

# INBO-opdracht

## Statistisch Analyse Plan

Jorre Vannieuwenhuyze

February 18, 2026

### Case 1:

Om de kwaliteit van waterplassen te evalueren worden verschillende waterkwaliteitsparameters opgevolgd (Tabel 1). Gedurende één jaar wordt maandelijks een mengstaal van de waterplas genomen. In het laboratorium wordt elke parameter vervolgens in duplo geanalyseerd. Omdat het onderzoeksteam jaarlijks de waterkwaliteit van meerdere plassen moet beoordelen, wordt aan het team BMK gevraagd om het onderzoeksdesign voor de volgende studie (gericht op één plas) te optimaliseren.

Vorig jaar werden reeds verschillende plassen onderzocht. De resultaten daarvan zijn beschikbaar in het meegeleverde CSV-bestand `case1.csv`. Voor elke waterplas wordt het maandelijkse gemiddelde van elke parameter vergeleken met de wettelijke streef- en grenswaarden.

Het doel van deze studie is het optimaliseren van het onderzoeksdesign voor de jaarlijkse evaluatie van de waterkwaliteit van één waterplas. De evaluatie gebeurt op basis van vergelijking van maandelijkse metingen van verschillende waterkwaliteitsparameters met wettelijke streef- en grenswaarden.

De optimalisatie van het onderzoeksdesign zoekt naar een design waarin op voldoende betrouwbare manier kan worden vastgesteld of een plas de streef- of grenswaarde overschrijdt, met zo weinig mogelijk staalnames en labkosten. Hoe meer staalnames worden getrokken en hoe meer deze staalnames geanalyseerd worden, hoe betrouwbaarder de resultaten maar ook hoe hoger de kosten.

Concreet beoogt dit analyseplan:

- Het kwantificeren van de verschillende variantiecomponenten (maand-tot-maand variatie versus laboratoriumvariatie);
- Het bepalen van de minimale meetfrequentie die vereist is om overschrijdingen met voldoende statistische zekerheid te detecteren;
- Het formuleren van een modelgebaseerde evaluatiemethode voor jaarlijkse kwaliteitsbeoordeling.

### Stap 1: Waar komt de variatie vandaan?

Elke maand wordt een staal genomen uit de waterplas. Dat staal wordt in het labo twee keer geanalyseerd (duplo-analyse).

Wanneer we verschillen zien tussen metingen, kunnen die uit verschillende bronnen komen:

- Echte verschillen tussen maanden (bijvoorbeeld door weersomstandigheden of biologische processen);
- Kleine verschillen die ontstaan bij het nemen van het staal (bemonsteringsvariatie);
- Meetonnauwkeurigheid in het labo (laboratoriumvariatie).

Met andere woorden: niet elk verschil in meetresultaat betekent dat de waterkwaliteit echt veranderd is. Een deel van de variatie is simpelweg toe te schrijven aan toeval bij staalname of analyse.

In deze stap onderzoeken we hoeveel van de totale variatie wordt veroorzaakt door:

- Echte verschillen tussen maanden;
- Willekeurige meetfouten (staalname + labo).

Daarvoor berekenen we de zogenaamde **Intraclass Correlation Coefficient (ICC)**.

De ICC geeft aan welk deel van de totale variatie toe te schrijven is aan echte verschillen tussen maanden.

- Als de ICC hoog is (bijvoorbeeld hoger dan 0.80), betekent dit dat bijna alle variatie echte maandverschillen weerspiegelt. De bijdrage van meetfouten is dan beperkt, en duplo-analyses voegen weinig extra informatie toe.
- Als de ICC laag is (bijvoorbeeld lager dan 0.50), betekent dit dat een groot deel van de variatie afkomstig is van staalname- of labo-onzekerheid. In dat geval zijn duplo-analyses belangrijk om betrouwbare resultaten te verkrijgen.

Deze analyse laat toe om objectief te beoordelen of dubbele labo-analyses noodzakelijk zijn, of dat dezelfde betrouwbaarheid kan worden bereikt met minder metingen en dus lagere kosten.

## Stap 2: Zijn er seizoenseffecten?

Waterkwaliteit kan verschillen tussen winter en zomer. Daarom onderzoeken we of bepaalde maanden systematisch hogere of lagere waarden vertonen.

Indien blijkt dat:

- Sommige maanden duidelijk risicovoller zijn dan andere,

dan kan het meetplan worden aangepast, bijvoorbeeld:

- Vaker meten in de zomer;
- Minder frequent meten in stabiele wintermaanden.

Zo richten we de inspanningen waar het risico het grootst is.

### Stap 3: Jaarlijkse beoordeling op basis van het geheel

Momenteel wordt vaak per maand gekeken of een grenswaarde wordt overschreden. Dat kan leiden tot sterke schommelingen in beoordeling.

In plaats daarvan bekijken we het volledige jaar in samenhang. We schatten het gemiddelde niveau van de parameter over het hele jaar, rekening houdend met seizoenseffecten.

Daarna beoordelen we:

- Licht het geschatte jaargemiddelde duidelijk boven de wettelijke grens?

Pas wanneer we met voldoende zekerheid kunnen zeggen dat het gemiddelde boven de grens ligt, spreken we van een overschrijding.

Dit voorkomt dat één toevallige piek meteen tot een negatieve beoordeling leidt.

### Stap 4: Hoe vaak moeten we meten?

Meer metingen geven meer zekerheid, maar kosten ook meer geld.

We berekenen daarom hoeveel metingen nodig zijn om een relevante overschrijding met voldoende zekerheid te kunnen vaststellen.

We vergelijken verschillende scenario's:

- 12 maanden met telkens 2 labo-analyses (huidige situatie);
- 12 maanden met 1 analyse;
- 8 maanden met 1 analyse;
- Seizoensgericht meten.

Voor elk scenario bekijken we:

- Hoe zeker is de beoordeling?
- Hoe groot is de kans dat we een echte overschrijding missen?
- Wat is de totale kost?

Zo zoeken we het beste evenwicht tussen betrouwbaarheid en kostenefficiëntie.

### Stap 5: Flexibel opvolgen tijdens het jaar

Het meetplan hoeft niet volledig vast te liggen.

Indien tijdens het jaar blijkt dat:

- De waarden sterk stijgen;
- Of we dicht bij een grenswaarde komen;

dan kan tijdelijk vaker worden gemeten.

Wanneer de situatie opnieuw stabiel is, kan men terugkeren naar het standaardmeetplan.

Dit noemen we adaptieve monitoring: we meten intensiever wanneer dat nodig is.

## Beslissingscriteria

Een aangepast meetplan wordt enkel ingevoerd indien:

- De betrouwbaarheid van de beoordeling nauwelijks daalt;
- De kans om een echte overschrijding te missen beperkt blijft;
- De kosten duidelijk verminderen.

## Rapportering

Voor elke parameter wordt gerapporteerd:

- Hoe groot de natuurlijke maandelijkse schommelingen zijn;
- Hoe groot de meetonnauwkeurigheid van het labo is;
- Of er duidelijke seizoenseffecten zijn;
- Het geschatte jaargemiddelde met aanduiding van onzekerheid;
- De vergelijking tussen de verschillende meetscenario's;
- Het aanbevolen meetplan.

## Stap 3: Rekening houden met samenhang tussen waterkwaliteitsparameters

### Waarom is dit belangrijk?

In de huidige aanpak wordt elke waterkwaliteitsparameter afzonderlijk gemeten en beoordeeld. In werkelijkheid hangen verschillende waterkwaliteitsparameters echter sterk met elkaar samen.

Bijvoorbeeld:

- Nutriëntenconcentraties hangen vaak samen met algenbloei;
- Zuurstofgehalte hangt samen met biologische activiteit;
- Troebelheid kan samenhangen met fosfaat- of stikstofgehalte.

Wanneer twee parameters sterk samen bewegen in de tijd, bevat de ene parameter gedeeltelijk informatie over de andere. Dit biedt mogelijkheden om het onderzoeksdesign efficiënter te maken.

### Het kernidee

Stel:

- Parameter A is goedkoop om te meten;
- Parameter B is duur om te analyseren;
- A en B vertonen een sterke en stabiele samenhang.

In dat geval kan men:

- Parameter A maandelijks meten;
- Parameter B minder frequent meten (bv. per kwartaal);

- De tussentijdse waarden van B inschatten op basis van A.

Hierdoor dalen de analysekosten, terwijl de informatie over de waterkwaliteit grotendeels behouden blijft.

### Hoe bepalen we of dit mogelijk is?

Op basis van historische gegevens wordt nagegaan:

1. Bewegen bepaalde parameters systematisch samen?
2. Is deze samenhang stabiel doorheen het jaar?
3. Hoe goed kan de ene parameter voorspeld worden op basis van de andere?

Wanneer hoge waarden van de ene parameter bijna altijd samengaan met hoge waarden van een andere parameter (en lage waarden eveneens), spreken we van een sterke samenhang.

Indien deze relatie voldoende stabiel is, kan een deel van de informatie van de dure parameter worden afgeleid uit de goedkopere parameter.

### Wat betekent dit concreet voor het meetdesign?

In plaats van alle parameters maandelijks te meten, kan het meetplan worden aangepast, bijvoorbeeld:

- Goedkope parameters: maandelijks meting;
- Dure parameters: meting per kwartaal;
- Jaarlijkse controle of de onderlinge samenhang stabiel blijft.

### Voorwaarden en waarborgen

Een reductie van meetfrequentie is enkel verantwoord indien:

- De samenhang tussen parameters sterk en stabiel is;
- De kans op een foutieve beoordeling van de waterkwaliteit beperkt blijft;
- Het model jaarlijks wordt geëvalueerd en indien nodig bijgesteld.

Indien tijdens het jaar blijkt dat de parameters minder sterk samenhangen dan verwacht, kan tijdelijk opnieuw een hogere meetfrequentie worden ingevoerd.

### Voordeel van deze aanpak

Door gebruik te maken van de samenhang tussen parameters:

- Worden middelen efficiënter ingezet;
- Kan het aantal dure labo-analyses worden beperkt;
- Blijft de betrouwbaarheid van de kwaliteitsbeoordeling gewaarborgd.

Deze aanpak combineert kostenefficiëntie met wetenschappelijke onderbouwing.