verder.

3.2 De systematiek per stap in detail

3.2.0 Stap 0: Uitvoeren van een quick scan in het vooroverleg

In de quick scan worden de stappen 1 t/m 8 in korte tijd doorlopen, zodat duidelijk wordt welke gegevens bekend zijn of zelfs ontbreken. Tijdens het vooroverleg tussen bevoegd gezag en aanvrager wordt de quick scan uitgevoerd.

De allereerste stap is het uitvoeren van een quick scan naar aanleiding van een concept-aanvraag. De resultaten van de quick scan worden besproken in het vooroverleg. In het vooroverleg moet de vergunningverlener aan de lozer duidelijk kunnen maken welke (parameter)gegevens en hoeveel informatie nodig is om de stand der techniek te kunnen beoordelen, om tot een ontvankelijke aanvraag te komen en om zo tot het formuleren van lozingseisen over te kunnen gaan. In de Wvo staat dat er niets geloofd mag worden tenzij daar een vergunning voor is. Dit betekent strikt genomen dat alle stoffen die in het afvalwater kunnen voorkomen in de aanvraag moeten worden opgenomen. Tijdens het vooroverleg dienen de drie doelen voor het formuleren van lozingseisen in het achterhoofd te worden gehouden, te weten:

- bescherming van de kwaliteit van het oppervlaktewater;
- bescherming van de goede werking van zuiveringstechnische werken bij indirecte lozingen;
- borging van procesbewaking in de productieprocessen/zuiveringsprocessen van de vergunninghouder.

Door een quick scan (van de kwantitatieve en kwalitatieve gegevens in de concept-aanvraag) uit te voeren met het totale schema kan worden aangegeven waar zich met betrekking tot de te verstrekken gegevens problemen kunnen voordoen in de procedure om te komen tot definitieve lozingseisen. Aanvrager en vergunningverlener voeren deze quick scan gezamenlijk uit. Als bijvoorbeeld cijfers van bepaalde parameters ontbreken, of maatregelen of voorzieningen nog niet zijn doorgevoerd (discussie over de stand der techniek), dan kan de aanvrager actie ondernemen om er voor te zorgen dat er op het moment van het indienen van de definitieve aanvraag (en van het starten met stap 1 van de systematiek) wél voldoende gegevens zijn.

Uiteraard vindt in deze stap 0 al een eerste toetsing van de benodigde gegevens voor stap 8 (de statistische software) plaats. Maar ook het statistische programma stelt bepaalde eisen aan de invoer van de lozingsgegevens; anders kan er namelijk geen goed verantwoorde, aan de realiteit van de praktijk gerelateerde, lozingseis worden afgeleid. Als niet aan de invoereisen van het programma wordt voldaan, volgt een melding dat er geen lozingseis kan worden afgeleid. Dit zal gebeuren in de volgende gevallen:

- (1) de meetreeks bevat minder dan 15 meetwaarden;
- (2) de meetreeks is vrijwel constant qua meetwaarde (de reeks bevat minder dan vijf verschillende meetwaarden);
- (3) alle meetwaarden liggen onder de rapportagegrens;
- (4) de meetreeks vertoont een duidelijke trend (zie hiervoor een toelichting in stap 8).

Indien men er in stap 8 achterkomt (en dus al voorziet bij de quick scan in de huidige stap 0) dat de bovenstaande gevallen van toepassing zijn op de lozing waarvoor lozingseisen afgeleid moeten worden, dient men uit te wijken naar het bepalen van de hoogte op basis van expert judgement. Met name de kennis van het productieproces en de ontwikkelingen in het bedrijf ten aanzien van dat proces (en de productie zelf) gaan dan een rol spelen. In stap 8 wordt hier nader op ingegaan. Er bestaat ook een mogelijkheid om 'voorlopige lozingseisen' af te leiden, waarbij een meet-, bemonsterings- en analyseverplichting tot de gewenste lozingsgegevens moet leiden. Voor nieuwe unieke bedrijven, waar nog weinig kennis aanwezig is over de productieprocessen en bijbehorende lozingen, kan deze mogelijkheid oplossing bieden. Ook in het geval dat sprake is van uitbreiding van de productiecapaciteit kan een tijdelijke Wvo-vergunning afgegeven worden. Een onderzoeksverplichting gedurende een bepaalde afgesproken periode is dan noodzakelijk, omdat daarmee de vereiste set lozingsgegevens opgebouwd wordt die nodig is om definitieve lozingseisen te formuleren. Vanzelfsprekend is deze tijdelijke vergunning geen vrijbrief voor allerlei lozingen met nadelige effecten voor het oppervlaktewater. Er wordt ook dan wel degelijk uitgegaan van een begrensde situatie.

3.2.1 Stap 1: Vaststellen van de te lozen parameters in de vergunningaanvraag

Het doel van de eerste stap is het vastleggen van de bestaande lozingssituatie, die naast de stand der techniek (stap 2) gelegd moet worden. Het resultaat van stap 1 is een overzicht van de te lozen parameters, inclusief de bijbehorende gegevens van de gedefinieerde hoofd- of deelstroom.

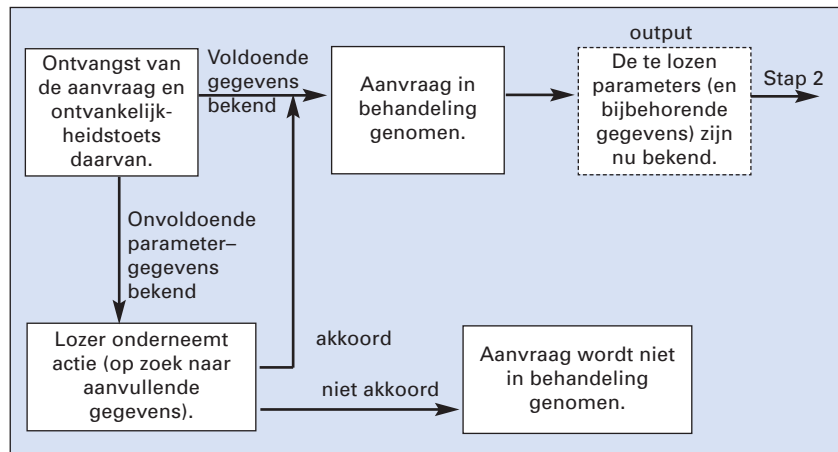
De aanvraag voor een Wvo-vergunning vormt de basis voor de uiteindelijke lozingseisen. Hierin dient onder andere² "een karakterisering naar aard, samenstelling, eigenschappen, hoeveelheid en herkomst van de afvalstoffen, verontreinigende of schadelijke stoffen" te worden gegeven, met (onder meer) als doel om lozingseisen te kunnen afleiden.

.....
Noot

² Uitvoeringsbesluit Verontreiniging Rijkswateren (UVR), art. 7 lid 1.c., Modelaanvraagverordening van de Unie van Waterschappen

Figuur 1

Stap 1 - het vaststellen van de te lozen parameters.



Met de gegevens uit de aanvraag kan de vergunningverlener bepalen welke parameters hij in de vergunning wil opnemen en of hij voldoende gegevens van de lozer heeft verkregen, als onderdeel van de ontvankelijkheidstoets.

Reminder

Het UVR of de aanvraagverordening bepaalt welke gegevens de lozer moet overleggen bij een vergunningaanvraag. Het bevoegd gezag moet op grond van art 3:2 Awb voldoende zorgvuldigheid betrachten bij de besluitvorming over de vergunningaanvraag. De afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State heeft in de uitspraak inzake Broomchemie bepaald (ABRvS 200200255 en 200200259) dat in het geval dat voldoende inzicht in eigenschappen van chemische stoffen ontbreekt en er gegronnd vermoeden is van schadelijkheid van te lozen stoffen het achterwege laten van nader onderzoek naar de ontbrekende gegevens over stofeigenschappen in strijd is met artikel 3:2 Awb. De vergunningverlener dient de toereikendheid van de informatie in zijn besluit te motiveren.

Als gegevens ontbreken zal de vergunningverlener eerst (op grond van het UVR of de aanvraagverordening, maar ook op grond van 3:18 Awb) verzoeken om nadere gegevens te overleggen. Bij zo'n verzoek wordt de beslissing op de aanvraag aangehouden (er wordt dus nog niet beslist op de aanvraag). Als gegevens alsnog geleverd worden blijft niet-ontvankelijkheid achterwege en kan de procedure vervolgd worden. Het is goed in dit geval te kijken naar de beslistermijn die de Awb geeft (binnen 8 weken na ontvangst van de aanvraag). Als de gegevens ontoereikend blijven, wordt de aanvraag niet behandeld.

Afhankelijk van de bedrijfssituatie kunnen lozingsvoorschriften worden gesteld aan (aparte) deelstromen en (na samenvoeging van de deelstromen) aan hoofdstromen. Een logische combinatie daarvan is ook mogelijk. Volgens het CIW-Handboek 'Wvo-vergunningverlening' verdient het aanbeveling zoveel als (praktisch) mogelijk is, eisen te stellen aan de afzonderlijke deelstromen. Met name is dit relevant voor situaties waarbij sprake is van bijvoorbeeld de volgende omstandigheden:

- de aanwezigheid van zwartelijststoffen in een bepaalde deelstroom;

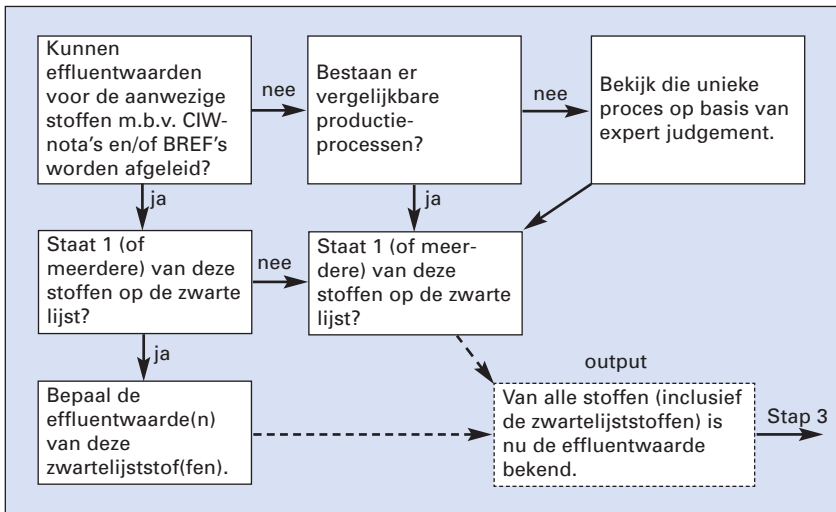
- lozingen via het werk van een ander (al dan niet wijzigend rechts-persoon, zoals bijvoorbeeld op een bedrijventerrein);
 - borgen van stand der techniek voor een specifieke deelstroom.
- De keuze tussen hoofd- of deelstroom is de keuze voor de plek waar de lozingseis optimaal resultaat heeft. Om de bepaling van de parameter mogelijk te maken, kan het nodig zijn om dat zo dicht mogelijk bij de bron te doen. In bepaalde gevallen kan men dus op een deelstroom formuleren van lozingseisen, zoals ook in enkele EU-richtlijnen wordt aanbevolen.
- Anderzijds kan het nuttig zijn om te kiezen voor de hoofdstroom, omdat dan tevens eventuele 'diffuse' bronnen worden meebepaald. Vanwege de eenvoud hebben bedrijven de voorkeur voor formulering van lozingseisen van de hoofdstroom. In veel gevallen kan hieraan tegemoet worden gekomen, vanwege (kosten)efficiency.

3.2.2 Stap 2: Vaststellen van de stand der techniek voor (productie)proces of eindzuivering met bijbehorende effluentwaarden

Het verkrijgen van informatie over de stand der techniek met de bijbehorende effluentwaarden is het doel van deze tweede stap. Die informatie is verkregen uit allerlei documenten of via expert judgement. Hierbij is rekening gehouden met zwartelijststoffen, omdat deze een aparte categorie stoffen vormen.

In deze stap wordt de stand der techniek (StdT) vastgesteld voor het productieproces van de lozer of de afvalwaterbehandeling, op basis van emissiegrenswaarden van zwartelijststoffen, CIW-bedrijfstakingstudies, BREF-documenten of expert judgement. Voorts wordt de bijbehorende effluentwaarde (concentratie of vracht) bepaald, die vanuit die stand der techniek haalbaar wordt geacht.

Figuur 2
Stap 2 – het vaststellen van de stand der techniek en de bijbehorende effluentwaarden.



Stap 2.1 Kunnen effluentwaarden (concentraties en vrachten) voor de aanwezige stoffen met behulp van CIW-nota's en/of BREF's worden afgeleid?

In het Nederlandse milieubeleid dient rekening te worden gehouden met twee 'typen' richtlijnen:

- CIW-richtlijnen (door de Commissie Integraal Waterbeheer);
- BREF's (door de Integrated Prevention and Pollution Control, IPPC).

Om te kunnen werken binnen de IPPC-richtlijn heeft de Nederlandse overheid er voor gekozen om de BREF's (BAT Reference Documents) zoveel mogelijk in bestaande richtlijnen te implementeren: voor lucht in de NeR (Nederlandse emissierichtlijn) en voor water in de CIW-richtlijnen.

Voor waterkwaliteitsbeheerders spelen de CIW-richtlijnen (de CIW/CUWVO-bedrijfstakingstudies) een grote rol bij de beoordeling van de stand der techniek van installaties. Dit zijn namelijk richtlijnen voor sanering volgens de best bestaande techniek (bbt) en de best uitvoerbare techniek (but), waarin ook aanbevolen lozingseisen voor emissies naar water zijn opgenomen. De CIW-richtlijnen zijn bij de Wvo-vergunningverlening voor een bepaalde bedrijfstak richtinggevend. Dit betekent dat het bevoegd gezag rekening dient te houden met deze CIW-richtlijnen en afwijken volgens vaste jurisprudentie goed moet worden gemotiveerd.

Wanneer het productieproces (en goodhousekeeping) is beschreven in een BAT (Best Available Technique) Reference Document (BREF) heeft de vergunningverlener veel informatie beschikbaar over de stoffen en de voorzieningen en maatregelen die getroffen kunnen worden. BREF's zijn geschreven in het kader van de IPPC-richtlijn 96/61/EC. Vanaf oktober 1999 moeten nieuwe installaties voldoen aan deze richtlijn en vanaf oktober 2007 moeten ook bestaande installaties hieraan voldoen.

BREF's beschrijven technieken (en middelen) en geven veelal een range aan welke mate van milieubescherming normaliter met deze technieken behaald kan worden. De daarvoor in de BREF's opgenomen concentratieranges dienen te worden beschouwd als richtinggevend doch niet als emissiegrenswaarden. In voorkomende gevallen kan hier gemotiveerd van worden afgeweken. Verder geldt dat niet beschreven technieken die tot een zelfde doel (effluentconcentratie) leiden ook als BAT kunnen worden beschouwd. Van belang is dat de maatregelen, die zijn opgenomen in een BREF, door vergunningverleners integraal worden afgewogen en dat ze kosteneffectief³ zijn. Hierbij moet de vergunningverlener ook rekening houden met specifieke lokale omstandigheden.

Naast CIW-nota's en BREF's bevatten bijvoorbeeld AmvB's, Nederland-BAT's en oplegnotities een bron van informatie. Het verdient verder aanbeveling om in deze stap 2.1 rekening te houden met huidige en toekomstige ontwikkelingen en concepten die in het kader van afvalwaterlozingen en bedrijfstakingstudies te verwachten zijn.

De vergunningverlener zal moeten beoordelen of het productieproces, inclusief de maatregelen en de voorzieningen om de lozing te beperken (door preventie, hergebruik en/of afvalwaterbehandeling/zuivering) voldoet aan de stand der techniek. Er zijn twee beoordelingsmogelijkheden te onderscheiden, waarbij de hoeveelheid informatie die de vergunningverlener over de stand der techniek tot zijn beschikking heeft, afneemt. De vergunningverlener vergelijkt de maatregelen en voorzieningen met behulp van:

.....
Noot

³ Voor zwartelijststoffen hoeven maatregelen niet kosteneffectief te zijn.

-
- Overeenkomstige productieprocessen zonder BREF of CIW-richtlijn (stap 2.3);
 - Expert judgement van een bestaand of nieuw uniek proces (stap 2.4).

Maar eerst dient aandacht te worden besteed aan mogelijk aanwezige zwartelijststoffen.

Stap 2.2 Staat één of meerdere van de stoffen op de zwarte lijst?

De zwartelijststoffen vormen een aparte categorie stoffen, waarom men continu alert dient te zijn. Wanneer een aanvraag door de waterkwaliteitsbeheerder in behandeling wordt genomen, zal dan ook eerst moeten worden gecontroleerd of in het afvalwater zwartelijststoffen aanwezig zijn. Feitelijk moet reeds in de quick scan (het vooroverleg) zijn opgevallen dat het om zwartelijststoffen gaat. Voor zeventien van deze zwartelijststoffen zijn emissiegrenswaarden voor het te lozen afvalwater vastgesteld in zogenaamde 'dochterrichtlijnen' van richtlijn 76/464. Het betreft hier stoffen, zoals kwik, cadmium, tetrachloorkoolstof, etc. Ondanks de nieuwe EU-Kaderrichtlijn Water blijft het regime rond de zwartelijststoffen nog tot 2013 van kracht. De kwaliteitsdoelstellingen en emissiebeheersmaatregelen voor de in de Kaderrichtlijn Water genoemde prioritairere stoffen zullen op gemeenschapsniveau worden vastgesteld. Dit zal vervolgens leiden tot aanpassing of vervanging van Nederlandse ministeriële regelingen waarin emissiegrenswaarden zijn vastgesteld, zoals we die nu kennen voor de zeventien zwartelijststoffen. De huidige emissiegrenswaarden per bedrijfstak of per stof zijn uitgedrukt in een maximum vracht per hoeveelheid product (bijvoorbeeld g/ton) en/of een maximumconcentratie in het afvalwater (mg/l), veelal uitgedrukt als maandgemiddelde. De wijze van formulering van de eisen dient overeen te komen met de in de ministeriële regelingen gekozen formulering. Dit betekent dat de gemiddelde maandconcentraties en gemiddelde maandvrachten uitgangspunt horen te zijn bij het formuleren van lozingseisen. Het is uiteraard mogelijk de vrachteisen om te rekenen, c.q. te vertalen naar concentratie- en debietseisen. Afwijken van het format mag dus, maar de vergunningverlener moet aantonen dat de eis nog wel voldoet aan de besluiten. Overigens zijn de bovengenoemde emissiegrenswaarden voor de zeventien zwartelijststoffen afgeleid van de stand der techniek voor de beschreven bedrijfstakken. De emissiegrenswaarde legt de stand der techniek dus voor een specifieke stof vast, die in de bewuste bedrijfstak vrijkomt.

Stap 2.3 Bestaan er vergelijkbare productieprocessen?

Niet alle processen en installaties zijn beschreven in een BREF- of CIW-richtlijn. Voor processen die niet uniek zijn (en bestaan binnen Nederland, binnen of buiten de EU) dient de aanvrager voldoende informatie over dat proces aan te reiken, die door de vergunningverlener beoordeeld wordt. Bij processen die alleen in het buitenland voorkomen is het verkrijgen van informatie lastig. De vergunningverlener kan in een dergelijk geval in het vooroverleg al aan het bedrijf vragen welke voorzieningen normaliter worden getroffen in de bedrijfstak om zo gericht aan informatie te komen. Soms kan informatie worden verkregen van een branche-organisatie (met name van bench-markstudies) of van het RIZA. Soms zijn er, in een ander kader, bedrijfstakstudies gedaan. Ook dan kunnen effluentwaarden bepaald worden. Het is in elk geval zó, dat de aanvrager verantwoordelijk is voor de benodigde informatie. Daarbij

dient altijd in de gaten gehouden te worden of er nieuwe ontwikkelingen zijn geweest ten opzichte van de bedrijfssituatie waarmee je vergelijkt.

Stap 2.4 Expert judgement van een uniek proces

Bij een bestaand uniek proces kan op basis van de stofintrinsicke eigenschappen⁴ van de grond-, hulpstoffen, tussen- en eindproducten, die in het te lozen afvalwater aanwezig kunnen zijn, en op basis van de bestaande lozingsgegevens, een beoordeling gemaakt worden van de voorzieningen en maatregelen die getroffen dienen te worden om te voldoen aan de "stand der techniek". Het betreft hier dus bijvoorbeeld de aanvraag voor een revisievergunning voor een bestaand bedrijf.

Bij de aanvraag voor een vergunning voor een geheel nieuw proces (dat nog niet eerder en elders is toegepast) zijn geen lozingscijfers bekend. Deze dienen dan zo goed mogelijk te worden ingeschat. Op basis van de gebruikte grond- en hulpstoffen en de chemische (evenwichts)reacties kan een bedrijf bijvoorbeeld aangeven wat de gehalten en vrachten van een lozing naar verwachting zullen zijn. Op basis van stofintrinsicke eigenschappen van de belangrijkste grondstoffen kan een beoordeling gemaakt worden van de voorzieningen en maatregelen die getroffen dienen te worden. Ook kunnen - indien van toepassing - gegevens uit de milieu effectrapportage (mer) verkregen worden. In de praktijk kan het echter lastig zijn om goede gegevens te genereren. Bij twijfel zou het bedrijf de cijfers moeten onderbouwen aan de hand van laboratorium- of pilotproeven. Uiteindelijk dient op basis van deze gegevens een inschatting gemaakt te worden van de effluentwaarden, behorend bij dát productieproces.

3.2.3 Stap 3: Vergelijken van effluentwaarden met het lozingspatroon

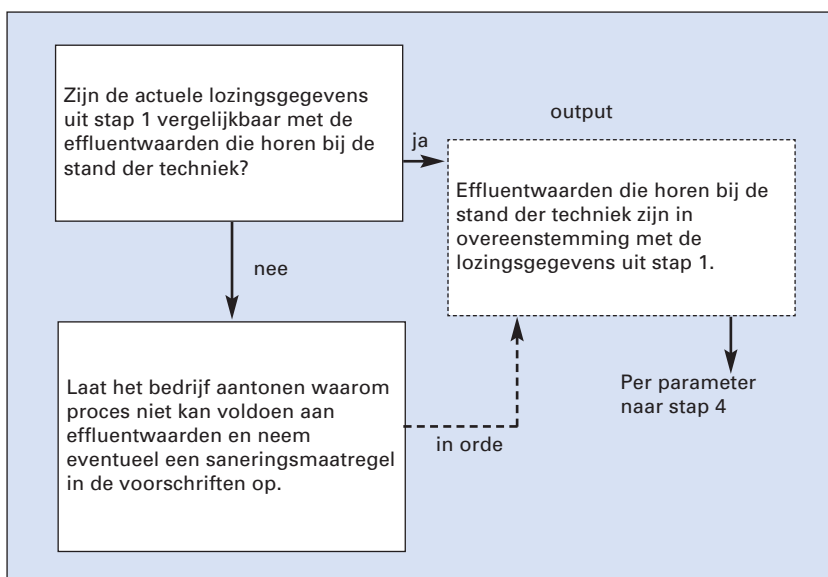
Stap 2 heeft een lijst met parameters met effluentwaarden gegenereerd, die behoren bij de stand der techniek. Het doel van stap 3 is nu om de actuele lozingsgegevens die bepaald zijn in stap 1 te toetsen aan of te vergelijken met de effluentwaarden van deze parameters die horen bij de stand der techniek.

Bij een significante afwijking van de cijfers, zal de lozer moeten aantonen dat zijn proces door specifieke omstandigheden niet kan voldoen aan deze waarden. Door bijvoorbeeld waterbesparing binnen het proces (waterkringloopsluiting) kunnen de geloosde concentraties hoger zijn maar blijft de vracht hetzelfde. Bij onvoldoende beargumentering zal een saneringsmaatregel of een saneringsonderzoek in de voorschriften worden opgenomen, met als doel de stand der techniek wél binnen afzienbare tijd te bereiken. In het laatste geval zal ook een tijdelijke vergunning worden afgegeven.

.....
Noot

4 Bedoeld wordt: vluchtigheid, bezinkbaarheid, biologische afbreekbaarheid, acute toxiciteit, afbreekbaarheid, log Pow, bioconcentratiefactor en oplosbaarheid. Zie voor meer informatie over stofintrinsicke eigenschappen de CIW-nota 'Algemene Beoordelingsmethodiek voor Stoffen en Preparaten'.

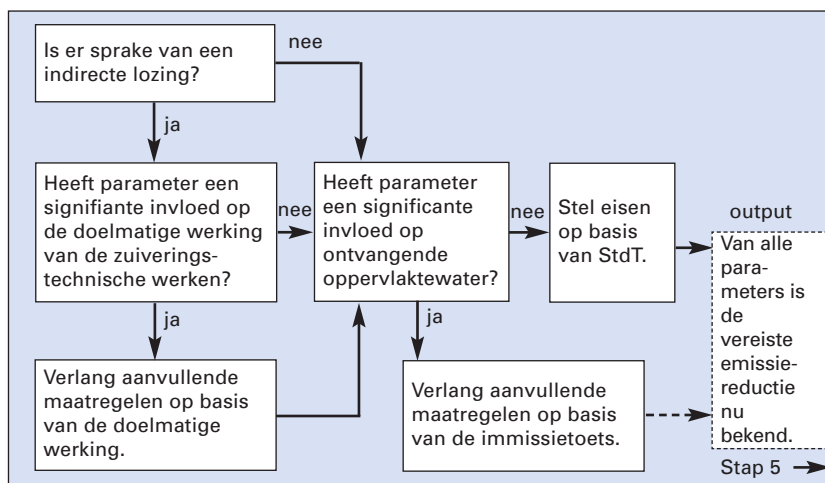
Figuur 3
Stap 3 - het vergelijken van effluentwaarden en lozingspatroon.



3.2.4 Stap 4: Vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende rwzi en/of het oppervlaktewater

Het doel van deze stap is het vaststellen van de invloed van de lozing waarvoor een vergunning wordt aangevraagd en die voldoet aan de stand der techniek. Bij een significant negatieve invloed op de ontvangende rwzi en/of het ontvangende oppervlaktewater kan dit leiden tot aanvullende maatregelen bovenop de stand der techniek. Het vaststellen van de invloed van het effluent wordt gedaan voor het lijstje met parameters uit stap 3. Per parameter worden de volgende vragen gesteld (en de stappen doorlopen).

Figuur 4
Stap 4 - het vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende rwzi en het ontvangende oppervlaktewater.



Stap 4.1 Heeft de parameter/stof bij een indirecte lozing een significante invloed op het zuiveringstechnisch werk?

In een Wvo-vergunning kunnen voorschriften worden opgenomen ter bescherming van de doelmatige werking van zuiveringstechnische werken. Onder 'zuiveringstechnische werken' wordt de rioolwaterzuiveringsinstallatie met de bijbehorende gemalen en persleidingen verstaan. Onder het begrip 'doelmatige werking' vallen aspecten als:

- het beschermen van het zuiveringsproces tegen verstoring (onregelmatige lozingen, schadelijke stoffen);

- het tegengaan van sterk verdunde afvalwaterlozingen (aangeduid als dunwater);
- het beschermen van de fysieke toestand van de werken tegen aantasting;
- het voorkómen van stank en hinder;
- het economisch doelmatig (kosteneffectief) werken.

Indien er inderdaad een significante invloed is, dan worden de eisen uiteraard gebaseerd op de vereiste reducties om negatieve beïnvloeding van de doelmatige werking te voorkómen. Elke waterkwaliteitsbeheerder dient dit op eigen wijze te doen, maar als voorbeeld kan de uitwerking zoals het Waterschap Brabantse Delta (voorheen het Hoogheemraadschap van West-Brabant) dit heeft gedaan, gebruikt worden. Dit voorbeeld is uitgewerkt in Bijlage 3 van deze nota.

Stap 4.2 Heeft de lozing voor bepaalde parameters een significante invloed op het ontvangende oppervlaktewater?

Het is mogelijk dat een parameter bij een indirecte lozing geen significante invloed zal hebben op een zuiveringstechnisch werk, maar wel een negatieve invloed op het ontvangende oppervlaktewater. Daarom zal de waterkwaliteitsbeheerder voor die stof ook een 'immissietoets' moeten doen volgens de CIW-nota 'Emissie-Immissie'. Voor het begrip 'significante invloed' kan ook aansluiting worden gezocht bij de CIW-nota 'Emissie-Immissie'. In deze nota is voor nieuwe lozingen ook rekening gehouden met de operationalisering van het stand still beginsel.

3.2.5 Stap 5: Kritische beschouwing van het aantal parameters

Het doel van stap 5 is het bepalen van de slimste set parameters. Dit is gedefinieerd als de kleinst mogelijke set parameters die vanuit het oogpunt van emissiebeheer en het bedrijfsproductieproces interessant en representatief is. De slimste set parameters kan uit de volgende 'soorten' parameters bestaan:

- 1. Individuele, som-, groeps- of gidsparameters: deze zijn ook als zodanig genormeerd; onderliggende parameters (bijvoorbeeld de gegidste parameter) worden niet genormeerd, behalve als het zwartelijststoffen zijn.*
- 2. Correlatieparameters die onder bepaalde voorwaarden de analyse van de gecorreleerde parameter niet direct noodzakelijk maken. Voorwaarde is dat er correlatie bestaat tussen de twee parameters en dat wordt afgesproken om welk correlatiegebied het gaat. Zowel de correlatieparameters als de gecorreleerde parameters worden genormeerd.*

Het resultaat van de voorgaande stappen is de vaststelling dat voor de lozing, waarvoor de vergunning wordt aangevraagd, de vereiste emissiereducerende maatregelen zijn getroffen en dat beschikt wordt over lozingsgegevens die bij deze situatie horen.

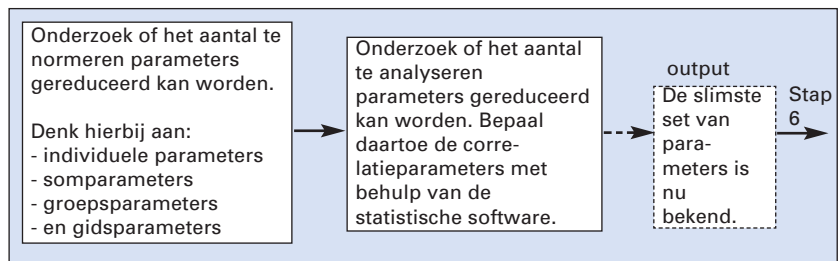
De vergunningverlener moet zich vervolgens nadrukkelijk de vraag stellen wat de toegevoegde waarde is van elke parameter in het licht van de te stellen lozingseisen in de vergunning. Dit niet alleen om daarmee de administratieve lastendruk van het bedrijfsleven te beperken, maar ook om de lasten voor het eigen apparaat te beperken en daarmee de efficiency van de eigen inzet te vergroten. De doelstelling van stap 5 is daarom te komen tot een kritische

beschouwing van het aantal parameters (de slimste set parameters) waarvoor lozingseisen moeten worden afgeleid, of in ieder geval waarvoor metingen moeten worden verricht, zonder dat essentiële informatie in het kader van het emissiebeheer verloren gaat. Er zijn daarbij twee⁵ sporen, die in deze stap verder zullen worden uitgewerkt:

1. beschouwing (reductie) van het aantal parameters dat genormeerd wordt;
2. beschouwing (reductie) van het aantal parameters dat geanalyseerd wordt.

De keuzes die in deze stap 5 worden gemaakt, moeten overigens wel worden toegelicht in de overwegingen van de vergunning. Bij de kritische beschouwingen in deze stap is het van belang vast te stellen of er een sterke correlatie bestaat tussen verschillende parameters. De statistische software (de Lozingseis-assistent) die in stap 8 wordt geïntroduceerd, biedt voor stap 5.2 de faciliteiten en kan dus behulpzaam zijn. Indien er onvoldoende gegevens zijn om de Lozingseis-assistent toe te passen, kan er geen correlatie aangetoond worden en vervalt deze optie.

Figuur 5
Stap 5 - een kritische beschouwing van het aantal parameters.



Stap 5.1 Beschouwing (reductie) van het aantal te normeren parameters

Parameters moeten worden opgenomen om te voldoen aan de doelstelling van de vergunning. In het geval ze opgenomen worden, moet er ook een norm worden afgeleid en zal ook gehandhaafd moeten worden op die norm. De vorm waarin de parameters worden opgenomen kan variëren: als individuele parameter, als onderdeel van een somparameter, middels een groepsparameter (die de eigenschappen van de parameter weergeeft) of middels een gidsparameter (die een indicatie geeft voor de concentratie van de parameter). Voor de individuele respectievelijk de som-, groeps- of gidsparameter zal dan een lozingseis moeten worden afgeleid. Met het formuleren van lozingseisen van een som-, groeps- of gidsparameter moet wel beseft worden dat de onderliggende individuele parameters verder niet genormeerd worden, behalve als het zwartelijststoffen betreffen. In dat geval worden daar namelijk wél lozingseisen voor geformuleerd. Zwartelijststoffen mogen namelijk niet zomaar omwille van het reduceren van het aantal parameters geëlimineerd worden.

Bij *somparameters* gaat het om een optelsom van individueel geanalyseerde, onderliggende parameters. Somparameters zijn bijvoorbeeld:

.....
Noot

⁵ Er is een derde spoor dat hier genoemd kan worden, namelijk de beschouwing (reductie) van het aantal parameters dat gemonitord wordt en waarover de lozer moet rapporteren. Kostenreductie is hier een belangrijke overweging voor. Aangezien dit derde spoor buiten de scope van deze nota valt, wordt hier niet verder op ingegaan.

-
- PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen);
 - Zware metalen: deze kunnen als somparameter in een vergunning worden opgenomen als metalen niet de belangrijkste te verwijderen stoffen zijn. Indien metalen in hoge concentraties voorkomen en de belangrijkste stoffen in een lozing zijn, dan worden ze als individuele parameter in een vergunning opgenomen.

Een voorbeeld is bijvoorbeeld een lozingseis van 3 mg/l voor de som van zware metalen terwijl de lozingseis voor cadmium en kwik (zwartelijststoffen) allebei op 10 µg/l wordt gesteld.

Somparameters leiden wel tot meer overzichtelijkheid, maar niet tot lagere analysekosten, omdat de onderliggende componenten individueel worden geanalyseerd.

Groepsparameters hebben betrekking op een gemeenschappelijke eigenschap van individuele, onderliggende verbindingen (onder voorgeschreven analytische omstandigheden). Voorbeelden van groepsparameters zijn:

- CZV (chemisch zuurstofverbruik);
- EOX (extraheerbare gehalogeneerde organische verbindingen);
- VOX (vluchtige gehalogeneerde organische verbindingen).

Het nadeel bij groepsparameters is wel dat binnen zo'n groep geen verschil wordt gemaakt tussen de milieubezwaarlijkheid van de verschillende stoffen binnen die groep. Bij groepsparameters worden onderliggende zwartelijststoffen apart genormeerd (bijvoorbeeld dichloormethaan 0,1 mg/l en VOX 1 mg/l).

Een *gidsparameter* heeft een concentratie die een zekere correlatie heeft met de concentratie van een andere parameter (de gegidste parameter), waardoor met de meting van de concentratie van de gidsparameter die van de andere parameter te voorspellen is. Gidsparameters worden dus toegepast als er een vast verband is tussen het vóórkomen van twee parameters, waarbij de gidsparameter vrij eenvoudig te bepalen is, terwijl de gegidste parameter moeilijker of tegen hoge kosten te bepalen is. Het is wel aan te bevelen om in de beschikking aan te geven wat de gegidste parameter in een dergelijk geval is.

Een voorbeeld van een gidsparameter is zwevend stof (ZS) voor PAK (polycyclische aromatische koolwaterstoffen): van met name de zwaardere PAK's is het bekend dat deze zich vooral hechten aan ZS. Het kan in sommige situaties (bijvoorbeeld bij lozingen vanuit baggerspeciedepots), waarin een hoge correlatie bestaat tussen PAK en ZS, voldoende zijn om alleen ZS te formuleren van lozingseisen. Het meten van ZS is namelijk veel goedkoper dan het meten van PAK. Let wel: ZS is vaak ook een gidsparameter voor de procesvoering van het bezinkproces, waarmee ook het verlies van geabsorbeerde verbindingen gegidst kan worden. Soms wordt ZS echter ook veroorzaakt door groei van algen of hogere organismen. De gidsparameter kan in dat geval ook onjuist gebruikt worden!

Het voordeel van het opnemen van parameters van *individuele stoffen* is dat elke stof die in het afvalwater voorkomt, ook kan worden genormeerd. Bij bedrijfslozingen komt het echter relatief vaak voor, dat er veel verschillende stoffen in het afvalwater voorkomen en dat het analyseren veel werk en extra kosten met zich meebrengt. Het is bovendien niet eens altijd mogelijk om alle

individuele stoffen te bepalen, zeker bij complexe lozingen. Vandaar dat som-, groeps- of gidsparementers veel worden toegepast om lozingseisen vast te stellen. Bij toepassing van som- en groepsparameters wordt met één parameter en dus met één meting een groep van stoffen genormeerd.

Stap 5.2 Beschouwing (reductie) van het aantal te analyseren parameters

Deze tweede vorm van reductie is gebaseerd op economische gronden, waarbij wel rekening gehouden wordt met de handhaafbaarheid. Er wordt, middels de statistische software, een statistische correlatie tussen parameters onderzocht om de meetinspanning te verlichten, vergelijkbaar met het gebruik van gidsparementers. Het verschil is echter dat hier voor zowel de correlatie- als de gecorreleerde⁶ parameters lozingseisen zullen worden afgeleid (in de hierna te volgen stappen 6 t/m 8). Als deze parameters niet genormeerd zijn, dan kan er ook niet via het strafrechtelijke spoor worden gehandhaafd; wel kan het bestuursrechtelijke spoor worden ingezet. Zowel de correlatieparameter als de gecorreleerde parameter worden bemonsterd, maar in eerste instantie wordt alleen de correlatieparameter geanalyseerd. Als uit de uitslag van de analyse van de correlatieparameter kan worden afgeleid dat de concentratie van de gecorreleerde parameter beneden de lozingseis zal liggen, kan analyse van deze parameter achterwege blijven. Een voorbeeld hiervan is de formulering van lozingseisen van zware metalen (de gecorreleerde parameter(s)) terwijl zwevend stof (ZS, de correlatieparameter) geanalyseerd wordt. Bij overschrijding van ZS worden de zware metalen alsnog geanalyseerd. Hiermee wordt voor de vergunninghouder op de analysekosten bespaard. Voorwaarde bij deze tweede vorm van reductie is wel dat de conserverings-termijn van de gecorreleerde parameter voldoende lang is om de analyse van de correlatieparameter te kunnen afwachten.

Bij de beschouwing van de parameters in de bovengenoemde stappen dient men wel in de gaten te houden dat in een aantal gevallen reductie niet zinvol is als het heffingparameters betreft, aangezien die in het kader van de verontreinigingshoening toch moeten worden geanalyseerd.

3.2.6 Stap 6: Vaststellen van het lozingspatroon per parameter of stof(groep) bij een normale beheerste procesvoering

In stap 6 wordt het lozingspatroon vastgesteld dat hoort bij een normale beheerste procesvoering. Hierbij worden expliciet beslissingen genomen over hoe omgegaan moet worden met calamiteuze situaties, fluctuaties en seizoensinvloeden.

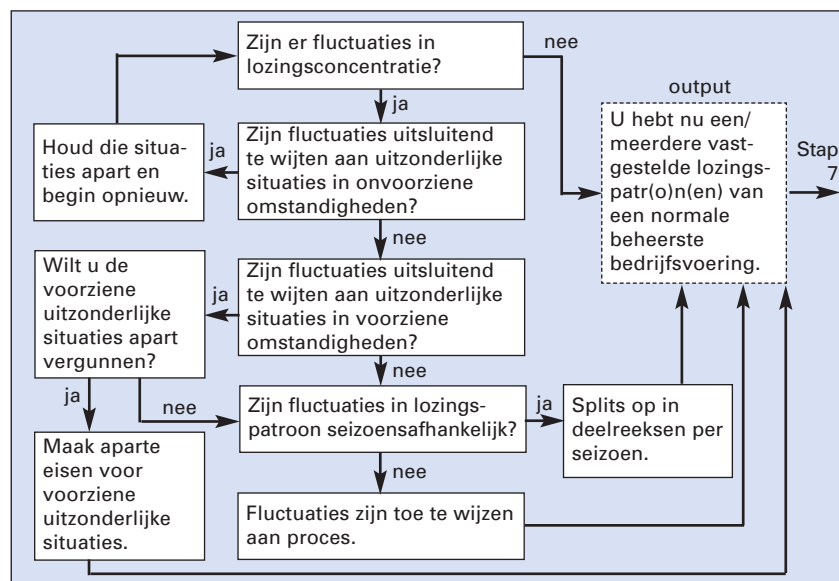
In stap 6 wordt de systematiek per parameter verder doorlopen met het doel om het lozingspatroon per parameter vast te stellen bij een normale beheerste procesvoering, want dat is het lozingspatroon

.....
Noot

⁶ Eigenlijk worden dit gidsparementers en gegidste parameters genoemd, maar omdat dit verwarring kan opleveren met de gidsparementer uit stap 5.1 is er voor gekozen hier de termen correlatieparameter en gecorreleerde parameter te hanteren. De definitie blijft echter hetzelfde: een correlatieparameter heeft een concentratie die een zekere correlatie heeft met de concentratie van een andere parameter (de gecorreleerde parameter), waardoor voorlopig alleen de correlatieparameter wordt geanalyseerd.

dat het bevoegd gezag als vertrekpunt zou moeten nemen bij het afleiden van lozingseisen voor de te verlenen vergunning. De term 'normale procesvoering' dient niet geassocieerd te worden met een normaal-statistische (Gauss)verdeling, maar dient te worden geïnterpreteerd als zijnde 'gebruikelijk' of 'niet-afwijkend', conform de dagelijkse praktijk dus. Een 'beheerste procesvoering' heeft met de naleefbaarheid te maken; lozingsgegevens van bijvoorbeeld calamiteiten worden hierin niet meegenomen (omdat ze niet beheersbaar zijn). Hierin krijgen ook fluctuaties en seizoensmatige aspecten aandacht. Bij het vaststellen van het representatieve lozingsbeeld bij een normale beheerste procesvoering is een kritische beschouwing van de milieuprestatie van de aanvrager door de vergunningverlener nodig, waarbij kennis en ervaring van de handhaver benut moeten worden.

Figuur 6
Stap 6 - het vaststellen van het lozingspatroon bij een normale beheerste procesvoering.



Ten aanzien van de vraag 'hoeveel lozingsgegevens nodig zijn om een relevante inschatting van het lozingspatroon te maken' geldt in het algemeen dat hoe meer gegevens aanwezig zijn, hoe beter de lozingseis berekend of afgeleid kan worden, bijvoorbeeld op basis van de in stap 8 toe te passen statistische software (de Lozingseis-assistent). Meer gegevens betekent weliswaar hogere kosten, maar daar staat tegenover dat een betere basis wordt geboden voor het afleiden van de lozingseis. De lozingsgegevens kunnen door het bedrijf worden aangeleverd in tabel- en/of grafiekvorm; de vergunningverlener kan namelijk om beide vragen. De grafiekvorm geeft vergunningverlener en bedrijf snel inzicht in het patroon van de lozing.

Het is dus van belang om een lozingspatroon te verkrijgen dat hoort bij een normale beheerste procesvoering. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen uitzonderlijke situaties onder voorziene en onder onvoorziene omstandigheden:

- Bij uitzonderlijke situaties onder onvoorziene omstandigheden gaat het om incidenten en niet-geplande omstandigheden. Ook de omvang en de aard zijn niet te voorzien. Voorbeelden zijn (bypasses in verband met) uitval van behandel eenheden door grote storingen, zware ongevallen, calamiteiten, grote lekkages, extreme regenval. Dergelijke situaties zijn niet in lozingseisen

onder te brengen en vallen dus ook niet onder het bereik van de nota. Natuurlijk zijn er wel algemene afspraken vast te leggen over de communicatie tussen bedrijf en bevoegd gezag dat in dergelijke situaties nodig is, afhankelijk van de ernst van het incident. De CIW-nota 'Integrale aanpak risico's onvoorziene lozingen' gaat hier op in.

- Uitzonderlijke situaties onder voorziene omstandigheden betreffen in het algemeen geplande afwijkende omstandigheden. Het kan hier gaan om variatie in input, wisseling in kwaliteit van de grondstoffen, geplande start-up of shut-down omstandigheden, tijdelijke stops in verband met onderhoud, etc. Ook regelmatig terugkerende kleinere storingen (zoals bijvoorbeeld een verstopt filter) kunnen onder voorziene omstandigheden vallen.

In het vooroverleg (stap 0) zal de discussie zich hierop, als het goed is, al toespitsen. Hiermee komt de discussie dus ook terug in de aanvraag.

Het opschonen van de meetreeks (nl. het verwijderen van lozingsgegevens die niet behoren bij een normale beheerste procesvoering) is een cruciale stap in de systematiek waarbij sprake zal zijn van belangentegenstellingen tussen de aanvrager en het bevoegd gezag. De stap vergt bovendien (gedetailleerde) kennis van de lozing en de procesbeheersing. Het is raadzaam om het bedrijf voor uitschieters in het lozingspatroon te laten aantonen of beargumen-teren dat deze representatief zijn voor de normale beheerste procesvoering.

Vragen die aldus op basis van het vastgestelde lozingspatroon, gesteld kunnen worden zijn:

- 1 Zijn er (sterke) fluctuaties in de lozingsparameter?
Nee: het beschouwde lozingspatroon kan worden gebruikt om de lozingseis af te leiden. U heeft nu het lozingspatroon van een normale beheerste procesvoering vastgesteld.
Ja: ga verder bij 2.
- 2 Zijn fluctuaties uitsluitend te wijten aan uitzonderlijke situaties onder onvoorziene omstandigheden?
Nee: ga verder bij 3.
Ja: deze situaties worden niet vergund. Haal dit type pieken uit het lozingspatroon en ga verder bij 3.
- 3 Zijn de fluctuaties uitsluitend te wijten aan uitzonderlijke situaties onder voorziene omstandigheden?
Nee: ga verder bij 4.
Ja: er zijn twee mogelijkheden om een lozingseis vast te stellen. De eerste mogelijkheid is dat er een aparte lozingseis geformuleerd wordt voor die situaties waar zich de uitzonderlijke situatie onder voorziene omstandigheden voordoet. Dit geldt voornamelijk voor situaties met een significante lozing; haal in dit geval de bijbehorende (hoge) piekwaarden uit het lozingspatroon en ga verder bij 4. De tweede mogelijkheid is de uitzonderlijke situaties onder voorziene omstandigheden onder te brengen onder één altijd geldende lozingseis. Het mogelijk nadeel is hier wel dat deze lozingseis te ruim geformuleerd wordt en er als het ware teveel 'ruimte' wordt weggegeven. Deze tweede mogelijkheid zal zich vooral bij niet-significante lozingen voordoen. Ga verder bij 4.

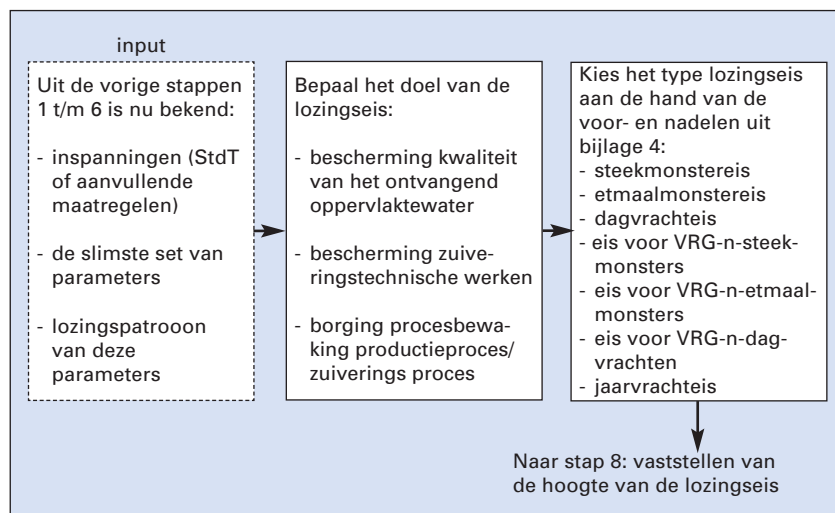
- 4 Zijn de fluctuaties in het lozingspatroon seizoensafhankelijk?
 Nee: ga verder bij 5.
 Ja: er kan sprake zijn van een campagnebedrijf⁷ of bijvoorbeeld temperatuurs-schommelingen (in de zomer/winter) in de (bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie van het bedrijf. Het lozingspatroon is dan in deelfasen te onderscheiden. Aan elke deelfase kan een aparte lozingseis worden toebedeeld (zie ook stap 8.7). Ga verder bij 5.
- 5 De fluctuaties in het resterende lozingspatroon zijn toe te wijzen aan het proces (en zijn dus procesinherent) waarmee uiteindelijk de lozingseis kan worden afgeleid.

3.2.7 Stap 7: Vaststellen van het type lozingseis

In deze stap wordt het type lozingseis vastgesteld. Het type lozingseis hangt samen met de reden waarom een lozingseis wordt opgenomen en elk type heeft zijn eigen voor- en nadelen. De vergunningverlener en handhaver communiceren hier gezamenlijk over.

In de voorgaande stappen van de systematiek is bepaald welke inspanning ten aanzien van het beperken van de verontreiniging van de lozer wordt verwacht om voor een vergunning in aanmerking te komen (stand der techniek of aanvullende maatregelen). Voorts is bepaald welke parameters relevant zijn in het kader van de vergunningprocedure. Daarbij is bewust gekozen om het aantal parameters zo beperkt mogelijk te houden. Ook is van de resterende set te normeren parameters het lozingspatroon bij een normale beheerste procesvoering bekend. Het is in de nu volgende stap de bedoeling om van de uiteindelijke lozingseisen de vorm (concentratie- of vrachteis), de wijze van bemonstering (bijvoorbeeld steek- of etmaalbemonstering) en de berekeningswijze (bijvoorbeeld een voortschrijdend rekenkundig gemiddelde) vast te stellen. Dit alles dient in overleg met de toezichthouder plaats te vinden.

Figuur 7
 Stap 7 - het vaststellen van het type lozingseis.



Noot

⁷ Een campagnebedrijf is een bedrijf dat planmatig gedurende langere tijd (weken tot maanden) een lozingsniveau heeft dat aanmerkelijk hoger is dan buiten die periode (3 – 5 x hoger). Bij de bepaling van de piekfactor wordt uitgegaan van de reguliere lozings situatie (geen calamiteuze of incidentele lozingen).

Stap 7.1 Bepaal het doel van de lozingseis

Allereerst wordt teruggedaan naar de vraag die gesteld werd bij de probleemstelling in het tweede hoofdstuk: waarom worden lozingseisen opgenomen in de vergunning? Het doel bepaalt in belangrijke mate de wijze waarop parameters worden genormeerd. In de praktijk zal men met een lozingseis meerdere doelen nastreven. Uiteraard is het van belang dat er communicatie plaatsvindt tussen waterkwaliteitsbeheerder en aanvrager over de vraag met welke doelen lozingseisen in de vergunning worden opgenomen. In Bijlage 4 wordt hier uitgebreider op ingegaan. Hier wordt volstaan met de hoofdlijn.

Borging van procesbewaking in de productieprocessen/ zuiveringsprocessen van de aanvrager

In feite betreft dit borging van de stand der techniek (en dus van het bedrijfsinterne procesvoering). Als een lozingseis een functie wil hebben richting de procesbewaking, dan moet deze ook een snelle signalerende functie hebben, en moet de aanvrager via procesbewaking invloed hebben op die parameter. Het kan gaan om bewaking op deelstromen of op de totale stroom van een bedrijf. De hoogte van de formulering van lozingseisen zal in vele gevallen zijn vastgelegd in CIW-rapporten of in BREF's.

Bescherming van de kwaliteit van het oppervlaktewater

Voor het bereiken van dit doel dient een maximum gesteld te worden aan de hoeveelheid te lozen stoffen. Afhankelijk van de aard (bezwaarlijkheid) van de stof en aard van het ontvangend oppervlaktewater wordt een lozing toegestaan en wordt gekozen voor momentane, gemiddelde of vrachteisen. Bij kleine, gevoelige wateren, waar een kortdurende piek al een significante invloed kan hebben, kan een steekmonstereis gewenst zijn. Bij grotere wateren, met grote verdunningsfactoren, zal in het algemeen via een gemiddelde of een vrachteis voldoende bescherming kunnen worden geboden. Er wordt dus gekeken of er sprake is van een significante invloed op het ontvangende oppervlaktewater.

Bescherming van de goede werking van zuiveringstechnische werken bij indirecte lozingen

Voor een zuiveringswerk als een rwzi zal, gezien de verdunningsfactor en robuustheid van de zuivering, in zijn algemeenheid via gemiddelden en vrachten afdoende bescherming kunnen worden verkregen. De eisen ten aanzien van zuurstofbindende stoffen, stikstof en fosfaat moeten zijn afgestemd op de capaciteit van de installatie. Voor stoffen die het zuiveringsproces kunnen ontregelen kan een momentane eis (steekmonstereis of etmaalmonstereis) opportuun zijn, afhankelijk van de snelheid of de maximaal te verdragen duur van een bezwaarlijke pieklozing.

Stap 7.2 De keuze voor het type lozingseis

Zeven typen lozingseisen kunnen worden onderscheiden. Het zijn in feite verschillende combinaties van bemonsterings- en berekeningswijzen:

- steekmonstereis
- etmaalmonstereis
- dagvrachteis
- eis voor VRG-n-steekmonsters*
- eis voor VRG-n-etmaalmonsters*
- eis voor VRG-n-dagvrachten*
- jaarvrachteis

*VRG-n staat voor voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van n (aantal) monsters.

Deze typen lozingseisen kunnen gecombineerd worden met debietseisen. Debietseisen van een afvalwaterlozing kunnen in allerlei tijdseenheden worden uitgedrukt ($m^3/$ uur, $m^3/$ dag, $m^3/$ jaar, etc.). Met name bij afvoer op de riolering kan de hydraulische capaciteit beperkend zijn.

In stap 2.2 wordt gesproken over emissiegrenswaarden voor zwartelijststoffen, die veelal in maandgemiddelden uitgedrukt worden. Houd hier in de huidige stap rekening mee.

Het is van groot belang om te onderkennen dat lozingseis, analyse-methode, bemonsterings- en berekeningswijze onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Zo kan een steekmonstereis voor een bepaalde parameter niet één op één worden afgeleid van een dataset met etmaalmonsters.

Als een volledige set van gegevens van een lozing beschikbaar is (d.w.z. voldoende resultaten van debietmetingen, steekmonsters en/of etmaalmonsters) kan met behulp van statistiek voor alle mogelijke typen lozingseisen een waarde worden bepaald.

Er bestaat een onderlinge relatie tussen de verschillende typen lozingseisen en het is dus mogelijk om zowel met behulp van een steekmonster als een etmaalmonster als een VRG-n-etmaalmonsters of een jaarvracht de stand der techniek van een proces of lozing op hetzelfde niveau te borgen. De ruimte die het bedrijf krijgt, wordt dan niet beïnvloed door het type lozingseis (mits goed afgeleid).

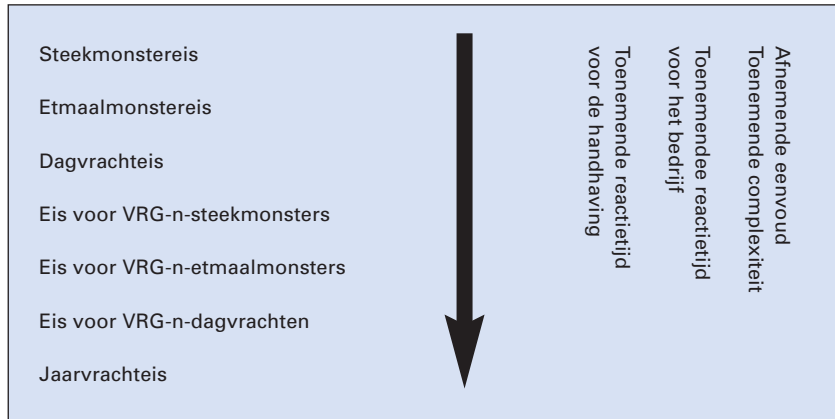
Aan de verschillende typen lozingseisen kleven specifieke voor- en nadelen die het gebruik in de ene lozingssituatie meer voor de hand liggend maken dan in een andere situatie. Het is uiteraard mogelijk om voor een bepaalde lozingsparameter verschillende lozingseisen in combinatie te hanteren (bijvoorbeeld voor één parameter een steekmonster en een VRG van 10 etmaalmonsters of voor één parameter een etmaalmonster en een jaarvracht).

Volgorde op basis van eenvoud

In grote lijnen is er een volgorde te ontdekken in de typering. Van steekmonster naar jaarvracht neemt de eenvoud af, qua definiëring, berekeningsmethodiek en snelheid van uitvoering. Daarmee neemt evenwel ook de snelheid van handhavend optreden af. De reactietijd voor het bedrijf voor zelfsturing (de mogelijkheid om te reageren op ontwikkelingen om daarmee overschrijding van de lozingseisen te voorkomen) neemt evenwel toe. In de volgende figuur wordt deze volgorde weergegeven. In Bijlage 5 wordt in detail ingegaan op de specifieke voor- en nadelen van de verschillende typen lozingseisen. Er wordt ook beweerd dat de 'optische lozingsruimte' afneemt,

naarmate meer opgeschoven wordt in de richting van VRG-n-dagvrachten of een jaarvrachteis. Hier wordt benadrukt dat dit hooguit een schijnbaar effect is. Schijnbaar, omdat in wezen een lozingspatroon wordt vergund, dat hoort bij een normale beheerste procesvoering (het resultaat van stap 6). Dit patroon wordt 'gevangen' in een (zo mogelijk statistisch onderbouwde) waarde van een steekmonstereis of een ander type lozingseis die hoort bij het te vergunnen lozingspatroon.

Figuur 8
Verschillende typen lozingseisen in onderlinge relatie.



Als algemene insteek voor de keuze van het type lozingseis geldt: kies voor de eenvoudigste weg. Eenvoudig qua definiëring, berekeningsmethodiek, snelheid en ook eenvoudig qua uitvoering, voor het bedrijf en voor de waterkwaliteitsbeheerder. Een logische volgorde is dan: steekmonster - etmaalmonster - dagvracht - voortschrijdend rekenkundig gemiddelde op basis van steekmonsters/-etmaalmonsters/dagvrachten - jaarvracht.

Een vergunningverlener moet onderzoeken of hij met de eenvoudigste typen de doelen (bewaking van waterkwaliteit, proces en zuiveringstechnisch werk) voldoende kan borgen (zie stap 7.1). Wanneer dit om specifieke redenen niet kan (bijvoorbeeld bij zeer grote spreiding in de meetwaarden waardoor "optisch" een zeer hoge waarde als lozingseis wordt opgenomen), dan moet worden gekeken naar andere mogelijkheden (VRG's of jaarvracht, zie Bijlage 5).

Op basis van het bovenstaande kan een verschillende aanpak voor grote en kleine lozers worden aanbevolen. De keuze dient echter nog steeds door elke waterkwaliteitsbeheerder zelf gemaakt te worden, op basis van bijvoorbeeld beschikbaarheid van gegevens.

Aanbevolen insteek typen lozingseisen

Kleine lozers

Dit betreft de bulk van de kleine bedrijven, met een verwaarloosbare invloed op het oppervlaktewater of een rwzi. Formulering van lozingseisen via momentane eisen is hier meestal afdoende. De eisen zullen vooral voortkomen uit haalbare waarden met de gekozen zuiveringstechniek (bij de lozer zelf) of gewenste maxima met het oog op de bescherming van de ontvangendzuiveringstechnische werken. Statistische onderbouwing van de eisen op basis van gemeten waarden kan in bepaalde gevallen zinvol zijn (stap 8), maar kan ook op basis van expert judgement plaatsvinden. Indien mogelijk (CIW-studies, etc.) kan gebruikt worden gemaakt van aanbevolen lozingseisen.

Grote lozers

Dit betreft de grotere lozers, waarbij de invloed op het ontvangend oppervlaktewater of rwzi significant kan zijn; een immissietoets is daarom altijd aan de orde. Het zijn de complexere bedrijven, waar de kwaliteit van het afvalwater fluctuaties kent, en waar bewaking van procesvoering en het beheer van de (bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie van belang is voor de bescherming van het oppervlaktewater en de zuiveringstechnische werken.

Vanuit de gewenste bewaking van procesvoering en het beheer van de (bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie zijn momentane eisen (steekmonstereis/etmaalmonstereis) alleen niet afdoende. Een gemiddelde-eis (VRG) heeft daarbij een belangrijke functie als signaleringswaarde, en geeft het bedrijf de noodzakelijke reactietijd. Statistische onderbouwing van de lozingseisen is hier relevant. In het toezichtsplan kan worden vastgelegd hoe in de handhaving met de verschillende gestelde lozingseisen moet worden omgegaan. Bij bedrijven met een bewezen goed gedrag kan in de handhavingsstrategie rekening worden gehouden met dat gedrag door bijvoorbeeld het toezicht vooral te richten op het gemiddelde gedrag.

3.2.8 Stap 8: Vaststellen van de hoogte van de lozingseis

Wanneer bepaald is welk type lozingseis opgenomen zal worden in de vergunning, dient in deze stap op grond van het eerder vastgestelde lozingspatroon (zie stap 6) de hoogte van de lozingseis definitief te worden bepaald.

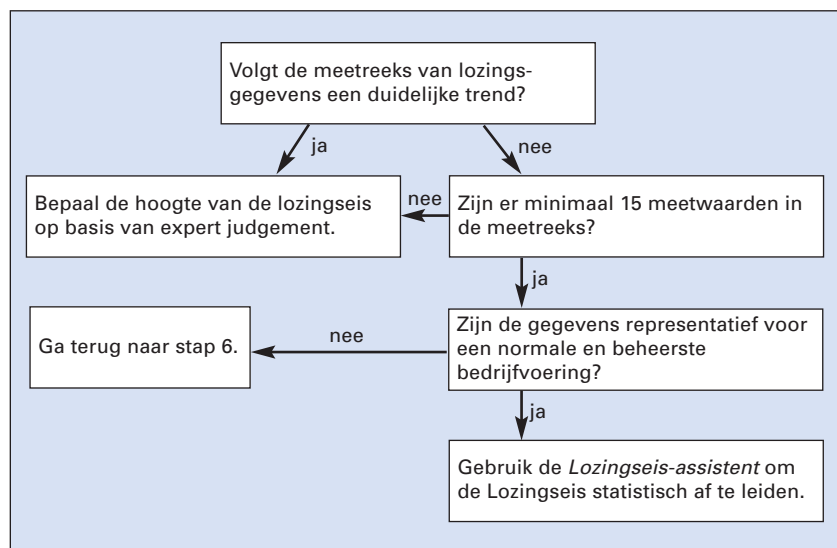
Het definitief vaststellen van de hoogte van de lozingseis kan in principe op twee manieren plaatsvinden:

- a) Bepalen van de hoogte van de lozingseis op basis van "expert judgement"

Op basis van expert judgement (bijvoorbeeld kennis van het proces en de ontwikkelingen in het bedrijf ten aanzien van dat proces/productie, of kennis over vergelijkbare bedrijfsprocessen elders) en met behulp van een grafiek van het lozingspatroon, wordt het haalbare en naleefbare niveau voor de lozingseis vastgesteld. Voor relatief kleine lozingen waaraan slechts een beperkt aantal metingen zijn verricht, kan dit een werkbaar aanpak zijn.

Het nadeel is dat het een grove benadering is en dat het risico niet uitgesloten is dat er op deze wijze een lozingseis wordt vastgesteld die in de praktijk bij normale beheerste procesvoering toch overschreden wordt (dit speelt waarschijnlijk vooral een rol als de data niet uit een normale verdeling komen of als er sprake is van autocorrelatie⁸). Daarom én om bij te dragen aan een meer uniforme benadering wordt geadviseerd om daar waar mogelijk de hierna te beschrijven statistische benadering te volgen. Echter, in stap 0 is reeds aangegeven onder welke omstandigheden de statistische software geen lozingseis kan afleiden. Eén van de gevallen, waarbij dat het geval zal zijn, is als de meetreeks een duidelijke trend volgt. Een definitie van een 'trend' is moeilijk te geven, maar er is in elk geval sprake van een af- of toename in het gemiddelde van de meetwaarden en dus niet van een stabiele procestechnologische situatie. Bij het bedrijf ligt de verantwoordelijkheid om een reeks meetwaarden af te leveren die gebruikt kan worden om een lozingseis af te leiden. Bij het verkeerd beoordelen van de meetwaarden (of het verstrekken van een reeks met een trend) zal dit gevolgen hebben voor de lozingseis. Bij het inlezen van de meetgegevens in stap 8.2 (deelreeks) is een belangrijke vraag dus of het bedrijf een reeks ingeleverd heeft van een stabiele situatie. Is dit niet het geval, dan dient de vergunningverlener op basis van expert judgement van het productieproces (samen met het bedrijf) na te gaan wat er nog van die trend te verwachten valt en of er een voorspelling gemaakt kan worden van de meetwaarden. Op basis van deze kennis kan een lozingseis, zonder gebruikmaking van de statistische software, worden afgeleid.

Figuur 9
Stap 8 – het vaststellen van de hoogte van de lozingseis



- b) Vaststellen hoogte van de lozingseis d.m.v. statistiek
Bij deze benadering wordt met behulp van de statistische software (*de Lozingseis-assistent*⁹) een lozingseis afgeleid op basis van het vastgestelde lozingspatroon die de aanvrager overlegt.

Noot

8 Zie voor de definitie van 'autocorrelatie' Stap 8.5.

9 Aan de Lozingseis-assistent ligt het rapport 'Statistische aspecten van lozingseisen' ten grondslag. Zie hiervoor Bijlage 6.

Om een goede lozingseis af te kunnen leiden moet aan twee randvoorwaarden worden voldaan:

- er moet worden beschikt over een set met voldoende gegevens¹⁰ én
- de gegevens dienen representatief te zijn voor een situatie onder een normale beheerste procesvoering. Meetwaarden die betrekking hebben op uitzonderlijke situaties onder onvoorziene omstandigheden moeten buiten beschouwing worden gelaten (maar dit is in stap 6 reeds gedaan).

Indien er voldoende gegevens voorhanden zijn, dan kan met het statistische programma gestart worden. Het programma is zo ingesteld dat een aantal stappen moet worden doorlopen voordat een lozingseis kan worden afgeleid. Bij het programma is een gebruikershandleiding (Bijlage 7) gevoegd die u door het programma heen leidt en die u dient te gebruiken. Het verdient aanbeveling deze gebruikershandleiding vooraf goed te lezen. Daarnaast is het handig om de voorbeelden in de software te doorlopen, zodat men alvast kennis kan maken met de materie. Wel moet de gebruiker zich steeds realiseren dat het programma een hulpmiddel is dat zich puur baseert op aangeleverde cijfers. Het programma houdt geen rekening met allerlei omstandigheden (zoals bijvoorbeeld wisselingen in het productieniveau), die een nuancering behoeven. De uitkomsten mogen dus niet klakkeloos worden overgenomen en het gezonde verstand moet men blijven gebruiken.

De *Lozingseis-assistent* is te downloaden via de website van het Steunpunt Emissies van het RIZA

(www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/wateremissies). Door regelmatig het versienummer te controleren, heeft u altijd de laatste update. Ondanks dat de gebruikershandleiding in deze nota is opgenomen (Bijlage 7), kan het zijn, dat ook hiervoor een update vereist is. De meest recente gebruikershandleiding is dan ook te vinden in de software zelf.

Stap 8.1 Inlezen invoerbestand

De eerste stap van de *Lozingseis-assistent* is het invoeren van de lozingsgegevens van een normale beheerste procesvoering. Er kan een bestand met één of meerdere parameters ingelezen worden. In een dergelijk bestand zijn naast de bedrijfsnaam opgenomen: de naam, meeteenheid, datum, meetwaarde en monstersoort van de parameter(s). Dit bestand kan bijvoorbeeld via Excel worden vervaardigd, maar dient wel als uitgang van de bestandsnaam “.txt” of “.loz” te hebben. Voor Rijkswaterstaat is het mogelijk om gegevens vanuit Wvo-info in te lezen in de *Lozingseis-assistent*. Gedetailleerde informatie over het inlezen van een invoerbestand is in de gebruikershandleiding van de software opgenomen.

.....

Noot

¹⁰ Bij voorkeur een zo groot mogelijke set, bijvoorbeeld over een periode van 2 jaar en een grootte van 24 metingen of meer. Hoewel dit voor sommige parameters veel lijkt, moet worden beseft dat het hier gaat om een beperkte groep parameters die een significante invloed hebben op de omgeving. Uiteraard kan ook met minder metingen een poging worden gedaan om een lozingseis af te leiden met behulp van de statistiek (maar de spreiding neemt dan toe en de eis zal daardoor ruimer komen te liggen); het programma geeft een signaal af als er te weinig gegevens voorhanden zijn. Het minimale aantal meetwaarden moet in elk geval 15 zijn. ope van deze nota valt, wordt hier niet verder op ingegaan.

Stap 8.2 Deelreeks

Dit betreft de keuze van de periode waarover de lozingseis moet worden afgeleid. Er kunnen redenen zijn, bijvoorbeeld verandering van proces, om een deel van de lozingsgegevens te gebruiken in plaats van alle beschikbare gegevens. Standaard geeft het programma de periode aan die alle lozingsgegevens bevatten, die in het programma zijn ingelezen. De lozingsgegevens dienen van één soort te zijn, m.a.w. er mogen geen steekmonsters en etmaalmonsters door elkaar worden gebruikt. Beseft moet worden dat de output van het programma gekoppeld is aan de input: steekmonstergegevens leveren een lozingseis voor steekmonsters op; het aanleveren van etmaalmonstergegevens levert een lozingseis voor etmaalmonsters op. Bovendien is het zo dat lozingsgegevens ook van één analysemethode afkomstig mogen zijn.

Stap 8.3 Meetinterval

Hierbij moet een keuze gemaakt worden van het meetinterval waarmee de lozingsgegevens moeten worden geselecteerd. Het meetinterval is de periode tussen twee metingen/lozingsgegevens. Hoe kleiner het meetinterval, hoe meer lozingsgegevens worden meegenomen in het afleiden van de lozingseis. Het programma geeft als standaard het meest voorkomende interval aan. In het histogram is daarbij te zien hoeveel lozingsgegevens daar bij horen.

Stap 8.4 Normaal verdeeld

In deze stap moet worden bepaald of de set met lozingsgegevens voldoet aan een normale (statistische) verdeling. Hiervoor wordt een viertal hulpmiddelen aangeboden die helpen bij de beslissing of het inderdaad een normale verdeling betreft (zie verder de gebruikershandleiding voor een toelichting). Indien de verdeling niet-normaal is, dan kan een transformatie worden uitgevoerd (het programma zoekt zelf naar de beste vorm). Indien dit nog geen normale verdeling oplevert, dan moet verder worden gegaan met een niet-normale verdeling. De reden van het zoeken naar een normale verdeling – al dan niet na transformatie – is dat er heel veel bekend is over de eigenschappen van de normale verdeling. Hierdoor is het ook mogelijk voorspellingen te doen op grond van een beperkte set gegevens. Indien de meting niet-normaal is, dan zijn er enorm veel gegevens nodig om met enige betrouwbaarheid uitspraken te kunnen doen.

Stap 8.5 Autocorrelatie

In deze stap moet een antwoord worden gegeven op de vraag of er sprake is van autocorrelatie. Autocorrelatie is het verschijnsel dat de metingen van een proces over een langere periode niet onafhankelijk van elkaar zijn. Dergelijke afhankelijkheden treden op als er een verandering in de samenstelling van de grondstof plaatsvindt. Of als koelwater met een andere temperatuur dan de dag ervoor ingelaten wordt. In het lozingspatroon uit zich dit in een golvend patroon, waarin opeenvolgende meetwaarden doorgaans minder van elkaar afwijken dan meetwaarden met een groter tijdsinterval. Ze ijlen als het ware wat na. Indien er sprake is van autocorrelatie, dan moet een keuze gemaakt worden voor het interval waarover autocorrelatie optreedt. Dit interval geeft dus aan hoe lang het duurt voordat de metingen onafhankelijk van elkaar genoemd kunnen worden. Indien men geen rekening houdt met autocorrelatie, zal er

een onderschatting van de standaardafwijking gemaakt worden en zal de lozingseis lager (dus strenger) komen te liggen dan in het geval men wél rekening met autocorrelatie houdt.

Stap 8.6 Lozingseis afleiden

In deze stap wordt de lozingseis afgeleid. Daarbij is het van belang dat alle betrokkenen uitgaan van dezelfde invulling van het begrip "naleefbaar". Immers, de af te leiden lozingseis moet in een situatie van normale beheerste procesvoering gehaald kunnen worden. De kans op overschrijding van de lozingseis bij normale beheerste procesvoering moet verwaarloosbaar klein zijn. Aanbevolen wordt om hier standaard een overschrijdingskans van 1:1000 aan te koppelen, maar in sommige gevallen (als frequentie meting/bemonstering/analyse beperkt heeft plaatsgevonden/zal plaatsvinden) kan optioneel worden uitgeweken naar een 1:100 overschrijdingskans, maar dan moet daarmee in de handhavingstrategie rekening worden gehouden.

Een voorbeeld: stel, een lozingseis is 50 mg/l:

- Als dit een **gesloten eis** is (dus gebaseerd op een normale verdeling van de gegevens), dan houdt dit in dat deze eis onder de normale beheerste procesvoering in 99,9% van de meetwaarden niet zal worden overschreden. Er is dan sprake van een vaststaande verwaarloosbare overschrijdingskans van 1:1000. Bij een overschrijdingskans van 1:100 zal het om 99% van de meetwaarden gaan. Indien er wel een overschrijding wordt geconstateerd, is het vrijwel zeker geen beheerste procesvoering en dient handhavend te worden opgetreden.
- Als dit een **open eis** is, dan zal daar een 'overschrijdingspercentage' aan gekoppeld zijn (dit percentage genereert het programma). Stel dat het overschrijdingspercentage 6% is, dan moet dit ook in de vergunning worden meegenomen. Bij dagelijks meten worden 22 overschrijdingen (=6%) op jaarbasis getolereerd. Pas bij meer dan 22 overschrijdingen dient in dit geval handhavend te worden opgetreden. Een open lozingseis komt wellicht 'vreemd' bij de gebruiker over, zeker als er in de vergunning ook sprake is van een (of meerdere) gesloten eis(en). Gevoelsmatig zou de neiging kunnen ontstaan om de open lozingseis om te zetten in een gesloten lozingseis. Echter, men dient zich te realiseren, dat een normale beheerste procesvoering niet standaard tot een normaal statistische verdeling en dus tot een gesloten eis leidt. Een niet-normale verdeling, en dus een open lozingseis, behoort ook in dit geval tot de mogelijkheden. Bovendien wordt al in het Lozingenbesluit Wvo stedelijk afvalwater van 24 februari 1996 (Bijlage 6) voor bepaalde parameters voor een dergelijke aanpak gekozen. Hier is weliswaar geen sprake van de term 'open lozingseis' maar wordt wel het maximaal toegestane aantal monsters dat niet aan de grenswaarde voldoet, gekoppeld aan het aantal monsters dat gedurende een jaar genomen is. Omgerekend levert dit een overschrijdingspercentage op. Indien gewenst kan naast de open lozingseis een maximumeis naast worden opgenomen. Deze eis kan evenwel niet statistisch worden afgeleid maar moet op andere overwegingen gebaseerd zijn, bijvoorbeeld een waarde die samenhangt met de acute toxiciteit.

Bij normale beheerste procesvoering ligt bij een overschrijdingskans van 1:1000 99,9 % van de meetwaarden onder de lozingseis; bij een bedrijf dat dagelijks meet is de kans op een ten onrechte aangemerkte overschrijding dan 1 in ca. 3 jaar.

Bij een overschrijdingskans van 1:100 ligt op 99% van de meetwaarden onder de lozingseis. Dit betekent dat voor een bedrijf dat dagelijks meet de kans op een ten onrechte aangemerkte overschrijding dan 3 in ca. 1 jaar is.

Wanneer er sprake is van een normaal statistische verdeling van de meetwaarden in het lozingspatroon worden door de Lozingseis-assistent twee eisen weergegeven in grafiekvorm:

- een eis voor de maximale concentratie en
- een eis voor een gemiddelde van 10 metingen.

Voor deze eisen geldt dat ze bij een normaal beheerste procesvoering een verwaarloosbare vaststaande overschrijdingskans (zie hierboven) hebben. We noemen dit een gesloten lozingseis.

Wanneer de metingen afkomstig zijn uit een niet-normale verdeling, en dat na transformatie in stap 8.4 nog steeds niet het geval is, dan kan slechts een open lozingseis worden afgeleid. De reden dat er geen gesloten eis mogelijk is, is dat er vele soorten niet-normale verdelingen zijn en dat er dus niet in algemene zin over gesproken kan worden. Hierdoor is er ook veel minder algemene theorie op van toepassing en kan ook geen makkelijke voorspelling worden gedaan. Het gevolg is een open lozingseis, wat inhoudt dat daarbij aangegeven wordt in hoeveel procent van de gevallen er een overschrijding van de eis verwacht kan worden.

In het programma is de mogelijkheid opgenomen, om aan derden te kunnen verantwoorden hoe het formuleren van lozingseisen statistisch heeft plaatsgevonden. De uitvoer kan namelijk geprint worden, inclusief figuren over de (beoordeling van) normale verdeling en autocorrelatie.

Stap 8.7 Seizoensmatige lozing en het afleiden van seizoensafhankelijke lozingseisen

Het kan zijn dat de lozingen beïnvloed worden door seizoenen (zie ook stap 6; hiermee kan ook in stap 8.2 rekening worden gehouden bij de keuze van deelreeksen over de periode waarover lozingseisen worden afgeleid). Op grond van kennis over het productieproces moet dit worden vastgesteld. Het programma kan rekening houden met de seizoenen en toetsen of die seizoensmatige invloeden ook leiden tot verschillen in lozingseisen. Als er inderdaad verschillen zijn, dan kan voor elk van die seizoenen vervolgens met de *Lozingseis-assistent* een lozingseis worden afgeleid. Het is daarna aan de waterkwaliteitsbeheerder om te besluiten of er één lozingseis óf verschillende seizoensafhankelijke lozingseisen zullen komen.

Reductie meetinspanning

Zoals beschreven in stap 5.2 is het noodzakelijk om te onderzoeken of reductie van de parameters mogelijk is. Een andere faciliteit van de software is dan ook: het toetsen op correlaties tussen verschillende parameters. Indien er een voldoende sterke relatie gevonden wordt tussen twee of meerdere parameters, dan kan dit wellicht leiden tot een reductie van de meetinspanning. Voor meer

uitleg over deze exercitie (en over het begrip 'voldoende sterke relatie') wordt naar de gebruikershandleiding van de statistische software verwezen (Bijlage 7).

3.3 Overige opmerkingen t.a.v. de systematiek en de *Lozingseis-assistent*

In deze paragraaf wordt nog een aantal algemene opmerkingen ten aanzien van de systematiek en de *Lozingseis-assistent* verwoord.

- De kern van de systematiek is dat er naleefbare en handhaafbare lozingseisen worden afgeleid op basis van een lozingspatroon dat representatief is voor die situatie die het bevoegd gezag zou willen vergunnen. Deze situatie wordt gekenmerkt door het treffen van voldoende emissiebeperkende maatregelen en een normale beheerste procesvoering. Wanneer nog niet beschikt kan worden over een dergelijk lozingspatroon (b.v. bij vestiging van een nieuw bedrijf of bij uitbreiding van een bedrijf waarbij nog aanvullende emissiebeperkende maatregelen moeten worden getroffen) kan het aanbeveling verdienen om een tijdelijke vergunning af te geven met een relatief ruime voorlopige lozingseis waar het oppervlaktewater of de zuiveringstechnische werken geen schade van ondervinden. In een bepaalde, van tevoren vastgestelde, periode krijgt het bedrijf dan de gelegenheid om maatregelen te treffen en de vereiste lozingsmeetwaarden te krijgen op basis waarvan een definitieve lozingseis kan worden bepaald.
- In de *Lozingseis-assistent* wordt de meetonzekerheid, die ontstaat als gevolg van de bemonstering en de analytisch-chemische bepaling, meegenomen in de statistische reeks. Dit betekent dat de lozingseis, die op basis van de statistische software afgeleid is, als een harde norm gehanteerd dient te worden; overschrijding is handhaving! Op "esthetische" gronden kan weliswaar naar boven tot ronde getallen worden afgerond, maar men dient zich te realiseren dat dit een andere overschrijdingskans geeft dan de ingezette 1:1000 (of 1:100). Daarnaast mag men nooit meer vergunnen dan is aangevraagd.
- Het is mogelijk dat in het lozingspatroon (b.v. in een reeks metingen op basis van steekmonsters of etmaalmonsters) waarnemingen "lager dan de detectiegrens D" voorkomen. Alle waarnemingen in het lozingspatroon die lager zijn dan de detectiegrens (dus $<D$), worden door het programma *Lozingseis-assistent* gesubstitueerd door de waarde $1/2D$. Vervolgens kan op basis van de gesubstitueerde reeks met behulp van de software een lozingseis worden afgeleid voor een steekmonstereis of een VRG-eis. Deze wijze van vervangen van de meetwaarden $<D$ geeft volgens deskundigen de minste verstoring van de informatie die in het lozingsbeeld besloten ligt en geeft aldus de meest verantwoorde schatting van de lozingseis. Vervanging door bijvoorbeeld nul levert veel meer schade op aan de informatie van de reeks. Daar komt bij dat het programma niet kan rekenen met nul. Deze benadering loopt evenwel spaak wanneer er erg veel meetwaarden in het lozingsbeeld $<D$ zijn. De software zal dan ook zelf aangeven dat er geen lozingseis kan worden afgegeven omdat het lozingspatroon vrijwel constant op het niveau van $1/2D$ (substitutiewaarde) ligt. Bij veel meetwaarden $<D$ zal de afleiding van de lozingseis derhalve op basis van expert judgement moeten plaatsvinden.
- Deze benadering kan ook niet worden gevolgd wanneer er te veel

meetwaarden in het lozingspatroon <D zijn, waardoor de variatie van minimaal 5 verschillende meetwaarden niet gehaald wordt (er is dus sprake van een monotone reeks). De software zal dan aangeven dat er geen lozingseis kan worden afgegeven, omdat het lozingsbeeld vrijwel constant is. Bij veel meetwaarden op eenzelfde niveau (bijvoorbeeld <D) zal de afleiding van de lozingseis derhalve ook op basis van expert judgement moeten plaatsvinden.

Wanneer wel voldoende verschillende meetwaarden in de reeks aanwezig zijn, dan zal de *Lozingseis-assistent* wel een lozingseis af kunnen leiden, maar omdat de reeks dan geen normale verdeling heeft, zal het een 'open lozingseis' worden.

- Hoe omgegaan moet worden met meetwaarden <D bij de berekening van jaarvrachten is een discussie apart en staat los van de automatische substitutie met de waarde $1/2D$ ten behoeve van het afleiden van een lozingseis voor een steekmonster of een VRG-eis. Dit omdat de *Lozingseis-assistent* niet geschikt is voor het bepalen van de jaarvracht, omdat er minimaal 15 meetgegevens (lees: jaarvrachten) nodig zijn om een statistisch verantwoorde lozingseis af te leiden. Een situatie, waarin het bedrijf gedurende 15 jaar onder dezelfde omstandigheden hetzelfde product produceert, is echter niet realistisch. Voor het afleiden van jaarvrachten en de berekeningswijzen die daarbij gehanteerd moeten worden dienen andere oplossingen (expert judgement) gezocht te worden.
- Het is goed om te realiseren dat lozingseis, analysemethode, bemonsteringswijze (inclusief conservering) en berekeningswijze aan elkaar gekoppeld zijn. Concreet betekent dit dat wanneer bij een aanvraag lozingsgegevens zijn aangeleverd op basis van een bepaalde bemonsteringswijze en analysemethode, de op basis van deze gegevens af te leiden lozingseis alleen geldt voor dezelfde bemonsteringswijze en analysemethode. Dit houdt in dat tijdens het vooroverleg/quick scan duidelijk moet worden of de lozingsgegevens van het bedrijf met een afwijkende analysemethode en/of bemonsteringswijze dan de voorkeursmethode van het bevoegd gezag wel of niet gebruikt kunnen worden voor het afleiden van de lozingseis.

Finale toets afgeleide lozingseis op effecten op oppervlaktewater/-zuiveringstechnische werken?

Uit de praktijk blijkt dat gebruikers bezorgd zijn over de (hoge) lozingseis (stap 8) ten opzichte van de toetsing in stap 4. Zij zouden graag na stap 8 een terugkoppeling zien naar stap 4. Echter, als de voorgaande stappen van de methodiek goed zijn uitgevoerd, kan de uitkomst van stap 8 niet leiden tot een lozingseis met ongewenste effecten op de zuiveringstechnische werken of op het ontvangende oppervlaktewater. Immers, in stap 8 worden lozingseisen afgeleid, gekoppeld aan een lozingspatroon waarvoor in stap 4 reeds de bescherming van de doelmatige werking van de zuiveringstechnische werken, dan wel de bescherming van het oppervlaktewater is geborgd! Er worden dan namelijk appels met peren vergeleken. Stap 8 kan derhalve nooit leiden tot een resultaat dat strijdig is met de immissietoets!

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

In de huidige praktijk van de Wvo-vergunningverlening is er landelijk geen sprake van een uniforme aanpak voor het formuleren van lozingseisen:

- afwegingen vinden impliciet of onvolledig plaats;
- elke waterkwaliteitsbeheerder/vergunningverlener volgt een eigen aanpak;
- definities van bepaalde begrippen zijn niet eenduidig vastgelegd;
- en in sommige gevallen wordt door de vergunningverlener onvoldoende rekening gehouden met de handhavingspraktijk.

Vanuit de industrie is er behoefte aan reële adequate lozingseisen op basis van:

- eenduidigheid, zodat voor alle betrokkenen duidelijk is welke grens aan welke parameter gesteld is;
- uniformiteit, zodat voor vergelijkbare lozingssituaties vergelijkbare afwegingen gemaakt worden;
- handhaafbaarheid, waarmee bij overschrijding een handhavings-traject gestart kan worden;
- naleefbaarheid, zodat de lozingseisen, bij een normale beheerste procesvoering, door de aanvrager nagekomen kunnen worden.

Door middel van de volgende acht stappen kan gekomen worden tot adequate lozingseisen die aan de bovengenoemde criteria voldoen:

- 0) uitvoeren van een quick scan in het vooroverleg;
- 1) vaststellen van de te lozen parameters in de vergunningsaanvraag;
- 2) vaststellen van de stand der techniek en bijbehorende effluentwaarden voor het (productie)proces van de lozer of de eindzuivering;
- 3) vergelijken van de effluentwaarden met het lozingspatroon;
- 4) vaststellen van de invloed van effluentparameters op de ontvangende zuivering en/of het ontvangende oppervlaktewater;
- 5) kritisch beschouwen van het aantal parameters waarvoor lozingseisen worden afgeleid.
- 6) vaststellen van (fluctuaties in) het lozingspatroon per parameter of (stof)groep;
- 7) vaststellen van het type lozingseis;
- 8) vaststellen van de hoogte van de lozingseis, waar mogelijk door middel van de statistische software (de Lozingseis-assistent).

Ten aanzien van de in deze nota gepresenteerde systematiek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het vooroverleg is essentieel voor het snel doorlopen van de systematiek (quick scan) en het verkrijgen van de juiste gegevens. Bovendien blijkt uit de praktijk dat de discussie over wat nu precies een normale beheerste procesvoering is, zich in het vooroverleg concentreert.
- Ondanks dat de projectgroep zich vooral gericht heeft op de

-
- stappen 5 t/m 8, vragen de stappen 1 t/m 4 veel tijd. De discussie tussen bevoegd gezag en aanvrager zal zich naar verwachting toespitsen op de aspecten over de stand der techniek (stap 2) en de invloed van de parameters op het ontvangende systeem (stap 4).
- Met stap 5, waarin een kritische beschouwing van het aantal parameters wordt gegeven, kunnen administratieve lasten (o.a. analysekosten) gereduceerd worden.
 - Bij het vaststellen van een lozingspatroon dat hoort bij een normale beheerste procesvoering (stap 6), is sprake van een onderhandelingstraject tussen bevoegd gezag en aanvrager. Er worden heldere afspraken gemaakt met welke lozingsgegevens verdergegaan wordt en met welke niet. Het omgaan met uitschieters in het lozingspatroon is een punt van aandacht.
 - Nadat is nagedacht over het doel van de lozingseis en de voor- en nadelen van de verschillende typen lozingseisen, kan gekozen worden tot de keuze van een lozingseis (of een combinatie van meerdere). De typen zijn:
 - o steekmonstereis
 - o etmaalmonstereis
 - o dagvrachteis
 - o eis voor VRG-n-steekmonsters*
 - o eis voor VRG-n-etmaalmonsters*
 - o eis voor VRG-n-dagvrachten*
 - o jaarvrachteis.
 - * VRG-n staat hierbij voor voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van n (aantal) monsters.
 - Een aanbevolen insteek is te kiezen voor momentane eisen (bijv. een steekmonstereis) en/of een gemiddelde eis (bijv. een VRG-eis), maar dit kan bijvoorbeeld door de beschikbaarheid van gegevens wijzigen. Elke vergunningverlener/handhaver kiest een lozingseis, die past bij de situatie die vergund wordt, maar de ruimte die een bedrijf krijgt, wordt niet beïnvloed door het type lozingseis (op voorwaarde dat deze lozingseis goed afgeleid is). Er bestaat immers een onderlinge relatie tussen de typen lozingseisen.
 - Indien voldaan is aan de voorwaarden voor lozingsgegevens van een normale beheerste procesvoering, kan de hoogte van de lozingseis statistisch worden afgeleid. De *Lozingseis-assistent* is hiervoor een goed hulpmiddel. Indien hier niet aan voldaan wordt, dan gaat de (productie)proceskennis (expert judgement) een rol spelen in het formuleren van lozingseisen.
 - De *Lozingseis-assistent* leidt tot een 'harde' norm, waar de meetonzekerheid al in verdisconteerd is. Dit betekent dat de variatie in het lozingsproces, de bemonsteringsfout en de analysefout in de lozingseis meegenomen zijn. Bij overschrijding van de lozingseis is handhaving dus noodzakelijk. Het feit dat bedrijven, die qua emissies minder goed 'presteren', door de nieuwe systematiek als het ware 'beloond worden' met een ruimere lozingseis, is juist. Echter, dit effect doet zich in de huidige vergunningverlening ook al voor (zij het minder expliciet) en is dus niet toe te schrijven aan de nieuwe systematiek an sich.
 - Het is mogelijk dat met deze systematiek voor lozingseisen gekomen wordt tot ruimere lozingseisen, waarbij de schijn wordt gewekt dat dit ruimte zou kunnen bieden voor normopvulling. Er wordt echter benadrukt dat de vrees voor normopvulling ongegrond is. Aangezien nu toegewerkt wordt naar een verantwoorde naleefbare lozingseis, die statistisch gebaseerd is op lozingspatroon behorend bij een normale beheerste procesvoering, en door de

CIW-nota 'Handhaving Wvo' een stringentere naleving van kracht is, zal de vergunninghouder niet het risico willen lopen zijn bedrijfsvoering aan te passen richting de waarde van de lozingseis (normopvulling). Dit zal statistisch gezien namelijk leiden tot meer overschrijdingen van de lozingseis waardoor vaker stringent handhavend opgetreden zal worden. Men dient zich dus te realiseren dat er weliswaar een ruimere maar naleefbare lozingseis wordt gesteld, maar dat het toetsingsregime strenger is geworden, waardoor netto hetzelfde beschermingsniveau als vroeger gehanteerd wordt.

- Revisievergunningen en hernieuwde discussies tussen bevoegd gezag en aanvrager kunnen het gevolg zijn van deze nieuwe systematiek.

4.2 Aanbevelingen

Vanuit het project 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Bij het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water (LBOW) ligt nu de taak om de ontwikkelde systematiek ook daadwerkelijk te laten toepassen door de gebruikers en wellicht de toepassing zelfs te monitoren. De projectgroep doet de aanbeveling om de knelpunten in het gebruik van de systematiek na verloop van tijd (bijvoorbeeld 3 à 4 jaar na publicatiedatum) te evalueren, waarna eventueel aanpassing van de systematiek plaats kan vinden.
- Daarnaast doet de projectgroep aan LBOW de aanbeveling om, bij het updaten van de CIW-bedrijfstakingstudies, de aanbevolen lozingseisen uit deze studies met behulp van de voorliggende nota te evalueren.
- Voorts lijkt het voor het LBOW raadzaam om de diverse berekeningswijzen voor de jaarvracht, die in Nederland gehanteerd worden, te stroomlijnen en te uniformeren. Nu blijken er in de praktijk diverse methodieken te bestaan voor de jaarvrachtberekening in het kader van de milieujaarverslaglegging, heffing en lozingseisen in de vorm van jaarvrachten.
- Ook ontbreekt er nog een immissietoets voor de doelmatige werking van de rwzi. Verwacht wordt dat verschillende waterschappen al een eigen oplossing voor de indirecte lozingen gevonden hebben, maar het verdient aanbeveling dit landelijk in LBOW-kader op te pakken.
- Ondanks dat in deze systematiek geen uitspraak wordt gedaan over de meetfrequentie, maar er wel een relatie ligt met lozingseisen, wordt het LBOW geadviseerd om na te denken over een softwarematige koppeling tussen de *Lozingseis-assistent* en bijvoorbeeld een systematiek waarmee de bemonsteringsfrequentie uniform kan worden berekend¹¹.
- Daarnaast wordt aanbevolen om begrippen zoals effluentwaarde, emissiegrenswaarde, lozingswaarde, best uitvoerbare techniek en best bestaande techniek eenduidig te definiëren. In de praktijk blijken verschillende definities gehanteerd te worden en uniformiteit hierin lijkt gewenst.

.....

Noot

¹¹ Hierbij kan men bijvoorbeeld denken aan systemen als RiBOHeP en KIWATO. RiBOHeP is een applicatie ter berekening van de meetfrequentie in het kader van de heffing. KIWATO is een computerprogramma waarmee de inspanningsverplichting voor de waterkwaliteitsbeheerder door middel van statistische tools kan worden vastgesteld.

4.3 Enkele afsluitende opmerkingen

De verwachting is dat deze nieuwe werkwijze tot een betere en transparantere afleiding van lozingseisen leidt. Verwacht wordt dat met de voorgestelde systematiek de knelpunten uit hoofdstuk 2 kunnen worden aangepakt, hetgeen tot een duidelijke verbetering in de harmonisatie van de Wvo-vergunningverlening en –handhaving kan leiden. De aanbevelingen in de systematiek zijn dusdanig opgesteld dat een lozingseis op een goede en onafhankelijke wijze is vast te stellen door een (willekeurige) gebruiker. Dit zal in de meeste gevallen een vergunningverlener zijn, maar het kan ook een handhaver of aanvrager zijn. Enige ervaring met het emissiebeleid is overigens wel gewenst en in het begin zal de gebruiker moeten wennen aan de systematiek. Later zal die inzet beloond worden en loopt men gemakkelijker door de nieuwe stappen heen. In dit verband kan dan ook meer gesproken worden over een kwalitatieve meerwaarde van deze nota (ten opzichte van de huidige werkwijze) dan over een direct kwantitatieve meerwaarde (besparing in tijd).

Voorts dient te worden opgemerkt dat de systematiek in deze nota zó is opgesteld dat oplossingen geboden worden voor reguliere lozingssituaties. De systematiek is niet voor de ‘uitzonderingen van de uitzonderingen’ opgesteld. Het kan bijvoorbeeld mogelijk zijn, dat bij het doorlopen van de systematiek een bepaalde stap (bijvoorbeeld stap 5 met de kritische beschouwing van de parameters) niet relevant is voor een voorliggende situatie. In dergelijke gevallen wordt aanbevolen om de stap tóch te doorlopen, maar dan sneller. Dit wordt overigens al duidelijk als men, voor aanvang, de quick scan uitvoert en tijdens het vooroverleg de systematiek al geheel (zij het minder nauwkeurig) doorloopt.

Het is algemeen bekend dat het proces van Wvo-vergunningverlening als maatwerk te karakteriseren is. Bij het opstellen van de systematiek voor lozingseisen is gestreefd een optimum te bereiken tussen een kookboek en een bepaalde vrijheid van handelen, zonder daarbij in te boeten op de gewenste mate van uniformering. De in deze nota aangereikte systematiek mag dan ook niet worden beschouwd als een kookboek waarbij de gebruiker niet meer hoeft na te denken en waarmee hij automatisch tot het gewenste eindresultaat komt. De gebruiker dient bij de toepassing van de systematiek wel degelijk de betreffende lozingssituatie als een individueel geval te behandelen, daarbij het gezond verstand gebruikend. Milieubezwaarlijkheid, economische motieven en juridische consequenties dienen van geval tot geval te worden afgewogen. Ook mag de statistische software, die in veel gevallen duidelijkheid verschaft, niet klakkeloos worden toegepast, maar slechts onder bepaalde voorwaarden.

In dit licht dient te worden gewezen op de term ‘uniform’ die als één van de randvoorwaarden in paragraaf 2.3 is genoemd. Uniform wordt gedefinieerd als: “als de vergunningverlener uit de ene regio voor vergelijkbaar ontvangend oppervlaktewater en/of zuiveringstechnische werken voor een vergelijkbaar bedrijf met een vergelijkbare doelmatige werking van de (bedrijfs)afvalzuiveringsinstallatie dezelfde stoffen op dezelfde wijze begrenst als in een andere regio”. Dit is met de nieuwe systematiek wellicht niet haalbaar, maar binnen het project heeft men aanbevelingen willen geven voor een (zoveel mogelijk) uniform

denkkader. Omdat de menselijke afweging altijd een rol zal blijven spelen, zal volledige uniformiteit niet mogelijk worden geacht. Het uniforme(re) denkkader wordt dan ook gezien als de meerwaarde van deze systematiek ten opzichte van de huidige formulering van lozingseisen.

5 Literatuurverwijzingen en afkortingslijst

De volgende documenten zijn geraadpleegd:

- Handboek Wvo-vergunningverlening. Commissie Integraal Waterbeheer/Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, mei 1999.
- Emissie-Immissie, Prioritering van bronnen en de immissietoets. Commissie Integraal Waterbeheer, juni 2000.
- Het beoordelen van stoffen en preparaten voor de uitvoering van het emissiebeleid water. Commissie Integraal Waterbeheer, mei 2000.
- Handhaving Wvo, Een kwestie van kunnen, willen en doen. Commissie Integraal Waterbeheer, december 2000.
- Integrale aanpak risico's onvoorziene lozingen, Commissie Integraal Waterbeheer, februari 2000.
- Nota Wvo-vergunningenbeleid, interne nota nr. 01/06683 van het Waterschap Brabantse Delta (voorheen het Hoogheemraadschap van West-Brabant), mei 2001.
- Statistische aspecten van lozingseisen, Icastat Statistisch Adviesbureau, mei 2003. Rapport in opdracht van de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen'.

Afkortingenlijst

AmvB	Algemene Maatregel van Bestuur
Awb	Algemene wet bestuursrecht
AWP	Afvalwaterpersleiding
Awzi	(Bedrijfs)afvalwaterzuiveringsinstallatie
BAT	Best Available Technique
BUT	Best Uitvoerbare Techniek
BREF	BAT reference document
CIW	Commissie Integraal Waterbeheer
CUWVO	Coördinatiecommissie Uitvoering Wvo
CZV	Chemisch zuurstofverbruik
EC	European Commission
EOX	Extraheerbare gehalogeneerde organische verbindingen
EU	Europese Unie
IPPC	Integrated Prevention and Pollution Control
KRW	Kaderrichtlijn Water
LBOW	Landelijk Bestuurlijk Overleg Water
N	Stikstof
NeR	Nederlandse emissierichtlijn
NW4	Vierde Nota Waterhuishouding
P	Fosfor
PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
RiBOHeP	Richtlijn Bemonsteringsfrequentie Onderzoek Heffing Parameters
rwzi	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
StdT	Stand der techniek

TEB	Totaal-effluentbeoordeling
UVR	Uitvoeringsbesluit Verontreiniging Rijkswateren
VNCl	Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie
VNPI	Vereniging van de Nederlandse Petrochemische Industrie
VOX	Vluchtige gehalogeneerde organische verbindingen
VRG-n	Voortschrijdend rekenkundig gemiddelde van n (aantal) monsters
Wm	Wet milieubeheer
Wvo	Wet verontreiniging oppervlaktewateren
ZS	Zwevend stof
ztw	Zuiveringstechnische werken

Bijlagen

- Bijlage 1: Samenstelling projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen'
- Bijlage 2: Totaaloverzicht van alle stappen
- Bijlage 3: Lozingen met geringe milieurelevantie en bescherming zuiveringstechnische werken
- Bijlage 4: Doelen van lozingseisen
- Bijlage 5: Mogelijke typen lozingseisen met hun specifieke voor- en nadelen
- Bijlage 6: Statistische aspecten van lozingseisen
- Bijlage 7: Gebruikshandleiding, behorende bij de *Lozingseis-assistent*

Bijlage 1 Samenstelling projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen'

Op 1 oktober 2001 is de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' van start gegaan en hebben de volgende personen zitting (gehad) in de projectgroep:

Voorzitter:

Ir. F. Dijkman

Inspectie Verkeer en Waterstaat,
Divisie Water

Secretaris:

Mevr. drs. ing. L.W. Volkers-Verboom

Rijkswaterstaat RIZA

Leden (in alfabetische volgorde):

Mevr. ir. A.G. Bakker

Shell, VNO-NCW/VNCI

Ing. J.M. Butter

Corus, VNO-NCW

Ir. J.P. van Dalen (tot 01-01-'03)

Ministerie Verkeer en Waterstaat/DGWater

Ing. C.P.T.M. Duyvesteijn

Esso, VNO-NCW/VNPI

Mevr. ing. P.E.C.M. Grootens

Waterschap Brabantse Delta

Dr. G.P.C.M. Dekker (vanaf 1-02-'03)

Rijkswaterstaat RIZA

Mevr. mr. drs. M. Lammens (tot 15-09-'03)

Unie van Waterschappen

Ing. J.A.J. Lobstein

Wetterskip Fryslân

Mevr. ir. S.G.J. Rasenberg (tot 1-02-'03)

Rijkswaterstaat RIZA

A.J. Voortman (vanaf 01-04-'03)

Rijkswaterstaat directie Oost Nederland

Ir. D.A. Vroon

Rijkswaterstaat RIZA

H.J.M. Zuijdervelt

Rijkswaterstaat directie Zuid Holland

Daarnaast hebben de onderstaande personen zitting gehad in de begeleidingscommissie voor de statistische software:

M. Lips

Corus

P.R.M. de Visscher

Rijkswaterstaat directie Zuid Holland

Opdrachtnemers voor de statistische software zijn geweest:

Drs. P.K. Baggelaar

Icastat Statistisch Adviesbureau

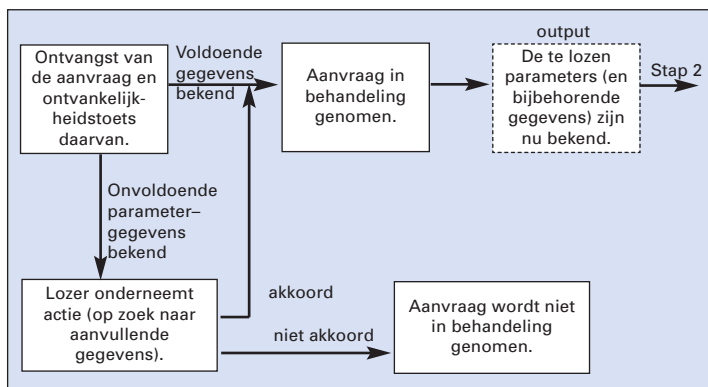
Ir. E.C.J. van der Meulen

Adviesbureau Modelling en Optimalisatie

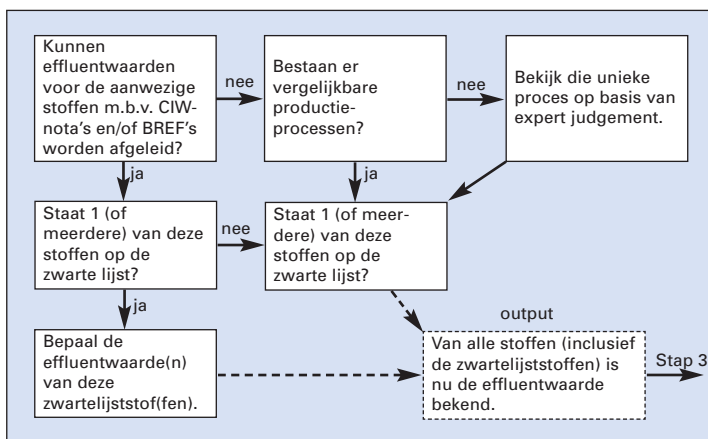
Bijlage 2 Totaaloverzicht van alle stappen

.....

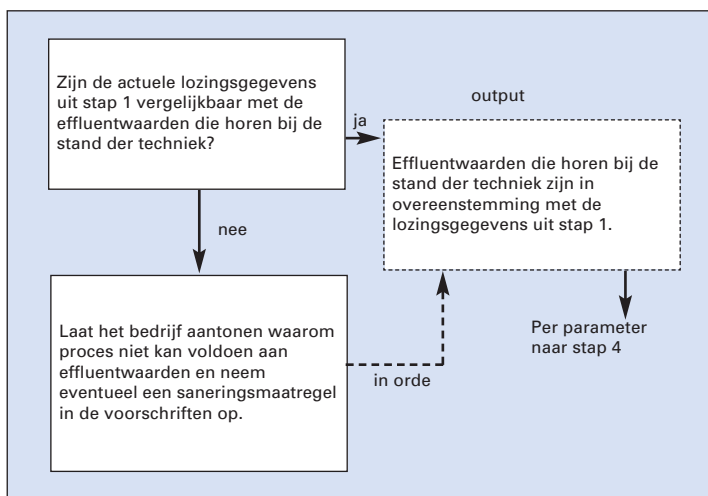
Stap 1



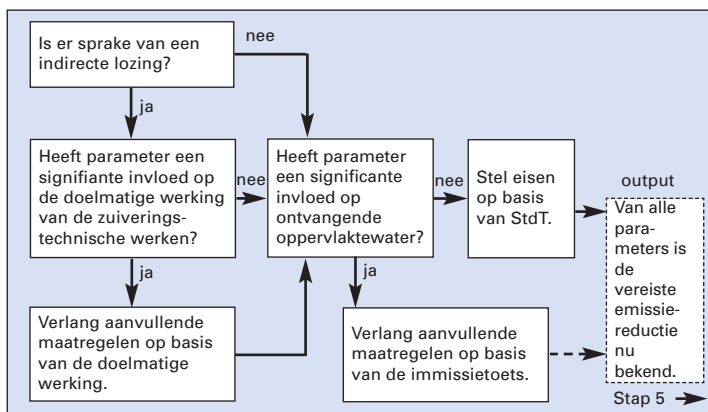
Stap 2



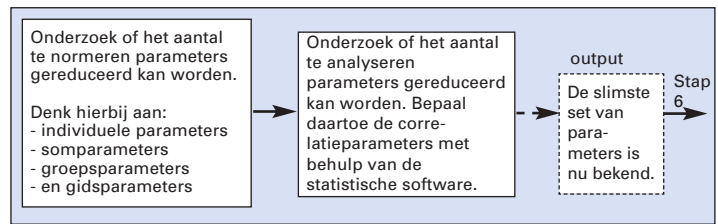
Stap 3



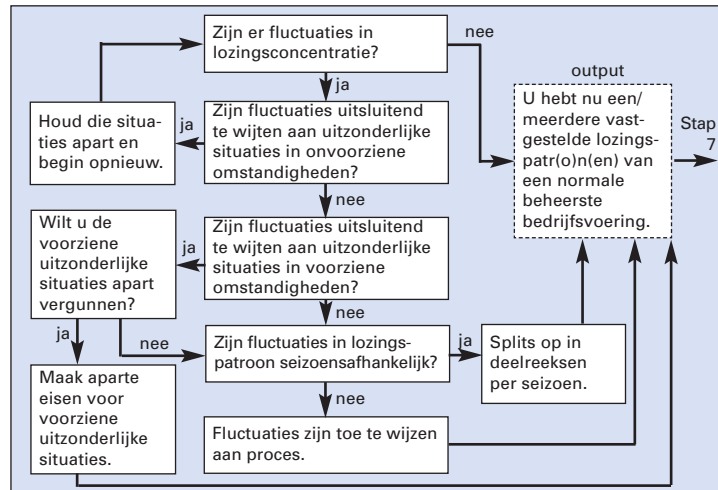
Stap 4



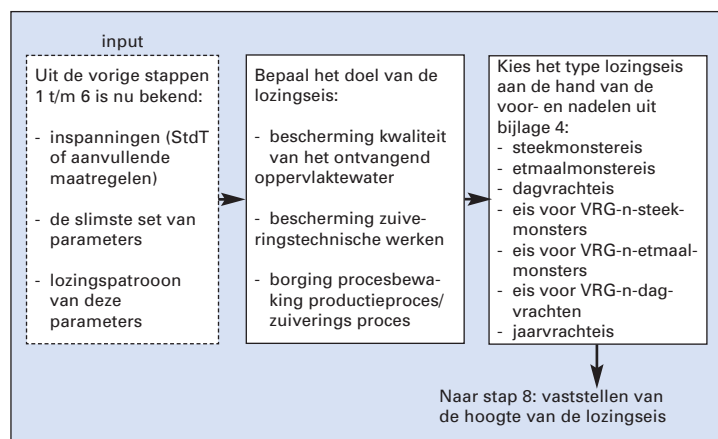
Stap 5



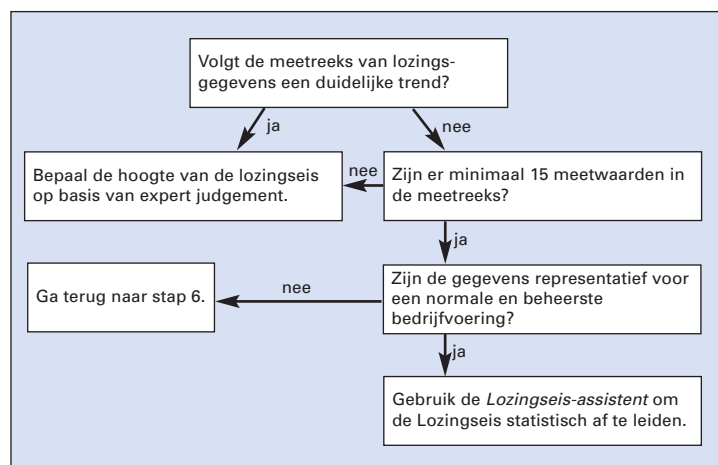
Stap 6



Stap 7



Stap 8



Bijlage 3 Bescherming van de zuiveringstechnische werken¹³

Lozingen met geringe milieurelevantie

Voor bepaalde categorieën van lozingen is de vraag aan de orde:

- of het Wvo-vergunningenregime onverkort moet gelden c.q. of de vergunning niet een te zwaar instrument is;
- welke mate van verontreiniging aanvaardbaar is.

In afwachting van landelijke richtlijnen wordt door het Waterschap Brabantse Delta het volgende interim beleid gehanteerd.

Voor bedrijfsmatige activiteiten die onder de Wvo-vergunningsplicht vallen en waarvan de milieurelevantie beperkt is, worden bij de emissieaanpak zogenaamde drempelwaarden als toetsingskader gehanteerd. Uitgangspunt hierbij is dat van de bedrijven, die een geringe bijdrage leveren aan de totale emissie, afkomstig vanuit puntbronnen (vuistregel <10 – 20%), de aanvragen globaal worden getoetst. Hierbij moet vooral worden gedacht aan good-house-keeping maatregelen en eenvoudige zuiveringstechnieken (bezinking e.d.). De feitelijke lozing wordt dan (impliciet) in de Wvo-vergunning gelimiteerd. Zie hiervoor de onderstaande tabel met drempelwaarden, opgenomen voor de meest voorkomende vergunningsparameters.

Parameter	Drempelwaarde	Eenheid
Arseen	(2)	kg/jaar
Cadmium	(0,2)	kg/jaar
Chroom	15	kg/jaar
Koper	50	kg/jaar
Kwik	(0,2)	kg/jaar
Lood	10	kg/jaar
Nikkel	25	kg/jaar
Zilver	3	kg/jaar
Zink	50	kg/jaar
N-totaal	10.000	kg/jaar
P-totaal	10.000	kg/jaar
Chloorfenolen	(10)	kg/jaar
Cyanide	5	kg/jaar
EOX	(25)	kg/jaar
Fenolen (vluchtige)	50	kg/jaar
PAK	(25)	kg/jaar
VAK	(200)	kg/jaar
VOX	(5)	kg/jaar
VHK	(5)	kg/jaar

Noot

13 Tekst is integraal overgenomen uit de Nota Wvo-vergunningenbeleid van het Waterschap Brabantse Delta (voorheen Hoogheemraadschap van West-Brabant). Nota nr. 01/06683, mei 2001. De tekst kan mogelijk als voorbeeld dienen.

Bij toepassing van deze drempelwaarden gelden de volgende uitgangspunten:

- als voor een lozing, op basis van een AmvB-regelgeving of CIW-aanbevelingen verdergaande eisen worden gesteld, dan worden die eisen onverkort overgenomen;
- voor directe lozingen en nieuwe bedrijfslozingen is de stand der techniek (BUT/BAT) en de waterkwaliteitsaanpak bepalend en is de drempelwaarde niet van toepassing;
- voor de zwartelijststoffen geldt in beginsel, dat lozing van deze stoffen moet worden beëindigd of getracht moet worden een nullozing zo dicht mogelijk te benaderen. De betreffende drempelwaarden zijn slechts als indicatief bedoeld (en tussen haakjes geplaatst); daarvoor geldt een saneringsverplichting;
- voor een aantal parameters (zoals chloride en sulfaat) zijn de grenswaarden ter bescherming van de doelmatige werking van zuiveringstechnische werken van toepassing;
- voor handhaving van vergunningsvoorschriften zijn de drempelwaarden geen toetsingsinstrument.

Indien derde belanghebbenden bedenkingen inbrengen tijdens de vergunningsprocedure of er door meerdere lozingen wel sprake is van een substantiële milieurelevantie zal alsnog toetsing op basis van de stand der techniek plaatsvinden.

Doelmatige werking van zuiveringstechnische werken

Voor indirecte lozingen kunnen in een Wvo-vergunning naast voorschriften ter bescherming van de oppervlaktewaterkwaliteit, voorschriften worden opgenomen ter bescherming van de doelmatige werking van zuiveringsinstallaties en de bijbehorende gemalen en persleidingen. Ook in de aansluitvergunning kunnen ter zake voorschriften worden opgenomen. Onder het begrip doelmatige werking vallen aspecten als:

- het beschermen van het zuiveringsproces tegen verstoring (onregelmatige lozingen, schadelijke stoffen);
- het tegengaan van sterk verdunde afvalwaterlozingen of lozingen met eenzijdige samenstelling (aangeduid als dunwater);
- het beschermen van de fysieke toestand van de werken tegen aantasting;
- het voorkomen van stank en hinder;
- economisch doelmatig werken.

Voor de toepassing van het criterium 'doelmatige werking' hanteert het Waterschap Brabantse Delta de volgende aanpak.

Emissie-aanpak versus eindzuivering

- Zuivering van bedrijfsafvalwater in een rwzi met een in hoofdzaak gelijksoortige samenstelling als huishoudelijk afvalwater wordt als een doelmatige verwerking binnen de uitgangspunten van het emissiebeleid (BUT) aangemerkt.
- Voor lozing van biologische afbreekbare zwartelijststoffen geldt de emissieaanpak (BBT), waarbij ook biologische behandeling als saneringsmaatregel primair in eigen beheer bij de bron dient plaats te vinden in plaats van in een rwzi. Het waterschap voert hierin een zeer terughoudend beleid, omdat in een rwzi veelal geen volledige afbraak wordt bereikt, er meer emissie naar het milieu plaatsvindt (overstorten riolering, stripping), de slibkwaliteit kan verslechteren en het beheer van een rwzi kwetsbaarder wordt bij onvoorziene lozingen.

Daarnaast spelen de arbeidsomstandigheden op de zuiverings-technische werken een rol.

Zuurstofbindende stoffen (i.e.)

Voor de zuurstofbindende stoffen geldt een emissie-aanpak (BUT) waarbij in verband met de ontwerpcapaciteit van een rwzi rekening wordt gehouden met een onregelmatig lozingspatroon van bedrijven i.c. een piekfactor van 1,5 – 2,0. Afhankelijk van de lozingsomvang gelden bij vergunningverlening de volgende randvoorwaarden:

1. Indien de jaargemiddelde vuillast van een bedrijf meer dan 20% van de gemiddelde belasting van de rwzi bedraagt, wordt in de vergunning een jaargemiddelde vuillast in i.e. opgenomen met een maximale dagwaarde van 1,5 x jaargemiddelde;
2. Is de vuillast relatief hoog maar het aandeel is minder dan 20% van de belasting van de rwzi dan wordt een voortschrijdend gemiddelde over 10 dagen opgenomen met een maximale dagwaarde van maximaal 1,5 – 2,0 x 10-daags gemiddelde;
3. bij een lage vuillast (< 10.000 i.e.) en een gelijkmatige lozing, wordt alleen een maximale dagwaarde opgenomen; bij een onregelmatig lozingspatroon, zie ad 2;
4. Campagnebedrijven¹⁴: de gemiddelde vuillast wordt onderscheiden naar de campagne- en overige periode. Hierbij worden de bovengenoemde criteria toegepast, waarbij in plaats van jaargemiddelde, het campagnegemiddelde wordt beschouwd.

Dunwater

Als dunwater wordt aangemerkt:

- a) Voorgezuiverd bedrijfsafvalwater
- b) Grondwater dat vrijkomt bij bodemsaneringsprojecten en bouwputbemalingen
- c) Drainagewater vanuit de glastuinbouw (nutriënten en bestrijdingsmiddelen)
- d) Drainagewater ter verlaging van de grondwaterstand
- e) Spoel- en spuiwater van drinkwaterleidingen
- f) Verversing van zwembaden
- g) Koelwater

Voor voorgezuiverd bedrijfsafvalwater is een indirecte lozing toegestaan, mits (in een etmaalmonster) voldaan wordt aan de volgende criteria:

- maximale verhouding m^3/ie = 0,35
- maximale verhouding CZV/BZV_5 = 3
- minimale verhouding CZV/N_{totaal} = 8
- minimale verhouding BZV_5/N_{totaal} = 4
- minimale verhouding CZV_5/P_{totaal} = 50

Hierbij wordt er van uitgegaan, dat bij afwijking van deze matrix beïnvloeding van de doelmatige werking zal plaatsvinden. Per situatie zal worden beoordeeld, welke randvoorwaarde(n) dient/dienen te prevaleren.

.....
Noot

¹⁴ Definitie campagnebedrijf: een bedrijf dat planmatig gedurende langere tijd (weken tot maanden) een lozingsniveau heeft dat aanmerkelijk hoger is dan buiten die periode (3 – 5 x hoger). Bij de bepaling van de piekfactor wordt uitgegaan van de reguliere lozingsituatie (geen calamiteuze of incidentele lozingen).

Toxiciteit

Bij bepaalde bedrijven kunnen in het afvalwater toxische stoffen voorkomen, die bij lozing de biologische activiteit van het zuiverings-slib in een rwzi beïnvloeden c.q. remmen. Met behulp van acute toxiciteitstoetsen wordt bij een bepaalde verdunning de remming gemeten van de nitrificatie en/of respiratie van het slib. Om de effecten van een toxische lozing op de biologische zuivering te beperken, wordt de mate van acute toxiciteit voor het actief slib in de vergunning gelimiteerd. De lozing van toxische stoffen dient zodanig beperkt te zijn, dat bij een 5 respectievelijk 10-voudige verdunning geen nitrificatie- respectievelijk respiratieremming (< 10%) optreedt. In NW4 is voor de komende planperiode aangegeven dat er een Totaal-effluentbeoordelingsmethode zal worden ingevoerd, teneinde meer inzicht te verkrijgen in de milieubezwaarlijkheid van een lozing. Of met deze methode ook een uitspraak kan worden gedaan over de mogelijke effecten van een indirecte lozing is nog onduidelijk. Indien de lozing goed gekarakteriseerd kan worden door middel van een bepaalde parameter, dan wordt die parameter in de vergunning opgenomen (zoals fenolen; 5 mg/l).

Afzetting en corrosie

Een aantal parameters wordt in vergunningen opgenomen in verband met het risico van vorming van scale danwel afzetting en corrosie.

Tot de betreffende parameters kunnen worden gerekend: zuurgraad, chloride, sulfaat, (bi)carbonaat, calcium en magnesium. Van invloed zijn ook temperatuur en ionsterkte van het afvalwater.

Voor de directe bedrijfslozingen op een zuiveringstechnisch werk (ztw) worden de onderstaande randvoorwaarden gehanteerd. Omdat het materiaal van de Afvalwaterpersleiding voor westelijk Noord-Brabant (AWP) beter bestand is tegen chloride en sulfaat gelden hiervoor ruimere voorwaarden; de zuurgraad is gelimiteerd op pH = 9 vanwege de kans op scale in de AWP.

Parameter	Randvoorwaarden bij directe lozing op een ztw		Randvoorwaarden bij directe lozing op de AWP	
		Steekmonster	Steekmonster	Dagverzamelmonster
Temperatuur	30° C		30° C	
Zuurgraad (pH)	6,5 – 10,0		6,5 – 9,0	
Chloride	300 mg/l		10.000 mg/l	5.000 mg/l
Sulfaat	300 mg/l		2.000 mg/l	1.500 mg/l
(Bi)carbonaat	600 mg/l		600 mg/l	
Calcium	200 mg/l		200 mg/l	
Magnesium	150 mg/l		150 mg/l	

Uitgangspunt is:

- dat het betreffende afvalwater geen nadelige gevolgen mag opleveren in combinatie met huishoudelijk afvalwater en ook niet in combinatie met andere bedrijfsafvalwaterlozingen;
- dat de eisen die aan de parameters worden gesteld aan elkaar zijn gerelateerd. Dit houdt in dat een randvoorwaarde, gesteld voor de ene parameter, medebepalend is voor de te stellen randvoorwaarde aan een andere parameter.

De voorwaarden voor (bi)carbonaat, calcium en magnesium worden als vergunningsvoorschrift opgenomen ingeval er sprake is van een relevante lozing. Bij een gehalte aan (bi)carbonaat groter dan de aangegeven waarde kunnen aanvullende vergunningsvoorschriften

met betrekking tot afzettingen opgenomen worden. Verruiming van de norm voor calcium is in onderzoek. Aan de parameter ionsterkte worden vanuit afzetting- en/of corrosieoogpunt slechts bij relevante bedrijfslozingen voorschriften gesteld.

Slibkwaliteit

Volgens het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (Stb. 1993/617) kan zuiveringsslib op grond van de aanwezigheid van bepaalde verontreinigingen, in een (gesommeerde) concentratie groter dan de daarvoor geldende grenswaarde, als gevaarlijke afvalstof worden aangemerkt.¹⁵

Indien na de emissie aanpak blijkt, dat de restemissie van een lozing op een rwzi leidt tot een overschrijding of een substantiële opvulling van de genoemde grenswaarde, dan zullen verdergaande maatregelen aan de bron c.q. bedrijf worden vereist. Met name geldt dat voor stoffen die vallen onder de laagste grenswaarde (klasse A: 50 mg/kg, zoals arseen, cyaniden, PAK's).

Als vuistregel acht het waterschap een additionele toename van 5 tot 10 mg/kg in het zuiveringsslib nog aanvaardbaar, tenzij de voorbelasting van het zuiveringsslib reeds 80% van de grenswaarde bedraagt.

Overige parameters

In verband met belemmering van de doelmatige werking van ztw kan per bedrijfslozing worden bezien of aanvullende voorschriften opgenomen dienen te worden.

Het betreft stoffen als:

- vluchtige componenten (verstoring slibgisting, stankhinder)
- (minerale) oliën en vetten (verstoring biologie, afzetting)
- detergenten en andere schuimvormende stoffen (verstoring biologie)
- zware metalen (slibgisting, slibkwaliteit)
- polymeren (thermische slibbehandeling)
- onopgeloste bestanddelen (anorganische fractie, slibafzetting, slibverwerking)

.....

Noot

15 De Eural is de opvolger van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA). In de Eural wordt zuiveringsslib uitgesloten. De verwerker van het zuiveringsslib van Waterschap Brabantse Delta heeft als acceptatiewaarden de concentratiegrenzen uit het BAGA overgenomen

De verschillende doelen bepalen op welke wijze die parameters genormeerd worden. Men zal in de praktijk veelal met een lozingseis meerdere doelen nastreven. Uiteraard is het van belang dat er communicatie plaatsvindt tussen bevoegd gezag en aanvrager over het doel 'waaróm lozingseisen in de vergunning worden geformuleerd'.

Bescherming van de kwaliteit van het oppervlaktewater

Voor het bereiken van dit doel dient een maximum gesteld te worden aan de hoeveelheid te lozen stoffen. Afhankelijk van de aard (bezwaarlijkheid) van de stof en aard van het ontvangend water wordt een lozing toegestaan en wordt gekozen voor momentane, gemiddelde of vrachteisen. Bij kleine, gevoelige wateren, waar een kortdurende piek al een significante invloed kan hebben, kan een steekmonstereis gewenst zijn. Bij grotere wateren, met grote verdunningsfactoren, zal in het algemeen via een gemiddelde of een vrachteis een voldoende beschermingsniveau kunnen worden vastgelegd. Er wordt dus gekeken of er sprake is van een significante invloed op het ontvangende oppervlaktewater.

Het begrip 'significante invloed' op het ontvangende oppervlaktewater is vastgelegd middels de CIW-nota 'Emissie-Immissie'.

Aan een lozing met significante invloed worden aanvullende eisen gesteld, op basis van de invloed op het ontvangende water. Hierbij wordt uitgegaan van de gemiddelde concentratie in de lozing.

Vanuit deze toetsing is formulering van lozingseisen van een gemiddelde concentratie dan ook de eerste insteek. Bij kleinere wateren kan het daarnaast gewenst zijn om ook het momentane gedrag te formuleren van lozingseisen in de vorm van een steekmonstereis. Een kortdurende piek kan in die gevallen namelijk een groot effect hebben op het ontvangende oppervlaktewater. Bij grotere lozingen op ruim ontvangend water zal in het algemeen kunnen worden volstaan met een eis op het gemiddelde gehalte. Een pieklozing zal hier door de grote verdunning minder snel tot directe effecten leiden.

De immissietoets kan ook gehanteerd worden om te bepalen of met een formulering van lozingseisen via een momentane eis kan worden volstaan. Als een lozing niet leidt tot een significante invloed op het ontvangende oppervlaktewater, is een aanvullende eis op het gemiddelde gehalte vanuit die waterkwaliteitsbril niet direct noodzakelijk.

Bescherming van de goede werking van zuiveringstechnische werken bij indirecte lozingen

Voor een zuiveringswerk als een rwzi zal in zijn algemeenheid, gezien de verdunningsfactor en robuustheid van de zuivering, via gemiddelden en vrachten afdoende bescherming kunnen worden verkregen. De eisen ten aanzien van zuurstofbindende stoffen, en stikstof en fosfaat moeten zijn afgestemd op de capaciteit van de

installatie. Voor stoffen die het zuiveringsproces kunnen ontregelen kan een momentane eis (steekmonstereis of etmaalmonstereis) opportuun zijn, afhankelijk van de snelheid of de maximale te verdragen duur van een bezwaarlijke pieklozing.

Voor een goede werking van een zuiveringsinstallatie zijn de volgende aspecten van belang:

- het beschermen van het zuiveringsproces (onregelmatige lozingen, toxische stoffen);
- het beschermen van de kwaliteit van het zuiveringsslib;
- het beschermen van de werken op zich tegen aantasting.

Voor de grotere lozingen zullen m.n. zuurstofbindende stoffen, n en P , en onopgeloste bestanddelen via gemiddelden en vrachten worden genormeerd, om daarmee de belasting van de zuivering te borgen. Wel is dan goed inzicht nodig in de mogelijke piek, en kan er van daaruit een aanvullende momentane eis worden gesteld. Voor kleinere lozingen, met een verwaarloosbaar aandeel in de belasting, kan in principe met momentane eisen worden volstaan. De exacte invulling wordt afgestemd op de betreffende installatie (capaciteit, verblijftijd) en hangt af van het (mogelijke) aandeel van de lozing daarin.

Voor verontreinigingen die de kwaliteit van het zuiveringsslib negatief beïnvloeden (bv zware metalen) ligt een bewaking op het gemiddelde gehalte het meest voor de hand, gezien de grote afvlakking binnen de gehele sliblijn van de installatie.

Voor verdere procesversturende stoffen (toxische stoffen, oliën, vluchtige stoffen) zijn steekmonstereisen gezien de direct mogelijke effecten opportuun. Ook hier wordt de exacte invulling afgestemd op de betreffende installatie en de mogelijke impact van de lozing.

Borging van procesbewaking in de productieprocessen/-zuiveringsprocessen van de aanvrager

In feite betreft dit borging van de stand der techniek. Als een lozingseis een functie wil hebben richting procesbewaking, dan moet deze ook een signalerende functie hebben, en moet de aanvrager via procesbewaking invloed hebben op die parameter. Het kan gaan om bewaking op deelstromen of op de totale stroom vanaf een bedrijf. De hoogte van de formulering van lozingseisen zal in vele gevallen zijn vastgelegd in CIW-rapporten of in BREF's. De vorm van de bepaling is in feite vrij, aangezien alle vormen statistisch gelijk te schakelen zijn, en zal afhangen van de situatie ter plaatse in het bedrijf.

Via lozingseisen wordt vastgelegd wat de resultante moet/mag zijn van productie- en zuiveringsproces. In die zin heeft elke eis, in welke vorm dan ook, een functie binnen de procesbewaking in een bedrijf.

Bij complexere productieprocessen, met vele deelstromen, en fluctuaties in stoffen en gehalten, kunnen eisen op gemiddelde gehalten een functie hebben als signaleringswaarde. Bij overschrijding van dat gehalte in een steek/etmaalmonster vindt nog geen overschrijding van de lozingseis plaats, maar is mogelijk iets aan de hand dat aandacht vereist voor de oorzaken om overschrijding verder te voorkomen.

Voor het merendeel van de Wvo-vergunningen voor relatief kleine lozingen, waarbij de door de lozer te leveren inspanning vooral door de stand der techniek voor de zuivering wordt bepaald, wordt formuleren van lozingseisen van momentaan gedrag het meest geschikt geacht.

Lozingseis gebaseerd op een steekmonster

Een steekmonster kan op elk moment genomen worden en de monstername is relatief eenvoudig. Er is geen (dure) bemonsteringsapparatuur noodzakelijk en op elk willekeurig tijdstip kan worden gecontroleerd of het bedrijf voldoet aan zijn verplichtingen. Deze lozingseis is dus eenduidig, uniform vast te leggen, handhaafbaar en, ook naleefbaar. Bij grote schommelingen in de lozing moet om de naleefbaarheid te garanderen een verhoudingsgewijs hoog maximum worden genormeerd (ten opzichte van het gemiddelde), waardoor een steekmonstereis in dat geval minder opportuun is.

Een steekmonstereis kan opportuun zijn in de volgende situaties:

- Het bedrijf moet beschikken over een reeks steekmonsters van de lozing om een lozingseis af te kunnen leiden. Dat lijkt een open deur, maar in de praktijk is er bij bedrijven met debietproportionele bemonsteringsapparatuur alleen een set van gegevens van etmaalmonsters aanwezig. Het genereren van een set van steekmonsters is in bijna alle situaties wel mogelijk, maar levert voor het bedrijf wel aanvullende analysekosten op.
- Een steekmonstereis is een goede eis bij kleine schommelingen / beperkte uitschieters in de concentratie van de te formuleren van lozingseisen parameter. De optisch vergunde lozingsruimte is dan beperkt.
- Gezien de eenvoud van monstername en controle heeft een steekmonster met name de voorkeur bij kleinere lozingen, met geen significante invloed op oppervlaktewater of zuiveringstechnisch werk.
- NB: er zijn ook stoffen/parameters die alleen in steekmonsters kunnen worden voorgeschreven (minerale olie, vluchtige organohalogenenverbindingen). In een etmaalmonster zouden ten gevolge van chemische en/of biologische afbraak, verdamping, precipitatie, etc. andere gehalten kunnen worden gemeten dan daadwerkelijk geloosd. Wanneer dit de parameters zijn die proces- en milieurelevant zijn, dan dient de vergunningverlener het momentane gedrag te reguleren.
- Formuleren van lozingseisen van momentaan gedrag wordt geschikt geacht voor het merendeel van de Wvo-vergunningen voor relatief kleine lozingen waarbij de door de lozer te leveren inspanning vooral door de stand der techniek wordt bepaald.

Kenmerken	Wanneer opnemen	Voordelen	Nadelen
<p>Afzonderlijk monster, willekeurig (wat betreft tijdstip en/of plaats) aan water onttrokken (NEN).</p> <p>Representatief voor moment van monstername; niet voor langere periode.</p> <p>Tussen twee steekmonsters minimaal 24 uur.</p>	<p>Als afvalwater redelijk constante kwaliteit heeft. Overschrijding mag niet vallen onder "normale beheerste procesvoering".</p> <p>Niet opnemen als het afvalwater geen constante kwaliteit heeft.</p> <p>Opnemen als:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bij analytische beperkingen (temperatuur, pH, vluchtige stoffen). - bij lozingen met geringe milieurelevantie (hoge concentratie-eis eerder mogelijk) - als er op monsterna-mepunt geen apparatuur voor continue debiet-meting en proportionele bemonstering aanwezig is. <p>Vaak in combinatie met VRG-eisen of jaarvracht.</p>	<p>Kan op elk moment genomen worden. Monstername is bovendien eenvoudig.</p> <p>Handhavingsactie kan direct ondernomen worden.</p>	<p>Bepaling hoogte van eis is lastig voor vergunningverlener en bedrijf. Set van data is vaak erg beperkt.</p> <p>Momentopname, dus niet representatief voor langere periode. Maakt naleving voor bedrijven lastiger (tenzij de concentratie-eisen statistisch verantwoord zijn afgeleid).</p>

.....
Matrixtabel 1
 Steekmonstereis

Lozingseis gebaseerd op een etmaalmonster

Het etmaalmonster is een debietproportionele of tijdproportionele 24-uurs bemonstering van het afvalwater. De representativiteit van deze lozingseis voor de daadwerkelijke emissie van het bedrijf is groter dan de steekmonstereis. De concentratie kan over de dag sterker fluctueren zonder directe consequenties voor het bedrijf. De belangrijkste voorwaarden voor het opleggen van een etmaalmonstereis zijn:

- Het bedrijf moet continue meet- en bemonsteringsapparatuur plaatsen (dit is bij grotere bedrijven vaak het geval), of de investering moet opwegen tegen de voordelen/noodzaak van het opnemen van een dergelijke eis. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld > 100 vervuilingseenheden.
- Er mag geen afbraak, verdamping of andere verandering van de stof/parameter plaatsvinden in het monstervat.

Kenmerken	Wanneer opnemen	Voordelen	Nadelen
<p>Samengesteld monster, verkregen door menging (deel)monsters van verschillende plaatsen of tijdstippen.</p> <p>Aaneengesloten genomen met automatische bemonsterings-apparatuur in 24 uur.</p> <p>Kan volume-of tijdsproportioneel zijn.</p>	<p>Opnemen als lozingspatroon sterker fluctueert dan bij steekmonstereis (met name binnen 24 uur).</p> <p>Kan in principe een concentratie- of vrachteis (dagvracht) zijn.</p>	<p>Geeft getrouw beeld van emissie over 24 uur.</p> <p>Eisen liggen (optisch) lager dan steekmonster-eisen. Kans op overschrijding in principe even groot, maar er is wat meer reactietijd voor de lozer.</p> <p>Handhavingsactie 1x per dag, minder incident-gestuurd.</p> <p>Naleefbaarheid neemt wellicht toe omdat de reactietijd van de lozer toeneemt.</p> <p>In vele gevallen al ruime meetreeks aanwezig (bv. vanuit de heffing).</p>	<p>Monsterconservering vraagt om juiste omstandigheden.</p> <p>Meet- en bemonsteringsapparaatuur vraagt om extra controle.</p> <p>Tijdstip monstername wordt bepaald door bedrijf en beschikbaarheid apparatuur.</p>

.....
Matrixtabel 2
 Etmaalmonstereis
 (=24-uursverzamelmonster)

Lozingseis gebaseerd op VRG-n-steekmonsters

In de huidige praktijk is n veelal 10, maar eventueel kan ook een ander getal worden gebruikt. Een lozingseis gebaseerd op de VRG-10-steekmonsters zal ongeveer liggen op de lozingseis van een etmaalmonster. Feitelijk stel je steeds een soort etmaalmonster samen uit 10 deelmonsters.

Een VRG-10-steekmonstereis zal kunnen worden toegepast als:

- een lozer geen continue meet- en bemonsteringsapparatuur heeft
- met een steekmonstereis (optisch) teveel emissieruimte wordt gegeven (m.a.w. als de concentratie sterk fluctueert en de parameter milieurelevant is)

Een voortschrijdend rekenkundige gemiddelde is niet minder goed handhaafbaar, als er maar regelmatig gemeten wordt. Immers, na 9 monsters levert elk volgend monster een toetsbaar getal op voor de handhaver. Een getal hoger dan de VRG-eis in één monster betekent ook niet dat het bedrijf in overtreding is, het is een geaccepteerde procesfluctuatie. Wel zouden zowel bedrijven als handhavers de VRG-eis voor één enkel monster kunnen gebruiken als signaleringswaarde. Bij een ruimere waarde dan de VRG-eis is er (mogelijk) wat aan de hand. Het bedrijf heeft dus, binnen een zekere bandbreedte, meer tijd om adequaat op processchommelingen te reageren.

Lozingseis gebaseerd op VRG-n-etmaalmonsters

De lozingseis van het VRG-n-etmaalmonsters zal weer lager liggen dan de hierboven genoemde lozingseisen. De optische lozingsruimte van het bedrijf wordt verder gelimiteerd. Een eis van VRG-10 etmaalmonsters heeft als voordeel dat fluctuaties en pieken (van bijvoorbeeld batch-processen die niet continu bijstaan) nog sterker worden afgevlakt en is daarom met name bij grote fluctuaties geschikt. Seizoensvariaties worden echter niet afgevlakt (tenzij een zeer beperkt aantal metingen per jaar wordt gedaan). Een VRG-10-etmaalmonstereis kan goed worden toegepast als:

- het bedrijf beschikt over continue meet- en bemonsterings-apparatuur
- er geen analytische beperking is door afbraak, verbranding, etc.
- het bedrijf meer reactietijd nodig heeft bij een (dreigende) overschrijding. Let wel: er wordt hier gesproken over reactietijd en niet over lozingsruimte.

Matrixtabel 3

Voortschrijdend rekenkundig gemiddelde (VRG) steek/etmaal/dagvracht

Lozingseis gebaseerd op VRG-n-dagvrachten

Met deze lozingseis kan de lozingsruimte van een bedrijf verder worden beperkt. Ten opzichte van de lozingseis gebaseerd op het

Kenmerken	Wanneer opnemen	Voordelen	Nadelen
Gemiddelde van n metingen, niet perse aaneengesloten. Tussen metingen zit meestal 24 uur. Veelal uitgedrukt als concentratie-eis. Maar kan ook worden weergegeven als een vrachteis.	Opnemen bij bescherming van de doelmatige werking van een zuiveringstechnisch werk, m.n. voor de vervuilingswaarde. Opnemen bij effluent parameters AWZI ter bewaking van de werking van de AWZI. (m.n. N, P, CZV bij biologische zuiveringen).	Fluctuaties hebben veel minder invloed, waardoor de hoogte van de eis dichter bij de daadwerkelijke emissie van het bedrijf ligt. Bij aselechte monsternamen ontstaat een getrouw beeld van de daadwerkelijke emissie. Handhaving mogelijk na elke monsternamen (bij $n=10$, duurt het 9 metingen en dan is er na elke meting een VRG en dus een toetsing mogelijk). De naleefbaarheid van deze lozingsnorm is goed (vanwege grotere reactietijd bij steek- en etmaalmonstereisen).	Historische toetsing is nodig; reactietijd bij overtredingen is groot. Regelmatige bemonstering nodig om adequate handhaving mogelijk te maken. Eén incident kan lang doorwerken in toetsing, dwz meerdere overtredingen op VRG veroorzaken.

VRG-n-etmaalmonsters wordt immers ook de invloed van het debiet afgevlakt.

- n = 1 t/m 3 De lozingseis wordt soms toegepast bij 3-daagse pieklozingen op een zuiveringstechnisch werk om de doelmatige werking te beschermen. De hoogte van de dagwaarde of het voortschrijdend gemiddelde van de dagwaarde is afhankelijk van de bijdrage van de lozing aan de gemiddelde belasting op een rwzi.
- n = 10 Analoog aan VRG-10-steekmonsters en VRG-10-etmaalmonsters kan ook een VRG -10-dagvrachten gedefinieerd worden. Ook dit kan worden toegepast bij een (relevante) lozing op een zuiveringstechnisch werk.

Lozingseis gebaseerd op een (voortschrijdende) jaarvracht

De te vergunnen jaarvracht kan in principe zeer dicht bij de daadwerkelijke emissie van het bedrijf liggen. De jaarvracht is de maximale jaarlijks te lozen hoeveelheid van een stof of parameter.

Er zijn verschillende berekeningsmethoden van de jaarvracht:

- Het rekenkundig gemiddelde van de gemeten dagvrachten vermenigvuldigd met het aantal lozingsdagen in een kalenderjaar
- Het voorschrijdend rekenkundig gemiddelde van de gemeten dagvrachten vermenigvuldigd met het aantal lozingsdagen in de achterliggende perioden van 365 dagen.
- Een gewogen gemiddelde concentratie van *n* dagvrachten vermenigvuldigd met de jaarlijkse afvoerhoeveelheid.

Kenmerken	Wanneer opnemen	Voordelen	Nadelen
<p>Er bestaan meerdere definities van de jaarvrachteis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maximale vracht (kg/jaar), bepaald uit gemiddelde concentratie van <i>n</i> dagvrachten maal afvoerhoeveelheid in dat kalenderjaar - Dagvrachten bepaald over 365 dagen met regelmatige verdeling. 	<p>Bij seizoens-fluctuaties.</p> <p>Bij batch-processen die sterk wisselend over een jaar worden ingezet.</p> <p>Bij grote immissie-effecten op groot ontvangend water en/of zuiveringstechnische werken kan een jaarvracht een relevante formulering van lozingseisen zijn.</p>	<p>Ligt dicht bij de daadwerkelijke emissie van het bedrijf.</p>	<p>Handhaafbaarheid kent problemen, bv tav de omgang met incidenten en met overschrijding van de jaarvracht vroeg in het jaar.</p> <p>Alleen toepasbaar/zinvol voor grote(re) en/of complexe bedrijven met gestructureerd zorgsysteem.</p>

.....
Matrixtabel 4
 Jaarvrachteis

Het is afhankelijk van de berekeningswijze, maar als de jaarvracht wordt bepaald aan de hand van een groot aantal metingen, dan middelen deze metingen elkaar sterk uit. Ook seizoensinvloeden kunnen geheel wegvallen. De vergunningverlener kan de norm optisch heel dicht op de daadwerkelijke emissie leggen.

Een jaarvracht kan ook worden gebaseerd op de maximale productiecapaciteit van een bedrijf. De vracht legt dan in feite de maximaal mogelijke lozing bij reguliere procesvoering vast.

Over vragen als "hoe wordt omgegaan met overschrijding van de jaarvracht" en "hoe wordt omgegaan met processtorings (wel of niet meetellen in de jaarvracht?)" moeten intern (bij het bevoegd gezag) en met het bedrijf goede afspraken gemaakt worden.

.....
Matrixtabel 5

Voortschrijdende jaarvrachteis

Kenmerken	Wanneer opnemen	Voordelen	Nadelen
<p>Maximale vracht (kg/jaar), die is bepaald uit gemiddelde concentratie van n dagvrachten maal afvoerhoeveelheid in een jaar.</p> <p>Dagvrachten bepaald over 365 dagen met regelmatige verdeling over een jaar; dit schuift steeds op.</p>	<p>Bij seizoensfluctuaties. Bij batch-processen die sterk wisselend over een jaar worden ingezet.</p>	<p>Geeft door wijze van berekenen een trend van de emissies.</p> <p>Door opschuiving kan men bij overtreding sneller optreden dan bij de jaarvracht (na 1 jaar meten heeft men een VRG).</p> <p>Optisch heel dicht bij de daadwerkelijke emissie van het bedrijf.</p>	<p>Incidenten blijven lang meetellen in gemiddelde (apart meetellen).</p> <p>Veel discussie over wat een incident is en wat normaal beheerste procesvoering</p>

Statistische aspecten van Lozingseisen

drs. P.K. Baggelaar
Icastat Statistisch Adviesbureau
Niagara 18, 1186 JP Amstelveen, tel. 020 641 52 11

Dit rapport is in mei 2003 in opdracht van de projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' opgesteld en heeft de basis gelegd voor het vervaardigen van de *Lozingseis-assistent*.

In het opmaakproces van dit rapport kunnen kleine tekstuele fouten in de statistische formules geslopen zijn. Geadviseerd wordt om, bij twijfel, het oorspronkelijke document te raadplegen, dat u in de software vindt.

Inhoud

Samenvatting 85

1 Inleiding 89

- 1.1 Probleemstelling 89
- 1.2 Over dit rapport 89

2 Vaststellen lozingskenmerken 91

- 2.1 Te verstrekken meetwaarden 91
- 2.2 Wat zijn de relevante kenmerken van het lozingsproces? 92
- 2.3 Vaststellen kansverdeling van het proces 95
- 2.4 Vaststellen autocorrelatie van het proces 97
- 2.5 Vaststellen seizoensmatig lozingsproces 102
- 2.6 Passen de lozingskenmerken bij de haalbare effluentconcentratie? 105
- 2.7 Samenvatting van het vaststellen van de lozingskenmerken 105

3 Formuleren lozingseisen 107

- 3.1 Soorten van normen 107
- 3.2 Mogelijke lozingseisen voor momentaan gedrag 111
- 3.3 Mogelijke lozingseisen voor gemiddeld gedrag 114
- 3.4 Vertalen lozingseis naar ander monstertype 117
- 3.5 Rekening houden met milieurelevantie van parameters 118
- 3.6 Samenvatting van het formuleren van lozingseisen 119

4 Benutten van relaties tussen parameters 121

- 4.1 Vaststellen relaties tussen parameters 121
- 4.2 Voorspellen van niet-bemeten parameter met bemeten parameter 122
- 4.3 Criterium voor de relatie tussen twee parameters 123
- 4.4 Samenvatting van het benutten van relaties tussen parameters 124

5 Formuleren lozingseisen voor vrachten 125

- 5.1 Schatten van jaarvracht 125
- 5.2 Mogelijkheden voor wat betreft lozingseisen voor jaarvrachten 126
- 5.3 Samenvatting van lozingseisen voor vrachten 126

6 Signaleren en behandelen van uitschieters 127

- 6.1 Signaleren van uitschieters 127
- 6.2 Samenvatting van het signaleren en behandelen van uitschieters 128

7 Omgaan met gecensureerde meetwaarden 129

- 7.1 Beste oplossing: hef de censuur door het laboratorium op 129
- 7.2 Suboptimale oplossingen voor omgang met gecensureerde waarden 130
- 7.3 Vervangen van afzonderlijke gecensureerde waarden 131

-
- 7.4 Vervangen van een groep gecensureerde waarden 131
 - 7.5 Samenvatting van het omgaan met gecensureerde waarden 134

8 Hoe verder? 135

Literatuurverwijzingen 137

Bijlage – Verklaring van een aantal statistische termen 139

Samenvatting

De projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' had als doelstelling te komen tot aanbevelingen voor eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare en naleefbare lozingseisen in Wvo-vergunningen. Dit rapport geeft een beeld van de mogelijkheden die de statistiek daarbij kan bieden. Het is bedoeld als een stap naar een procedure voor het opstellen van het gewenste soort lozingseisen.

Vaststellen van de lozingskenmerken

Een lozingseis die rekening houdt met de kenmerken van de lozing onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering, is naleefbaar door het betreffende bedrijf als het die procesvoering handhaaft. Een dergelijke naleefbare lozingseis is het eenvoudigst op te stellen als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en geen autocorrelatie vertonen. Maar de praktijk leert dat lozingen doorgaans één of meer van de volgende complicerende kenmerken vertonen:

1. meetwaarden afkomstig uit een niet-normale kansverdeling;
2. autocorrelatie (dat tot uiting kan komen in een 'wandeland' gemiddelde) en
3. seizoenseffecten of periodiciteit.

De klassieke statistische methoden zijn niet zondermeer toepasbaar op meetreeksen met dergelijke complicerende kenmerken. Het is dus nodig om vast te stellen in hoeverre hier sprake van is, zodat daar vervolgens bij het opstellen van lozingseisen rekening mee kan worden gehouden. Dit rapport geeft zowel visuele methoden (beoordeling van grafieken), als formele methoden (statistische toetsen) om de kenmerken van een lozingsproces vast te stellen.

Ook worden methoden gepresenteerd om complicerende kenmerken te verminderen. Zo is het vaak mogelijk om door middel van een eenvoudige rekenkundige transformatie van de meetwaarden te bewerkstelligen dat tóch mag worden uitgegaan van de normale kansverdeling. En als de autocorrelatie van een lozingsproces niet te groot is en er voldoende meetwaarden beschikbaar zijn (minstens 50), is het mogelijk om daarvoor te corrigeren, anders kan de autocorrelatie worden verkleind of omzeild, door het weglaten van meetwaarden, middelen en/of differentifiëren. Tenslotte kan het differentiëren ook uitkomst bieden om seizoenseffecten of periodiciteit op te heffen. Het is overigens raadzaam het lozende bedrijf (of beter gezegd: de aanvrager in het algemeen) te verplichten om bij de aanvraag voor de vergunning aan te geven welke verstrekte meetwaarden representatief zijn voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Tevens dient het bedrijf daarbij voor elke verstrekte uitschietende meetwaarde aan te tonen of te beargumenteren dat deze nog de gebruikelijke, beheerste situatie vertegenwoordigt. Dit zal de waterkwaliteitsbeheerder veel werk besparen en tot beter uitgangsmateriaal leiden. Het is ook raadzaam te eisen dat het bedrijf een bepaalde minimale hoeveelheid informatie verstrekt bij de aanvraag voor de

vergunning. Gezien de grote autocorrelaties die op kunnen treden, kan hierbij gedacht worden aan meetwaarden over een periode van twee jaar. Maar als kan worden aangetoond of beargumenteerd dat er nauwelijks autocorrelatie optreedt, zou kunnen worden volstaan met informatie over een kortere periode.

Formuleren van lozingseisen

Een geschikte naleefbare lozingseis is de tolerantielimiet, zijnde de grens waarvan we met een bepaalde betrouwbaarheid mogen verwachten dat die hooguit door een bepaald percentage nieuwe meetwaarden (of gemiddelden van meetwaarden) wordt overschreden, mits de procesvoering normaal en beheerst blijft. Als het percentage van overschrijding meer bedraagt, mogen we met dezelfde betrouwbaarheid aannemen dat er niet meer sprake is van de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Een tolerantielimiet wordt berekend uit historische meetwaarden en de berekeningswijze hangt af van de kansverdeling van het proces en van het al of niet optreden van autocorrelatie. De onzekerheden ten gevolge van bemonsterings- en analysefouten en de steekproeffout zijn reeds in de tolerantielimiet verdisconteerd.

Dit rapport geeft voor verschillende combinaties van kansverdeling en autocorrelatie aan hoe de tolerantielimiet kan worden berekend. Als kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, kan zelfs een tolerantielimiet worden berekend met een verwaarloosbare overschrijdingskans, zoals 1/1.000. Deze kan dan worden gehanteerd als een lozingseis die niet overschreden mag worden. Als niet kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, zijn er minstens 1.000 onafhankelijke meetwaarden nodig om een dergelijke tolerantielimiet te kunnen berekenen.

Om een lozingseis die is afgeleid voor een bepaald monstertype (zoals dagverzamelmonsters, of steekmonsters) te kunnen omzetten naar een die van een ander monstertype, dient er een vertaalslag plaats te vinden, op basis van beschikbare parallelle meetwaarden, een speciale proefopzet of beredenering. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met een eventuele autocorrelatie.

Als we het risico op het niet-signaleren van normoverschrijdingen voor parameters met een grotere milieurelevantie meer willen beperken, dan dient voor die parameters een hogere meetfrequentie te worden opgelegd. Enige voorzichtigheid is geboden als we een hogere meetfrequentie willen opleggen dan die van de historische meetwaarden waarmee de kenmerken van hun kansverdeling zijn vastgesteld. Er is namelijk geen objectieve methode voorhanden om de autocorrelatiestructuur die is geconstateerd voor een bepaalde meetfrequentie te vertalen naar die van een hogere meetfrequentie.

Benutten van relaties tussen parameters

Als twee parameters een voldoende sterke relatie vertonen, kan dit worden gebruikt om de meetinspanning te verminderen. De relatie dient daartoe te worden uitgedrukt in een lineair regressiemodel en de daaruit volgende bovengrens van het interval dat met 95% betrouwbaarheid de meetwaarde van de ene parameter (Y) zal bevatten, gegeven de meetwaarde van de andere parameter (X). De berekening van de bovengrens dient rekening te houden met de kansverdeling en de autocorrelatie van de modelresiduën. Als voor een nieuwe meetwaarde van X de bovengrens onder de lozingseis voor Y blijft, gaan we er van uit dat er geen overschrijding plaatsvindt, anders dient Y alsnog te worden geanalyseerd in het

betreffende monster. Een eerste selectie van gerelateerde parameters kan worden uitgevoerd aan de hand van correlatiecoëfficiënten. Vervolgens dient te worden vastgesteld of de bovengrens niet te vaak boven de lozingseis uitkomt.

Lozingseisen voor vrachten

Voor het formuleren van naleefbare lozingseisen voor momentane vrachten en voor gemiddelde vrachten over een korte periode, kan in principe dezelfde aanpak worden gehanteerd als voor concentraties, namelijk voortborduren op het inzicht in de kansverdeling van de meetwaarden onder gebruikelijke, beheerste procesvoering. Voor jaarvrachten is deze aanpak echter niet geschikt, doordat er doorgaans te weinig historische jaarvrachten beschikbaar zijn. Om toch tot een soort lozingseis te kunnen komen, moet worden onderzocht of er een 'haalbare jaarvracht' kan worden afgeleid uit de haalbare effluentconcentratie en een haalbaar debiet. De nauwkeurigste methoden om jaarvrachten te schatten zijn de directe methode en de gewogen concentratiemethode.

Signaleren en behandelen van uitschieters

Het opschonen van een meetreeks vergt detailkennis van de lozing en het is derhalve raadzaam dit te laten uitvoeren door het lozende bedrijf. Evenzo is het raadzaam om het bedrijf voor verstrekte uitschieters te laten aantonen of beargumenteren dat deze representatief zijn voor de normale beheerste procesvoering. Een meetwaarde kan worden beschouwd als uitschieter, als zijn absolute gestudentiseerde afwijking groter is dan 3.

Omgaan met waarden gerapporteerd als 'kleiner dan analysegrens'

Als de statistische analyse van een meetreeks wordt belemmerd door gecensureerde waarden, is de beste oplossing om het laboratorium te vragen alsnog de ongecensureerde meetwaarden te verstrekken. Als dat niet mogelijk is, dient een benaderingsmethode te worden gehanteerd die aansluit op het soort statistische analyse. In dit rapport worden enkele geschikte methoden gepresenteerd. Voor het vaststellen van autocorrelatie in een meetreeks en het vaststellen van relaties tussen parameters kunnen de gecensureerde waarden het best worden vervangen met de DG90-methode. Voor andere statistische analyses komt de log-waarschijnlijkheidsregressiemethode het meest in aanmerking.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

De projectgroep 'Lozingseisen Wvo-vergunningen' had als doelstelling te komen tot aanbevelingen voor eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare en naleefbare lozingseisen in Wvo-vergunningen. Daartoe had zij ondermeer behoefte aan een beeld van de mogelijkheden die de statistiek daarbij kan bieden en heeft daarom in 2003 aan Icastat Statistisch Adviesbureau verzocht antwoorden te formuleren op de volgende vragen:

- (1) Hoe kunnen de relevante kenmerken van de lozing voldoende nauwkeurig worden vastgesteld?
- (2) Hoe moeten lozingseisen worden geformuleerd, opdat deze naleefbaar zijn?
- (3) Hoe kan worden vastgesteld of verschillende parameters voldoende zijn gerelateerd om er één te laten vervallen uit het meetprogramma?
- (4) Hoe moeten lozingseisen voor vrachten worden geformuleerd?
- (5) Hoe moet je omgaan met extremen in meetreeksen bij het opstellen van lozingseisen?

1.2 Over dit rapport

Dit rapport geeft antwoorden op de bovenvermelde vragen, met onderbouwing. Het beschrijft nog slechts de *mogelijkheden* die de statistiek kan bieden om te komen tot eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare en naleefbare lozingseisen. Dit dient ter ondersteuning van de discussie binnen de projectgroep, die uiteindelijk zal moeten leiden tot een uitgewerkte en - bij voorkeur - gebruiksvriendelijke procedure voor het opstellen van het gewenste soort lozingseisen. Dit rapport bevat al wel veel fragmenten die geschikt zullen zijn voor die procedure, maar ze zullen eerst nog geconcretiseerd en vervolgens op een logische wijze verbonden moeten worden, opdat ook de gewenste eenduidigheid en uniformiteit worden bewerkstelligd. Verder zullen er nog verschillende keuzen moeten worden gemaakt en zullen er nog ontbrekende onderdelen uitgewerkt moeten worden om tot de gewenste procedure te kunnen komen.

Leeswijzer

Na deze inleiding worden in de hoofdstukken 2 t/m 6 antwoorden geformuleerd op de vijf bovenvermelde vragen. In hoofdstuk 7 wordt apart ingegaan op het probleem van de gecensureerde waarden en worden daar oplossingen voor aangedragen. Hoofdstuk 8 noemt de vervolgstappen die nodig zijn om tot een softwarematige procedure voor het opstellen van lozingseisen te komen. Dit rapport sluit af met de alfabetisch gerangschikte lijst van de literatuur waarnaar in de tekst is verwezen. De bijlage bevat een verklaring van enkele statistische termen die in het rapport worden gebruikt.

Voor de eenduidigheid bevat het rapport noodzakelijkerwijs veel statistische formules, waardoor het voor een niet-ingewijde op het eerste gezicht ontoegankelijk kan lijken. Er is echter getracht het geheel zó te verwoorden, dat het voor de begripsvorming niet nodig is om de formules te doorgronden.

Kwaliteitsborging

De kwaliteit van dit rapport is geborgd door ir. Johan Th. Groennou, wiskundig statisticus. Hij heeft ruim 20 jaar ervaring met statistisch onderzoek bij Kiwa NV, onderzoeksinstituut op het gebied van water.

2 Vaststellen lozingskenmerken

Bij de aanvraag van een vergunning dient het bedrijf de vergunningverlener van alle relevante parameters meetwaarden te verstrekken waarmee de kenmerken van de lozing bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering kunnen worden vastgesteld. De vergunningverlener kan daarmee dan per parameter vaststellen of de lozingskenmerken passen bij de haalbare effluentconcentratie. Als dat niet het geval is, kan een saneringsonderzoek worden opgelegd. Maar als de lozingskenmerken wél passen bij de haalbare effluentconcentratie, kan per parameter een lozingseis worden opgesteld die rekening houdt met die lozingskenmerken en daardoor naleefbaar is. Als er sprake is van een seizoensmatig lozingspatroon, dient daarmee uiteraard ook rekening te worden gehouden, bijvoorbeeld door lozingseisen op te stellen voor afzonderlijke deelfasen.

In het nu volgende wordt aangegeven hoe relevante lozingskenmerken kunnen worden vastgesteld uit verstrekte meetwaarden. Vervolgens wordt aangegeven hoe kan worden vastgesteld of de lozingskenmerken passen bij de haalbare effluentconcentratie. Dit hoofdstuk sluit af met een korte samenvatting. In het volgende hoofdstuk zullen dan enkele mogelijkheden worden gepresenteerd om naleefbare lozingseisen op te stellen.

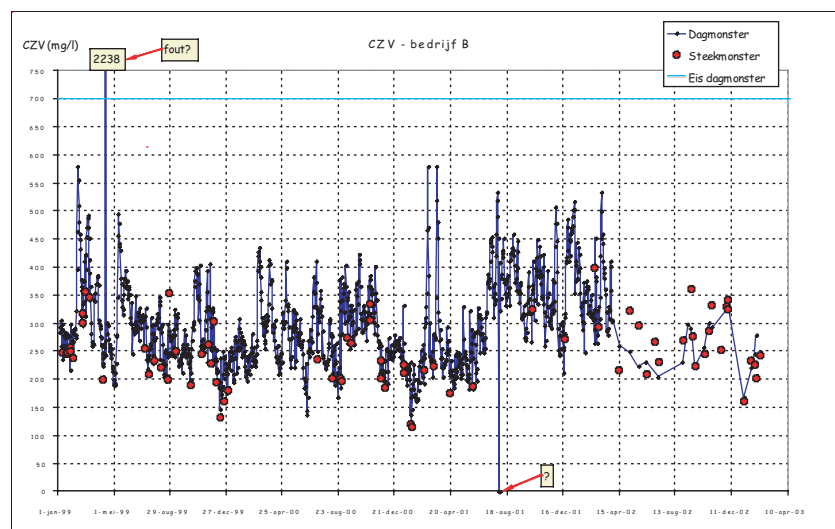
2.1 Te verstrekken meetwaarden

Een naleefbare lozingseis dient voldoende rekening te houden met de kenmerken van de meetwaarden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Het bedrijf dient de beheerder daarom *voldoende* informatie te verschaffen die *representatief is voor de situatie waar de vergunning voor dient te gelden*. Meetwaarden die fout zijn, of die zijn verkregen tijdens ongewone voorvallen moeten dus reeds door het bedrijf zijn gemarkeerd, ongeacht of het een voorval betreft dat is voorzien, zoals onderhoud, of een voorval dat niet is voorzien, zoals een calamiteit. Om te voorkomen dat de beheerder wordt opgehadeld met de opschoning van de meetwaarden, die zeer arbeidsintensief kan zijn en zonder detailkennis van de lozing ook nauwelijks te objectiveren valt, is het tevens raadzaam het bedrijf te verplichten om voor elke uitschietende meetwaarde aan te tonen of te beargumenteren dat deze nog de gebruikelijke, beheerste situatie vertegenwoordigt (zie ook hoofdstuk 6).

Enkele voorbeelden van de problemen waarmee een beheerder kan worden opgehadeld als deze slechts ruwe gegevens van een bedrijf ontvangt, kunnen worden geïllustreerd aan de hand van figuur 2.1. Het betreft twee meetreeksen van een bepaald lozingsproces, namelijk van dagverzamelmonsters en van steekmonsters van CZV, zoals verzameld over een periode van meer dan drie jaar.

Bij beschouwing van figuur 2.1 is de eerste vraag die zich aandient of hier wel over de hele periode sprake is van hetzelfde proces. Het gemiddelde vertoont namelijk een grootschalige golfbeweging, het is bijvoorbeeld laag in de eerste helft van 2001 en daarna weer duidelijk hoger. Welk deel van de reeks moet hier dan worden geanalyseerd om iets over de kansverdeling van de meetwaarden onder beheerste condities te kunnen zeggen en daaruit vervolgens een lozingseis af te leiden? Of is het geleidelijk fluctueren van het gemiddelde hier onvermijdelijk bij een beheerste procesvoering? Verder zal de uitschieter in april 1999 vrijwel zeker een meetfout of een onbeheerste situatie betreffen, maar wat heeft bijvoorbeeld de series extreme meetwaarden in het voorjaar van 2001 veroorzaakt? En hoe komt het dat er tot begin 2002 zoveel steekmonsters zijn genomen juist op dagen dat het CZV laag was? De steekmonsters onderschatten het gemiddelde daardoor sterk. Dit zijn veel vragen die nader onderzoek vergen en waarover contact moet worden opgenomen met het lozende bedrijf.

Figuur 2.1
Voorbeeld van ruwe meetreeksen van dagverzamelmonsters en steekmonsters van CZV.



Een beheerst proces is nog geen garantie voor een stabiel gemiddelde

Uit navraag bleek, dat met uitzondering van de extreme waarde in april 1999 en de nulwaarden in augustus 2001, alle meetwaarden representatief zijn voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Blijkbaar vertoont het proces een bepaalde traagheid, waardoor het gemiddelde een golfbeweging vertoont. Opeenvolgende meetwaarden komen dan doorgaans uit hetzelfde segment van de kansverdeling, wat men aanduidt als ‘autocorrelatie’. Er zijn in een dergelijk geval meetwaarden over een zeer lange periode nodig om de kansverdeling van γ lle mogelijke meetwaarden te kunnen kenschetsen. Meetwaarden die bijvoorbeeld slechts over een periode van zes maanden zijn verkregen, zullen dan een sterke onderschatting opleveren van de totaal te verwachten spreiding.

2.2 Wat zijn de relevante kenmerken van het lozingsproces?

Om tot een naleefbare lozingseis voor een bepaalde parameter te kunnen komen dient de beheerder een beeld te hebben van *alle mogelijke* meetreeksen van die parameter die bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering horen (en die dus ook in de toekomst

verwacht mogen worden). Deze (oneindige) verzameling van meetreeksen noemen we het **proces**.

2.2.1 Ideale situatie: een normaal verdeeld proces, zonder autocorrelatie of seizoenseffect

In het ideale geval dat de meetwaarden van het proces opgevat kunnen worden als aselechte trekkingen uit dezelfde normale kansverdeling, kunnen we volstaan om het (rekenkundig) gemiddelde en de standaardafwijking te schatten, om vervolgens kansuitspraken te kunnen doen over toekomstige meetwaarden van het proces en daaruit lozingseisen af te leiden (zie hiervoor hoofdstuk 3). Alle inmiddels beschikbare theoretische kennis van de normale kansverdeling biedt ons daarvoor immers voldoende basis. Het (rekenkundig) gemiddelde (μ) en de standaardafwijking (σ) van het proces schatten we als respectievelijk:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x_t}{n} \quad \text{en} \quad s = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n-1}$$

met \bar{x} de schatting van μ , s de schatting van σ , x_t de t -de van alle chronologisch gerangschikte meetwaarden en n het aantal meetwaarden. Met deze kengetallen kan vervolgens bijvoorbeeld het 99,9-percentiel van het proces ($X_{0,999}$)¹ worden geschat, volgens:

$$\hat{x}_{0,999} = \bar{x} + z_{(0,999)} \cdot s = \bar{x} + 3,09 \cdot s$$

met $z_{(0,999)}$ het 99,9-percentiel van de standaardnormale verdeling.

2.2.2 Precisie van het geschatte gemiddelde

Als de meetwaarden van het proces opgevat kunnen worden als aselechte trekkingen uit dezelfde normale kansverdeling, kunnen we ook de precisie van het als boven geschatte procesgemiddelde aangeven, uitgedrukt in zijn 95%-betrouwbaarheidsinterval. Daartoe berekenen we eerst de standaardfout van het geschatte gemiddelde ($s_{\bar{x}}$) :

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

En het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het geschatte gemiddelde volgt dan uit:

$$[\bar{x} - t_{(0,975, n-1)} \cdot s_{\bar{x}} \quad ; \quad \bar{x} + t_{(0,975, n-1)} \cdot s_{\bar{x}}]$$

met $t_{(0,975, n-1)}$ het 97,5-percentiel van de Student-t-verdeling bij $n-1$ vrijheidsgraden en n het aantal meetwaarden. Het is het interval waarbinnen het werkelijke procesgemiddelde (μ) zich 'vast wel' zal bevinden, of formeler uitgedrukt, met een betrouwbaarheid van 95%. Uit deze formuleringen kunnen we ook berekenen hoe groot onze steekproef moet zijn om het procesgemiddelde met een

.....
Noot

¹ Dit is de waarde die gemiddeld slechts 1 op de 1.000 maal wordt overschreden.

bepaalde vóóraf gewenste precisie te kunnen schatten. Daarbij maken we onderscheid tussen: (1) een absolute precisie en (2) een relatieve precisie.

Ad (1) Stel dat we wensen dat het verschil tussen onze schatting van het procesgemiddelde en het procesgemiddelde met grote zekerheid binnen een bepaalde absolute marge (d) ligt, oftewel:

$$\text{Kans}[|\bar{x} - \mu| \leq d] \geq 95\%$$

Het aantal meetwaarden (n) dat daarvoor minimaal is benodigd is dan:

$$n = \left(\frac{t_{(0,975, n-1)} \cdot \sigma}{d} \right)^2$$

met σ de standaardafwijking van het proces. Deze kunnen we benaderen met zijn schatting (s), maar als die op weinig meetwaarden is gebaseerd (< 40), moeten we er rekening mee houden dat de benadering slecht kan zijn. Let op dat de formule iteratief moet worden opgelost, doordat $t_{(0,975, n-1)}$, een deel van het rechterlid, afhangt van n , de uitkomst van de formule.

Ad (2) Stel dat we wensen dat het verschil tussen onze schatting van het procesgemiddelde en het procesgemiddelde met grote zekerheid binnen een bepaalde *relatieve* marge (f) van het procesgemiddelde ligt, oftewel:

$$\text{Kans}[|\bar{x} - \mu| \leq f \cdot \mu] \geq 95\%$$

Het aantal meetwaarden (n) dat daarvoor minimaal is benodigd is dan:

$$n = \left(\frac{t_{(0,975, n-1)} \cdot \sigma / \mu}{f} \right)^2$$

De verhouding σ/μ kunnen we benaderen met zijn schatting \bar{x}/s , maar ook hier geldt dat de benadering slecht kan zijn als die op weinig meetwaarden is gebaseerd (< 40). Ook deze formule moet iteratief worden opgelost.

2.2.3 De praktijk is echter zelden zo ideaal

We moeten er echter ook rekening mee houden dat lozingsprocessen in de praktijk niet voldoen aan deze ideale situatie, doordat: (1) de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en/of (2) de meetreeks autocorrelatie vertoont en/of (3) de meetreeks seizoenseffecten of periodiciteit vertoont. Het kan in dergelijke gevallen aanzienlijk minder eenvoudig zijn om kansuitspraken te doen over toekomstige meetwaarden van het proces en daaruit lozingseisen af te leiden, zodat we goed onderscheid moeten kunnen maken tussen de verschillende situaties.

Als de meetwaarden van het proces níet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling dient het 100-P-percentiel bijvoorbeeld niet meer geschat te worden zoals aangegeven in § 2.2.1, maar als:

$$\hat{x}_p = x_{[P \cdot (n+1)]}$$

met n het aantal meetwaarden en $x_{[P \cdot (n+1)]}$ de meetwaarde op positie $P \cdot (n+1)$ na rangschikking van alle meetwaarden van klein naar groot, of, als $P \cdot (n+1)$ geen geheel getal is, de waarde die ontstaat door lineaire interpolatie tussen de twee naastliggende meetwaarden. Als $P \cdot (n+1)$ groter is dan n wordt het $100 \cdot P$ -percentiel geschat als x_n , oftewel als de maximale meetwaarde. Met weinig meetwaarden kunnen de hoge percentielen dus niet goed worden geschat. Een enigszins betrouwbare schatting van het 99,9-percentiel zal bijvoorbeeld minstens 1.000 meetwaarden vergen. Als we daarentegen wél kunnen uitgaan van een normale kansverdeling kan daarvoor worden volstaan met veel minder meetwaarden.

In de volgende drie paragrafen wordt aangegeven hoe we kunnen vaststellen of sprake is van niet-normaliteit, autocorrelatie of seizoenseffecten.

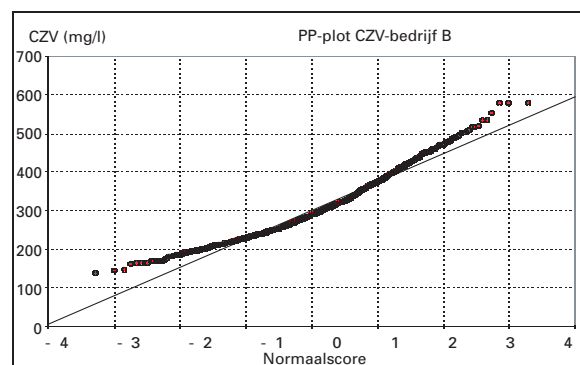
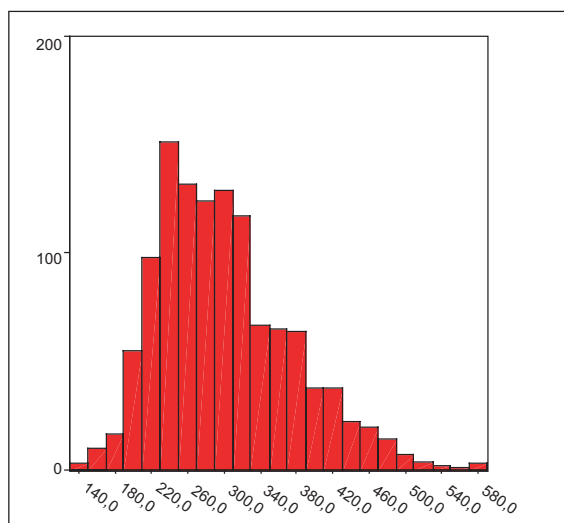
2.3 Vaststellen kansverdeling van het proces

Als we weten uit wat voor soort kansverdeling de meetwaarden van het proces afkomstig zijn, dan kan het beeld van alle mogelijke meetreeksen die bij dat proces horen direct veel scherper worden gesteld. Er staat ons dan namelijk alle theoretische kennis ter beschikking over de eigenschappen van die kansverdeling. Er is vooral veel bekend over de normale kansverdeling en veel statistische methoden zijn daar dan ook op gebaseerd (voorbeelden zijn de t-toets, lineaire regressieanalyse en verschillende uitschietertoetsen).

2.3.1 Visueel beoordelen kansverdeling

Een geschikte mogelijkheid om het soort kansverdeling visueel te beoordelen wordt geboden door het histogram. Dit toont het aantal meetwaarden dat in een bepaalde grootte-klasse valt, als functie van de grootte-klasse. Als voorbeeld is in figuur 2.2 (links) het histogram weergegeven van de in figuur 2.1 getoonde meetreeks van dagverzamelmonsters, na opschoning. Het duidt op een positief scheve kansverdeling, oftewel een kansverdeling die scheef is naar rechts (de scheefheid bedraagt 0,75).

Figuur 2.2
Histogram (links) en PP-plot (rechts) van de in figuur 2.1 getoonde meetreeks van dagverzamelmonsters, na opschoning.



Een scherpere uitspraak over het voldoen aan een normale kansverdeling wordt geboden door een visuele beoordeling van de PP-plot (percentiel-percentiel-plot). Daarin is elke meetwaarde uitgezet tegen de waarde van de standaardnormale verdeling waarvan de onderschrijdingskans gelijk is aan de plotpositie van die meetwaarde (dit noemt men de normaal score). Als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, zullen de punten min of meer een rechte lijn vormen. Er bestaan verschillende manieren om de plot-positie van een meetwaarde te berekenen. Een voorbeeld is de Cunnane-formule, die wordt aanbevolen door [Helsel and Hirsch, 1992]:

$$p_i = \frac{i - 0.4}{n + 0.2}$$

met p_i de plotpositie van de i -de van de n olopend gerangschikte meetwaarden². Figuur 2.2 (rechts) toont de PP-plot van de beschouwde meetreeks. Deze bevat tevens de lijn die een normale kansverdeling aangeeft, met gemiddelde en standaardafwijking zoals geschat uit de meetreeks. De lijn gaat door het punt [0 ; gemiddelde meetreeks] en zijn helling is gelijk aan de standaardafwijking van de meetreeks.

2.3.2 Toetsen op kansverdeling

Een objectief uitsluitsel over het al of niet voldoen aan een normale kansverdeling wordt verkregen door hierop statistisch te toetsen, zoals met de Shapiro-Wilk-toets, of de Kolmogorow-Smirnov-toets (met de correctie van Lilliefors). Maar het onderscheidend vermogen is gering als er weinig onafhankelijke meetwaarden zijn, zoals minder dan circa 50. Afwijkingen van de getoetste kansverdeling kunnen dan dus niet snel worden gedetecteerd. Om het onderscheidend vermogen op te krikken wordt daarom wel aanbevolen te toetsen met een significantieniveau van 10% (de betrouwbaarheid bedraagt dan 90%).

2.3.3 Transformatie-mogelijkheden

Om een asymmetrische kansverdeling symmetrischer te krijgen moeten de meetwaarden in een andere schaal worden uitgedrukt, wat neerkomt op het inkrimpen of het uitrekken van de X-as. De daarvoor benodigde transformaties van de meetwaarden zijn doorgaans van de vorm $y=x^\theta$, met Y de getransformeerde meetwaarde, X de oorspronkelijke meetwaarde en θ de transformator. Welke transformatie het meest geschikt is om symmetrie te bewerkstelligen, hangt af van de soort en de mate van scheefheid van de oorspronkelijke kansverdeling en vergt soms enig proberen (zie tabel 2.1).

.....
Noot

² De bijbehorende normaal score (z_i) kan bijvoorbeeld al eenvoudig met MS-Excel worden berekend als $z_i = \text{NORMSINVS}(p_i)$.

Tabel 2.1

Aanbevolen transformaties om symmetrie te bewerkstelligen voor verschillende soorten kansverdelingen (aangepast naar [Helsel and Hirsch, 1992]).

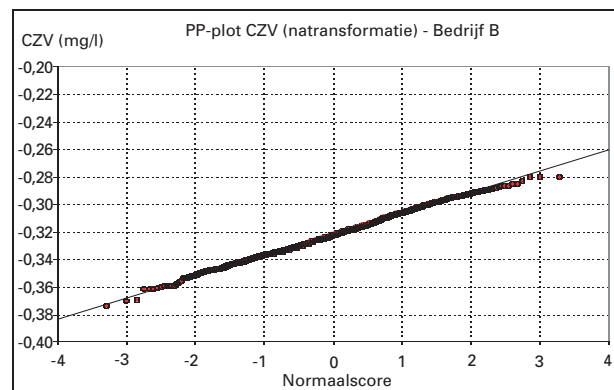
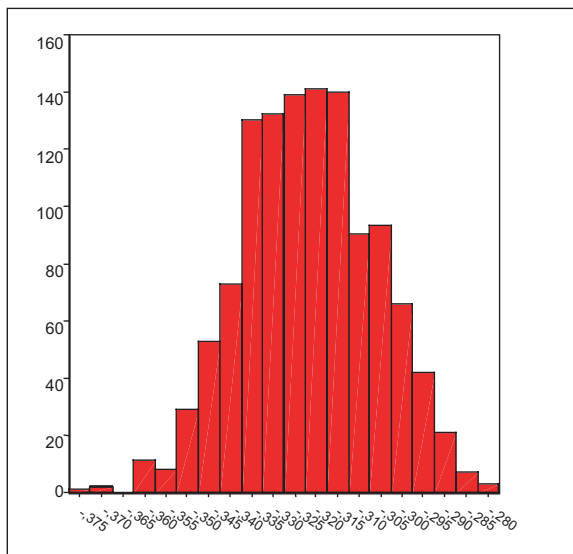
Toelichting: de min-tekens bij de inverse transformaties dienen om de oorspronkelijke rangschikking van de meetwaarden te behouden.

	negatief				0	positief						
scheefheid	←					→						
θ	4	3	2	1	1/2	1/3	0	-1/2	-1	-2	...
transformatie		x^4	x^3	x^2	x	\sqrt{x}	$x^{1/3}$	$\log(x)$	$-1/\sqrt{x}$	$-1/x$	$-1/x^2$	

Als voorbeeld is de in figuur 2.1 getoonde meetreeks van dagverzamelmonsters, die na opschoning nog duidde op een positief scheve kansverdeling (zie figuur 2.2), getransformeerd, volgens $y = -x^{-1/5}$. Zoals blijkt uit figuur 2.3 duidt na deze transformatie zowel het histogram als de PP-plot op een kansverdeling die veel symmetrischer is (de scheefheid is teruggelopen van 0,75 naar 0,01).

Figuur 2.3

Histogram (links) en PP-plot (rechts) van de in figuur 2.1 getoonde meetreeks van dagverzamelmonsters, na opschoning en transformatie volgens $-x^{-1/5}$.



2.4 Vaststellen autocorrelatie van het proces

Als een meetreeks kleine meetintervallen heeft en/of een groot-schalige structuur vertoont, zoals een golfbeweging, of een trend, kunnen de meetwaarden positieve autocorrelatie vertonen. Opeenvolgende meetwaarden wijken dan doorgaans minder van elkaar af dan meetwaarden met een groter tijdsverschil. Dit leidt tot een onderschatting van de standaardafwijking van het proces, als we die op de gebruikelijke wijze berekenen. De meetwaarden in de meetreeks zijn dan namelijk minder gespreid dan verwacht zou mogen worden van een aselechte steekproef. Het is dus belangrijk om dit verschijnsel te kunnen onderkennen, zodat er vervolgens op één of andere wijze rekening mee kan worden gehouden.

2.4.1 Visueel beoordelen op autocorrelatie

Een eerste visuele beoordeling of er sprake is van autocorrelatie is mogelijk met een grafiek van de meetreeks. Zo zagen we in figuur 2.1 al dat het gemiddelde een golfbeweging vertoont, wat kenmerkend is voor een sterke autocorrelatie. Dit beeld wordt nog scherper als we de reeks opschonen en tevens het voortschrijdend 30-daags gemiddelde in de figuur aangeven (zie figuur 2.4, links).

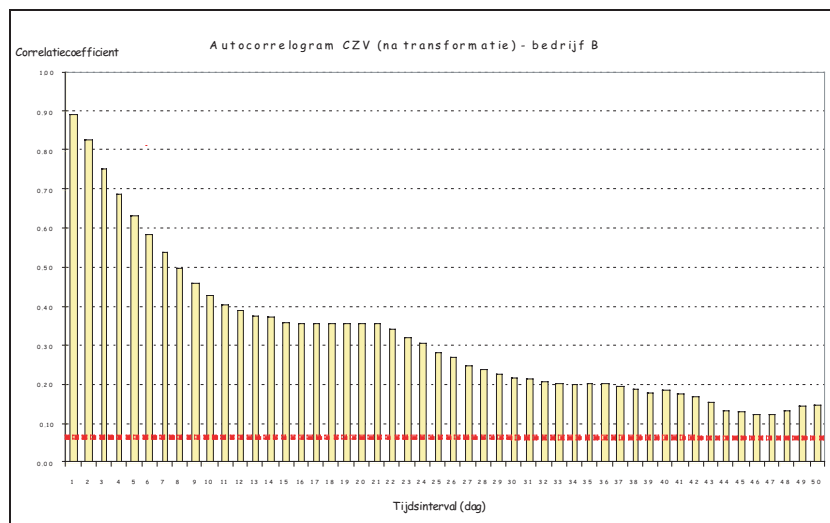
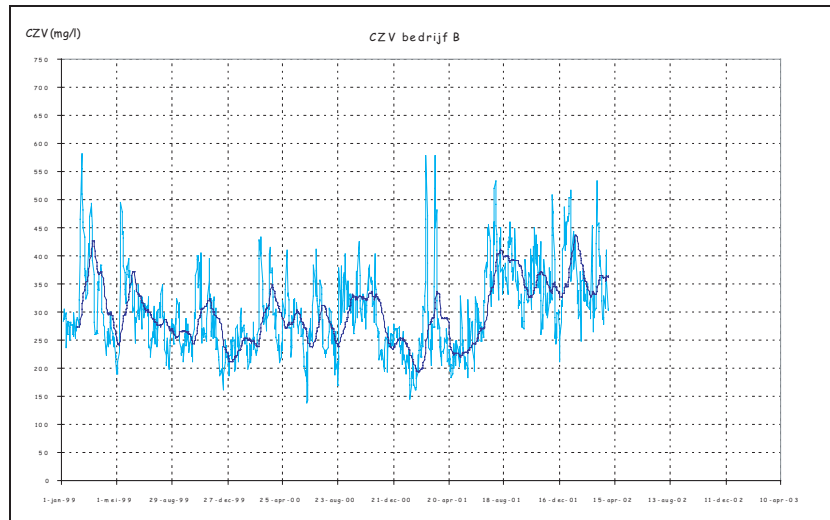
Als de meetreeks een constant meetinterval heeft, kunnen we tevens vaststellen of er sprake is van autocorrelatie met het autocorrelogram (zie figuur 2.4, rechts). Het toont de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt ($\hat{\rho}_l$) als functie van het tijdsinterval tussen meetwaarden (l). Deze coëfficiënt is een maat voor de samenhang tussen meetwaarden die zijn verkregen met een tijdsinterval l en wordt geschat als [Box and Jenkins, 1976]:

$$\hat{\rho}_l = \frac{\sum_{t=1}^{n-l} (x_t - \bar{x})(x_{t+l} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}$$

met $\hat{\rho}_l$ de schatting van de autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l , \bar{x} de schatting van het procesgemiddelde, x_t de t -de van de chronologisch gerangschikte meetwaarden en n het aantal meetwaarden. Over het algemeen zijn er minstens 50 meetwaarden nodig om betrouwbare schattingen van autocorrelatiecoëfficiënten te krijgen voor de tijdsintervallen $l = 1, 2, \dots, k$, waarbij k niet groter moet zijn dan $n/4$ (n is hier het aantal meetwaarden) [Gilbert, 1987].

Figuur 2.4

Links: de eerder - in figuur 2.1 - getoonde meetreeks van dagverzamelmonsters van CZV, ditmaal echter na opschoning. Tevens is het voorschrijdend 30-daags gemiddelde weergegeven. Rechts: autocorrelogram van deze reeks, na transformatie tot symmetrie (volgens $-x^{-1/5}$). Het toont tevens de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van elke autocorrelatiecoëfficiënt, dat geldt onder de nulhypothese dat er geen autocorrelatie is (en uitgaande van een normale kansverdeling).



We zien in figuur 2.4 dat de autocorrelatie slechts langzaam afneemt met het meetinterval en dat zelfs meetwaarden gescheiden door een groot tijdsinterval nog steeds een duidelijke autocorrelatie vertonen. Dit wijst op één of andere grootschalige structuur van de meetreeks, zoals hier een grote golfbeweging. Maar ook een meetreeks die een trend vertoont zal een soortgelijk autocorrelogram opleveren.

Overigens kan een seizoensmatig lozingsproces ook te onderkennen zijn aan het autocorrelogram, bijvoorbeeld door hoge autocorrelaties rond een meetinterval van een jaar. Een voorwaarde is dan echter wel dat de meetreeks minstens enkele jaren beslaat. Behalve met een jaarcyclus, moeten we bij lozingsprocessen ook rekening houden met een weekcyclus, wat bij dagelijkse metingen tot uiting zal komen in hoge autocorrelaties voor tijdsintervallen van 7, 14, 21, etc. dagen. Een mogelijkheid om een dergelijke autocorrelatie op te heffen is de meetwaarden per week te middelen, zodat een reeks van weekgemiddelden ontstaat. Een andere mogelijkheid is uit te gaan van de differenties van de meetwaarden die een week uit elkaar liggen (zie hiervoor § 2.4.4).

2.4.2 Toetsen op autocorrelatie

Als er een objectief uitsluitel is gewenst over het al of niet optreden van autocorrelatie dient daarop statistisch te worden getoetst. In het onderstaande worden twee toetsen besproken, de eerste gaat er van uit dat het proces een normale kansverdeling volgt en de tweede is verdelingsvrij. In beide gevallen dient de meetreeks een constant meetinterval te hebben.

Toets in geval van normale kansverdeling

Als er geen autocorrelatie optreedt is elke (werkelijke) autocorrelatiecoëfficiënt van het proces nul ($\rho_1 = 0$) en – ervan uitgaande dat het proces een normale kansverdeling volgt – zal de kansverdeling van een geschatte autocorrelatiecoëfficiënt dan bij benadering normaal zijn, met gemiddelde 0 en standaardafwijking $1/\sqrt{n}$. Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van een geschatte autocorrelatiecoëfficiënt is daarmee $\pm 1,96\sqrt{n}$ [Brockwell and Davis, 1986]. In het autocorrelogram van figuur 2.4 is de bovengrens van dat interval aangegeven (het interval is daar zo smal doordat elke autocorrelatiecoëfficiënt is berekend met 1131 meetwaarden).

Toets in geval van niet-normale kansverdeling

Als we er niet van uit kunnen gaan dat het proces een normale kansverdeling volgt, kan worden getoetst op autocorrelatie met de runs-toets. Een 'run' is daarbij een aaneengesloten groep meetwaarden die alle aan dezelfde kant van de mediaan van de meetreeks liggen. De toetsingsgrootte is het aantal runs (r). Als er geen autocorrelatie optreedt volgt de verwachtingswaarde van r uit:

$$E[r] = 1 + \frac{2 \cdot n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}$$

en de variantie van r volgt dan uit:

$$\text{Var}[r] = \frac{2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (2 \cdot n_1 \cdot n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 \cdot (n_1 + n_2 - 1)}$$

met n_1 het aantal meetwaarden bóven en n_2 het aantal meetwaarden ónder de mediaan. Als één van deze groter dan 20 is, zal r onder de nulhypothese (géén autocorrelatie) een normale kansverdeling volgen. En de gestandaardiseerde waarde van r (U_r) zal dan een standaardnormale verdeling volgen:

$$U_r = \frac{E[r] - r}{\sqrt{\text{Var}[r]}}$$

We mogen aannemen dat de reeks positieve autocorrelatie vertoont als er minder runs zijn dan verwacht onder de nulhypothese. Dit is met 95% betrouwbaarheid het geval als voor U_r geldt:

$$U_r > z_{(0,95)}$$

met $z_{(0,95)}$ het 95-percentiel van de standaardnormale verdeling. Als nóch n_1 , nóch n_2 groter is dan 20, moeten tabellen met kritische waarden voor U_r worden gebruikt.

2.4.3 Precisie van het geschatte gemiddelde bij autocorrelatie

Zoals eerder opgemerkt, wordt bij positieve autocorrelatie de standaardafwijking van het proces onderschat als we de standaardafwijking op de gebruikelijke wijze berekenen. Die berekening gaat er namelijk van uit dat elk van de n meetwaarden nieuwe, onafhankelijke informatie verschaft over het proces, maar door de autocorrelatie zullen veel meetwaarden overlappende informatie hebben en beschikken we dus over minder informatie dan bij een volledig aselechte steekproef. Dit betekent ook dat de standaardfout van het geschatte procesgemiddelde wordt onderschat, oftewel dat de precisie van die schatting wordt overschat. Maar als we er van uit mogen gaan dat de meetwaarden normaal verdeeld zijn en dat het lozingsproces 'zwak stationair' is, dat wil zeggen zonder grootschalige structuur (zoals een golfbeweging, of een lange-termijn trend) en met spreiding en autocorrelaties die niet veranderen in de tijd, dan kan de berekende standaardafwijking als volgt worden gecorrigeerd [Gilbert, 1987]:

$$s^* = \sqrt{\frac{s^2}{1 - \frac{2}{n \cdot n - 1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \rho_l)}}$$

met s^* de gecorrigeerde standaardafwijking, s de standaardafwijking zoals berekend met de standaardmethode, ρ_l de autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l en n het aantal meetwaarden. En de standaardfout van het gemiddelde van een zwak stationair proces wordt bij autocorrelatie als volgt geschat [Bayley and Hammersley, 1946]:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n} \cdot \left(1 + \frac{2}{n} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \rho_l) \right)}$$

Op basis van deze laatste formule kunnen we ook berekenen hoe groot onze steekproef moet zijn om het procesgemiddelde met een bepaalde vóóraf gewenste precisie te kunnen schatten, als het proces autocorrelatie vertoont. Stel dat we wensen dat het verschil tussen onze schatting van het procesgemiddelde en het procesgemiddelde met grote zekerheid binnen een bepaalde absolute

marge (d) ligt, oftewel:

$$\text{Kans}[\bar{x} - \mu \leq d] \geq 95\%$$

Het minimaal daarvoor benodigde aantal meetwaarden (n) is dan [Gilbert, 1987]:

$$n = \frac{(z_{(0,975)} \cdot \sigma)^2}{2 \cdot d^2} \cdot \left(1 + 2 \cdot \sum_{l=1}^{n-1} \rho_l + \sqrt{\left(1 + 2 \cdot \sum_{l=1}^{n-1} \rho_l \right)^2 - \frac{8 \cdot d^2}{(z_{(0,975)} \cdot \sigma)^2} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} l \cdot \rho_l} \right)$$

met $z_{(0,975)}$, het 97,5-percentiel van de standaardnormale verdeling en σ de standaardafwijking van het proces. Deze laatste kunnen we het beste benaderen met zijn voor autocorrelatie gecorrigeerde schatting (s^* , zie boven). Maar als deze op weinig meetwaarden is gebaseerd (< 50), moeten we er rekening mee houden dat de benadering slecht kan zijn.

2.4.4 Verkleinen of omzeilen van autocorrelatie

Als autocorrelatie optreedt kan hiervoor worden gecorrigeerd, zoals boven beschreven (§ 2.4.3), maar om dat enigszins verantwoord te kunnen doen, zijn niet alleen veel meetwaarden nodig (minstens 50), maar bovendien dient het betreffende proces zwak stationair te zijn, wat bijvoorbeeld voor het in figuur 2.1 getoonde proces niet opgaat. Andere mogelijkheden zijn het verkleinen of omzeilen van de autocorrelatie, zoals door:

- (1) het omzetten van een reeks meetwaarden tot een reeks met een lagere meetfrequentie (weglaten van tussenliggende meetwaarden);
- (2) het omzetten van een reeks meetwaarden tot een reeks gemiddelden, zoals weekgemiddelden, of maandgemiddelden;
- (3) het omzetten van een reeks meetwaarden tot een reeks differenties.

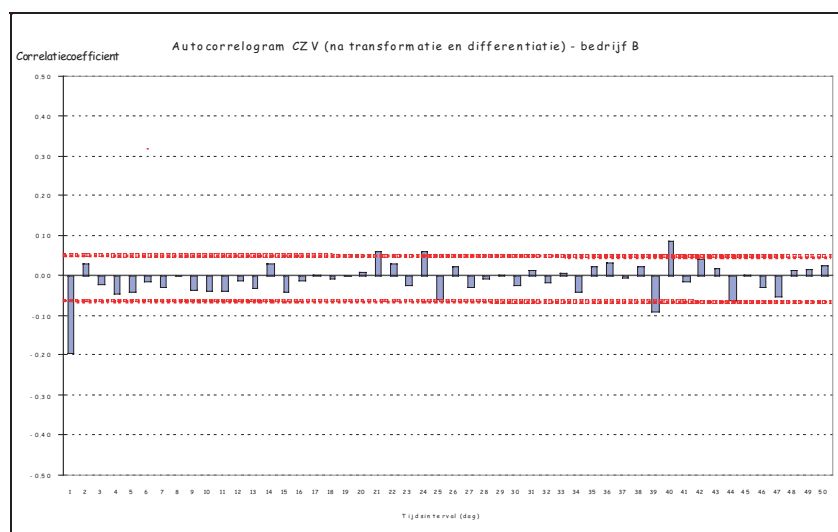
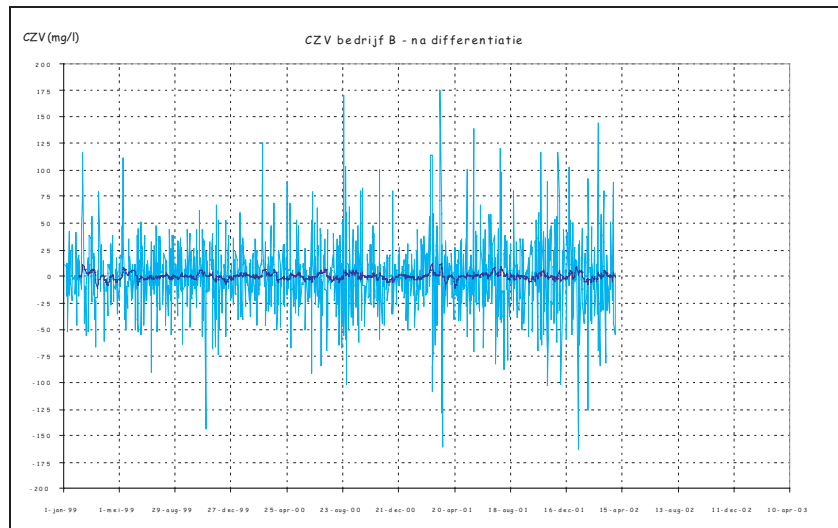
Een reeks differenties ontstaat door de verschillen te berekenen tussen de meetwaarden die met een bepaalde vaste meetfrequentie zijn genomen. Als we bijvoorbeeld beschikken over een reeks van dagelijkse meetwaarden (x_1, x_2, \dots, x_n), dan ontstaat een reeks dagdifferenties als:

$$d_t = x_t - x_{t-1} \quad \text{voor } t = 2, 3, \dots, n$$

met d_t de differentie voor tijdstip t , x_t de meetwaarde voor tijdstip t en n het aantal meetwaarden. Als de meetreeks een 'wandeland' gemiddelde heeft en een sterke autocorrelatie, zal het differentieren niet alleen leiden tot een reeks met een stabielere gemiddelde - een niet-stationaire reeks kan daardoor zwak stationair worden (zie figuur 2.5, links) - maar ook tot een sterke vermindering van de autocorrelatie (zie figuur 2.5, rechts).

Figuur 2.5

Links: de eerder – in figuur 2.1-
getoonde meetreeks van dag-
verzamelmonsters van CZV, ditmaal
na opschoning en differentiatie.
Tevens is het voorschrijdend 30-
daags gemiddelde weergegeven.
Rechts: autocorrelogram van de
oorspronkelijke reeks, na opschoning,
transformatie tot symmetrie
(volgens $-x^{-1/5}$) en differentiatie



De oorspronkelijk zeer sterk positieve en ook nauwelijks uitdempende autocorrelatie (figuur 2.4, rechts) is na het differentiëren gereduceerd tot alleen een negatieve correlatie met de differentie van een stap terug (figuur 2.5, rechts). Twee opeenvolgende differenties (d_{t-1} en d_t) hebben namelijk altijd een meetwaarde gemeenschappelijk (x_{t-1}), zij het met tegengesteld teken, wat leidt tot een negatieve correlatie:

$$d_{t-1} = x_{t-1} - x_{t-2} \quad \text{en} \quad d_t = x_t - x_{t-1}$$

Het is na het differentiëren nu zelfs ook mogelijk geworden de autocorrelatie geheel te omzeilen, door uit de reeks differenties om en om een waarde weg te laten. Een meetreeks die zeer sterke positieve autocorrelatie vertoont, met een wandelend gemiddelde en met meetwaarden afkomstig uit een scheve kansverdeling, is zo dus door differentiatie en transformatie teruggebracht tot een reeks zonder autocorrelatie, met een stabiel gemiddelde en met waarden afkomstig uit een symmetrische kansverdeling.

2.5 Vaststellen seizoensmatig lozingsproces

Als er sprake is van een seizoensmatig (of periodiek) lozingsproces voor een bepaalde parameter, dient daarmee uiteraard rekening te worden gehouden, bijvoorbeeld door lozingseisen op te stellen voor

afzonderlijke deelfasen. Ook kan worden getracht de reeks te ontdoen van deze verschijnselen door te differentiëren met een geschikt tijdsinterval (zoals een week of een jaar). Het is aan te bevelen om zoveel mogelijk vanuit theoretisch inzicht te beredeneren of er al dan niet sprake is van een seizoensmatig lozingsproces. In geval van twijfel kan dit echter ook worden nagegaan met de beschikbare meetwaarden van het proces.

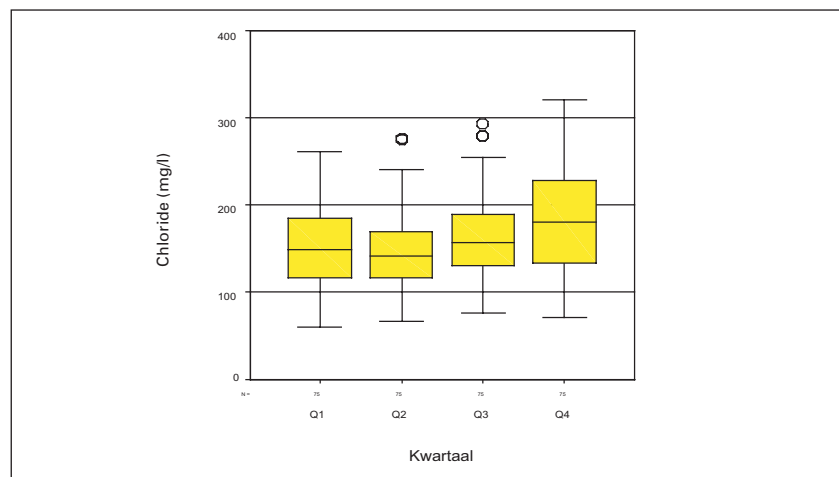
2.5.1 Visueel beoordelen op seizoensmatig lozingsproces

Een eerste, globale visuele beoordeling of er sprake is van een seizoensmatig lozingsproces is mogelijk met een grafiek van de meetreeks, of met een autocorrelogram. Een scherper oordeel is echter mogelijk met een vergelijking van box-whisker-plots voor afzonderlijke seizoenen. Als voorbeeld toont figuur 2.6 voor elk van de vier kwartalen de box-whisker-plot van de maandgemiddelde chloridegehaltes van de Rijn te Lobith. De kansverdeling van het maandgemiddelde chloridegehalte in het vierde kwartaal wijkt af van die in de andere kwartalen.

Toelichting op de box-whisker-plots in figuur 2.6

Elke box-whisker-plot toont de posities van de belangrijkste percentielen van de kansverdeling van het maandgemiddelde chloridegehalte in dat seizoen. Het middendeel, de 'box' (doos), loopt van het 25-percentiel naar het 75-percentiel, terwijl het 50-percentiel, oftewel de mediaan, is aangegeven als een dikke streep in de box. De 'whiskers' (snorharen) lopen van de box naar uiteinden van de kansverdeling, namelijk het 5-percentiel en het 95-percentiel. Extreme waarnemingen in de steekproef zijn weergegeven als een cirkel (de waarneming ligt 1,5 tot 3 maal de boxlengte vanaf de box), of als een asterisk (de waarneming ligt verder dan 3 maal de boxlengte vanaf de box).

figuur 2.6
Box-whisker-plots van de maandgemiddelde chloridegehaltes van de Rijn te Lobith, in de periode januari 1976 t/m december 2000, weergegeven per kwartaal.



2.5.2 Toetsen op seizoensmatig lozingsproces

Als we objectief willen vaststellen of er sprake is van een seizoensmatig lozingspatroon, staan de volgende statistische toetsen ter beschikking:

-
- (1) variantie-analyse met één factor, als kan worden uitgegaan van de normale kansverdeling;
 - (2) de Kruskal-Wallis-toets, als niet kan worden uitgegaan van de normale kansverdeling.

Beide toetsen gaan uit van onafhankelijke waarden en kunnen dus niet zondermeer toegepast worden als de meetreeks autocorrelatie vertoont. In een dergelijk geval zal bijvoorbeeld moeten worden uitgegaan van gemiddelden over bepaalde tijdsvakken, zoals maanden, of kwartalen.

De Kruskal-Wallis-toets is op te vatten als het verdelingsvrije equivalent van variantie-analyse met één factor. Deze toets is verantwoord toepasbaar, ongeacht het soort kansverdeling, mits de waarden onafhankelijk zijn. Het verlies aan efficiëntie ten opzichte van variantie-analyse is slechts gering, als de Kruskal-Wallis-toets wordt toegepast terwijl er tóch sprake is van normaliteit [Bradley, 1968]. Vandaar dat wij hier voorstellen de Kruskal-Wallis-toets toe te passen als er moet worden getoetst op een seizoensmatig lozingsproces.

Bij het toepassen van de Kruskal-Wallis-toets gaan we uit van het volgende model:

$$x_{ij} = \mu + \gamma_j + e_{ij}$$

met x_{ij} de waarde van het proces in jaar i ($i=1\dots r$) en seizoen j ($j=1\dots s$), μ het procesgemiddelde, γ_j het effect van seizoen j en e_{ij} het betreffende modelresidu. De te toetsen nulhypothese (er zijn geen seizoenseffecten) kan worden vertaald als:

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_s$$

En de alternatieve hypothese luidt dat het effect van minstens één van de seizoenen ongelijk is aan dat van de andere seizoenen. De procedure voor de toets kent dan de volgende stappen:

- (1) rangschik de waarden x_{ij} van klein naar groot;
- (2) ken de waarden rangnummers R_{ij} toe ($1\dots n$, waarbij $n=r\alpha s$);
- (3) bereken de variantie van de rangnummers, volgens:

$$s_R^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s R_{ij}^2 - \frac{n(n+1)^2}{4} \right]$$

- (4) bereken de toetsingsgrootte T volgens:

$$T = \frac{1}{s_R^2} \left[\sum_{j=1}^s \frac{R_{+j}^2}{r} - \frac{n(n+1)^2}{4} \right]$$

met R_{+j} de som van alle rangnummers in seizoen j ;

- (5) omdat T onder de nulhypothese een χ^2 -verdeling zal volgen met $(s-1)$ vrijheidsgraden, kan worden aangenomen dat de meetreeks seizoenseffecten vertoont als geldt:

$$T > \chi_{(1-\alpha, s-1)}^2$$

met $\chi_{(1-\alpha, s-1)}^2$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de χ^2 -verdeling bij $s-1$ vrijheidsgraden (deze waarde is te vinden in statistische tabellen).

2.6 Passen de lozingskenmerken bij de haalbare effluentconcentratie?

Het bedrijf dient bij de aanvraag meetwaarden te verstrekken waarmee de kenmerken van de lozing bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering kunnen worden vastgesteld. De vergunningverlener zal vervolgens nagaan of de verstrekte meetwaarden aansluiten op wat voor een dergelijk bedrijf verwacht zou mogen worden, gegeven de stand der techniek. Deze verwachting is uitgedrukt in de 'haalbare effluentconcentratie', zijnde de gemiddelde effluentconcentratie die volgens de stand der techniek mogelijk is. Als de verstrekte meetwaarden niet aansluiten op de haalbare effluentconcentratie, dan zal het bedrijf moeten aantonen waarom dat niet mogelijk is, of anders zal er een saneringsonderzoek worden voorgeschreven.

Doordat de haalbare effluentconcentratie geen keiharde grens is, maar slechts een beredeneerde raming, kan het afdoende worden geacht om visueel te beoordelen of de lozingskenmerken daarop aansluiten. Daartoe kan worden uitgegaan van een grafiek van de chronologisch gerangschikte meetreeks, waarin tevens het voortschrijdend gemiddelde is weergegeven (zie bijvoorbeeld het linkerdeel van figuur 2.4). Als we in deze grafiek ook de haalbare effluentconcentratie aangeven, wordt direct duidelijk hoe het voortschrijdend gemiddelde zich over de gehele beschouwde periode heeft verhouden tot die haalbare effluentconcentratie. De grootte van het tijdsvenster waarover het voortschrijdend gemiddelde wordt berekend moet wel aansluiten op de achtergronden van de haalbare effluentconcentratie. Als die laatste bijvoorbeeld betrekking heeft op een jaargemiddelde, dient het tijdsvenster een jaar te bedragen.

2.7 Samenvatting van het vaststellen van de lozingskenmerken

Een lozingseis die rekening houdt met de kenmerken van de lozing onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering, is naleefbaar door het betreffende bedrijf als het die procesvoering handhaaft. Een dergelijke naleefbare lozingseis is het eenvoudigst op te stellen als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en geen autocorrelatie vertonen. Maar de praktijk leert dat lozingen doorgaans één of meer van de volgende complicerende kenmerken vertonen: (1) meetwaarden die afkomstig zijn uit een niet-normale kansverdeling, (2) autocorrelatie (wat tot uiting kan komen in een 'wandeland' gemiddelde) en (3) seizoenseffecten of periodiciteit. De klassieke statistische methoden zijn niet zondermeer toepasbaar op meetreeksen met dergelijke complicerende kenmerken. Het is dus nodig om vast te stellen in hoeverre hier sprake van is, zodat daar vervolgens bij het opstellen van de lozingseisen rekening mee kan worden gehouden. Dit hoofdstuk geeft zowel visuele methoden (beoordeling van grafieken), als formele methoden (statistische toetsen) om de kenmerken van een lozingsproces vast te stellen. Ook worden methoden gepresenteerd om complicerende kenmerken te verminderen. Zo is het vaak mogelijk om door middel van een eenvoudige rekenkundige transformatie van de meetwaarden te bewerkstelligen dat tóch mag worden uitgegaan van de normale kansverdeling. En als de autocorrelatie van een lozingsproces niet te groot is en er voldoende meetwaarden beschikbaar zijn (minstens

50), is het mogelijk om daarvoor te corrigeren, anders kan de autocorrelatie worden verkleind of omzeild, door het weglaten van meetwaarden, middelen en/of differentieren. Tenslotte kan het differentiëren ook uitkomst bieden om seizoenseffecten of periodiciteit op te heffen.

Het is overigens raadzaam het lozende bedrijf te verplichten om bij de aanvraag voor de vergunning aan te geven welke verstrekte meetwaarden representatief zijn voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Tevens dient het bedrijf daarbij voor elke verstrekte uitschieterende meetwaarde aan te tonen of te beargumenteren dat deze nog de gebruikelijke, beheerste situatie vertegenwoordigt. Dit zal de beheerder veel werk besparen en leidt tot beter uitgangsmateriaal. Het is ook raadzaam te eisen dat het bedrijf een bepaalde minimale hoeveelheid informatie verstrekt bij de aanvraag voor de vergunning. Gezien de grote autocorrelaties die op kunnen treden, kunnen we hierbij denken aan meetwaarden over een periode van twee jaar. Maar als kan worden aangetoond of beargumenteerd dat er nauwelijks autocorrelatie optreedt, zou kunnen worden volstaan met informatie over een kortere periode.

3 Formuleren lozingseisen

We mogen er van uitgaan dat lozingseisen 'naleefbaar' zijn als ze voldoende rekening houden met de kenmerken van de lozing bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Dit hoofdstuk presenteert enkele mogelijkheden voor het formuleren van dergelijke eisen. We beginnen daartoe met een theoretische beschouwing van verschillende soorten normen (§ 3.1). Dan worden mogelijkheden voor naleefbare lozingseisen gepresenteerd, respectievelijk voor momentaan gedrag (§ 3.2) en voor gemiddeld gedrag (§ 3.3). Vervolgens wordt aangegeven hoe een lozingseis die geldt voor een bepaald monstertype, zoals een steekmonster of een dagverzamelmonster, kan worden vertaald naar een lozingseis voor een ander monstertype (§ 3.4). In § 3.5 wordt aangegeven hoe rekening kan worden gehouden met de milieurelevantie van parameters. Dit hoofdstuk sluit af met een korte samenvatting (§ 3.6).

3.1 Soorten van normen

In het ideale geval zal een lozingseis voor een parameter gebaseerd zijn op wetenschappelijk gefundeerd inzicht in het milieubezwaar van die parameter (dosis-effect-relatie). Dit worden dan ook wel 'ideale' normen genoemd [Barnett and O'Hagan 1997]. De emissiegrenswaarden voor de zwarte stoffen zijn daar voorbeelden van. Maar dergelijke klassieke normen houden nog geen rekening met het feit dat meetwaarden door bemonsterings- en analysefouten af kunnen wijken van de werkelijke waarden. Dit leidt ertoe dat er zelfs bij continu meten twee risico's optreden bij het toetsen van een meetwaarde aan een emissiegrenswaarde:

- (1) een niet-overtreding wordt onterecht als een overtreding gedetecteerd. Dit wordt aangeduid als het producentenrisico;
- (2) een overtreding wordt onterecht niet als een overtreding gedetecteerd. Dit wordt aangeduid als het consumentenrisico (in dit geval een risico voor het milieu).

Stel dat we uit oogpunt van milieubescherming het consumentenrisico zo beperkt mogelijk willen houden, bijvoorbeeld maximaal 5%. Dit wordt bewerkstelligd door rekening te houden met de onzekerheid door de bemonsterings- en analysefouten, als we een meetwaarde afzetten tegen de emissiegrenswaarde. Er is dan met 95% betrouwbaarheid sprake van een overtreding als geldt:

$$x_k + 1,645 \cdot \sigma_{ba} > L$$

met x_k de meetwaarde van parameter X , σ_{ba} de (werkelijke) standaardafwijking van de bemonsterings- en analysefouten en L de emissiegrenswaarde voor deze parameter.

3.1.1 Statistische normen

Een klassieke norm, zoals een emissiegrenswaarde, is zeer star en duldt geen enkele overschrijding. Het is in feite een norm voor het

maximum van een kansverdeling. Maar om te kunnen controleren of het maximum van een kansverdeling voldoet aan een norm, is een continue meetinspanning vereist. Verder geeft een dergelijke norm nog onvoldoende bescherming tegen een grote milieubelasting, zoals wanneer de bulk van de kansverdeling van meetwaarden zich direct onder de norm bevindt. Vandaar dat al dan niet op basis van inzicht in dosis-effect-relaties steeds vaker normen worden geformuleerd voor andere kengetallen dan het maximum, zoals het 90-, of 95-percentiel. Dit noemt men ook wel 'statistische' normen.

Als we een norm stellen voor het 90-percentiel van een parameter eisen we in feite dat de concentratie van die parameter niet meer dan 10% van het jaar boven die norm ligt. Het grote voordeel is dat we dit ook kunnen controleren zónder continue meetinspanning, want op basis van een aselechte steekproef kunnen we immers al het 90-percentiel schatten. Bij toetsing aan een dergelijke norm treden dezelfde twee risico's op als boven genoemd, namelijk het producerisico en het consumentenrisico. Ditmaal zijn deze niet alleen veroorzaakt door bemonsterings- en analysefouten, maar ook door het feit dat we het 90-percentiel hebben geschat met een steekproef (de zogenaamde 'steekproeffout'). De daardoor veroorzaakte onzekerheid kan echter worden gekwantificeerd in het betrouwbaarheidsinterval van het geschatte 90-percentiel. Het consumentenrisico kunnen we dan weer zo beperkt mogelijk houden, bijvoorbeeld tot maximaal 5%, door te eisen dat de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het geschatte 90-percentiel van de concentratie niet meer mag bedragen dan de norm.

3.1.2 Normen voor gebruikelijke, beheerste procesvoering

Door het ontbreken van inzicht in dosis-effect-relaties is er voor veel parameters geen enkel houvast bij het formuleren van lozingseisen. Waar het gaat om het beschermen van het milieu kan men dan echter een pragmatische benadering hanteren, door te eisen dat de lozing niet meer bedraagt dan wat verwacht zou mogen worden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Voor dergelijke parameters is wel uit de stand der techniek af te leiden wat globaal van de gemiddelde lozing van een dergelijke parameter verwacht mag worden, gelet op het soort bedrijf (de 'haalbare effluentconcentratie'), maar dat geeft nog onvoldoende houvast voor een controle op maat voor een specifiek bedrijf.

Een lozingseis op maat voor een specifiek bedrijf dient rekening te houden met de kansverdeling van meetwaarden van de betreffende parameter bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering (de zogenaamde 'naleefbare' lozingseis). Als de relevante kenmerken van die kansverdeling zijn vastgesteld, komt de controle neer op het signaleren van veranderingen in die kenmerken. Dit heeft sterke raakvlakken met statistische procesbewaking. In die hoek zijn reeds vele methoden ontwikkeld voor het bewaken van processen, meestal op basis van controlekaarten, met waarschuwings- en actiegrenzen. Er zijn inmiddels ook methoden beschikbaar gekomen om processen met autocorrelatie te bewaken, bijvoorbeeld aan de hand van tijdreeksmodellering (Box-Jenkins-analyse), of aan de hand van speciale controlekaarten. Een dergelijke tijdreeksmodellering is echter complex en vergt zeer specifieke, niet

te automatiseren expertise. Verder hebben de genoemde speciale controlekaarten dynamische actiegrenzen, wat een ander soort handhaving zal vergen dan tot nu toe gebruikelijk was. Tenslotte zijn beide methoden slechts mogelijk als een constant meetinterval wordt gehanteerd.

In het nu volgende worden enkele lozingseisen voorgesteld die minder complex zijn om af te leiden en/of te handhaven. Het liefst nog zou ik het wijze advies van [Dodge, 1977] opvolgen, dat luidt "houd een methode eenvoudig, als je wilt dat deze toegepast wordt". Maar meetreeksen kunnen sterk verschillen in kenmerken en er is geen robuust soort lozingseis voorhanden die voor γ alle soorten meetreeksen toepasbaar is. Er moet dus rekening worden gehouden met de specifieke kenmerken van meetreeksen, zoals niet-normaliteit, autocorrelatie en seizoenseffecten. De hoeveelheid formules in de rest van dit hoofdstuk kan daardoor afschrikken, maar het goede nieuws is dat ze alle in software kunnen worden gevat en dus niet hoeven te worden doorgrond.

3.1.3 Voorstel: tolerantielimiet als lozingseis

Uit een steekproef van historische meetwaarden kunnen we afleiden binnen welke grens nieuwe meetwaarden verwacht mogen worden, gegeven de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Aan de hand van de ligging van nieuwe meetwaarden ten opzichte van deze grens kunnen we vervolgens vaststellen of het lozingsproces al dan niet is gewijzigd. Zo mogen we van het 90-percentiel van een lozingsproces verwachten dat 90% van de nieuwe meetwaarden daaronder zal vallen en 10% daarboven. Maar doordat we een percentiel slechts kunnen schatten, moeten we daarbij ook zijn onzekerheid in acht nemen, uitgedrukt in het betrouwbaarheidsinterval. Zo zal het 95%-betrouwbaarheidsinterval van een geschat 90-percentiel in 95 van de 100 gevallen ook daadwerkelijk het 90-percentiel van het lozingsproces bevatten. De bovengrens van dat interval, aangeduid als de tolerantielimiet $_{(90\%, 95\%)}$, zal daarmee met 95% betrouwbaarheid door *minstens* 90% van de nieuwe meetwaarden onderschreden worden en door *hoogstens* 10% van de nieuwe meetwaarden overschreden worden. Als de overschrijding meer bedraagt kan dat met 95% betrouwbaarheid worden opgevat als een signaal dat er geen sprake meer is van de gebruikelijke, beheerste procesvoering. De onzekerheden ten gevolge van bemonsterings- en analysefouten en de steekproeffout zijn reeds in het betrouwbaarheidsinterval verdisconteerd. Door de ligging van nieuwe meetwaarden af te zetten tegen de tolerantielimiet, kan dus worden nagegaan of er een verandering in het proces is opgetreden. De tolerantielimiet is daarmee geschikt om als een naleefbare lozingseis te dienen.

Formele definitie

De tolerantielimiet $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ kunnen we zien als de bovengrens van het $100\% \cdot (1-\alpha)$ -betrouwbaarheidsinterval van het geschatte $100 \cdot \gamma$ -percentiel van een kansverdeling. Deze wordt gekenmerkt door de volgende twee percentages:

- (1) het percentiel, oftewel de dekkinggraad, zijnde de fractie van alle nieuwe meetwaarden die de limiet *minstens* beoogt te begrenzen. Dit geven we aan als $100 \cdot \gamma$, met $0 < \gamma < 1$. De limiet zal

-
- dan dus door *hoogstens* $100\% \cdot (1-\gamma)$ van alle nieuwe meetwaarden worden overschreden;
- (2) de betrouwbaarheid, oftewel de mate van aannemelijkheid dat de limiet ook daadwerkelijk minstens de beoogde fractie van alle nieuwe meetwaarden zal begrenzen. Dit geven we aan als $100\% \cdot (1-\alpha)$, met $0 < \alpha < 1$. Hierbij is α het (door ons geaccepteerde) risico dat de tolerantielimiet door meer dan $100\% \cdot (1-\gamma)$ van alle nieuwe meetwaarden wordt overschreden, zónder dat er sprake is van een verandering van de lozingskenmerken.

Rol van het soort kansverdeling

Als kan worden uitgegaan van normaliteit, kunnen veel scherpere lozingseisen worden gesteld dan wanneer dat niet het geval is. Dit komt door de vele theoretische kennis die dan beschikbaar komt over eigenschappen van die kansverdeling, als aanvulling op de informatie die reeds beschikbaar is uit de meetreeks. Er kan dan zelfs een eis worden gesteld aan het maximum van een individuele meetwaarde, bijvoorbeeld in de vorm van een tolerantielimiet_(99,9%, 95%). Als er niets is veranderd in de procesvoering, is het zeer aannemelijk (95% betrouwbaar) dat er slechts 1 op de 1.000 maal een meetwaarde boven deze limiet zal liggen. Als daarentegen niet kan worden uitgegaan van normaliteit, staat alleen de informatie uit de meetreeks ter beschikking. Om dan bijvoorbeeld nog een enigszins verantwoorde eis aan het maximum te kunnen stellen, dient de meetreeks minstens 1.000 onafhankelijke meetwaarden te bevatten. Dat is uiteraard in de meeste gevallen teveel gevraagd.

Rol van autocorrelatie

Het al of niet optreden van autocorrelatie in het lozingsproces heeft ook grote invloed op de mogelijkheden van de lozingseisen. Als er autocorrelatie optreedt zal de beschikbare meetreeks namelijk de standaardafwijking van het lozingsproces onderschatten, zodat daarvoor op één of andere wijze zal moeten worden gecorrigeerd bij het opstellen van de lozingseis. Verder zal er bij de handhaving rekening mee moeten worden gehouden dat opeenvolgende meetwaarden doorgaans meer op elkaar zullen lijken dan op veel eerder of later verkregen meetwaarden. Het is dan niet meer mogelijk om over een korte termijn te kunnen beoordelen of het aantal overschrijdingen van een tolerantielimiet nog past bij wat verwacht zou mogen worden bij onveranderde procesvoering.

Slechts als er voldoende meetwaarden beschikbaar zijn (minstens 50) en het proces zwak stationair is, oftewel zonder grootschalige structuur (zoals een golfbeweging, of een lange-termijn trend) en met spreiding en autocorrelaties die niet veranderen in de tijd, is het enigszins verantwoord mogelijk te corrigeren voor de autocorrelatie, anders dient deze te worden verkleind of omzeild, door het weglaten van meetwaarden, middelen en/of differentiëren (zie hieronder).

Bij differentiëren zijn twee tolerantielimieten nodig

Een meetreeks met een grootschalige structuur zal een positieve autocorrelatie vertonen die slechts langzaam afneemt met het meetinterval. Als de meetreeks is verkregen met een constant meetinterval, kunnen, zoals besproken in § 2.4.4, zowel de grootschalige structuur als de nauwelijks uitdempende autocorrelatie worden opgeheven door te differentiëren, volgens:

$$d_t = x_t - x_{t-1} \quad \text{voor } t = 2, 3, \dots, n$$

met d_t de differentie voor tijdstip t , x_t de meetwaarde voor tijdstip t en n het aantal meetwaarden. Door het differentiëren kunnen extreem hoge meetwaarden zowel tot uiting komen in een positieve, als in een negatieve differentie. Voor een gedifferentieerde reeks dienen er dus twee tolerantielimieten te worden opgesteld, zijnde de bovengrens en de ondergrens van het tolerantieinterval. Als een differentie buiten dat interval valt, zal eerst moeten worden vastgesteld – bijvoorbeeld visueel - of dat komt door een extreem hoge, of een extreem lage meetwaarde, alvorens een conclusie over het al dan niet onbeheerst zijn van het proces te kunnen trekken.

In de volgende twee paragrafen worden enkele mogelijkheden voor pragmatische lozingseisen aangegeven, met onderscheid tussen eisen voor momentaan gedrag (individuele meetwaarden) en eisen voor gemiddeld gedrag (gemiddelden van meetwaarden).

3.2 Mogelijke lozingseisen voor momentaan gedrag

Een lozingseis voor momentaan gedrag komt neer op een eis aan individuele meetwaarden. Daarvoor kan de tolerantielimiet worden gehanteerd. We onderscheiden de volgende gevallen:

- (1) normale kansverdeling, geen autocorrelatie;
- (2) normale kansverdeling, autocorrelatie;
- (3) geen normale kansverdeling, geen autocorrelatie;
- (4) geen normale kansverdeling, autocorrelatie.

3.2.1 Normale kansverdeling, geen autocorrelatie

Als we er van uit mogen gaan dat de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en we geen rekening hoeven te houden met autocorrelatie van het lozingsproces, dan berekenen we de tolerantielimiet $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ van toekomstige (eventueel getransformeerde) meetwaarden als [Natrella, 1963]:

$$TL_{(\gamma, 1-\alpha)} = \bar{x} + \frac{z_{(\gamma)} + \sqrt{\left(z_{(\gamma)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(\gamma)}^2 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{n} \right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot s$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van het proces, n het aantal meetwaarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{(\gamma)}$ het $100 \cdot \gamma$ -percentiel van de standaardnormale verdeling, $z_{(1-\alpha)}$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de standaardnormale verdeling en n het aantal meetwaarden.

Enige voorzichtigheid is wel op zijn plaats als we op deze wijze een extreme tolerantielimiet willen berekenen, zoals het interval dat slechts door 1 meetwaarde op 1.000 onafhankelijke meetwaarden wordt overschreden. De geldigheid daarvan is namelijk sterk gevoelig voor afwijkingen van de normale kansverdeling. Bij twijfel aan het soort kansverdeling kan daarom beter voor een verdelingsvrije tolerantielimiet worden gekozen (zie verder).

Als het een gedifferentieerde reeks betreft, moet het tolerantie-interval $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ worden berekend. De boven- en ondergrens van dat interval volgen uit [Hald, 1952]:

$$TI_{(\gamma, 1-\alpha)} = \bar{x} \pm z_{((1+\gamma)/2)} \cdot \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{(\alpha, n-1)}^2}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2n}\right) \cdot s$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van het gedifferentieerde proces, n het aantal waarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{((1+\gamma)/2)}$ het $100 \cdot (1+\gamma)/2$ -percentiel van de standaardnormale verdeling en $\chi_{(\alpha, n-1)}^2$ het $100 \cdot \alpha$ -percentiel van de chikwadraat-verdeling bij $n-1$ vrijheidsgraden.

3.2.2 Normale kansverdeling, autocorrelatie

Als we er van uit mogen gaan dat de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, er sprake is van autocorrelatie en een zwak stationair lozingsproces, dan wordt de tolerantielimiet $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ van toekomstige (eventueel getransformeerde) meetwaarden berekend als aangegeven in § 3.2.1, maar nu met s vervangen door s^* , de voor de autocorrelatie gecorrigeerde schatting van de standaardafwijking van het proces, volgens:

$$s^* = \sqrt{\frac{s^2}{1 - \frac{2}{n \cdot n-1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \rho_l)}}$$

met ρ_l de autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l . Als alle autocorrelatiecoëfficiënten nul zijn, reduceert deze formule tot die van § 3.2.1. Een positieve autocorrelatie leidt dus tot een hogere tolerantielimiet.

Als het een gedifferentieerde reeks betreft, dan wordt het tolerantieinterval $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ berekend als aangegeven in § 3.2.1, maar nu eveneens met s vervangen door s^* , gedefinieerd als boven.

3.2.3 Niet-normale kansverdeling, geen autocorrelatie

Als we niet uit kunnen gaan van een normale kansverdeling - ook niet na transformatie van de meetwaarden - en we geen rekening hoeven te houden met autocorrelatie van het lozingsproces en er zijn meer dan 20 meetwaarden beschikbaar ($n > 20$), dan berekenen we de tolerantielimiet $_{(\gamma, 1-\alpha)}$ van toekomstige (eventueel getransformeerde) meetwaarden als [Gilbert, 1987]:

$$TL_{(\gamma, 1-\alpha)} = x_{[u]} \quad \text{en} \quad u = \gamma \cdot (n+1) + z_{(1-\alpha)} \cdot \sqrt{n \cdot \gamma \cdot (1-\gamma)}$$

met $x_{[u]}$ de meetwaarde die zich na rangschikking van klein naar groot op de u^e -positie bevindt (als u geen geheel getal is moet lineair worden geïnterpoleerd tussen de naastliggende meetwaarden) en $z_{(1-\alpha)}$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de standaardnormale verdeling.

Voorbeeld

Stel dat we beschikken over 75 onafhankelijke meetwaarden van koper, verkregen bij lozing onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering, over een periode van twee jaar. De meetwaarden blijken afkomstig uit een zeer scheve kansverdeling en het lukt niet om deze te transformeren tot symmetrie. Om tot de tolerantielimiet_(90%,95%) van toekomstige meetwaarden te kunnen komen, berekenen we eerst u als volgt: $u = 0,90 \cdot 76 + 1,645 \cdot \sqrt{(75 \cdot 0,90 \cdot 0,10)} = 72,7$. De betreffende tolerantielimiet schatten we dus uit de 72^e en 73^e van de gerangschikte meetwaarden, als volgt: $TL_{(90\%, 95\%)} = x_{[72]} + 0,7 \cdot (x_{[73]} - x_{[72]})$. Dus als de 72^e meetwaarde 552 $\mu\text{g/l}$ is en de 73^e is 560 $\mu\text{g/l}$, dan volgt: $TL_{(90\%, 95\%)} = 552 + 0,7 \cdot (560 - 552) = 557,6 \mu\text{g/l}$.

Als er weinig meetwaarden beschikbaar zijn, dan is het langs bovenstaande weg niet meer mogelijk om de tolerantielimiet voor een hoog percentiel met een hoge betrouwbaarheid te schatten, doordat u dan groter wordt dan n . In een dergelijk geval is het aan te raden de maximale meetwaarde ($x_{[n]}$) te hanteren als tolerantielimiet. De daarbij horende dekkingsgraad (γ) en betrouwbaarheid ($1-\alpha$) kunnen worden vastgesteld aan de hand van de volgende relatie [Montgomery, 1991]:

$$n \cdot \ln(\gamma) = \ln(\alpha)$$

Voorbeeld

Stel dat we beschikken over 20 onafhankelijke meetwaarden van koper, verkregen bij lozing onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering, over een periode van twee jaar. Dit aantal is té weinig om vast te kunnen stellen uit welk soort kansverdeling ze afkomstig zijn, of om een geschikte transformatie te vinden, zodat we niet uit kunnen gaan van een normale kansverdeling. Als we het maximum van deze 20 meetwaarden ($x_{[20]}$) hanteren als tolerantielimiet en we een betrouwbaarheid van 95% wensen ($\alpha=5\%$), dan is de dekkingsgraad (γ) 86%. We mogen dus met 95% betrouwbaarheid verwachten dat deze tolerantielimiet door hoogstens 14% van de nieuwe meetwaarden zal worden overschreden, mits het lozingsproces niet wijzigt.

Als het een gedifferentieerde reeks betreft, moet het tolerantieinterval_($\gamma, 1-\alpha$) worden berekend. Zijn er meer dan 20 meetwaarden beschikbaar ($n > 20$), dan volgt de bovengrens van dat interval uit:

$$\text{bovengrens } TI_{(\gamma, 1-\alpha)} = x_{[u]} \quad \text{en} \quad u = \frac{1+\gamma}{2} \cdot (n+1) + z_{(1-\alpha/2)} \cdot \sqrt{n \cdot \frac{1+\gamma}{2} \cdot \left(1 - \frac{1+\gamma}{2}\right)}$$

met $x_{[u]}$ de meetwaarde die zich na rangschikking van klein naar groot op de u -positie bevindt (als u geen geheel getal is moet lineair worden geïnterpoleerd tussen de naastliggende meetwaarden) en $z_{(1-\alpha/2)}$ het 100·(1- α /2)-percentiel van de standaardnormale verdeling. En de ondergrens van dat interval volgt uit:

$$\text{ondergrens } TI_{(\gamma, 1-\alpha)} = x_{[l]} \quad \text{en} \quad l = \frac{1-\gamma}{2} \cdot (n+1) - z_{(1-\alpha/2)} \cdot \sqrt{n \cdot \frac{1-\gamma}{2} \cdot \left(1 - \frac{1-\gamma}{2}\right)}$$

met $x_{[1]}$ de meetwaarde die zich na rangschikking van klein naar groot op de 1^e-positie bevindt (zie verder boven). Als er daarentegen weinig meetwaarden beschikbaar zijn, is het aan te raden de maximale meetwaarde ($x_{[n]}$) te hanteren als bovengrens en de minimale meetwaarde ($x_{[1]}$) als ondergrens van het tolerantie-interval. De daarbij horende dekingsgraad (γ) en betrouwbaarheid ($1-\alpha$) kunnen vervolgens worden vastgesteld aan de hand van de volgende relatie [Montgomery, 1991]:

$$n \approx \frac{1}{2} + \left(\frac{1+\gamma}{1-\gamma} \right) \cdot \frac{\chi_{(1-\alpha,4)}^2}{4}$$

met $\chi_{(1-\alpha,4)}^2$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de chikwadraat-verdeling bij 4 vrijheidsgraden (deze is te vinden in statistische tabellen).

3.2.4 Niet-normale kansverdeling, autocorrelatie

Als we niet uit kunnen gaan van een normale kansverdeling - ook niet na transformatie van de meetwaarden - en er sprake is van autocorrelatie van het lozingsproces, dan wordt een tolerantielimiet van toekomstige meetwaarden nog steeds berekend zoals beschreven in de voorgaande subparagraaf (§ 3.2.3), zij het ditmaal niet met alle beschikbare meetwaarden, maar alleen met de onafhankelijke meetwaarden. Dit houdt in dat eerst moet worden vastgesteld vanaf welk meetinterval kan worden uitgegaan van onafhankelijke meetwaarden en dat vervolgens meetwaarden moeten worden weggelaten bij het berekenen van het tolerantieinterval. Het is aan te bevelen een procedure hiervoor op te stellen, opdat hierbij een uniforme aanpak wordt gehanteerd.

3.3 Mogelijke lozingseisen voor gemiddeld gedrag

Een lozingseis voor gemiddeld gedrag komt neer op een eis aan het gemiddelde van een aantal meetwaarden. Volgens de statistische theorie (de Centrale Limietstelling) zal een kansverdeling van gemiddelden meer naderen tot de normale kansverdeling, naarmate er meer meetwaarden worden gemiddeld, ongeacht de kansverdeling van de meetwaarden. Als de meetwaarden afkomstig zijn uit een zeer scheve kansverdeling moet er nog wel worden gemiddeld over veel meetwaarden (50 à 75) om dit te bewerkstelligen, maar naarmate de meetwaarden afkomstig zijn uit een symmetrische kansverdeling reduceert het benodigde aantal sterk. We kunnen er van uitgaan dat na een eventueel benodigde transformatie van de meetwaarden tot symmetrie (zie § 2.3.3), de kansverdeling van het gemiddelde van vijf of meer meetwaarden voldoende genaderd is tot de normale kansverdeling. Voor wat betreft het formuleren van lozingseisen aan gemiddeld gedrag aan de hand van tolerantielimieten onderscheiden we daarom alleen nog maar de volgende twee gevallen:

- (1) normale kansverdeling, geen autocorrelatie;
- (2) normale kansverdeling, autocorrelatie.

3.3.1 Normale kansverdeling, geen autocorrelatie

Als we er van uit mogen gaan dat het gemiddelde van m opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig is uit een normale kansverdeling en we geen rekening hoeven te houden met autocorrelatie van het lozingsproces, dan berekenen we de tolerantielimiet_($\gamma, 1-\alpha$) van toekomstige gemiddelden als:

$$TL_{(\gamma, 1-\alpha)} = \bar{x} + \frac{z_{(\gamma)} + \sqrt{\left(z_{(\gamma)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(\gamma)}^2 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{n} \right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(1-\alpha)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot \frac{s}{\sqrt{m}}$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van het proces, n het aantal meetwaarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{(\gamma)}$ het $100 \cdot \gamma$ -percentiel van de standaardnormale verdeling en $z_{(1-\alpha)}$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de standaardnormale verdeling.

Als het een gedifferentieerde reeks betreft, moet het tolerantieinterval_($\gamma, 1-\alpha$) worden berekend. De boven- en ondergrens van dat interval volgen uit [Hald, 1952]:

$$TI_{(\gamma, 1-\alpha)} = \bar{x} \pm z_{((1+\gamma)/2)} \cdot \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{(\alpha, n-1)}^2}} \cdot \left(1 + \frac{1}{2n}\right) \cdot \frac{s}{\sqrt{m}}$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van het gedifferentieerde proces, n het aantal waarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{((1+\gamma)/2)}$ het $100 \cdot (1+\gamma)/2$ -percentiel van de standaardnormale verdeling en $\chi_{(\alpha, n-1)}^2$ het $100 \cdot \alpha$ -percentiel van de chikwadrat-verdeling bij $n-1$ vrijheidsgraden.

Een andere mogelijkheid is een lozingseis op te stellen voor een speciaal soort voortschrijdend gemiddelde, namelijk het exponentieel gewogen voortschrijdend gemiddelde³ [Montgomery, 1991]. Dit is gedefinieerd als:

$$w_t = (1-\lambda) \cdot w_{t-1} + \lambda \cdot x_t \quad \text{voor } t = 1, 2, \dots$$

met w_t het voortschrijdend gemiddelde voor tijdstip t , λ een constante ($0 < \lambda < 1$) en x_t de meetwaarde voor tijdstip t . De beginwaarde (w_0) wordt gezet op \bar{x} , de schatting van het gemiddelde van het proces. De in de literatuur aanbevolen grenswaarden (gemiddelde plus of min 3 sigma) zijn op te vatten als de begrenzingen van een tolerantieinterval(99,7%, >95%). Dit interval wordt berekend als:

$$TI_{(99,7\%, >95\%)} = \bar{x} \pm 3 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}$$

met s de schatting van de standaardafwijking van het proces. Voor λ kan een waarde van 0,2 worden aanbevolen [Zhang, 1998]. Het interval is direct te gebruiken als het een gedifferentieerde reeks betreft. Als het geen gedifferentieerde reeks betreft kan de boven-

.....
Noot

³ In de literatuur aangeduid als EWMA ('Exponentially Weighted Moving Average').

grens van het interval, op te vatten als de tolerantie limiet_(99,9% , >95%), dienen als lozingseis.

De ervaring leert dat op basis van gewone gemiddelden vooral grote afwijkingen van het gemiddelde snel kunnen worden gedetecteerd, terwijl op basis van exponentieel gewogen voortschrijdende gemiddelden vooral kleine afwijkingen van het gemiddelde snel kunnen worden gedetecteerd. Daarom wordt ook wel aanbevolen beide methoden naast elkaar te hanteren.

3.3.2 Normale kansverdeling, autocorrelatie

Als we er van uit mogen gaan dat het gemiddelde van m opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig is uit een normale kansverdeling, er sprake is van autocorrelatie en een zwak stationair lozingsproces, dan kan de tolerantie limiet_($\gamma, 1-\alpha$) van toekomstige gemiddelden worden berekend als aangegeven in § 3.3.1, maar nu met s vervangen door s^* , de voor de autocorrelatie gecorrigeerde schatting van de standaardafwijking van het proces, volgens:

$$s^* = \sqrt{\frac{s^2}{1 - \frac{2}{n \cdot n - 1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \rho_l)}}$$

met ρ_l de autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l . Als alle autocorrelatiecoëfficiënten nul zijn, reduceert deze formule tot die van § 3.3.1. Een positieve autocorrelatie leidt dus tot een hogere tolerantie limiet.

Als het een gedifferentieerde reeks betreft, dan wordt het tolerantie interval_($\gamma, 1-\alpha$) berekend als aangegeven in § 3.3.1, maar nu eveneens met s vervangen door s^* , gedefinieerd als boven.

Het in de vorige subparagraaf beschreven exponentieel gewogen voortschrijdend gemiddelde kan ook worden gehanteerd in geval van autocorrelatie en een zwak stationair lozingsproces. Het tolerantie interval dient dan echter te worden aangepast en wordt nu berekend als [Zhang, 1998]:

$$TI_{(99,7\%, >95\%)} = \bar{x} \pm 3 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \cdot \left(1 + 2 \cdot \sum_{l=1}^k (\rho_l \cdot (1-\lambda)^l \cdot (1-(1-\lambda)^{2(k-l)})) \right)}$$

met s de schatting van de standaardafwijking van het proces, ρ^l de autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l en k het aantal relevant te achten autocorrelatiecoëfficiënten. Om grote fouten bij het schatten van deze coëfficiënten te vermijden dient k niet groter te zijn dan $n/4$ (n is het aantal meetwaarden). Deze aanpak is dus niet aan te bevelen bij een slechts langzaam uitdempende autocorrelatie en een korte reeks. Voor λ kan een waarde van 0,2 worden aanbevolen [Zhang, 1998]. Het interval is direct te gebruiken als het een gedifferentieerde reeks betreft. Als het geen gedifferentieerde reeks betreft kan de bovengrens van het interval, op te vatten als de tolerantie limiet_(99,9% , >95%), dienen als lozingseis.

3.4 Vertalen lozingseis naar ander monstertype

Om naleefbare lozingseisen, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen, op te kunnen stellen, zijn meetwaarden nodig van de betreffende parameter. De lozingseis geldt dan echter alleen voor het van toepassing zijnde monstertype. Dus als een lozingseis is afgeleid met meetwaarden van dagverzamelmonsters, kan die niet worden gehanteerd voor steekmonsters.

Om een lozingseis voor meetwaarden van het ene monstertype te kunnen omzetten naar die van een ander type, zal er dus een vertaalslag moeten plaatsvinden. Daarbij gaan we uit van de volgende relatie tussen de meetwaarde van een steekmonster en de meetwaarde van een dagverzamelmonster:

$$x_{st,i} = x_{dv,i} + \varepsilon$$

met $x_{st,i}$ de meetwaarde van een steekmonster ergens gedurende dag i , $x_{dv,i}$ de meetwaarde van een dagverzamelmonster op dag i en ε het verschil tussen beide. Er geldt de volgende relatie tussen de standaardafwijkingen:

$$\sigma_{st}^2 = \sigma_{dv}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2$$

De spreiding van steekmonsters zal dus meestal groter zijn dan die van dagverzamelmonster en minimaal gelijk daaraan (schattingsfouten niet meegerekend).

De standaardafwijking van het verschil tussen de meetwaarde van een dagverzamelmonster en de meetwaarde van een steekmonster (σ_{ε}) kan op drie manieren worden vastgesteld: (1) schatten uit de beschikbare parallelle meetwaarden, (2) schatten met een proefopzet, of (3) door beredenering.

Ad (1) Schatten uit de beschikbare parallelle meetwaarden
Als er van voldoende dagen (meer dan 15) zowel een meetwaarde van een steekmonster als van een dagverzamelmonster beschikbaar is, kan σ_{ε} worden geschat uit het verschil van de twee uit die meetwaarden geschatte standaardafwijkingen:

$$s_{\varepsilon} = \sqrt{s_{st}^2 - s_{dv}^2}$$

Door schattingsfouten kan het verschil ook negatief zijn, maar dan is σ_{ε} blijkbaar zeer gering.

Ad (2) Schatten met een proefopzet

Een geschikte proefopzet om σ_{ε} te schatten, is op elk van een aantal aselekt gekozen dagen zowel een dagverzamelmonster als een aantal steekmonsters te nemen, de laatste aselekt geselecteerd binnen de lozingsperiode van de betreffende dag. Op basis van de resultaten kunnen we vervolgens σ_{ε} schatten als:

$$s_{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x_{st,ij} - x_{dv,i})^2}{n \cdot (m-1)}$$

met n het aantal bij deze proefopzet betrokken dagen met dagverzamelmonsters, m het aantal steekmonsters dat op elk van deze

dagen is genomen, $x_{st,ij}$ de meetwaarde van het j -de steekmonster op dag i en $x_{dv,i}$ de meetwaarde van het dagverzamelmonster op dag i .

Ad (3) Beredenering

Een proefopzet als boven beschreven kost tijd en geld. Als deze niet beschikbaar zijn kunnen we ook proberen te beredeneren wat σ_ε is. Daarvoor is echter wel gedetailleerd inzicht in het lozingsproces nodig. Als er binnen een lozingsdag nauwelijks variatie te verwachten is in het lozingsproces, mogen we veronderstellen dat σ_ε minimaal of zelfs nul is. Een dergelijke verwachting is bijvoorbeeld te rechtvaardigen als er een grote buffer bestaat tussen het productieproces en de lozing.

Bij het vertalen van een lozingseis voor meetwaarden van het ene monstertype naar die van een ander type moet ook rekening worden gehouden met een eventuele autocorrelatie. Doordat dagverzamelmonsters doorgaans met gelijke meetintervallen worden genomen, is het daarmee mogelijk om vast te stellen of er sprake is van autocorrelatie (zie § 2.4). Als er sprake is van autocorrelatie, zal dat ook opgaan voor steekmonsters van het betreffende proces. De mate van autocorrelatie is echter afhankelijk van het meetinterval en bij steekmonsters varieert het meetinterval. Het is dan aan te bevelen uit te gaan van de autocorrelatie die is vastgesteld met de dagverzamelmonsters voor het gemiddelde meetinterval van de steekmonsters. Als er alleen steekmonsters beschikbaar zijn van het proces, met variërende meetintervallen, dan kan autocorrelatie alleen nog maar visueel worden vastgesteld. Een vertaling naar de autocorrelatie voor dagverzamelmonsters met een bepaalde meetfrequentie wordt dan erg speculatief.

3.5 Rekening houden met milieurelevantie van parameters

Het ligt voor de hand dat we het risico op het niet-signaleren van normoverschrijdingen meer beperkt willen houden bij parameters met een grotere milieurelevantie. De mogelijkheden hiertoe worden in het nu volgende besproken voor twee soorten normen:

- (1) emissiegrenswaarden;
- (2) naleefbare lozingseisen.

Ad (1) Een emissiegrenswaarde is een vaste norm, die doorgaans is gebaseerd op inzicht in de dosis-effect-relatie. Aan de hand van meetwaarden kan worden vastgesteld of er al dan niet sprake is van normoverschrijding. Zoals toegelicht in § 3.1, kunnen we het risico op het niet-signaleren van een normoverschrijding – het consumentenrisico - hierbij beperken tot 5%, door uit te gaan van een overschrijding, als geldt:

$$x_k + 1,645 \cdot \sigma_{ba} > L$$

met x_k de meetwaarde van parameter X , σ_{ba} de standaardafwijking van de bemonsterings- en analysefouten en L de emissiegrenswaarde voor de betreffende parameter. De consumentenbescherming bestaat echter alleen voor de meettijdstippen, daartussen is er geen enkele consumentenbescherming. Het totale beschermingsniveau hangt dus af van de meetfrequentie in de handhavingfase. Het is daarom aan te bevelen om bij parameters met een grotere

milieurelevantie een hogere meetfrequentie op te leggen. Ter aanvulling verdient het ook overweging een dynamische meetfrequentie op te leggen, die afhangt van de ligging van de kansverdeling van de meetwaarden ten opzichte van de norm (zie het voorbeeld in tabel 3.1). Om te bezien of de meetfrequentie aanpassing behoeft, dient dus met enige regelmaat te worden nagegaan of de kansverdeling is veranderd.

Tabel 3.1

Voorbeeld van een dynamische meetfrequentie, die afhangt van de ligging van de kansverdeling van de meetwaarden ten opzichte van de norm. De kansverdeling is hier gekenschetst aan de hand van het 99- en het 50-percentiel ($x_{0,99}$ en $x_{0,50}$) en hun verschil.

Kenmerk kansverdeling	Aanbevolen meetfrequentie
$x_{0,99} + 2(x_{0,99} - x_{0,50}) < \text{norm}$	minimaal
$x_{0,99} + (x_{0,99} - x_{0,50}) < \text{norm}$ en $x_{0,99} + 2(x_{0,99} - x_{0,50}) > \text{norm}$	intermediair
$x_{0,99} < \text{norm}$ en $x_{0,99} + (x_{0,99} - x_{0,50}) > \text{norm}$	maximaal

Enige voorzichtigheid is geboden als we een hogere meetfrequentie willen opleggen dan die van de historische meetwaarden waarmee de kenmerken van hun kansverdeling zijn vastgesteld. Er is namelijk geen objectieve methode voorhanden om de autocorrelatiestructuur die is geconstateerd voor een bepaalde meetfrequentie te vertalen naar die van een hogere meetfrequentie.

Ad (2) Een naleefbare lozingseis is gebaseerd op de kansverdeling van de meetwaarden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. We mogen aannemen dat er sprake is van een onbeheerste procesvoering als het percentage meetwaarden dat de lozingseis overschrijdt meer is dan wat verwacht zou mogen bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Ook hier hangt het beschermingsniveau af van de meetfrequentie in de handhavingfase en is het dus aan te bevelen om bij parameters met een grotere milieurelevantie een hogere meetfrequentie op te leggen. Een dynamische meetfrequentie op basis van de ligging van de kansverdeling van de meetwaarden ten opzichte van de lozingseis heeft hier geen zin, want die ligging zal bij een beheerste procesvoering niet veranderen.

3.6 Samenvatting van het formuleren van lozingseisen

Een geschikte naleefbare lozingseis is de tolerantielimiet, zijnde de grens waarvan we met een bepaalde betrouwbaarheid mogen verwachten dat die hooguit door een bepaald percentage nieuwe meetwaarden (of gemiddelden van meetwaarden) wordt overschreden, mits de procesvoering normaal en beheerst blijft. Als het percentage overschrijding meer bedraagt, mogen we met dezelfde betrouwbaarheid aannemen dat er niet meer sprake is van de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Een tolerantielimiet wordt berekend uit historische meetwaarden en de berekeningswijze hangt af van de kansverdeling van het proces en van het al of niet optreden van autocorrelatie. De onzekerheden ten gevolge van bemonsterings- en analysefouten en de steekproeffout zijn reeds in de tolerantielimiet verdisconteerd.

Dit hoofdstuk geeft voor verschillende combinaties van kansver-

deling en autocorrelatie aan hoe de tolerantielimiet kan worden berekend. Als kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, kan zelfs een tolerantielimiet worden berekend met een verwaarloosbare overschrijdingskans, zoals 1/1.000. Deze kan dan worden gehanteerd als een lozingseis die niet overschreden mag worden. Als niet kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, zijn er minstens 1.000 onafhankelijke meetwaarden nodig om een dergelijke tolerantielimiet te kunnen berekenen. Om een lozingseis die is afgeleid voor een bepaald monstertype (zoals dagverzamelmonsters, of steekmonsters) te kunnen omzetten naar een die van een ander monstertype, dient er een vertaalslag plaats te vinden, op basis van beschikbare parallele meetwaarden, een speciale proefopzet of beredenering. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met een eventuele autocorrelatie. Als we het risico op het niet-signaleren van normoverschrijdingen voor parameters met een grotere milieurelevantie meer willen beperken, dan dient voor die parameters een hogere meetfrequentie te worden opgelegd. Enige voorzichtigheid is geboden als we een hogere meetfrequentie willen opleggen dan die van de historische meetwaarden waarmee de kenmerken van hun kansverdeling zijn vastgesteld. Er is namelijk geen objectieve methode voorhanden om de autocorrelatiestructuur die is geconstateerd voor een bepaalde meetfrequentie te vertalen naar die van een hogere meetfrequentie.

4 Benutten van relaties tussen parameters

Als verschillende parameters een voldoende sterke relatie vertonen, biedt zich de mogelijkheid aan om er één of meer te laten vervallen uit het meetprogramma. Dit hoofdstuk geeft aan hoe de sterkte van een relatie tussen twee parameters kan worden vastgesteld en hoe vervolgens de relatie kan worden benut om de meetinspanning te verminderen.

4.1 Vaststellen relaties tussen parameters

Een geschikte mogelijkheid om de relaties tussen parameters vast te stellen wordt geboden door correlatie-analyse, waarbij wordt afgegaan op de correlatiecoëfficiënt van twee variabelen, zijnde een maat voor de samenhang in hun meetwaarden. Afhankelijk van het soort kansverdelingen waar de meetwaarden uit afkomstig zijn, kan het gebruik van één van de twee volgende correlatiecoëfficiënten worden aanbevolen:

- (1) de lineaire, of ook wel Pearson-correlatiecoëfficiënt;
- (2) de Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt

4.1.1 De lineaire, of Pearson-correlatiecoëfficiënt

Als we er van uit kunnen gaan dat zowel de meetwaarden van parameter X als de meetwaarden van parameter Y afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, eventueel na transformatie van de meetwaarden, dan is aan te bevelen hun lineaire relatie uit te drukken in de Pearson-correlatiecoëfficiënt, berekend als:

$$r_p = \frac{\sum_{t=1}^n ((x_t - \bar{x}) \cdot (y_t - \bar{y}))}{\sqrt{\left(\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2\right) \cdot \left(\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2\right)}}$$

met x_t en y_t de meetwaarde van X respectievelijk Y op tijdstip t , \bar{x} en \bar{y} het geschatte gemiddelde van X respectievelijk Y en n het aantal gepaarde meetwaarden van X en Y .

4.1.2 De Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt

Als we er niet van uit kunnen gaan dat zowel de meetwaarden van parameter X als de meetwaarden van parameter Y afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, ook niet na transformatie van de meetwaarden, is aan te bevelen hun samenhang uit te drukken in de Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt, berekend als:

$$r_{sp} = \frac{\sum_{t=1}^n (Rx_t \cdot Ry_t) - n \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)^2}{n \cdot (n^2 - 1) / 12}$$

met Rx_t het rangnummer van x_t als de meetwaarden van X oplopend zijn gerangschikt en Ry_t hetzelfde voor Y .

4.2 Voorspellen van niet-bemeten parameter met bemeten parameter

Een mogelijkheid om de meetwaarden van de ene parameter (Y) te beschrijven met die van een andere parameter (X), biedt het lineaire regressiemodel. Indien nodig, is aan te bevelen de meetwaarden van X en/of Y eerst te transformeren tot symmetrie (zie § 2.3.3), in welk geval in het onderstaande voor 'meetwaarde' moet worden gelezen: 'getransformeerde meetwaarde'. Het lineaire regressiemodel luidt:

$$y_t = b_0 + b_1 \cdot x_t + e_t$$

met y_t en x_t de meetwaarde van Y , respectievelijk X op tijdstip t , b_0 en b_1 modelcoëfficiënten en e_t het modelresidu voor tijdstip t . De modelcoëfficiënten worden geschat met de historische meetwaarden van beide parameters die beschikbaar zijn voor hetzelfde tijdstip (de gepaarde meetwaarden). Vervolgens kunnen we dan met een nieuwe meetwaarde van X (x_k) de daarbij behorende meetwaarde van Y (y_k) voorspellen, volgens:

$$\hat{y}_k = b_0 + b_1 \cdot x_k$$

Deze voorspelling geeft de verwachte meetwaarde van Y , gegeven de meetwaarde van X (x_k), maar houdt nog geen rekening met de modelresiduën. Als we er echter van uit kunnen gaan dat:

- (1) de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling,
- (2) de modelresiduën geen autocorrelatie vertonen en
- (3) de bemonsterings- en meetfout van X verwaarloosbaar is ten opzichte van die van Y , dan kunnen we de bovengrens van het $100\% \cdot (1-\alpha)$ -voorspelinterval berekenen van de meetwaarde van Y , gegeven de meetwaarde x_k , volgens:

$$\text{bovengrens } VI_{(1-\alpha)} = \hat{y}_k + t_{(1-\alpha, n-2)} \cdot s_e \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_k - \bar{x})^2}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}}$$

met $t_{(1-\alpha, n-2)}$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de Student-t-verdeling bij $n-2$ vrijheidsgraden, n het aantal gepaarde meetwaarden van X en Y waarmee het lineaire regressiemodel is geschat, \bar{x} het gemiddelde van X over die n meetwaarden en s_e de standaardafwijking van de modelresiduën.

Als de modelresiduën wél autocorrelatie vertonen, zal s_e geen zuivere schatting vormen van de standaardafwijking van de modelresiduën. Als de autocorrelatie niet te groot is, kan daarvoor als volgt worden gecorrigeerd:

$$s_e^* = \sqrt{\frac{s_e^2}{1 - \frac{2}{n \cdot n - 1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \rho_l)}}$$

met ρ_l de autocorrelatiecoëfficiënt van de modelresiduën voor tijdsinterval l .

Als de modelresiduën *niet* afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, maar geen autocorrelatie vertonen en de bemonsterings- en meetfout van X verwaarloosbaar is ten opzichte van die van Y , dan kunnen we de bovengrens van het $100\% \cdot (1-\alpha)$ -voorspelinterval berekenen van de meetwaarde van Y , gegeven de meetwaarde x_k , volgens [Helsel and Hirsch, 1992]:

$$\text{bovengrens } VI_{(1-\alpha)} = \hat{y}_k + e_{(1-\alpha)(n+1)}$$

met $e_{(1-\alpha)(n+1)}$ het modelresidu dat zich na rangschikking van klein naar groot op de positie $(1-\alpha) \cdot (n+1)$ bevindt, of, als $(1-\alpha) \cdot (n+1)$ geen geheel getal is, de waarde die ontstaat door lineaire interpolatie tussen de twee naastliggende modelresiduën. Als deze modelresiduën wél autocorrelatie vertonen, dient het voorspelinterval alleen te worden vastgesteld met de onafhankelijke modelresiduën. Dit houdt in dat eerst moet worden vastgesteld vanaf welk meetinterval kan worden uitgegaan van onafhankelijke modelresiduën en dat vervolgens modelresiduën moeten worden weggelaten bij het berekenen van het interval (hierdoor verandert ook n , het aantal gehanteerde waarden). Het is aan te bevelen een procedure hiervoor op te stellen, opdat hierbij een uniforme aanpak wordt gehanteerd.

Bij lozingsparameters zal doorgaans niet worden voldaan aan de derde van de drie bovengenoemde randvoorwaarden, doordat voor de meeste parameters bemonsterings- en meetfouten onvermijdelijk zijn. De betrouwbaarheid van het berekende voorspelinterval kan daardoor afwijken van de bedoelde betrouwbaarheid, waardoor het voorspelmodel niet geschikt is als een *volledige* vervanging van het meten van de betreffende parameter. Wij stellen derhalve het volgende gebruik van het voorspelmodel voor:

- (1) als de bovengrens van het 95%-voorspelinterval van de meetwaarde van parameter Y onder de lozingseis blijft, gaan we er van uit dat er geen overschrijding plaatsvindt;
- (2) als de bovengrens van het 95%-voorspelinterval van de meetwaarde van parameter Y meer is dan de lozingseis, dient deze parameter alsnog te worden geanalyseerd in het betreffende monster. Dit houdt in dat het monster dus enige tijd stand-by moet blijven.

Aanpak is ook toe te passen voor gemiddelden

Behalve voor meetwaarden, kan deze aanpak ook worden gehanteerd voor het gemiddelde van een aantal meetwaarden van Y . Daartoe dient het lineaire regressiemodel te worden afgeleid tussen het gemiddelde van een aantal meetwaarden van Y en het gemiddelde van een aantal meetwaarden van X .

4.3 Criterium voor de relatie tussen twee parameters

De bovenbeschreven aanpak kan in principe ook worden gehanteerd als de relatie tussen X en Y gering is, zij het dat het 95%-voorspelinterval van de meetwaarde van Y , gegeven een meetwaarde van X , dan vermoedelijk in zeer veel gevallen meer zal zijn dan de lozingseis en Y dan tóch vaak gemeten moet worden. Het voorspellen levert dan weinig voordeel, of zelfs een nadeel op

(er zijn immers extra werkzaamheden nodig), ten opzichte van de situatie waarbij beide parameters worden gemeten.

De correlatiecoëfficiënt (Pearson of Spearman) kan dienen om een eerste selectie te maken van parameters die gerelateerd zijn. Daarbij kan bijvoorbeeld als criterium worden gehanteerd dat de correlatiecoëfficiënt tussen twee parameters minstens 0,50 moet zijn om een nader onderzoek naar het vervangen van één van beide te rechtvaardigen. Vervolgens dient het lineaire regressiemodel tussen beide parameters te worden afgeleid, inclusief de bovengrens van het 95%-voorspelinterval. De parameter die met de minste inspanning (kosten) kan worden gemeten is hierbij X . We kunnen bijvoorbeeld als criterium hanteren dat het zinvol is om de relatie te benutten – en parameter Y dus niet meer te meten – als het bereik van historische X -waarden waarvoor de bovengrens van het 95%-voorspelinterval van Y boven de lozingseis uitkomt, hooguit 75% is van het totale bereik van historische X -waarden. Dit betekent dat dan voor minstens 25% van de nieuwe metingen van parameter X de meting van parameter Y kan vervallen.

4.4 Samenvatting van het benutten van relaties tussen parameters

Als twee parameters een voldoende sterke relatie vertonen, kan dit worden gebruikt om de meetinspanning te verminderen. De relatie dient daartoe te worden uitgedrukt in een lineair regressiemodel en de daaruit volgende bovengrens van het interval dat met 95% betrouwbaarheid de meetwaarde van de ene parameter (Y) zal bevatten, gegeven de meetwaarde van de andere parameter (X). De berekening van de bovengrens dient rekening te houden met de kansverdeling en de autocorrelatie van de modelresiduën. Als voor een nieuwe meetwaarde van X de bovengrens onder de lozingseis voor Y blijft, gaan we er van uit dat er geen overschrijding plaatsvindt, anders dient Y alsnog te worden geanalyseerd in het betreffende monster. Een eerste selectie van gerelateerde parameters kan worden uitgevoerd aan de hand van correlatiecoëfficiënten. Vervolgens dient te worden vastgesteld of de bovengrens niet te vaak boven de lozingseis uitkomt.

5 Formuleren lozings-eisen voor vrachten

Als we beschikken over een meetwaarde van de concentratie van een bepaalde parameter op dag i (x_i , in gewicht per volume) en een meetwaarde van het geloosde debiet op die dag (Q_i , in volume per dag), dan berekenen we de geloosde vracht van die dag (L_i , in gewicht per dag) als:

$$L_i = x_i \cdot Q_i$$

Voor het formuleren van naleefbare lozings-eisen voor momentane vrachten en voor gemiddelde vrachten over een korte periode – zoals een week, of een maand – kan in principe dezelfde aanpak worden gehanteerd als beschreven voor concentraties in de voorgaande hoofdstukken, namelijk voortborduren op het inzicht in de kansverdeling van de meetwaarden onder gebruikelijke, beheerste procesvoering. Maar deze aanpak is niet geschikt voor jaarvrachten, doordat er doorgaans te weinig historische jaarvrachten beschikbaar zijn om iets over hun kansverdeling te kunnen zeggen. Dit hoofdstuk beschrijft eerst een tweetal methoden die het meest geschikt zijn om jaarvrachten te berekenen (§ 5.1) en bespreekt dan de mogelijkheden voor het formuleren van lozings-eisen voor jaarvrachten (§ 5.2). Dit hoofdstuk sluit af met een korte samenvatting (§ 5.3).

5.1 Schatten van jaarvracht

Er zijn verschillende methoden beschikbaar om een jaarvracht te schatten uit steekproeven van de concentratie en het debiet in dat betreffende jaar. Bij een uitvoerig simulatieonderzoek zijn de nauwkeurigheden van deze methoden vergeleken, uitgaande van meetreeksen van kwaliteitsparameters en debieten van Rijn en Maas [Klavers et al., 1992]. Daarbij bleken de volgende twee methoden het meest nauwkeurig: (1) de directe methode en (2) de gewogen concentratiemethode.

Ad (1) directe methode

$$L = K \cdot \left(\sum_{i=1}^n (x_i \cdot Q_i) \right) \cdot \frac{N}{n}$$

met L de jaarvracht (kg/jaar), K een conversiefactor (voor omrekening van de eenheden), x_i de concentratie op dag i (mg/l of $\mu\text{g/l}$), Q_i het daggemiddelde debiet op dag i (m^3/s), n het aantal lozingsdagen in dat jaar en N het aantal gepaarde meetwaarden van concentratie en debiet.

Ad (2) gewogen concentratiemethode

$$L = K \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \right) \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m} \right) \cdot N$$

met Q_j het daggemiddelde debiet op dag j (m^3/s) en m het aantal daggemiddelde debieten (voor de overige termen, zie boven).

Als er alleen gepaarde meetwaarden beschikbaar zijn van concentratie en debiet ($n = m$), dan leveren beide methoden hetzelfde resultaat. En als bovendien de concentratie is gemeten met dagverzamelmonsters en er voor elke lozingsdag meetwaarden van concentratie en debiet beschikbaar zijn ($n = m = N$), dan wordt de jaarvracht met beide methoden *in principe* praktisch foutloos geschat. De steekproeffout bedraagt dan namelijk 0, zodat alleen de bemonsterings- en meetfouten overblijven. Als daar geen uitschieters bijzitten en de bemonsterings- en meetmethoden geen systematische fouten vertonen, worden deze fouten door het grote aantal meetwaarden echter sterk uitgemiddeld, tot praktisch nul.

5.2 Mogelijkheden voor wat betreft lozingseisen voor jaarvrachten

In de meeste gevallen zullen er slechts 1 of 2 historische jaarvrachten beschikbaar zijn, wat natuurlijk onvoldoende is om de kenmerken van de kansverdeling van de jaarvrachten vast te kunnen stellen. Het is dan dus niet mogelijk om een naleefbare lozingseis voor jaarvrachten op te stellen.

Om toch tot een soort lozingseis te kunnen komen, verdient het aanbeveling te onderzoeken of er per bedrijf (of soort bedrijf) een 'haalbare jaarvracht' kan worden afgeleid, op basis van de haalbare effluentconcentratie en een raming van het jaardebiet of het verloop van het debiet over het jaar volgens de stand der techniek (het 'haalbare debiet'). Om de haalbare vracht te berekenen dienen vervolgens de twee geraamde grootheden – haalbare concentratie en haalbaar debiet – op een gepaste wijze te worden vermenigvuldigd, afhankelijk van de tijdseenheden waarop ze betrekking hebben, om de haalbare vracht te berekenen.

5.3 Samenvatting van lozingseisen voor vrachten

Voor het formuleren van naleefbare lozingseisen voor momentane vrachten en voor gemiddelde vrachten over een korte periode, kan in principe dezelfde aanpak worden gehanteerd als voor concentraties, namelijk voortborduren op het inzicht in de kansverdeling van de meetwaarden onder gebruikelijke, beheerste procesvoering. Voor jaarvrachten is deze aanpak echter niet geschikt, doordat er doorgaans te weinig historische jaarvrachten beschikbaar zijn. Om toch tot een soort lozingseis te kunnen komen, moet worden onderzocht of er een 'haalbare jaarvracht' kan worden afgeleid uit de haalbare effluentconcentratie en een haalbaar debiet. De nauwkeurigste methoden om jaarvrachten te schatten zijn de directe methode en de gewogen concentratiemethode.

6 Signaleren en behandelen van uitschieters

Uitschieters zijn meetwaarden die duidelijk afwijken van de andere meetwaarden uit dezelfde steekproef. Ze kunnen veroorzaakt zijn door:

- (1) uitzonderlijke bemonsterings- of meetfouten en/of transcriptiefouten;
 - (2) een onbeheerste situatie;
 - (3) een uitzonderlijk geval van de gebruikelijke, beheerste situatie.
- Voor onze toepassing is het van belang dat meetwaarden veroorzaakt door uitzonderlijke fouten of onbeheerste situaties verwijderd worden, maar als ze een uitzonderlijk geval van een beheerste situatie vertegenwoordigen moeten ze niet worden verwijderd. Het is dus zaak dat de beslissing om een uitschieter te verwijderen wordt gebaseerd op zijn achtergrond, anders nemen we een verkeerde spreiding aan voor de meetwaarden onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering.

6.1 Signaleren van uitschieters

Er zijn diverse statistische toetsen beschikbaar om objectief te detecteren welke meetwaarden niet passen bij de kansverdeling waar de overige meetwaarden van de steekproef uit afkomstig zijn. Deze toetsen hebben echter als nadeel dat ze er van uitgaan dat de overige meetwaarden afkomstig zijn uit een bepaalde bekende kansverdeling, zoals in de meeste gevallen de normale kansverdeling. Dit uitgangspunt is moeilijk verifieerbaar. Een steekproef van meetwaarden uit een sterk positief scheve kansverdeling kan daardoor onterecht worden aangezien voor een steekproef uit een normale kansverdeling die één of meer uitschieters bevat. Zonder detailkennis van de lozing valt het verwijderen van uitschieters dan ook nauwelijks te objectiveren. Het opschonen van een verzameling meetwaarden kan daardoor zeer veel inspanning vergen van de beheerder, die immers bij het bedrijf veel navraag zal moeten doen naar de historische details van het lozingsproces. Het is daarom aan te bevelen het lozende bedrijf te verplichten om aan te geven welke verstrekte meetwaarden representatief zijn voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Meetwaarden die fout zijn, of die zijn verkregen tijdens ongewone voorvallen moeten dus door het bedrijf worden gemarkeerd. En voor elke nog resterende uitschieter is het raadzaam het bedrijf te verplichten aan te tonen of te beargmenteren dat deze wél representatief is voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Voor deze discussie is er dus wel behoefte aan een door beide partijen gedragen methode om uitschieters te signaleren. Een geschikte methode daarvoor is de reeks van meetwaarden (x_1, x_2, \dots, x_n) om te zetten tot een reeks van gestudentiseerde afwijkingen (d_1, d_2, \dots, d_n) , volgens:

$$d_i = \frac{x_i - \bar{x}_{(-i)}}{s_{(-i)}}$$

met $\bar{x}_{(-i)}$ en $s_{(-i)}$ het geschatte gemiddelde respectievelijk de geschatte standaardafwijking van het proces dat de meetwaarden heeft gegenereerd, *uitgezonderd* de betreffende meetwaarde x_i . Het uitsluiten van de betreffende meetwaarde bij het berekenen van het gemiddelde en de standaardafwijking voorkomt dat deze kengetallen zodanig worden beïnvloed dat een uitschieter wordt gemaskeerd. Elke gestudentiseerde afwijking die groter is dan +3 of kleiner dan -3 kunnen we een uitschieter noemen. Als een uitschieter door een uitzonderlijke fout of een onbeheerste situatie is veroorzaakt, dient deze te worden verwijderd en dient de gehele procedure te worden herhaald (de kengetallen veranderen dan immers). Deze aanpak levert een groot onderscheidend vermogen en door het nader onderzoek naar de achtergrond van uitschieters zal het risico op het onterecht verwijderen van een uitschieter zeer beperkt blijven.

6.2 Samenvatting van het signaleren en behandelen van uitschieters

Het opschonen van een meetreeks vergt detailkennis van de lozing en het is derhalve raadzaam dit te laten uitvoeren door het lozende bedrijf. Evenzo is het raadzaam om het bedrijf voor verstrekte uitschieters te laten aantonen of beargumenteren dat deze representatief zijn voor de normale beheerste procesvoering. Een meetwaarde kan worden beschouwd als uitschieter, als zijn absolute gestudentiseerde afwijking groter is dan 3.

7 Omgaan met gecensureerde meetwaarden

Het is niet ongebruikelijk dat een meetreeks ook waarden bevat die zijn aangeduid als een '<' -teken, gevolgd door een bepaalde concentratie, die staat voor de rapportagegrens. Dit noemt men ook wel 'gecensureerde' waarden. Dergelijke niet-kwantitatieve gegevens vormen uiteraard een probleem bij de statistische analyse van de meetreeks. In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe daar mee kan worden omgegaan. Daartoe wordt eerst de beste oplossing aangedragen, namelijk het opheffen van de censuur (§ 7.1). Maar voor de gevallen dat de ongecensureerde waarden niet (meer) beschikbaar zijn, worden tevens sub-optimale oplossingen aangedragen, met onderscheid tussen verschillende situaties (§ 7.2 t/m § 7.4). Dit hoofdstuk sluit af met een korte samenvatting (§ 7.5).

7.1 Beste oplossing: hef de censuur door het laboratorium op

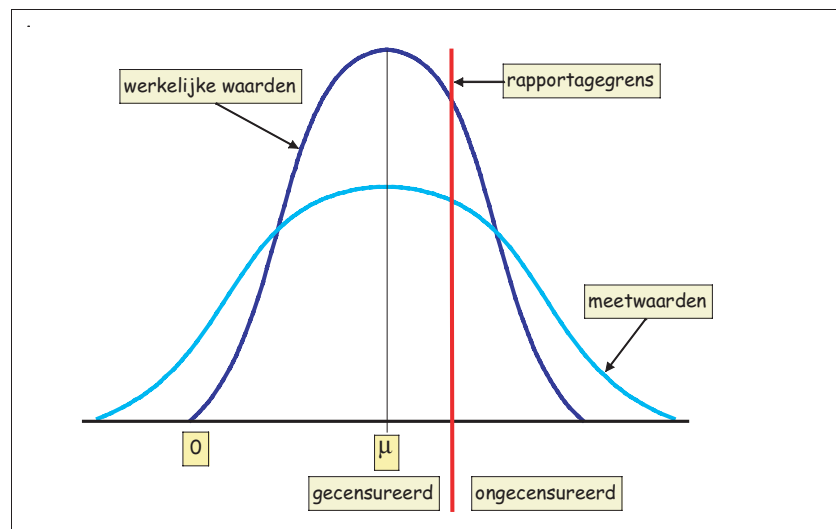
De beste oplossing voor het gestelde probleem is het betreffende laboratorium te verzoeken om van elke gecensureerde waarde de ongecensureerde meetwaarde te verstrekken. Bij veel parameters worden er namelijk wel degelijk waarden gemeten onder de rapportagegrens. En het is altijd beter om alle gemeten waarden te gebruiken voor statistische analyse, dus zowel de meetwaarden bóven als de meetwaarden ónder de rapportagegrens, zelfs als daar negatieve meetwaarden bij zitten. Deze aanbeveling is al vele malen eerder gedaan (zie bijvoorbeeld [EPA, 1980; ASTM, 1984; Gilliom et al., 1984; Gilbert, 1987; Porter et al., 1988 en Ward et al., 1990]), maar helaas zijn er nog steeds veel laboratoria die meetwaarden onder de rapportagegrens alleen gecensureerd verstrekken. Dit is gebaseerd op de hardnekkige misvatting dat meetwaarden onder deze grens een té grote meetfout zouden bevatten om nog gebruikt te kunnen worden. De *relatieve* meetfout is inderdaad meestal vrij groot op dat niveau, maar voor de statistische analyse telt alleen de kansverdeling van de meetfout en die wijkt in principe niet af van die van meetwaarden boven de rapportagegrens.

Het nut van het opheffen van de censuur kunnen we toelichten aan de hand van figuur 7.1. Deze toont twee kansverdelingen, namelijk: (1) die van de werkelijke waarden – hier alle zeer laag - van een bepaald verschijnsel en (2) die van alle mogelijke meetwaarden van het verschijnsel. Door het optreden van meetfouten is de kansverdeling van de meetwaarden breder dan die van de werkelijke waarden. En doordat de werkelijke waarden zeer laag zijn, kunnen er door meetfouten zelfs negatieve meetwaarden voorkomen. Maar als er geen censuur zou zijn, zouden we het gemiddelde van het verschijnsel (μ) zelfs met een beperkt aantal aselekt genomen monsters van het verschijnsel nog wel degelijk goed kunnen schatten uit de meetwaarden. De censuur door het laboratorium zal echter alle informatie onder de rapportagegrens tegenhouden, wat een onnodige barrière opwerpt voor het schatten van het gemiddelde.

Een overtuigend bewijs van de schade die laboratorium-censuur toebrengt aan de mogelijkheid om trends te detecteren is ook geleverd door [Gilliom et al, 1984], met een uitvoerig simulatie-onderzoek. En [Ward et al. ,1990] beschrijven een praktijkvoorbeeld, waar een trend enkele jaren eerder kon worden gedetecteerd door de laboratorium-censuur op te heffen.

Het opheffen van de censuur biedt dus zondermeer de beste oplossing als onze steekproef gecensureerde waarden bevat, niet alleen doordat het de toepassing van statistische standaardmethoden mogelijk maakt, maar - wat nog veel belangrijker is - doordat het leidt tot kengetallen en conclusies die statistisch gezien preciezer en krachtiger zijn dan bij gebruik van één of andere benaderingsmethode.

Figuur 7.1:
Voorbeeld van de schade die censuur toebrengt aan de informatie over een bepaald verschijnsel.



7.2 Suboptimale oplossingen voor omgang met gecensureerde waarden

Als het opheffen van de laboratorium-censuur niet (meer) mogelijk is, dienen we een benaderingsmethode te hanteren bij onze statistische analyse. Welke methode daarvoor het meest geschikt is hangt af van het soort statistische analyse. We maken daarbij onderscheid tussen:

- (1) analyses waarvoor elke gecensureerde waarde afzonderlijk moet zijn vervangen door een zo goed mogelijke benadering van deze waarde. Omdat we geen onderscheid kunnen maken tussen de gecensureerde waarden, komt dit er op neer dat elke gecensureerde waarde wordt vervangen door *dezelfde* vervangwaarde. Voorbeelden van dergelijke analyses zijn het vaststellen van autocorrelatie in een meetreeks en het vaststellen van relaties tussen parameters;
- (2) analyses waarvoor de gehele groep gecensureerde waarden moet zijn vervangen door een groep waarden met zoveel mogelijk dezelfde relevante kenmerken, zoals gemiddelde en spreiding. Het vervangen van elke gecensureerde waarde afzonderlijk door een zo goed mogelijke benadering van die waarde is daarbij niet nodig en zelfs af te raden, doordat de spreiding dan zal worden onderschat (voor elke gecensureerde waarde zal namelijk dezelfde vervangwaarde worden gehanteerd).

Voorbeelden van dergelijke analyses zijn het schatten van kengetallen, zoals gemiddelde en standaardafwijking, het vaststellen van het soort kansverdeling, het vaststellen van seizoensmatigheid en het toetsen aan lozingseisen.

Overigens moeten we er, ongeacht de gehanteerde benaderingsmethode, rekening mee houden dat bij hoge percentages gecensureerde waarden ($> 50\%$), de betrouwbaarheid van de statistische analyse zeer gering kan zijn.

7.3 Vervangen van afzonderlijke gecensureerde waarden

Als voor de statistische analyse elke gecensureerde waarde afzonderlijk moet zijn vervangen door een zo goed mogelijke benadering van deze waarde, kunnen we één van de volgende methoden hanteren:

- (1) vervangen van elke gecensureerde waarde door de helft van de analysegrens;
- (2) vervangen van elke gecensureerde waarde door de vervangwaarde zoals berekend met de DG90-methode (zie § 7.4).

De eerste methode is het meest bekend en wordt ook het meest toegepast. De tweede methode vergt meer rekenwerk, maar levert vermoedelijk betere benaderingen op.

7.4 Vervangen van een groep gecensureerde waarden

Als voor de statistische analyse de gehele groep gecensureerde waarden moet zijn vervangen door een groep waarden met zoveel mogelijk dezelfde relevante kenmerken, zoals gemiddelde en spreiding, dan komt vooral de 'log-waarschijnlijkheids-regressiemethode' in aanmerking (§ 7.4.1). Een minder complexe benaderingsmethode, die qua prestaties echter weinig onderdoet voor de log-waarschijnlijkheids-regressiemethode, is de methode van de uniforme verdeling (§ 7.4.2). En als het er alleen om gaat centrummaten te schatten, zoals het gemiddelde of de mediaan, dan kan de DG90-methode worden aanbevolen (§ 7.4.3).

7.4.1 Log-waarschijnlijkheids-regressiemethode

Als we kenmerken willen schatten van de kansverdeling waar een aantal meetwaarden, waaronder ook gecensureerde waarden, uit afkomstig is, dan is de zogenaamde 'log-waarschijnlijkheids-regressiemethode' aan te bevelen. Deze heeft namelijk zowel bij simulatieonderzoek als bij praktijkonderzoek voor vele soorten waterkwaliteitsgegevens betrouwbare resultaten opgeleverd [Gilliom and Helsel, 1986; Helsel and Gilliom, 1986]. De methode kwam daarbij als beste uit de bus, vergeleken met een zevental andere benaderingsmethoden.

De log-waarschijnlijkheids-regressiemethode komt er op neer dat de gecensureerde waarden worden vervangen door waarden die afkomstig zijn uit een lognormale kansverdeling, waarvan de karakteristieken zijn afgeleid met lineaire regressie van de logaritmes van de ongecensureerde meetwaarden op hun

normaalscores (z-scores). Daartoe moeten de volgende stappen worden uitgevoerd:

(1) rangschik de steekproef van n waarden van klein naar groot, waarbij dus een aantal (c) gecensureerde waarden vooraan staat, gevolgd door een aantal (u) ongecensureerde waarden ($n=c+u$). Dit geeft de op grootte gerangschikte meetreeks $x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[c]}, x_{[c+1]}, x_{[c+2]}, \dots, x_{[n]}$;

(2) bereken de plotpositie (p_r) voor elke waarde, volgens:

$$p_r = \frac{r}{n+1}$$

met r het rangnummer van de betreffende waarde ($r=1,2, \dots, n$).

Deze plotpositie is een schatting van de kans op een meetwaarde kleiner dan of gelijk aan $x_{[r]}$;

(3) bereken voor elke waarde de normaalscore (z_r), volgens:

$$z_r = \Phi^{-1}[p_r]$$

met Φ^{-1} de inverse cumulatieve standaardnormale verdeling.

In MS-Excel is deze normaalscore te berekenen als

$$z_r = \text{NORMSINV}(p_r);$$

(4) schat het lineaire regressiemodel dat de relatie beschrijft tussen de logaritmes van de u ongecensureerde waarden ($x_{[c+1]}, x_{[c+2]}, \dots, x_{[n]}$) en hun normaalscores:

$$\ln[x_{[r]}] = b_0 + b_1 \cdot z_r + e_r$$

met b_0 het geschatte intercept, b_1 de geschatte helling en e het modelresidu;

(5) extrapoleer dit model om de logaritmes van de c gecensureerde waarden ($x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[c]}$) te schatten:

$$\ln[\hat{x}_{[r]}] = b_0 + b_1 \cdot z_r$$

(6) schat nu de vervangende, kwantitatieve waarden voor de gecensureerde waarden in de meetschaal, door terug te transformeren:

$$\hat{x}_{[r]} = e^{\ln[\hat{x}_{[r]}]}$$

Het is mogelijk dat een vervangende waarde boven de rapportagegrens uitkomt, in welk geval deze gelijk moet worden gesteld aan de rapportagegrens [Gibbons, 1994];

(7) doordat alle gecensureerde waarden nu zijn ingevuld, kan de gebruikelijke statistische standaardmethode worden gehanteerd om kenmerken van de kansverdeling vast te stellen, zoals het gemiddelde of de standaardafwijking.

7.4.2 Methode van de uniforme verdeling

Een minder complexe methode waarmee we kenmerken kunnen vaststellen van een kansverdeling waaruit een aantal meetwaarden, waaronder ook gecensureerde waarden, afkomstig is, is de methode van de uniforme verdeling. Deze gaat er van uit dat de gecensureerde waarden een uniforme verdeling vormen tussen nul en de rapportagegrens. Als er c gecensureerde waarden zijn ($x_{[1]}, x_{[2]}, \dots, x_{[c]}$), wordt de vervangwaarde van elke gecensureerde waarde afzonderlijk berekend als:

$$\hat{x}_{[r]} = \frac{rg \cdot (r-1)}{c-1} \quad \text{voor } r = 1, 2, \dots, c$$

met rg de rapportagegrens. De resulterende vervangwaarden zijn symmetrisch ten opzichte van de helft van de rapportagegrens.

Voorbeeld

Als er 4 gecensureerde waarden zijn en de rapportagegrens bedraagt 1 µg/l, dan bedragen de vier vervangwaarden respectievelijk 0, 0,33, 0,66 en 1 µg/l.

Waar het gaat om het schatten van het gemiddelde, mediaan of standaardafwijking in aanwezigheid van gecensureerde waarden, bleek deze methode slechts weinig onder te doen voor de vernoemde log-waarschijnlijkheids-regressiemethode [Gilliom and Helsel, 1986; Helsel and Gilliom, 1986]. De methode van de uniforme verdeling is echter veel eenvoudiger toe te passen en we mogen deze dus kwalificeren als 'quick and not so dirty'.

7.4.3 Alleen voor schatten gemiddelde of mediaan: DG90-methode

Recent is in opdracht van RIKZ en RIZA een onderzoek uitgevoerd naar het verwerken van gecensureerde waarden bij het berekenen van een jaargemiddelde, een jaarmediaan, of een jaarvracht [Swaving en De Vries, 2000]. Daarbij zijn vijf methoden vergeleken, waaronder ook de bekendste, namelijk het vervangen van elke gecensureerde waarde door de helft van de rapportagegrens. Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van simulaties met verzamelingen meetwaarden van concentraties en debieten uit de praktijk van RIKZ en RIZA. Deze verzamelingen zijn op verschillende concentratieniveaus gecensureerd, om vervolgens de prestaties van de verschillende methoden objectief vast te kunnen stellen. Ook hierbij kwam, net als bij de eerder aangehaalde onderzoeken [Gilliom and Helsel, 1986; Helsel and Gilliom, 1986] de log-waarschijnlijkheids-regressiemethode als beste uit de bus. Vanwege zijn complexiteit (zie § 7.4.1) hebben de onderzoekers echter een benadering van deze methode ontwikkeld, die veel eenvoudiger kan worden toegepast, de zogenaamde 'DG90'-methode⁴.

Om een jaargemiddelde concentratie of een jaarvracht te kunnen schatten vervangt de DG90-methode elke gecensureerde waarde door een waarde, die afhangt van de verdeling van de meetwaarden. Deze vervangwaarde (x_v) is namelijk gebaseerd op de fractie meetwaarden onder de rapportagegrens (f) en op de inverse van de breedte van de verdeling, uitgedrukt als de ratio van de rapportagegrens (rg) en het geschatte 90-percentiel ($\hat{x}_{0,90}$) van het proces, volgens:

$$x_v = rg \cdot \left(\frac{rg}{\hat{x}_{0,90}} \right)^f \quad \text{voor } f \leq 0.5 \quad \text{en} \quad x_v = rg \cdot \left(\frac{rg}{\hat{x}_{0,90}} \right)^{-1,6+4,2 \cdot f} \quad \text{voor } f \geq 0.5$$

.....
Noot
4'DG' staat hierbij voor detectiegrenzen. In dit rapport verkiezen wij echter de ruimere aanduiding 'rapportagegrens'. Deze omvat namelijk alle soorten grenzen waaronder gecensureerd wordt.

Na het vervangen van alle gecensureerde waarden door x_v kan de jaargemiddelde concentratie of jaarvrucht vervolgens op de gebruikelijke wijze worden berekend. Het 90-percentiel wordt hierbij overigens geschat als:

$$\hat{x}_{0.90} = x_{(0.9 \cdot n + 0,1)}$$

zijnde de meetwaarde met index $0,9 \cdot n + 0,1$ als we alle meetwaarden (gecensureerd en ongecensureerd) van klein naar groot hebben gerangschikt (n is hierbij het aantal meetwaarden). Als de berekende index $0,9 \cdot n + 0,1$ geen geheel getal is, wordt lineair geïnterpoleerd tussen de twee naastliggende meetwaarden.

Voor het schatten van een jaarmediaan van de concentratie ($x_{0.50}$) is er geen aanpassing nodig als f , de fractie meetwaarden onder de rapportagegrens kleiner is dan 0,5. De mediaan kan dan namelijk op de gebruikelijke wijze worden geschat. Als f exact 0,5 is, dan is de rapportagegrens de schatting van de mediaan. En in de andere gevallen wordt de mediaan direct geschat volgens:

$$\hat{x}_{0.50} = rg \cdot \left(\frac{rg}{\hat{x}_{90}} \right)^{-2,1+4,2 \cdot f} \quad \text{voor } f > 0.5$$

Uit bovenstaande formules valt af te leiden dat naarmate de verdeling breder is en daarmee de verhouding tussen de rapportagegrens het 90-percentiel kleiner is, de berekende waarde dichter bij nul zal liggen. Als de meetwaarden daarentegen dichter bij elkaar liggen (de verhouding tussen de rapportagegrens en het 90-percentiel is dan groter), zal de berekende waarde dichter bij de rapportagegrens liggen.

Doordat bij de DG90-methode alle gecensureerde waarden worden vervangen door dezelfde vervangwaarde, is deze methode niet geschikt om andere kenmerken van de kansverdeling vast te stellen dan de centrummaten (gemiddelde en mediaan).

7.5 Samenvatting van het omgaan met gecensureerde waarden

Als de statistische analyse van een meetreeks wordt belemmerd door gecensureerde waarden, is de beste oplossing om het laboratorium te vragen alsnog de ongecensureerde meetwaarden te verstrekken. Als dat niet mogelijk is, dient een benaderingsmethode te worden gehanteerd die aansluit op het soort statistische analyse. In dit hoofdstuk worden enkele geschikte methoden gepresenteerd. Voor het vaststellen van autocorrelatie in een meetreeks en het vaststellen van relaties tussen parameters kunnen de gecensureerde waarden het best worden vervangen met de DG90-methode. Voor andere statistische analyses komt de log-waarschijnlijkheidsregressiemethode het meest in aanmerking.

8 Hoe verder?

Dit rapport beschrijft nog slechts de mogelijkheden die de statistiek kan bieden om te komen tot eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare en naleefbare lozingseisen. Uiteindelijk zal er echter een uitgewerkte en - bij voorkeur - gebruiksvriendelijke softwarematige procedure moeten komen voor het opstellen van het gewenste soort lozingseisen. Daartoe moeten nog de volgende stappen worden gezet:

1. besluiten welke meetinformatie over de lozing het bedrijf bij de vergunningsaanvraag minimaal dient te overleggen (periode, aantal meetwaarden). Hierbij zo mogelijk onderscheid maken tussen een proces mét en een proces zónder autocorrelatie (in het eerste geval zal namelijk informatie over een langere periode gewenst zijn);
2. besluiten welke criteria er moeten worden gehanteerd om vast te stellen of een bedrijf afdoende heeft aangetoond of beargumenteerd dat een verstrekte uitschieter nog de gebruikelijke, beheerste procesvoering vertegenwoordigt;
3. besluiten hoe om te gaan met een situatie waarbij er té weinig meetinformatie beschikbaar is;
4. besluiten welke criteria er moeten worden gehanteerd om vast te stellen of er sprake is van niet-normaliteit, autocorrelatie of seizoenseffecten (dit kunnen zijn 'zachte' criteria, op basis van een visuele beoordeling van een grafiek, of 'hardere' criteria, op basis van statistische toetsen);
5. besluiten wanneer differentiëren is geboden;
6. besluiten hoe om te gaan met een seizoensmatig lozingspatroon, zowel voor wat betreft het vaststellen van niet-normaliteit en autocorrelatie (dit laatste kan complex worden als het korte seizoenen betreft), als voor wat betreft het opstellen van lozingseisen;
7. besluiten of lozingseisen voor gemiddeld gedrag moeten worden gebaseerd op het gemiddelde over een aantal monsters (en zo ja, over welk aantal), op het exponentieel gewogen voortschrijdend gemiddelde, of over beide;
8. besluiten welke betrouwbaarheid ($1-\alpha$) en dekkingsgraad (γ) moeten worden gehanteerd voor een tolerantielimiet die als lozingseis moet fungeren;
9. besluiten welke criteria moeten worden gehanteerd voor het benutten van relaties tussen parameters;
10. nagaan of er een 'haalbare lozingseis' voor jaarvrachten kan worden afgeleid;
11. opstellen van een procedure voor het omgaan met gecensureerde waarden;
12. besluiten hoe in de handhavingsfase moet worden omgegaan met kort op elkaar volgende overschrijdingen in geval van een proces met autocorrelatie;
13. vervaardigen van gebruiksvriendelijke software ter ondersteuning van de procedure;

-
14. testen van de software op een breed scala aan praktijkgevallen.
Zonodig software aanpassen;
 15. vervaardigen van gebruiksaanwijzing van de software;
 16. software (en gebruiksaanwijzing) laten uitproberen door een aantal leden van de beoogde doelgroep. Reacties verzamelen en zonodig software en gebruiksaanwijzing aanpassen;
 17. introduceren van software en gebruiksaanwijzing bij de beoogde doelgroep door middel van workshop(s);
 18. beheren van software, instellen van helpdesk en verzorgen van updates.

Literatuurverwijzingen

ASTM (1984): "Annual Book of ASTM Standards Section 11, Water and Environmental Technology". Vol. 11.01. Designation D4210-83, pp. 7 - 15. American Society for Testing and Materials.

Barnett, V. and O' Hagan, A. (1997): "Setting environmental standards: the statistical approach to handling uncertainty and variation". Chapman and Hall, London.

Bayley, G.V. and Hammersley, J.M. (1946): "The effective number of independent observations in an autocorrelated time series". Journal of the Royal Statistical Society, 8(1B), 1946, pp. 184 – 197.

Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976): "Time Series Analysis: Forecasting and Control". Holden-Day, San Francisco.

Bradley, J.V. (1968): "Distribution-Free Statistical Tests". Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Brockwell, P.J. and Davis, R.A. (1986): "Time Series: Theory and Methods". Springer, Berlin.

Conover, W.L. (1980): "Practical Nonparametric Statistics". John Wiley and Sons, New York, 493 pp.

Dodge, H.F. (1977): "Keep it Simple". Journal of Quality Technology, 9, 3, pp. 102 (1977).

EPA (1980): "Upgrading Environmental Radiation Data". EPA 520/1-80-012, Office of Radiation Programs, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

Gibbons, R.D. (1994): "Statistical Methods for Groundwater Monitoring". John Wiley and Sons, New York, 286 pp.

Gilbert, R.O. (1987): "Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring". Van Nostrand Reinhold, New York, 320 pp.

Gilliom, R.J., Hirsch, R.M. and Gilroy, E.J. (1984): "Effect of censoring trace-level water-quality data on trend-detection capability". Environmental Science and Technology, Vol. 18, 1984, pp. 530 - 535.

Gilliom, R.J. and Helsel, D.R. (1986): "Estimation of Distributional Parameters for Censored Trace Level Water Quality Data - 1 - Estimation Techniques". Water Resources Research, Vol. 22, No. 2, February 1986, pp. 135 - 146.

Hald, A. (1952): "Statistical Theory with Engineering Applications". John Wiley & Sons, New York, 783 pp.

Helsel D.R. and Gilliom, R.J. (1986): "Estimation of Distributional Parameters for Censored Trace Level Water Quality Data - 2 - Verification and Applications". *Water Resources Research*, Vol. 22, No. 2, February 1986, pp. 147 - 155.

Helsel, D.R. and Cohn, T.A. (1988): "Estimation of Descriptive Statistics for Multiply Censored Water Quality Data". *Water Resources Research*, Vol. 24, No. 12, December 1988, pp. 1997 - 2004.

Helsel, D.R. (1990): "Less than obvious - Statistical treatment of data below the detection limit". *Environmental Science and Technology*, Vol. 24, No. 12, 1990, pp. 1766 - 1774.

Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. (1992): "Statistical Methods in Water Resources". *Studies in Environmental Science* 49, Elsevier, Amsterdam, 522 pp.

Klavers, H.C., De Vries, A., Bekkers, L. en Van Twuiver, H. (1992): "Vrachtberekenningsmethoden voor Maas en Rijn". Rapport RIZA/DGW.

Matalas, N.C. and Langbein, W.B. (1962): "Information content of the mean". *Journal of Geophys. Research*, 67(9), 1962, pp. 3441 - 3448.

Montgomery, D.C. (1991): "Introduction to Statistical Quality Control". John Wiley & Sons, New York, second edition, 674 pp.

Natrella, M.G. (1963): "Experimental Statistics". NBS Handbook 91, US Department of Commerce.

Porter, P.S., Ward, R.C. and Bell, H.F. (1988): "The detection limit - water quality monitoring data are plagued with levels of chemicals that are too low to be measured precisely". *Environmental Science and Technology*, Vol. 22, No. 8, 1988, pp. 856 - 861.

Swaving, M. en De Vries, L. (2000): "Omgaan met waarden onder de detectiegrens". Rapport E1680-01, CQM BV, Eindhoven, 7 november 2000.

Ward, R.C., Loftis, J.C. and McBride, G.B. (1990): "Design of Water Quality Monitoring Systems". Van Nostrand Reinhold, New York, 231 pp.

Zhang, N.F. (1998): "A Statistical Control Chart for Stationary Process Data". *Technometrics*, February 1998, Vol. 40, No. 1, pp. 24 - 38.

Autocorrelatie: het verschijnsel dat opeenvolgende meetwaarden niet onafhankelijk van elkaar zijn. Als een milieuproces met een hoge frequentie wordt waargenomen treedt doorgaans positieve autocorrelatie op, wat inhoudt dat opeenvolgende meetwaarden meer op elkaar lijken dan op verder in de tijd gelegen meetwaarden. Een aantal opeenvolgende meetwaarden zal daardoor meer de kenmerken weerspiegelen van een segment van de kansverdeling waar ze uit afkomstig zijn, dan van de gehele kansverdeling. Als hier geen rekening mee wordt gehouden, zal bijvoorbeeld de standaardafwijking van die kansverdeling worden onderschat.

Autocorrelogram: een grafiek die de autocorrelatiecoëfficiënt – een maat voor de samenhang tussen meetwaarden – weergeeft als functie van het tijdsinterval tussen de meetwaarden.

Betrouwbaarheidsinterval: maat voor de precisie waarmee een bepaald kengetal, zoals een gemiddelde, of een percentiel is geschat. Zo geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval van een geschat percentiel het interval aan waarbinnen het werkelijke percentiel zich 'vast wel' zal bevinden (namelijk in 95 van de 100 gevallen).

Differentiëren: het omzetten van een reeks meetwaarden tot een reeks van de verschillen tussen opeenvolgende meetwaarden. Dit kan in sommige gevallen bewerkstelligen dat een grootschalige structuur in een meetreeks, zoals een golfbeweging, of een lange-termijn trend, verdwijnt.

Percentiel: kengetal van een kansverdeling. Het P-percentiel is de waarde die door P% van de kansverdeling wordt onderschreden en door (100-P)% wordt overschreden.

Proces: alle mogelijke meetreeksen van een bepaalde lozingsparameter.

Transformeren: het wiskundig omzetten van meetwaarden, zoals het nemen van de logaritme, of machtsverheffen. Als meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan lukt het soms om de meetwaarden zodanig te transformeren dat de getransformeerde waarden wél afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Dit heeft als voordeel dat er dan scherpere kansuitspraken kunnen worden gedaan, bijvoorbeeld over toekomstige meetwaarden.

Tolerantielimiet_($\gamma, 1-\alpha$): de bovengrens van het 100%·(1- α)-betrouwbaarheidsinterval van het geschatte 100· γ -percentiel van een kansverdeling.

Zwak stationair proces: een proces waarvan het gemiddelde, de standaardafwijking en de autocorrelatie niet veranderen in de tijd. Hier wordt bijvoorbeeld niet aan voldaan als het proces een grootschalige structuur vertoont, zoals een golfbeweging, of een lange-termijn trend.

Lozingseis-assistent **Gebruikershandleiding**

Opdrachtgever: RIZA / CIW-4

Auteurs:

drs. Paul K. Baggelaar (Icastat Statistisch Adviesbureau)
ir. Eit C.J. van der Meulen (AMO, Adviesbureau Modelling en
Optimalisatie)

12 oktober 2005

De *Lozingseis-assistent* is te downloaden via de website van het Steunpunt Emissies van het RIZA

(www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/wateremissies).

Door regelmatig het versienummer te controleren, heeft u altijd de laatste update. Ondanks dat deze gebruikershandleiding in deze bijlage van de nota is opgenomen, kan het zijn, dat ook hiervoor een update vereist is. Ook kan het zijn dat door het opmaakproces van dit rapport kleine tekstuele fouten in de statistische formules zijn ontstaan. De correcte én meest recente gebruikershandleiding is dan ook te vinden in de software zelf.

Inhoud

1	Inleiding	145
1.1	Achtergronden	145
1.2	Mogelijkheden	145
1.3	Leeswijzer	145
2	Inlezen invoerbestand	147
2.1	Bedoeling	147
2.2	Vereiste formaat invoerbestand	148
2.3	Zorg voor representatieve informatie!	150
3	Afleiden Lozingseis	153
3.1	Bedoeling	153
3.2	Verkenning te beschoeven meetreeks	153
3.2.1	Meetwaarden kunnen interactief worden verwijderd	154
3.3	Beschikbare knoppen	155
3.4	Herstel status	155
3.5	Deelreeks	156
3.6	Meetinterval	156
3.7	Normaal verdeeld?	157
3.7.1	Transformatie-mogelijkheden	160
3.8	Autocorrelatie?	161
3.9	Lozingseis	164
3.10	Uitvoer	173
3.10.1	Onderdelen uitvoerbestand	174
4	Seizoensmatige lozing?	175
4.1	Bedoeling	175
4.2	Verkenning te beschouwen meetreeks	175
4.3	Verdere interactie	175
4.4	Visueel beoordelen op seizoensmatige lozing	176
4.5	Statistisch toetsen op seizoensmatige lozing	177
5	Reductie meetspanning	179
5.1	Bedoeling	179
5.2	Verkenning te beschouwen meetreeks	179
5.3	Knoppen	180
5.4	Herstel status	180
5.5	Deelreeksen	181
5.6	Meetinterval	181
5.7	X en Y	181
5.8	Residu normaal?	183
5.9	Residu autocorr?	184
5.10	Kritieke waarde	184
	Geraadpleegde literatuur	187
	Bijlage 1 – Verklaring van een aantal termen	189
	Bijlage 2 – Oplossingen als er geen lozingseis voor gemiddelden kan worden afgeleid	190

1 Inleiding

1.1 Achtergronden

Het programma Lozingseis-assistent is voornamelijk bedoeld voor Wvo-vergunningverleners en handhavers, opdat ze kunnen komen tot eenduidige, zo mogelijk uniforme, handhaafbare, onderscheidende en naleefbare lozingseisen. Maar uiteraard kunnen ook aanvragers van Wvo-vergunningen er gebruik van maken.

Het programma is ontwikkeld in opdracht van RIZA en de projectgroep Lozingseisen Wvo-vergunningen. Voor de theoretische overwegingen die ten grondslag hebben gelegen aan het programma verwijzen wij naar het rapport 'Statistische aspecten van lozingseisen' [Baggelaar, 2003]. Dit is in te zien via de 'Help'-knop van Lozingseis-assistent.

1.2 Mogelijkheden

Het programma Lozingseis-assistent kan vergunningverleners en handhavers ondersteunen bij de volgende werkzaamheden:

- (1) het afleiden van lozingseisen voor meetwaarden en voor gemiddelden van 10 op-eenvolgende meetwaarden (stap 8 van de nota 'Lozingseisen Wvo-vergunningen');
- (2) het nagaan of er sprake is van een seizoensmatige lozing (stap 6 van de nota);
- (3) het nagaan of er minder parameters kunnen worden gemeten door gebruik te maken van onderlinge relaties (stap 5 van de nota).

Zoals de naam al aangeeft is het programma bedoeld om te assisteren bij deze werkzaamheden. Om tot verantwoorde resultaten te kunnen komen, is naast dit programma, het gezonde verstand van de gebruiker onontbeerlijk. Zo is het bijvoorbeeld van groot belang dat de aan het programma verstrekte meetwaarden zo representatief mogelijk zijn voor de te vergunnen lozingssituatie (zie hiervoor § 2.3).

1.3 Leeswijzer

De eerste hoofdstukken van deze handleiding beschrijven de werking van de belangrijkste onderdelen van het programma Lozingseis-assistent, namelijk:

- hoofdstuk 2: het inlezen van het invoerbestand;
- hoofdstuk 3: het afleiden van lozingseisen op basis van de statistische karakteristieken van de ingelezen meetreeks;
- hoofdstuk 4: het nagaan of er sprake is van een seizoensmatige lozing;
- hoofdstuk 5: het nagaan of de relaties tussen parameters zodanig sterk zijn dat er minder parameters kunnen worden gemeten.

Het hoofddeel van deze handleiding sluit af met de lijst van referenties, alfabetisch gerangschikt.

Deze handleiding heeft twee bijlagen. Bijlage 1 bevat een verklaring van enkele technische – veelal statistische - termen die in de handleiding worden gebruikt. En bijlage 2 geeft enkele oplossingen voor de gevallen dat er geen lozingseis voor gemiddelden is afgeleid.

De handleiding richt zich op twee niveaus tot de gebruiker. Het eerste niveau beschrijft kort en bondig de bedoeling en werking van het programma, terwijl het tweede niveau – dit is in een kleiner lettertype geplaatst in de tekstkaders – meer technische (statistische) achtergronden geeft. Belangrijke waarschuwingen zijn geel gearceerd.

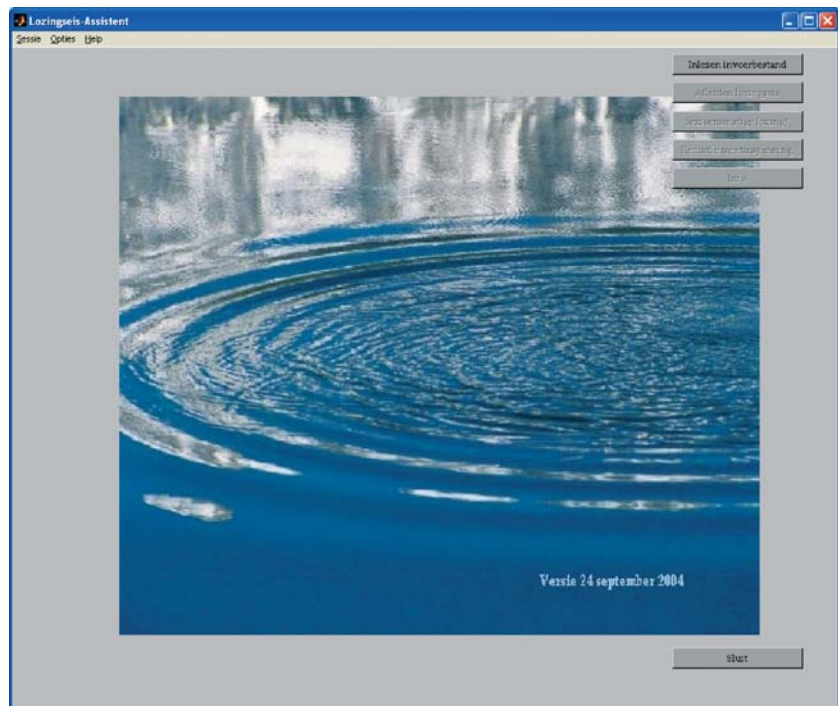
Het wordt zeer sterk aanbevolen deze gebruikershandleiding goed te lezen (en ook bijlage 2), alvorens met het programma te starten!

2 Inlezen invoerbestand

2.1 Bedoeling

Als het programma is opgestart, verschijnt het hoofdscherm en is nog alleen de knop 'Inlezen invoerbestand' beschikbaar. Door deze aan te klikken kan een bestand met meetreeksen van één of meer parameters worden ingelezen. In § 2.2 is aangegeven hoe een dergelijk bestand moet zijn opgebouwd.

Figuur 2.1
Voorbeeld hoofdscherm.

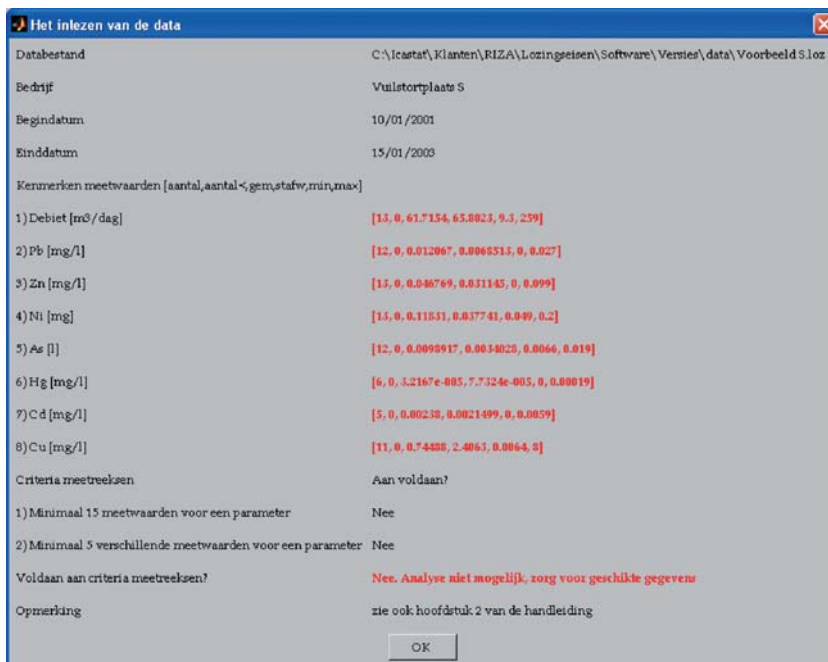


Als het bestand is ingelezen, verschijnt er een scherm dat de kenmerken van het ingelezene vermeldt. Dit betreft de bestandsnaam, de bedrijfsnaam, de begin- en einddatum van de meetreeks(en) en per ingelezen parameter het aantal meetwaarden, het aantal '<'-waarden (zogenaamde gecensureerde waarden, zoals < 1 mg/l, zie ook bijlage 1), het gemiddelde, de standaardafwijking, het minimum en het maximum. Tenslotte vermeldt dit scherm of wordt voldaan aan de eisen die het programma stelt aan de meetreeks(en), namelijk:

- (1) een meetreeks moet minimaal 15 meetwaarden bevatten;
- (2) een meetreeks moet minimaal 5 verschillende meetwaarden bevatten (een vrijwel constante meetreeks kan dus niet worden geanalyseerd).

Als niet door alle meetreeksen wordt voldaan aan beide eisen, is een verdere analyse met het programma niet mogelijk. Van elke meetreeks die niet voldoet aan beide eisen zijn de kenmerken rood aangegeven in het scherm (zie onderstaand voorbeeld), zodat de gebruiker die reeks kan aanpassen of verwijderen. Een dergelijke handeling dient dan echter buiten het programma om te gebeuren.

Figuur 2.2
Voorbeeld scherm voor het "inlezen van data".



Een meetreeks met nullen kan problemen opleveren. Vervang een gecensureerde meetwaarde (zoals < 1 mg/l) dus bij voorkeur niet door een nul. Dit is overigens ook al vanuit statistisch oogpunt sterk af te raden, want het vertekent het gemiddelde.

Als het ingelezene voldoet aan de eisen komen er meer knoppen beschikbaar en biedt het programma de gebruiker de volgende drie mogelijkheden:

- (1) Afleiden lozingseis - het afleiden van een lozingseis voor een parameter, op basis van de statistische karakteristieken van zijn meetreeks (zie hoofdstuk 3);
- (2) Seizoensmatige lozing - het nagaan of er voor een parameter sprake is van een seizoensmatige lozing (zie hoofdstuk 4);
- (3) Reductie meetinspanning - het nagaan of de relaties tussen parameters zodanig sterk zijn dat er minder parameters kunnen worden gemeten (zie hoofdstuk 5).

2.2 Vereiste formaat invoerbestand

Het programma kan alleen meetreeksen inlezen die zijn opgeslagen als een tekstbestand. De uitgang van de bestandsnaam mag hierbij echter alleen '.txt' of '.loz' zijn.

Vervaardigen invoerbestand met Excel

Een tabblad van een Excel-bestand kan eenvoudig worden opgeslagen als een tekstbestand (via het menu 'Bestand' en dan 'Opslaan als'). Kies daarbij de standaarduitgang '.txt'. Er zijn drie mogelijkheden om dit te bewerkstelligen, namelijk 'tab gescheiden', 'unicode', of 'MS-DOS'. Gebruik hiervan echter beslist niet de optie 'unicode', want een tekstbestand dat is opgeslagen als unicode-tekst is niet meer in te lezen door Lozingseis-assistent.

Gebruiken van gegevens uit Wvo-info

Als gegevens uit Wvo-info moeten worden gebruikt voor Lozingseis-

assistent, dan dienen deze eerst te worden uitgevoerd naar een Excel-bestand en vervolgens te worden opgeslagen als een tekstbestand, zoals hierboven beschreven. In Wvo-info is in het presentatieveld rechtsboven een knopje opgenomen, waarin de mogelijkheid wordt gegeven om een koppeling met het klembord te maken of om kolommen te selecteren. Kies hier voor de koppeling met het klembord en klik vervolgens in Excel op 'Plakken' (of toets <ctrl> <v> in), zodat de gegevens uit Wvo-info van het klembord worden gecopiëerd naar Excel. Het is daarbij echter niet mogelijk om de volgorde van de kolommen te wijzigen, dus indien gewenst moet dat in Excel gebeuren.

Details van het vereiste formaat van het invoerbestand

Het bestand mag meetreeksen van meerdere parameters bevatten. Als het bijvoorbeeld drie parameters bevat moet het formaat als volgt zijn:

1e regel: naam van het bedrijf
2e regel: naam parameter 1 ; naam parameter 2 ; naam parameter 3 ; etc.
3e regel: meeteenheid parameter 1 ; meeteenheid parameter 2 ; meeteenheid parameter 3 ; etc.
4e en volgende regels: datum tijd meetwaarde parameter 1
meetwaarde parameter 2 meetwaarde parameter 3
monstersoort

Als decimaal scheidingsteken van een meetwaarde wordt zowel de punt ('.'), als de komma (',') geaccepteerd. Scheidingstekens voor duizendtallen worden niet geaccepteerd.

Het scheidingsteken ';' (tussen parameternamen en tussen meeteenheden) mag ook worden voorafgegaan en/of gevolgd door één of meer spaties.

De meetreeks moet zijn gesorteerd op datum (oplopend). De datum heeft als formaat dag-maand-jaar, waarbij alleen nummers mogen worden gebruikt (dus voor januari een '1' en geen 'jan'). Het scheidingsteken mag een '/' zijn (voorbeeld: 26/1/2002), of een '-' (voorbeeld: 26-1-2002). Het jaartal mag met 4 cijfers zijn (voorbeeld: 1999), of met 2 cijfers (voorbeeld: 99). De tijd hoeft niet te zijn vermeld. Als deze wel is vermeld, moet dit met het formaat uur:minuut, waarbij elk uit 1 of 2 cijfers bestaat (voorbeelden: 13:21 en 7:5).

Een meetwaarde kan ook worden voorafgegaan door een '<'-teken (zonder spatie). Dit wordt door het programma geïnterpreteerd als een gecensureerde waarde en vervolgens intern op de helft van de betreffende rapportagegrens gezet (bijvoorbeeld: < 1 mg/l wordt omgezet tot 0,5 mg/l).

Er mogen meetwaarden ontbreken, maar deze moeten dan wel zijn weergegeven als een asterisk (*'). De meetreeksen van alle parameters in het bestand moeten even lang zijn.

De monstersoort moet als volgt zijn aangegeven:
- V24H als het een dagverzamelmonster betreft en
- S als het een steekmonster betreft.

Een bestand mag alleen dagverzamelmonsters of steekmonsters bevatten. Als ze samen in het bestand voorkomen volgt er een foutmelding. Zorg dus voor een homogeen bestand.

Het bestand mag in het deel boven de meetwaarden ook commentaarregels bevatten. De eerste kolom van zo'n regel moet echter worden aangegeven met het %-teken.

Voorbeeld van de eerste regels van een invoerbestand met twee parameters:

```
% data zoals beschikbaar op 12 september 2005
Jansen Conservenindustrie
CZV ; N-Kj
mg/l ; mg/l
6-1-1999 0:00 285 5.3 V24H
7-1-1999 0:00 293 * V24H
8-1-1999 0:00 276 4.8 V24H
```

De subdirectory 'Data' van de directory waarin Lozingseis-assistent is geplaatst bevat enkele voorbeelden van bestanden. Deze zijn tevens bedoeld om ervaring met het programma te kunnen opdoen.

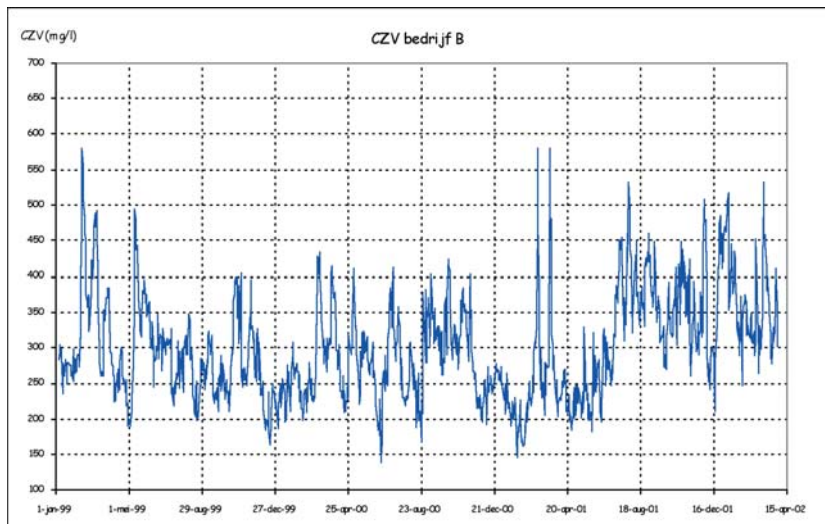
2.3 Zorg voor representatieve informatie!

Lozingseis-assistent dient zijn berekeningen alleen te baseren op de kenmerken van de meetwaarden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Anders zullen de berekende resultaten de plank volledig misslaan. Een lozingseis die is berekend met niet-representatieve meetwaarden zal immers ongeschikt zijn om er afwijkingen van de gebruikelijke, beheerste procesvoering mee te kunnen detecteren. Het is daarom zeer nodig er op aan te dringen en ook op toe te zien dat de aanvrager de vergunningverlener voldoende informatie verschafft die representatief is voor de situatie waar de Wvo-vergunning voor dient te gelden.

Helaas is niet aan te geven welk aantal meetwaarden en/of welke lengte van de meetreeks minimaal nodig is om een verantwoorde lozingseis af te kunnen leiden, doordat lozings-processen zoveel verschillende kenmerken en patronen kunnen vertonen. Als de concentratie van een geloosde parameter steeds volledig aselekt rond een constant gemiddelde schommelt en ook geen uitschieters naar boven vertoont, kan bijvoorbeeld nog wel worden volstaan met 30 à 40 onafhankelijke meetwaarden van die concentratie, om een verantwoorde lozingseis af te kunnen leiden. Maar in andere gevallen zal het verloop van een concentratie een geleidelijke of stapsgewijze golfbeweging vertonen, of zelfs een trend. Het gemiddelde is dan niet constant (zie het voorbeeld in onderstaande figuur).

Figuur 2.3

Voorbeeld van een concentratieverloop met een golfbeweging. Als een lozingseis bij een dergelijk lozingsproces wordt afgeleid met een té korte deelreeks, zal deze ongeschikt zijn voor toepassing.



De golfbeweging kan veroorzaakt zijn door wijzigingen in de invoer van het proces (zoals een andere samenstelling van grondstoffen, of een influent met andere karakteristieken). Als dan een meetreeks wordt verstrekt die slechts een deel van deze golfbeweging vertegenwoordigt, zal het programma een verkeerde lozingseis afleiden. In sommige gevallen kan er zelfs minimaal een meetreeks van twee à drie jaar zijn vereist om tot een verantwoorde lozingseis te kunnen komen. Het oordeel over de representativiteit van een verstrekte meetreeks dient dan ook mede gebaseerd te worden op inzicht in:

- de fysische, chemische en/of biologische karakteristieken van het achterliggende proces en
- de gebruikelijkerwijs optredende veranderingen in de invoer van dat proces.

Om verder te waarborgen dat de meetreeks representatief is voor de situatie waar de Wvo-vergunning voor dient te gelden, dienen meetwaarden die fout zijn, of die zijn verkregen tijdens ongewone voorvallen, reeds door de aanvrager te zijn verwijderd, ongeacht of het een voorval betreft dat is voorzien, zoals onderhoud, of een voorval dat niet is voorzien, zoals een calamiteit. Om te voorkomen dat de vergunningverlener wordt opgezadeld met de opschoning van de meetwaarden – een klus die zeer arbeidsintensief kan zijn en zonder detailkennis van de lozing ook nauwelijks te objectiveren valt, is het tevens raadzaam te eisen dat de aanvrager van elke uitschieterende meetwaarde aantoont dat die nog de gebruikelijke, beheerste situatie vertegenwoordigt.

Beperkte interne controle

Het programma voert een beperkte controle uit om na te gaan of de informatieinhoud van de te analyseren meetreeks voldoende is om een verantwoorde lozingseis af te leiden. Er wordt namelijk nagegaan of de meetreeks kenmerken vertoont van één of andere grootschalige structuur, zoals een trend of een golfbeweging. Dit komt naar voren als een sterke autocorrelatie (zie het tekstkader), die slechts langzaam afneemt met het tijdsinterval tussen meetwaarden. Vervolgens bepaalt het programma of de reekslengte voldoende is om bij het berekenen van de lozingseis op verantwoorde wijze rekening te kunnen houden met die grootschalige structuur. Als dat niet het geval is, wordt er geen lozingseis berekend en wordt de reden toegelicht.

Toelichting op autocorrelatie

Autocorrelatie is het verschijnsel dat opeenvolgende meetwaarden niet onafhankelijk van elkaar zijn. Als een milieugerelateerd proces met een hoge frequentie wordt waargenomen treedt door-gaans positieve autocorrelatie op, wat inhoudt dat opeenvolgende meetwaarden meer op elkaar lijken dan op verder in de tijd gelegen meetwaarden. Een aantal opeenvolgende meetwaarden zal daardoor meer de kenmerken weerspiegelen van een segment van de kansverdeling waar ze uit afkomstig zijn, dan van de gehele kansverdeling. Als hier geen rekening mee wordt gehouden, zal bijvoorbeeld de standaardafwijking van die kansverdeling worden onderschat. Dit leidt dan tot een te krappe lozingseis.

Deze interne controle geeft echter nog onvoldoende garantie dat berekende lozingseisen altijd bruikbaar zijn in de praktijk. Het programma wordt namelijk op een verkeerd been gezet als het een meetreeks krijgt aangeleverd, die alleen een min of meer stabiel deel van een grootschalige structuur vertegenwoordigt. Bij de interne controle wordt dan geen grootschalige structuur ontdekt en wordt een lozingseis afgeleid, die geen rekening houdt met de grote niveauschommelingen die buiten de geleverde meetreeks optreden.

Het programma mag dus nooit een excuus worden om het gezond verstand uit te schakelen!

3 Afleiden lozingseis

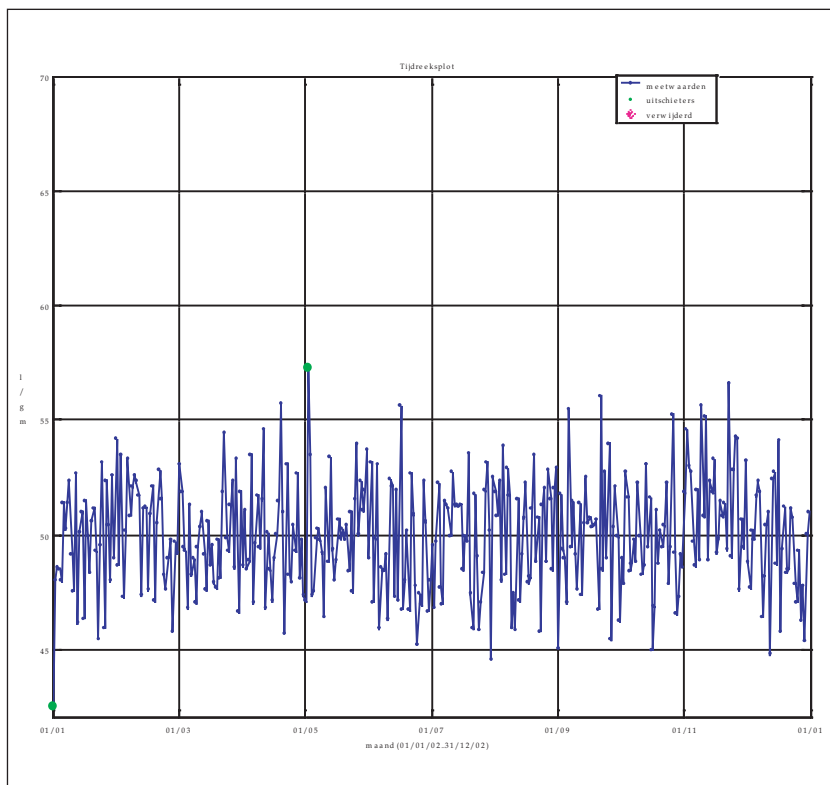
3.1 Bedoeling

Als een geldig invoerbestand is ingelezen, kan met behulp van het programma de lozingseis voor een parameter worden afgeleid. Daartoe moet de knop 'Afleiden lozingseis' worden aangeklikt. Doordat de lozingseis afhangt van de statistische kenmerken van de betreffende parameter, moeten eerst die kenmerken worden vastgesteld. Het programma zal de gebruiker hiertoe alle benodigde ondersteuning geven.

3.2 Verkenning te beschouwen meetreeks

Als het ingelezen invoerbestand slechts één meetreeks bevat, zal deze direct na het aanklikken van 'Selectie parameter' als tijdreeksplot worden getoond. Dit is een grafiek waarin de meetwaarden van de parameter zijn uitgezet tegen de tijd (zie onderstaande figuur). Maar als het invoerbestand meetreeksen van meerdere parameters bevat, dan verschijnt er eerst een schermpje waarop de gebruiker moet aangeven welke van de ingelezen parameters moet worden beschouwd. Daarna verschijnt de tijdreeksplot van de geselecteerde parameter.

Figuur 3.1
Voorbeeld van de tijdreeksplot die wordt getoond na het inlezen van een meetreeks.



In de tijdreeksplot zijn de uitschieters - dit zijn de meetwaarden die volgens een bepaalde berekening duidelijk afwijken van de andere meetwaarden (zie § 3.2.1) - groen gemarkeerd.

3.2.1 Meetwaarden kunnen interactief worden verwijderd

Indien gewenst kan een meetwaarde interactief worden verwijderd, door deze in de tijdreeksplot aan te klikken. Hiervoor komen in ieder geval die meetwaarden in aanmerking, die door een uitzonderlijke fout of een onbeheerste situatie zijn veroorzaakt. Na het verwijderen van een meetwaarde zal het programma opnieuw berekenen of er uitschieters zijn (de kenmerken van de verzameling meetwaarden zijn dan immers veranderd). Een verwijderde meetwaarde wordt paars gemarkeerd in de tijdreeksplot. Desgewenst kan deze waarde ook weer aan de meetreeks worden toegevoegd door hem opnieuw aan te klikken.

Toelichting op uitschieters

Uitschieters zijn meetwaarden die duidelijk afwijken van de andere meetwaarden uit dezelfde steekproef. Ze kunnen zijn veroorzaakt door:

- (1) uitzonderlijke bemonsterings- of meetfouten en/of transcriptiefouten (fouten bij het schrijven en/of typen);
- (2) een onbeheerste situatie;
- (3) een extreem geval van de gebruikelijke, beheerste situatie.

Voor onze toepassing is het van belang dat meetwaarden veroorzaakt door uitzonderlijke fouten (1) of onbeheerste situaties (2) niet meegenomen worden. Zonder detailkennis van de lozing valt het verwijderen van uitschieters echter nauwelijks te objectiveren. De aanvrager dient daarom slechts meetwaarden te verstrekken die representatief zijn voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering. En voor elke nog resterende uitschieter dient de aanvrager bij voorkeur aan te tonen of te beargumenteren dat deze wél representatief is voor de gebruikelijke, beheerste procesvoering.

Het programma identificeert uitschieters door eerst de reeks van meetwaarden (x_1, x_2, \dots, x_n) om te zetten tot een reeks van gestudentiseerde afwijkingen (d_1, d_2, \dots, d_n), volgens:

$$d_i = \frac{x_i - \bar{x}_{(-i)}}{s_{(-i)}}$$

met $\bar{x}_{(-i)}$ en $s_{(-i)}$ het geschatte gemiddelde respectievelijk de geschatte standaardafwijking van de kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn, berekend *zonder* de betreffende meetwaarde x_i . Het uitsluiten van de betreffende meetwaarde bij het berekenen van het gemiddelde en de standaardafwijking voorkomt dat deze kengetallen zodanig worden beïnvloed dat een uitschieter wordt gemaskeerd. Elke gestudentiseerde afwijking die groter is dan +3 of kleiner dan -3 wordt groen gemarkeerd als uitschieter in de tijdreeksplot.

3.3 Beschikbare knoppen

De volgende knoppen zijn verder beschikbaar voor dit onderdeel:

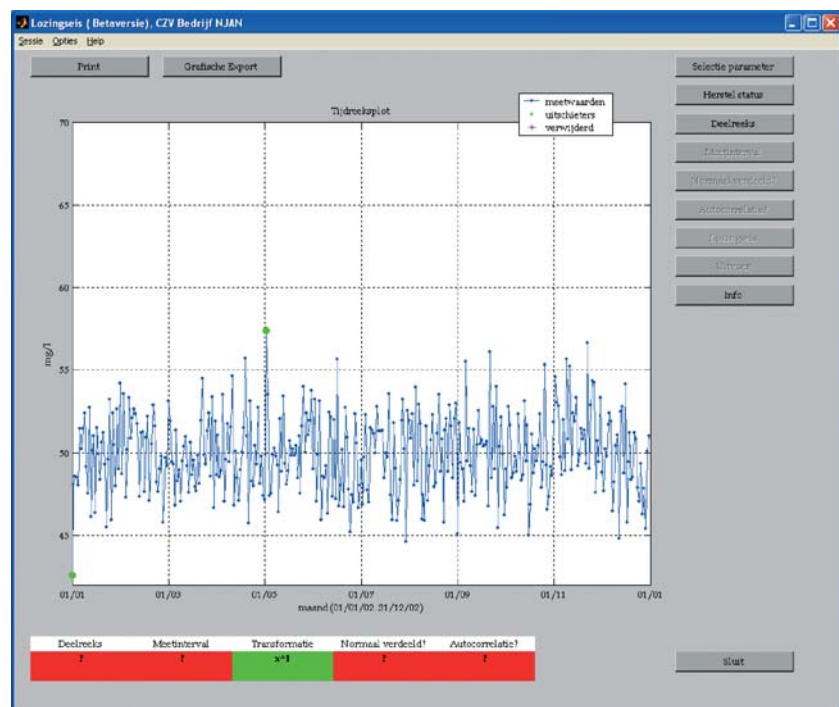
- o Herstel status
- o Deelreeks
- o Meetinterval
- o Normaal verdeeld?
- o Autocorrelatie?
- o Lozingseis
- o Uitvoer
- o Info

De statusbalk

Om de gebruiker te ondersteunen bij het verstrekken van de informatie om de lozingseis af te kunnen leiden, wordt onderin het scherm een statusbalk weergegeven. Deze geeft per onderdeel aan welke informatie reeds beschikbaar is (groen veld) en welke nog moet worden ingevuld (rood veld). Om de lozingseis te kunnen berekenen (met de knop 'Lozingseis') dienen alle velden van deze statusbalk ingevuld - en dus groen- te zijn. Hiertoe moeten achtereenvolgens de knoppen 'Deelreeks', 'Meetinterval', 'Normaal verdeeld?' en 'Autocorrelatie?' worden aangeklikt. Ze zijn ook in deze volgorde geplaatst (van boven naar beneden).

Figuur 3.2

Scherf dat wordt getoond na de selectie van de parameter, met onderaan de statusbalk. De transformator staat bij aanvang op 1, wat wil zeggen dat er wordt begonnen zonder transformatie van de meetwaarden (x^1 is immers gelijk aan x).



3.4 Herstel status

De knop 'Herstel status' is een herstelknop, die lopende een sessie kan worden aangeklikt, zodat opnieuw kan worden begonnen met de ingelezen meetreeks. Door deze aan te klikken, wordt de statusbalk weer in zijn oorspronkelijke staat teruggebracht en vormt de oorspronkelijk ingelezen meetreeks weer het uitgangspunt. Het is dus niet mogelijk om afzonderlijke stappen terug te gaan in het proces, men keert via deze knop terug naar het startpunt.

3.5 Deelreeks

Als de knop 'Deelreeks' wordt aangeklikt verschijnt er een schermpje dat de begin- en einddatum aangeeft van de geselecteerde meetreeks. Als de lozingseisen moeten worden afgeleid met alleen een bepaald deel van deze meetreeks, dan dient de gebruiker de begin- en/of einddatum in dit schermpje aan te passen. Als een deelreeks wordt geselecteerd die niet voldoet aan de criteria (minimaal 15 meetwaarden, waarvan minstens 5 verschillend zijn), zal het programma dat melden.

3.6 Meetinterval

Als de knop 'Meetinterval' wordt aangeklikt verschijnt een histogram van het meetinterval¹ van de meetwaarden in de beschikbare deelreeks. Dit histogram toont voor elk meetinterval hoe vaak dat in de meetreeks voorkomt. Daarbij is tevens een schermpje weergegeven dat reeds het meest voorkomende meetinterval aangeeft. Dat meetinterval zal worden gehanteerd bij het afleiden van de statistische kenmerken van deze deelreeks. Indien gewenst kan de gebruiker dit meetinterval in het schermpje aanpassen. Als een zodanig meetinterval wordt geselecteerd dat de deelreeks niet voldoet aan de criteria (minimaal 15 meetwaarden, waarvan minstens 5 verschillend zijn), zal het programma dat melden.

Na het kiezen van het meetinterval verschijnt weer de tijdreeksplot, maar ditmaal alleen van de meetwaarden voor het betreffende meetinterval. Als een meetwaarde ontbreekt, is de blauwe lijn onderbroken.

Als er verschillende meetintervallen voorkomen en de gebruiker wenst dat alle meetwaarden worden gehanteerd, dan moet hier '0' worden ingevuld. Er kan dan echter niet meer worden gecorrigeerd voor een eventuele autocorrelatie. Dit heeft als consequenties dat:

- (1) de berekende lozingseis voor meetwaarden slechts bruikbaar kan worden geacht als de geanalyseerde meetreeks (min of meer) representatief is voor het hele bereik aan mogelijke meetwaarden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering;
- (2) een lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden niet berekend kan worden. Om die lozingseis toch af te kunnen leiden zal de gebruiker de sessie moeten herhalen, maar bij 'Meetinterval' moet dan een waarde groter dan 0 worden aangegeven (zie ook bijlage 2). Houd er wel rekening mee dat de afgeleide lozingseis voor gemiddelden dan alleen geldt voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden bij dát specifieke meetinterval.

3.7 Normaal verdeeld?

Het biedt voordelen als kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, aangezien dan een scherpere lozingseis kan worden gesteld dan wanneer dat níet het geval is. Dit komt door de vele

.....
Noot

¹ Het meetinterval is de periode tussen twee opeenvolgende metingen.

theoretische kennis die beschikbaar is over de eigenschappen van die kansverdeling. Vandaar dat met het programma wordt nagegaan of er sprake is van een normale kansverdeling, zonodig na transformatie van de meetwaarden (§ 3.7.1).

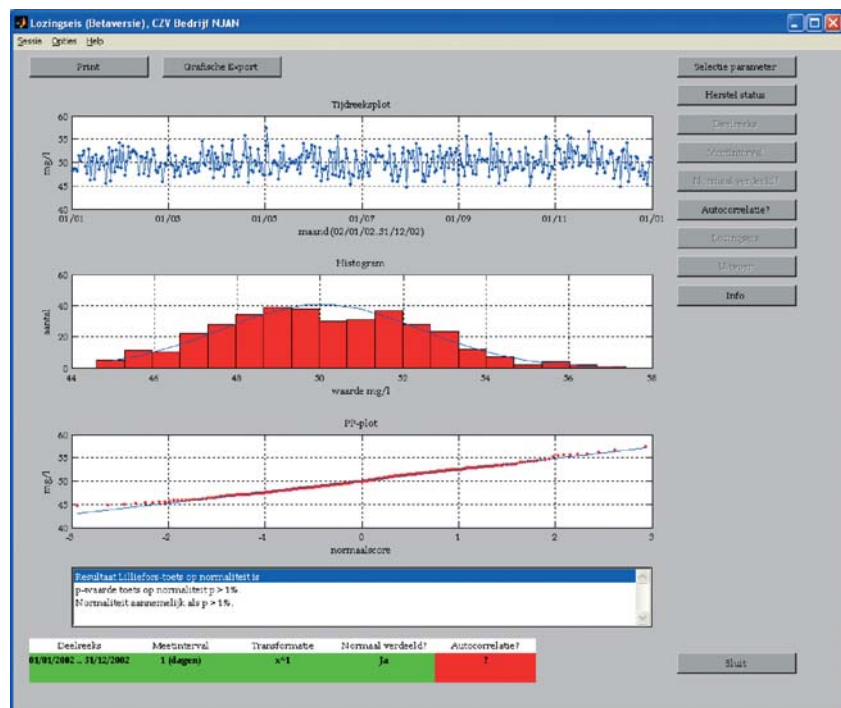
Als de knop 'Normaal verdeeld?' wordt aangeklikt, verschijnen er vier hulpmiddelen om de gebruiker te assisteren bij het formuleren van zijn oordeel over het soort kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn. Dit zijn drie visuele hulpmiddelen (zie onderstaande figuur), aangevuld met het resultaat van een statistische toets:

- (1) een tijdreeksplot van de meetwaarden;
- (2) het histogram van de meetwaarden;
- (3) de PP-plot van de meetwaarden;
- (4) het resultaat van de Lilliefors-toets op normaliteit van de meetwaarden.

Tevens verschijnt er een schermpje dat de gebruiker vraagt of de meetwaarden al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling.

Figuur 3.3

De visuele hulpmiddelen om een oordeel te kunnen vormen over het soort kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn. Op basis van de onderstaande grafieken heeft de gebruiker (terecht) geconcludeerd dat de betreffende meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Het statusveld bevat daardoor nu de tekst 'Ja' en is door het invullen ook groen geworden.



ad (1) Tijdreeksplot

De tijdreeksplot is een grafiek waarin de meetwaarden zijn uitgezet tegen het meettijdspit.

Als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, zullen zij min of meer symmetrisch rond hun gemiddelde liggen.

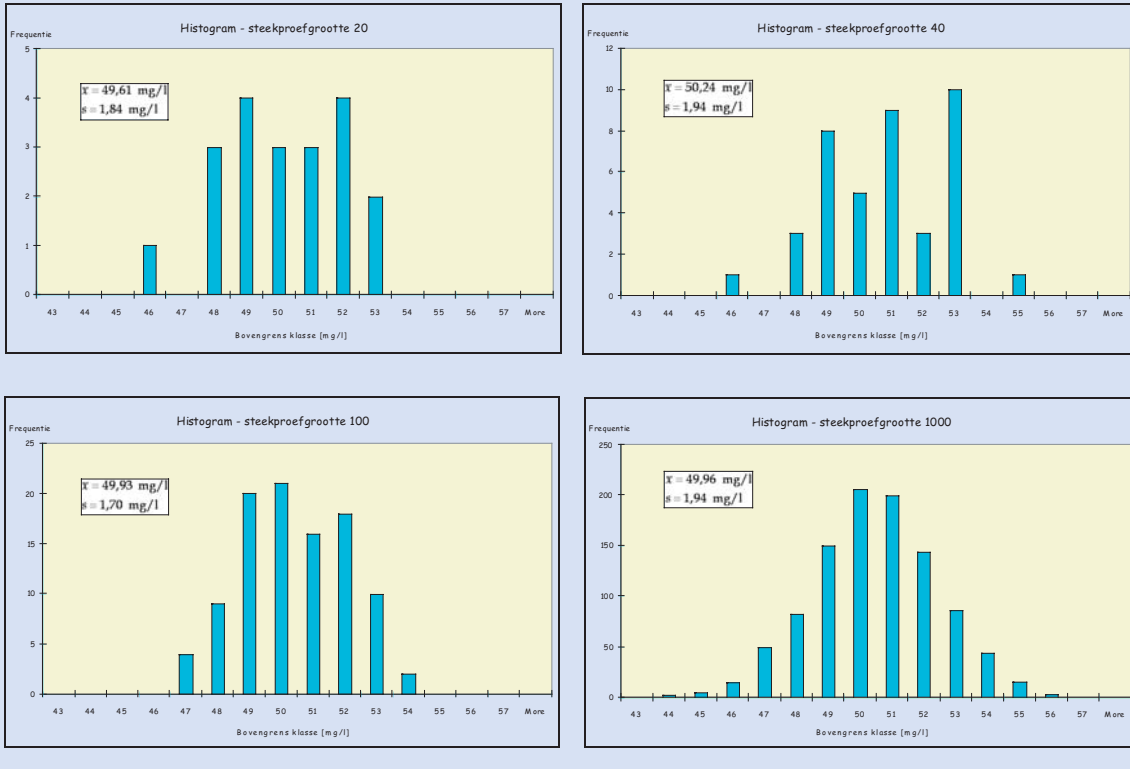
ad (2) Histogram van de meetwaarden

Het histogram toont voor elke grootte-klasse het aantal meetwaarden dat in die klasse valt. Tevens is met een blauwe lijn de vorm van de normale kansverdeling weergegeven die hetzelfde gemiddelde en standaardafwijking heeft als de meetwaarden. Als de reeks meer dan 100 meetwaarden bevat en deze afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan zal deze lijn een goede beschrijving geven van het histogram.

Over het beoordelen van histogrammen

Bij het beoordelen van histogrammen van steekproeven dienen we ons te realiseren dat hun vorm sterk kan variëren met de steekproefgrootte. Dit verschijnsel is geïllustreerd in onderstaande figuur. Deze toont vier histogrammen van steekproeven van verschillende groottes uit dezelfde normaal verdeelde populatie.

Histogrammen van vier steekproeven die aselekt zijn genomen uit een populatie die een normale kansverdeling heeft, met gemiddelde 50 en standaardafwijking 2. De steekproeven verschillen slechts in het aantal meetwaarden (van linksboven naar rechtsonder respectievelijk 20, 40, 100 en 1000). Bij elk histogram zijn tevens de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking vermeld. Uit deze figuren blijkt dat het met minder dan 100 meetwaarden lastig kan zijn om met een histogram vast te stellen of deze al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling.



ad (3) PP-plot

Een scherpere uitspraak over het voldoen aan een normale kansverdeling wordt mogelijk gemaakt door een visuele beoordeling van de PP-plot (percentiel-percentiel-plot). Als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling zullen ze namelijk min of meer op de weergegeven (blauwe) lijn moeten liggen. Let vooral ook op dat dit geldt voor de rechtsboven gelegen meetpunten, daar die de rechterstaart van de kansverdeling vertegenwoordigen. De lozingseis is namelijk een kengetal van die rechterstaart.

Toelichting op de PP-plot

De PP-plot is gebaseerd op het principe, dat als meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, ze een lineaire relatie zullen vertonen met de waarden van de standaardnormale kansverdeling die overeenstemmende onderschrijdingskansen hebben. De onderschrijdingskans van een meetwaarde – ook wel aangeduid als zijn plot-positie – wordt berekend met de Cunnane-formule [Helsel and Hirsch, 1992]:

$$p_i = \frac{i - 0.4}{n + 0.2}$$

met p_i de plotpositie van de i -de van de n olopend gerangschikte meetwaarden. Vervolgens wordt voor elke meetwaarde die waarde van de standaardnormale kansverdeling afgeleid waarvan de onderschrijdingskans gelijk is aan de plotpositie van die meetwaarde (dit noemt men de normaal-score). Tenslotte worden de meetwaarden uitgezet tegen hun normaal-scores. Daarbij is ook de lijn weergegeven die deze punten min of meer zullen volgen, als de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. De lijn gaat door het punt $[0 ; \text{gemiddelde van de meetwaarden}]$ en zijn helling is gelijk aan de standaardafwijking van de meetwaarden. Het gemiddelde en de standaardafwijking zijn hierbij geschat als respectievelijk:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{t=1}^n x_t}{n} \quad \text{en} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

met \bar{x} het geschatte gemiddelde, s de geschatte standaardafwijking, x_t de t -de van alle chronologisch gerangschikte meetwaarden en n het aantal meetwaarden.

ad (4) Lilliefors-toets op normaliteit

Een aanvullende indicatie over het al of niet voldoen aan een normale kansverdeling wordt verkregen door hierop statistisch te toetsen met de Lilliefors-toets. Het resultaat van deze toets op normaliteit is de p -waarde, zijnde een maat voor de aannemelijkheid dat de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Als de p -waarde kleiner is dan 1%, is het niet aannemelijk dat de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, mits er geen autocorrelatie optreedt in de meetreeks. Dit toetsresultaat moet echter niet zondermeer als belangrijker worden gezien dan de beoordeling van de drie visuele hulpmiddelen (zie hieronder).

Het toetsresultaat moet niet per definitie als belangrijkste gelden

Een waarschuwing is hier op zijn plaats, want de Lilliefors-toets gaat er van uit dat de meetreeks geen autocorrelatie vertoont (oftewel dat de meetwaarden onafhankelijk van elkaar zijn). Dat is echter zelden het geval bij meetreeksen van lozingsparameters, zodat het toetsresultaat niet zondermeer boven dat van de visuele beoordeling van de bovengenoemde grafieken mag worden gesteld. Behalve de vooronderstelling van onafhankelijke meetwaarden, is een bijkomend bezwaar van het toetsen op normaliteit dat het onderscheidend vermogen gering is als er weinig onafhankelijke meetwaarden zijn, zoals minder dan circa 50. Afwijkingen van de getoetste kansverdeling kunnen dan dus niet snel worden gedetecteerd. Als er daarentegen veel meetwaarden zijn, is het onderscheidend vermogen dermate groot, dat ook al een praktisch gezien verwaarloosbare afwijking van de normale kansverdeling wordt gedetecteerd.

3.7.1 Transformatie-mogelijkheden

Als de gebruiker aangeeft dat de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, verschijnt er een schermje met de vraag of de meetwaarden moeten worden getransformeerd. Als de gebruiker aangeeft dat er getransformeerd moet worden, berekent het programma die transformator die de correlatiecoëfficiënt tussen de meetwaarden en hun normalscores maximaliseert. Dit is dus de waarde die de punten in de PP-plot zoveel mogelijk een rechte lijn laat volgen. Na deze transformatie verschijnen weer de vier eerder toegelichte hulpmiddelen, die de gebruiker kunnen assisteren bij het formuleren van zijn oordeel over het soort kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn, namelijk:

- (1) een tijdreeksplot van de getransformeerde meetwaarden;
- (2) het histogram van de getransformeerde meetwaarden;
- (3) de PP-plot van de getransformeerde meetwaarden;
- (4) het resultaat van de Lilliefors-toets op normaliteit van de getransformeerde meetwaarden.

Tevens verschijnt er een schermje dat de gebruiker vraagt of de getransformeerde meetwaarden al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling.

Als de gebruiker aangeeft dat ook de getransformeerde meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan wordt de transformatie ongedaan gemaakt en gaat het programma weer verder met de oorspronkelijke meetwaarden. De consequentie dat er niet van kan worden uitgegaan dat de meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, is dat er geen gesloten lozingseis (met verwaarloosbare, of minieme overschrijdingskans) kan worden afgeleid, maar slechts een open lozingseis (met niet-verwaarloosbare overschrijdingskans, zie § 3.9).

Toelichting op het transformeren

Veel niet-normale kansverdelingen kunnen wiskundig worden getransformeerd tot een normale kansverdeling, door de meetwaarden in een andere schaal uit te drukken, wat neerkomt op het in-krimpen of het uitrekken van de X-as. De daarvoor benodigde transformaties van de meetwaarden zijn doorgaans van de vorm $y=x^\theta$, met y de getransformeerde meetwaarde, x de oorspronkelijke meetwaarde en θ de transformator. Als θ nul is, wordt de logaritmische transformatie toegepast ($y=\log[x]$). Welke transformatie het meest geschikt is om symmetrie te bewerkstelligen, hangt af van de soort en de mate van scheefheid van de oorspronkelijke kansverdeling.

Aanbevolen transformaties om symmetrie te bewerkstelligen voor verschillende soorten kansverdelingen (aangepast naar [Helsel and Hirsch, 1992]).

	negatief				0	positief						
scheefheid	←					→						
θ	...	4	3	2	1	1/2	1/3	0	-1/2	-1	-2	...
transformatie		x^4	x^3	x^2	x	\sqrt{x}	$x^{1/3}$	$\log(x)$	$-1/\sqrt{x}$	$-1/x$	$-1/x^2$	

Toelichting: de min-tekens bij de inverse transformaties dienen om de oorspronkelijke rangschikking van de meetwaarden te behouden.

Wees zeer terughoudend met het transformeren en doe een visuele check op de lozingseis!

Alhoewel het transformeren een elegante oplossing lijkt te bieden voor de gevallen dat de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dienen we toch zeer terughoudend te zijn met het hanteren van deze mogelijkheid. Het transformatieproces introduceert namelijk grote onzekerheid bij het afleiden van de lozingseis. Het programma doet weliswaar enkele rekenkundige checks op een via transformeren afgeleide lozingseis, maar dat geeft nog onvoldoende garantie op een verantwoorde lozingseis. Doe daarom ook beslist zelf een check op een via transformeren afgeleide lozingseis, door visueel te beoordelen of deze wel past bij de karakteristieken van de meetreeks. Als dit tot twijfel leidt over de lozingseis, leid dan een open lozingseis af, door de sessie te herhalen en te kiezen voor een niet-normale kansverdeling, echter ditmaal zónder aansluitend te transformeren.

3.8 Autocorrelatie?

Als een meetreeks kleine meetintervallen heeft en/of een groot-schalige structuur vertoont, zoals een golfbeweging, of een trend, kunnen de meetwaarden positieve autocorrelatie vertonen. Golfbewegingen of trends kunnen veroorzaakt zijn door veranderingen in de samenstelling van de grondstof, door veranderingen in de temperatuur van ingelaten koelwater of door veranderingen in het productieproces.

Als er positieve autocorrelatie optreedt wijken opeenvolgende meetwaarden doorgaans minder van elkaar af dan meetwaarden met een groter tijdsverschil, wat neerkomt op een soort naijling van informatie. Dit leidt tot een onderschatting van de standaardafwijking van de kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn, als we die op de gebruikelijke wijze berekenen. De meetwaarden in de meetreeks zijn dan namelijk minder gespreid dan verwacht zou mogen worden van een aselechte steekproef. Het is dus belangrijk om dit verschijnsel te kunnen onderkennen, zodat er vervolgens rekening mee kan worden gehouden bij het berekenen van de lozingseis, anders wordt de lozingseis te laag geschat.

Als de knop 'Autocorrelatie?' wordt aangeklikt, verschijnen er twee visuele hulpmiddelen, die de gebruiker kunnen assisteren bij het formuleren van zijn oordeel over het al of niet optreden van autocorrelatie in de meetreeks (zie onderstaande figuur), namelijk:

- (1) een tijdreeksplot, met daarin ook weergegeven het voortschrijdend gemiddelde;
- (2) het autocorrelogram van de meetreeks.

Tevens verschijnt er een schermje dat de gebruiker vraagt of er al dan niet sprake is van autocorrelatie.

ad (1) Tijdreeksplot met voortschrijdend gemiddelde

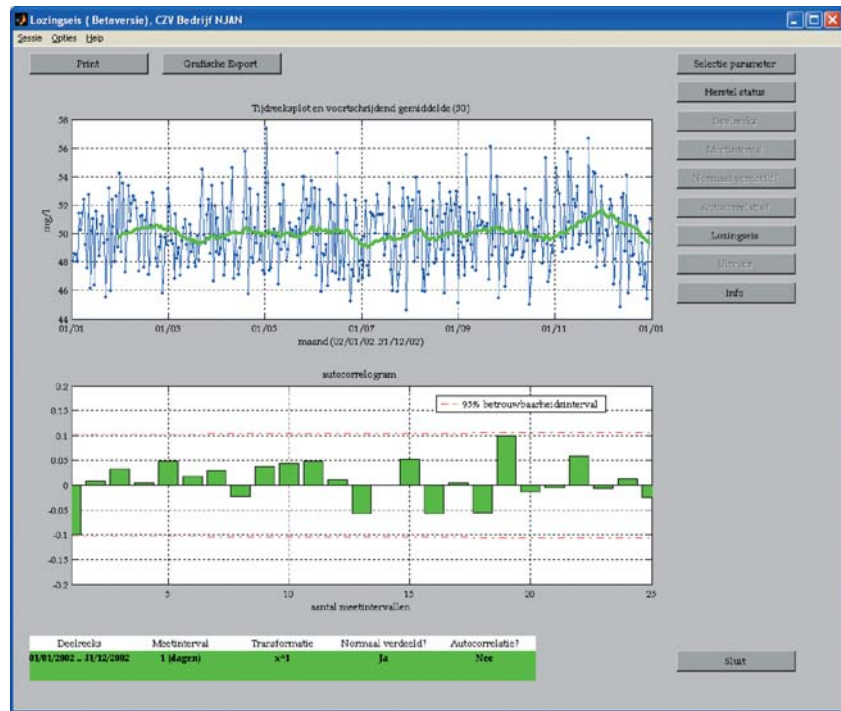
Een eerste visuele beoordeling van eventuele autocorrelatie is mogelijk met een tijdreeksplot van de (al dan niet getransformeerde) meetreeks. Om een golfbeweging of een trend te kunnen onderkennen, wordt in deze figuur tevens het voortschrijdend gemiddelde over 30 (al dan niet getransformeerde) meetwaarden aangegeven, met een dikke groene lijn. Als dat voortschrijdend gemiddelde een golfbeweging of trend vertoont, is er duidelijk sprake van autocorrelatie. Het gehanteerde venster waarover het voortschrijdend gemiddelde wordt berekend staat standaard op 30, maar dit kan desgewenst handmatig worden aangepast via het menu 'Opties' (linksboven).

ad (2) Autocorrelogram van de meetreeks

Als de gebruiker een meetinterval groter dan 0 heeft opgegeven, kan tevens worden vastgesteld of er sprake is van autocorrelatie met het autocorrelogram. Dit toont voor elk mogelijk aantal meetintervallen (l) de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt ($\hat{\rho}_l$). Deze laatste is een maat voor de samenhang tussen meetwaarden die dat aantal meetintervallen uit elkaar liggen. Daarbij is ook het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergegeven van de geschatte autocorrelatiecoëfficiënten. Dit interval wordt begrensd door de rode stippellijnen aan weerskanten van de nullijn. Deze lijnen lopen doorgaans niet evenwijdig aan de nullijn, daar het interval afhangt van het aantal meetwaarden waarmee een autocorrelatiecoëfficiënt is geschat en dat aantal neemt immers af als l toeneemt.

Figuur 3.4

Visuele hulpmiddelen om een oordeel te kunnen formuleren over het optreden van autocorrelatie in de meetreeks. Op basis van de onderstaande grafieken heeft de gebruiker (terecht) geconcludeerd dat in de betreffende meetreeks geen autocorrelatie optreedt. Het statusveld bevat daardoor nu de tekst 'Nee' en is door het invullen ook groen geworden.



Als er geen autocorrelatie is en de (eventueel getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan zullen de autocorrelatiecoëfficiënten zich gemiddeld in 95 van de 100 gevallen binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de geschatte autocorrelatiecoëfficiënten bevinden.

Als de eerste 3 à 5 autocorrelatiecoëfficiënten – deze bevinden zich aan de linkerkant van het autocorrelogram - zich binnen dat interval bevinden en niet alle positief zijn, dan kan er doorgaans al van worden uitgegaan dat er geen autocorrelatie is, ook al zijn er wellicht enkele autocorrelatiecoëfficiënten bij grotere meetintervallen die buiten het interval liggen. Let alleen wel op dat als de eerste autocorrelatiecoëfficiënten alle positief zijn, er meestal toch sprake is van autocorrelatie, ongeacht of ze al of niet binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval liggen.

Als de gebruiker na beoordeling van deze visuele hulpmiddelen aangeeft dat er sprake is van autocorrelatie, vraagt het programma tot en met welk meetinterval daarvan sprake is. Het betreffende schermje bevat ook al een voorstel voor dat aantal, maar dit kan de gebruiker desgewenst aanpassen.

De breedte van de X-as van het autocorrelogram wordt door het programma zodanig in-gesteld, dat zichtbaar is waar de eerste autocorrelatiecoëfficiënt negatief is. Minimaal worden echter altijd 25 autocorrelatiecoëfficiënten getoond.

Toelichting op de autocorrelatiecoëfficiënt

De autocorrelatiecoëfficiënt is een maat voor de samenhang tussen (al dan niet getransformeerde) meetwaarden die zijn verkregen met een tijdsinterval l en wordt geschat als [Box and Jenkins, 1976]:

$$\hat{\rho}_l = \frac{\sum_{t=1}^{n-l} (x_t - \bar{x})(x_{t+l} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}$$

met $\hat{\rho}_l$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l , \bar{x} de schatting van het gemiddelde van de kansverdeling waar de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden uit afkomstig zijn, x_t de t -de van de chronologisch gerangschikte (al dan niet getransformeerde) meetwaarden en n het aantal meetwaarden.

3.9 Lozingseis

Als er voldoende informatie beschikbaar is over de statistische eigenschappen van de deelreeks – de statusbalk is dan helemaal groen – kan door het aanklikken van ‘lozingseis’ de lozingseis worden afgeleid.

De lozingseis wordt zowel berekend voor individuele meetwaarden, als voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden². De resultaten worden direct getoond in twee tijdreeksplots, de bovenste van de meetwaarden, de onderste van de gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden. De berekende lozingseis is daarbij weergegeven als een dikke rode lijn (zie onderstaande figuur). De in de tweede tijdreeksplot weergegeven gemiddelden zijn berekend over 10 opeenvolgende meetwaarden bij het opgegeven meetinterval. Als er meer dan 2 van de 10 meetwaarden ontbreken wordt het betreffende gemiddelde over 10 opeenvolgende meetwaarden echter niet getoond. Als er slechts 1 (of geen) gemiddelde kan worden getoond, wordt er geen lozingseis voor het gemiddelde berekend.

De berekende lozingseis voor meetwaarden kan zijn:

- (1) een gesloten lozingseis, in de figuur aangegeven met een doorgetrokken dikke rode lijn. Deze heeft standaard een verwaarloosbare overschrijdingskans van 1/1.000 (oftewel 0,1%), tenzij de gebruiker via het menu ‘Opties’ (linksboven) heeft aangegeven dat deze overschrijdingskans 1/100 moet zijn (oftewel 1%). De gesloten lozingseis kan bij de handhaving als niet te overschrijden maximum worden gehanteerd;
- (2) een open lozingseis, in de figuur aangegeven met een gestippelde dikke rode lijn – deze heeft een niet-verwaarloosbare, maar bekende overschrijdingskans, uitgaande van de proces-

.....
Noot

² Het aantal van 10 is gekozen, omdat de kansverdeling van een gemiddelde van 10 meetwaarden beter zal naderen tot een normale kansverdeling. Dit aantal kan niet aangepast in het programma.

voering zoals die was gedurende de periode die de geanalyseerde meetreeks beslaat. Bij de handhaving dient dus rekening te worden gehouden met die overschrijdingskans.

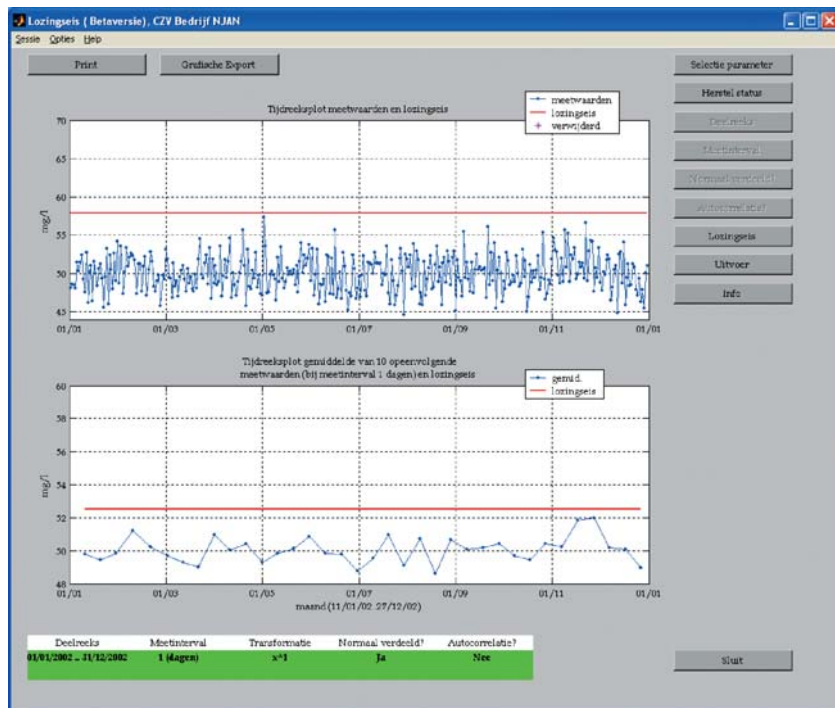
De berekende lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden is altijd een gesloten lozingseis. Maar als de gebruiker een meetinterval van '0' heeft opgegeven, wordt er geen lozingseis berekend voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden.

Lozingseis geldt alleen voor het monstertype van de ingevoerde meetwaarden

Een afgeleide lozingseis geldt alleen voor het monstertype van de ingevoerde meetwaarden. Dus als een lozingseis is afgeleid met meetwaarden van dagverzamelmonsters, kan die niet worden gehanteerd voor steekmonsters (of andersom). Om een lozingseis voor meetwaarden van het ene monstertype te kunnen omzetten naar die van een ander type, zal er dus een vertaalslag moeten plaatsvinden. Zie hiervoor § 3.4 van het rapport 'Statistische aspecten van lozingseisen' [Bagelaar, 2003]. Dit rapport is in te zien via de 'Help'knop van Lozingseis-assistent.

Figuur 3.5

Voorbeeld van de grafische presentatie van de berekende lozingseisen. Boven: de tijdreeksplot van de meetwaarden en de daarvoor berekende lozingseis. Onder: de tijdreeksplot van de gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden en de daarvoor berekende lozingseis. Het betreft hier in beide gevallen gesloten lozingseisen. Deze zijn bij de handhaving te hanteren als waarden die niet overschreden mogen worden.



Check de lozingseisen met deze figuur!

Het is zeer sterk aan te raden de berekende lozingseisen visueel te checken met deze figuur. Als een gesloten lozingseis voor meetwaarden in de gepresenteerde figuur wordt overschreden door een percentage meetwaarden dat hoger is dan de gehanteerde overschrijdingskans (standaard 0,1%, of anders 1%), dan kan dat een aanwijzing zijn dat de gebruiker onterecht heeft aangegeven dat er sprake is van een normale kansverdeling. En als een gesloten lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden in de gepresenteerde figuur wordt overschreden door één of meer van dergelijke gemiddelden, kan dat een aanwijzing zijn dat de gebruiker onterecht heeft aangegeven dat er geen sprake is van autocorrelatie.

En wees vooral zeer kritisch als er is getransformeerd!

En, zoals reeds is opgemerkt in § 3.7.1, wees vooral zeer kritisch als er via transformeren een lozingseis voor meetwaarden is afgeleid. Beoordeel daartoe visueel of deze wel past bij de karakteristieken van de meetreeks (is de lozingseis bijvoorbeeld niet veel te hoog?). Als dit tot twijfel leidt over de lozingseis, leid dan een open lozingseis af, door de sessie te herhalen en te kiezen voor een niet-normale kansverdeling, echter ditmaal zónder aansluitend te transformeren.

Achtergronden lozingseis

De lozingseis wordt door Lozingseis-assistent berekend aan de hand van de beschikbaar gestelde historische meetwaarden, waaruit wordt afgeleid binnen welke grens nieuwe waarden - dit zijn meetwaarden respectievelijk gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden - verwacht mogen worden, gegeven de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Aan de hand van de ligging van nieuwe waarden ten opzichte van deze grens kan vervolgens worden vastgesteld of het lozingsproces al dan niet is gewijzigd.

De wijze waarop de lozingseis wordt berekend hangt af van: (a) de kansverdeling waar de waarden uit afkomstig zijn en (b) van het al of niet optreden van autocorrelatie in de meetreeks.

ad (a) Als kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, kan een scherpere lozingseis worden gesteld dan wanneer dat níet het geval is. Dit komt door de vele theoretische kennis die dan kan worden gehanteerd over de eigenschappen van die kansverdeling, als aanvulling op de informatie die reeds beschikbaar is in de meetreeks. Afhankelijk van de instelling berekent het programma in dit geval een lozingseis met een verwaarloosbare overschrijdingskans van 1/1.000, of een zeer geringe overschrijdingskans van 1/100. Deze kan worden gehanteerd als een lozingseis die niet overschreden mag worden door volgende waarden. Dit noemen we een *gesloten* lozingseis.

Als daarentegen níet kan worden uitgegaan van een normale kansverdeling, ook niet na transformatie, staat alleen de informatie uit de meetreeks ter beschikking. Om dan bijvoorbeeld een lozingseis met een overschrijdingskans van 1/1.000 te kunnen berekenen, dient de meetreeks minstens 4.500 onafhankelijke waarden te bevatten. Dat is uiteraard teveel gevraagd, zodat dan slechts een lozingseis kan worden afgeleid met een bekende en niet-verwaarloosbare overschrijdingskans. Dit noemen we een *open* lozingseis. Die overschrijdingskans is echter wel bekend, zodat daar bij de handhaving rekening mee kan worden gehouden. Een open lozingseis wordt aangegeven met een rode stippellijn. Zijn overschrijdingskans is vermeld in de uitvoer. Indien gewenst kan als aanvulling op deze open lozingseis ook een maximale eis worden opgenomen. Deze kan evenwel niet statistisch worden afgeleid, maar moet op andere overwegingen gebaseerd zijn, bijvoorbeeld een waarde die samenhangt met de acute toxiciteit.

ad (b) Het al of niet optreden van autocorrelatie in de meetreeks heeft ook grote invloed op de mogelijkheden van de lozingseisen. Als er autocorrelatie optreedt zal de beschikbare meetreeks namelijk de standaardafwijking van de achterliggende kansverdeling onderschatten, zodat daarvoor moet worden gecorrigeerd bij het opstellen

van de lozingseis. Verder zal er bij de handhaving rekening mee moeten worden gehouden dat opeenvolgende meetwaarden doorgaans meer op elkaar zullen lijken dan op veel eerder of later verkregen meetwaarden. Waar het gaat om een open lozingseis (een lozingseis met een bekende en niet-verwaarloosbare overschrijdingskans), is het dan niet meer mogelijk om over een korte termijn te kunnen beoordelen of het aantal overschrijdingen van de lozingseis nog past bij wat verwacht zou mogen worden bij onveranderde procesvoering.

Gebruikersoptie: overschrijdingskans van 1/1.000 of 1/100

Bij het berekenen van een gesloten lozingseis zal het programma standaard een overschrijdingskans hanteren van 1/1.000 (0,1%). We mogen de lozingseis dan met 95% betrouwbaarheid opvatten als de waarde die met een kans van slechts 1/1.000 zal worden overschreden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Dit betekent dat bij dagelijks meten gemiddeld slechts eens in de drie jaar een overschrijding van de lozingseis zal plaatsvinden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Deze kans is dermate verwaarloosbaar, dat overschrijdingen van de lozingseis met grote zekerheid gezien kunnen worden als indicaties van veranderde lozingkenmerken.

Via het menu 'Opties' (aan te klikken op de menubalk) kan de gebruiker de overschrijdingskans voor de betreffende sessie desgewenst echter ook terugbrengen tot 1/100 (1%). Een berekende gesloten lozingseis is dan met 95% betrouwbaarheid op te vatten als de waarde die met een kans van 1/100 zal worden overschreden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Deze kans is weliswaar nog steeds gering, maar niet meer verwaarloosbaar. Het gebruik van deze instelling is dan ook doorgaans af te raden. Een mogelijke uitzondering kan worden gemaakt voor een parameter die met zeer lage frequentie wordt gemeten. Want als een parameter bijvoorbeeld 10 maal per jaar wordt gemeten, betekent een overschrijdingskans van 1/100 dat de lozingseis gemiddeld slechts eens in de 10 jaar zal worden overschreden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering.

Aangezien het gebruik van een overschrijdingskans van 1/100 maar in weinig gevallen opportuun zal zijn, zal het programma bij het opstarten altijd de overschrijdingskans van 1/1.000 hebben ingesteld, ook als de gebruiker die instelling bij een vorige sessie heeft veranderd. Zoals gezegd is dit echter per sessie gemakkelijk via 'Opties' te veranderen.

De berekende lozingseis is een tolerantielimiet

Lozingseis-assistent berekent de lozingseis als de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval van een geschat percentiel van de kansverdeling waar de waarden (meetwaarden danwel gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden) uit afkomstig zijn. De statistische benaming van die bovengrens is de tolerantielimiet $t_{(\gamma, 1-\alpha)}$, die wordt gekenmerkt door de volgende twee percentages:

- (1) het percentiel, oftewel de dekkingsgraad, zijnde het percentage van alle nieuwe waarden dat de limiet *minstens* beoogt te begrenzen. Dit geven we aan als $100\% \cdot \gamma$, met $0 < \gamma < 1$. De limiet zal dan dus door hoogstens $100\% \cdot (1-\gamma)$ van alle nieuwe waarden worden overschreden;
- (2) de betrouwbaarheid, oftewel de mate van aannemelijkheid dat de limiet ook daadwerkelijk minstens de beoogde fractie van alle nieuwe waarden zal begrenzen. Dit geven we aan als $100\% \cdot (1-\alpha)$, met $0 < \alpha < 1$. Hierbij is α het (door ons geaccepteerde) risico dat de tolerantielimiet door meer dan $100\% \cdot (1-\gamma)$ van alle nieuwe waarden wordt overschreden, zónder dat er sprake is van een verandering van de lozingskenmerken. De onzekerheden ten gevolge van bemonsterings- en analysefouten en de steekproeffout zijn in dit betrouwbaarheidsinterval verdisconteerd.

De tolerantielimiet $t_{(\gamma, 1-\alpha)}$ kunnen we dus zien als de bovengrens van het $100\% \cdot (1-\alpha)$ -betrouwbaarheidsinterval van het geschatte $100 \cdot \gamma$ -percentiel van een kansverdeling.

Voorbeeld

We mogen bijvoorbeeld van het 99,9-percentiel van een kansverdeling verwachten dat 99,9% van de waarden daaronder zal vallen en 0,1% daarboven. Maar doordat we dat percentiel slechts kunnen schatten, moeten we daarbij ook zijn onzekerheid in acht nemen, uitgedrukt in het betrouwbaarheidsinterval. Zo zal het 95%-betrouwbaarheidsinterval van een geschat 99,9-percentiel in 95 van de 100 gevallen ook daadwerkelijk het 99,9-percentiel van de kansverdeling bevatten. De bovengrens van dat interval, aangeduid als de **tolerantielimiet(99,9%, 95%)**, zal daarmee met 95% betrouwbaarheid door minstens 99,9% van de nieuwe waarden onderschreden worden en door *hoogstens* 0,1% van de nieuwe waarden overschreden worden. Als de overschrijding meer bedraagt, kan dat met 95% betrouwbaarheid worden opgevat als een signaal dat er geen sprake meer is van de gebruikelijke, beheerste procesvoering.

Door bij de handhaving na te gaan of nieuwe waarden onder of boven de tolerantielimiet liggen, kan dus worden nagegaan of er een verandering in het lozingsproces is opgetreden. De tolerantielimiet is daarmee een geschikt kengetal om als een *naleefbare* lozingseis te dienen.

Toelichting op de berekende lozingseis voor meetwaarden

Om een lozingseis voor meetwaarden te berekenen, onderscheidt Lozingseis-assistent de volgende gevallen:

- (1) normale kansverdeling, zonder autocorrelatie;
- (2) normale kansverdeling, met autocorrelatie;
- (3) geen normale kansverdeling, zonder autocorrelatie;
- (4) geen normale kansverdeling, met autocorrelatie.

(1) Normale kansverdeling, zonder autocorrelatie
 Als we er van uit mogen gaan dat de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en we geen rekening hoeven te houden met autocorrelatie, dan berekent het programma de tolerantielimiet_(100%·γ, 95%) van toekomstige (eventueel getransformeerde) meetwaarden als [Natrella, 1963]:

$$TL_{(100\% \cdot \gamma, 95\%)} = \bar{x} + \frac{z_{(\gamma)} + \sqrt{\left(z_{(\gamma)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(\gamma)}^2 - \frac{z_{(0,95)}^2}{n}\right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot s$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van de kansverdeling waar de meetwaarden uit afkomstig zijn, n het aantal meetwaarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{(\gamma)}$ het 100·γ-percentiel van de standaardnormale verdeling (standaard is dit het 99,9-percentiel en anders het 99-percentiel) en $z_{(0,95)}$ het 95-percentiel van de standaardnormale verdeling. De op deze wijze berekende tolerantielimiet is een gesloten lozingseis, dus met een verwaarloosbare (of minieme) overschrijdingskans.

Als we over oneindig veel meetwaarden beschikken ($n \rightarrow \infty$) en $\gamma = 0,999$ (de standaardinstelling), dan gaat bovenstaande formule over in:

$$TL_{(99,9\%, 95\%)} = \bar{x} + z_{(0,999)} \cdot s = \bar{x} + 3,090 \cdot s$$

Als de gebruiker daarentegen een overschrijdingskans van 1% heeft ingesteld ($\gamma = 0,990$), dan gaat bovenstaande formule bij oneindig veel meetwaarden over in:

$$TL_{(99\%, 95\%)} = \bar{x} + z_{(0,990)} \cdot s = \bar{x} + 2,326 \cdot s$$

Enige voorzichtigheid is wel op zijn plaats, daar we een extreme tolerantielimiet berekenen, namelijk diegene die slechts door 1 meetwaarde op 1.000 (of 100) onafhankelijke meetwaarden wordt overschreden. De geldigheid daarvan is namelijk gevoelig voor afwijkingen van de normale kansverdeling.

Bij gerede twijfel aan het soort kansverdeling kan daarom beter voor een verdelingsvrije tolerantielimiet worden gekozen (zie verder), zij het dat die slechts dienst kan doen als open lozingseis.

(2) Normale kansverdeling, met autocorrelatie
 Als we er van uit mogen gaan dat de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en er sprake is van autocorrelatie, dan berekent het programma de tolerantielimiet_(100%·γ, 95%) van toekomstige (eventueel getransformeerde) meetwaarden als boven aangegeven, maar nu met s vervangen door s^* , de voor de autocorrelatie gecorrigeerde schatting van de standaardafwijking van de kansverdeling, volgens:

$$s^* = \sqrt{\frac{s^2}{1 - \frac{2}{n \cdot n - 1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \hat{\rho}_l)}}$$

met $\hat{\rho}_l$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l . Als alle autocorrelatiecoëfficiënten nul zijn, reduceert s^* weer tot s . Als de autocorrelatiecoëfficiënten positief zijn is s^* groter dan s . Een positieve autocorrelatie leidt dus tot een hogere tolerantielimiet.

De op deze wijze berekende tolerantielimiet is een gesloten lozingseis, dus met een verwaarloosbare (of minieme) overschrijdingskans.

Als de autocorrelatie relevant blijkt tot voorbij een tijdsinterval van $n/4$ (n is het aantal meetwaarden), door een slechts langzaam uitdempende autocorrelatie, dan zal het programma aangeven dat de lozingseis niet berekend kan worden. Er kunnen dan namelijk grote fouten ontstaan bij het schatten van de autocorrelatiecoëfficiënten. In feite is de meetreeks dan té kort ten opzichte van de daarin voorkomende grootschalige structuur.

(3) Niet-normale kansverdeling, zonder autocorrelatie

Als we niet uit kunnen gaan van een normale kansverdeling - ook niet na transformatie van de meetwaarden -, we geen rekening hoeven te houden met autocorrelatie en er voldoende meetwaarden beschikbaar zijn (zie onder), dan berekent het programma de tolerantielimiet $_{(100\%-\gamma, 95\%)}$ van toekomstige meetwaarden als [Gilbert, 1987]:

$$TL_{(100\%-\gamma, 95\%)} = x_{[u]} \quad \text{en} \quad u = \gamma \cdot (n + 1) + z_{(0,95)} \cdot \sqrt{n \cdot \gamma \cdot (1 - \gamma)}$$

met $x_{[u]}$ de meetwaarde die zich na rangschikking van klein naar groot op de u^e -positie bevindt (als u geen geheel getal is wordt lineair geïnterpoleerd tussen de naastliggende meetwaarden), n het aantal meetwaarden en $z_{(0,95)}$ het 95-percentiel van de standaardnormale verdeling. De op deze wijze berekende tolerantielimiet is een gesloten lozingseis, dus met een verwaarloosbare (of minieme) overschrijdingskans. Bij de standaardoverschrijdingskans van 0,1% ($\gamma = 0,999$) is er sprake van voldoende meetwaarden bij $n > 4.500$ en als de overschrijdingskans door de gebruiker is ingesteld op 1% ($\gamma = 0,990$), dan is er sprake van voldoende meetwaarden bij $n > 450$.

In de meeste gevallen zullen er echter onvoldoende meetwaarden beschikbaar zijn, zodat het dan niet mogelijk is de tolerantielimiet $_{(100\%-\gamma, 95\%)}$ te schatten. De reden is dat de berekende u dan groter is dan n . In een dergelijk geval wordt de maximale meetwaarde ($x_{[n]}$) gehanteerd als tolerantielimiet, volgens:

$$TL_{(100\%-\gamma, 95\%)} = x_{[n]}$$

Dit betreft een open lozingseis, met een overschrijdingskans van $100\% \cdot (1 - \gamma)$. De bij een betrouwbaarheid van 95% horende dekingsgraad (γ) wordt hierbij vastgesteld aan de hand van de volgende relatie [Montgomery, 1991]:

$$\ln(\gamma) = \frac{\ln(0,05)}{n}$$

Voorbeeld

Stel dat we beschikken over 20 onafhankelijke meetwaarden van koper, verkregen bij lozing onder de gebruikelijke, beheerste procesvoering, over een periode van twee jaar. De meetwaarden

blijken niet afkomstig uit een normale kansverdeling, zelfs ook niet na een transformatie. Als we het maximum van deze 20 meetwaarden (x_{l20}) hanteren als tolerantielimiet en een betrouwbaarheid van 95% wensen ($\alpha=5\%$), dan is de dekingsgraad (γ) 86%. We mogen dus met 95% betrouwbaarheid verwachten dat deze tolerantielimiet door hoogstens 14% van de nieuwe meetwaarden zal worden overschreden, mits het lozingsproces niet wijzigt.

(4) Niet-normale kansverdeling, met autocorrelatie

Als we niet uit kunnen gaan van een normale kansverdeling - ook niet na transformatie van de meetwaarden - en er sprake is van autocorrelatie, dan berekent het programma een tolerantielimiet van toekomstige meetwaarden nog steeds zoals beschreven onder (3), zij het dat ditmaal niet wordt uitgegaan van het aantal beschikbare meetwaarden (n), maar van het aantal onafhankelijke meetwaarden. Het aantal onafhankelijke meetwaarden (n^*) is een functie van het aantal beschikbare meetwaarden (n) en van het autocorrelogram van de meetreeks, volgens [Bayley and Hammersley, 1946]:

$$n^* = \left(\frac{1}{n} + \frac{2}{n^2} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \hat{\rho}_l) \right)^{-1}$$

met $\hat{\rho}_l$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l . Als alle autocorrelatiecoëfficiënten nul zijn, is n^* gelijk aan n . Maar als de autocorrelatiecoëfficiënten positief zijn is n^* kleiner dan n . Het betreft een open lozingseis, met een overschrijdingskans van $100\% \cdot (1-\gamma)$.

Toelichting op de berekende lozingseis voor gemiddelden

Behalve voor meetwaarden, stelt het programma ook een lozingseis op voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden.

Volgens de statistische theorie (de Centrale Limietstelling) zal een kansverdeling van gemiddelden meer naderen tot de normale kansverdeling, naarmate er meer meetwaarden worden gemiddeld, ongeacht de kansverdeling van de meetwaarden. Als de meetwaarden afkomstig zijn uit een zeer scheve kansverdeling moet er nog wel worden gemiddeld over veel meetwaarden (50 à 75) om dit te bewerkstelligen, maar naarmate de meetwaarden afkomstig zijn uit een symmetrischer kansverdeling, reduceert het benodigde aantal sterk.

Doordat het aantal gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden hoogstens 10% kan bedragen van het aantal meetwaarden in de meetreeks, zijn er doorgaans te weinig van deze gemiddelden beschikbaar om vast te stellen uit welk soort kansverdeling die afkomstig zijn. Het programma gaat daarom uit van wat de gebruiker heeft ingevuld over de normaliteit van de meetwaarden.

Voor het formuleren van een lozingseis aan gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden onderscheidt dit programma alleen de volgende twee mogelijkheden:

- (1) normale kansverdeling, zonder autocorrelatie;
- (2) normale kansverdeling, met autocorrelatie.

Als de gebruiker heeft aangegeven dat de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan wordt er geen lozingseis afgeleid voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden. Een dergelijke lozingseis kan evenmin worden afgeleid als de gebruiker als meetinterval '0' heeft opgegeven, daarmee aangevend dat γ lle meetwaarden moeten worden gehanteerd, ongeacht het meetinterval. Door het ontbreken van een vast meetinterval kan er dan namelijk niet meer worden vastgesteld óf er sprake is van autocorrelatie en zo ja, hoe groot die is, zodat er onvoldoende informatie is om de lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden af te leiden. Bijlage 2 geeft echter oplossingen voor deze gevallen.

(1) Normale kansverdeling, zonder autocorrelatie

Als de meetwaarden bij het opgegeven meetinterval geen autocorrelatie vertonen, dan berekent het programma de tolerantielimiet(100%· γ , 95%) van toekomstige gemiddelden van 10 opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden als:

$$TL_{(100\% \cdot \gamma, 95\%)} = \bar{x} + \frac{z_{(\gamma)} + \sqrt{\left(z_{(\gamma)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(\gamma)}^2 - \frac{z_{(0,95)}^2}{n} \right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot \frac{s}{\sqrt{10}}$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van de kansverdeling waar de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden uit afkomstig zijn, n het aantal meetwaarden waarop die schattingen zijn gebaseerd, $z_{(\gamma)}$ het 100· γ -percentiel van de standaardnormale verdeling (standaard is dit het 99,9-percentiel en anders het 99-percentiel) en $z_{(0,95)}$ het 95-percentiel van de standaardnormale verdeling. De op deze wijze berekende tolerantielimiet is een gesloten lozingseis, dus met een verwaarloosbare (of minieme) overschrijdingskans. Let op dat deze eis alleen geldt voor gemiddelden van 10 opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden bij het opgegeven, of een groter meetinterval.

(2) Normale kansverdeling, met autocorrelatie

Als de meetwaarden bij het opgegeven meetinterval wél autocorrelatie vertonen, dan berekent het programma de tolerantielimiet(100%· γ , 95%) van toekomstige gemiddelden van 10 opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden als³:

$$TL_{(100\% \cdot \gamma, 95\%)} = \bar{x} + \frac{z_{(\gamma)} + \sqrt{\left(z_{(\gamma)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(\gamma)}^2 - \frac{z_{(0,95)}^2}{n} \right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot \sqrt{10 \cdot \left(1 - \frac{2}{n \cdot n-1} \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \hat{\rho}_l)\right)} \cdot \left(1 + \frac{2}{10} \cdot \sum_{l=1}^9 ((10-l) \cdot \hat{\rho}_l)\right)$$

met \bar{x} en s de schattingen van het gemiddelde en de standaardafwijking van de kansverdeling waar de (al dan niet getransformeerde) meetwaarden uit afkomstig zijn, n het aantal meetwaarden waarop die schattingen zijn gebaseerd en $\hat{\rho}_l$ de

geschatte autocorrelatiecoëfficiënt voor tijdsinterval l . Als alle autocorrelatiecoëfficiënten nul zijn, reduceert deze formule tot die vermeld onder (1). De op deze wijze berekende tolerantielimiet is een gesloten lozingseis, dus met een verwaarloosbare (of minieme) overschrijdingskans. Let op dat deze eis alleen geldt voor gemiddelden van 10 opeenvolgende (al dan niet getransformeerde) meetwaarden bij het opgegeven meetinterval.

Als de meetwaarden gedurende de sessie zijn getransformeerd en er vervolgens door de gebruiker is aangegeven dat de getransformeerde meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan wordt deze tolerantielimiet berekend met de getransformeerde meetwaarden. De bij de uitvoer gepresenteerde lozingseis is echter weer teruggetransformeerd naar de meetschaal. In een dergelijk geval dient bij de handhaving een gemiddelde dus te worden berekend uit de getransformeerde meetwaarden en het dient vervolgens te worden teruggetransformeerd naar de meetschaal, alvorens het af te zetten tegen de lozingseis.

Als de autocorrelatie relevant blijkt tot voorbij een tijdsinterval van $n/4$ (n is het aantal meetwaarden), door een slechts langzaam uitdempende autocorrelatie, dan zal het programma aangeven dat de lozingseis niet berekend kan worden. Er kunnen dan namelijk grote fouten ontstaan bij het schatten van de autocorrelatiecoëfficiënten. In feite is de meetreeks dan té kort ten opzichte van de daarin voorkomende grootschalige structuur.

3.10 Uitvoer

Als het programma de lozingseis heeft berekend, kan die met de knop 'Info' worden bekeken. Ook kan met de knop 'Uitvoer' worden aangegeven naar welk bestand de resultaten moeten worden weggeschreven. Dit kan naar een Word-bestand (met uitgang '.doc'), of naar een HTML-bestand (met uitgang '.htm'). De resultaten omvatten niet alleen de berekende lozingseis, maar ook een onderbouwing van de wijze waarop deze is berekend (zie hieronder). Dit bestand is daardoor bijvoorbeeld geschikt om een berekende lozingseis te verantwoorden naar de aanvrager.

Lozingseisen zijn niet afgerond

Let op dat de afgeleide lozingseisen niet zijn afgerond en daardoor nog veel decimalen bevatten. De gebruiker dient deze dus zelf op redelijke wijze af te ronden.

Plaats geen twee uitvoerbestanden in dezelfde directory!

Let wel op dat elk nieuw uitvoerbestand in een andere directory moet worden geplaatst. Naast het bestand worden namelijk ook de bijbehorende figuren in de directory geplaatst en als een nieuw uitvoerbestand in dezelfde directory wordt geplaatst, zullen de figuren van het vorige uitvoerbestand worden overschreven.

.....

Noot

3 Deze formule is uitgebreid ten opzichte van die in het rapport 'Statistische aspecten van lozingseisen' (mei 2003, Paul K. Baggelaar, Icastat Statistisch Adviesbureau).

Als u het uitvoerbestand wilt transporteren, neem dan altijd de bijbehorende figuren mee en plaats die in dezelfde directory als het uitvoerbestand.

3.10.1 Onderdelen uitvoerbestand

Het uitvoerbestand bevat de volgende onderdelen:

- datum
- bedrijfsnaam
- parameternaam [meeteenheid]
- soort monster (dagverzamelmonster of steekmonster)
- begin- en einddatum geselecteerde deelreeks
- verwijderde meetwaarden
- beschikbaar aantal meetwaarden deelreeks na verwijdering meetwaarden
- tijdreeksplot deelreeks
- histogram meetinterval
- gehanteerd meetinterval
- combinatie van:
 - o tijdreeksplot deelreeks (eventueel na transformatie)
 - o histogram deelreeks (eventueel na transformatie)
 - o PP-plot gehanteerde deelreeks (eventueel na transformatie)
- resultaat Lilliefors-toets deelreeks (eventueel na transformatie)
- oordeel gebruiker over normale kansverdeling meetwaarden
- de gehanteerde transformator van de meetwaarden
- tijdreeksplot en voortschrijdend gemiddelde deelreeks (eventueel na transformatie)
- autocorrelogram deelreeks (eventueel na transformatie)
- oordeel gebruiker over autocorrelatie
- combinatie van:
 - o tijdreeksplot meetwaarden en lozingseis
 - o tijdreeksplot gemiddelde van 10 opeenvolgende meetwaarden en lozingseis
- gehanteerde formule bij berekenen lozingseis meetwaarden (evenals de toelichting op de termen)
- lozingseis voor meetwaarden (en de gehanteerde overschrijdingskans)
- gehanteerde formule bij berekenen lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende (eventueel getransformeerde) meetwaarden
- lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende (eventueel getransformeerde) meetwaarden (en de gehanteerde overschrijdingskans).

4 Seizoensmatige lozing?

4.1 Bedoeling

Als een geldig invoerbestand is ingelezen, kan met behulp van het programma worden nagegaan of er al dan niet sprake is van een seizoenspatroon bij het lozen (stap 6 van de nota 'Lozingseisen Wvo-vergunningen'). Er kan bijvoorbeeld sprake zijn van een campagnebedrijf of van seizoensinvloeden op de afvalwaterzuiveringsinstallatie (door de temperatuur). Daartoe moet de knop 'Seizoensmatige lozing?' worden aangeklikt. Het programma biedt dan zowel een visueel hulpmiddel als een statistische toets, om de gebruiker te assisteren bij het verkennen van de seizoensmatigheid.

Als er sprake is van een seizoensmatige lozing, met grote verschillen tussen de seizoenen, dan is het aan te bevelen om lozingseisen op te stellen voor de afzonderlijke seizoenen. Er dient in eerste instantie zoveel mogelijk vanuit theoretisch en praktisch inzicht te worden beredeneerd of er al dan niet sprake is van een seizoensmatige lozing. Maar in geval van twijfel kan dit ook met Lozingseis-assistent worden nagegaan met een beschikbare meetreeks. De gebruiker dient hiertoe dan echter wel zelf aan te geven van welke seizoenen er sprake zou kunnen zijn.

4.2 Verkenning te beschouwen meetreeks

Als het ingelezen invoerbestand slechts één meetreeks bevat, zal deze direct na het aanklikken van 'Selectie parameter' als tijdreeksplot worden getoond. Maar als het invoerbestand meetreeksen van meerdere parameters bevat, dan verschijnt er eerst een schermje waarop de gebruiker moet aangeven welke van de parameters moet worden beschouwd. Na deze selectie verschijnt de tijdreeksplot van de parameter. Uitschieters zijn hierbij groen gemarkeerd.

Indien gewenst kan een meetwaarde interactief worden verwijderd, door deze in de tijdreeksplot aan te klikken. Hiervoor komen in ieder geval die meetwaarden in aanmerking, die door een uitzonderlijke fout of een onbeheerste situatie zijn veroorzaakt. Na het verwijderen van een meetwaarde zal het programma opnieuw berekenen of er uitschieters resteren (de kenmerken van de verzameling meetwaarden zijn dan immers veranderd). Een verwijderde meetwaarde wordt paars gemarkeerd in de tijdreeksplot. Desgewenst kan deze ook weer aan de meetreeks worden toegevoegd door hem opnieuw aan te klikken.

4.3 Verdere interactie

Door de knop 'Deelreeks' aan te klikken, verschijnt er een schermje dat de begin- en einddatum aangeeft van de geselecteerde meetreeks. Als de exercitie moet worden uitgevoerd met een bepaald

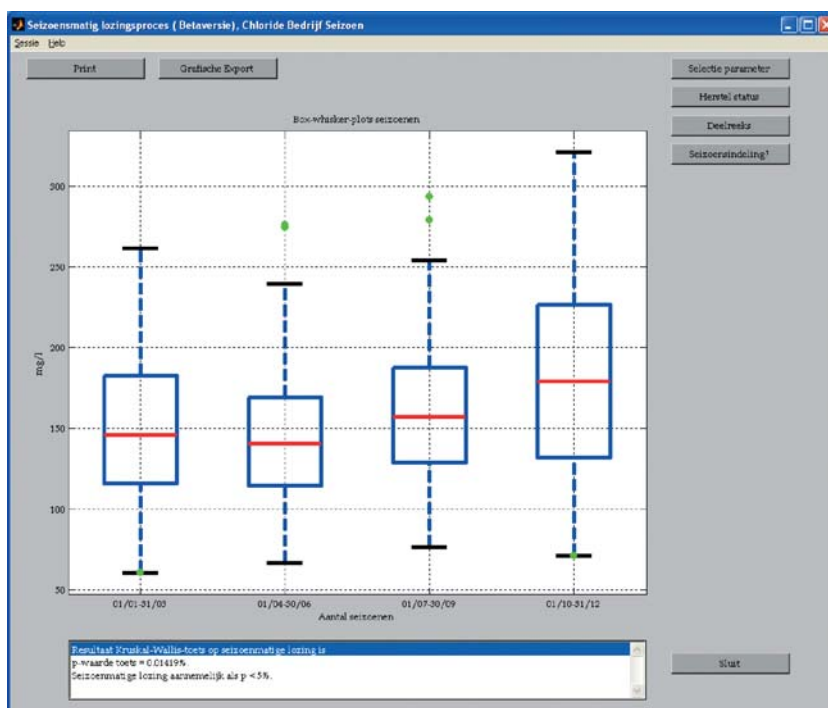
deel van deze meetreeks, dient de gebruiker de begin- en/of einddatum in dit schermje aan te passen. Dit heeft overigens nog niets te maken met de seizoensindeling, want dat gebeurt pas in de volgende stap. Als een deelreeks wordt geselecteerd die niet voldoet aan de criteria (minimaal 15 meetwaarden, waarvan minstens 5 verschillend zijn), zal het programma dat melden.

Door vervolgens de knop 'Seizoensindeling?' aan te klikken, verschijnt eerst een schermje dat vraagt naar het aantal seizoenen en vervolgens een schermje dat vraagt naar de begindatum van elk seizoen. De seizoenen mogen ook over de jaarwisseling heen lopen, maar het programma gaat er wel vanuit dat de seizoenen samen precies een jaar beslaan.

Hierna volgt een resultaat scherm (zie hieronder), met zowel een visueel hulpmiddel (box-whisker-plots van de seizoenen), als het resultaat van een statistische toets (de Kruskal-Wallis-toets), om na te gaan of er sprake is van een seizoensmatige lozing.

Figuur 4.1

Voorbeeld van het resultaat scherm van het checken op een seizoensmatige lozing.



4.4 Visueel beoordelen op seizoensmatige lozing

Om visueel te kunnen beoordelen of er sprake is van een seizoensmatige lozing, toont het programma de box-whisker-plots van de door de gebruiker gedefinieerde seizoenen naast elkaar. Eventuele verschillen in de achterliggende kansverdelingen zullen dan zichtbaar worden.

Toelichting op de box-whisker-plot

De box-whisker-plot⁴ is een handzame manier om de kenmerken van een onderzochte populatie zo compact mogelijk grafisch samen te vatten. De plot toont de posities van de belangrijkste percentielen van de kansverdeling van de gemeten variabele. Het middendeel, de 'box' (doos), loopt van het 25-percentiel naar het 75-percentiel, terwijl het 50-percentiel, oftewel de mediaan, is aangegeven als een dikke streep in de box. De 'whiskers' (snorharen) lopen van de box naar de uiteinden van de verzameling. Extreme meetwaarden in de steekproef zijn weergegeven als een groene punt boven de whisker (de meetwaarde ligt dan meer 1,5 maal de boxlengte vanaf de box). Als er geen extreme meetwaarden zijn dan bevat de onderkant van de onderste whisker een groene punt.

We moeten ons realiseren dat de box-whisker-plot de percentielen toont van de kansverdeling van de gehele bemonsterde populatie, zoals die zijn geschat uit de meetwaarden van de steekproef. Dat is informatie die natuurlijk veel relevanter is dan de paar meetwaarden van de steekproef.

4.5 Statistisch toetsen op seizoensmatige lozing

Om een aanvullende indicatie te kunnen krijgen over een seizoensmatige lozing, presenteert het programma het resultaat van de Kruskal-Wallis-toets. Maar een waarschuwing is hier op zijn plaats, want deze toets gaat er van uit dat de meetreeks geen autocorrelatie vertoont (oftewel dat de meetwaarden onafhankelijk van elkaar zijn). Dat is echter zelden het geval bij meetreeksen van lozingsparameters, zodat het toetsresultaat enigszins vertekend kan zijn.

Het resultaat van de Kruskal-Wallis-toets is de p-waarde, zijnde een maat voor de aannemelijkheid dat er geen sprake is van een seizoensmatige lozing. Als de p-waarde kleiner is dan 5%, is het aannemelijk dat er sprake is van een seizoensmatige lozing, mits er geen autocorrelatie optreedt in de meetreeks.

.....
Noot

4 Letterlijk te vertalen als 'doos-met-snorharen'-plot.

Toelichting op de Kruskal-Wallis-toets

De Kruskal-Wallis-toets is op te vatten als het verdelingsvrije equivalent van variantie-analyse met één factor. De toets is verantwoord toepasbaar, ongeacht het soort kansverdeling, mits de waarden onafhankelijk zijn. Het verlies aan efficiëntie ten opzichte van variantie-analyse is slechts gering, als de Kruskal-Wallis-toets wordt toegepast terwijl er tóch sprake is van normaliteit [Bradley, 1968].

De toets gaat echter uit van onafhankelijke waarden en kan dus een enigszins vertekend beeld opleveren als de meetreeks autocorrelatie vertoont.

Bij het toepassen van de Kruskal-Wallis-toets wordt uitgegaan van het volgende model:

$$x_{ij} = \mu + \gamma_j + e_{ij}$$

met x_{ij} de waarde (hier is dat het maandgemiddelde) in jaar i ($i=1\dots r$) en seizoen j ($j=1\dots s$), μ het gemiddelde van de kansverdeling van alle mogelijke waarden, γ_j het effect van seizoen j en e_{ij} het betreffende modelresidu. De te toetsen nulhypothese (er zijn geen seizoenseffecten) kan worden vertaald als:

$$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_s$$

En de alternatieve hypothese luidt dat het effect van minstens één van de seizoenen ongelijk is aan dat van de andere seizoenen. De procedure voor de toets kent dan de volgende stappen:

- (1) rangschik de waarden x_{ij} van klein naar groot;
- (2) ken de waarden rangnummers R_{ij} toe ($1\dots n$, waarbij $n=r\alpha s$);
- (3) bereken de variantie van de rangnummers, volgens:

$$s_R^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s R_{ij}^2 - \frac{n(n+1)^2}{4} \right]$$

- (4) bereken de toetsingsgrootte T volgens:

$$T = \frac{1}{s_R^2} \left[\sum_{j=1}^s \frac{R_{+j}^2}{r} - \frac{n(n+1)^2}{4} \right]$$

met R_{+j} de som van alle rangnummers in seizoen j ;

- (5) omdat T onder de nulhypothese een χ^2 -verdeling zal volgen met $(s-1)$ vrijheidsgraden, kan worden aangenomen dat de meetreeks seizoenseffecten vertoont als geldt:

$$T > \chi_{(1-\alpha, s-1)}^2$$

met $\chi_{(1-\alpha, s-1)}^2$ het $100 \cdot (1-\alpha)$ -percentiel van de χ^2 -verdeling bij $s-1$ vrijheidsgraden (deze waarde is te vinden in statistische tabellen).

5 Reductie meetinspanning

5.1 Bedoeling

Als een geldig invoerbestand is ingelezen, kan met behulp van het programma worden nagegaan of de relatie tussen twee parameters voldoende sterk is om het meten van één van beide te laten vervallen (stap 5.2 van de nota 'Lozingseisen Wvo-vergunningen'). Daartoe moet de knop 'Reductie meetinspanning' worden aangeklikt. Voorwaarde is wel dat reeds de lozingseis is vastgesteld van de parameter die beoogd is om te laten vervallen uit het meetprogramma (hieronder aangegeven als de parameter Y).

Gebruik van een model voor de relatie

Als twee parameters (aan te geven als Y en X) een voldoende sterke relatie vertonen, kan er één vervallen uit het meetprogramma door gebruik te maken van hun relatie. De relevante uitkomst van dit programma-onderdeel is de kritieke waarde van X. Als een nieuwe meetwaarde van X boven die kritieke waarde ligt, is de kans dat de bijbehorende meetwaarde van Y boven de lozingseis voor Y ligt niet meer te verwaarlozen. De parameter Y dient dan alsnog te worden geanalyseerd in het betreffende monster (zie tabel 5.1). De lozingseis van Y dient voor deze toepassing echter wel reeds bekend te zijn.

Toelichting op het gehanteerde model

Om de kritieke waarde te kunnen berekenen, wordt de relatie tussen Y en X uitgedrukt in het volgende lineaire regressie-model:

$$y_t = b_0 + b_1 \cdot x_t + e_t$$

met y_t , respectievelijk x_t de meetwaarde van Y, respectievelijk X op tijdstip t , b_0 en b_1 modelcoëfficiënten en e_t het modelresidu voor tijdstip t . Uit elke nieuwe meetwaarde van X (x_k) kan met dit model vervolgens de daarbij behorende meetwaarde van Y (y_k) worden voorspeld, volgens:

$$\hat{y}_k = b_0 + b_1 \cdot x_k$$

met \hat{y}_k de voorspelling van y_k . De kritieke waarde van X kan alleen worden berekend als de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Als dat niet het geval blijkt, biedt het programma nog de mogelijkheid dit te bewerkstelligen door het transformeren van Y en/of X. Als echter ook na het transformeren de modelresiduën niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling zal het programma aangeven dat het geen kritieke waarde kan berekenen.

5.2 Verkenning te beschouwen meetreeks

Door 'Selectie parameters' aan te klikken verschijnt er een schermje waarop de gebruiker moet aangeven van welke

parameters de onderlinge relaties moeten worden verkend. Dit moeten er minstens twee zijn en kunnen er hoogstens acht zijn. Deelselecties kunnen worden gemaakt door behalve de muis ook de Ctrl-toets te gebruiken.

Vervolgens kunnen de tijdreeksplots van alle geselecteerde parameters worden verkend. Daartoe kan met het schuifje rechtsboven van de ene tijdreeksplot naar de andere worden gebladerd. In elke tijdreeksplot zijn de uitschieters groen gemarkeerd.

Indien gewenst kan een meetwaarde interactief worden verwijderd, door deze in de tijdreeksplot aan te klikken. Hiervoor komen in ieder geval die meetwaarden in aanmerking, die door een uitzonderlijke fout of een onbeheerste situatie zijn veroorzaakt. Na het verwijderen van een meetwaarde zal het programma opnieuw berekenen of er uitschieters resteren (de kenmerken van de verzameling meetwaarden zijn dan immers veranderd). Een verwijderde meetwaarde wordt paars gemarkeerd in de tijdreeksplot. Deze kan ook weer aan de meetreeks worden toegevoegd door hem opnieuw aan te klikken.

5.3 Knoppen

De volgende knoppen zijn vervolgens beschikbaar voor dit onderdeel:

- o Herstel status
- o Deelreeksen
- o Meetinterval
- o X en Y
- o Residu normaal
- o Residu autocorr?
- o Kritieke waarde

De statusbalk

Om de gebruiker te ondersteunen bij het verstrekken van de informatie voor dit onderdeel, wordt onderin het scherm een statusbalk weergegeven. Deze geeft per onderdeel aan welke informatie reeds beschikbaar is (groen veld) en welke nog moet worden ingevuld (rood veld). Om de kritieke waarde te kunnen berekenen (knop 'Kritieke waarde') dienen alle velden van deze statusbalk ingevuld – en dus groen - te zijn.

Beginstand van de statusbalk. De transformaties staan bij aanvang op 1, wat wil zeggen dat er wordt begonnen zónder transformatie van de meetwaarden (x^1 is immers gelijk aan x en y^1 is gelijk aan y).

Deelreeksen	Meetinterval	X en Y	Transformaties	Residu normaal?	Residu autocorr.?
?	?	?	x^1 en y^1	?	?

5.4 Herstel status

De knop 'Herstel status' is een herstelknop, die lopende een sessie kan worden aangeklikt, zodat opnieuw kan worden begonnen met de ingelezen meetreeksen. Door deze aan te klikken, wordt de statusbalk weer in zijn oorspronkelijke staat teruggebracht en vormen de oorspronkelijk ingelezen meetreeksen weer het uitgangspunt.

5.5 Deelreeksen

Als de knop 'Deelreeksen' wordt aangeklikt, verschijnt een schermje dat de begindatum en einddatum aangeeft van alle ingelezen meetreeksen (deze zijn immers even lang). Als de mogelijkheden van het reduceren van de meetinspanning moeten worden gefvalueerd met een bepaald deel van de verstrekte meetreeksen, dient de gebruiker de begin- en/of einddatum in dit schermje aan te passen. Als na deze selectie niet wordt voldaan aan de criteria (minimaal 15 gepaarde meetwaarden, waarvan minstens 5 verschillend zijn), zal het programma dat melden.

5.6 Meetinterval

Als de knop 'Meetinterval' wordt aangeklikt verschijnt een histogram van het meetinterval van de meetwaarden in de beschikbare deelreeksen, evenals een schermje dat reeds het meest voorkomende meetinterval aangeeft. Het in het schermje aangegeven meetinterval zal worden gehanteerd bij het evalueren van de mogelijkheden van het reduceren van de meetinspanning. Indien gewenst kan de gebruiker dit meetinterval in het schermje aanpassen. Als na deze selectie niet wordt voldaan aan de criteria (minimaal 15 gepaarde meetwaarden, waarvan minstens 5 verschillend zijn), zal het programma dat melden.

Als er verschillende meetintervallen voorkomen en de gebruiker wenst dat alle meetwaarden worden gehanteerd, moet '0' worden ingevuld. Er kan dan echter niet meer worden gecorrigeerd voor een eventuele autocorrelatie. Dit heeft als consequentie dat een berekende kritieke waarde voor meetwaarden van X slechts bruikbaar kan worden geacht als zowel de meetreeks van X als de meetreeks van Y representatief is voor het hele bereik aan mogelijke meetwaarden bij beheerste procesvoering (dit wordt ook als waarschuwing bij de uitvoer vermeld).

5.7 X en Y

Als de knop 'X en Y' wordt aangeklikt worden de relaties vastgesteld tussen de geselecteerde parameters. Voor elk paar parameters wordt de relatie gekwantificeerd in de Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt, zijnde een maat voor de samenhang in hun meetwaarden.

Toelichting op de Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt

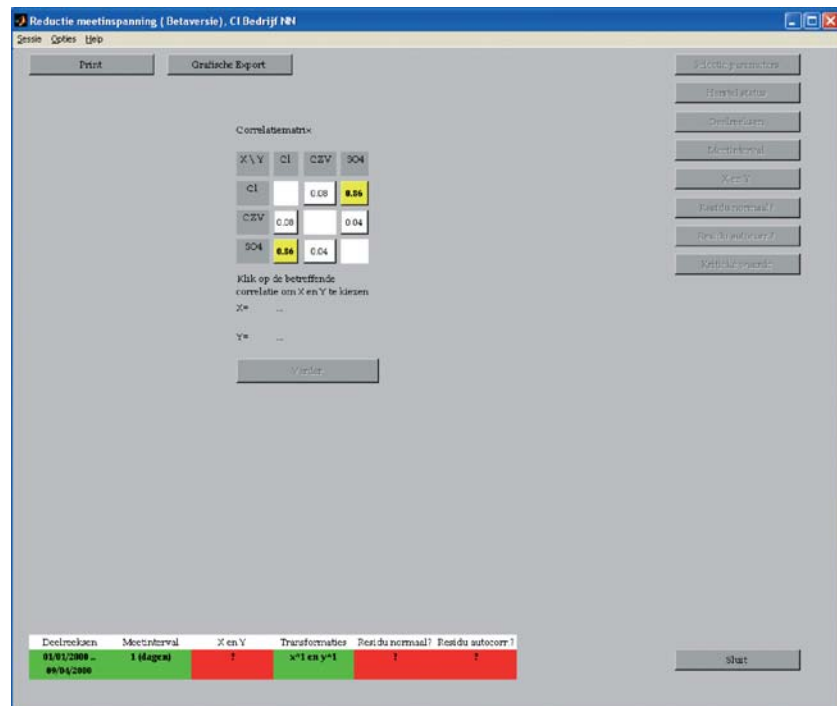
De Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënt is berekend als:

$$r_{Sp} = \frac{\sum_{t=1}^n (Rx_t \cdot Ry_t) - n \cdot \left(\frac{n+1}{2}\right)^2}{n \cdot (n^2 - 1) / 12}$$

met Rx_t het rangnummer van x_t als de meetwaarden van X oplopend zijn gerangschikt, Ry_t hetzelfde voor Y en n het aantal gepaarde meetwaarden van X en Y. Het is in feite de (gewone) correlatiecoëfficiënt van de rangnummers van X en Y.

De Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënten worden weergegeven in een correlatiematrix, waarbij de sterke relaties ($r_{sp} > 0,50$) zijn vetgedrukt en gearceerd (zie onder).

Figuur 5.1
Voorbeeldscherm met de Spearman-rangcorrelatiecoëfficiënten.



Door op een cel van de correlatiematrix te klikken, geeft de gebruiker aan van welke twee parameters de relatie verder moet worden uitgewerkt (in figuur 5.1 ligt het voor de hand hiervoor de parameters CI en SO₄ te kiezen). Let hierbij op het volgende:

- (1) Y is de parameter die is beoogd is om minder te meten (de 'gecorrleerde parameter');
- (2) X is de parameter die is beoogd om Y te voorspellen (de 'correlatieparameter');
- (3) de lozingseis van Y dient reeds bekend te zijn.

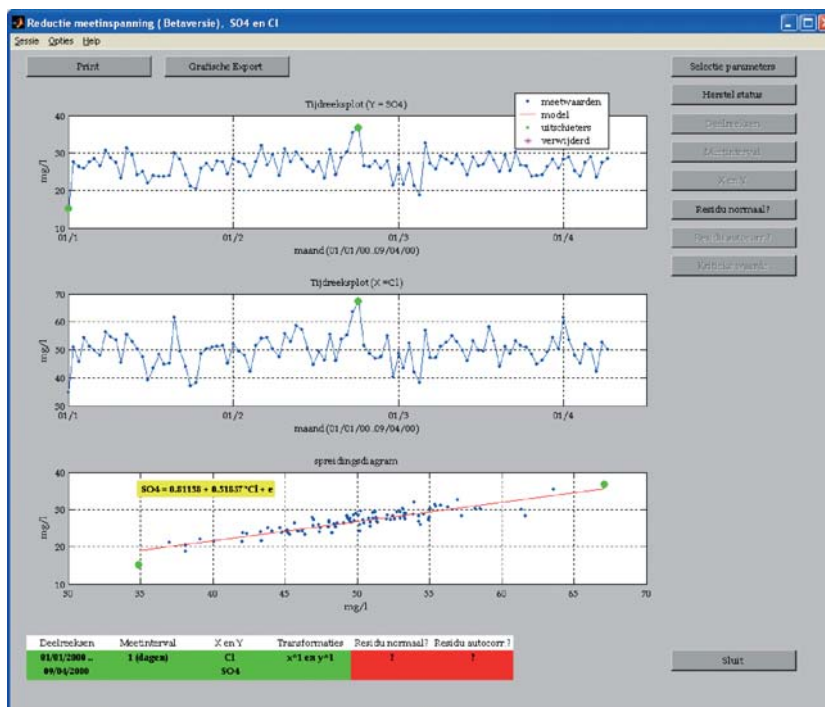
Het ligt voor de hand om als Y te kiezen de parameter die het duurst (of traagst) is om te meten.

Vervolgens vraagt het programma naar de lozingseis voor Y (het maakt hierbij niet uit of dit een gesloten of een open lozingseis is). Deze lozingseis moet dus al eerder zijn vastgesteld (bijvoorbeeld met het programmaonderdeel 'Afleiden lozingseis').

Het programma berekent vervolgens het lineaire regressiemodel en toont op een nieuw scherm de volgende drie grafieken (zie figuur 5.2):

- (1) een tijdreeksplot waarin de meetwaarden van Y zijn uitgezet tegen de tijd;
- (2) een tijdreeksplot waarin de meetwaarden van X zijn uitgezet tegen de tijd;
- (3) een spreidingsdiagram, waarin de meetwaarden van Y zijn uitgezet tegen die van X. Tevens is hierin de lijn weergegeven van het lineaire regressiemodel van hun relatie en is het model ook uitgeschreven.

Figuur 5.2
Tijdreeksplots van Y en X en hun spreidingsdiagram.



5.8 Residu normaal?

Aangezien het voor de berekening van de kritieke waarde nodig is om vast te stellen of de modelresiduën al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dient vervolgens de knop 'Residu normaal?' te worden aangeklikt. Er verschijnt dan een nieuw scherm, dat vier hulpmiddelen presenteert om de gebruiker te assisteren bij het formuleren van zijn oordeel over het soort kansverdeling waar de modelresiduën uit afkomstig zijn. Dit zijn drie visuele hulpmiddelen en het resultaat van een statistische toets (zie § 3.7 voor een toelichting):

- (1) een tijdreeksplot van de modelresiduën;
- (2) het histogram van de modelresiduën;
- (3) de PP-plot van de modelresiduën;
- (4) het resultaat van de Lilliefors-toets op normaliteit van de modelresiduën.

Tevens verschijnt er een schermje dat de gebruiker vraagt of de modelresiduën al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling.

Als de modelresiduën niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling

Als de gebruiker aangeeft dat de modelresiduën niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, zal het programma zelf nagaan of normaliteit van de modelresiduën is te bewerkstelligen door Y en/of X te transformeren. Als criterium voor het al dan niet transformeren wordt het resultaat van de Lilliefors-toets op normaliteit (de p-waarde) gehanteerd. Als transformeren nodig wordt geacht, berekent het programma voor de betreffende parameter die transformator die de correlatiecoëfficiënt tussen de meetwaarden en hun normaalcores maximaliseert. Dit is dus de waarde die de punten in de PP-plot zoveel mogelijk een rechte lijn laat volgen (zie § 3.7.1 voor een toelichting).

Als de bovenstaande procedure zowel voor Y als voor X is doorlopen en minstens één van beide is getransformeerd, berekent het programma een nieuw model en moet worden vastgesteld of de nieuwe modelresiduën al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Daartoe verschijnt een nieuw scherm met:

- (1) een tijdreeksplot van de modelresiduën;
- (2) het histogram van de modelresiduën;
- (3) de PP-plot van de modelresiduën;
- (4) het resultaat van de Lilliefors-toets op normaliteit van de modelresiduën.

Tevens verschijnt er een scherm dat de gebruiker vraagt of de modelresiduën al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Als de gebruiker aangeeft dat dat niet het geval is, verschijnt er een melding dat de kritieke waarde alleen kan worden berekend als de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en stopt de sessie.

5.9 Residu autocorr?

Als door de bovenstaande interactie bekend is geworden dat de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en het opgegeven meetinterval groter is dan 0, moet nog worden vastgesteld of ze al dan niet autocorrelatie vertonen. Daartoe moet de knop 'Residu autocorr?' worden aangeklikt. Er verschijnt dan een nieuw scherm, met twee hulpmiddelen om de gebruiker te assisteren bij het formuleren van zijn oordeel over het al of niet optreden van autocorrelatie, namelijk (zie § 3.8 voor een toelichting):

- (1) een tijdreeksplot van de modelresiduën, met tevens weergegeven hun voortschrijdend gemiddelde (over 30 modelresiduën);
- (2) het autocorrelogram van de modelresiduën.

Tevens verschijnt er een klein scherm waarop de gebruiker kan aangeven of de modelresiduën al dan niet autocorrelatie vertonen. Als de gebruiker aangeeft dat er sprake is van autocorrelatie, vraagt het programma tot en met welk meetinterval daarvan sprake is. Het betreffende schermje bevat ook al een voorstel voor dat aantal, maar dit kan de gebruiker desgewenst aanpassen.

5.10 Kritieke waarde

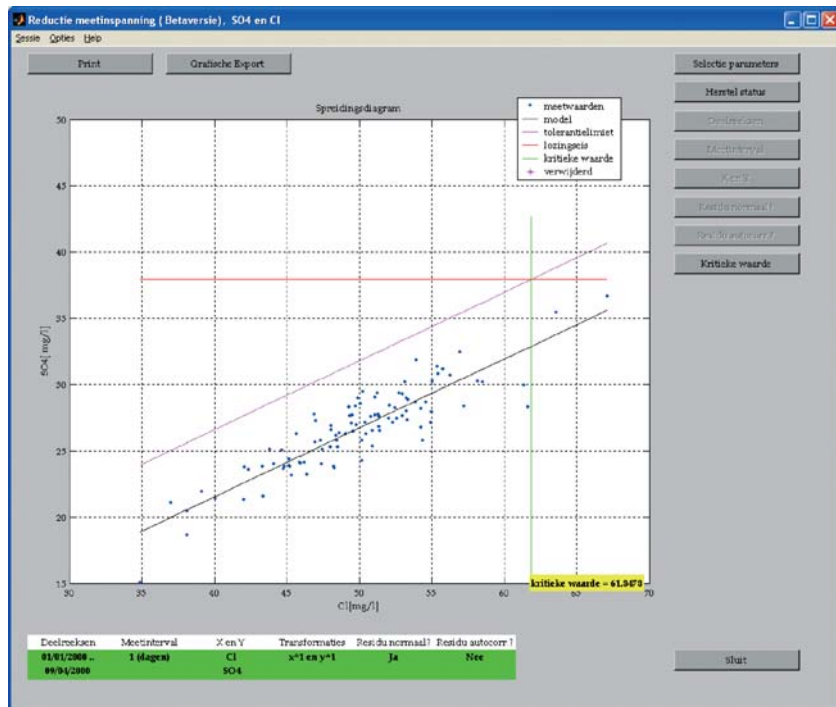
Als de statusbalk helemaal groen is, kan de knop 'Kritieke waarde' worden aangeklikt. Er verschijnt dan een nieuw scherm, met een spreidingsdiagram, waarin Y is uitgezet tegen X . Hierin zijn tevens weergegeven (zie onderstaande figuur):

- de lijn van het lineaire regressiemodel van hun relatie;
- de tolerantielimiet van Y , gegeven de meetwaarde van X (zie het tekstkader op de volgende pagina);
- de lozingseis voor Y ;
- de verticale lijn door het snijpunt van de lozingseis voor Y en de tolerantielimiet van Y . Deze verticale lijn snijdt de X -as op de kritieke waarde van X ;

De berekende kritieke waarde van X is tevens apart vermeld.

Figuur 5.2

De kritieke waarde van X wordt bepaald door het snijpunt van de lozingseis en de tolerantielimiet van Y.



In bovenstaand voorbeeld is de kritieke waarde van X 61,8 mg/l. Als de meetwaarde van X meer bedraagt dan deze kritieke waarde, dient Y alsnog te worden geanalyseerd in het betreffende monster.

Als een berekende kritieke waarde groter is dan het maximum van de beschikbare meetwaarden van X, dan wordt de kritieke waarde op dat maximum gesteld. Het lineaire regressiemodel is namelijk afgeleid voor het bereik van de beschikbare meetwaarden van X en het is té speculatief om te veronderstellen dat het ook daarbuiten geldig is.

Toelichting op het berekenen van de tolerantielimiet

De berekening van de tolerantielimiet van Y, gegeven de meetwaarde x_k , houdt rekening met de kansverdeling en de autocorrelatie van de modelresiduën, zoals in onderstaande wordt toegelicht.

Het lineaire regressiemodel luidt:

$$y_t = b_0 + b_1 \cdot x_t + e_t$$

met y_t en x_t de meetwaarde van Y, respectievelijk X op tijdstip t , b_0 en b_1 modelcoëfficiënten en e_t het modelresidu voor tijdstip t . Hiermee kan uit elke nieuwe meetwaarde van X (x_k) de daarbij behorende meetwaarde van Y (y_k) worden voorspeld, volgens:

$$\hat{y}_k = b_0 + b_1 \cdot x_k$$

met de voorspelling van y_k . Om de tolerantielimiet van de meetwaarde van Y te berekenen, gegeven de meetwaarde x_k , onderscheidt Lozingseis-assistent de volgende twee gevallen:
(1) modelresiduën normaal verdeeld, zonder autocorrelatie;
(2) modelresiduën normaal verdeeld, met autocorrelatie.

(1) Modelresiduën normaal verdeeld, zonder autocorrelatie
 Als de modelresiduën afkomstig zijn uit een normale kansverdeling en geen autocorrelatie vertonen, dan berekent het programma de tolerantielimiet_(100%·γ, 95%) van de meetwaarde van Y, gegeven de meetwaarde x_k , volgens:
 met n het aantal gepaarde meetwaarden van X en Y waarmee

$$TL_{k(100\% \cdot \gamma, 95\%)} = \hat{y}_k + \frac{z_{(Y)} + \sqrt{\left(z_{(Y)}^2 - \left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right) \cdot \left(z_{(Y)}^2 - \frac{z_{(0,95)}^2}{n} \right) \right)}{\left(1 - \frac{z_{(0,95)}^2}{2 \cdot (n-1)}\right)} \cdot s_e$$

het lineaire regressiemodel is geschat, s_e de standaardafwijking van de modelresiduën, $z_{(Y)}$ het 100·γ-percentiel van de standaardnormale verdeling (standaard is dit het 99,9-percentiel en anders het 99-percentiel) en $z_{(0,95)}$ het 95-percentiel van de standaardnormale verdeling.

(2) Modelresiduën normaal verdeeld, met autocorrelatie
 Als de modelresiduën wél autocorrelatie vertonen, zal s_e geen zuivere schatting vormen van de standaardafwijking van de modelresiduën. Als de autocorrelatie niet te groot is, zal het programma daarvoor als volgt corrigeren:

$$s_e^* = \frac{s_e^2}{\sqrt{1 - \frac{2}{n \cdot n - 1} \cdot \sum_{l=1}^{n-1} ((n-l) \cdot \hat{\rho}_l)}}$$

met $\hat{\rho}_l$ de geschatte autocorrelatiecoëfficiënt van de modelresiduën voor tijdsinterval l .

Geraadpleegde literatuur

ASTM (1984): 'Annual Book of ASTM Standards Section 11, Water and Environmental Technology'. Vol. 11.01. Designation D4210-83, pp. 7 - 15. American Society for Testing and Materials.

Baggelaar, P.K. (2003): 'Statistische aspecten van lozingseisen'. Icastat Statistisch Advies-bureau, mei 2003.

Barnett, V. and O' Hagan, A. (1997): 'Setting environmental standards: the statistical approach to handling uncertainty and variation'. Chapman and Hall, London.

Bayley, G.V. and Hammersley, J.M. (1946): 'The effective number of independent observations in an autocorrelated time series'. Journal of the Royal Statistical Society, 8(1B), 1946, pp. 184 – 197.

Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976): 'Time Series Analysis: Forecasting and Control'. Holden-Day, San Francisco.

Bradley, J.V. (1968): 'Distribution Free Statistical Tests'. Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Brockwell, P.J. and Davis, R.A. (1986): 'Time Series: Theory and Methods'. Springer, Berlin.

Conover, W.L. (1980): 'Practical Nonparametric Statistics'. John Wiley and Sons, New York, 493 pp.

Dodge, H.F. (1977): 'Keep it Simple'. Journal of Quality Technology, 9, 3, pp. 102 (1977).

EPA (1980): 'Upgrading Environmental Radiation Data'. EPA 520/1-80-012, Office of Radiation Programs, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

Gibbons, R.D. (1994): 'Statistical Methods for Groundwater Monitoring'. John Wiley and Sons, New York, 286 pp.

Gilbert, R.O. (1987): 'Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring'. Van Nostrand Reinhold, New York, 320 pp.

Gilliom, R.J., Hirsch, R.M. and Gilroy, E.J. (1984): 'Effect of censoring tracelevel waterquality data on trenddetection capability'. Environmental Science and Technology, Vol. 18, 1984, pp. 530 - 535.

Gilliom, R.J. and Helsel, D.R. (1986): 'Estimation of Distributional Parameters for Censored Trace Level Water Quality Data - 1 - Estimation Techniques'. Water Resources Research, Vol. 22, No. 2, February 1986, pp. 135 - 146.

Hald, A. (1952): 'Statistical Theory with Engineering Applications'. John Wiley & Sons, New York, 783 pp.

Helsel D.R. and Gilliom, R.J. (1986): 'Estimation of Distributional Parameters for Censored Trace Level Water Quality Data - 2 - Verification and Applications'. Water Resources Research, Vol. 22, No. 2, February 1986, pp. 147 - 155.

Helsel, D.R. and Cohn, T.A. (1988): 'Estimation of Descriptive Statistics for Multiply Censored Water Quality Data'. Water Resources Research, Vol. 24, No. 12, December 1988, pp. 1997 - 2004.

Helsel, D.R. (1990): 'Less than obvious - Statistical treatment of data below the detection limit'. Environmental Science and Technology, Vol. 24, No. 12, 1990, pp. 1766 - 1774.

Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. (1992): 'Statistical Methods in Water Resources'. Studies in Environmental Science 49, Elsevier, Amsterdam, 522 pp.

Klavers, H.C., De Vries, A., Bekkers, L. en Van Twuiver, H. (1992): 'Vrachtberekenningsmethoden voor Maas en Rijn'. Rapport RIZA/DGW.

Matalas, N.C. and Langbein, W.B. (1962): 'Information content of the mean'. Journal of Geophys. Research, 67(9), 1962, pp. 3441 - 3448.

Montgomery, D.C. (1991): 'Introduction to Statistical Quality Control'. John Wiley & Sons, New York, second edition, 674 pp.

Natrella, M.G. (1963): 'Experimental Statistics'. NBS Handbook 91, US Department of Commerce.

Porter, P.S., Ward, R.C. and Bell, H.F. (1988): 'The detection limit - water quality monitoring data are plagued with levels of chemicals that are too low to be measured precisely'. Environmental Science and Technology, Vol. 22, No. 8, 1988, pp. 856 - 861.

Swaving, M. en De Vries, L. (2000): 'Omgaan met waarden onder de detectiegrens'. Rapport E1680-01, CQM BV, Eindhoven, 7 november 2000.

Ward, R.C., Loftis, J.C. and McBride, G.B. (1990): 'Design of Water Quality Monitoring Systems'. Van Nostrand Reinhold, New York, 231 pp.

Zhang, N.F. (1998): 'A Statistical Control Chart for Stationary Process Data'. Technometrics, February 1998, Vol. 40, No. 1, pp. 24 - 38.

Bijlage 1 – Verklaring van een aantal termen

Autocorrelatie: het verschijnsel dat opeenvolgende meetwaarden niet onafhankelijk van elkaar zijn. Als een milieugerelateerd proces met een hoge frequentie wordt waargenomen treedt doorgaans positieve autocorrelatie op, wat inhoudt dat opeenvolgende meetwaarden meer op elkaar lijken dan op verder in de tijd gelegen meetwaarden. Een aantal opeenvolgende meetwaarden zal daardoor meer de kenmerken weerspiegelen van een segment van de kansverdeling waar ze uit afkomstig zijn, dan van de gehele kansverdeling. Als hier geen rekening mee wordt gehouden, zal bijvoorbeeld de standaardafwijking van die kansverdeling worden onderschat. Dit leidt dan tot een te krappe lozingseis.

Autocorrelatiecoëfficiënt: maat voor de lineaire samenhang tussen meetwaarden die zijn gescheiden door een bepaald tijdsinterval.

Autocorrelogram: grafiek die de autocorrelatiecoëfficiënt weergeeft als functie van het tijdsinterval tussen de meetwaarden.

Betrouwbaarheidsinterval: maat voor de precisie waarmee een bepaald kengetal, zoals een gemiddelde, of een percentiel is geschat. Zo geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval van een geschat percentiel het interval aan waarbinnen het werkelijke percentiel zich 'vast wel' zal bevinden, namelijk in 95 van de 100 gevallen.

Correlatiecoëfficiënt: maat voor de lineaire samenhang tussen meetwaarden van twee verschijnselen (zoals de concentraties van twee geloosde parameters).

Gecensureerde meetwaarden: waarden aangeduid als een '<'-teken, gevolgd door een bepaalde concentratie, die staat voor de rapportagegrens (bijvoorbeeld '< 1 mg/l'). Bij een aantal analytisch chemische bepalingen wordt een meetwaarde onder een bepaald niveau gecensureerd, als zijn relatieve precisie door het betreffende laboratorium te laag wordt geacht.

Gesloten lozingseis: een lozingseis die niet overschreden mag worden. Deze kan worden berekend voor meetwaarden als die, eventueel na transformatie, afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. En deze kan worden berekend voor gemiddelden van 10 (eventueel getransformeerde) meetwaarden, als die gemiddelden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling.

Histogram: staafdiagram, waarin het aantal meetwaarden dat in een bepaalde grootte-klasse valt is uitgezet tegen de grootte-klasse.

Kansverdeling: functie die voor een bepaald verschijnsel (zoals de concentratie van een geloosde parameter) de kansen op realisatie geeft van alle mogelijke meetwaarden.

Lineair regressiemodel: model voor de lineaire relatie tussen twee verschijnselen (zoals de concentraties van twee geloosde parameters).

Meetinterval: de periode tussen twee opeenvolgende metingen.

Modelresidu: verschil tussen een gerealiseerde waarde van een bepaald verschijnsel (zoals de concentratie van een geloosde parameter) en de bijbehorende uitkomst van een model van dat verschijnsel.

Normale kansverdeling: veel voorkomende symmetrische kansverdeling. Deze heeft een belvorm en is volledig te beschrijven aan de hand van het gemiddelde en de standaardafwijking.

Open lozingseis: een lozingseis die in een bepaald bekend percentage van de gevallen overschreden mag worden. Als de meetwaarden, ook na een eventuele transformatie, niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, kan alleen een open lozingseis worden berekend. Daar wordt door het programma dan echter ook het toegestane percentage overschrijdingen bij vermeld.

Percentiel: kengetal van een kansverdeling. Het P-percentiel is de waarde die door P% van de kansverdeling wordt onderschreden en door (100-P)% wordt overschreden.

Standaardafwijking: kengetal van een kansverdeling. Het is een maat voor de spreiding in de meetwaarden.

Steekproef: een verzameling meetwaarden van een bepaald verschijnsel.

Tolerantielimiet_($\gamma, 1-\alpha$): de bovengrens van het $100\% \cdot (1-\alpha)$ -betrouwbaarheidsinterval van het geschatte $100 \cdot \gamma$ -percentiel van een kansverdeling.

Transformeren: het wiskundig omzetten van meetwaarden, zoals het nemen van de logaritme, of machtsverheffen. Als meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan lukt het soms om de meetwaarden zodanig te transformeren dat de getransformeerde waarden wél afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Dit heeft als voordeel dat er dan scherpere kansuitspraken kunnen worden gedaan, bijvoorbeeld over toekomstige meetwaarden.

Tijdreeksplot: grafiek waarin de waarden van een reeks (meetwaarden, gemiddelden of voortschrijdende gemiddelden) zijn uitgezet tegen het meettijdstip.

Uitschieters: meetwaarden die duidelijk afwijken van de andere meetwaarden.

Voortschrijdend gemiddelde: het (rekenkundig) gemiddelde van een aantal opeenvolgende meetwaarden. Naarmate er over meer opeenvolgende meetwaarden wordt gemiddeld, zal de reeks van het voortschrijdend gemiddelde minder fluctuatie vertonen.

Bijlage 2 – Oplossingen als er geen lozingseis voor gemiddelden kan worden afgeleid

Bij het afleiden van een lozingseis zal het programma in bepaalde gevallen aangeven dat er geen lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden kan worden berekend. Soms is er dan echter toch nog een oplossing beschikbaar om tot een dergelijke lozingseis te kunnen komen. Die oplossingen zijn hieronder beschreven.

Geval 1. Niet-normale kansverdeling van de meetwaarden

Als de gebruiker heeft aangegeven dat de (eventueel getransformeerde) meetwaarden niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling, dan wordt er geen lozingseis afgeleid voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden. Het programma moet er bij het afleiden van een dergelijke lozingseis namelijk van uit kunnen gaan dat de gemiddelden van 10 opeenvolgende (eventueel getransformeerde) meetwaarden afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Het aantal beschikbare gemiddelden is doorgaans echter te gering – namelijk hooguit 10% van het aantal meetwaarden in de meetreeks -, om empirisch te kunnen vaststellen of ze al dan niet afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Lozingseis-assistent moet daarom afgaan op wat de gebruiker aangeeft over het al dan niet normaal verdeeld zijn van de (eventueel getransformeerde) *meetwaarden*. Maar het is zeer wel mogelijk dat gemiddelden, die zijn berekend uit 10 opeenvolgende meetwaarden uit een niet-normale kansverdeling, zelf wél afkomstig zijn uit een normale kansverdeling. Volgens de statistische theorie (de Centrale Limietstelling) zal een kansverdeling van gemiddelden immers meer naderen tot de normale kansverdeling, naarmate er meer meetwaarden worden gemiddeld, ongeacht de kansverdeling van de meetwaarden. Als de gebruiker veronderstelt dat hier sprake van kan zijn, dan kan met de volgende stappen toch nog een lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden worden afgeleid:

1. herhaal de sessie voor het afleiden van de lozingseis (via 'Herstel status');
2. kies bij 'Normaal verdeeld?' voor een normale kansverdeling van de meetwaarden (ook al is daar dus geen sprake van);
3. geef bij 'Autocorrelatie?' aan of daar al of niet sprake van is;
4. klik op 'Lozingseis' om de lozingseis af te leiden;
5. in de onderste tijdreeksplot is nu wél een lozingseis weergegeven voor gemiddelden van 10 meetwaarden. Check visueel of deze lozingseis past bij de karakteristieken van de weergegeven tijdreeks van gemiddelden;
6. als deze check geen twijfel oproept, neem dan de bij 'Uitvoer' of 'Info' vermelde lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden over. Sla hierbij echter geen acht op de daar vermelde lozingseis voor meetwaarden, aangezien die uitgaat van een normale kansverdeling van de meetwaarden (dat gaat hier immers niet op).

De praktijk heeft geleerd dat deze aanpak in veel gevallen toch nog een bruikbare lozingseis op zal leveren voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden. Zeker als de meetwaarden niet afkomstig zijn uit een al te scheve kansverdeling, zal dit een vrij robuuste benadering blijken.

Geval 2. Meetinterval '0'

Een lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden kan evenmin worden afgeleid als de gebruiker als meetinterval '0' heeft opgegeven. Daarmee heeft de gebruiker impliciet aangegeven dat de meetreeks (min of meer) representatief mag worden geacht voor het bereik aan mogelijke meetwaarden bij de gebruikelijke, beheerste procesvoering. Voor wat betreft het afleiden van de lozingseis voor *meetwaarden* heeft dit als voordeel dat er dan geen rekening meer hoeft te worden gehouden met een eventuele autocorrelatie. Verder mogen nu alle meetwaarden bij de afleiding worden gehanteerd, ongeacht het meetinterval. Maar het nadeel is dat er geen lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden kan worden afgeleid. Zonder specificatie van het meetinterval kan er immers niet meer worden vastgesteld óf er sprake is van autocorrelatie en zo ja, hoe groot die is. Die informatie is echter onontbeerlijk bij het afleiden van de lozingseis voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden. Om die lozingseis toch af te kunnen leiden zal de gebruiker de sessie moeten herhalen, maar bij 'Meetinterval' moet dan een waarde groter dan 0 worden aangegeven. Houd er wel rekening mee dat de afgeleide lozingseis voor gemiddelden dan alleen geldt voor gemiddelden van 10 opeenvolgende meetwaarden bij dát specifieke meetinterval.