

Botsproef toepassen grond in diepe plassen



Botsproef toepassen grond in diepe plassen

Auteur(s)

Arjan Wijdeveld

Frank Kleissen

Botsproef toepassen grond in diepe plassen

Opdrachtgever	DGWB Directie WOM - Afdeling Bodem en Ondergrond
Contactpersoon	-
Referenties	
Trefwoorden	Diepe plassen, storten, bodem. immissietoetsruimte

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	13-11-2024
Projectnummer	11210343-009
Document ID	11210343-009-BGS-0002
Pagina's	37
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Arjan Wijdeveld Frank Kleissen	

Samenvatting

Een botsproef is bedoeld als kritische test van de werking en effecten van het instrumentarium van de wet en om inzicht te krijgen in de werking en de effecten van de bijbehorende kerninstrumenten. Hierbij geldt ook nog of het snel gaat, het flexibel is, en de vraag of dit uiteindelijk leidt tot goede kwaliteit van de leefomgeving.

Met de invoering van de omgevingswet per 01-01-2024 is het aanbrengen van grond of baggerspecie in diepe plassen vergunningplichtig voor nieuwe activiteiten (en met een 3 jarige overgangperiode voor al lopende activiteiten). Een nieuw aspect in de vergunning dat het effect van het aanbrengen op de waterkwaliteit moet worden getoetst. De KRW staat geen (tijdelijke) achteruitgang toe. Voor de toetsing is gebruik gemaakt van de immissietoetswaarde uit het handboek Immissietoets, toegepast voor twee voorbeeldlocaties. De botsproeven die voor twee voorbeeldlocaties zijn uitgevoerd richten zich op knelpunten met betrekking tot de emissie van KRW prioritaire stoffen uit de aangebrachte bodem en de invloed op de waterkwaliteit van de betreffende diepe plassen en de aangetakte rivieren. Hierbij is zowel gekeken naar de stortfase bij het aanbrengen van grond of baggerspecie en na de steady state fase na storten.

De belangrijkste conclusies die uit de twee uitgevoerde botsproeven (Kesselse Waard – aantakking met de Maas en Ravenswaarden – aantakking met de IJssel) kunnen worden getrokken zijn:

- Voor de stortfase: Voor beide diepe plassen en de aangetakte rivieren geldt dat er meerdere stoffen zijn die de immissietoetswaarde in zowel de diepe plassen als voor de rivier overschrijden. Het storten (en in mindere mate de locatie) domineert de waterkwaliteit.
- Steady state: Ook na stort blijft de waterkwaliteit in beide plassen tot boven de immissietoetswaarde beïnvloed. Voor de rivieren zijn er veel minder stoffen die de immissietoetswaarde overschrijding en is de overschrijding meer locatie specifiek.

Om voor de diepe plas (tijdens de stortfase) te voldoen aan de immissietoetswaarde dienen de te accepteren concentraties in de bodem een factor 10 tot 100 lager te liggen dan de bodemclassificatie toelaat voor toepasbare bodem. Lokale condities in de plas en de rivier spelen een rol bij het acceptatiecriterium tijdens storten, maar het generieke effect van storten is dusdanig groot dat dit de waterkwaliteit domineert en tot overschrijding van de immissietoetswaarde voor zowel de plas als rivier leidt.

Na stort (de steady state) spelen de verschillen tussen de lokale condities een grotere rol. Met name in de Rijntakken (botsproef locatie Ravenswaarden) wordt de immissietoetswaarde voor de rivier voor bijna alle stoffen gehaald. Voor de Maas (botsproef locatie Kesselse Waarden) blijven er voor meerdere stofgroepen (metalen, PAK's, gechloreerde verbindingen) overschrijdingen van de immissietoetswaarden. Lokale condities spelen een cruciale rol of in de rivier voldaan kan worden aan de immissietoetswaarde.

Inhoud

	Samenvatting	4
	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Doel	7
1.3	Scope	7
	Aanpak	9
1.1	Modelkeuze	9
1.1.1	Immissietoets	9
1.1.2	SEDIAS	9
1.1.3	Westside	10
1.2	Modelinvoer	10
1.2.1	Publieke data	10
1.2.2	Aanvullingen Immissietoets	11
1.2.3	Aanvullingen SEDIAS	12
1.2.4	Aanvullingen Westside	12
1.3	Werkwijze	13
	Resultaten	14
1.1	Ravenswaarden	14
1.2	Kesselse Waard	16
	Discussie	19
1.1	Kesselse Waard versus Ravenswaarden	19
1.2	Afleiden acceptatiecriteria in de plas	19
1.3	Afleiden acceptatiecriteria op de rivier	21
1.3.1	PFOS	21
	Conclusies	22
	Bijlage A – Uitvoering steady state berekening	23
1.1	Inleiding	23
1.2	Werkwijze	23
1.3	Omschrijving van plassen.	24
1.3.1	Ravenswaarden	24
1.3.2	Kesselse waard	25
1.4	Uitwerking	25
1.4.1	Inleiding	25
1.4.2	Uitwerking Ravenswaarden	26
1.4.2.1	Beschikbare gegevens	26
1.4.2.2	Langere termijn	26

1.4.2.3	Korte termijn	27
1.4.3	Uitwerking Kesselse waarden	28
1.4.3.1	Lange termijn	28
1.4.3.2	Korte termijn	29
1.5	Samenvatting methodologie	29
1.6	Waterkwaliteit berekeningen	31
1.6.1	Inleiding	31
1.6.2	Uitwerking porieconcentraties en fluxen naar de plas	31
1.6.3	Toetsing rivier	32
Bijlage B – stofeigenschappen		35

Inleiding

1.1 Aanleiding

Met de invoering van de omgevingswet per 01-01-2024 is het aanbrengen van grond of baggerspecie in diepe plassen vergunningplichtig voor nieuwe activiteiten (met een 3-jarige overgangperiode voor al lopende activiteiten). De eisen die aan de vergunning gesteld gaan worden zijn nog niet 100% uitgekristalliseerd, maar een beoordeling van het effect van het aanbrengen van grond of baggerspecie op de waterkwaliteit voor de KRW prioritaire stoffen ligt in de lijn der verwachting.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om door middel van een botsproef na te gaan of KRW stoffen die mogelijk aanwezig zijn in toepasbare bodems en kunnen naleveren naar het oppervlaktewater voldoen aan de immissieruimte van een lozing bij het aanbrengen in diepe plassen. Deze immissieruimte wordt berekend met de immissietoets. De keuze om de immissietoets voor lozingen als uitgangspunt te gebruiken wordt onder scope toegelicht.

Het gaat hierbij om drie groepen stoffen:

- Prioritaire stoffen,
- Prioritair gevaarlijke stoffen, en
- Overige stoffen: een lijstje van stoffen die is overgenomen uit eerdere Europese regelingen voor waterkwaliteit

De stoffen worden getoetst op de invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit tijdens het aanbrengen in de diepe plas en na aanbrengen (steady state). De invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit wordt zowel in de plas als ook op de rivier bepaalt.

1.3 Scope

In deze studie wordt gebruik gemaakt van bestaande tools om de impact van het aanbrengen van bodems van verschillende toepasbare klassen in een diepe plas, als zijnde een lozing, te bepalen. Of het toetsen als een lozing bij het toepassen van bodems in watersystemen onderdeel gaat vormen van de omgevingswet, is geen onderdeel van deze studie.

De tool om de immissie te beoordelen, de immissietoets¹, heeft als voordeel dat de gegevens over b.v. de uitwisseling met de rivier, de maatgevende rivierdebieten en de achtergrondconcentraties van stoffen opgenomen zijn in de tool. Op basis van de time-stamp van de berekening kunnen deze gegevens herleidbaar worden op gepubliceerde referentiedata.

De immissietoets in zijn huidige vorm heeft ook beperkingen. Om te beoordelen wat de emissie is uit bodems in diepe plassen zijn aanvullende modellen nodig. Om de impact van zowel het aanbrengen van bodem in een diepe plas, als ook de situatie na het aanbrengen van de bodem te beoordelen, wordt gebruik gemaakt van bestaande waterbodemberekeningstools: SEDIAS² (voor de steady state bodem/water uitwisseling) en Westside³ (voor de aanbrengfase). De benodigde gegevens voor de berekeningen van deze modellen

¹ <https://www.immissietoets.nl/berekening/immissietoets#/berekening/immissietoets>

² <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterbodems/@178440/sedias/>

³ Geen publieke versie beschikbaar, het model is in onderhoud bij Deltares

zijn afkomstig van het RIVM⁴. Ook deze gegevens zijn op basis van de time-stamp herleidbaar.

Daarmee zijn de modellen voor de botsproef:

- Eerder voor het beoordelen van waterbodems in Nederland ingezet,
- Zijn de modellen (op Westside na) publiek beschikbaar,
- Worden de modellen gevoed met publiek herleidbare data (inclusief time stamp voor zaken als de achtergrondconcentratie), en
- Is de wijze van het berekenen van de uitwisseling tussen (water)bodem en oppervlaktewater gebaseerd op de gangbare procesinzichten anno 2024.

Door de gekozen scope vallen ook een aantal zaken buiten het doel van deze studie:

- De procesinzichten in de modellen zijn gebaseerd op een brede toepassing van de modellen (niet alleen voor het verondiepen van diepe plassen), de modellen kennen een al wat langere toepassingsgeschiedenis (van voor het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) van 2008).
 - Uitgangspunt van de modellen is het berekenen van een gemiddeld effect op de oppervlaktewaterkwaliteit. De nadruk ligt niet op het bepalen van het effect van specifieke tijdsafhankelijke condities in de diepe plas of op de rivier.
 - Inzichten in het al dan niet beschikbaar zijn van verontreinigingen onder specifieke lokale condities (zoals bijvoorbeeld uitgewerkt in het niet ingevoerde Milieuhygiënisch toetsingskader (MHT) van 2017) worden niet in deze studie meegenomen.
- De immissieruimte voor een lozing wordt berekend op basis van de achtergrondconcentratie en de JG-MKN voor zoet water.
 - Er zou als alternatief getoetst kunnen worden tegen de maximaal aanvaardbare concentratienorm (MAC-MKN), deze beschermt het ecosysteem tegen kortdurende concentratiepieken. Dit is niet uitgevoerd.
 - Voor getijde beïnvloedde systemen zoals de Kesselse Waard kan als alternatief gekozen worden voor toetsing op de JG-MKN voor zout water. Dit is niet uitgevoerd.

De randvoorwaarde dat van publieke data (RIVM RVS zoekstelsel stoffen) wordt uitgegaan betekent dat voor sommige stoffen geen berekening kan worden uitgevoerd, b.v. omdat er geen jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm voor langdurige blootstelling (JG-MKN) is gepubliceerd. Het is buiten de scope van deze studie om hier per stof een alternatief voor toe te passen. Voor enkele stoffen wordt een uitzondering gemaakt, deze uitzondering wordt gemotiveerd in de aanpak.

⁴ <https://rvszoekstelsel.rivm.nl/Stoffen>

Aanpak

1.1 Modelkeuze

1.1.1 Immissietoets

Het uitvoeren van een Immissietoets is een belangrijke stap in het Nederlandse waterbeleid voor het bepalen van de effecten van een restlozing op het (water)milieu. Bij vergunning-aanvragen van (in)directe lozingen op het oppervlaktewater van zowel de rijkswateren als de regionale wateren moet de immissietoets worden toegepast als onderdeel van de aanvraag.

De botsproef is conform het handboek Immissietoets⁵ opgezet. Dat wil zeggen dat er getoetst wordt aan de eerste vijf stappen van het handboek Immissietoets:

1. Effluenttoets.
2. Triviaaltoets.
3. Significantietoets.
4. Normtoets.
5. Beoordeling op waterlichaamniveau.

Van belang is op te merken dat:

- De toets wordt uitgevoerd op de maatgevend lage afvoer die slechts in 10% van de tijd wordt onderschreden. Deze gegevens komen locatiespecifiek uit de web-applicatie van de immissietoets
- Voor een aantal stoffen de achtergrondconcentratie⁶ de JG-MKN overschrijdt. Stap 3 (de significantietoets) toetst dan of de concentratietoename aan de rand van de mengzone <10% is van de JG-MKN:
 - Voor de rivier berekent de immissietoets de omvang van de mengzone
 - Voor de diepe plas wordt de hele plas als mengzone aangeduid

1.1.2 SEDIAS

De SEDImentASsistent (SEDIAS) beschrijft een aantal processen die de uitwisseling tussen de waterbodem en oppervlaktewater beschrijven. Voor deze studie is gebruik gemaakt van:

1. Partitie (K_p) tussen de waterbodem en poriewater
2. Diffusie, dispersie en kwel

De RIVM RVS zoekstelsel stoffen bepaald de concentratie in de standaard bodem waarop getoetst wordt op basis van de klassegrens voor licht, matig of sterk verontreinigde bodem. De partitie (K_p) bepaald de opgeloste concentratie in de waterbodem (het poriewater) op basis van de bodem concentratie. De verspreidingsprocessen 'diffusie, dispersie en kwel' bepalen de emissie vanuit het poriewater naar het oppervlaktewater.

SEDIAS kent ook een beschrijving van opwerveling door scheepsvaart (niet van toepassing in de plas), opwerveling door wind (voor een diepe plas in de stortfase vanwege de diepte niet aan de orde) en bioturbatie en bioirrigatie (aangenomen dat dit in een diepe plas niet voorkomt).

⁵ https://iplo.nl/publish/pages/130130/handboek_immissietoets_oktober2019_2.pdf

⁶ Als bovenstroomse achtergrondconcentratie is voor de Rijn Lobith (Ravenswaarden) en voor de Maas Eijsden (Kesselse Waard) gekozen omdat deze twee referentielocaties de meeste complete stoffenlijst kennen.

1.1.3 Westside

Westside beschrijft de bodem/water uitwisseling in steady state (als er niet gestort wordt) op dezelfde wijze als SEDIAS. Westside voegt hier de invloed van storten van grond aan toe. Door het storten is er meer uitwisseling met het oppervlaktewater (de stortpluim) en wordt de plas ondieper.

1.2 Modelinvoer

1.2.1 Publieke data

De modelberekeningen worden uitgevoerd met publieke data uit het RIVM RVS zoekstelsel stoffen en de Immissietoets (de referenties zijn eerder gegeven):

- Voor de berekeningen is minimaal nodig (<https://rvszoekstelsel.rivm.nl/Stoffen>):
 - Een toetsnorm (de JG-MKN),
 - Een bodemklasse concentratie (licht, matig of sterk verontreinigd), en
 - Een door het RIVM gepubliceerde en herleidbare verdelingcoëfficiënt (K_p).
- Er wordt een uitzondering op de bovenstaande regels gemaakt voor:
 - PFAS, waar de HVN als de te toetsen bodemklasse is aangenomen en waar het RIVM briefrapport 2020-0102 is gebruikt voor de K_p
 - Voor stoffen waar op de RIVM website geen K_p data beschikbaar is, maar in het SEDIAS model wel.
 - Voor stofgroepen. Stofgroepen kennen niet altijd toetsnormen (JG-MKN) op stofniveau, concentraties in de bodem gelden niet per stof maar voor de groep:
 - PAK's
 - Voor een aantal PAK's zijn individuele normen (JG-MKN),
 - De som PAK norm per bodemklasse wordt als bodemkwaliteit per individuele PAK toegepast: *De berekening is worst case.*
 - PCB's
 - PCB's kennen een individuele K_p (SEDIAS) en een individuele kwaliteitsklasse (licht verontreinigd). Wat ontbreekt is een JG-MKN per PCB.
 - PCB's kennen een maximaal toelaatbaar risico MTR oppervlaktewater totaal ($\mu\text{g}/\text{kg d.s.}$), deze kan met behulp van de K_p omgerekend worden naar een toetsconcentratie in oppervlaktewater ($\mu\text{g}/\text{l}$): *Doordat een MTR waarde hoger is dan een JG-MKN is de berekening voor PCB minder limitatief dan voor andere stoffen.*
 - DDT/DDE/DDD
 - Voor DDT/DDE/DDD zijn de NOBO⁷ klasse A/B bodemnormen aangehouden
- Maatgevende laagafvoer, achtergrondconcentraties per stof en de initiële concentratie in de plas: zie <https://www.immissietoets.nl/berekening/immissietoets>
 - Voor de Maas (Kesselse Waard), referentie achtergrond Eijsden, en
 - Voor de Rijn (Ravenswaarden), referentie achtergrond Lobith.
 - Voor de maatgevende laagafvoer voor de Maas is Nationale Water Model (NWM), jaren 2010-2020, gebruikt.

⁷ NORMstelling en BODemkwaliteits- beoordeling; NOBO: Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling
Onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor de bodemnormen in 2005, 2006 en 2007, Ministerie van VROM

1.2.2 Aanvullingen Immissietoets

Ravenswaarden

Immissietoets locatie 9883

Latitude 52.1930 / Longitude 6.1570

Zoet water – rivier/beek



Figuur 1 Locatie Ravenswaarden

Gegevens plas voor immissietoets

Oppervlakte: 325000 m²

Gemiddelde diepte plas: 4m (steady state, na vullen)

⇒ Volume: 1.300.000 m³

Gemiddelde afvoer: 384 m³/s

Maatgevende laagafvoer: 202 m³/s

Breedte en diepte doorvaart: 45 en 4m

Kweldebiet⁸: 363223 m³/j = 0,0115 m³/s

Poriedebiet: 54900 m³/j = 0,0017 m³/s

KRW Waterlichaam: IJssel

Kesselse Waard

Immissietoets locatie 3650

Latitude 51.8004 / Longitude 5.3799

Kanalen, estuaria en getijrivieren met restdebiet (rivierafvoer)



Figuur 2 Locatie Kesselse Waard

Gegevens plas voor immissietoets

Oppervlakte: 500.000 m²

Gemiddelde diepte plas: 4m (steady state, na vullen)

⇒ Volume: 2.000.000 m³

⁸ Zie bijlage A voor de berekening van het kwel en poriedebiet

Gemiddelde afvoer (NMW): 269 m³/s
 Maatgevende laagafvoer (NWM): 55,85 m³/s
 Kweldebiet: 1061163 m³/j = 0,0336 m³/s
 Poriedebiet: 22784 m³/j = 0,00072 m³/s
 KRW waterlichaam: Beneden Maas

1.2.3 Aanvullingen SEDIAS

In Bijlage B staan de stoffeigenschappen weergegeven. Indien er gebruik gemaakt is van de SEDIAS verdelingscoëfficiënten (de log(K_p)) of NOBO bodemnormen, in plaats van de stofgegevens uit het RIVM RVS zoekstelsel, dan is dit met een oranje cel aangegeven.

1.2.4 Aanvullingen Westside

Uitgangspunt is dat de plas in 10 jaar gevuld wordt tot een waterdiepte van 4 meter. Voor Westside wordt rekening gehouden met het talud voor het bepalen van het stortvolume.

Voorafgaand aan de berekeningen is een gevoeligheidsanalyse gedaan naar de invloed van de wijze van storten. Als uitgangspunt is gekozen om aan de bovenkant van een realistisch scenario te gaan zitten:

- 2 stortingen per dag
- Een relatief grote stortstraal (10 meter)
- Een stortkoker op een wat grotere hoogte (2 meter) van de bodem

De voor Westside van belang zijnde parameters zijn als volgt berekend:

Ravenswaarden

Plas	(ontzandingsvergunning uit 1955, exacte diepte niet zeker)	
Oppervlakte plas	325000	m ²
Diepte plas op t0	20.0	m
Diepte plas op teind	4.0	m
(Gemiddelde diepte IJssel	4.0	m)
Volume plas t0	5400802	m ³
Volume plas teind	1252415	m ³
Gestort volume	4.482.044	m ³
Vulperiode	10	jaar
Zwevend stof	20	mg/l

Hydraulische randvoorwaarden

Gemiddelde afvoer (NMW)	384	m ³ /s		
Maatgevende laagafvoer	202	m ³ /s		
Maatgevende laagafvoer (NWM)	202	m ³ /s		
Kweldebiet	363223	m ³ /j	=	0.0115 m ³ /s
Poriedebiet	54900	m ³ /j	=	0.0017 m ³ /s
KRW waterlichaam		IJssel		

Uitwisseling door neervorming uitwisseldebiet ten gevolge van peilverschillen	0.81	m ³ /sec
	1.80	m ³ /sec
Totale uitwisselingsdebiet	2.61	m³/sec

Eigenschappen bodem/bagger en storttechniek

gemiddelde soortelijk massa	1650	kg/m ³		
beuninhoud onderlosser	614	m ³	2	stortingen per Dag
storttechniek: stortkoker zonder diffusor	2.00	m hoogte stortwolk	10.00	straal stortwolk

Kesselse Waard

Plas

Oppervlakte plas	500000	m ²		
Diepte plas op t0	30.0	m		299895
Diepte plas op teind	4.0	m		321.0
(Gemiddelde diepte Maas	6.3	m)		
Volume plas t0	11998420	m ³		talud
Volume plas teind	1940760	m ³		talud
Gestort volume	10.707.272	m ³		talud
Vulperiode	10	jaar		
Zwevend stof	20	mg/l		

Hydraulische randvoorwaarden

Gemiddelde afvoer (NMW)	269	m ³ /s		
Maatgevende laagafvoer NWM)	55.85	m ³ /s		
Kweldebiet	1061163	m ³ /j	=	0.0336 m ³ /s
Poriedebiet	22784	m ³ /j	=	0.00072 m ³ /s
KRW waterlichaam		Beneden	Maas	
Uitwisseling door neervorming	0.36	m ³ /sec		De uitwisseling door neervorming kan geschat worden op $0,02 * 0,1 * 180 = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$
Getij gedreven uitwisselingsdebiet	4.40	m ³ /sec		
Totale uitwisselingsdebiet	4.76	m ³ /sec		

Eigenschappen bodem/bagger en storttechniek

gemiddelde soortelijk massa	1650	kg/m ³		
beuninhoud onderlosser storttechniek: storkoker zonder diffusor	1467	m ³	2 stortingen per Dag	
	2.00	hoogte stortwolk		10.00 straal stortwolk

1.3 Werkwijze

De modellen maken allen gebruik van dezelfde invoer (zie vorige paragraaf en Bijlage B). Er is een script gemaakt dat de emissie en immissietoets berekening doet voor de steady state situatie, zowel voor de plas als ook voor de rivier (zie Bijlage A voor het script en de berekening).

Voor de stortfase wordt het effect van de stortpluim op de waterkwaliteit over de periode van vullen (10 jaar) berekend. De worst case situatie (wanneer de plas bijna vol is en de impact van storten het grootst is) wordt als toetswaarde genomen voor de concentratie in de plas. Door middel van het op de immissietoets gebaseerde script wordt het effect van storten in de plas op de concentratie in de rivier berekend.

De uitkomsten van de berekeningen worden getoetst aan de immissieruimte (zie paragraaf 1.1.1), zowel voor de plas als voor de rivier en zowel voor de situatie zonder als met achtergrondbelasting.

Ook wordt gekeken welke bodemkwaliteit voldoet aan de immissieruimte. Dus bij stoffen die de immissieruimte overschrijden: bij welke bodemkwaliteit zou storten wel voldoen aan de immissieruimte? En voor stoffen die voldoen, welke ruimte is er in de bodemkwaliteit voordat de immissieruimte is opgevuld?

Resultaten

De resultaten worden in tabellen samengevat. Gepresenteerd wordt de uitkomst voor de meest verontreinigde bodemklasse die toegepast mag worden op een waterbodembodem, zowel voor de plas als voor de rivier, in steady state en tijdens storten, en zowel met als zonder achtergrondbelasting.

1.1 Ravenswaarden

Tabel 1 Uitkomst botsproef voor Ravenswaarden - voldoet de stof aan de immissieruimte?

In groen- de stof voldoet

In rood- de stof voldoet niet

In geel – onvoldoende gegevens beschikbaar voor het uitvoeren van de toetsing

	Ravenswaarden		Plas				Rivier			
	toetswaarde zoet µg/l	Achtergrond µg/l	Schoon		Met achtergrond		Schoon		Met achtergrond	
			<toetswaarde	zoet	<toetswaarde	zoet	<toetswaarde	zoet	<toetswaarde	zoet
			steady state	stortfase	steady state	stortfase	steady state	stortfase	steady state	stortfase
Geselecteerd voor botsproef										
Metalen										
antimoon	5.60	0.24	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
arsen	1.06	1.18	ja	ja	ja	nee	ja	ja	ja	ja
barium	93.0	66.74	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)	0.15	0.00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chromium	3.40	0.97	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
kobalt	0.24	0.13	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
koper	3.01	2.70	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
kwik	0.0017	0.0019	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	nee
lood (2021)	1.20	0.32	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
molybdeen	136.0	1.47	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
nikkel (2021)	4.00	1.15	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
tin	1.05	1.02	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
vanadium	3.50	0.83	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
zink	13.97	6.78	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Polycyclische										
antracene	1.00E-01	1.94E-03	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja
benzo[a]antracene	4.96E-03	3.68E-03	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
benzo[a]pyreen (2021)	6.49E-03	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
benzo[b]fluorantheen (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo[ghi]perylene (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo[k]fluorantheen (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chryseen	5.79E-03	1.39E-02	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	nee
fenantreen	1.20E+00	1.82E-02	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
fluorantheen (2021)	1.49E-02	1.43E-02	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	nee
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
naftaleen (2021)	2.00E+00	1.37E-02	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja
Gechloroerde										
pentachloorbenzeen	7.00E-03	5.19E-05	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
hexachloorbenzeen	1.06E-04	1.13E-04	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	nee
pentachloorfenol	4.00E-01	5.04E-02	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja
PCB28	2.30E-03	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB52	1.00E-03	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB101	3.99E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB118	2.76E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB138	1.55E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB153	1.55E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB180	6.18E-05	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chlooraandaan	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
DDT	2.50E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
DDE	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
DDD	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin	1.00E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
dieldrin	1.00E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
endrin	1.00E-02	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
α-endosulfan	5.00E-03	2.38E-04	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	nee
α-HCH	2.00E-02	6.18E-05	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
β-HCH	2.00E-02	1.24E-04	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
γ-HCH	2.00E-02	1.69E-04	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
Heptachloor	2.00E-07	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
heptachloorepoxide	2.00E-07	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
tributyltin	2.00E-04	6.40E-05	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	nee
PFAS Toepassing bodem in opp.water										
PFOS	3.17E-03	3.40E-03	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	ja
PFOA	4.80E-02	2.05E-03	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Mefosa)	6.50E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Etfosa)	6.50E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Tabel 2 Acceptatiecriterium Ravenswaarden bij opvullen immissietoetsruimte

	Referentie: Bodemconcentratie			Ravenswaarden bij stort - Bodemklassen			Acceptatie
	Achtergrond Lobith	Toetswaarde handboek	Toetswaarde met achtergrond	bodem	bodem	bodem	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	licht mg/kg d.s.	matig mg/kg d.s.	sterk mg/kg d.s.	
Geselecteerd voor botsproef	mg/kg	mg/kg	mg/kg	licht mg/kg d.s.	matig mg/kg d.s.	sterk mg/kg d.s.	mg/kg d.s.
Metalen							
antimoon	0.89	20.81	20.81	1.00	15.00	15.00	1436
arsen	11.77	5.50	12.27	29.00	85.00	85.00	47.9
barium	90.03	125.45	125.45			200.00	-
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)	0.00	19.32	19.32	4.00	14.00	14.00	2406
chrom	279.81	980.57	980.57	120.00	380.00	380.00	102837
kobalt	0.51	0.78	0.78	25.00	240.00	240.00	19.9
koper	135.09	120.28	147.12	96.00	190.00	190.00	1343
kwik	0.3280	1.6994	0.3292	1.2000	10.0000	10.0000	0.61
lood (2021)	199.67	757.15	757.15	138.00	580.00	580.00	90655
molybdeen	1.65	152.59	152.59	5.00	200.00	200.00	10604
nikkel (2021)	9.15	31.77	31.77	50.00	210.00	210.00	1711
tin	377.36	222.92	399.65			450.00	-
vanadium	3.24	13.62	13.62			146.00	-
zink	742.89	855.25	855.25	563.00	2000.00	2000.00	14419
Polycyclische							
antraceen	0.0064	0.3311	0.3311	9.0000	40.0000	40.0000	21.83
benzo[a]antraceen	0.2669	0.0464	0.2715	9.0000	40.0000	40.0000	-16.67
benzo[a]pyreen (2021)	0.0000	0.0186	0.0186	9.0000	40.0000	40.0000	0.70
benzo[b]fluorantheen (2021)							
benzo[ghi]peryleen (2021)	0.0000	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
benzo[k]fluorantheen (2021)	1.2306	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
	0.0000	0.0000	0.0000				
chryseen	0.8775	0.1830	0.8958	9.0000	40.0000	40.0000	-49.73
	0.0000	0.0000	0.0000				
fenantreen	0.0617	4.0661	4.0661	9.0000	40.0000	40.0000	269.07
fluorantheen (2021)	0.2421	0.1070	0.2528	9.0000	40.0000	40.0000	-4.16
	0.0000	0.0000	0.0000				
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	0.0000	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
naftaleen (2021)	0.0032	0.4688	0.4688	9.0000	40.0000	40.0000	32.98
Gechloreerde							
pentachloorbenzeen	4.12E-05	5.56E-03	5.56E-03	7.00E-03	1.00E-01		0.38
hexachloorbenzeen	1.23E-04	2.85E-05	1.26E-04	4.40E-02	1.00E-01		0.00010
PCB28	0.0000	0.0080	0.0080	0.0140			-
PCB52	0.0000	0.0080	0.0080	0.0150			-
PCB101	0.0000	0.0080	0.0080	0.0230			-
PCB118	0.0000	0.0080	0.0080	0.0160			-
PCB138	0.0000	0.0080	0.0080	0.0270			-
PCB153	0.0000	0.0080	0.0080	0.0330			-
PCB180	0.0000	0.0080	0.0080	0.0180			-
chlooraand	0.00E+00	-	-		4.00E+00		-
DDT	0.00E+00	2.03E-01	2.03E-01	2.00E-01	2.00E-01	1.00E+00	13.19
DDE	0.00E+00	-	-	1.00E-01	1.30E-01	1.30E+00	-
DDD	0.00E+00	-	-	2.00E-02	8.40E-01	3.40E+01	-
aldrin	0.00E+00	1.29E-01	1.29E-01	1.50E-02	4.00E+00		8.08
dieldrin	0.00E+00	7.41E-01	7.41E-01	1.50E-02	4.00E+00		32.66
endrin	0.00E+00	1.95E-02	1.95E-02	1.50E-02	4.00E+00		1.33
α-endosulfan	3.07E-05	6.44E-04	6.44E-04	2.10E-03	4.00E+00		0.04
α-HCH	4.26E-05	3.56E-03	3.56E-03	1.00E-02	2.00E+00		0.25
β-HCH	7.69E-04	4.58E-02	4.58E-02	1.00E-02	2.00E+00		3.06
γ-HCH	1.44E-05	1.88E-03	1.88E-03	1.00E-02	2.00E+00		0.14
Heptachloor	0.00E+00	5.64E-07	5.64E-07	4.00E-03	4.00E+00		-0.01
heptachloorepoxide	0.00E+00	1.74E-08	1.74E-08	4.00E-03	4.00E+00		-0.01
tributyltin	2.25E-05	5.05E-05	5.05E-05	2.50E-01	1.00E-01		0.002
PFAS Toepassing bodem in opp.water							µg/kg d.s.
PFOS	3.40E-04	6.50E-05	3.47E-04		1.00E-01	3.70E-03	0.67
PFOA	8.20E-05	1.92E-03	1.92E-03		1.00E-01	8.00E-04	145.93
overig (Mefosa)	0.00E+00	1.50E-04	1.50E-04		1.00E-01	8.00E-04	10.60
overig (Etfosa)	0.00E+00	6.50E-05	6.50E-05		1.00E-01	8.00E-04	4.78

1.2 Kesselse Waard

Tabel 3 Uitkomst botsproef voor Kesselse Waard – voldoet de stof aan de immissieruimte?

In groen- de stof voldoet

In rood- de stof voldoet niet

In geel – onvoldoende gegevens beschikbaar voor het uitvoeren van de toetsing

	Kesselse waard		Plas				Rivier					
	toetswaarde zoet µg/l	Achtergrond µg/l	Schoon		Met achtergrond		Schoon		Met achtergrond			
			<toetswaarde steady state	zoet stortfase	<toetswaarde steady state	zoet stortfase	<toetswaarde steady state	zoet stortfase	<toetswaarde steady state	zoet stortfase		
Geselecteerd voor botsproef												
Metalen												
antimoon	5.60	0.27	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
arsen	1.06	1.01	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	ja	nee	ja
barium	93.0	23.22	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)	0.15	0.00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chromium	3.40	0.73	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
kobalt	0.24	0.22	nee	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
koper	3.01	2.77	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nee
kwik	0.0017	0.0017	ja	ja	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
lood (2021)	1.20	1.14	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
molybdeen	136.0	1.58	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
nikkel (2021)	4.00	1.86	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
tin	1.05	0.99	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
vanadium	3.50	0.90	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
zink	13.97	13.19	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Polycyclische												
antraceen	1.00E-01	2.38E-03	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
benzo[a]anthraceen	4.96E-03	4.90E-03	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
benzo[a]pyreen (2021)	6.49E-03	6.47E-03	ja	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
benzo[b]fluorantheen (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo[ghi]perylene (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo[k]fluorantheen (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
chryseen	5.79E-03	5.50E-03	ja	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
fenantreen	1.20E+00	1.82E-02	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
fluorantheen (2021)	1.49E-02	1.43E-02	nee	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
naftaleen (2021)	2.00E+00	1.37E-02	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Gehloreerde												
pentachloorbenzeen	7.00E-03	3.06E-05	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
hexachloorbenzeen	1.06E-04	1.03E-04	nee	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee
pentachloorfenol	4.00E-01	5.04E-02	ja	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB28	2.30E-03	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB52	1.00E-03	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB101	3.99E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB118	2.76E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB138	1.55E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB153	1.55E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB180	6.18E-05	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chlooraandaan	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DDT	2.50E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
DDE	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DDD	-	0.00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin	1.00E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
dieldrin	1.00E-02	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
endrin	1.00E-02	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
α-endosulfan	5.00E-03	2.38E-04	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
α-HCH	2.00E-02	6.18E-05	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	nee	nee	nee
β-HCH	2.00E-02	1.24E-04	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
γ-HCH	2.00E-02	1.69E-04	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	nee	nee	nee
Heptachloor	2.00E-07	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
heptachloorepoxide	2.00E-07	0.00E+00	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
tributyltin	2.00E-04	6.40E-05	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
PFAS Toepassing bodem in opp.water												
PFOS	3.17E-03	3.10E-03	ja	ja	nee	nee	ja	ja	ja	ja	nee	nee
PFOA	4.80E-02	3.50E-03	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Mefosa)	6.50E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Eftosa)	6.50E-04	0.00E+00	ja	ja	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Tabel 4 Acceptatiecriterium Kesselse Waard bij opvullen immissietoetsruimte

	Referentie: Bodemconcentratie			Kessel bij stort - Bodemklassen			Acceptatie
	Achtergrond Eijsden	Toetswaarde handboek	Toetswaarde met achtergrond	licht	matig	sterk	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	
Geselecteerd voor botsproef	mg/kg	mg/kg	mg/kg	licht	matig	sterk	mg/kg d.s.
Metalen							
antimoon	1.00	20.81	20.81	1.00	15.00	15.00	1322
arsen	10.05	5.50	10.55	29.00	85.00	85.00	43.8
barium	31.33	125.45	125.45			200.00	-
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)	0.00	19.32	19.32	4.00	14.00	14.00	2919
chrom	209.51	980.57	980.57	120.00	380.00	380.00	157031
kobalt	0.87	0.78	0.95	25.00	240.00	240.00	5.8
koper	139.02	120.28	151.05	96.00	190.00	190.00	1423
kwik	0.2898	1.6994	0.2910	1.2000	10.0000	10.0000	0.69
lood (2021)	722.28	757.15	757.15	138.00	580.00	580.00	10636
molybdeen	1.77	152.59	152.59	5.00	200.00	200.00	9685
nikkel (2021)	14.77	31.77	31.77	50.00	210.00	210.00	1215
tin	369.43	222.92	391.73			450.00	-
vanadium	3.50	13.62	13.62			146.00	-
zink	1446.39	855.25	1531.92	563.00	2000.00	2000.00	14212
Polycyclische							
antraceen	0.0079	0.3311	0.3311	9.0000	40.0000	40.0000	20.08
benzo[a]anthraceen	0.3550	0.0464	0.3596	9.0000	40.0000	40.0000	-24.71
benzo[a]pyreen (2021)	0.7095	0.0186	0.7114	9.0000	40.0000	40.0000	-68.00
benzo[b]fluorantheen (2021)							
benzo[ghi]perylene (2021)	0.0000	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
benzo[k]fluorantheen (2021)	0.0000	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
	0.0000	0.0000	0.0000				
chryseen	0.3470	0.1830	0.3653	9.0000	40.0000	40.0000	-20.89
	0.0000	0.0000	0.0000				
fenantreen	0.0617	4.0661	4.0661	9.0000	40.0000	40.0000	248.80
fluorantheen (2021)	0.2421	0.1070	0.2528	9.0000	40.0000	40.0000	-4.04
	0.0000	0.0000	0.0000				
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	0.0000	-	-	9.0000	40.0000	40.0000	-
naftaleen (2021)	0.0032	0.4688	0.4688	9.0000	40.0000	40.0000	29.56
Gechloreerde							
pentachloorbenzeen	2.43E-05	5.56E-03	5.56E-03	7.00E-03	1.00E-01		0.35
hexachloorbenzeen	1.13E-04	2.85E-05	1.16E-04	4.40E-02	1.00E-01		0.00010
PCB28	0.0000	0.0080	0.0080	0.0140			-
PCB52	0.0000	0.0080	0.0080	0.0150			-
PCB101	0.0000	0.0080	0.0080	0.0230			-
PCB118	0.0000	0.0080	0.0080	0.0160			-
PCB138	0.0000	0.0080	0.0080	0.0270			-
PCB153	0.0000	0.0080	0.0080	0.0330			-
PCB180	0.0000	0.0080	0.0080	0.0180			-
chlooraand	0.00E+00	-	-		4.00E+00		-
DDT	0.00E+00	2.03E-01	2.03E-01	2.00E-01	2.00E-01	1.00E+00	12.41
DDE	0.00E+00	-	-	1.00E-01	1.30E-01	1.30E+00	-
DDD	0.00E+00	-	-	2.00E-02	8.40E-01	3.40E+01	-
aldrin	0.00E+00	1.29E-01	1.29E-01	1.50E-02	4.00E+00		7.73
dieldrin	0.00E+00	7.41E-01	7.41E-01	1.50E-02	4.00E+00		36.40
endrin	0.00E+00	1.95E-02	1.95E-02	1.50E-02	4.00E+00		1.22
α-endosulfan	3.07E-05	6.44E-04	6.44E-04	2.10E-03	4.00E+00		0.04
α-HCH	1.10E-05	3.56E-03	3.56E-03	1.00E-02	2.00E+00		0.23
β-HCH	2.84E-04	4.58E-02	4.58E-02	1.00E-02	2.00E+00		2.84
γ-HCH	1.58E-05	1.88E-03	1.88E-03	1.00E-02	2.00E+00		0.12
Heptachloor	0.00E+00	5.64E-07	5.64E-07	4.00E-03	4.00E+00		0.00
heptachloorepoxide	0.00E+00	1.74E-08	1.74E-08	4.00E-03	4.00E+00		0.00
tributyltin	1.61E-05	5.05E-05	5.05E-05	2.50E-01	1.00E-01		0.0022
PFAS Toepassing bodem in opp.water							µg/kg d.s.
PFOS	3.10E-04	6.50E-05	3.17E-04		1.00E-01	3.70E-03	0.58
PFOA	1.40E-04	1.92E-03	1.92E-03		1.00E-01	8.00E-04	117.85
overig (Mefosa)	0.00E+00	1.50E-04	1.50E-04		1.00E-01	8.00E-04	9.49
overig (Etfosa)	0.00E+00	6.50E-05	6.50E-05		1.00E-01	8.00E-04	-25.46

Tabel 5 Vergelijking uitkomst Ravenswaarden versus Kesselse Waard – stortfase en steady state – met achtergrondconcentraties

In groen- de stof voldoet

In rood- de stof voldoet niet

In geel – onvoldoende gegevens beschikbaar voor het uitvoeren van de toetsing

	Ravenswaarden	Kesselse waard	Ravenswaarden	Kesselse waard	Ravenswaarden	Kesselse waard	Ravenswaarden	Kesselse waard
	Plas	Plas	Plas	Plas	Rivier	Rivier	Rivier	Rivier
	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond	Met achtergrond
	stortfase	stortfase	steady state	steady state	stortfase	stortfase	steady state	steady state
Geselecteerd voor botsproef								
Metalen								
antimoon	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
arsen	nee	nee	ja	nee	ja	nee	ja	ja
barium	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
cadmium (klasse 4: 120 mg/L HCO3)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chrom	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
kobalt	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	nee
koper	ja	ja	ja	ja	ja	nee	ja	ja
kwik	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
lood (2021)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
molybdeen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
nikkel (2021)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
tin	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
vanadium	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
zink	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Polycyclische								
antracene	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
benzo[a]antracene	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
benzo[a]pyreen (2021)	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	nee
benzo[b]fluorantheen (2021)								
benzo[ghi]perylene (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-
benzo[k]fluorantheen (2021)	-	-	-	-	-	-	-	-
chryseen	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
fenantreen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
fluorantheen (2021)	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
indeno[1,2,3-c,d]pyreen	-	-	-	-	-	-	-	-
naftaleen (2021)	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Gechloreerde								
pentachloorbenzeen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
hexachloorbenzeen	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
pentachloorfenol	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB28	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB52	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB101	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB118	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB138	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB153	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
PCB180	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
chlooraand	-	-	-	-	-	-	-	-
DDT	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
DDE	-	-	-	-	-	-	-	-
DDD	-	-	-	-	-	-	-	-
aldrin	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
dieldrin	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
endrin	nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
α-endosulfan	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
α-HCH	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	ja
β-HCH	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
γ-HCH	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	ja
Heptachloor	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
heptachloorepoxide	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
tributyltin	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee
PFAS Toepassing bodem in opp.water								
PFOS	nee	nee	nee	nee	ja	nee	ja	ja
PFOA	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Mefosa)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
overig (Etofosa)	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Discussie

Er zijn voor 137 stoffen 4 sets van berekeningen uitgevoerd (steady state en tijdens stort / met en zonder achtergrondwaarden), aangevuld met een gevoeligheidsanalyse voor de storttechniek (niet opgenomen in de rapportage) en een berekening van de acceptatiecriteria voor elk van de 4 sets berekeningen. Er zal beperkt ingegaan worden op individuele resultaten, de focus ligt op groepen stoffen, trends en de gevoeligheid voor omgevingscondities. Hieronder worden de meest opvallende resultaten besproken.

1.1 Kesselse Waard versus Ravenswaarden

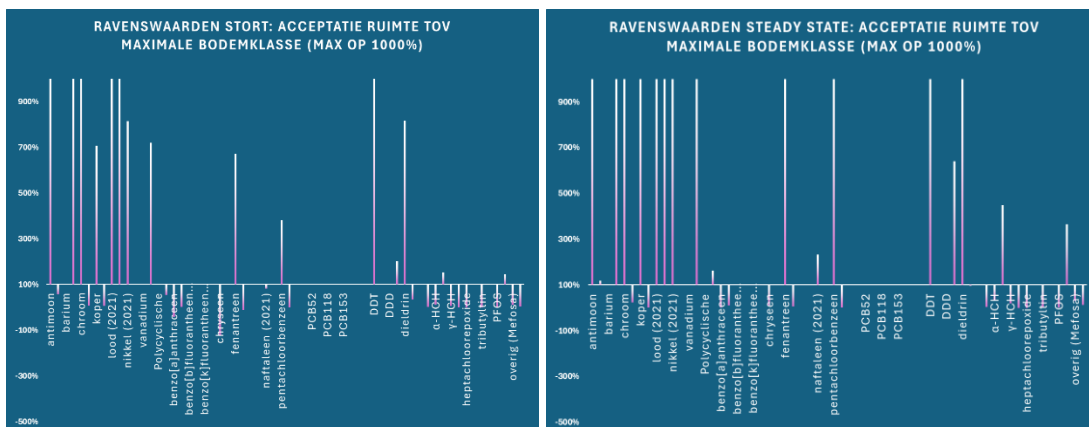
Als we de uitkomsten van Ravenswaarden en Kesselse Waard bij de stortfase en steady state (Tabel 5) vergelijken met de achtergrondconcentraties, valt op dat Ravenswaarden minder vaak een overschrijding van de immissietoetsruimte laat zien voor stoffen die minder gevoelig zijn voor de achtergrondconcentratie (stoffen die qua achtergrondwaarde onder JG-MKN voorkomen). Ook liggen de acceptatiecriteria wat hoger dan voor de Kesselse Waard. De oorzaak is dat Ravenswaarden (IJssel) een hogere maatgevende laagafvoer kent dan de Kesselse Waard (Maas) (4x hoger). Wat ook een rol speelt is dat de uitwisseling met de rivier groter is voor Kesselse Waard (vooral door de invloed van getij) (krappe factor 2 hoger), maar dat het volume van de plas ook groter is (ruim een factor 2 groter). Netto is daarmee zowel de concentratie in de plas als de impact op de rivier groter voor Kesselse Waard vergeleken met Ravenswaarden.

Het kan voorkomen dat een stof een wat hoger acceptatiecriterium kent voor de Kesselse Waard vergeleken met Ravenswaarden. Dit komt door het verschil in achtergrondconcentraties tussen de Rijn (IJssel) en de Maas. Voor enkele stoffen, zoals barium, chryseen en α en β -HCH, zijn de achtergrondconcentraties in de Maas meer dan 50% lager. Toch leidt deze 'opvulruimte' voor deze stoffen niet tot hogere acceptatiegrenzen voor de Kesselse Waard. Het effect van het verschil in mengfactor domineert.

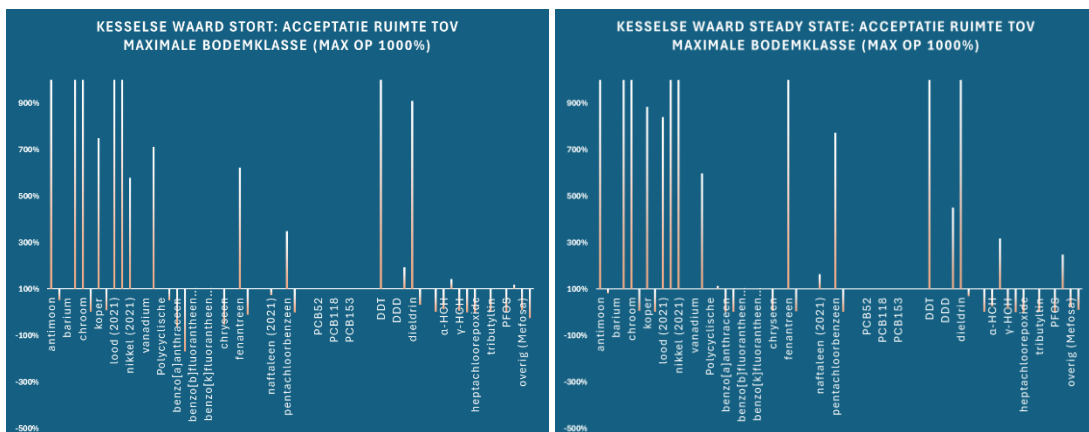
Uitgaande van de *real case conditie na stort* en de immissietoetsruimte bij toetsing op de rivier is het verschil tussen Ravenswaarden en Kesselse Waard in stoffen die boven de immissietoetsruimte uitkomen relatief groot.

1.2 Afleiden acceptatiecriteria in de plas

Om een indruk te krijgen welke stoffen bij stort in de plas op basis van het afgeleide acceptatiecriterium onder of boven de maximaal toepasbare bodemkwaliteit uit komen is in Figuur 3 en Figuur 4 het acceptatiecriterium als percentage van de maximale bodemklassegrens weergegeven bij stort en in steady state.



Figuur 3 Toe of afname acceptatiecriterium in de diepe plas Ravenswaarden; bij stort en in steady state



Figuur 4 Toe of afname acceptatiecriterium in de diepe plas Kesselse Waard; bij stort en in steady state

Wat opvalt in met name de stortfase voor zowel Ravenswaarden als ook Kesselse Waard is de lage (tot soms zelfs negatieve) acceptatiegrenzen voor een aantal PAK's. De door de vertroebeling (stortpluim) vrijkomende PAK's zorgen samen met de hoge achtergrondwaarden voor een te hoge concentratie in het oppervlaktewater. Hierbij valt op dat de toetsnorm voor PAK's in oppervlaktewater veel lager ligt dan de achtergrondwaarden. Een voorbeeld, de benzo[*a*]pyreen achtergrondconcentratie in Eijsden (Maas) is 0,0065 µg/l, de JG-MKN is 0,0002 µg/l, 38 keer lager. De poriewaterconcentratie in matig en sterk verontreinigde bodem kan oplopen tot 0,3648 µg/l, circa 2.000 keer boven de norm. Voor PAK's is voor de immissietoets een worst case aanname gedaan omdat er alleen een som PAK norm beschikbaar is, zie paragraaf 1.2.1 (Modelinvoer), dit maakt voor het afleiden van het acceptatiecriterium voor individuele PAK's geen verschil. Blijft wel dat voor de toe te passen bodems de som PAK norm geen garantie geeft dat de waterkwaliteit niet tot boven de immissietoetsruimte verslechterd.

Andere stoffen die opvallen in de stortfase voor zowel Ravenswaarde als Kesselse Waard zijn de metalen arseen, kobalt en kwik. Vooral kobalt valt op, met een tot een factor 41 lager acceptatiecriterium (dan klasse matig tot sterk verontreinigd) voor de Kesselse Waard en een factor 4 lager acceptatiecriterium (dan licht verontreinigd). Voor Ravenswaarden liggen de waarden hoger (bijna factor 4), maar ook voor Ravenswaarden is de te accepteren kobalt concentratie waarbij tijdens stort voldaan wordt aan de immissietoetsruimte net iets lager dan de klasse licht verontreinigde bodem.

Voor veel van de gechloreerde verbindingen valt op dat acceptatiecriteria lager liggen dan de toepasbare bodemklassering. Voor gechloreerde verbindingen waar een achtergrondwaarde is vastgesteld in de Maas of de Rijn (zoals b.v. hexachloorbenzeen en bestrijdingsmiddelen zoals α -endosulfan en HCH) is het verschil tussen de toepasbare bodemklassering en het acceptatiecriterium bij het benutten van de immissietoetsruimte een factor 10 tot 100.

Naast stoffen waar het acceptatiecriterium op basis van de immissietoetsruimte lager ligt dan de toepasbare bodemklasse zijn er ook stoffen waar het criterium verruimd zou kunnen worden. Dit geldt voor de metalen antimoon, cadmium, chroom, koper, lood, molybdeen, nikkel en zink. Van de PAK's geldt dat voor fenantreen de bodemacceptatienorm hoger kan liggen dan de som norm voor PAK's.

1.3 Afleiden acceptatiecriteria op de rivier

Voor de concentratie op de rivier in steady state valt op dat voor Ravenswaarden alleen heptachloor en heptachloorepoxide bij het toepassen van bodemklasse matig verontreinigd (4.0 mg/kg d.s.) niet voldoet (zie Tabel 1). Deze norm valt op omdat de klasse licht verontreinigd met 0.004 mg/kg d.s. een factor 1.000 lager is. Voor alle andere stoffen wordt voor Ravenswaarden op de rivier in steady state aan de immissietoetswaarde voldaan.

Voor Kesselse Waard (zie Tabel 3) blijven de metalen en PAK's (zie paragraaf 1.2 - Afleiden acceptatie criteria in de plas) te hoog.

In de steady state voor de rivier geldt dat de uitwisseling met de plas (minder is beter) en met name de maatgevende laagafvoer (hoger is beter) bepalend zijn. Ravenswaarden kent minder uitwisseling en een hogere maatgevende laagafvoer, waardoor na stort de uitwisseling met de plas voor vrijwel alle stoffen beneden de immissietoetsruimte blijft.

1.3.1 PFOS

Voor PFOS is voor de steady state situatie in de plas het verschil tussen de twee plassen:

- Acceptatiecriterium PFOS Ravenswaarden: 101.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.
- Acceptatiecriterium PFOS Kesselse Waard: 7.58 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.

Wat in beide gevallen opvalt is dat in steady state voor beide plassen een acceptatiecriterium boven de HVN concentratie voor PFOS (3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.) acceptabel is voor de waterkwaliteit in de plas, maar dat er bij Ravenswaarden aanzienlijk meer acceptatieruimte is.

Bij storten voldoen de concentraties in beide plassen niet aan de immissietoetsruimte. De HVN waarde van 3.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s. levert een te hoge emissie, en daarmee immissie, op. Omdat de concentratie in de plas tijdens de stortfase gedomineerd wordt door het storten (en minder door de uitwisseling en achtergrondwaarden) liggen de acceptatiecriteria voor de twee plassen dicht bij elkaar:

- Acceptatiecriterium PFOS Ravenswaarden (storten in de plas): 0.67 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.
- Acceptatiecriterium PFOS Kesselse Waard (storten in de plas): 0.58 $\mu\text{g}/\text{kg}$ d.s.

Conclusies

Het storten van toepasbare bodem in diepe plassen kan, met name in de stortfase, leiden tot een verslechtering van de waterkwaliteit voor KRW stoffen in het oppervlaktewater. Als criterium voor verslechtering van de waterkwaliteit is de immissietoetsruimte uit het Handboek Immissietoets (versie Oktober 2019) gehanteerd. De verslechtering geldt zowel in de diepe plas als ook op de langsstromende rivier. Voor de meeste KRW stoffen is het effect van de aangebrachte bodem in de verondiepte plas op de concentratie in de rivier na stort (de steady state) zodanig beperkt dat voldaan wordt aan de immissietoetsruimte.

Wat opvalt is dat voor de doorgerekende diepe plas aan één van de niet gestuwde Rijntakken (Ravenswaarden, aan de IJssel) de effecten voor de concentratie in de rivier geringer zijn dan voor de diepe plas aan het door getijde beïnvloede deel van de Maas (Kesselse Waard). Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren zoals de achtergrondconcentratie in de rivier, de uitwisseling tussen de rivier en de plas (mede bepaald door het getij) en het debiet van de rivier.

Indien de immissietoetsruimte voor de concentratie in de rivier in steady state (na stort) maatgevend is dan kan in het voorbeeld van Ravenswaarden (bijna⁹) alle toepasbare bodem (klasse licht, matig en sterk verontreinigd) ook toegepast worden. Kanttekening is dat niet voor alle KRW stoffen een berekening mogelijk was doordat niet voor alle stoffen werd voldaan aan de randvoorwaarde dat de modeldata herleidbaar moet zijn op eenduidige publieke data (RIVM RVS zoekstelsel stoffen).

Voor de Kesselse Waard zijn er beperkingen in de bodemkwaliteit. Binnen de immissietoetswaarde voor de rivier in steady state kan niet alle toepasbare bodem met de metalen kobalt en kwik toegepast worden, en zijn er beperkingen voor een aantal PAK's, hexachloorbenzeen, α -endosulfan en tributyltin.

In de stortfase, en met name in de diepe plas zelf, zijn er meer stoffen die zowel voor Ravenswaarden als ook voor de Kesselse Waard niet voldoen aan de immissietoetswaarde. Indien teruggerekend wordt welke bodem wel gestort mag worden om binnen de immissietoetswaarde te blijven dan dient de concentratie in de bodem een factor 10 tot 100 lager te zijn dan de toepasbare bodem klassering. De waarden liggen soms onder de achtergrondwaarden in bodem.

Samengevat:

- Voor de concentratie in de rivier in de steady state situatie (de fase na stort) is het afhankelijk van de lokale condities van de diepe plas en de rivier of bij het verondiepen met toepasbare bodem voldaan wordt aan de immissietoetswaarde.
- Voor de diepe plas tijdens de stortfase is het voldoen aan de immissietoetswaarde voor een groot aantal stoffen niet mogelijk. De te accepteren concentraties in de bodem om te voldoen aan de immissietoetswaarde dienen een factor 10 tot 100 lager te liggen dan de bodemklassificatie toelaat. Lokale condities in de plas en de rivier spelen een rol bij het acceptatiecriterium tijdens storten, maar het generieke effect van storten (uitgaande van de bovenkant van een realistisch scenario voor de stortpluim) is dusdanig groot dat dit de waterkwaliteit domineert en tot overschrijding van de immissietoetswaarde voor zowel de plas als rivier leidt.

⁹ Uitgezonderd voor heptachloor en heptachloorepoxide.

Bijlage A – Uitvoering steady state berekening

Auteur: Frank Kleissen

1.1 Inleiding

Dit memo betreft de uitvoering van de toepassing van de waterbodemimmissietoets in diepe plassen en de effecten op het waterlichaam (zie ook Handboek Immissietoets, versie oktober 2019). Voor twee plassen zijn concentraties van stoffen afgeleid in de plas zelf en op de mengafstanden in de langsstromende rivier, door gebruik te maken van stofbalansen vanuit de bodem, in combinatie met pluimberekeningen die in de webapplicatie van de immissietoets is opgenomen.

Vanuit RWS (WVL) is de vraag gesteld om inzicht te geven of en voor welke stoffen de emissie/immissie uit (water)bodems bij het verondiepen van diepe plassen tot een significant effect op de oppervlaktewaterkwaliteit kan leiden. Of het effect op de oppervlakte-waterkwaliteit significant is is van meerdere omgevingsfactoren afhankelijk, zoals de vraag of de plas aangetakt is op een rivier, wat de achtergrondconcentratie in de rivier/plas is en in welke mate de plas uitwisselt met de rivier (b.v. door getijdewerking). Ook kan de emissie/-uitwisseling beïnvloed worden door specifieke kenmerken van de bodem/baggerspecie en kunnen lokale en seizoen afhankelijke condities de emissies beïnvloeden.

In deze memo wordt alleen ingegaan op de op de rivier aangetakte plassen, en wordt er uitgegaan van bestaande toetsinstrumenten, waaronder de immissietoets met daarin de maatgevende lage afvoeren van de rivier, de SEDIAS database met (standaard) bodem eigenschappen voor de beschikbaarheid van verontreinigingen en de on-line RIVM database met normen.

Doel is om de aanpassing die nodig zijn in het Handboek immissietoets op te inventariseren om de emissie/immissie van diepe plassen als lozing te kunnen beoordelen (of de emissie uit een diepe plas die verondiept is met (lokale) (water)bodems als een lozing beschouwd moet worden is geen onderdeel van de vraagstelling).

Dit gevraagde inzicht wordt afgeleid door het uitvoeren van een botsproef met een tweetal plassen die momenteel al worden opgevuld met grond en baggerspecie. Die twee plassen betreffen Ravenswaarden bij Gorssel langs de IJssel en Kesselse Waard langs de Maas. De effecten van de stortfase zijn in de hier uitgevoerde berekeningen niet meegenomen, deze effecten worden apart beoordeeld met het model Westside. Dit onderzoek richt zich dan ook op de langere termijn effecten, wanneer de plas gevuld is.

1.2 Werkwijze

Deze opdracht richt zich vooral op de toepassing van de immissietoets voor oppervlaktewateren, gebruik makend van de webtool die hiervoor openbaar beschikbaar is en waar het huidige Handboek Immissietoets naar verwijst (<https://immissietoets.nl>). Inmiddels is de achterliggende hydrologische data geüpdatet vanuit het Nationaal Water Model (NWM) en hier zijn dan ook de getallen voor de locaties vanaf geleid. Deze kunnen dus verschillen van de huidige openbare applicatie. De webapplicatie is ontwikkeld voor puntbronnen en maakt onder andere gebruik van pluimberekeningen, maar vanuit de waterbodem wordt geen pluim gegenereerd zoals voor puntbronnen wel het geval is. De

interpretatie van de mengfactoren verdient hierdoor extra aandacht. De volgende stappen, die in een script zijn uitgewerkt, worden doorlopen.

1. Afleiden van de flux vanuit de waterbodem. Dit gaat op basis van aangeleverde kwel en poriedebieten en berekende poriewaterconcentraties. Die poriewaterconcentraties gaan uit van de Maximale waarden kwaliteitsklasse Industrie (mg/kg d.s.) en beschikbare K_d waarden (partitie coëfficiënt). De afgeleide debieten zijn al aangeleverd door RWS.
2. Bepaling van uitwisselingsdebieten tussen plas en rivier ten gevolge van neervorming en waterstandvariaties. Dit levert een verdunning op van de stoffluxen uit de bodem en dit uitwisselende debiet vormt een soort lozingspluim in de rivier.
3. Bepaling van de mengfactoren in de plas zelf en op de toetsafstanden voor JG-MKE en MAC-MKE. Hiervoor is een pluimberekening beschikbaar die in de webapplicatie van de immissietoets is opgenomen. Omdat de immissietoets conservatief rekent (dus geen processen die concentraties in de waterkolom kunnen beïnvloeden, zoals afbraak, vervluchtiging of associatie met zwevende stof, levert dit in het algemeen een worst-case resultaat op. Ook vanuit het rivier debiet wordt uitgegaan van een 10% lage afvoer en niet een gemiddelde afvoer en ook dat is onderdeel van een worst-case aanpak. De berekende mengfactoren gelden voor alle stoffen.
4. Voor alle stoffen kan vanuit de resultaten van de immissietoets een inschatting worden gegeven over verhoging van de concentratie in de plas. Beschikbare achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater worden meegenomen in de inschatting van de concentratieverandering ten gevolge van de waterbodemimmissie. Immers, als beide concentraties (dus achtergrond- en poriewaterconcentratie) gelijk zijn is er geen concentratieverandering en dus ook geen effect op de concentratie, ook al heeft het wel effect op de vracht. Als achtergrondconcentraties voor stoffen niet aanwezig zijn wordt de concentratie 0 verondersteld. Concentraties van stoffen worden berekend rekening houdend met de al dan niet aanwezige zwevende stof (via de partiticoëfficiënt).

De mengfactoren in de rivier zijn in het ontwikkelde script opgenomen als invoer. Dit memo richt zich op het afleiden van de diverse mengfactoren, en de daaruit volgende (totaal en opgeloste) concentraties. De mengfactoren die vanuit de immissietoets zijn afgeleid zijn gebruikt om concentraties van de stoffen op de toetsafstanden af te leiden.

1.3 Omschrijving van plassen.

1.3.1 Ravenswaarden

De informatie door RWS aangeleverd omvat het volgende:



Uitwisseling tussen put en oppervlaktewater vindt plaats als gevolg van stroming door neervorming en uitwisseling als gevolg van peilverschillen.

Het constante uitwisselingsdebiet (zonder peilverschil) als gevolg van neervorming kan worden ingeschat op basis van het snelheid van het langsstromende water (IJssel) en het oppervlak van de invaart. Het uitwisselingsdebiet wordt dan gegeven door:

$Q_{uitw} = 0,02 \cdot V_{rivier} \cdot [Oppervlak\ invaart]$. Deze vergelijking wordt ook in de applicatie van de immissietoets gehanteerd en is tevens in het script geïntegreerd.

1.3.2

Kesselse waard



Tabel 6 Beschikbare gegevens Ravenswaard en Kesselse waard, inclusief kwel- en poriewater debiet

locatie	oppervlak plas [m ²]	actuele diepte [m]	stadium	ontvangend watersysteem	maatgevende lage afvoer [m ³ /s]	gemiddelde afvoer [m ³ /s]	breedte oppervlakte water [m]	diepte oppervlakte water [m]	verduunningsfactor rand mengzone	uitwisselend debiet [m ³ /s]	kweldebiet [m ³ /j]	poriewaterdebiet [m ³ /j]
Koornwaard	498000	4	eind	Maas	36	274			2,69	2,8	705731	22784
Ravenswaard	325000	4	eind	IJssel	220	384	215	4	10,2	2,5	363223	54900
Kesselse waard	500000	4	eind	Maas	36 (12,8)	274			3,27	2,7	1061163	22784

1.4

Uitwerking

1.4.1

Inleiding

Wat een grote rol speelt is het uitwisselende debiet tussen de plas en de langsstromende rivier. De gemiddelde evenwichtsconcentratie in de plas is eigenlijk het resultaat van de menging van de flux vanuit de bodem (porie en kwel) en het uitwisselende debiet. Verdunningen op de rand van een mengzone in de plas is zonder geavanceerde technieken niet goed af te leiden. Dit heeft te maken met de onbetrouwbaarheid van pluim berekeningen bij (zeer) lage stroomsnelheden, zoals in een meer of plas, en het feit dat de verontreinigende stof niet vanuit een lozingspijp in het water terecht komt (dus zonder impuls). Een algemene menging in de plas is dan eigenlijk het enige dat in eerste instantie mogelijk is zonder vanuit de hydrodynamica in te schatten wat bijvoorbeeld een concentratie vlak boven de bodem zou zijn of hoe het concentratie profiel (of verdeling) in de plas er uit ziet. Dit geldt ook voor implicaties van mogelijke stratificatie in de plas.

De gemiddelde uitwisseling tussen de plas en de langsstromende rivier is bestaat voor rivieren uit een combinatie van de uitwisseling door neervorming en het volume ten gevolge van de waterpeil variatie. Dichtheid variatie speelt alleen een echte rol wanneer het zoutgehalte in de rivier ter hoogte van de doorvaart in de tijd significant varieert en dat is voor de genoemde plassen niet het geval. Dit uitwisselende volume kan dan worden gebruikt voor bepaling van de verblijftijd en de gemiddelde concentratie van het uitstromende water. De aanname is dan wel dat dit alles over de tijd is gemiddeld (dus zonder variaties in de tijd).

Het uitwisselende water vormt vanuit de plas een pluim in de rivier. De menging tussen het kwel- en poriewater en het uitwisselende debiet leidt tot verdunde concentraties die de rivier in stromen. In de rivier vindt dan vervolgens ook menging plaats en ontwikkelt er een pluim

in de rivier. Deze pluim is te beschrijven door gebruik te maken van de zogenaamde Fisher berekeningen die gebruik maakt van verspreiding door diffusie en dispersie processen. Dit levert dan een de mengfactor op de rand van de toetsafstand (in de rivier). Die Fisher berekening is ook in de immissietoets opgenomen. Hiervoor zijn nog wel een aantal aannames noodzakelijk tav de lozing zelf (van het uitwisselende water). De aanname is dat het lozingspunt aan de oever van de rivier is en het water zo goed mogelijk over de verticaal van de doorvaart wordt verdeeld.

Daarnaast is er nog de gewone algemene menging van het rivierwater dat er langs stroomt met de uitstroom vanuit de plas, maar dat is dan een algemene menging nadat het uitwisselende water vanuit de plas volledig over de dwarsdoorsnede van de rivier is gemengd.

Middels deze beschikbare technieken kunnen de verschillende mengfactoren worden ingeschat. De mengfactoren is voor elke stof hetzelfde, alleen de flux van de stof zelf verschilt, maar als die flux voor de stoffen bekend is dan kan dat in een spreadsheet verder worden uitgewerkt.

Wat ook nog een rol speelt is de achtergrond concentratie van stoffen in de rivier (dat stroomt via de uitwisseling ook de plas in) omdat zonder ander input de concentratie in de plas gelijk is aan die van de rivier (dat is dan even een aanname hier). Berekeningen vinden eigenlijk plaats aan de hand van de concentratie verhogingen ten opzichte van die achtergrond. Na de verdunning wordt de 'eindconcentratie' bepaald aan de hand van de concentratieverhoging na die verdunning, aangevuld met de achtergrondconcentratie. Immers als de lozingsconcentratie gelijk is aan de achtergrond vind er geen verhoging plaats. Bij de uitgevoerde berekening is uitgegaan van een achtergrondconcentratie van 0.

1.4.2 **Uitwerking Ravenswaarden**

1.4.2.1 **Beschikbare gegevens**

Oppervlakte: 325000 m²

Gemiddelde diepte: 4m

⇒ Volume: 1300000 m³

Gemiddelde afvoer: 384 m³/s

Maatgevende laagafvoer: 202 m³/s

Breedte en diepte doorvaart: 45 en 4m

Kweldebiet: 363223 m³/j = 0,0115 m³/s

Poriedebiet: 54900 m³/j = 0,0017 m³/s

KRW Waterlichaam: IJssel

1.4.2.2 **Langere termijn**

De gemeten (via Google maps) breedte van de doorvaart is 45m. Volgens de webapplicatie van de immissietoets is de breedte van de IJssel ter hoogte van de plas 215m, met een diepte van 4m. In dit geval is de natte doorsnede van de invaart 180 m². Met de gegeven afvoer, gemiddelde diepte en breedte geeft dit een lokale gemiddelde stroomsnelheid van de IJssel op van ongeveer 0,235 m/s. Dit zijn de gegevens die vervolgens worden gebruikt om de uitwisseling ten gevolge van neervorming uit te rekenen. Wat niet bekend is, is de diepte van de invaart, maar de aanname is dat deze gelijk is aan de diepte van de plas, dus 4m. Vanuit de log uitvoer van de applicatie levert dit een uitwisselend volume op van 0,81 m³/s. Op basis van de waterstanden (10 min. Metingen) bij Olst over de periode 1 januari 2019 t/m 20 februari 2020 is een uitwisseldebiet ten gevolge van peilverschillen afgeleid van 1,8 m³/s. Samen met het uitwisselende volume door neervorming levert dit een totaal op van 2,61 m³/s. Dit levert een verblijftijd in de plas op van 1300000/2,61 = 498084 oftewel ongeveer 5,8

dagen. De verblijftijd heeft niet een directe consequentie voor de gemiddelde concentraties, maar geeft wel een indruk van de snelheid waarmee het systeem verandert bij veranderende omstandigheden, zoals variaties in de waterstand en afvoer.

Het kwel- en poriedebiet is 0,0132 m³/s hetgeen klein is ten opzichte van het uitwisselende debiet en niet significant bijdraagt aan de verblijftijd in de plas. De menging van het kwel- en poriewater met het uitwisselende debiet is $1 + 2,61/0,0132 = 199$. Deze menging bepaalt ook de gemiddelde concentratie van de stoffen die vanuit de bodem vrijkomen met het porie- en kwelwater.

De algemene menging van het uitwisselende debiet met de IJssel is, op basis van diezelfde maatgevende afvoer, $1 + 202/2,61 = 77$ m³/s. De totale menging van het porie- en kwel water is hierdoor $199 * 77 = 15323$. Dus als de concentratie van de stoffen 1 wordt verondersteld, dan is de verandering van de concentratie in de rivier $1/15323 = 6,5 \cdot 10^{-5}$. Deze factor kan dan worden toegepast voor alle vrijkomende stoffen. Hierbij is volledige menging over de dwarsdoorsnede aangenomen.

Het water (met een debiet van 2,61) dat uit de plas stroom vormt ook een pluim in de rivier. Een inschatting van die pluim kan worden gemaakt aan de hand van de verspreiding door diffusie. In de immissietoets is de Fisher pluimberekening ingezet (die gebruikt wordt als er geen significant dichtheidsverschil is tussen het water uit de plas en het rivierwater). De aanname is dat het vanuit een pijp wordt geloosd, maar als in dit geval de aanname is dat de lozing in het midden van de waterkolom wordt geloosd, aan de kant en een lozingsdiameter van de helft van de totale waterdiepte van de IJssel, dan kan dit in de immissietoets worden toegepast en een inschatting gemaakt worden van de menging op de rand van de mengzone (die in de rivier op 1000 meter wordt gesteld gezien de breedte van de rivier). Dit levert een menging op van 8,6 (JG-MKE toetsafstand). Aangezien dit kleiner is dan de volledige menging met de rivier betekent dat de pluim na 1000m nog niet volledig over de dwarsdoorsnede is gemengd en dat op de rand van de mengzone de menging die moet worden gebruikt $199 * 8,6 = 1711$. Op de MAC-MKE toetsafstand is de menging ongeveer 438.

Omdat bij deze benadering uitgegaan wordt van de gemiddelde uitwisseling en volume flux (en ook stoffen) levert dit in beginsel concentraties op die kunnen worden getoetst aan de JG-MKN.

1.4.2.3 Korte termijn

Het watersysteem zal direct na het begin van de bodemactiviteit de grootste stoffen flux leveren, bijvoorbeeld direct na stort of baggeren. De MAC-MKE norm is hiervoor beschikbaar om te kijken of acute toxische effecten optreden, waarbij is aangenomen dat de concentratie overschrijding leidt tot acuut toxische effecten als deze minimaal 4 dagen wordt overschreden. Deze periode is gekozen omdat dit overeenkomt met de langste periode waarover acuut toxisch onderzoek wordt gedaan en waaruit de betreffende getalswaarden voor de MAC-MKE zijn afgeleid. Dat betekent ook dat in eerste instantie wordt gekeken naar de directe concentratieverhoging (op basis van de vrijkomende flux en menging). Wanneer deze (kortstondige) flux over de gehele plas wordt verdeeld dan levert dan een menging op zoals in de vorige paragraaf is afgeleid. In combinatie met de verblijftijd leidt dit tot een afname van de concentratie als er verder geen stoffen meer worden toegevoegd (dat zal in praktijk wel zo zijn). Die afname is dan direct af te leiden vanuit de verblijftijd ($C_0 \cdot e^{-t/\tau}$).

Als er in eerste instantie wordt aangenomen dat er een constante flux vanuit de bodem komt, dan kan er worden gekeken welke menging noodzakelijk is om tot onder de MAC-MKE (of JG-MKE) uit te komen en welk uitwisselend debiet hiervoor nodig is. Als dat een fractie is

van het berekende uitwisselende debiet betekent dat de dikte van de waterlaag boven de bodem ook dezelfde fractie wordt ten opzichte van de totale diepte. Hierbij wordt inderdaad uitgegaan dat de hoogste concentraties zich bij de bodem bevinden. Een overweging voor de beoordeling zou kunnen zijn om dat relatieve volume te beperken tot een deel waaronder het niet meer als een ecologisch effect wordt ingeschat (in dit geval zonder tijdscomponent).

Met het meenemen van de tijdscomponent zou dat toegestane volume (als deel van het volume van de plas) ook meegenomen kunnen worden, waardoor de beoordeling strenger uitpakt dan wanneer het hele volume wordt beschouwd. Welk volume dan ook wordt aangenomen, een eerste inschatting van de concentratie kan worden gemaakt (de flux van de stoffen verdeeld over het volume). Vervolgens kan op basis van een massabalans en rekening houdend met de verblijftijd worden ingeschat hoe deze concentratie daalt in de tijd en afleiden wat dit na 4 dagen betekent. Dit betreft dan de afname van het concentratie verschil met de achtergrond (eigenlijk de basisconcentratie in de rivier, ie het uitwisselende water).

Voor de Ravenswaard is de verblijftijd ongeveer 5,6 dagen. Met deze verblijftijd is de concentratie na 4 dagen 49% van de beginwaarde door de uitwisseling met de rivier.

1.4.3 **Uitwerking Kesselse waarden**

Oppervlakte: 500.000 m²

Gemiddelde diepte Maas: 6,3m (afgeleid van het Nationaal Water Model)

Volume: 2.000.000 m³ (gebaseerd op 4m diepte zoals aangegeven door RWS)

Gemiddelde afvoer (NMW): 269 m³/s

Maatgevende laagafvoer: 35,0 m³/s (locatiesegment Z059)

Maatgevende laagafvoer (NWM): 55,85 m³/s

Kweldebiet: 1061163 m³/j = 0,0336 m³/s

Poriedebiet: 22784 m³/j = 0,00072 m³/s

KRW waterlichaam: Beneden Maas

1.4.3.1 **Lange termijn**

De gemeten (via Google maps) breedte van de doorvaart is 45m. Volgens de webapplicatie van de immissietoets is de breedte van de Maas ter hoogte van de plas 218m, met een diepte van 6,3m (vanuit de immissietoets en die is afkomstig van het NWM). In de immissietoets gebruik makend van NWM model berekening, levert dit een lokale snelheid in de rivier op van ongeveer 0,1 m/s. De afvoer van het NWM zijn hier gebruikt omdat dit recentere data zijn (over de jaren 2010-2020). Dit zijn de gegevens die vervolgens worden gebruikt om de uitwisseling ten gevolge van neervorming uit te rekenen. Wat niet bekend is, is de diepte van de doorvaart, maar de aanname is dat deze gelijk is aan de gegeven diepte van de plas, dus 4m. Hierbij is van belang de stroomsnelheid van de rivier, de breedte van de invaart en ook de diepte (oppervlakte doorvaart). De uitwisseling door neervorming kan geschat worden op $0,02 * 0,1 * 180 = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$

Informatie betreffende de variatie van het waterpeil is op dit moment nog niet beschikbaar, maar zal vermoedelijk wel de uitwisseling tussen de plas en de Maas domineren, net als bij de IJssel. Informatie voor 2023 is ingewonnen via waterinfo en een analyse daarvan levert voor 2023 een gemiddelde dagelijkse variatie van de waterhoogte van ongeveer 0,38m. Dit is vooral getijdgedreven en over een periode van ongeveer 12 uur waardoor de dagelijkse variatie voor het bepalen van het uitwisselende debiet ongeveer 0.76m. Data van Lith(dorp) levert een uitwisselend debiet (gebruik maken van de gemeten waterhoogtes en aangegeven oppervlakte van de plas) van 4.4 m³/s.

Samen met het uitwisselende volume door waterpeilverschillen van 4,4 m³/s levert dat 4.76 m³/s debiet op en dit levert een verblijftijd in de plas op van $2000000/5,12 = 390625$ oftewel ongeveer 4.5 dagen. De verblijftijd heeft niet een directe consequentie voor de gemiddelde

concentraties, maar geeft wel een indruk van de snelheid waarmee het systeem verandert bij veranderende omstandigheden, zoals variaties in de waterstand en afvoer.

Het kwel- en poriedebiet is $0,0336 + 0,00072 = 0,0344$ m³/s hetgeen klein is ten opzichte van het uitwisselende debiet en niet significant bijdraagt aan de verblijftijd in de plas.

De menging van het kwel- en poriewater met het uitwisselende debiet is $(4,76 + 0,0344) / 0,0344 = 139$. Deze menging bepaalt ook de gemiddelde concentratie van de stoffen die vanuit de bodem vrijkomen met het porie- en kwelwater.

De algemene menging van het uitwisselende debiet met de Maas is, op basis van diezelfde maatgevende afvoer, $1 + 35 / 4,76 = \text{m}^3/\text{s}$ 8,4. De totale menging van het porie- en kwel water is hierdoor $139 * 8,4 = 1176$. Dus als de concentratie van de stoffen 1 wordt verondersteld, dan is de verandering van de concentratie in de rivier $1/1176 = 8 \cdot 10^{-4}$. Deze factor kan dan worden toegepast voor alle vrijkomende stoffen die vanuit de plas in de Maas stromen. Hierbij wordt dus uitgegaan van de maatgeven lage afvoer en verdeling van de stoffen over de gehele dwarsdoorsnede van de rivier, dus volledig gemengd.

Het water (met een debiet van $4,76$ m³/s) dat uit de plas stroom vormt ook een pluim in de rivier. Een inschatting van die pluim kan worden gemaakt aan de hand van de verspreiding door diffusie. In de immissietoets is de Fisher pluimberekening ingezet (die gebruikt wordt als er geen significant dichtheidsverschil is tussen het water uit de plas en het rivierwater). De aanname is dat het vanuit een pijp wordt geloosd, maar als in dit geval de aanname is dat de lozing in het midden van de waterkolom wordt geloosd, aan de kant en een lozingsdiameter van de gelijk aan diepte van de doorvaart (4m), dan kan dit in de immissietoets worden toegepast en een inschatting gemaakt worden van de menging op de rand van de mengzone (die in de rivier op 868 meter wordt gesteld gezien de breedte van de rivier van 218 m). Uit de pluimverspreiding, afgeleid van resultaten van de immissietoets levert dit een menging op van 1,6 op JG-MKE toetsafstand. Voor de MAC-MKE toetsafstand is de menging ongeveer 1.3. Dit is vrij laag vanwege de getijbeweging die op deze locatie volgens het NWM model nog aanwezig is. Op de rand van de mengzone in de rivier is dan de totale menging vanuit het poriewater $139 * 1,6 = 222$. Overigens, vanwege de getijbeweging wordt de plas zelf ook nog beïnvloedt vanuit de rivier, omdat ook het langsstromende water en het water dat de plas dan in komt, deels ook weer een hogere concentratie binnen krijgt dan de achtergrondconcentratie van de rivier bovenstrooms. Hier is nog geen rekening mee gehouden. Hier kan nog voor worden gecorrigeerd door de uitgerekenende concentratie door getijmenging in de rivier in de achtergrondconcentratie van de plas mee te nemen. Hierdoor wordt de concentratie verhoging (het verschil tussen de achtergrond en het porie/kwel water kleiner). Dit effect speelt bij Ravenswaard niet.

1.4.3.2 Korte termijn

Met een verblijftijd van 4,9 dagen is de concentratieverhoging in de plas na 4 dagen gedaald tot 44% van de concentratieverhoging direct na de maatregel (hierbij wordt geen rekening gehouden met een mogelijke continue aanlevering vanuit de bodem na de initiële flux). Als er wel een constante flux aanwezig blijft, dan kan daarvoor worden gecorrigeerd door de bijbehorende concentratie in de plas ten gevolge van die flux, als achtergrond te zien. De concentratie verhoging aan het begin neemt daardoor dus af, maar de uiteindelijke concentratie in de plas inclusief de achtergrond concentratie is dan wel hoger.

1.5 Samenvatting methodologie

1) Verzamelen gegevens:

- Oppervlakte en (gemiddelde) diepte: van de plas
- Gemiddelde diepte van de rivier nabij de invaart van de plas

- Volume van de plas
- Lengte, breedte en diepte van de doorvaart
- Leid kwel- en poriedebiet af (op jaarbasis)

2) Via de immissietoets (of op een andere wijze) bepaal

- Maatgevende afvoer (10% lage afvoer) van de langsstromende rivier
- Gemiddelde afvoer van de langsstromende rivier
- Breedte van de rivier
- Stroomsnelheid van de rivier bij de maatgevende afvoer (bv via de immissietoets)

3) Bereken de mengfactor in de plas

Bepaal het uitwisselende debiet door neervorming en/of gemiddelde dagvariatie van de waterstand in de rivier. De neervorming kan bepaald worden door snelheid van de rivier, hoogte/breedte (ie oppervlak) en een factor die op 0.02 is gesteld.

Berekend de verblijftijd in de plas ten gevolge van deze afgeleide uitwisseling. Ook kan worden afgeleid, per stof, welke menging minimaal nodig is om een concentratie te kunnen bereiken onder de norm (ook de MAC-MKE norm). De ratio tussen het berekende uitwisselende debiet en benodigde debiet geeft meteen ook het bijbehorende relatieve volume van de plas op dat mogelijk boven de norm zou uitkomen (aanneme dat het gehele volume vanuit de bodem met de bijbehorende concentraties in dat deel van de plas mengt).

4) Bereken de verdunningsfactoren in de rivier met als basis is de maatgevende (10% lage) afvoer. Vanuit de immissietoets kan de bijbehorende snelheid in de rivier, diepte en breedte worden bepaald. Voer een immissietoets berekening uit met lozing op de rivier ter hoogte van de doorvaart, gedefinieerd aan de oever en in het verticale midden. Het debiet is dan het eerder bepaalde totale uitwisselende debiet. De diameter van het lozingspunt is dan gelijk aan de diepte van de doorvaart. De dichtheid van deze lozing moet vrijwel gelijk zijn aan dat van het ontvangende water zodat de diffusievergelijking wordt gebruikt voor het berekenen van de pluimverspreiding in de rivier. Dit levert uiteindelijk een mengfactor op de toetsafstand op. Vanuit de bodem (kwel en poriewater) is dan de totale menging op die locatie beide mengfactoren met elkaar vermenigvuldigd.

5) Bepaal concentraties 4 dagen na de ingreep (exponentiele concentratie afname)

Voorgaande berekeningen zijn stationair, maar bij een (kortstondige) ingreep kan het als een pulslozing worden beschouwd die leidt tot een afname van de concentratie door de uitwisseling met de rivier. Vanuit de verblijftijd en kan dat percentage worden afgeleid, aannemende een goed gemengde plas. Deze concentratie na 4 dagen kan worden getoetst aan de MAC-MKE norm. Als deze concentratie onder de norm uitkomt, dan betekent dit een blootstelling boven deze acuut toxische norm korter duurt dan 4 dagen en er daardoor geen acuut toxische effecten zijn te verwachten.

Afgeleide mengfactoren, gebruik makend van maatgevende afvoeren.

Tabel 7 Mengfactoren op basis van maatgevend debiet

	Ravenswaard	Kesselse Waard
Menging in plas	199	139
Concentratie na 4 dagen	49%	44%
Menging op toetsafstand MAC-MKE)	1711	181
Menging op toetsafstand JG-MKE)	438	222
Volledige menging rivier	15323	1176

1.6 Waterkwaliteit berekeningen

1.6.1 Inleiding

Om de eindconcentraties te kunnen bepalen in de waterfase is het van belang om de kwaliteit van de waterbodem en de stoffenvracht vanuit de bodem naar de waterfase beschikbaar te hebben. Daarvoor wordt het Westside model gebruikt. Westside berekent de oppervlaktewaterkwaliteit als functie van het verontreinigingsgehalte in de aangeboden baggerspecie. Het uitgangspunt is een verzameling van K_d (partitie coëfficiënten) voor een groot aantal stoffen. (Excel spreadsheet partitievoefficiënten SEDIAS.xls) en normwaarde die in NOBO normen (2020) update 01-11-2021.xlsx zijn opgenomen.

De normen die worden meegenomen en waarmee de berekende kunnen worden vergeleken komen van de RIVM normenzoekstelsel service en die informatie is in de database van de immissietoets opgenomen.

In eerste instantie worden lange termijn concentraties berekend gebruik makend van de droge stof gehalten van de stoffen (Maximale waarden kwaliteitsklasse Industrie) en de afgeleide partitievoefficiënt K_d . De effecten van het storten en de daarbij behorende concentratie veranderingen worden hierin niet meegenomen.

1.6.2 Uitwerking porieconcentraties en fluxen naar de plas

Het uitgangspunt is dat er op de bodem van de plas het materiaal ligt. Als we nu uitgaan van 1m^3 bed, dan volgt hieruit:

- Volume sediment: $V_{sb} = (1-s)$ (m^3)
- Volume poriewater: $V_{pw} = s$ (m^3)
- Massa sediment : $M_{sb} = V_{sb} * \rho_{sb} = (1-s) * \rho_{sb}$ (kg)
- Massa poriewater: $M_{pw} = V_{pw} * \rho_{pw} = s * \rho_{pw}$ (kg)

Met s de porositeit is (als fractie). Voor de huidige berekeningen is een porositeit van 0.5 en een sediment dichtheid (droge stof) van 2900 kg/m^3 verondersteld.

Vervolgens is de massa van een stof

$$M_{\text{stof}} = M_{sb} * C_{\text{stof},s} \text{ (kg * mg/kg = mg)}$$

Tevens hoort hierbij een verdeling van de stof tussen opgelost en geadsorbeerd aan zwevende stof die is bepaald door de waarde van de partitievoefficiënt:

$$K_d = (C_{\text{stof},s} / C_{\text{stof},pw}) \text{ ((mg/kg)/(mg/l) = l/kg)}$$

De initiële hoeveelheid stof (dat is hier M_{stof}) is gegeven door de Maximale waarden kwaliteitsklasse Industrie (mg/kg d.s.). Dat zou ook voor woning kunnen zijn, maar op dit moment gaan we van de klasse industrie uit. Vanuit de berekende massa van het sediment geeft dit direct de hoeveelheid stof met m^3 bagger of bodem aan (dat is het uitgangspunt op dit moment).

Uit deze gegevens kunnen door een massabalans de poriewaterconcentraties worden berekend:

Dus

$$\begin{aligned} M_{\text{stof}} &= C_{\text{stof},s} * M_{sb} + V_{pw} * C_{\text{stof},pw} * 1000 \text{ [mg/kg * kg en m}^3 * \text{g/m}^3] \\ &= K_d * C_{\text{stof},pw} * M_{sb} + V_{pw} * C_{\text{stof},pw} * 1000 \\ &= C_{\text{stof},pw} * (K_d * M_{sb} + V_{pw} * 1000) \\ &= C_{\text{stof},pw} * (K_d * (1-s) * \rho_{sb} + V_{pw} * 1000) \end{aligned}$$

Met de eenheden: $((l/kg) * (mg/l) * kg = mg$. Dit alles voor $1 m^3$ bodem. Omdat $C_{stof, pw}$ een eenheid mg/l heeft (dus g/m^3) moet de term $V_{pw} * C_{stof, pw}$ (in g) met 1000 worden vermenigvuldigd om te komen tot mg zodat beide termen dezelfde eenheid hebben. Hieruit wordt de $C_{stof, pw}$ berekend:

$$C_{stof, pw} = M_{stof} / (K_d * (1-s) * \rho_{sb} + V_{pw} * 1000) \\ = (1-s) * \rho_{sb} / (K_d * (1-s) * \rho_{sb} + s * 1000) \text{ (in mg/l)}$$

Deze uitwerking gaat er dus van uit dat het initiële materiaal een hoeveelheid stof heeft die nog over het porievolume verdeelt moet worden, en dat is lager dan er van uitgaan dat dit de hoeveelheid geadsorbeerde materiaal is op de bodem (dus na evenwicht met het poriewater).

Als eenmaal de poriewaterconcentratie is berekend kan door gebruik te maken van de eerder genoemde mengfactoren de concentratie in de plas en rivier worden berekend.

($C=C_{stof, pw}/M_f$). Hierbij is op dit moment nog aangenomen dat in de plas en rivier geen zwevende stof aanwezig is, m.a.w. de berekende concentraties zijn totalen. Vanuit de totalen, zwevende stof concentratie en de partitie coëfficiënten kan een opgeloste fractie voor de stoffen worden berekend.

Met mogelijke stratificatie wordt geen rekening gehouden, omdat is aangenomen dat de gehele plas goed is gemengd.

Als de stof al aanwezig is in het oppervlakte water wordt dit verrekend. De verdunningsfactoren die zijn afgeleid worden dan toegepast op het verschil tussen de poriewaterconcentratie en de concentratie in het oppervlakte water (de initiële concentratieverhoging). De uiteindelijke concentratie is dan de verdunde concentratieverhoging opgeteld bij de achtergrondconcentratie. De gebruikte achtergrond concentraties zijn afkomstig van metingen en zijn in de database van de immissietoets opgenomen.

De achtergrondconcentraties van de IJssel zijn afkomstig van meetstation Kampen (KAMPN). De laatste metingen stammen uit 2022 (meetfrequentie ongeveer 1x per maand). Voor de Kesselse Waard is het meest geschikte station BELFBVN (Belfeld boven). De laatste beschikbare metingen stammen ook uit 2022 (frequentie ongeveer 1x per maand).

De hoedanigheid van gemeten concentraties zijn gerapporteerd als na filtratie en NVT. Het eerste betekent dat het gaat om opgeloste concentratie en het tweede als totaal. Omdat in berekeningen het zwevende stof en de partiticoëfficiënten worden meegenomen is, waar mogelijk, uitgegaan van de achtergrond concentratie totaal, dus inclusief de geadsorbeerde fractie. Bij de stoffen waar alleen opgelost is gerapporteerd zijn die opgeloste concentraties het uitgangspunt van de berekeningen en vervolgens teruggerekend naar een concentratie totaal. De partiticoëfficiënt levert vanuit de opgeloste concentratie en een aangenomen zwevende stof gehalte direct de geadsorbeerde concentratie, en dus ook het totaal. De opgeloste concentraties betreffen bijna uitsluitend metalen. Voor die stoffen wordt het berekende totaal in de verder berekeningen gebruikt als achtergrondconcentratie. Nu is er ook aangenomen dat alle concentraties niet alleen gelden voor de rivier, maar ook dienen als achtergrondconcentratie in de plas vanwege de uitwisseling tussen de plas en rivier.

1.6.3 Toetsing rivier

Met de afgeleide mengfactoren voor de plas, en voor de menging op toetsafstand voor de MAC-MKE en JG-MKE zijn voor alle stoffen de concentraties in de rivier berekend, waarbij de achtergrondconcentratie (afkomstig van de database van de immissietoets), waar bekend, is meegenomen. Door gebruik te maken van de partiticoëfficiënt K_d is dit verder opgesplitst in

totaal en opgelost. Vooral voor de metalen zijn de normen voor totaal en niet opgelost. Deze verdeling is afhankelijk van de zwevende stof concentratie en voor de huidige berekeningen is een zwevende stof concentratie aangenomen van 20 mg/l.

De normen zijn afkomstig van de RIVM service en opgeslagen in de database van de immissietoets.

Twee sets berekeningen zijn uitgevoerd leidend tot twee spreadsheets met alle gegevens. De kolommen in de spreadsheets zijn:

- stofnaam - Naam van de stof
- aquocode - Aquocode van de desbetreffende stof
- Kd - Partitiefcoëfficiënt
- kwaliteitsklasse Industrie (mg/kg d.s.) - kwaliteitsklasse Industrie (mg/kg d.s.)
- achtergrondconcentratie (ug/l) – Gemeten concentratie van de stof in de rivier
- Hoedanigheid - opgelost (nf) of totaal (nvt)
- poreconc(ug/l) - berekende poriewaterconcentratie
- tot conc. plas (ug/l) - berekende concentratie (totaal) in de plas na uitwisseling met de rivier
- tot conc mke(ug/l) - berekende concentratie (totaal) in de rivier op JG-MKE toetsafstand
- tot conc jg-mac (ug/l) - berekende concentratie (totaal) in de rivier op MAC-MKE toetsafstand
- tot conc rivier (ug/l) - berekende concentratie (totaal) in de rivier na volledige menging over de dwarsdoorsnede
- opgelost conc. plas (ug/l) - berekende concentratie (opgelost) in de plas na uitwisseling met de rivier
- opgelost conc mke(ug/l) - berekende concentratie (opgelost) in de rivier op JG-MKE toetsafstand
- opgelost conc jg-mac (ug/l) - berekende concentratie (opgelost) in de rivier op MAC-MKE toetsafstand
- opgelost conc rivier (ug/l) - berekende concentratie (opgelost) in de rivier na volledige menging over de dwarsdoorsnede
- jg-mke(opg)-ug/l - De JG-MKE (opgelost)
- jg-mke(tot)-ug/l - De JG-MKE (totaal)
- mac-mke(opg)-ug/l - De MAC-MKE (opgelost)
- mac-mke(tot)-ug/l - De MAC-MKE (totaal)
- vracht(kg/jr) - Berekende vracht van de stof uit de bodem van de plas
- mengfactor plas - Mengfactor porie en kwelwater met het uitwisselende debiet
- mengfactor pluim(mke) - Mengfactor uitwisselende debiet op JG-MKE toetsafstand
- mengfactor pluim(mac) - Mengfactor uitwisselende debiet op MAC-MKE toetsafstand
- mengfactor rivier totaal - Mengfactor van uitwisselende debiet bij volledige menging over de dwarsdoorsnede van de rivier

De berekende concentraties voor beide plassen en rivieren voor de situatie met een aangenomen zwevende stofconcentratie van 20mg/l, zijn samengevat in onderstaande tabel, en in combinatie met de normen volgt hieruit een overzicht voor welke stoffen de berekende concentraties hoger zijn dan de gehanteerde normen. De gedetailleerde concentraties staan in de spreadsheets en de tabellen geven aan de berekende onder/overschrijding tov de gehanteerde norm. Indien dit meer is dan 100% is deze cel rood gekleurd.

stofnaam	Ravenswaard					
	tot conc mke(ug/l)	tot conc jg-mac (ug/l)	tot conc rivier (ug/l)	opgelost conc mke(ug/l)	opgelost conc jg-mac (ug/l)	opgelost conc rivier (ug/l)
antimoon				4%	0%	4%
arsen				209%	13%	208%
barium				71%	6%	70%
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)				0%	0%	0%
chrom				6%		6%
kobalt				73%	16%	62%
koper				67%	36%	67%
kwik				651%	1%	652%
lood (2021)				3%	0%	3%
molybdeen				1%	1%	1%
nikkel (2021)				26%	3%	26%
tin				7%	0%	7%
vanadium				23%		22%
zink				35%		35%
antracene	4%	12%	2%			
benzo(a)pyreen (2021)		1%				
benzo(b)fluorantheen (2021)		3%				
benzo(ghi)peryleen (2021)		1%				
benzo(k)fluorantheen (2021)		1%				
fluorantheen (2021)	212%	18%	171%			
indeno[1,2,3-c,d]pyreen		3%				
naftaleen (2021)	1%	0%	1%			
PAK's						
pentachloorbenzeen	76%		9%			
hexachloorbenzeen	2363%	4%	645%	2203%		601%
pentachloorfenol	14%	8%	13%			
DDT	0%		0%			
DDE	1%		0%			
DDD	17%		2%			
aldrin	0%		0%			
dieldrin	0%		0%			
endrin	0%		0%			
drins	7%		7%			
α-endosulfan	5%	2%	5%			
α-HCH	16%	30%	3%			
β-HCH	18%	32%	3%			
γ-HCH	16%	31%	2%			
Heptachlor	125%	0%	14%			
heptachloorepoxide	211%	1%	23%			
tributyltin	120%	45%	53%	119%	45%	53%

Figuur 1 - Berekende totaal en opgeloste concentraties voor Ravenswaard in procenten ten opzichte van de relevante normen

stofnaam	Kesselse Waard					
	tot conc mke(ug/l)	tot conc jg-mac (ug/l)	tot conc rivier (ug/l)	opgelost conc mke(ug/l)	opgelost conc jg-mac (ug/l)	opgelost conc rivier (ug/l)
antimoon				5%	0%	5%
arsen				196%	12%	179%
barium				29%	3%	25%
cadmium (klasse 4: 120 mg/l HCO3)				0%	0%	0%
chrom				4%		4%
kobalt				202%	33%	123%
koper				69%	37%	69%
kwik				832%	1%	767%
lood (2021)				10%	1%	10%
molybdeen				2%	1%	1%
nikkel (2021)				44%	5%	42%
tin				6%	0%	6%
vanadium				31%		25%
zink				69%		69%
antracene	21%	26%	6%			
benzo(a)pyreen (2021)		3%				
benzo(b)fluorantheen (2021)		7%				
benzo(ghi)peryleen (2021)		2%				
benzo(k)fluorantheen (2021)		3%				
fluorantheen (2021)	574%	34%	293%			
indeno[1,2,3-c,d]pyreen		6%				
naftaleen (2021)	6%	0%	2%			
PAK's						
pentachloorbenzeen	573%		111%			
hexachloorbenzeen	15182%	10%	3228%	14198%		3014%
pentachloorfenol	26%	12%	15%			
DDT	1%		0%			
DDE	5%		1%			
DDD	127%		24%			
aldrin	0%		0%			
dieldrin	1%		0%			
endrin	1%		0%			
drins	8%		7%			
α-endosulfan	5%	2%	5%			
α-HCH	114%	70%	22%			
β-HCH	122%	75%	24%			
γ-HCH	120%	74%	24%			
Heptachlor	961%	1%	184%			
heptachloorepoxide	1617%	1%	310%			
tributyltin	607%	99%	142%	604%	98%	141%

Figuur 2 - Berekende totaal en opgeloste concentraties voor Kesselse waard in procenten ten opzichte van de relevante normen

Uit tabellen 1 en 2 is te zien dat de hoogste overschrijding ten opzichte van de norm bij de metalen vooral ligt bij kwik. Voor de andere stoffen zijn de concentraties van hexachloorbenzeen aanzienlijk boven de normconcentraties. De MAC-MKE norm lijkt voor geen van de stoffen overschreden te worden, ook al wordt die voor tributyltin te worden benaderd.

https://nvszoekstelsysteem.rivm.nl/Stoffen		Partitie	Kwaliteitsklasse			Poriewater concentratie			Normen en achtergrond								
			Kwaliteitsklasse voor kwaliteitsklasse "licht verontreinigd" (bij toepassing op de waterbodem)			Kwaliteitsklasse voor kwaliteitsklasse "matig verontreinigd" (bij toepassing op de waterbodem)			Kwaliteitsklasse voor kwaliteitsklasse "sterk verontreinigd" (bij toepassing op de waterbodem)								
			NOBO/SEDAS			RIVM			Water								
			logK(oc)			logK(D)			logK(p) zw. Stof			IG-MKE		MAC-MKE		Achtergrond Landoppervlakte	
Naam	NOBO lijst	Geselecteerd voor botsproef	licht	matig	sterk	licht	matig	sterk	licht	matig	sterk	zout	zout	zout	zout	zout	zout
			mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	mg/kg d.s.	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
6 Bestrijdingsmiddel																	
a. organochloorbestrijdingsmiddelen (*)																	
85	chlooraana (som)	chlooraana	5.33	3.93	3.93		4.0			0.4677		-	-	0.002	-	0.00E+00	0.00E+00
86	DDT (som)	DDT	5.51	4.11	3.91	0.20	0.20	1.00	0.0246	0.0246	0.1230	0.025	0.025	-	-	0.00E+00	0.00E+00
87	DDE (som)	DDE	5.08	3.68	3.68	0.10	0.13	1.30	0.0208	0.0270	0.2703	-	-	0.00076	-	0.00E+00	0.00E+00
88	DDD (som)	DDD	5.08	3.68	3.68	0.020	0.84	34	0.0042	0.1747	7.0700	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00
89	aldrin	aldrin	5.82	4.42	4.11	0.015	4.000		0.0012	0.3105		0.01	0.005	-	-	0.00E+00	0.00E+00
90	dieldrin	dieldrin	4.84	3.44	4.87	0.015	4.000		0.0002	0.0540		0.01	0.005	-	-	0.00E+00	0.00E+00
91	endrin	endrin	4.84	3.44	3.29	0.015	4.000		0.0077	2.0514		0.01	0.005	-	-	0.00E+00	0.00E+00
92	telodrin	telodrin	5.82	4.42													
93	telodrin	telodrin	4.84	3.44													
drins (som)																	
94	α-endosulfan	α-endosulfan	4.05	2.65	2.11	0.0021	4.0		0.0163	31.0499		0.005	0.0005	0.01	0.004	0.00E+00	0.00E+00
95	α-HCH	α-HCH	3.39	1.99	2.25	0.010	2.0		0.0562	11.2468		0.02	0.002	0.04	0.02	0.00E+00	0.00E+00
96	β-HCH	β-HCH	3.36	1.96	3.36	0.010	2.0		0.0044	0.8730		0.02	0.002	0.04	0.02	0.00E+00	0.00E+00
97	γ-HCH (lindaan)	γ-HCH	3.37	1.97	1.97	0.010	2.0		0.1066	21.3290		0.02	0.002	0.04	0.02	0.00E+00	0.00E+00
98	heptachloor	heptachloor	4.61	3.21	3.45	0.004	4.0		0.0014	1.4193		2.00E-07	1.00E-08	3.00E-04	3.00E-05	0.00E+00	0.00E+00
99	heptachloorepoxide (som)	heptachloorepoxide	4.84	3.44	1.94	0.004	4.0000		0.0459	45.9261		2.00E-07	1.00E-08	3.00E-04	3.00E-05	0.00E+00	0.00E+00
b. organofosforpesticiden																	
100	azinfos-methyl																
c. organotin																	
101	organotin (som)																
102	tributyltin (TBT)	tributyltin	3.80	2.40	2.40	0.25			0.9906			0.0002	0.0002	0.0015	0.0015	0.00E+00	0.00E+00
d. chloorfenox-y-azijnzuur																	
103	MCPA																
e. overige																	
104	atrazine																
105	carbaryl																
106	carbofuran																
107	4-chloormethylfenolen (som)																
niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen																	
108	(som)																
7 Overige																	
109	asbest																
110	cyclohexanon																
111	dimethylfitaal																
112	diethylfitaal																
113	di-isobutylfitaal																
114	dibutylfitaal																
115	butylfitaal																
116	dihexylfitaal																
117	di(2-ethylhexyl)fitaal																
118	minerale olie																
119	pyridine																
120	tetrahydrofuran																
121	tetrahydrothiofeen																
122	tribroommethaan (bromofom)																
123	ethyleenglycol																
124	diethyleenglycol																
125	acrylonitril																
126	formaldehyde																
127	isopropanol (2-propanol)																
128	methanol																
129	butanol (1-butanol)																
130	butylacetaat																
131	ethylacetaat																
132	methyl-tert-butyl ether																
133	methylketon																
PFAS Toepassing bodem in opp. log Kd																	
134	PFOS 2.00	PFOS		2.00	2.00		3.7			37.00		0.00065	0.00013	36	7.2	0.00E+00	0.00E+00
135	PFOA 1.60	PFOA		1.60	1.60		0.8			20.00		0.04800	0.04800	2.8	0.56	0.00E+00	0.00E+00
136	overig (Mefosa) 2.36	overig (Mefosa)		2.36	2.36		0.8			3.48		0.00065	0.00013	36	7.2	0.00E+00	0.00E+00
137	overig (Eftosa) 2.00	overig (Eftosa)		2.00	2.00		0.8			8.00		0.00065	0.00013	36	7.2	0.00E+00	0.00E+00

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl