

# De tool: Theorie



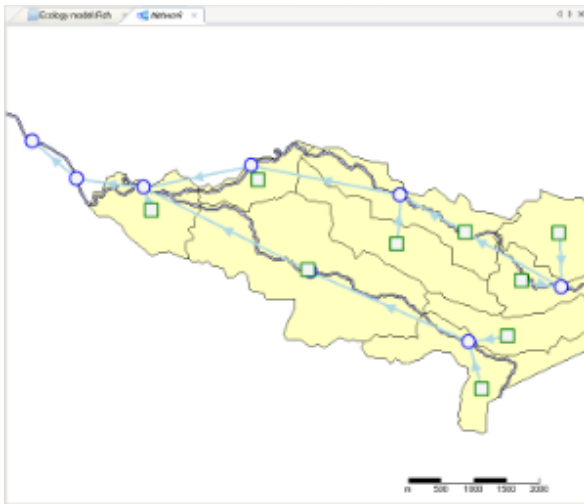
## De tool: Theorie

### Schematisatie

Een KRW-Verkenner schematisatie bestaat uit:

- Gebiedskenmerken
  - oppervlaktewater (waterlichamen)
  - afwateringsgebieden
  - onderlinge relatie (waterstromen)
- Emissies
  - water
  - stoffen
- Ecologische parameters
  - inrichting
  - beheer
- Kaartmateriaal (zoals shapes)

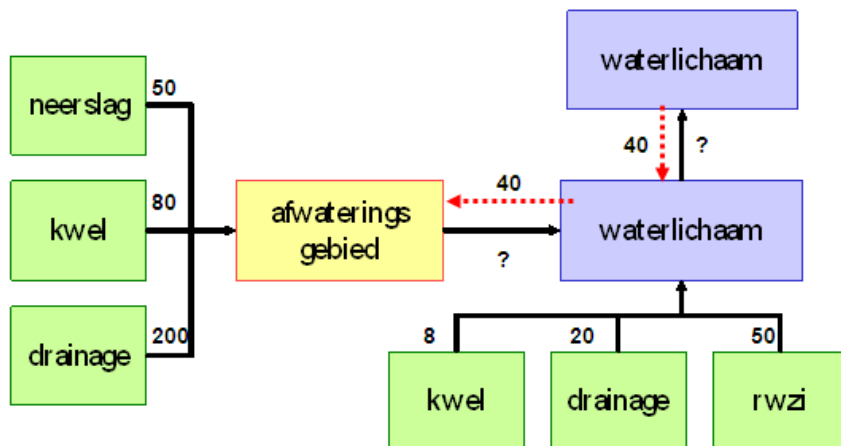
Voor de invoergegevens maakt de KRW-Verkenner waar mogelijk gebruik van externe databases met beschrijvingen van de hydrologie, emissies en kenmerken van waterlichamen. Zo kan hydrologische informatie opgehaald worden van bestaande waterkanteitsmodellen (bijvoorbeeld SOBEK), emissiegegevens van de [EmissieRegistratie](#) en overige gegevens, zoals de inrichting van een waterlichaam of de verstuwingsgraad van lokale databases van waterbeheerders.



### Waterbalans

Op een vooraf vastgelegd netwerk lozen waterbronnen (afwateringsgebieden, RWZI's etc) op een oppervlaktewatereenheid (SWU) of een afwateringsgebied (Basin). Een SWU of een Basin lost eventueel wateroverschot op een of meerdere SWUs. De verdeling van het te lozen water is van tevoren vastgelegd. De hoofd-afstromingsrichting is hiermee vastgelegd. Naast de hoofd-afstromingsrichting kan, door middel van vaste debieten tussen SWUs onderling en tussen SWUs en Basinswaterlichamen en afwateringsgebieden, een waterbeweging tegengesteld aan de hoofd-afstromingsrichting worden opgelegd. Dit is bijvoorbeeld nodig bij het inlaten van water of bij doorspoeling.

De figuur hiernaast illustreert een klein watertransport netwerk. In dit figuur lozen drie bronnen op een Basin en drie bronnen op een SWU. Om het peil in het Basin te kunnen handhaven, wordt er water ingelaten. Dit water wordt vanuit het bovenste SWU ingelaten. De waterbalans van het Basin is dan:  $50 + 80 + 200$  vanuit de bronnen, plus 40 inlaatwater. De totale stroom van het Basin naar het SWU is dan 370 (hierbij uitgaande stromen als verdamping en wegzijging negerend). De waterbalans van het SWU waterlichaam wordt dan:  $370 + 8 + 20 + 50 + 40 - 40$ , waarmee het debiet van het onderste naar het bovenste SWU uitkomt op 448.



## Wabacore

Het rekenhart van de waterbalans is het programma Wabacore. Dit is een steady state waterbalansen model en is voor de KRW-Verkenner opgezet als pre-processor voor de stofbalans. Op basis van de user interface, krijgt Wabacore de volgende informatie door:

- Alle rekeneenheden (segmenten) van de KRW-Verkenner schematisatie. De segmenten worden gevormd door de SWUs en Basins.
- De links tussen de segmenten.
- Alle belastingen en onttrekkingen van water op de segmenten.

Wabacore maakt een stelsel vergelijkingen dat de waterbalans voor de segmenten weergeeft. De uitgangspunten daarbij zijn:

- Een willekeurig aantal bekende debieten *tussen* segmenten in het netwerk en *ov* *er* *d*e *r*anden.
- Van elk onbekend uitstromend debiet is bekend hoeveel (in %) dit debiet van de totale uitstroming is.

Per segment resulteert dit in een stelsel van vergelijkingen voor de onbekende debieten. Voor segmenten zonder onbekende uitstroming wordt om reken technische redenen een onbekende uitstroming toegevoegd. Als de invoer consistent is, zal dit debiet een waarde nul krijgen en wordt, na het oplossen van het stelsel, weer verwijderd. Het stelsel van vergelijkingen wordt eerst gereduceerd, door directe substitutie van vergelijkingen, tot 1 onbekende. Dit wordt herhaald totdat er geen direct oplosbare vergelijkingen meer zijn. In fysische termen betekent dit dat lijnvormige strengen van segmenten die aan het "vermaasde" netwerk vastzitten opgelost worden. Het resterende stelsel wordt opgelost via directe matrix-inversie volgens de LU-decompositie-methode. Deze aanpak is gekozen omdat directe matrix-inversie voor grote stelsels (b.v. de landelijke applicatie, ca. 20 000 onbekenden) niet mogelijk is vanwege een te groot beslag op het interne geheugen.

## Stofbalans

Alle inkomende en uitgaande stofstromen moeten vooraf aan de KRW-Verkenner worden opgegeven. De benodigde gegevens zijn te verkrijgen uit verschillende databronnen, zoals:

- Meetgegevens van het te beschrijven watersysteem
- Landelijke databases (bijvoorbeeld de Emissieregistratie)
- Modelstudies (bijvoorbeeld STONE)

Omdat deze databronnen met onzekerheden omgeven zijn, is een goede analyse van de beschikbare data nodig voordat er begonnen wordt met het vullen van de KRW-Verkenner.

Voorafgaand aan het oplossen van de stofbalans, heeft de KRW-Verkenner al een waterbalans opgelost omdat de waterbalans een belangrijke input bron is voor de stofbalans. De water- en stofafvoer uit een bovenstrooms segment wordt als invoer gebruikt door een benedenstrooms segment en het bovenstrooms segment beïnvloed daarmee dus de stofconcentratie van het benedenstrooms segment. In principe kan de KRW-Verkenner alle stoffen doorrekenen, maar standaard zijn er vier stoffen opgenomen: totaal stikstof, totaal fosfaat, chloride en het biologisch zuurstofverbruik (BZV). Deze vier stoffen zijn nodig voor de ecologische module en kunnen daarom niet worden gewijzigd.

## Steady State oplossing

De KRW-Verkenner maakt, net als de waterbalans, gebruik van een steady state oplossing. Dat wil zeggen dat voor een rekeneenheid (SWU of Basin) het volgende geldt:

$$\frac{dM}{dt} = \sum Q_{in} \times C_{in} - \sum Q_{out} \times C - k \times C \times V = 0$$

Waar M staat voor massa (g),  $Q_{in}$  voor instromende debieten (m<sup>3</sup>/s),  $Q_{out}$  voor uitstromende debieten (m<sup>3</sup>/s),  $C_{in}$  voor stofconcentraties van het instromende debiet (g/m<sup>3</sup>), C voor de stofconcentratie in het segment, V voor het volume van het segment (m<sup>3</sup>) en k de afbraakconstante van een stof (1/d). De afbraakconstante kan per stof worden opgegeven en kan temperatuurafhankelijk worden gemaakt. Voor de afbraakconstante wordt de volgende formulering wordt gebruikt:

$$k = k_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

Waar  $k_{20}$  staat voor de afbraakconstante bij 20 °C (1/d), voor de temperatuurscoëfficiënt (default 1.047 (-)) en T voor de watertemperatuur (°C). Daarnaast is de retentie ruimtelijk differentieerbaar door middel van een "Tag" aan een SWU of Basin toe te kennen.

## Ecologie

Op basis van kennisregels worden de effecten van maatregelen op de EKR scores van de vier biologische kwaliteitselementen (waterplanten, fytoplankton, macrofauna en vissen) berekend. De EKR-scores worden berekend op SWU niveau. De KRW-Verkenner bevat 2 rekenmodulen die de EKR scores op verschillende manieren berekend. De 2 rekenmodulen worden onderscheiden op basis van het KRW-watertype en worden geclassificeerd als rijkswater of regionaal water. In onderstaande tabellen zijn de typen weergegeven. Met het importeren of genereren van rekeneenheden wordt het watertype en de daarbij behorende rekenmethode gezet.

## Rijswateren

Deze methode is gebaseerd op ecotopen als rekeneenheden. Elk waterlichaam bestaat uit verschillende ecotopen en elk ecotoop omvat een specifieke soortenlijst. Deze soortenlijsten worden oppervlakte gemiddeld gewogen (met uitzondering van macrofauna) en zo ontstaat er een soortenlijst per waterlichaam. Aan de hand van deze soortenlijst wordt een EKR score berekend. Door deze werkwijze heeft een verandering in ecotoopcompositie een effect op de EKR-score.

Achtergrond informatie

- Methode Rijswateren, Deltares rapport 2010: download [hier](#)
- Ecologie methode Rijswateren, Deltares rapport 2011: download [hier](#)
- Presentatie Ecologie methode Rijswateren voor RWS, 2010: download [hier](#)
- Presentatie Ecologie methode Rijswateren voor Waterdienst, 2010: download [hier](#)

## Regionaal

De regionale kennisregels zijn gebaseerd op data van regionale wateren. De data is opgeslagen in een database die door RoyalHaskoning-DHV wordt beheerd (Evers et al, 2009). De database bevat relaties tussen EKR-score en verschillende waterkwaliteit- en inrichtingsvariabelen voor een groot aantal waterlichamen. Voor de regionale ecologische toepassing van de KRW-Verkenner kan de gebruiker kiezen uit drie methoden:

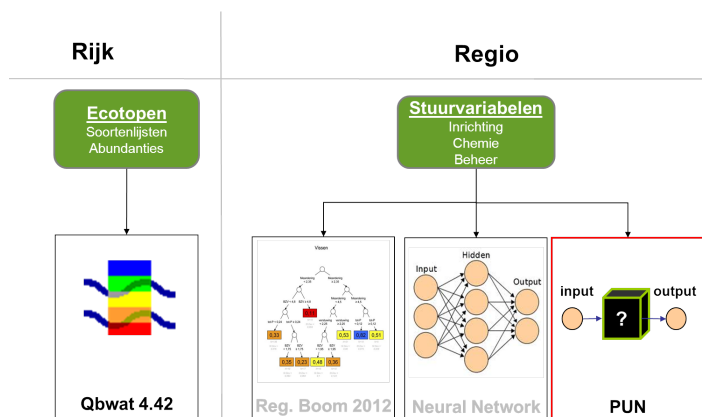
- Regressiebomen, PBL rapport 2013: download [hier](#)
- Neurale Netwerken, Royal Haskoning rapport 2015: download [hier](#)
- PUNN neuraal netwerk, STOWA/W+B rapport 2012: download [hier](#) en meer achtergrond van de formuleringen [hier](#).

De PUNN methode heeft de meest voorspellende kracht (Vissers, 2013a) en is daarom de default ecologie methode voor regionale toepassingen. De andere twee methoden zijn ook opgenomen in de KRW-Verkenner, maar kunnen niet direct door de gebruiker geselecteerd worden. Mocht een gebruiker toch 1 van deze 2 methode willen gebruiken, dan kan contact opgenomen worden met de KRW-Verkenner helpdesk.

De KRW-watertypen zijn ingedeeld in 10 clusters (zie de 2 tabellen hieronder). Per cluster zijn rekenregels afgeleid per biologisch kwaliteitselement waarbij een aantal stuurvariabelen van belang zijn (zie tabel verder naar beneden). Voor de benodigde invoer voor de stuurvariabelen kan de gebruiker de KRW-Verkenner de chemische variabelen laten berekenen of de gebruiker kan hiervoor metingen gebruiken.

Meer achtergrond informatie

Vergelijking van de drie methoden, PBL rapport 2013: download [hier](#).



| KRW-Watertype   | Cluster                  | Omschrijving  | Rijkswater | Regionale wateren |
|-----------------|--------------------------|---|------------|-------------------|
| <b>Rivieren</b> |                          |   |            |                   |
| R4              | Langzaam stromende beken | Permanent langzaam stromende bovenloop op zand          |            | x                 |
| R5              | Langzaam stromende beken | Langzaam stromende middenloop /benedenloop op zand      |            | x                 |
| R6              | Langzaam stromende beken | Langzaam stromend riviertje op zand/klei                |            | x                 |
| R7              | Rivier /nevengeul        | Langzaam stromende rivier /nevengeul op klei /zand      | x          |                   |
| R8              | Brakke tot zoute wateren | Zout getijdenwater (uitlopers rivier) op zand/klei      | x          |                   |
| R12             | Langzaam stromende beken | Langzaam stromende middenloop /benedenloop op veenbodem |            | x                 |
| R13             | Snel stromende beken     | Snel stromende bovenloop op zand                        |            | x                 |

|                            |                          |   |                   |                          |
|----------------------------|--------------------------|---|-------------------|--------------------------|
| R14                        | Snel stromende beken     | Snelstromende middenloop /benedenloop op zand               |                   | x                        |
| R15                        | Snel stromende beken     | Snelstromend riviertje op kiezelhoudende bodem              |                   | x                        |
| R16                        | Rivier /nevengeul        | Snelstromende rivier/nevengeul op zandbodem of grind        | x                 |                          |
| R17                        | Snel stromende beken     | Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem               |                   | x                        |
| R18                        | Snel stromende beken     | Snelstromende middenloop /benedenloop op kalkhoudende bodem |                   | x                        |
| O2                         | Estuarium                | Estuarium met matig getijverschil                           | x                 |                          |
| <b>KRW-Watertype Meren</b> | <b>Cluster</b>           | <b>Omschrijving</b>   | <b>Rijkswater</b> | <b>Regionale wateren</b> |
| M1a/b                      | Sloten                   | Gebufferde sloten op minerale bodem                         |                   | x                        |
| M2                         | Sloten                   | Zwak gebufferde sloten                                      |                   | x                        |
| M3                         | Kanalen                  | Gebufferde (regionale) kanalen                              |                   | x                        |
| M4                         | Kanalen                  | Zwak gebufferde (regionale) kanalen                         |                   | x                        |
| M6a/b                      | Kanalen                  | Grote ondiepe kanalen                                       |                   | x                        |
| M7a/b                      | Kanalen                  | Grote diepe kanalen   |                   | x                        |
| M8                         | Sloten                   | Gebufferde laagveen sloten                                  |                   | x                        |
| M10                        | Kanalen                  | Laagveen vaarten en kanalen                                 |                   | x                        |
| M14                        | Ondiepe meren            | Ondiepe (matig grote) gebufferde plassen                    | x                 | x (default)              |
| M16                        | Diepe meren              | Diepe gebufferde meren                                      | x                 | x (default)              |
| M20                        | Diepe meren              | Matig grote diepe gebufferde meren                          | x                 | x (default)              |
| M21                        | Diepe meren              | Grote diepe gebufferde meren                                | x                 |                          |
| M23                        | Ondiepe meren            | Ondiepe kalkrijke (grotere) plassen                         |                   | x                        |
| M27                        | Ondiepe meren            | Matig grote ondiepe laagveensplassen                        |                   | x                        |
| M30                        | Zwak brakke wateren      | Zwak brakke wateren   |                   | x                        |
| M31                        | Brakke tot zoute wateren | Brakke tot zoute wateren                                    |                   | x                        |

| Stuurvariabelen | Klassen /eenheid | Omschrijving  | Relevant voor welke clusters                  |
|-----------------|------------------|---|---|
| Meandering      | 5                | 1= recht + normprofiel, 2= gestrekt + natuurlijk dwarsprofiel, 3 = zwak slingerend, 4 = slingerend, 5 = vrij meanderend | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken |
| Verstuwing      | 3                | 1 = sterk gestuwd zonder vistrappen, 2 = gestuwd met vistrappen, 3 = ongestuwd  | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken |

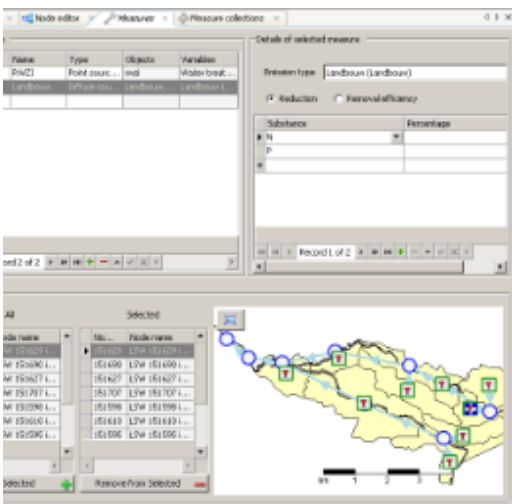
|                 |                      |  |   |
|-----------------|----------------------|--|---|
| Beschaduwning   | 3                    | 1 = onbeschaduwd zonder ruigte op de oevers, 2 = gedeeltelijk beschaduwd of ruigte op de oever, 3 = grotendeels of geheel beschaduwd | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken   |
| Oeverinrichting | 3                    | 1 = beschoeid of steil en onbegroeid, 2 = riet/helofyten, 3 = moeras + riet/helofyten  | Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren  |
| Peildynamiek    | 3                    | 1 = tegennatuurlijk, 2 = stabiel, 3 = natuurlijk   | Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren  |
| Onderhoud       | 2                    | 1 = intensief, 2 = extensief   | Sloten, Kanalen, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren  |
| Scheepvaart     | 2                    | 1 = intensief bevaren, 2 = niet of nauwelijks bevaren  | Kanalen   |
| Connectiviteit  | 3                    | 1 = geïsoleerd, 2 = periodiek geïsoleerd, 3 = open verbinding  | Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren   |
| Totaal N        | mg N/l               | Zomergemiddelde (april-september)  | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren |
| Totaal P        | mg P/l               | Zomergemiddelde (april-september)  | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken, Sloten, Kanalen, Ondiepe meren, Diepe meren, Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren |
| BZV             | mg O <sub>2</sub> /l | Zomergemiddelde (april-september)  | Langzaam stromende beken, Snelstromende beken   |
| Chloride        | mg Cl/l              | Zomergemiddelde (april-september)  | Zwak brakke wateren, Brakke tot zoute wateren   |

## Maatregelen

In de KRW-Verkenner zijn een groot aantal maatregelen en hun effecten voorgeprogrammeerd. Globaal worden de maatregelen onderverdeeld in drie categorieën:

- Maatregelen gericht op puntbronnen
- Maatregelen op diffuse bronnen
- Maatregelen gericht op inrichting en het beheer (ecologie).

De maatregelen kunnen generiek of locatiespecifiek worden toegepast. Daarnaast is er de mogelijkheid om de maatregelen in de tijd te plannen. Voor zeer complexe maatregelpakketten waarbij, door bijvoorbeeld ingrijpende hydrologische aanpassingen of grote planologische ingrepen, effecten op zowel emissies (locaties van emissiebronnen) als inrichtingsmaatregelen worden doorgevoerd, kan het nodig zijn om nieuwe databases voor de hydrologie, emissies en/of gebiedskenmerken in te lezen. Op deze manier kunnen ook effecten van andere, niet specifiek ten behoeve van de KRW genomen maatregelen worden doorgerekend, mits ze een kwantificeerbaar effect hebben op hydrologie, emissies of gebiedskenmerken.





Planbureau voor de Leefomgeving



WAGENINGEN  
UNIVERSITY & RESEARCH



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

