

Achtergronddocument Definitiestudie BKK Rijntakken

**Clustering van terreindelen tot bodemkwaliteitzones
voor de pilotgebieden van de definitiestudie
Bodemkwaliteitskaarten Rijntakken**

in opdracht van
Rijkswaterstaat DON, Arnhem

E.M. van de Laar
AKWA - RIZA
Lelystad, april 2002

AKWA document 02.002

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Pilot Rijnwaarden	7
2.1	Voorspelling bodemkwaliteit	7
2.1.1	Verzameling basismateriaal Rijnwaardensche uiterwaarden	7
2.1.2	Opdeling in een maximum aantal terreindelen	8
2.1.3	Ordering van de informatie in een tabel	8
2.2	Berekening bodemkwaliteit	10
2.2.1	Bepaling geostatistisch gemiddelde + variantie per terreindeel	10
2.2.2	Significante verschillen tussen terreindelen	10
2.2.3	PCA voor de bepaling van verontreinigingsclusters (zone-indeling)	11
2.3	vergelijking hypothese met berekende indeling	13
3	Pilotgebieden Rijntakken	15
3.1	Indeling pilotgebieden door studenten Larenstein	16
3.2	Actualisatie zone-toekenning en zone-definitie	17
4	Conclusies	19

1 Inleiding

Tijdens de definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten is behoefte getoond aan een nieuwe gebiedsindeling van de uiterwaarden van de Rijntakken en chemische karakterisatie van de onderscheiden terreindelen. Deze terreindelen worden afgebeeld op een zgn. bodemzoneringskaart, waarbij aan ieder terreindeel een voorspelde zone is toegekend. De zones zijn gradaties van de bodemkwaliteit, variërend van niet of licht verontreinigd en relatief homogeen (zone 0) tot zwaar verontreinigd en relatief heterogeen (zone 5). Oeverzones zijn als afzonderlijke eenheid aangemerkt.

Wat betreft de aanleiding voor het opstellen van de bodemzoneringskaart, de randvoorwaarden en het nut en gebruik van de kaart kan verwezen worden naar hoofdstuk 3 en 4 van het hoofdrapport van de Definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten (AKWA rapport 01.015/RIZA-rapport 2001.054).

In het voorliggende document zal worden uiteengezet hoe de terreinonderscheiding en zonedefinitie in technische zin tot stand is gekomen aan de hand van een pilotstudie.

In het eerste traject van de pilotstudie zijn de gegevens van de Rijnwaardensche Uiterwaarden gebruikt. In hoofdstuk 2 wordt voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden een zo optimaal mogelijke zone-indeling afgeleid. De geldigheid van de zone-indeling in de Rijnwaardensche Uiterwaarden is in hoofdstuk 3 getoetst voor een vijftal andere pilotgebieden verspreid over het winterbed van de Rijntakken.

2 Pilot Rijnwaarden

In het eerste traject van de pilotstudie zijn de Rijnwaardensche Uiterwaarden uitgekozen om uit te zoeken welke spanne in bodemkwaliteit er kan voorkomen in de uiterwaarden van de Rijntakken. Deze uiterwaarden bestrijken een groot oppervlak (600 hectare) en zijn goed geschikt om na te gaan als gevolg van welke processen de diffuse verontreiniging ruimtelijk kan variëren. Het gebied kent namelijk een grote variatie in historische ontwikkeling, zowel wat betreft de natuurlijke geologische opbouw als wat betreft de invloed van de mens (ontgravingen, veranderingen aan de zomerkade en dergelijke). Tevens is een uitgebreide dataset ¹ aanwezig waarmee de verschillen in verontreiniging kunnen worden gekwantificeerd.

Voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden is een zo optimaal mogelijke zone-indeling afgeleid. Allereerst is daartoe op basis van informatie over de gemiddelde jaarlijkse overstromingsduur in heden en verleden, een maximaal aantal terreindelen onderscheiden. Voor ieder terreindeel is een voorspelling gemaakt van de gemiddelde bodemkwaliteit. Hierbij is nog niet gekeken naar de chemische dataset (§2.1)

Vervolgens is via berekeningen met de chemische dataset een zone-indeling afgeleid. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van geostatistiek gecombineerd met een multivariate analyse (factor-analyse of PCA). De gebruikte technieken en de resultaten worden beschreven in §2.2.

Nagegaan is in hoeverre de zone-voorspelling overeenstemt met de berekende indeling (§2.3)

2.1 Voorspelling bodemkwaliteit

2.1.1 Verzameling basismateriaal Rijnwaardensche uiterwaarden

Van de Rijnwaardensche Uiterwaarden is materiaal verzameld aangaande:

- de huidige inundatiesituatie
- historische inundatie-ontwikkeling

Hiertoe zijn de volgende kaarten en tabellen verzameld:

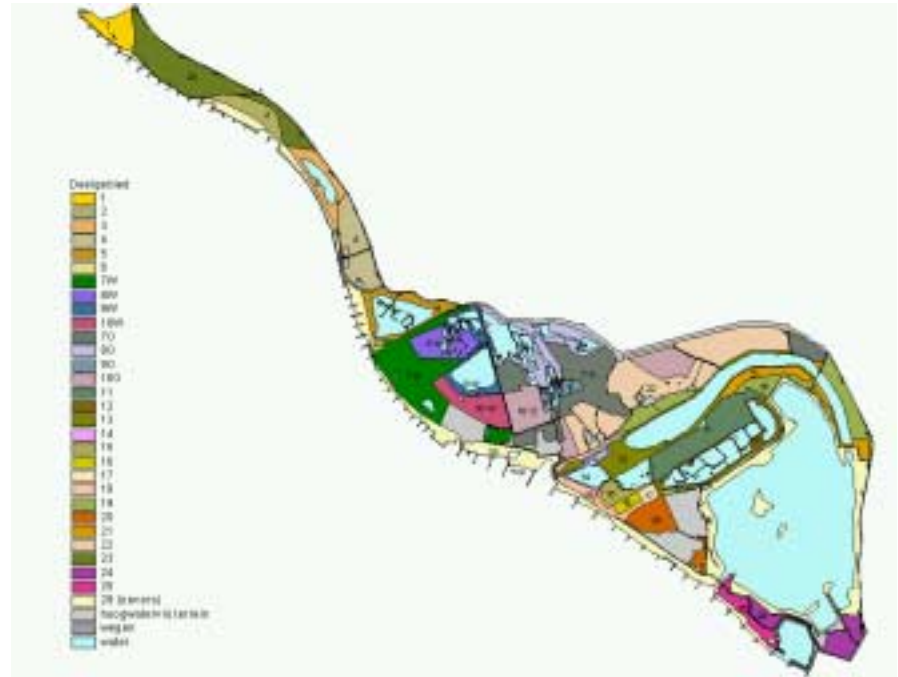
- waterstandduurlijn (tabel met waterhoogte-onderschrijdingen gemeten over de afgelopen 100 jaar)
- actuele waterstandgegevens ter plaatse van Lobith, de Pannerdensche Kop en IJsselkop van de afgelopen 12 jaar uit DONAR
- DTB Rivierenkaart 1:5000 met nauwkeurige hoogtegegevens 1996 (30p/ha)
- historische kaarten (topografische kaarten en rivierkaarten) uit 1830, 1874/1887, 1914/1915, 1925, 1957, 1961, 1966, 1977, 1986, 1990, 1999
- vergunningverlening ontgroningen 20^e eeuw (Provincie Gelderland)
- bestaande boorbeschrijvingen (CSO-document + Nazca)

¹ Er is in 1999 een grootschalig bodemonderzoek uitgevoerd dat een uitgebreide dataset met gegevens van de chemische kwaliteit en fysische samenstelling van de bodem heeft opgeleverd. In totaal zijn gegevens van 296 chemische analyses van de bovengrond (1 mengmonster uit 3 boringen per hectare) beschikbaar.

Met behulp van de verzamelde kaarten is het onderzoeksgebied opgedeeld in zo veel mogelijk kleine terreindelen (zonder te kijken naar de chemische dataset). De terreindelen verschillen van elkaar op grond van de inundatiefrequentie, afstand tot het instroompunt, type ontgroning (nat of droog opgeleverd, aangevuld met grond van elders), historische ontwikkeling (voormalige oevers, zomerkade verlegd/verhoogd/verlaagd) enz. In totaal zijn voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden 29 terreindelen onderscheiden (zie figuur 2-1).

Met behulp van de verzamelde kaarten is het onderzoeksgebied opgedeeld in zo veel mogelijk kleine terreindelen (zonder te kijken naar de chemische dataset). De terreindelen verschillen van elkaar op grond van de inundatiefrequentie, afstand tot het instroompunt, type ontgroning (nat of droog opgeleverd, aangevuld met grond van elders), historische ontwikkeling (voormalige oevers, zomerkade verlegd/verhoogd/verlaagd) enz. In totaal zijn voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden 29 terreindelen onderscheiden (zie figuur 2-1).

figuur 2-1
Maximaal aantal te onderscheiden
terreindelen van de Rijnwaardensche
Uiterwaarden op grond van
inundatiefrequentie en historisch onderzoek



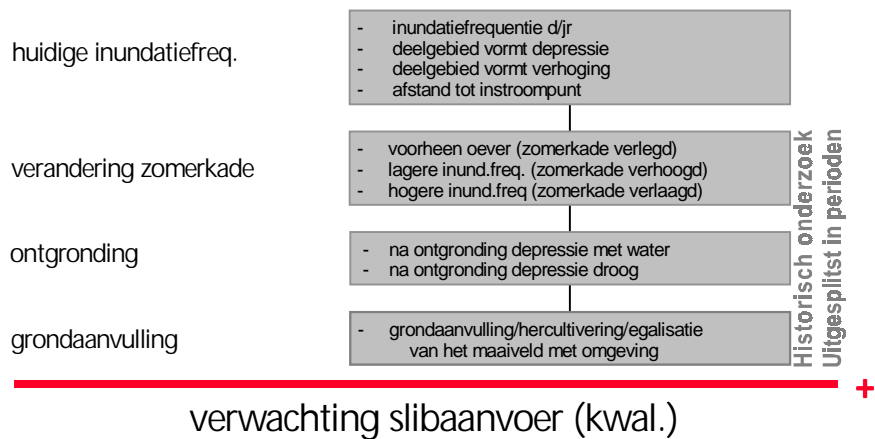
2.1.3 Ordening van de informatie in een tabel

De informatie omtrent de inundatiesituatie in heden en verleden is per te onderscheiden terreindeel gecategoriseerd in een tabel. Per terreindeel is op grond van deze informatie een hypothese gemaakt aangaande de mogelijkheden voor slibaanvoer in heden en verleden en daarmee de te verwachten verontreinigingsgraad. Hoe deze prognose precies tot stand komt wordt uitgebreid behandeld in bijlage 1 van het hoofdrapport Definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten. Zie voor het resultaat van de categorisering en hypothese van de slibaanvoer in verschillende perioden tabel 1. De verontreinigingsgraad die verwacht wordt op grond van de mogelijkheden voor aanvoer van vervuild slib is weergegeven in de laatste kolom van tabel 1 en op kaart in figuur 2-4. Benadrukt wordt dat deze kwaliteitshypothese niet gebaseerd is op analyses met de gemeten chemische dataset. In het schema van figuur 2-2 is bovenstaande methodiek samengevat.

Historische en recente inundatiekenmerken van gebieden binnen de zomerkade van de Rijnwaaardensche uiterwaarden

[illegible]

Schema voor het opstellen van een bodemkwaliteitshypothese



2.2 Berekening bodemkwaliteit

2.2.1 Bepaling geostatistisch gemiddelde + variantie per terreindeel

Na het opstellen van de hypothese is voor het eerst de chemische dataset gebruikt ten behoeve van de toetsing van de hypothese uit §2.1. De dataset bevat 3 boringen per ha (mengmonsters) en zijn bemonsterd in 1997/1999. Er is gebruik gemaakt van analyseresultaten die naar een standaardbodem zijn omgerekend.

Voor ieder terreindeel in figuur 2-1 is achtereenvolgens uitgevoerd:

- selectie van de gegevens voor de parameters Zn, Cu, Cd en Som(10)PAK uit de totale dataset die behoren bij het betreffende terreindeel.
- Verwijdering van gegevens uit sloten, kades, hoogwatervrije terreinen en waterlichamen. Er wordt tevens nauwkeurig gecontroleerd of mengmonsters door de geografische centrering van de drie deelmonsters in een naburig terreindeel vallen.
- EDA (Exploratieve data-analyse) met behulp van het programma Explostat. Hierbij worden de uitbijters uit de datasetjes gehaald.
- opstellen c.q. fitten van een semivariogram. Met het semivariogram worden de ruimtelijke samenhang tussen de gegevens en de ruimtelijke variabiliteit van ieder terreindeel bepaald (eveneens met Explostat)
- Irrigular Blockkriging.
Het semivariogram dient als invoer voor de krigingprocedure. Er wordt een zgn. 'global estimation' uitgevoerd. Deze techniek houdt in dat ieder terreindeel (dat theoretisch een 'homogeen' deelgebied wordt verondersteld te zijn) wordt beschouwd als één (irrigular) block waarvan vervolgens via blockkriging een blockgemiddelde + krigingvariantie wordt berekend.

Het berekenen van het gemiddelde + variantie van elk terreindeel via de geostatistiek biedt veel voordelen ten opzichte van de klassieke statistische methode. Het belangrijkste hier te noemen voordeel is dat, door rekening te houden met de ruimtelijke correlatie tussen meetpunten, de variantie niet wordt overschat. Deze variantie geeft de gebiedseigen heterogeniteit weer. De cruciale rol van de heterogeniteit en het belang van het optimaliseren van de statistische methodiek om deze te bepalen wordt uitgelegd in resp. hoofdstuk 4 en bijlage 1 van het hoofdrapport Definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten.

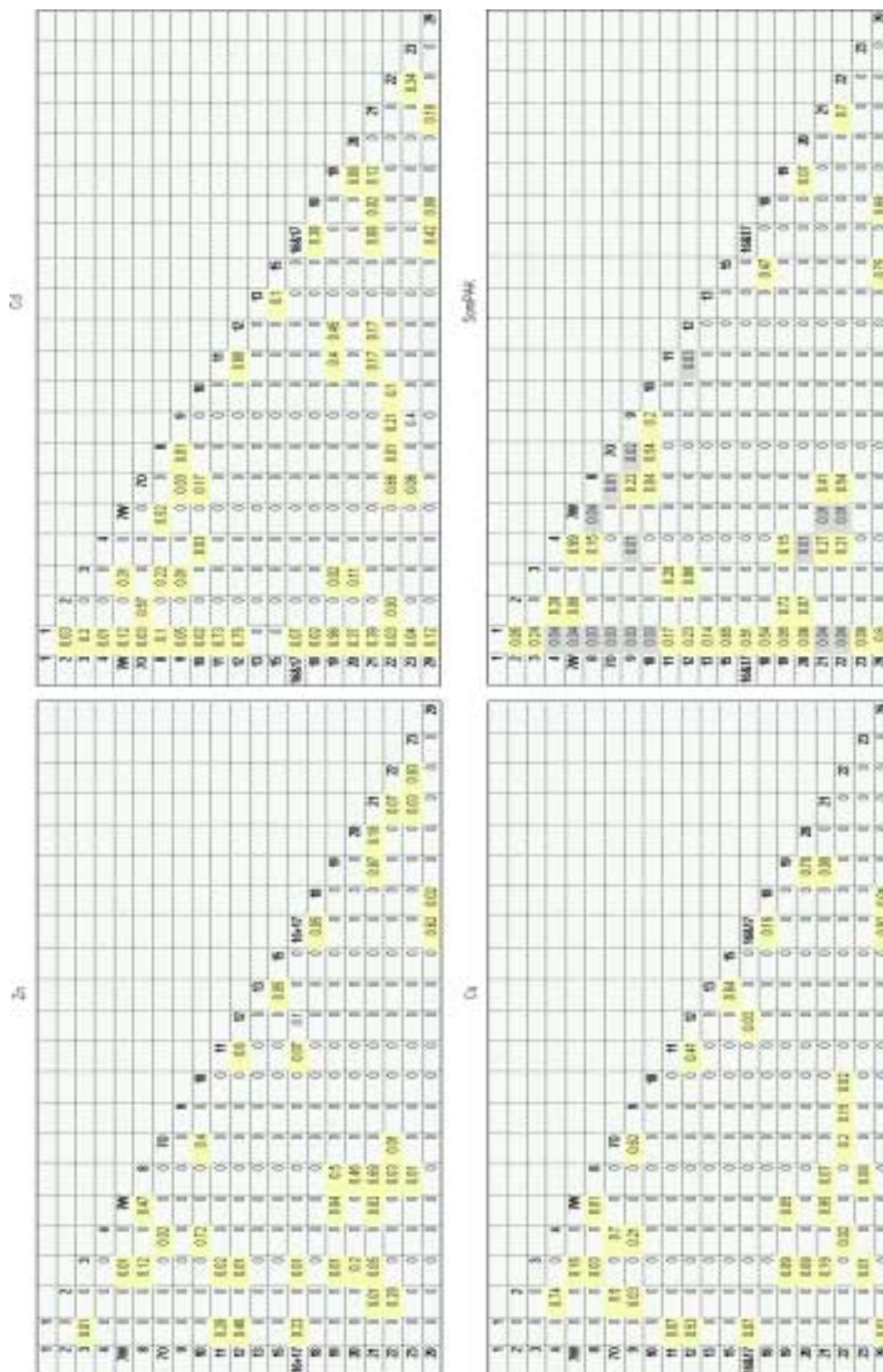
2.2.2 Significante verschillen tussen terreindelen

Nadat voor elk van de 4 parameters (Zn, Cu, Cd en Som(10)PAK) en voor elk terreindeel een geostatistisch gemiddelde + (Kriging)variantie is berekend, is er getoetst of er significante verschillen bestaan tussen de terreindelen voor elk van de parameters. Er is getoetst met behulp van een Z-toets, waarmee zowel het gemiddelde als de variantie wordt meegenomen maar geen vrijheidsgraden hoeven worden ingevoerd. Het resultaat bestaat uit 4 matrices met P-waarden (zie tabel 2a t/m d). De P-waarden geven aan wat de kans is dat het op toeval berust dat de gemiddelden van de terreindelen van elkaar verschillen. Als significantieniveau is 0.01 gekozen. Dat wil zeggen dat als de P-waarde 0.01 of groter is, de terreindelen met elkaar overeenkomen (geel gearceerd in de 4 matrices). Beneden de 0.01 verschillen ze significant van elkaar.

De 4 matrices zijn vervolgens samengevat in een nieuwe matrix waarin de overeenkomende terreindelen voor alle vier de parameters met kleurenstreepjes worden aangeduid. Aan de hand van deze matrix kunnen 5 clusters van overeenkomstige terreindelen worden onderscheiden die van elkaar verschillen in verontreinigingsgraad. Deze 5 clusters zijn weergegeven in figuur 2-5 en kunnen vergeleken worden met de zones van de kwaliteitshypothese in §2.1. Maar allereerst zal de indeling nader beschouwd worden met een andere clusteringsmethode (§2.2.3).

tabel 2a-d

Uitslagen Z-toets. Overeenkomstige terreindelen zijn geel gearceerd (P-waarde > 0.01). Minder duidelijke overeenkomstigheid is grijs gearceerd.



2.2.3 PCA voor de bepaling van verontreinigingsclusters

Met de 4 parameters is een PCA (Principal Component Analysis) uitgevoerd om te kijken naar

1. de ligging van de terreindelen binnen de clusters die met de Z-toets zijn onderscheiden
2. de kans dat een terreindeel binnen een nabijgelegen cluster kan vallen.

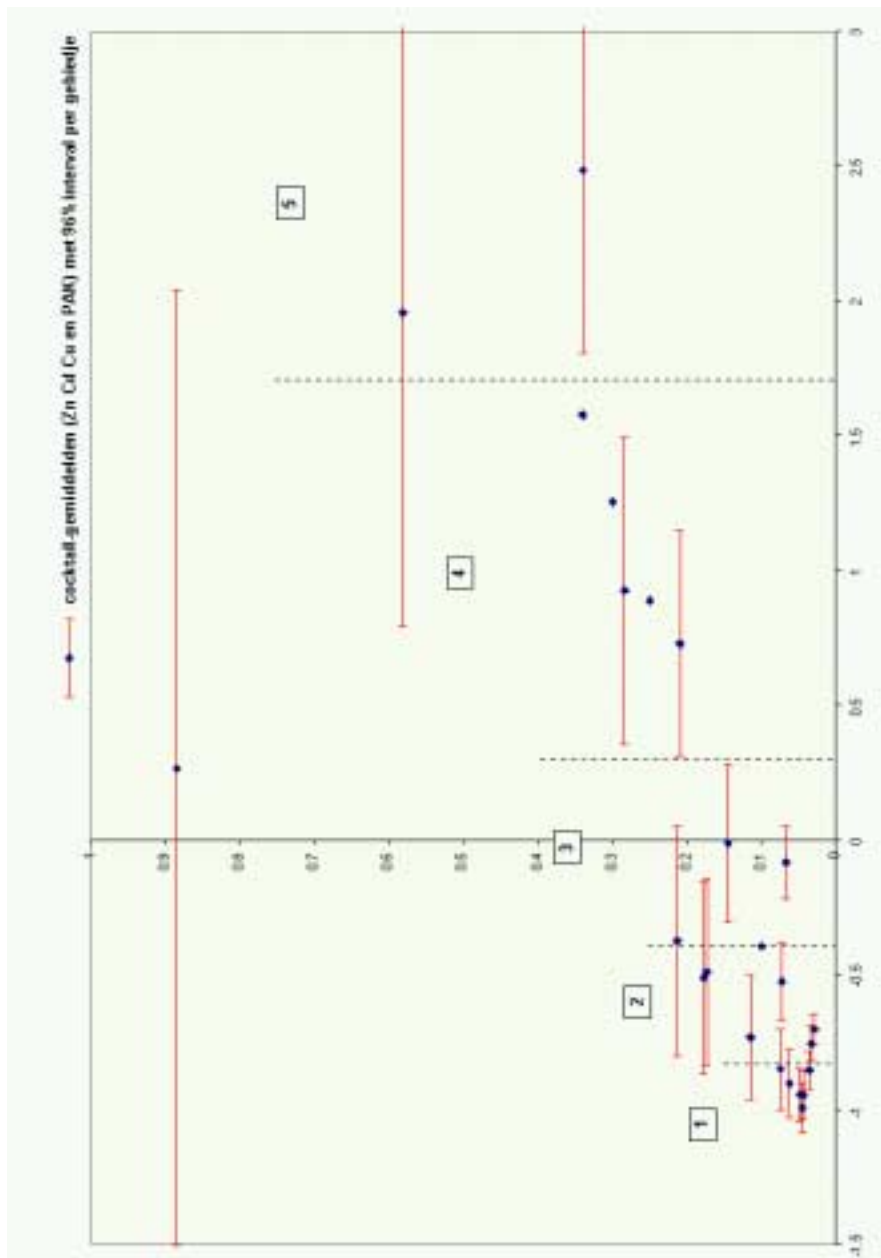
Een PCA rekent hoofdcomponenten uit die ervoor dienen om clusters te kunnen maken van een multivariate variabele, in dit geval de cocktail van de 4 parameters. Een PCA rekent alleen met de gemiddelden van de gebieden

zonder daarbij met de (Kriging)variantie rekening te houden, zoals bij de Z-toets is gedaan.

De eerste hoofdcomponent die is berekend met de PCA blijkt een zeer goed beeld te geven van de spreiding van de cocktailgemiddelden over de gebiedjes. (zie figuur 2-3). De eerste hoofdcomponent (de horizontale as in figuur 2-3) kan worden gezien als een component die de mogelijkheden voor slibaanvoer in de gebiedjes weergeeft. Links op de as liggen de terreindelen die zeer geringe slibaanvoer krijgen en recht op de as liggen de terreindelen waar vaak en reeds al geruime tijd verontreinigd slib kan bezinken.

figuur 2-3

Verdeling van de afzonderlijke terreindelen over de 5 verontreinigingsclusters



Een maat voor de significantie van de spreiding in cocktailgemiddelden is de eigenwaarde van de eerste hoofdcomponent. Deze is zeer hoog; 0.96. Het aandeel van iedere parameter afzonderlijk aan de hoofdcomponent wordt uitgedrukt door de loading van de parameter op de hoofdcomponent. De

loadingen van alle vier parameters zijn hoog; deze variëren tussen de 0.95 voor Som10PAK en 0.99 voor Zn.

Op de verticale as in figuur 2-3 is de heterogeniteit van de terreindelen weergegeven, uitgedrukt in standaarddeviaties van de cocktailvariabele. Deze heterogeniteit is eveneens weergegeven in rode horizontale lijnen die de 96%-intervallen ($=2 \times$ standaarddeviatie) van het gemiddelde van ieder terreindeel weergeven. Deze standaarddeviaties zijn de omgerekende Krigingvarianties van ieder terreindeel, vertaald vanuit de 4 afzonderlijke parameters naar de cocktailparameter. De formule voor deze omrekening per gebiedje is;

$$\sum_{\text{param k} = 1-4} \frac{L^2 \cdot KV_{\text{param k (gebiedje x)}}}{S^2_{\text{param k (alle gebiedjes)}}$$

param k = parameter Zn Cu Cd of som10PAK

L = loading van de parameter op de 1^e hoofdcomponent

KV = Krigingvariantie van een parameter in een gebiedje

S² = variantie van een parameter over het totaal van de gebiedjes

Uit figuur 2-3 kan worden opgemaakt dat naarmate de verontreinigingsgraad van een terreindeel toeneemt ook de heterogeniteit toeneemt. Dit is een gebiedseigen heterogeniteit. In één terreindeel (een voormalige oever) is een zeer sterke heterogeniteit gevonden.

Op basis van de Z-toets (§2.2.2), waarin 5 clusters konden worden onderscheiden, kunnen in figuur 2-3 verticale begrenzingen kunnen worden getrokken tussen de 5 clusters. De gebiedjes in cluster 1 zijn niet of zeer licht verontreinigd, die in cluster 5 zijn zeer sterk verontreinigd. Indien het gemiddelde van een terreindeel vlak bij een clustergrens ligt of indien een terreindeel een sterke heterogeniteit kent, is het terreindeel niet specifiek voor een bepaalde cluster.

2.3 vergelijking hypothese met berekende indeling

De hypothese van de kwaliteit in de terreindelen in de vorm van zones is op kaart weergegeven in figuur 2-4. De berekende kwaliteit in de terreindelen in de vorm van clusters is afgebeeld in figuur 2-5.

Bij vergelijking van de indeling kan geconcludeerd worden dat de hypothese zeer goed overeenstemt met berekende kwaliteit.

Er kunnen een paar kleine verschillen worden geconstateerd:

- depressies die frequent overstroomd onder rustige inundatiecondities blijven sterker verontreinigd te zijn dan verwacht
- voormalige oevers met een ingewikkelde geomorfologische ontstaans-geschiedenis (zoals in de noordpunt van de Rijnwaardensche Uiterwaarden bij de monding van de Rijnstrangen) kunnen veel sterker heterogeen zijn van kwaliteit dan verwacht.

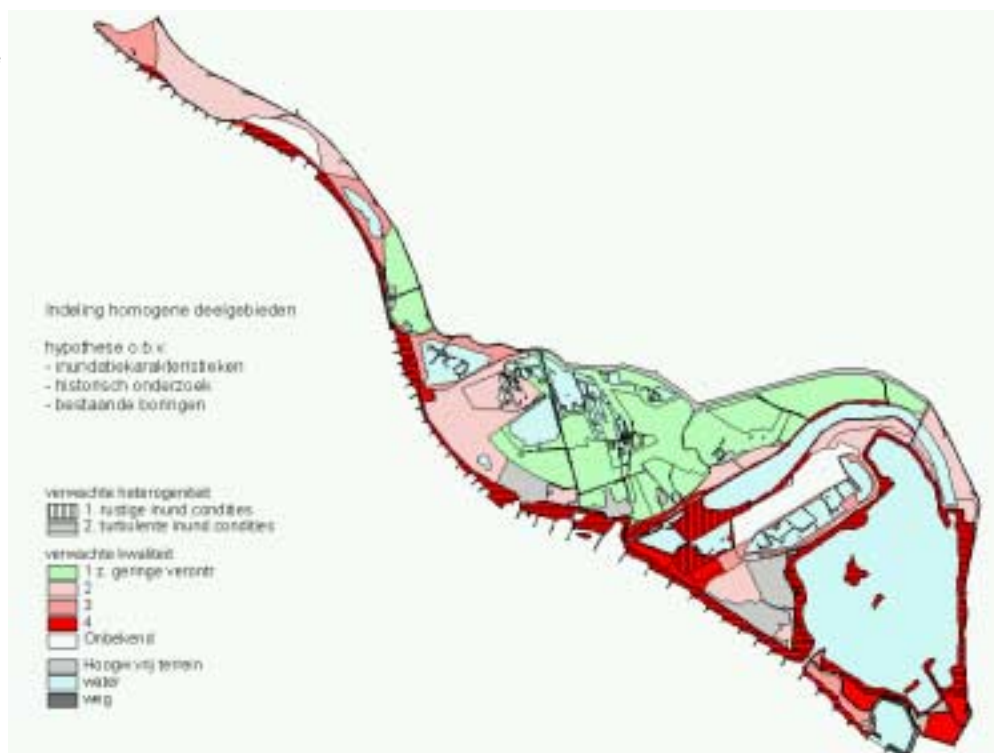
Voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden geldt dat een goede vergelijkbaarheid van de kwaliteitshypothese met de berekende kwaliteitclusters van toepassing is. Toetsing dient uit te wijzen of voor de andere delen van het winterbed van het Rijntakkegebied geldt dat

- 1) een kwaliteitshypothese op grond van slibaanvoer in heden en verleden reproduceerbaar is
- 2) dezelfde rekenkundige clusters gelden in de mate - en in de heterogeniteit van de diffuse verontreiniging.

In het volgende hoofdstuk is dit nagegaan voor een vijftal pilotgebieden verspreid over de Rijntakken.

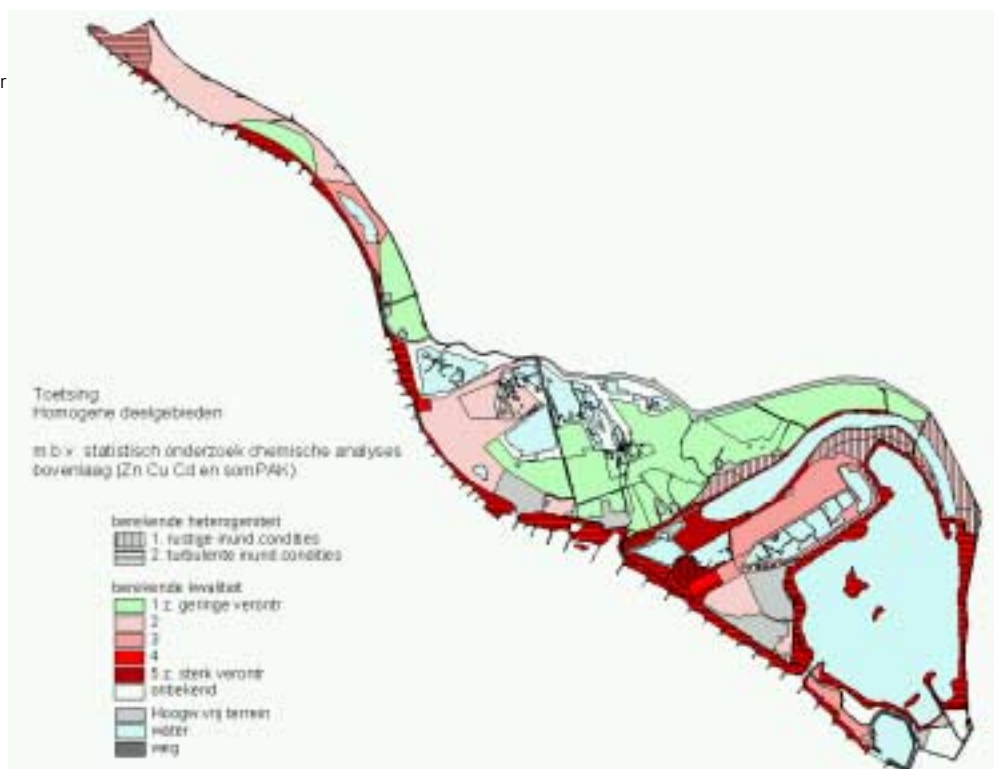
figuur 2-4

Kwaliteitshypothese van de terreindelen in de Rijnwaardensche Uiterwaarden



figuur 2-5

Berekende kwaliteit van de terreindelen in de Rijnwaardensche Uiterwaarden (verdeeld over de 5 onderscheiden verontreinigingsclusters)



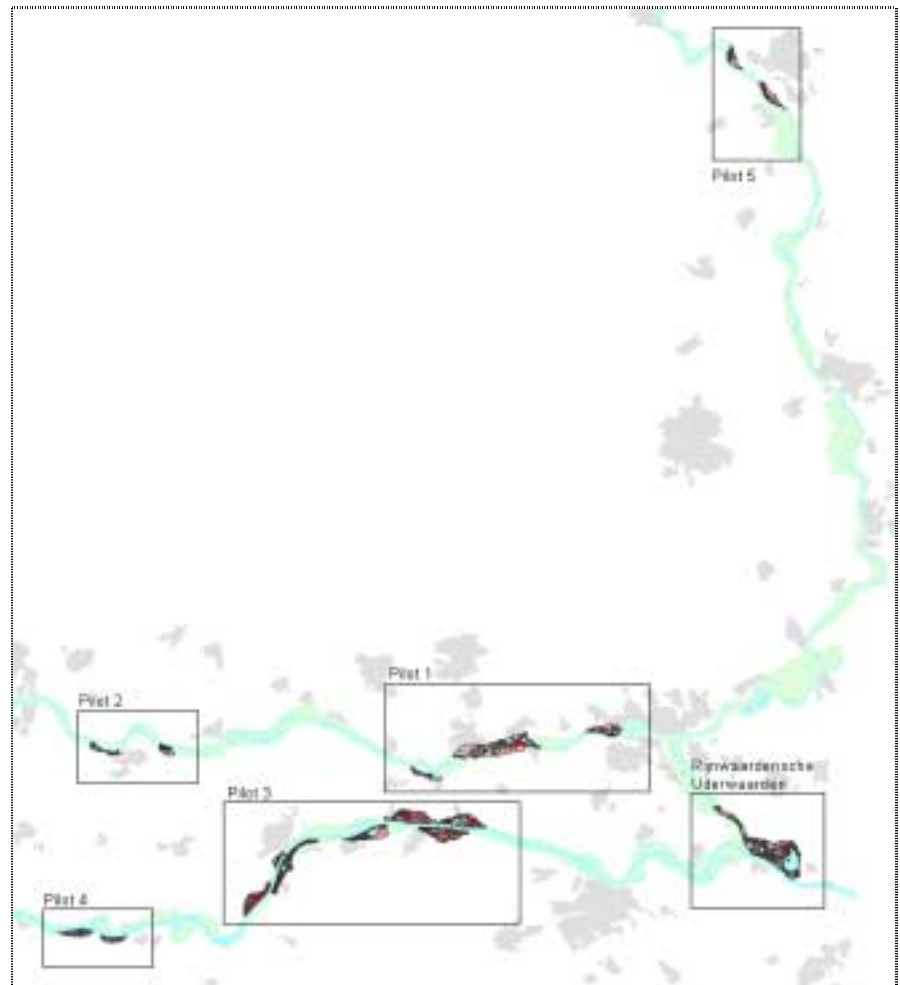
3 Pilotgebieden Rijntakken

De geldigheid van de zone-indeling in het pilotgebied van de Rijnwaardensche Uiterwaarden is getoetst voor een vijftal andere pilotgebieden verspreid over de Rijntakken. Deze pilotgebieden bestaan bij elkaar uit 19 uiterwaarden. De selectie van de vijf pilotgebieden heeft plaatsgevonden op grond van de ligging langs de verschillende Rijntakken (Waal, Rijn en IJssel) en de beschikbaarheid van een uitgebreide chemische dataset.

De ligging van de pilotgebieden is weergegeven in figuur 3-1.

figuur 3-1

Ligging van de geselecteerde uiterwaarden langs de Rijntakken



Bij de geselecteerde pilotgebieden is analoog aan de Rijnwaardensche Uiterwaarden te werk gegaan. Een eerste indeling en eenvoudige toetsing van de pilotgebieden is uitgevoerd door een vijftal studenten van de hogeschool IAHL Larenstein. De bevindingen van dit onderzoek zijn gebruikt bij een actualisatie van de indelingsmethode en definitie van de zones.

3.1 Indeling pilotgebieden door studenten Larenstein

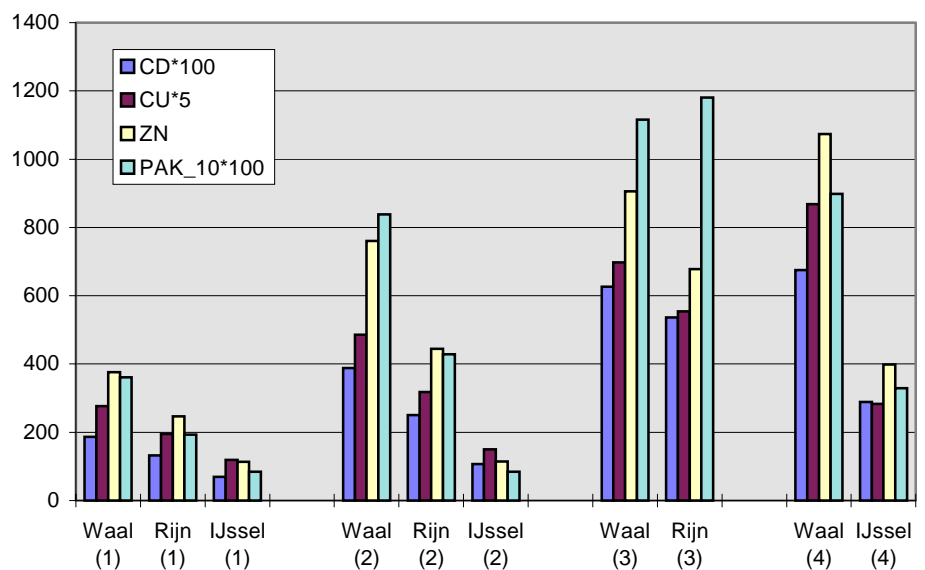
Door de studenten Larenstein is hetzelfde type informatie verzameld als bij de Rijnwaardensche Uiterwaarden, aangaande de inundatiehistorie van de uiterwaarden, inundatiefrequentie, ontgrondingen enz..

Vervolgens zijn er zo veel mogelijk terreindelen onderscheiden op grond van deze informatie. Met behulp van een tabel is er een prognose gemaakt van de aanvoer van verontreinigd slib en de bijbehorende verwachte kwaliteit van het terreindeel. De kwaliteithypothese is verwerkt in een GIS. In de verslaglegging zijn enkele tips en trucs genoteerd die van nut zijn indien ook de overige uiterwaarden van de Rijntakken op deze wijze in kaart worden gebracht (rapport 'Weten zonder meten', jan. 2001).

Vervolgens is door de studenten een eerste eenvoudige toetsing uitgevoerd met de beschikbare analysedata. Per riviertak en per voorspelde kwaliteitzone is bekeken welke gemiddelde verontreiniging voorkomt (zie figuur 3-2). Hierbij is niet naar de cocktailparameter gekeken maar naar vier afzonderlijke parameters (Cd, Cu, Zn en som10Pak's). In het diagram zijn analysegegevens van de oevers niet meegenomen. De oevers blijken na vergelijking als gevolg van de grote heterogeniteit niet duidelijk in een bepaalde zone te vallen. Uit figuur 3-2 kan worden opgemaakt dat naar verwachting in de hogere zones de hogere gemiddelde gehalten voorkomen. Per riviertak zijn er wel duidelijk verschillen in een zone te constateren.

figuur 3-2

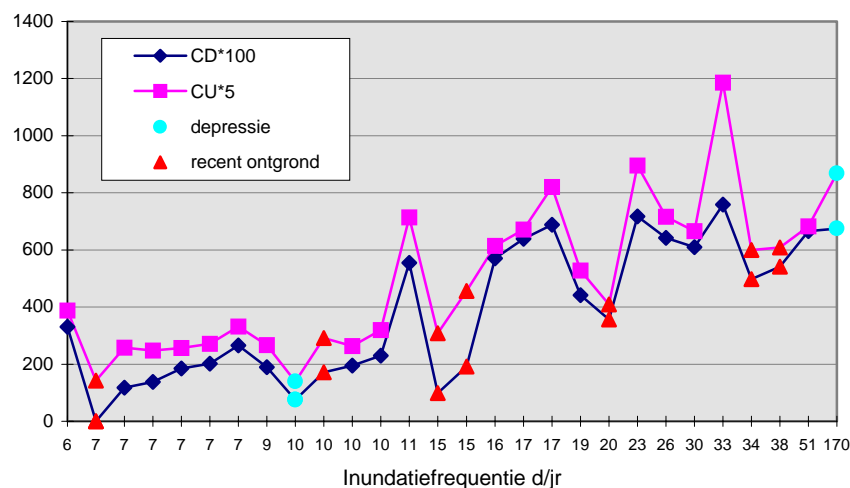
Staafdiagram van de verdeling van de gehalten van Cu, Zn, Cd en PAK's per Rijntak over vier onderscheiden zones in de pilotgebieden. Ten behoeve van visuele vergelijkbaarheid zijn de gehalten van Cd Cu en Pak's vermenigvuldigd met een daartoe geschikte factor.



Daarnaast is door de studenten gekeken naar de relatie tussen de gehalten Cu en Cd en de inundatiefrequentie (zie figuur 3-3). Bij hogere inundatiefrequenties komen hogere gehalten voor. Recente ontgrondingen blijken invloed te hebben op deze relatie; ook bij redelijk hoge inundatiefrequenties komen lagere gehalten voor in de bovenlaag.

figuur 3-3

Relatie inundatiefrequentie en gehalten Cd en Cu bij de Waal.



3.2 Actualisatie zone-toekenning en zone-definitie

Op grond van het onderzoek van de studenten zijn enkele aanpassingen gedaan aan de (methode voor) terreinindeling. Hierbij zijn vooral de volgende punten belangrijk:

- Ook onderscheid binnen terreindelen is nog mogelijk. Deze zijn meestal niet topografisch af te leiden, maar op grond van het instroomp patroon in terreindelen is deze wel verklaarbaar. Het bepalen van het instroomp patroon is bij de terreinindeling en kwaliteitsinschatting dan ook zeer belangrijk.
- Bij recente ontgroningen in frequent overstroomde gebieden is de verontreinigde grond voor een substantieel deel weggenomen. Riviertakken onderling verschillen in verontreinigingsgraad. Deze is op grond van de inundatiefrequentie in heden en verleden ook verklaarbaar. Hierom is er geen reden om per riviertak een andere zonedefinitie toe te kennen.
- Oevers vormen vanwege de grote heterogeniteit een aparte zone. De gemiddelde verontreiniging bij de oevers komt ongeveer overeen met zone 2 á 3 voor de vlakke terreindelen.

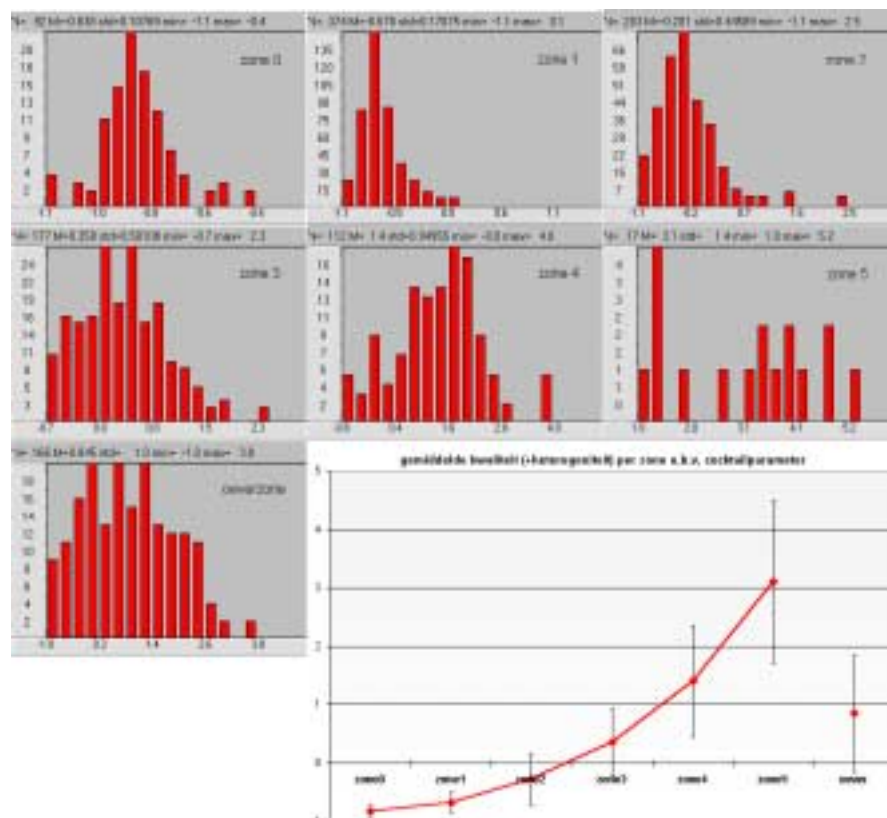
Op basis van deze bevindingen zijn de terreindelen van de pilotgebieden heringedeeld en zijn er nieuwe begrenzingen aangebracht.

Hierna heeft een rekenkundige clustering van de terreindelen plaatsgevonden. De statische methodiek is analoog aan die van de Rijnwaardensche Uiterwaarden gekozen, met dat verschil dat de cocktailparameter die vooralsnog bestond uit 4 parameters werd aangevuld met de parameters Hg en As. De 6 parameters vertonen onderling een zeer sterke correlatie (zie tabel B1.2 in bijlage 1 van de Definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten). Bovendien zijn alle 6 parameters sterk gerelateerd aan de rivierdynamiek en hierom samen een maat voor de diffuse verontreiniging in de uiterwaarden van de Rijntakken. De clusteranalyses met de nieuw gedefinieerde cocktailparameter leverde een zone-indeling voor de pilotgebieden en per zone een definitie van de gemiddelde kwaliteit + variantie. Deze zijn vergeleken met de zones van de Rijnwaardensche uiterwaarden. De gemiddelden en varianties van de zones vertoonden een verrassend goede overeenkomst met de zonedefinitie van de Rijnwaardensche Uiterwaarden. Hierom konden de twee datasets worden samengevoegd om vervolgens de zonedefinitie te optimaliseren. Door de nieuwe zone-indeling bleken terreindelen van de Rijnwaardensche Uiterwaarden die bij de voorgaande indeling op de grens lagen tussen twee zones in een volgende zone terecht te komen.

De resultaten van de definitieve zone-indeling zijn weergegeven in figuur 3-4. Hiermee kan een idee worden verkregen van de spreiding rond het gemiddelde die zich per zone voordoet. Duidelijk is te zien dat de hogere gemiddelden (bij de hogere zones) altijd gepaard gaan met een grotere spreiding. Zone 4 en 5 kennen dus de grootste heterogeniteit.

figuur 3-4

Histogrammen en grafische weergave van de verdeling rond het gemiddelde per zone op basis van de zgn. cocktailparameter bestaande uit de parameters Zn Cu Cd Hg As en som10PAK's.



4 Conclusies

Voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden is een zo optimaal mogelijke zone-indeling afgeleid. Nagegaan is in hoeverre de zone-indeling op grond van de gemiddelde jaarlijkse overstromingsduur in heden en verleden overeenstemt met de berekende indeling. Voor de berekening is gebruik gemaakt van verschillende statistische methoden:

- Hoofcomponent-analyse voor het bepalen van de zgn. cocktailparameter (zware metalen en PAK's) die de gradatie van diffuse verontreiniging weergeeft;
- Verschillende clusteringsmethoden om significante niveaus in verontreiniging te bepalen;
- Geostatistiek om de gemiddelden en de variantie per terreindeel en per zone te bepalen.

Geconcludeerd kan worden dat voor de Rijnwaardensche Uiterwaarden de verwachting van de bodemkwaliteit voor de terreindelen in het algemeen goed overeenstemt met de berekende kwaliteit.

Deze indeling is getoetst voor een vijftal andere pilotgebieden verspreid over de Rijntakken. De toetsing heeft uitgewezen dat de methode ook voor de andere delen van het winterbed van het Rijntakkengebied gebruikt kan worden om de mate en heterogeniteit van de diffuse verontreiniging te voorspellen.

Vanwege de goede overeenstemming tussen de hypothetische indeling en de berekende indeling kunnen de twee methodes gekoppeld worden om een gebiedsdekkende kaart van de verwachte bodemkwaliteit te verkrijgen in de vorm van een bodemzoneringskaart.

Voor elk willekeurig terreindeel in de Rijntakken kan nu een bijbehorende zone-aanduiding worden gegeven op grond van historisch onderzoek en afleiding van de actuele inundatiefrequentie. Ieder terreindeel krijgt een zone toegekend die in meer of mindere mate betrouwbaar is. Die betrouwbaarheid is afhankelijk van het aantal beschikbare analyses van de toplaag die op het moment van het opstellen van de kaart geldend zijn (de gebieden zijn niet inmiddels ontgraven, heringericht o.i.d.)

Nadrukkelijk dient te worden vermeld dat expert-judgement (Bijlage 1 in het hoofdrapport) een zéér belangrijke input is bij het opstellen van de bodemzoneringskaart.

De zones die op de bodemzoneringskaart onderscheiden worden, kennen een rekenkundige definitie, die gebaseerd is op de verontreinigingsclusters die zijn onderscheiden in de totale dataset van alle pilotgebieden. De kleuraanduiding op de bodemzoneringskaart maakt duidelijk hoe de kwaliteitgemiddelden in de bovenlaag zich verhouden tot elkaar en welke heterogeniteit kan voorkomen. De definitie van de gebiedseigen kwaliteit + heterogeniteit per zone is op geostatistische wijze bepaald. Zeven bodemkwaliteitszones zijn onderscheiden, variërend van niet of licht verontreinigd en relatief homogeen (zone 0) tot zwaar verontreinigd en relatief heterogeen (zone 5). Oeverzones zijn heterogener in bodemkwaliteit dan gebieden met dezelfde gemiddelde bodemkwaliteit elders en zijn daarom als afzonderlijke eenheid aangemerkt.

Het nut, gebruik en de eisen voor de weergave van de bodemzoneringskaart zijn beschreven in hoofdstuk 3 en 4 van het hoofdrapport van de definitiestudie Bodemkwaliteitskaarten (AKWA rapport 01.015/RIZA-rapport 2001.054).