

Data- en informatiemanagement

Rivierafval: onderdeel analyse

first draft

Dennis Walvoort - Wageningen Environmental Research

2023-03-20

Inhoudsopgave

| | |
|--|-----------|
| 1 Inleiding | 2 |
| 1.1 Probleem- en doelstelling | 2 |
| 1.2 Afbakening | 3 |
| 2 Terminologie | 5 |
| 2.1 <i>Assessment value</i> | 5 |
| 2.2 <i>Baseline value</i> | 5 |
| 2.3 <i>Threshold value</i> | 5 |
| 2.4 <i>Intermediate measurable targets</i> | 5 |
| 3 Methoden voor gegevensanalyse | 6 |
| 3.1 Gegevenskwaliteitscontrole | 6 |
| 3.2 Robuuste statistische methoden | 7 |
| 3.3 Trendanalyse | 9 |
| 3.4 Top 10-lijstjes | 11 |
| 3.5 Aggregatie | 12 |
| 3.6 Betrouwbaarheid | 14 |
| 3.7 Hotspots | 14 |
| 4 Beschikbare software | 15 |
| 5 Conclusies en aanbevelingen | 16 |
| Literatuur | 17 |

1 Inleiding

1.1 Probleem- en doelstelling

Rijkswaterstaat - Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL) ontwikkeld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) een monitoringsstrategie voor zwerfafval in rivieren.

Het doel van de monitoring is om een aantal beleids- en beheersvragen te beantwoorden (Van Emmerik e.a., 2022):

Hoeveel? Hoeveel afval wordt via de rivieren naar zee afgevoerd en wordt op de oevers afgezet?

Wat? Wat is de samenstelling van dit afval? (plastic, hout, e.d.)

Waar? Waar bevindt het afval zich (oevers, wateroppervlak, waterkolom, waterbodem). Zijn er concentratiepunten (*hotspots*)? En waar bevinden zich die?

Wanneer? Hoe veranderen afvalhoeveelheden in de tijd (seizoenscycli, temporele trends)?

Waarvandaan? Wat is de herkomst van het afval? Nederland of buitenland? Wat is de bron? (toerisme, industrie, ...)

Het onderdeel 'data- en informatiemanagement' van de monitoringstrategie voor zwerfafval in rivieren is een cyclisch proces bestaande uit de onderdelen inwinning, opslag, analyse, en presentatie van afvalgegevens.

In dit rapport richten wij ons op de derde stap van dit proces, te weten de gegevensanalyse. We zullen daarbij onder meer putten uit kennis en ervaring die is opgedaan bij de analyse van strandafval, zowel in nationaal (RWS) als internationaal (OSPAR, EU) verband.

We zullen een aantal essentiële onderdelen van de gegevensanalyse voor rivierafval nader uitwerken. Het gaat daarbij om de volgende onderdelen:

Gegevenskwaliteit Zijn de gegevens beschikbaar in het juiste formaat, zijn er voldoende gegevens, zijn er extreme waarden (*outliers*)?

Poweranalyse Hoeveel metingen heb je minimaal nodig om een bepaald effect (reductiedoelstelling) te kunnen aantonen?

Samenvattende statistieken Om hoeveel afval gaat het en wat is de temporele en ruimtelijke variatie? Het gaat hierbij om het kwantificeren van de huidige toestand (*assessment value*) en die in het verleden (*baseline value*, paragraaf 2);

Trends Zitten er ruimtelijke of temporele trends in de gegevens? Om welk type trend gaat het (stap, lineair, niet-lineair)? Wat is de grootte en richting van de trend?

Ruimtelijke en temporele aggregatie Hoe moeten de gegevens worden geaggregeerd in ruimte en/of tijd? Aggregatie is vaak een noodzakelijke stap voor

presentatiedoeleinden en beleid (*baselines, assessments*).

Betrouwbaarheid Hoe betrouwbaar zijn de gegevens en de resultaten? Dit is met name van belang om de gegevens correct te interpreteren en voor het nemen van beslissingen.

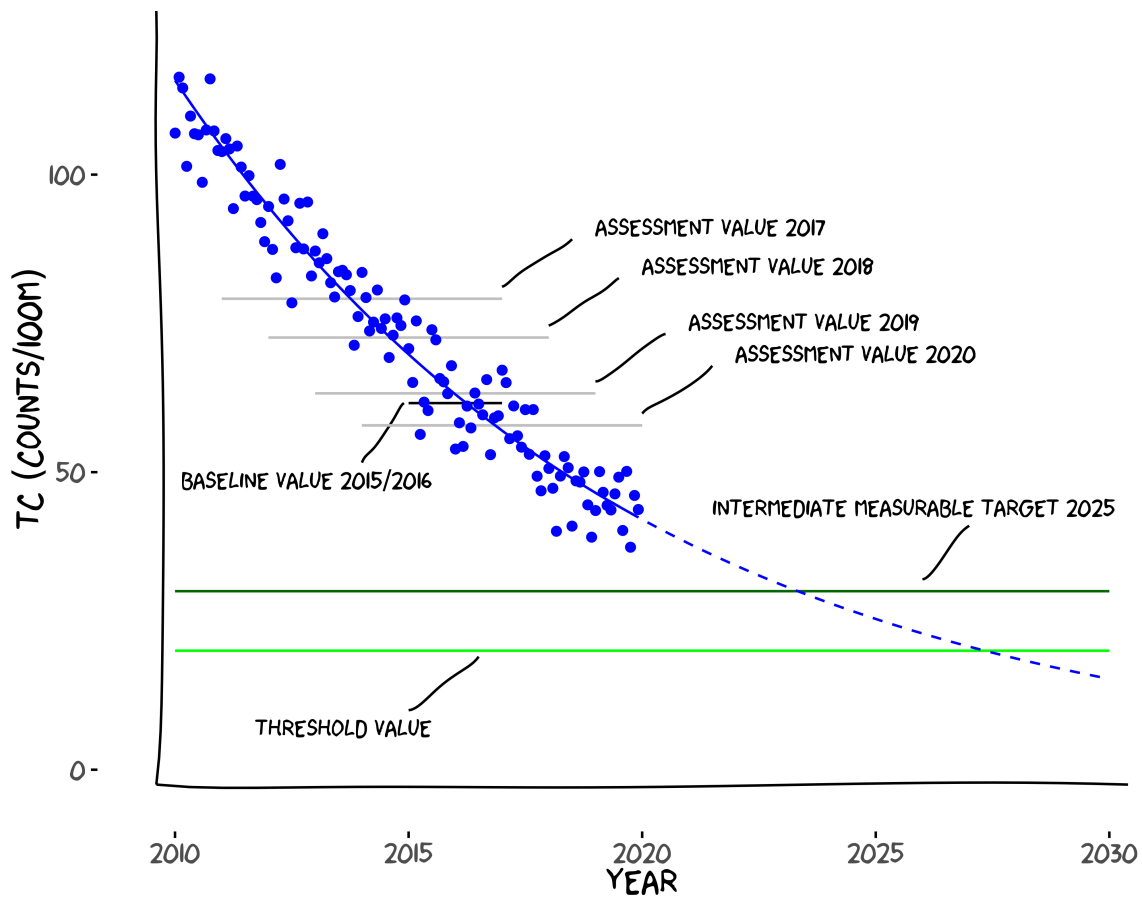
Voorspellingen Welke ontwikkelingen verwachten we? Zien we dalende trend? Welke hoeveelheden afval verwachten we over tien of dertig jaar? Hebben maatregelen al effect? Zitten we nog op schema? Moeten maatregelen worden aangescherpt?

Top 10-lijstjes Wat zijn de meest aangetroffen afvaltypen of -groepen? Deze informatie is van belang om maatregelen te prioriteren. Ook worden dergelijke top 10-lijstjes gebruikt om bewustwording te kweken bij het grote publiek.

1.2 Afbakening

Hoewel de onderdelen van de RWS-monitoringcyclus (inwinning, opslag, analyse en presentatie) niet los van elkaar kunnen worden gezien, zullen we ons in dit rapport primair richten op de gegevensanalyse. De overige onderdelen van de monitoringscyclus (inwinning, opslag, en presentatie) worden niet, of alleen zijdelings besproken.

Het monitoringontwerp (inwinning) zal ook als gegeven worden beschouwd, hoewel ontwerp en wijze van analyse niet los van elkaar staan (de Gruijter e.a., 2006).



Figuur 1 Gefingeerd voorbeeld van de totale hoeveelheid afval in een rivier (total counts, TC) als functie van tijd. De figuur geeft de waarnemingen (blauwe stippen), the baseline value (zwarte lijn), assessment values voor specifieke jaren (grijze lijnen), de intermediate measurable target voor 2025 (donkergroene lijn), en de threshold value (lichtgroene lijn). De lengte van de horizontale zwarte en grijze lijnen corresponderen respectievelijk met de perioden die gebruikt zijn om de baseline en assessment values te berekenen. De blauwe lijn is de gefitte en de streepjeslijn de voorspelde waarde. (overgenomen uit Walvoort e.a., 2021, pag. 14)

2 Terminologie

Belangrijke termen bij afvalmonitoring zijn *baseline value* (BV), *assessment value* (AV), *threshold value* (TV), and *intermediate measurable targets* (IMT). Deze termen worden hieronder collectief aangeduid met het acronym 'BAIT' en kort toege-licht.

2.1 Assessment value

De *assessment value* (AV) geeft de toestand (hoeveelheid afval) aan, op een be- paald moment of in een bepaalde periode, op een bepaalde locatie of gebied. De AV wordt berekend op basis van de waarnemingen.

2.2 Baseline value

De *baseline value* (BV) is de referentiewaarde waartegen de AV wordt afgezet. Zo kan beoordeeld worden of gestelde afvalreductiedoelen zijn gehaald (bijvoorbeeld een procentuele vermindering). Is de AV groter dan de BV, dan is sprake van een verslechtering, is de AV kleiner dan de BV, dan is sprake van een verbetering van de situatie. De BV wordt eenmalig, d.w.z. aan het begin van een monitoringproject, vastgesteld op basis van waarnemingen. Er kan worden volstaan met een enkele BV voor een gebied (bijvoorbeeld een land of een regio), of er kunnen gebiedsspe- cifieke BV's worden afgeleid. Zie Hanke e.a. (2019) waarin BV's worden afgeleid voor Europa.

2.3 Threshold value

Threshold values (TV's, drempelwaarden) worden in navolging van Schulz e.a. (2019) gedefinieerd als de kleinste hoeveelheid van een stof die leidt tot negatieve effecten op een organisme (*lowest-observed-adverse-effect level*, LOAEL). Omdat TV's voor afval ontbreken, kozen Van Loon e.a. (2020) voor een pragmatische oplossing om een TV voor strandafval vast te stellen. Zij baseerden de TV op het 15de-percentiel van de *total count* (TC) van de 2015-2016 EU strandafvalgegevens van Hanke e.a. (2019). De *total count* is het totale aantal stukken afval dat tijdens een survey is gevonden langs een strook van 100 meter strand.

2.4 Intermediate measurable targets

Intermediate measurable targets (IMT's) zijn reductiedoelstellingen die men na- streeft om na te gaan of men nog op koers zit om de TV te halen. IMT's kunnen dus gezien worden als een tussentijds toetsingsmechanisme.

3 Methoden voor gegevensanalyse

We zullen ons bij de methoden voor gegevensanalyse laten leiden door de BAIT-indicatoren zoals gegeven in paragraaf 2.

3.1 Gegevenskwaliteitscontrole

Elke gegevensanalyse hoort te beginnen met een gegevenskwaliteitscontrole. Denk daarbij aan:

Datumformaat Problemen met het datumformaat is een beruchte foutenbron. Die komen met name voor wanneer gegevensbestanden tussen verschillende landen worden uitgewisseld (is 5-3-2023, 5 maart of 3 mei?), of wanneer gebruik wordt gemaakt van *spreadsheet* programma's voor de gegevensanalyse.

Een oplossing die goed werkt, is door altijd gebruik te maken van de ISO-standaard voor datums (en tijden), d.w.z., [ISO 8601](#). Een datum wordt dan geschreven in *most-to-least-significant order*, d.w.z. YYYY-MM-DD (of eventueel YYYYMMDD), waarin YYYY het viercijferige jaar is, MM, de maand (01-12) en DD de dag (01-31). Bijkomend voordeel is dat de chronologische volgorde overeenkomt met de lexicografische volgorde zodat meetreeksen eenvoudig gesorteerd kunnen door computerprogramma's.

Eenheden Afvalgegevens worden doorgaans geregistreerd als tellingen (*counts*) of als massa (kg) voor een bepaalde strand- of oeverlengte (vaak, maar niet altijd, 100 m). Soms komt het voor dat de tellingen betrekking hebben op verschillende strand- of oeverlengtes, of dat de tellingen en massabepalingen in hetzelfde basisbestand staan. Deze gegevens dienen eerst te worden geconverteerd naar dezelfde eenheden voordat de gegevens mogen worden geanalyseerd (Hanke e.a., 2019).

Lege cellen Lege cellen in een database, worksheet of tekstbestand kunnen tot verwarring leiden. Lege cellen kunnen duiden op ontbrekende waarden (afvaltype wordt buiten beschouwing gelaten, zoals paraffine). Maar het kan ook betekenen dat men het afvaltype niet heeft aangetroffen. In het eerste geval, zou het afvaltype uit de gegevens moeten worden verwijderd. In het laatste geval zou een lege cel de waarde nul moeten krijgen.

Decimaal scheidingsteken In Nederland is de decimale komma gebruikelijk, in de Engelstalige wereld de decimale punt. Voorkomen moet worden dat decimale komma's en punten door elkaar worden gebruikt. Doordat veel software voor gegevensanalyse uitgaat van de decimale punt, is het aan te bevelen om altijd gebruik te maken van decimale punten. Voor presentatiedoeleinden kunnen decimale punten, indien gewenst, altijd nog worden omgezet naar

decimale komma's.

Fysisch valide grenzen Telgegevens (*count data*) moeten natuurlijke getallen zijn. Dat zijn gehele getallen in de reeks: 0, 1, 2, 3, ... Dichtheden daarentegen moeten niet-negatieve reële getallen zijn.

Extreme waarden Extreme waarden kunnen duiden op fouten. Fouten moeten uit de gegevens worden verwijderd. Echter, niet elke extreme waarde is een fout. Uit het strandafvalonderzoek is gebleken dat sigarettenfilters lokaal in grote aantallen kunnen voorkomen (Hanke e.a., 2019). Ook kunnen accidenten leiden tot lokaal zeer grote aantallen van specifieke afvaltypen. Hoewel dit valide waarnemingen zijn, kunnen die de resultaten sterk beïnvloeden. Gelukkig zijn hiervoor speciale analysemethoden ontwikkeld (zie paragraaf 3).

Dubbele records Databases kunnen zo worden ingesteld dat er geen dubbele records in kunnen worden opgeslagen (via zogenaamde *constraints*). Echter, gegevensbestanden worden vaak door mensen samengesteld in een spreadsheet-programma. Door *copy-and-paste* kunnen onbedoeld dubbele records aan het bestand worden toegevoegd waardoor analyseresultaten een vertekend beeld kunnen geven. Alvorens met de gegevensanalyse begint dienen dubbele records te worden verwijderd.

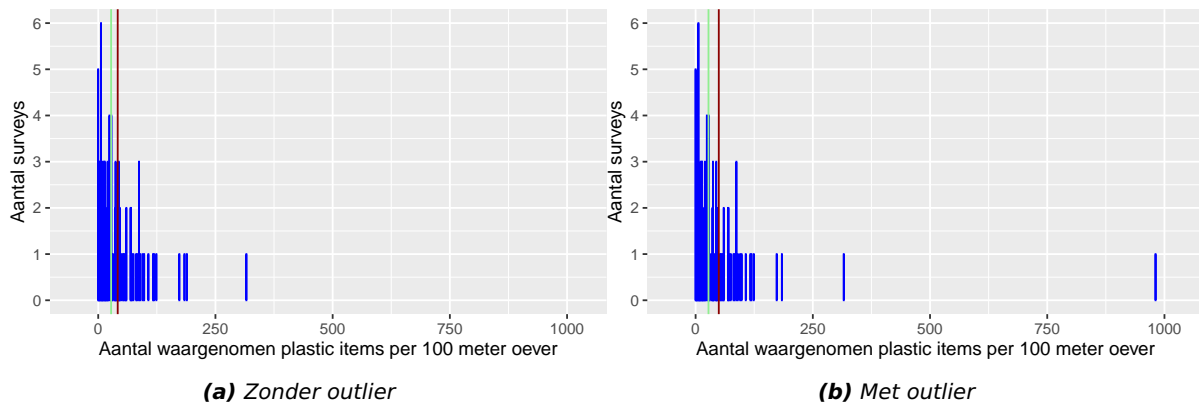
Gegevenskwaliteitscontrole kan tijdrovend en repetitief werk zijn. Voor afvalanalyse is daarom software ontwikkeld waarmee een groot aantal controles automatisch worden uitgevoerd. Zie bijvoorbeeld de *litteR*-software van Walvoort en van Loon (2022).

3.2 Robuuste statistische methoden

Voor het berekenen van de BAIT-indicatoren in paragraaf 2, maken we bij voorkeur gebruik van zogenaamde robuuste statistische methoden. Robuuste statistische methoden zijn minder gevoelig voor extreme waarden (uitbijters). Ze worden ook wel aangeduid als niet-parametrische of verdelingsvrije methoden. Ze doen immers geen aannames over de verdeling van de gegevens. Zie bijvoorbeeld Schulz e.a. (2017), Schulz e.a. (2019), en Hanke e.a. (2019) voor robuuste methoden en statistische maten die zijn toegepast bij het strandafvalonderzoek binnen OSPAR en de EU.

Een voorbeeld van een robuuste statistische maat is de mediaan. De mediaan is een robuust alternatief voor het rekenkundig gemiddelde. Net als het rekenkundig gemiddelde is de mediaan een maat voor de centrale waarde van een verdeling.

Om de robuustheid van de mediaan te illustreren verwijzen we naar Figuur 2. Figuur 2a geeft de waargenomen aantallen weer van een bepaald type plastic o.b.v. een groot aantal *surveys*. Zoals we hier zien hebben telgegevens vaak een scheve verdeling (Negatief-Binomiaal, zie ook Hanke e.a. (2019)).



Figuur 2 Gefingeerd voorbeeld van een verdeling van telgegevens voor een specifiek plastic type op basis van een groot aantal surveys. De linker figuur geeft de correcte verdeling weer, de rechter figuur de verdeling waarin een typefout is geslopen. De rode verticale lijnen geven het rekenkundige gemiddelde weer, de groene verticale lijnen de medianen.

Het rekenkundig gemiddelde van deze tellingen bedraagt 41.54 en de mediaan 27.5. Stel nu dat door een typefout de waarde 981 is ingevuld in plaats van 189 (Figuur 2b). Het rekenkundig gemiddelde van deze tellingen wordt hierdoor groter en bedraagt dan 49.46, maar de mediaan is nog steeds 27.5. In tegenstelling tot het rekenkundig gemiddelde is de mediaan dus robuust voor extreme (in dit geval foutieve) waarden.

Een mediaan kan ook eenvoudig worden uitgerekend indien er zogenaamde gecensureerde waarnemingen zijn (Helsel, 2012). Gecensureerde waarnemingen zijn waarnemingen waarvan men alleen weet dat ze een bepaald niveau onder- of overschrijden. Als bijvoorbeeld een type plastic heel veel voorkomt langs een oever, te veel om volledig te kunnen tellen, kan men besluiten om deze waarneming te registreren als “meer dan n items”, waarin n een groot getal is. De mediaan kan dan nog steeds eenvoudig en exact worden berekend. Het berekenen van het rekenkundig gemiddelde is dan een stuk lastiger, omdat dan aannames moeten worden gedaan.

Tabel 1 geeft een overzicht van een aantal statistische maten en methoden die voor afvalanalyse worden gebruikt. In de eerste kolom staat de maat die men wil kwantificeren, in de tweede kolom een gebruikelijke statistiek of methode, in de derde kolom een robuuste alternatieve statistiek/methode zoals gebruikt voor het afvalonderzoek, en in de vierde kolom een referentie naar onderzoek waarin de robuuste statistiek/methode is gebruikt.

Tabel 1 *Overzicht van robuuste statistische maten en methoden voor de analyse van afval.*

| maat | gangbare statistiek/methode | robuust alternatief | referentie |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|---|
| centrale waarde | rekenkundig gemiddelde | mediaan | Baggelaar en van der Meulen (2014); Schulz e.a. (2017); Schulz e.a. (2019); Walvoort en van Loon (2022) |
| spreiding | standaarddeviatie | Tukey's trimean | Walvoort en van Loon (2022) |
| | | MAD | Walvoort en van Loon (2022) |
| scheefheid | skewness | IQR | Walvoort en van Loon (2022) |
| | | medcouple | Hanke e.a. (2019); Walvoort en van Loon (2022) |
| correlatie | Pearson rho | Kendall tau | Walvoort en van Loon (2022) |
| staptrend monotone trend | Student's t-toets lineaire regressie | Wilcoxon toets | Schulz e.a. (2019) |
| | | Theil-Sen | Schulz e.a. (2017); |
| | | Mann-Kendall | Schulz e.a. (2019); Walvoort en van Loon (2022) |
| exponentiële trend | niet-lineaire regressie | NB-GLM | Walvoort e.a. (2021) |

3.3 Trendanalyse

Een belangrijk instrument om na te gaan of beleidsmaatregelen effectief zijn is trendanalyse. Figuur 3 laat drie veel voorkomende trends zien: een staptrend, een lineaire trend, en een exponentiële trend.

Bij de strandafvalmonitoring is gekozen voor de Wilcoxon toets (Schulz e.a. (2019)) voor het kwantificeren van de grootte en significantie van staptrends (Figuur 3a). Voor trends met een lineair verloop (Figuur 3b) wordt gebruik gemaakt van de Theil-Sen hellingschatter om de grootte en de richting van de helling te berekenen en de Mann-Kendall toets om de significantie ervan te bepalen (Baggelaar en van der Meulen, 2014; Schulz e.a., 2019, 2017). Theil-Sen en Mann-Kendall zijn robuuste niet-parametrische analysemethoden en kunnen worden geautomatiseerd (Walvoort en van Loon, 2022). Als er gecensureerde waarnemingen zijn kan gebruik

worden gemaakt van de Akritas-Theil-Sen hellingschatter (Knotters e.a., 2022). Ook zijn er varianten ontwikkeld die rekening houden met regionale variatie (Gilbert, 1987; van Belle en Hughes, 1984; Walvoort en van Loon, 2022) en of seizoensinvloeden (Gilbert, 1987). Voor het strandafvalonderzoek vonden we geen duidelijk seizoenseffect (Schulz e.a., 2019), waardoor we konden volstaan met Theil-Sen zonder seizoenscorrectie. Voor met name visualisatiedoeleinden kan ook gebruik worden gemaakt van [loess](#). Loess is een lokale regressiemethode en doet op voorhand geen uitspraken over de vorm van de trend. Voor meer informatie over trendanalyse zie Ouwehand e.a. (2019).

Theil-Sen gaat uit van een trend met een lineair verloop. Theil-Sen is echter niet geschikt om buiten de periode waarvoor gegevens beschikbaar zijn toe te passen. Dit kan leiden tot ongeoorloofde extrapolatie. Bij een dalende trend kan extrapolatie zelfs leiden tot 'negatieve afvalhoeveelheden'.

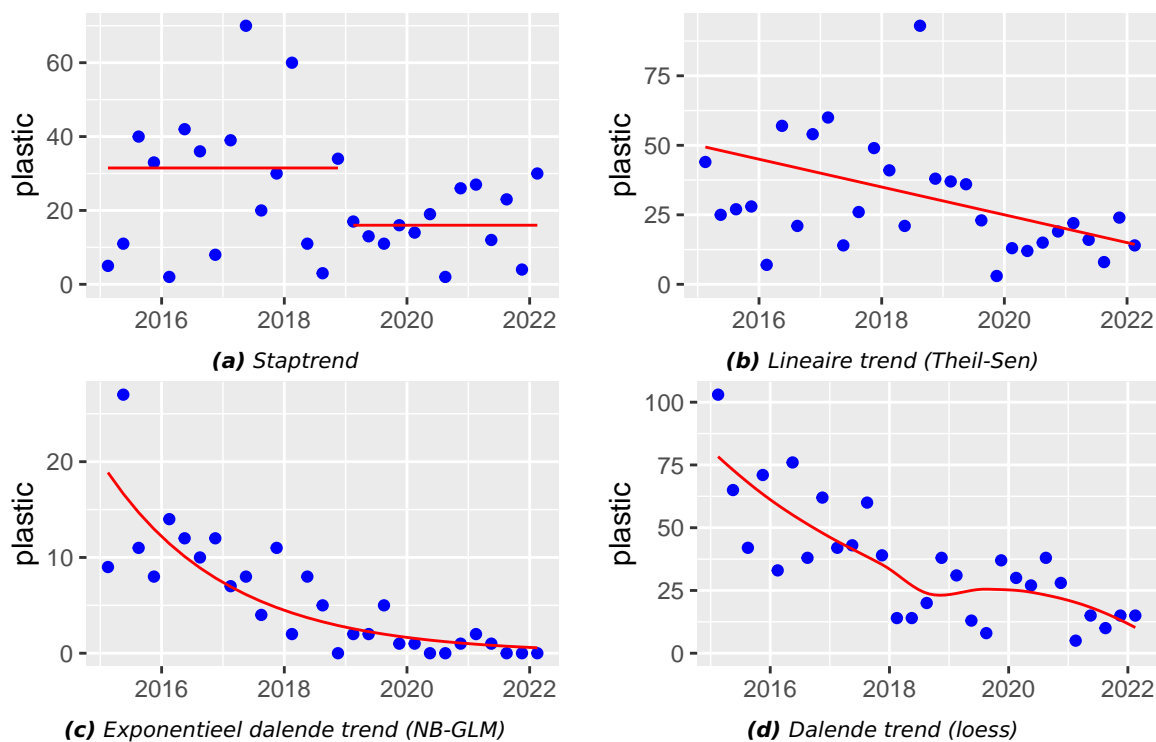
Om voorspellingen te kunnen doen over verwachte afvalhoeveelheden op de middellange en lange termijn stellen Walvoort e.a. (2021) een methode voor gebaseerd op negatieve binomiale gegeneraliseerde lineaire modellen met log-link functie (NB-GLM). Deze methode fit een model dat asymptotisch dalende exponentiële trends kan representeren (Figuur 3c). Dit model kan geen negatieve waarden voorspellen, veronderstelt een negatief binomiale verdeling, is daardoor redelijk robuust voor extreme waarden, en pas tevens goed bij telgegevens zoals afvalgegevens. Walvoort e.a. (2021) geven een onderbouwing voor het gebruik van NB-GLM's en de rekencode waarmee de resultaten zijn berekend. NB-GLM modellen worden gebruikt om de efficiëntie van maatregelen te evalueren. Men gaat dan na of IMT's en TV's kunnen worden gehaald (paragraaf 2).

Wanneer het trendverloop niet van belang is, maar men slechts een AV wil vergelijken met de BV of de TV, of een staptrend (Figuur 3a) verwacht i.p.v. een lineaire (Figuur 3b) of exponentiële trend (Figuur 3c), dan kan men gebruik maken van de Wilcoxon toets (Schulz e.a., 2019). We verwachten een staptrend als beleidsmaatregelen direct van kracht worden. Zo verwachten we bijvoorbeeld een snelle toename van mondneusmaskers in rivieren nadat die verplicht werden gesteld tijdens de coronapandemie. Over het algemeen zullen staprends zeldzaam zijn. Door dispersie en retentie in rivieren verwachten we een na-ijleffect waardoor een staptrend zal uitvlakken.

Hanke e.a. (in prep.), hebben recentelijk een methode ontwikkeld om trends te karakteriseren o.b.v. een 'vingerafdruk'. Op die manier wordt in één oogopslag duidelijk wat de huidige toestand is in een regio, en welke richting het op gaat. Dergelijke vingerafdrukken kunnen worden gebruikt om beleidsmaatregelen te evalueren en te sturen.

Naast de grootte van de trend (d.w.z., de verandering in het aantal plastic items per jaar, of de verandering in het aantal plastic items tussen twee perioden), kan ook

de statistische significantie (p -waarde) van de trend worden bepaald (bijvoorbeeld met de Mann-Kendall toets of de Wilcoxon-toets). De statistische significantie wordt onder meer bepaald door het aantal waarnemingen. Hoe meer waarnemingen, hoe groter de kans is dat een helling significant is. Daarom is het van belang om niet alleen naar de significantie van een toets te kijken, maar ook naar de relevantie (dus grootte) van de trend. In hoeverre is een statistisch significante trend ook relevant? Dit wordt ook wel praktische significantie genoemd.



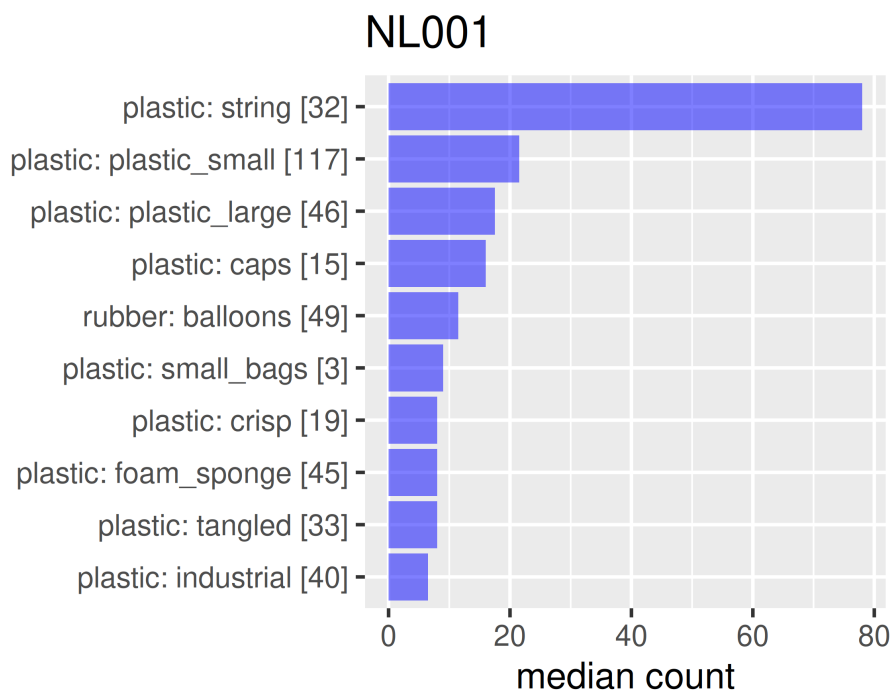
Figuur 3 Gefingeerde voorbeelden van een aantal trendtypes (rode lijn). Op de y-as staan de aantallen van een bepaald plastic type. De blauwe stippen staan voor individuele surveys.

3.4 Top 10-lijstjes

Top 10-lijstjes, of meer algemeen, top n -lijstjes waar n meestal 10 is, maar soms ook 5, 15, of 20 (Addamo e.a., 2017), zijn populair in rapporten en andere publicaties (zoals websites) over afval. Zij geven aan waar de meeste winst te behalen is met het reduceren van afval (prioritering), en waar de grootste bronnen zitten. Ook dragen ze bij aan de publieke bewustwording omdat top 10-lijstjes het goed doen in de media. Addamo e.a. (2017) geven een overzicht van top 10-lijstjes van strandafval in Europa, en presenteren hun resultaten als tabellen en cirkeldiagrammen.

Ook de litter software (Walvoort en van Loon, 2022) biedt de mogelijkheid om top 10-lijstjes samen te stellen. Dat kan zowel op het niveau van afvalgroepen (plastic algemeen, *single use plastics* (SUP), afval afkomstig van de visserij, rubber, etc., of zelf gedefinieerde groepen) als op het niveau van individuele afvalsoorten. De top 10-lijstjes worden gepresenteerd in tabelvorm en als staafdiagram (zie Figuur 4).

Stafdiagrammen zijn voor mensen beter te interpreteren dan cirkeldiagrammen. Mensen zijn immers slecht in het schatten van relatieve oppervlakten en hoeken.



Figuur 4 Grafische weergave van een top 10-lijstje voor gevonden strandafval bij Bergen (periode: 2012-2017) zoals berekend met litterR.

3.5 Aggregatie

Vaak is men niet alleen geïnteresseerd in de hoeveelheid afval op een bepaalde locatie op een bepaald moment, maar ook in de hoeveelheid afval in een bepaalde regio gedurende een bepaald tijdsinterval. Ook gaat het niet alleen om specifieke afvalsoorten, maar ook om groepen van afvalsoorten.

We onderscheiden dus drie vormen van aggregatie:

- ruimtelijke aggregatie, waarbij we uitspraken willen doen over een bepaald gebied;
- temporele aggregatie, waarbij we uitspraken willen doen over een bepaalde periode;
- categorische aggregatie, waarbij we uitspraken willen doen over groepen van afvaltypen.

en combinaties van bovengenoemde aggregaties.

Door gebruik te maken van ontwerpgebaseerde (*design based*) monitoring zoals onder meer beschreven in de Gruijter e.a. (2006), kunnen op objectieve wijze gemiddelden of medianen worden berekend voor gebieden en perioden. Tevens kan de precisie daarvan worden berekend. Hierdoor wordt duidelijk of de monitoringinspanning voldoende is voor de beoogde doelen of dat de doelen ook met minder

inspanning hadden kunnen worden bereikt. Deze informatie kan worden gebruikt om het monitoringontwerp verder te optimaliseren (uitdunnen danwel toevoegen van locaties). Aggregeren is ook mogelijk door gebruik te maken van een model (*model based*). Deze aanpak stelt minder eisen aan het monitoringontwerp dan de ontwerpgebaseerde aanpak, maar heeft als nadeel dat modelveronderstellingen moeten worden gedaan.

Bij het Europese strandafvalonderzoek konden we niet kiezen tussen een ontwerpgebaseerd of modelgebaseerd monitoringsontwerp. De verschillende monitoringnetwerken waren al vele jaren operationeel. Bij het aggregeren van de gegevens hebben we het daarom zo eenvoudig mogelijk gehouden door te aggregeren op basis van medianen (Hanke e.a., 2019). Nadeel van deze aanpak is dat we dan formeel geen uitspraken kunnen doen voor een gebied en/of periode, maar enkel voor de waarnemingslocaties/momenten binnen dat gebied en/of de periode. Bovendien kunnen we niets zeggen over de precisie. Aggregeren op basis van medianen is geïmplementeerd in de *litteR*-software (Walvoort en van Loon (2022)).

Bij rivierafval is mogelijk sprake van ruimtelijke correlatie: afval dat bovenstrooms aanwezig is zal, mits het niet hoog op de oevers wordt afgezet, uiteindelijk ook benedenstrooms aankomen. Bij temporele aggregatie is het van belang om ook rekening te houden met hoogwaterperioden. Een groot deel van het afval dat wordt aangetroffen op rivieroever wordt afgezet tijdens hoogwater.

Voor meer informatie over ruimtelijke aggregatie (en desaggregatie) zie Walvoort e.a. (2019).

Vaak is men niet alleen geïnteresseerd in een specifiek type afval, maar in een complete afvalgroep. Denk daarbij bijvoorbeeld aan de groep *single use plastics* (SUP), of een aggregatieniveau hoger, plastics in het algemeen. Voordeel van aggregeren naar afvalgroepen is dat de gegevenskwaliteit hierdoor verbetert. Het is immers eenvoudiger om bijvoorbeeld een stuk plastic te classificeren als 'plastic', dan heel specifiek te verwijzen naar het gebruiksdoel van dat stuk plastic.

Internationaal zijn er meerdere afvalclassificatiesystemen in omloop. Dit compliceert de verwerking van de gegevens, zowel wat betreft opslag, als wat betreft analyse, en presentatie. Voor het Europese strandafvalonderzoek is daarom de '*Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring*' opgesteld (Fleet e.a., 2021). De bedoeling is dat alle EU-lidstaten die strandafval monitoren deze lijst gaan overnemen, en conversietabellen maken waarmee oude gegevens kunnen worden omgezet naar de *Joint Litter List*. De *Joint Litter List* heeft een hiërarchische structuur. Hierdoor kan het afval zowel op het niveau van individuele afvalsoorten worden geanalyseerd, als op het niveau van afvalgroepen. De komst van de *Joint Litter List* heeft de analyse van strandafval sterk vereenvoudigd (Hanke e.a., in prep.).

Voor de analyse van rivierafval is een *Joint Litter List* ook een must, metname omdat

rivieren vaak landsgrenzen overschrijden.

3.6 Betrouwbaarheid

Bij ontwerpgebaseerde methoden (de Gruijter e.a. (2006)) krijg je als het ware een schatting van de betrouwbaarheid 'cadeau'. In alle andere gevallen zul je aannemens moeten doen over de gegevens (normaliteit e.d.). Voor trendanalyse met robuuste methoden bevelen Ouwehand e.a. (2019) bootstrapping (Monte Carlo-analyse met teruglegging) aan om de betrouwbaarheid van de resultaten te kwantificeren.

3.7 Hotspots

Bij hotspots gaat het gewoonlijk om het vinden van bijvoorbeeld verontreinigingen. Neem bijvoorbeeld bodemverontreiniging. Aan het oppervlak is dan weinig te zien, maar de bodem is lokaal sterk vervuild. Er zijn speciale statistische methoden ontwikkeld om dergelijke hotspots te vinden (Gilbert (1987)). Bij rivierafval zijn deze locaties met het oog al zichtbaar en kan dus veel gericht worden gezocht. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van remote sensing, maar ook van de morfologische kenmerken van de rivier. Het is bekend dat het meeste afval zich verzameld langs de hoogwaterlijn, omdat hier de stroomsnelheid gering is. Van meanderende riviersystemen zoals in Nederland is bekend dat de stroomsnelheid het laagst is in de binnenbocht en in de luwte van kribben. Hier verwacht je dan ook de meeste depositie van afval. Bij drijvend afval verwacht je per tijdseenheid hogere aantallen in de buitenbocht t.g.v. een hogere stroomsnelheid en centrifugale krachten. Ook zal de ligging van een oever t.o.v. de windrichting een rol spelen.

Het analyseren van gegevens die hotspots bevatten is niet altijd eenvoudig. Als je totalen wilt berekenen moet je voorkomen dat hotspots van een specifiek afvalsoort (bijvoorbeeld filters van sigarettenpeuken), de resultaten gaan vervuilen (bias). Het gebruik van robuuste statistieken en methoden (paragraaf 3) kan dan soelaas bieden.

4 Beschikbare software

Voor het analyseren van afvalgegevens dient bijvoorkeur gebruik te worden gemaakt van statistische software (R, SAS, SPSS, e.d.) of van software met statistische packages (Python, Julia, Matlab, e.d.). Er is ook software ontwikkeld die speciaal bedoeld is om afval mee te analyseren. We noemen Litter Analyst (Schulz e.a. (2017)) en de opvolger daarvan: `litter` (Schulz e.a. (2019), Walvoort en van Loon (2022)).

Litter bevat bijvoorbeeld een groot deel van de methodes die in dit document zijn genoemd. De `litter`-software kan op twee manieren worden gebruikt:

1. gebruikers zonder kennis van R en een elementaire kennis van statistiek: het volautomatisch aanmaken van een standaardrapport met daarin de volgende analyses: controle gegevenskwaliteit, uitbijteranalyse, top 10 lijstje, beschrijvende statistieken, regionale beschrijvende statistieken, trendanalyse, regionale trendanalyse;
2. gebruikers met kennis van R en statistiek kunnen de `litter`-package ook gebruiken als regulier R-package. Ze hebben daarbij tevens toegang tot een aantal functies die in vorige versies van `litter` hebben gezeten ([medcouple](#), een robuuste maat voor de scheefheid van een verdeling, rolling / moving window statistics, adjusted box plot, [Tukey's trimean](#)).

Inmiddels is de `litter`-software 21200 keer *gedownload* ([bron](#)).

Gebruik bij voorkeur geen spreadsheet-programma voor de analyse van afvalgegevens. Spreadsheets zijn met name berucht om problemen met het datumformaat, [autocorrectie](#), en, met name bij grote spreadsheets, het ontbreken van structuur.

5 Conclusies en aanbevelingen

1. Probeer zo veel mogelijk aan te sluiten bij de wijze waarop bestaande afvalmonitoring (strandafval, zeebodemaafval, e.d.) wordt geanalyseerd. Kijk daarbij ook over de grenzen (OSPAR, EU). Leer van de ervaringen van anderen, en voer verbeteringen door waar nodig.
2. Maak zo mogelijk gebruik van robuuste statistische maten en methoden. Deze sluiten vaak beter aan bij de scheve verdelingen die we tegenkomen bij afval. Ze zijn minder gevoelig voor uitbijters en doen minder of geen aannames of de verdeling van de gegevens. Daardoor zijn ze vaak eenvoudiger toe te passen door personen die weliswaar deskundig zijn op het gebied van afval, maar minder ervaren zijn met statistiek.
3. Maak gebruik van geharmoniseerde afvallijsten, zoals de Europese *Joint Litter List*. Dit vereenvoudigt de analyse van de gegevens.

Literatuur

- Addamo, A.M., Laroche, P., Hanke, G., 2017. Top Marine Beach Litter Items in Europe (No. JRC108181). Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/doi:10.2760/496717>
- Baggelaar, P.K., van der Meulen, E.C.J., 2014. [Evaluation and fine-tuning of a procedure for statistical analysis of beach litter data](https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_150506_31/1). AMO-Icastat, https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_150506_31/1.
- de Gruijter, J.J., Brus, D.J., Bierkens, M.F.P., Knotters, M., 2006. Sampling for natural resource monitoring. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-33161-1>
- Fleet, D., Vlachogianni, T., Hanke, G., 2021. A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. <https://doi.org/10.2760/127473>
- Gilbert, R.O., 1987. [Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring](https://doi.org/10.2760/127473).
- Hanke, G., Walvoort, D., Van Loon, W., Addamo, A., Brosich, A., Del Mar Chaves Montero, M., Molina Jack, M., Vinci, M., Giorgetti, A., 2019. EU Marine Beach Litter Baselines (No. EUR 30022 EN,). European Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/16903>
- Helsel, D.R., 2012. Statistics for Censored Environmental Data Using Minitab and R. Wiley.
- Knotters, M., Walvoort, D., Gerritsen, P., 2022. Mapping water table depths in wetlands and polder areas by probability sampling. *Geoderma* 422. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115928>
- Ouwehand, P., Denneman, A., Fraters, D., Ge, L., Rozemeijer, J., Visser, H., Walvoort, D., 2019. Methoden voor trendanalyse bij de Evaluatie Meststoffenwet. Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Schulz, M., van Loon, W., Fleet, D.M., Baggelaar, P., van der Meulen, E., 2017. OSPAR standard method and software for statistical analysis of beach litter data. *Marine Pollution Bulletin* 122, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.045>
- Schulz, M., Walvoort, D.J.J., Barry, J., Fleet, D.M., van Loon, W.M.G.M., 2019. Baseline and power analyses for the assessment of beach litter reductions in the European OSPAR region. *Environmental Pollution* 248, 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.030>
- van Belle, G., Hughes, J.P., 1984. Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. *Water Resources Research* 20, 127–136. <https://doi.org/10.1029/WR020i001p00127>
- Van Emmerik, T., Vriend, P., Copius Peereboom, E., 2022. Roadmap for Long-Term Macroplastic Monitoring in Rivers. *Frontiers in Environmental Science* 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.802245>
- Van Loon, W., Hanke, G., Fleet, D., Werner, S., Barry, J., Strand, J., Eriksson, J., Galgani, F., Gräwe, D., Schulz, M., Vlachogianni, T., Press, M., Blidberg, E., Walvoort, D., 2020. A European Threshold Value and Assessment Method for Macro Litter on Coastlines. Guidance developed within the Common Implementation

Strategy for the Marine Strategy Framework Directive. Joint Research Centre.
<https://doi.org/10.2760/54369>

Walvoort, D.J.J., Knotters, M., van Egmond, F.M., 2019. Interpolatie, aggregatie en desaggregatie van ruimtelijke bodemgegevens in de Basisregistratie Ondergrond (BRO), WOt-technical report. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://doi.org/10.18174/514483>

Walvoort, D., Loon, W. van, Schulz, M., André, S., 2021. Modelling and forecasting of beach litter assessment values (No. 3090), Report / Wageningen Environmental Research. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/546866>

Walvoort, D., van Loon, W., 2022. [litteR: Litter Analysis; R package version 1.0.0.](#)