

# Inschatting van de kwaliteit van toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder

Martine van den Heuvel-Greve, Nico van den Brink, Ilse de Mesel, Karin Troost, Tom Ysebaert

Rapport nummer: C067/10



## IMARES Wageningen

## UR



(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Vlaams Nederlandse Schelde Commissie -  
Uitvoerend secretariaat  
Postbus 299, 4600 AG Bergen op Zoom

Publicatiedatum:

27 september 2010

**IMARES** is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO,  
geregistreerd in het Handelsregister  
nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V9.1

Foto's voorpagina © B. van den Heuvel

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	4
1. Inleiding.....	6
2. Toegepaste literatuur .....	7
3. Beantwoording van kennisvragen.....	8
3.1 Vorming van toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder .....	9
3.2 Slibkwaliteit in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder .....	13
3.5. Waterkwaliteit .....	19
3.3 Kwaliteit flora & fauna in de toekomstige natuur in de Hedwigepolder .....	20
3.4 Natura2000 .....	31
3.6. Volksgezondheid.....	33
3.7. Vergelijking met andere gebieden in de nabije omgeving .....	37
4. Conclusies.....	42
4.1. Algemene conclusie .....	42
4.2. Beantwoording van deelvragen .....	43
5. Kwaliteitsborging .....	46
Referenties .....	47
Verantwoording .....	52

# Samenvatting

Aan de minister van LNV zijn vragen gesteld over de geschiktheid van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder met het oog op eventuele effecten op de volksgezondheid en het milieu. Het uitvoerend secretariaat van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) heeft IMARES in reactie op vragen aan de minister van LNV gevraagd om de huidige kennis en eventuele kennisleemtes in kaart te brengen m.b.t. mogelijke effecten van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder op de volksgezondheid en het milieu.

Het doel van de inrichting van estuariene natuur in de Hedwigepolder is het realiseren van extra Natura 2000 gebied. Na inrichting van het gebied zal het hier eerst voor moeten kwalificeren. Daarvoor zal het gebied een ecologische relatie moeten hebben met het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als er vegetaties voorkomen die kwalificeren als aangewezen habitattypen, of als het gebied wordt gebruikt als foerageergebied, hoogwatervluchtplaats of broedgebied voor aangewezen vogelsoorten.

Uiteraard is het lastig exact te voorspellen hoe de toekomstige natuur in dit gebied zich zal ontwikkelen. Een goed praktijkvoorbeeld in de ontwikkeling van estuariene natuur in dit gedeelte van de Westerschelde is het Sieperdaschor. Het Sieperdaschor ligt direct naast de Hedwigepolder. Hier is sinds 1990, na een dijkdoorbraak, estuariene natuur ontstaan en ontwikkeld. Estuariene plant- en diersoorten hebben zich goed kunnen vestigen en zowel foeragerende als broedende vogels worden hier waargenomen. Op basis van deze natuurontwikkeling in het Sieperdaschor kan worden aangenomen dat de ontwikkeling van estuariene natuur in de Hedwigepolder eveneens zal leiden tot uitbreiding van areaal van habitattypen H1130 (Estuaria) en H1330A (Schorren en zilte graslanden), en tot een tijdelijke uitbreiding van pioniervegetatie (H1310A: Zilte pionierbegroeiingen).

Voor vogelsoorten waarbij in het gebied Westerschelde en Saeftinghe knelpunten ontstaan zijn door een afname in het areaal aan schorren kan de nieuwe inrichting van de Hedwigepolder bijdragen aan het behalen van de Natura 2000 doelstelling voor behoud. Dit betreft voor broedvogels de volgende Natura 2000 soorten: Kluit, Bontbekplevier en Strandplevier. Het gebied zal naar verwachting eerst geschikt zijn voor kalegrondbroeders zoals de Strandplevier, en op termijn meer voor riet- & weidevogels. Voor de vogelsoorten die zijn aangewezen als niet-broedvogel is niet duidelijk aan te geven of knelpunten zijn ontstaan door afname van het areaal aan schorren.

De kwaliteit van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder zal met name worden gevormd door de kwaliteit van de huidige bodem van de polder met hier bovenop een laag van gesedimenteerd materiaal dat afkomstig is van zwevende stof uit het water van de Westerschelde en Zeeschelde, en lokale erosie van geulen. In dit rapport is de status van een selectie aan vervuilende stoffen besproken, bestaande uit stofgroepen die met name aan de orde komen in de vragen die aan de minister van LNV zijn gesteld, te weten cadmium (Cd), lood (Pb), PolyChloorBifenylen (PCB's) en Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's). Andere vervuilende stoffen die aanwezig kunnen zijn in de Westerschelde of in de bodem van de Hedwigepolder vallen buiten de scope van dit rapport.

Toetsing van de gehalten aan de hier bovengenoemde vervuilende stoffen in de Westerschelde (water, zwevende stof, sediment) aan milieunormen laat zien dat:

- Lood in alle gevallen onder deze milieunormen ligt;
- Cadmium in zwevende stof en waterbodem onder deze normen ligt, terwijl gehalten in water rond de norm liggen;
- PCB's in zwevende stof en waterbodem boven deze milieunormen liggen;
- PAK's in zwevende stof, waterbodem en mogelijk water boven deze milieunormen liggen.

Trendgrafieken laten zien dat in de Westerschelde ter hoogte van de Hedwigepolder sinds de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw, gehalten aan deze stoffen in zwevende stof zijn gedaald of stabiel gebleven. Op basis hiervan wordt verwacht dat de kwaliteit van de bodem van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder overeenkomstig of mogelijk iets beter zal worden dan de waterbodem van de omliggende gebieden.

Voor gehalten in biota (planten en dieren) bestaan nauwelijks normen. Normen voor water, zwevende stof en waterbodems zijn zo ontworpen dat ze beschermend zijn voor biota. In dit rapport is verkend welke effecten op dieren kunnen optreden als deze normen voor water, zwevende stof en/of waterbodems voor cadmium, PCB's en PAK's niet worden gehaald. Hiervoor is informatie nodig van gehalten van deze stoffen in biota in de omgeving van de Hedwigepolder. Alleen 20 tot 25 jaar oude gegevens voor Saeftinghe en Groot Buitenschoor zijn hiervoor gevonden. Een gedegen inschatting van effecten van vervuilende stoffen op diersoorten in deze omgeving is daarom niet te maken. Op basis van het algemene gedrag van deze stoffen in estuariene gebieden kan gesteld worden dat stoffen als PAK's ongewervelde diersoorten lager in een voedselweb, zoals slijkgarnalen, kunnen beïnvloeden, terwijl stoffen als cadmium en PCB's door doorgifte en ophoping in voedselwebben mogelijk beperkte effecten kunnen hebben op diersoorten hoger in een voedselweb, zoals vogels.

Blootstellingroutes van bezoekers aan vervuilende stoffen in de toekomstige estuariene natuur van de Hedwigepolder zullen vergelijkbaar zijn als bij een bezoek aan omliggende gebieden, zoals Saeftinghe, Schor van Ouden Doel of Groot Buitenschoor. Theoretisch zijn dit onder meer: consumptie van planten en dieren uit het gebied, het in de mond stoppen van zand door kinderen, verwaaiing van bodemdeeltjes en inademing van deeltjes in de lucht (net als nu al plaatsvindt door wat aanwezig is in de lucht). Een gedetailleerde beoordeling van humane blootstellingroutes valt buiten de scope van dit rapport.

Op basis van de huidige gegevens wordt verwacht dat de inrichting van estuariene natuur in de Hedwigepolder zal leiden tot uitbreiding van areaal van habitattypen H1130 (Estuaria) en H1330A (Schorren en zilte graslanden), en tot een tijdelijke uitbreiding van pioniervegetatie (H1310A: Zilte pionierbegroeiingen). Dit zal bijdragen aan het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor deze habitattypen en tevens die voor broedvogels en niet-broedvogels. Effecten van mogelijke vervuiling van de Hedwigepolder op niveau van het individu zijn niet uit te sluiten, maar significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen voor broedvogels en niet-broedvogels zijn niet waarschijnlijk. Wel wordt aanbevolen om tijdens de ontwikkeling van het natuurgebied, naast ecologische en hydrografische monitoring, de kwaliteit van het gebied op verschillende niveaus te volgen met het oog op eventuele effecten van vervuilende stoffen.

# 1. Inleiding

In oktober 2009 heeft het kabinet definitief besloten tot de ontpoldering van de Hedwigepolder. Er dient in de polder 295 ha estuariene natuur te worden gerealiseerd. Hiervoor zijn de benodigde planologische procedures gestart. Voor de realisatie van de estuariene natuur wordt er in de Hedwigepolder een zo groot mogelijk, duurzaam slik- en schorgebied aangelegd met een maximale kans op ontwikkeling van een dynamisch sedimentatie/erosie systeem. Na realisatie zal de estuariene natuur in het gebied zich verder ontwikkelen. De inrichtingsmaatregelen staan beschreven in het Rijksinpassingsplan (BRO 2009) en het MER (2009). De omgeving kent momenteel reeds een aantal ecologisch belangrijke gebieden (Saeftinghe, Sieperdaschor en Schor van Oude Doel) waarmee het (samen met de te ontwikkelen estuariene natuur in de Prosperpolder) één geheel zal vormen.

Aan de minister van LNV zijn vragen gesteld over de geschiktheid van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder met het oog op eventuele effecten op de volksgezondheid en het milieu. Deze vragen staan verwoord in een literatuuronderzoek (Scheele, 2009) en een notitie (Scheele, 2009a).

Het uitvoerend secretariaat van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) heeft IMARES in reactie op vragen aan de minister van LNV gevraagd om de huidige kennis en eventuele kennisleemtes in kaart te brengen m.b.t. mogelijke effecten van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder op de volksgezondheid en het milieu.

Dit rapport omvat:

- a) Een beoordeling van toegepaste literatuur op relevantie, zoals weergegeven in Scheele (2009;2009a);
- b) Een beoordeling van de gedane analyses en conclusies, zoals weergegeven in Scheele (2009;2009a);
- c) Een beschrijving van de huidige kennis door beantwoording van de kennisvragen, die ten grondslag liggen aan de aandachtspunten en kernvragen, zoals weergegeven in Scheele (2009;2009a).

Beantwoording vindt plaats op basis van bestaande rapporten en adviezen die zijn opgesteld in het vooronderzoek naar de aanleg van de Hedwigepolder, parate kennis, een beperkte verkenning van recente kennis uit de wetenschappelijke literatuur, en expert judgement. In overleg met de opdrachtgever heeft prioritering van vragen plaatsgevonden, waarbij als basis het ontwerp MER is genomen. De nadruk is gelegd op de milieukwaliteit van de estuariene natuur in de Hedwigepolder.

## Afbakening

Een uitgebreide analyse van verschillende stofgroepen is binnen de opzet van het huidige project niet mogelijk. De selectie aan vervuilende stoffen in dit rapport betreft stofgroepen die met name aan de orde komen in Scheele (2009, 2009a) en beperkt zich tot cadmium (Cd), lood (Pb), PolyChloorBifenylen (PCB's) en Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's).

Buiten de scope van dit rapport vallen:

- andere vervuilende stoffen die aanwezig zijn in de Westerschelde, zoals gebromeerde vlamvertragers, geperfluoreerde verbindingen, organotinverbindingen, andere zware metalen (zink, (methyl)kwik) (Van den Heuvel-Greve e.a., 2006; 2007; 2010);
- andere vervuilende stoffen die zich reeds in de bodem van de Hedwigepolder bevinden. Er zijn nauwelijks gegevens beschikbaar van de huidige bodemkwaliteit van de Hedwigepolder. In bodemkwaliteitskaarten van de Hedwigepolder, ten behoeve van het Besluit Bodemkwaliteit, is aangegeven dat de bovengrond is aangemerkt als 'industriegrond', terwijl de ondergrond is ingedeeld in de kwaliteitsklasse 'achtergrondwaarde'. Op de bodemfunctiekaart is de Hedwigepolder niet ingedeeld. Dit houdt in dat sprake is van de functie 'natuur of landbouw'. Metingen in de ernaast gelegen Prosperpolder geven aan dat de kwaliteit van de poldergrond over het algemeen goed te noemen is. Aangenomen wordt dat dit ook grotendeels zal gelden voor de huidige kwaliteit van de bodem in de Hedwigepolder.

## Leeswijzer

Een beoordeling van toegepaste literatuur en gedane analyses en conclusies (onderdelen a en b) is beschreven in hoofdstuk 2. Beantwoording van kennisvragen (onderdeel c) vindt plaats in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 staan de conclusies verwoord.

## 2. Toegepaste literatuur

In dit hoofdstuk is een korte samenvatting gegeven van de bevindingen met betrekking tot de toegepaste literatuur en gedane analyses en conclusies in Scheele (2009; 2009a).

### a) Beoordeling van toegepaste literatuur op relevantie, zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a)

Ongeveer 60% van de literatuur zoals aangehaald in Scheele (2009; 2009a) is bestudeerd. De resterende 40% was ofwel niet in bezit, gaf een algemene kennisbeschrijving weer (bijvoorbeeld boeken), of was minder direct relevant in relatie tot de vraagstelling. De toegepaste literatuur bestaat grotendeels uit wetenschappelijke artikelen, boeken, proefschriften, overheidsdocumenten of rapporten van kennisinstituten. Wetenschappelijke artikelen en proefschriften zijn gepeer-reviewed, wat inhoudt dat andere internationale wetenschappers de kwaliteit van de stukken hebben gecontroleerd en beoordeeld. In een enkel geval is gerefereerd naar een meer kwalitatieve publicatie zonder daadwerkelijke getallen en onderbouwingen (bijvoorbeeld Vlaams Info Centrum Land en Tuinbouw, 2009). De toegepaste literatuur in Scheele (2009; 2009a) is over het algemeen relevant en betrouwbaar.

### b) Beoordeling van de gedane analyses en conclusies, zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a)

Enkele analyses en conclusies zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a) kunnen als volgt worden bediscussieerd:

- In tegenstelling tot wat in Scheele (2009; 2009a) wordt geponeerd is de verwachting dat de kwaliteit van de zich te ontwikkelen estuariene natuur in de Hedwigepolder niet slechter zal zijn dan de omliggende gebieden, maar gelijkwaardig en mogelijk beter. Dit is gebaseerd op het feit dat omliggende buitendijkse gebieden, zoals Saefinghe en Groot Buitenschoor, al sinds de twintigste eeuw chemische stoffen via de rivier aangevoerd krijgen en opgeslagen hebben in het sediment. De toekomstige kwaliteit van de bodem in de Hedwigepolder zal bestaan uit de kwaliteit van de huidige bodem én die van de kwaliteit van het zwevende stof uit de waterkolom. De kwaliteit van water en zwevende stof is sinds de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw verbeterd, met name voor zware metalen als cadmium en lood. De kwaliteit van de toekomstige estuariene bodem in de Hedwigepolder zal dus, afhankelijk van de huidige kwaliteit van de bodem van de Hedwigepolder, waarschijnlijk gelijkwaardig (voor PCB's en mogelijk PAK's) dan wel beter (voor zware metalen) zijn dan die van sediment van de omliggende gebieden.
- Zoals aangegeven in 3.3.1. lijken cadmium en PAK's niet makkelijk opgenomen te worden door planten. Echter, goede gegevens voor een gedegen analyse van opname van deze stoffen door planten in schorren zijn op deze termijn niet gevonden.
- PAK's worden goed doorgegeven naar ongewervelde dieren. Echter, in gewervelde dieren als vissen, vogels en zoogdieren worden PAK's afgebroken en uitgescheiden. Er vindt voor PAK's dus geen trofische magnificatie plaats. Wel kunnen eventuele afbraakproducten van PAK's eveneens tot negatieve effecten leiden in deze dieren.
- Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat door verstopping van vervuild plantenmateriaal en bodemdampen nieuwe relevante blootstellingroutes voor de mens ontstaan in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder.

Twee maal lijkt niet naar de juiste referentie te zijn gerefereerd (van den Broeck e.a., 2007; de Wolf e.a., 2004). Een enkele keer is een conclusie uit een artikel sterker aangezet of staat informatie niet helemaal correct verwoord, bijvoorbeeld:

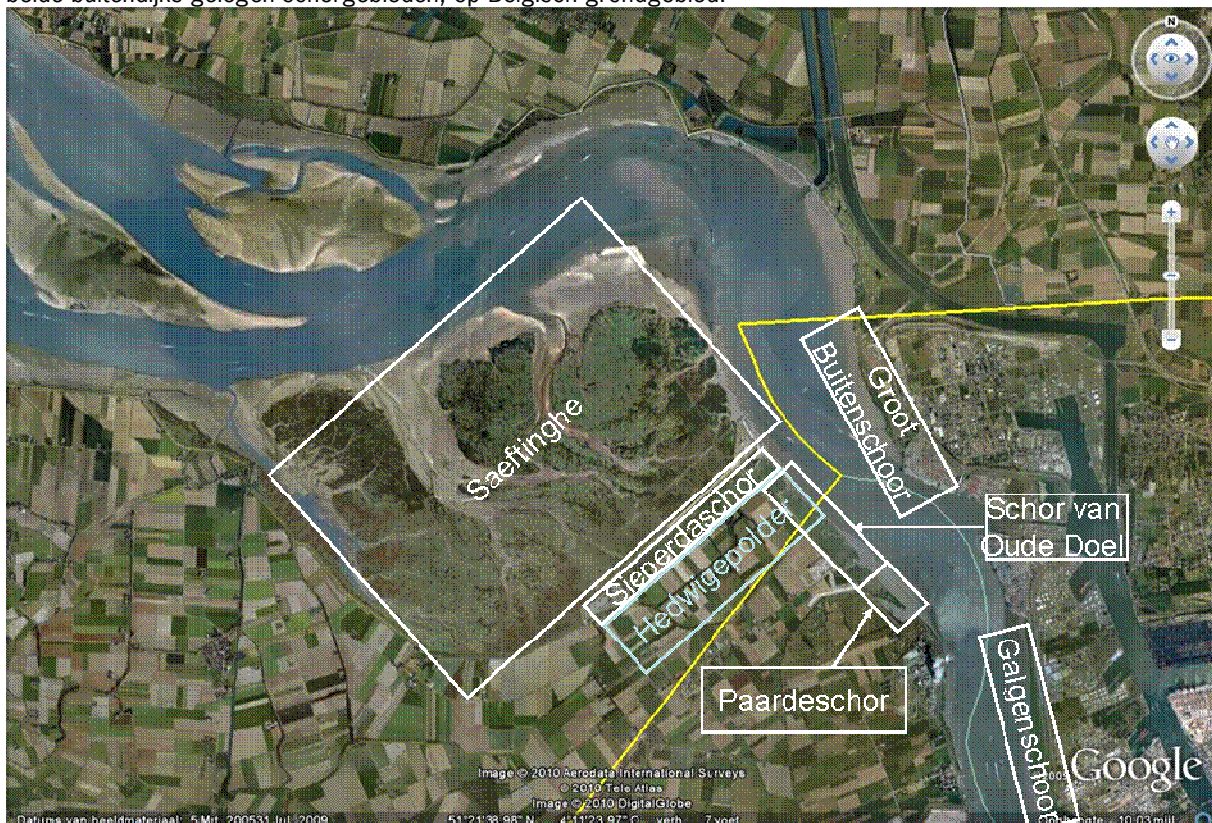
- Citaat uit Scheele (2009; 2009a): "Zwaluwen die insecten consumeren die leven op gebieden met o.a. organisch chemische gifstoffen en kwik vervuiling, vertonen ernstige leverafwijkingen (Papp e.a. 2005)." In dit artikel staat beschreven dat er enzyminducties zijn gevonden, waarschijnlijk door blootstelling aan PCB's. Enzyminducties zijn echter geen ernstige leverafwijkingen.
- Citaat uit Scheele (2009; 2009a): "Hoge concentraties aan fluorinated organochemicals (FOC's) in garnalen en kreeften op vervuilde plaatsen in de Westerschelde (Van de Vijver e.a. 2003)." In dit geval is er niet gemeten in kreeften maar, naast garnalen, in krab en zeester (kreeftachtige organismen).

Op basis hiervan blijkt dat enkele malen de gedane analyses van referenties en aannames of conclusies van Scheele (2009;2009a) niet konden worden onderschreven.

### 3. Beantwoording van kennisvragen

In dit hoofdstuk worden de kennisvragen beantwoord, die ten grondslag liggen aan de vragen zoals gesteld in Scheele, 2009/2009a.

De kennisvragen richten zich op de Hedwigepolder en andere nabijgelegen gebieden, te weten Saeftinghe, het Groot Buitenschoor, het Sieperdaschor en in mindere mate het Galgenschoor (zie figuur 1). De toekomstige Hedwigepolder zal in de nabije toekomst waarschijnlijk het meest gaan lijken op het Sieperdaschor gezien de locatie (binnendijks) en het feit dat het Sieperdaschor recentelijk (sinds 1990) is ontwikkeld. Saeftinghe is een uitgestrekt schorgebied dat sinds de 16<sup>e</sup> eeuw is ontstaan. Het Groot Buitenschoor en het Galgenschoor zijn beide buitendijks gelegen schorgebieden, op Belgisch grondgebied.



Figuur 1. Locatie van verschillende schorren en natuurgebieden in de Westerschelde en Zeeschelde nabij de toekomstige Hedwigepolder.

Ook ligt er een smal schorgebied buitendijks van de Hedwigepolder en de Prosperpolder (het Schor van Ouden Doel), dat ter hoogte van Doel overgaat in het Paardeschor. Op de grens van Nederland en België ligt midden in de Westerschelde het meetpunt "Schaar van Ouden Doel", waar monitoring van de waterkwaliteit plaatsvindt.

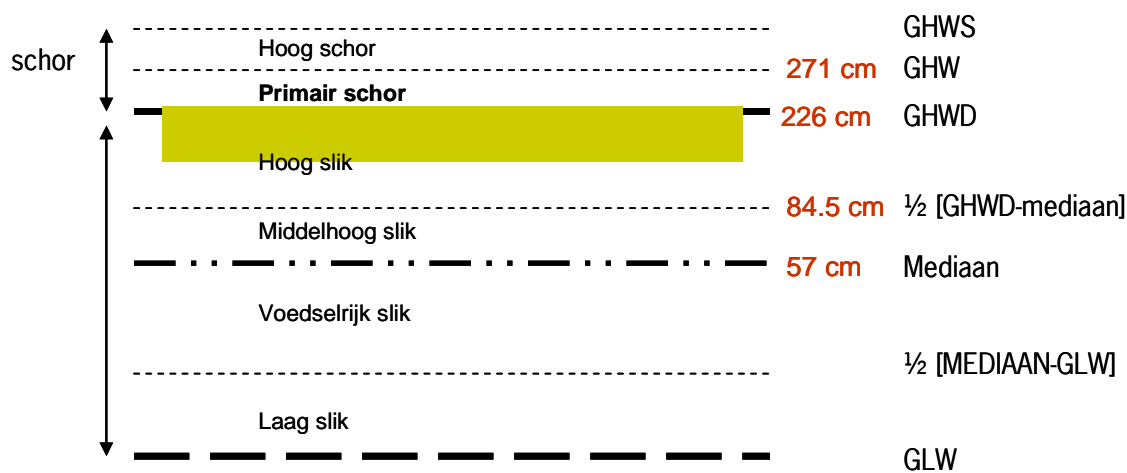
Het zoutgehalte bij Saeftinghe en het Sieperdaschor varieerde in 1999 van ongeveer 5‰ in het vroege voorjaar tot ongeveer 13‰ in het najaar (Hampel e.a. 2003). Zoet water bevat nagenoeg geen zout (~0‰), terwijl zeewater ongeveer 35‰ bevat. In de winter en het vroege voorjaar zorgt een grote hoeveelheid rivierafvoer voor een lager zoutgehalte, terwijl in de zomer een lage rivierafvoer zorgt voor een hoger zoutgehalte in dit gedeelte van het estuarium. Gegeven deze zoutgehalten zal de Hedwigepolder zich ontwikkelen tot een brakwatergebied.



### 3.1 Vorming van toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder

#### 3.1.1. Hoe zal de stroming en aanslibbing van de Hedwigepolder plaatsvinden en hoe snel zal aanslibbing gebeuren? Hoe zullen zich slikken en schorren ontwikkelen en op welke termijn? Hoeveel van het areaal ligt naar verwachting op termijn (grotendeels) boven de hoogwaterlijn?

In het MER (2009) is een modelberekening uitgevoerd om de opslibbing van de Hedwigepolder te voorspellen. Het model voorspelt een aanslibbing van ongeveer 10 cm over 15 jaar (gemiddeld 0,7 cm per jaar). Er is daarbij geen rekening gehouden met het effect van de ontwikkeling van vegetatie op sedimentatie. Vegetatie in intergetijdengebieden bevordert in het algemeen aanslibbing door het invangen van slib en vermindert erosie door remming op de golfwerking. Een snelle aanslibbing wordt verwacht, omdat het gebied is gelegen in de luwe binnenbocht van de Westerschelde en in aanwezigheid van een turbiditeitsmaximum (dit is een zone met maximale troebelheid). Het wordt daarom verwacht dat de aanslibbing sneller zal plaatsvinden als vegetatie zich zal gaan ontwikkelen.



Figuur 2. Principeschets van de ligging van verschillende typen slikken en schorren t.o.v. NAP (Grontmij 2006 in MEP 2009). De ligging van de Hedwigepolder is aangegeven als gekleurde balk. GLW = gemiddeld laag water, GHWD = gemiddeld hoog water bij doortij, GHW = gemiddeld hoogwater, GHWS = gemiddeld hoog water bij springtij.

In het Schelde estuarium treedt over het algemeen snelle sedimentatie op van jonge schorren (Temmerman et al. 2004). Als de schorren opgehoogd zijn tot een hoogte van gemiddeld hoogtij (GHW) (figuur 2) vertraagt de sedimentatie en volgt sedimentatie de stijging van het GHW. Met andere woorden, jonge laaggelegen schorren hogen sneller op dan oudere, hoger gelegen schorren. Daarnaast zien we in het Schelde-estuarium hogere accumulatiesnelheden in de meer stroomopwaarts gelegen gebieden, ondermeer door de hogere concentraties gesuspendeerd sediment in de waterkolom.

De Hedwigepolder ligt grotendeels onder de GHWD. Hier is pas op enige termijn primaire schorvorming te verwachten. In eerste instantie zal zich vooral een hooggelegen slikkengebied ontwikkelen. Door zijn beschutte ligging tegen golfslag bestaat de kans dat schorbegroeiing al beneden GHWD begint, en dat hierdoor de aanslibbing in de Hedwigepolder wordt versneld. Een gelijkaardige ontwikkeling is waargenomen in het nabijgelegen Land van Saeftinghe, het Sieperdaschor, bij de landaanwinning Zuid-Sloe, en het schor van Waarde. Vooral na de komst van *Spartina* (slijkgras) gaat de aanslibbing snel, zoals ook is waargenomen in het Land van Saeftinghe.

De ontwikkeling van het Sieperdaschor direct naast de Hedwigepolder geeft een goed beeld van hoe aanslibbing en vorming van slikken en schorren zal plaatsvinden in dit gedeelte van de Westerschelde (Verbeek & Storm, 2001). In het Sieperdaschor is een gemiddelde aanslibbing van 2 cm per jaar waargenomen, maar met grote

verschillen over het schor, afhankelijk van invloed van het getij. Tussen 1931 en 1955 trad op jonge schorren in de Westerschelde een maaiveldverhoging op van 1,63 tot 3,2 cm per jaar. In de daaropvolgende periode (1955-2002) vertraagde de accretie van de reeds opgehoogde schorren (0,4 tot 1,8 cm per jaar).

Op basis van deze data en expert judgement wordt verwacht dat de Hedwigepolder al na 10-15 jaar voor het grootste deel zal bestaan uit inter-getijdengebied en dieper gelegen geulen voor de aan- en afvoer van water. Volgens het MER wordt verwacht dat binnen 10 à 15 jaar zich een volwaardig schorren- en slikkengebied in de Hedwigepolder zal ontwikkelen.

### **3.1.2. Welke flora & fauna zal zich naar alle waarschijnlijkheid ontwikkelen in de estuariene natuur in de Hedwigepolder en binnen welke termijn? (Gebaseerd op het MER (2009) tenzij anders vermeld)**

#### *Vegetatie*

Momenteel is de polder vooral ingenomen door landbouw, vooral akkers en in mindere mate weilanden. Op de akkers worden uiteenlopende gewassen geteeld, zoals graan aardappelen en bieten. De akkers zijn soortenarm, op de randen komen meer planten voor (de kensoorten van akkers, welianen en ruigten). De dijken zijn over het algemeen sterk begraasd (door schapen). Op verschillende plaatsen komen hoge grassen en kruiden voor. De sloten bevatten water- en moerasplanten. Sporadisch zijn er rietvlakken (in restanten van voormalige kreken). Ook liggen er een aantal kleiner vijvers (spuikommen) en enkele populierenbosjes.

Overstroming van het gebied met brak water en graven van geulen ter bevordering van de estuariene dynamiek zal leiden tot het nagenoeg volledig verdwijnen van de huidige vegetatie. Doordat het overstromingsregime sterk lijkt op het regime in de reeds bestaande schorren zal vermoedelijk de vegetatie(ontwikkeling) sterk gelijken op deze van naburige schorren. Gezien de ligging langs de saliniteitsgradiënt zal in de Hedwigepolder een brakwatervegetatie ontstaan. Voor een brakwaterschor kan in het algemeen de volgende successie beschreven worden. Het kale slik (ev. begroeid met diatomeeën) zal eerst gekoloniseerd worden door nopjeswieren (*Vaucheria* spp.), zeekraal (*Salicornia* sp.) en zeebies (*Scirpus maritimus*). Na deze pionier fase zal, naarmate het schor hoger opslibt, het overstromingsregime veranderen en daarmee ook het overheersende vegetatietype. Achtereenvolgens zullen soorten zoals zeebies (*Scirpus maritimus*), spiesmelde (*Atriplex prostrata*), en zeeaster (*Aster tripolium*) dominant worden, gevolgd door strandkweek en riet (*Phragmites australis*). Deze successie kan door allerlei externe factoren beïnvloed worden, waaronder begrazing. Begrazing kan leiden tot een meer soortenrijk zilt grasland met soorten zoals rood zwenkgras, fioringras (*Agrostis stolonifera*) en gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*).

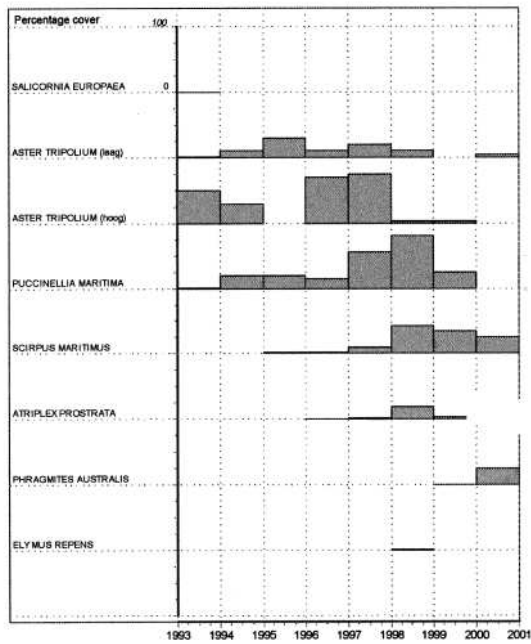
Hoe de vegetatieontwikkeling in de Hedwigepolder verloopt, kan het best geïllustreerd worden met de waargenomen successie in het Sieperdaschor. Op het Sieperdaschor kwam in eerste instantie zulte (*Aster tripolium*) en gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) voor, na enkele jaren gevolgd door heen of zeebies (*Scirpus maritimus*) en spiesmelde (*Atriplex prostrata*). In de laag gelegen gebieden is fioringras (*Agrostis stolonifera*) na de herintroductie van de getijden bijna volledig vervangen door de schorrenplanten *P. maritima* en *A. tripolium*. In de hoger gelegen delen van de polder konden *A. stolonifera* en *E. pycnanthus* langer overleven en verschenen daarnaast ook schorrenplanten zoals *P. maritima*, *A. tripolium* en *Juncus gerardi* (zilte rus). In het slecht gedraineerde westelijke deel van de polder kwamen pionier soorten zoals *A. tripolium*, *Salicornia* spp (zeekraal), *Spergularia marina* (zilte schijnspurrie) en *Glaux maritima* (melkkruid) tevoorschijn. Zo'n 10 jaar na de doorbraak van de dijk verscheen *Phragmites australis* (riet), wat zich snel uitbreidde (Figuur 3) (Eertman et al., 2002).

In de Hedwigepolder wordt een snelle kolonisatie verwacht door pioniersoorten. Afhankelijk van de sedimentatiesnelheid zal het schor zich verder ontwikkelen volgens de hierboven beschreven successie. Lokaal (bv ter hoogte van eutrofe voormalige akkersituaties) kunnen zich mogelijk wiermatten ontwikkelen die de vestiging van pioniers verstikken.

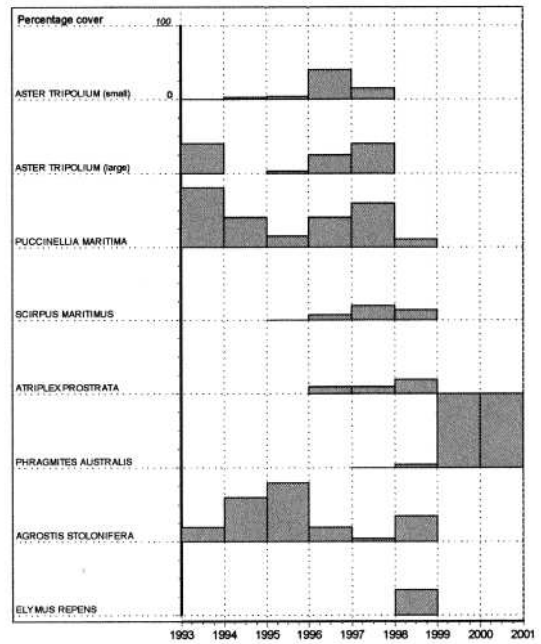
#### *Infauna*

Ook voor de infauna (ongewervelde soorten die in de bodem leven, oftewel benthische macroinvertebraten) kan in de Hedwigepolder een gelijkaardige ontwikkeling als in het Sieperdaschor worden verwacht. De infauna waargenomen in het Sieperdaschor is qua soortensamenstelling te vergelijken met natuurlijke gebieden in de omgeving en is kenmerkend voor de brakwaterzone van het Schelde-estuarium (Van Oevelen et al., 2000). De brakwaterzone kenmerkt zich van nature door een relatief soortenarme infauna, maar specifieke

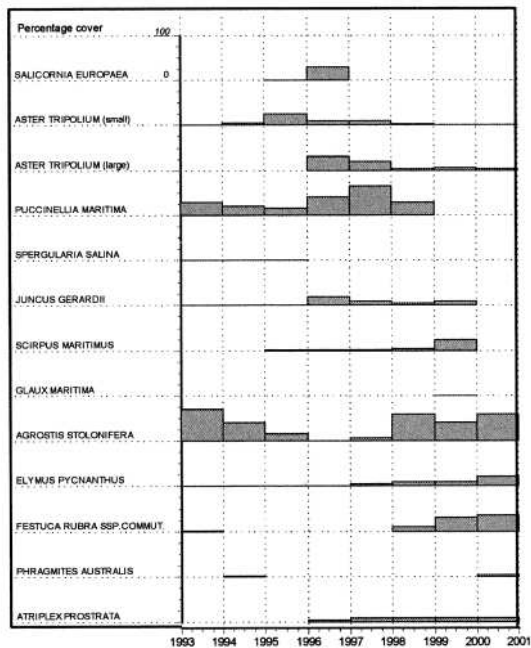
A



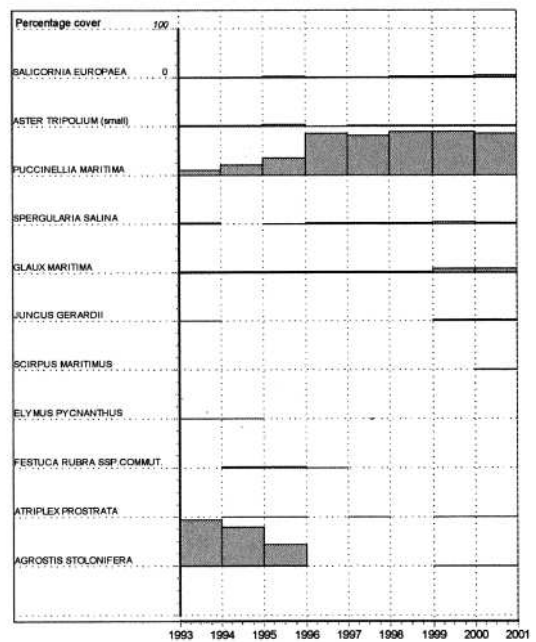
B



C



D



Figuur 3: Successie van de vegetatie op verschillende plaatsen in de Sieperdaschor (overgenomen uit Eertman e.a. 2002)

Tabel 1: Overzicht van de infauna taxa op de Sieperdaschor (overgenomen uit Eertman e.a. 2002)

Category/Taxon	Habitat	Category/Taxon	Habitat
<b>Oligochaetes</b>		<b>Crustaceans</b>	
Various unidentified species	mf/sp-i	<i>Carcinus maenas</i>	mf
<b>Polychaetes</b>		<i>Corophium volutator</i>	mf/sp-i
<i>Heteromastus filiformis</i>	mf/sp-i	<i>Crangon crangon</i>	sp-h
<i>Manayunkia aestuarina</i>	mf/sp-i	<i>Gammarus</i> sp.	mf/sp-i
<i>Nereis diversicolor</i>	mf/sp-i	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	sp-h
<i>Pygospio elegans</i>	mf	<i>Neomysis integer</i>	mf /sp-i,h
<b>Mollusks</b>		<i>Palaemonetes varians</i>	sp-h
<i>Cerastoderma edule</i>	mf	<i>Sphaeroma rugicauda</i>	mf/sp-i,h
<i>Hydrobia ulvae</i>	mf/sp-i	<b>Insects</b>	
<i>Macoma balthica</i>	mf/sp-i	<i>Chironomus</i> sp. larvae	sp-i
<b>Fish</b>		<i>Dolichopodidae</i> larvae	mf/sp-i
<i>Pomatoschistus</i> sp.	sp-h	<i>Sigara</i> sp.	sp-h

mf, mud flat; sp-i, supralittoral pool—infauna; sp-h, supralittoral pool—hyperbenthos.

brakwatersoorten kunnen wel in zeer hoge aantallen voorkomen. Veel voorkomende soorten zijn de draadworm *Heteromastus filiformis*, de zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*, de slijkgarnaal *Corophium volutator*, het nonnetje *Macoma balthica*, en Oligochaeta (Ysebaert et al. 2003, 2005).

Monitoring van de infauna in het Sieperdaschor is vijf jaar na de doorbraak van de dijk van start gegaan. Op dat moment was de estuariene benthische fauna reeds goed ontwikkeld. In de periode 1995-1999 zijn 19 taxa geobserveerd (tabel 1). Diversiteit varieerde van 14 tot 17 taxa per jaar. Dichtheid fluctueerde van 4.000 tot 40.000 individuen per m<sup>2</sup>, met een gemiddelde van 10.000 individuen per m<sup>2</sup>. De totale biomassa fluctueerde tussen monsters en jaren en varieerde van 1 tot 27 g AFDW per m<sup>2</sup>. Relatieve soortensamenstelling fluctueerde ook over de tijd, alhoewel de twee meest abundante soorten (*Corophium volutator* en *Nereis diversicolor*), samen met een aantal soorten Oligochaeta, meer dan 80% van de gemeenschap uitmaakten op de meeste monsterlocaties. De soortensamenstelling en de biomassa varieerden niet sterk tussen 1995 en 1999 (Eertman et al., 2002).

In de Hedwigepolder wordt een relatief snelle kolonisatie door bodemdieren verwacht. De snelheid zal mede bepaald worden door de optredende sedimentatiesnelheden (zie boven). Afzetting van slib/zand in de polder zal snel leiden tot vestiging van bodemdieren, aangezien heel wat soorten in de bovenste centimeters van de bodem voorkomen. Net als bij de vestiging van pionierplanten kan ook de ontwikkeling van wiermatten mogelijks de vestiging van bodemdieren bemoeilijken. In het te ontwikkelen schor zal een andere infauna voorkomen dan op het kale slik. Deze zal in belangrijke mate bestaan uit Oligochaeta. Mettertijd zullen zich ook heel wat epibenthische soorten vestigen op het schor, waaronder wadslakjes. Ook terrestrische invertebraten (bijv. spinnen) zullen zich op termijn vestigen.

#### Vissen

Het toekomstig visbestand is van een aantal factoren afhankelijk, zoals de helderheid en de kwaliteit van het water en de hoeveelheid planten. Tevens is de morfologische ontwikkeling van het gebied van belang, zoals de ontwikkeling van kreken en (semi-)permanente poelen. Er wordt niet verwacht dat er grote aantallen vissen het gebied als paaigebied zullen gebruiken, omdat het slik voor een groot deel relatief hoog ligt. In de restanten van spuikommen en in de (gegraven) geulen zal lokaal wel staand en voldoende diep water aanwezig zijn dat als paaigebied geschikt is. Bij hoogwater zullen er wel heel wat vissen en kreeftachtigen via de kreken het gebied inzwemmen om op de slikken en lage schorren te foerageren (Hampel e.a. 2003).

Als er gekeken wordt naar de ontwikkeling van het Sieperdaschor dan blijkt dat er in de hyperfauna bemonstering veel kleine visjes zijn gevonden (Van Oevelen et al, 2000). Pelagische kleine vis, zoals de haring *Clupea harengus* en de sprat *Sprattus sprattus*, kunnen zich goed handhaven, waarschijnlijk door de hoge hoeveelheid voedsel in de vorm van zooplankton in de diepe poelen van de Sieperdaschor (Hampel e.a. 2003).

In de Hedwigepolder zullen kleine pelagische vissen zich kunnen vestigen in m.n. de diepere poeltjes, waar zooplankton zich als voedsel voor deze visjes kan ontwikkelen. Tijdens hoog water kan het gebied ook van belang zijn voor grotere vissen en kreeftachtigen, die foerageren op de overspoelde slikken en schorren.

### *Vogels*

Het belang van het projectgebied langs een belangrijke internationale vogeltrekroute staat buiten kijf. Het Schelde-estuarium vormt immers een belangrijke schakel in de keten van wetlands langs de Oost-Atlantische trekroute en is van internationaal belang voor vele soorten doortrekkende en overwinterende watervogels. Door het grote oppervlakte aan schorren herbergt de brakwaterzone van het Schelde-estuarium grote aantallen herbivore vogels, met name ganzen en eenden (Ysebaert et al. 2000). Daarnaast komen er meerdere soorten steltlopers voor die voornamelijk foerageren op de in de bodem aanwezige infauna (Van den Bergh et al. 2005).

Het Sieperdaschor werd vooral in de eerste jaren, toen het gebied nog slijkgig en veelal onbegroeid was, veelvuldig door watervogels gebruikt als rust- en foerageergebied. Door de oprukkende vegetatie zijn watervogels gedeeltelijk vervangen door meer broedvogels. Naarmate de vegetatie een hogere bedekking heeft is er een verschuiving in de broedvogelpopulatie van kalegrondbroeders naar riet- en weidevogels (Van Oevelen e.a. 2000). Volgende soorten werden geobserveerd op de Sieperdaschor: *Tringa totanus* (tureluur), *Luscinia svecica* (blauwborst), *Anser anser* (grauwe gans) en *Acrocephalus scirpaceus* (kleine karekiet). Weidevogels komen er ook voor, vooral in het hoger gelegen westelijke deel. Het Sieperdaschor wordt door heel wat vogelsoorten gebruikt als foerageerplaats (Eertman et al, 2002).

De precieze samenstelling en ontwikkeling van het vogelbestand in de Hedwigepolder is mede afhankelijk van de timing van de bodemfauna-ontwikkeling, de vegetatie-evolutie en de precieze vegetatiesamenstelling. Verwacht wordt dat er binnen afzienbare tijd (10 à 15 jaar) een volwaardig schor- en slikecosysteem zal ontwikkelen waarin zich in theorie alle schelde-, schorren-, en slijken-gebonden vogelsoorten zullen kunnen handhaven. Indien de bodemfauna zich op een vergelijkbare manier ontwikkelt als in de Westerschelde, kan het met laag water droogvallend slik een aantrekkelijk foerageergebied vormen voor steltlopers en eenden. In eerste instantie zullen hoofdzakelijk benthivore vogels gebruik maken van het gebied, naarmate het schorareaal uitbreidt meer herbivore vogels. Op termijn zal het toenemend areaal aan schorren tevens leiden tot een verschuiving van een in hoofdzaak rust- en foerageergebied naar een broedgebied voor moeras- en weidevogels. Ook hier kan beheer een rol spelen.

De Hedwigepolder zal zich ontwikkelen tot een belangrijk vogelgebied. Het gebruik door vogels (en daarmee ook de soortensamenstelling) zal naarmate het gebied zich ontwikkelt veranderen van hoofdzakelijk foerageergebied naar broedgebied. De omgeving kent momenteel reeds een aantal ecologisch belangrijke gebieden waarmee het (samen met de te ontwikkelen estuariene natuur in de Prosperpolder op Vlaams grondgebied) één geheel zal vormen. De vorming van één groot gebied (Saeftinghe, Sieperdaschor, Hedwigepolder, Prosperpolder en Schor van Ouden Doel) geeft mogelijkheden voor vestiging van soorten die een groot leefgebied nodig hebben.

## 3.2 Slibkwaliteit in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder

### **3.2.1. Wat is de kwaliteit van het aanslibbende materiaal? In hoeverre kunnen normen van metalen (Cd en Pb), PAK's en PCB's in waterbodems worden overschreden?**

De huidige bodemkwaliteit van de Hedwigepolder vormt de basis van de kwaliteit van het gebied. Op deze bodem vormt zich een nieuwe sedimentlaag van aanslibbend materiaal, wat er als zwevende stof het gebied binnenstroomt en bezinkt. Zwevende stof is afkomstig van de Zeeschelde en de Westerschelde. Om de kwaliteit van het toekomstig aanslibbende materiaal te bepalen moet dus gekeken worden naar de kwaliteit van het zwevende stof in de Zeeschelde en de Westerschelde.

Om te bepalen in hoeverre gehalten aan vervuilende stoffen in zwevende stof of sediment een risico vormen voor planten en dieren zijn er in Nederland zogenaamde Maximaal Toelaatbare Risico's (MTR's) afgeleid voor sediment of zwevende stof voor een selectie aan vervuilende stoffen (tabel 2). Als gehalten beneden deze norm liggen wordt verondersteld dat de gehalten aan deze vervuilende stoffen niet tot risico's voor planten en dieren kunnen leiden, terwijl een gehalte boven de MTR niet kunnen uitsluiten dat er geen risico's voor planten en dieren zijn. De MTR voor sediment (waterbodems) of bodem zijn vaak vastgesteld voor een standaardbodems, dat wil zeggen een bodem die bestaat uit 10% Organisch Koolstof (OC) en/of 25% lutum.

De toekomstige bodemkwaliteit van de Hedwigepolder in deze benadering is daarmee het meest afhankelijk van de kwaliteit van het zwevende stof. De normtoetsing zoals hier gerapporteerd is gebaseerd op gegevens van concentraties in sediment en zwevende stof uit de omgeving van de Hedwigepolder. Afsluitend zal worden besproken wat de toepasbaarheid van de gegevens is voor een analyse van de mogelijke risico's voor de Hedwigepolder.

#### Kwaliteit zwevende stof

In een Nederlands monitoringsprogramma zijn jaarlijks gehalten aan een selectie van vervuilende stoffen in zwevende stof in de Westerschelde gemeten (dataset RWS RIKZ). Deze data zijn beschikbaar op [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl). De locatie Schaar van Ouden Doel ligt op de Nederlands-Belgische grens ter hoogte van de Hedwigepolder. Deze locatie is daarmee representatief voor een inschatting van de kwaliteit van de zich te ontwikkelen estuariene bodemkwaliteit in de Hedwigepolder. De gehalten aan cadmium, lood, PCB's en PAK's zijn in zwevende stof van Schaar van Ouden Doel zijn weergegeven in figuren 4-7. In tabel 2 staan de Nederlandse normen voor water, sediment en zwevende stof.

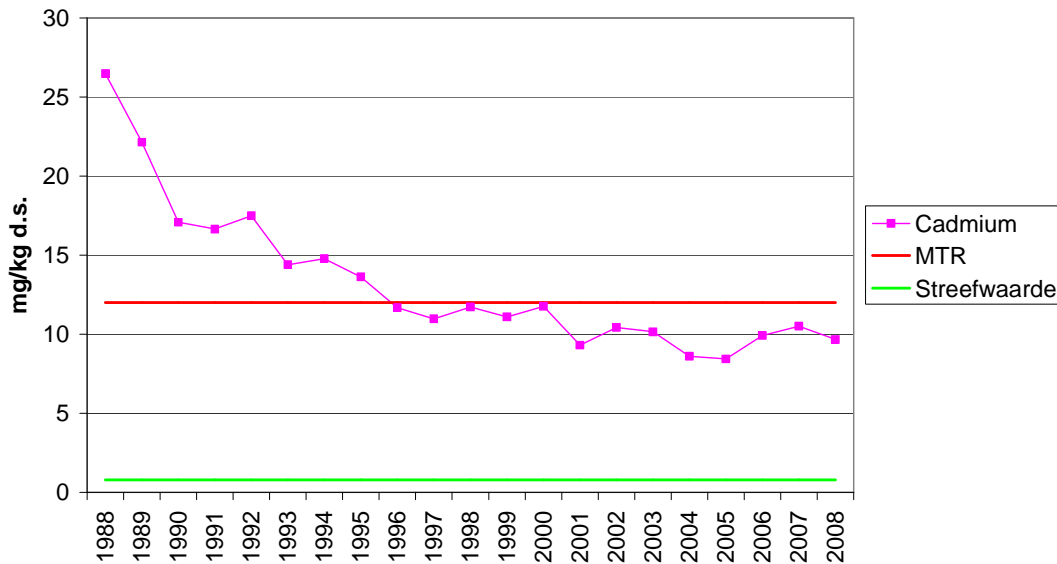
Gehalten aan cadmium in zwevende stof in de Westerschelde dalen van 11 mg/kg droge stof (d.s.) in 1988 naar 4 mg/kg d.s. in 2008 (niet gecorrigeerd naar 10% OC). Gehalten zijn redelijk stabiel sinds 2001 en schommelen tussen 3,8-4,2 mg/kg d.s.. Voor toetsing aan het MTR voor cadmium is omrekening van standaardbodem naar de situatie bij Schaar van Ouden Doel nodig (zie MTR, tabel 2). Standaard sediment bevat 10% OM. Het gemiddelde %OC (tussen 1988 en 2008) in zwevende stof bij Schaar van Ouden Doel is 4,26. Omrekening van gehalten aan cadmium van het OC% van Schaar van Ouden Doel (4,26) naar standaardbodem (10%) geeft gehalten van 26 mg/kg d.s. in 1988 tot ongeveer 10 mg/kg d.s. in de afgelopen jaren (figuur 4). Bij toetsing van deze gehalten aan de MTR blijkt dat er sinds 1996 aan deze norm wordt voldaan. Huidige gehalten (10%OC) liggen ongeveer een factor twaalf boven de streefwaarde. In het MER (2009) zijn geen trendgegevens voor cadmium in zwevende stof opgenomen.

Gehalten aan lood in zwevende stof in de Westerschelde dalen van 168 mg/kg d.s. in 1988 naar 88 mg/kg d.s. in 2008 (niet gecorrigeerd naar 10% OC). Ook voor lood is voor toetsing aan het MTR een omrekening nodig van het %OC bij Schaar van Ouden Doel van gemiddeld 4,26% naar standaard sediment (10%). Na omrekening van MTR en SW blijkt dat gehalten aan lood in zwevende stof onder de MTR liggen, de laatste jaren met een factor twee tot drie (figuur 5). De gehalten liggen ongeveer een factor twee boven de streefwaarde. In het MER (2009) zijn geen trendgegevens voor lood in zwevende stof opgenomen.

Gehalten aan PCB's in zwevende stof bij Schaar van Ouden Doel zijn weergegeven op basis van PCB-153, één van de PCB-congener die representatief is voor en vaak dominant aanwezig is in de som-7PCB. De trend van PCB-153 is grillig en loopt na een daling vanaf 1990 weer op van 0,015 mg/kg d.s. in 1990 tot 0,025 mg/kg d.s. in 2008 (niet gecorrigeerd naar 10% OC). Toetsing van gehalten aan de MTR (na correctie naar 10% OC) geeft een overschrijding van een factor zeven (figuur 6). De MTR is gebaseerd op de MilieuKwaliteitsNorm (MKN) voor PCB's in zwevende stof van de Europese Kaderrichtlijn Water, zoals vastgelegd in bijlage G (Milieukwaliteitseisen voor specifieke verontreinigende stoffen) van het Stroomgebiedsbeheersplan Schelde 2009-2015 (zie tabel 8). In het MER (2009) is een figuur voor trends aan som-PCB's in zwevende stof opgenomen. Gehalten in deze figuur liggen in tegenstelling tot figuur 6 beneden de MTR/MKN met een factor 3-4. In het MER is niet aangegeven van welke locatie deze trendlijn afkomstig is. Het meest waarschijnlijk is dat deze afkomstig is van een locatie meer stroomafwaarts, waar over het algemeen lagere PCB-gehalten worden aangetroffen (Van den Heuvel-Greve e.a., 2006).

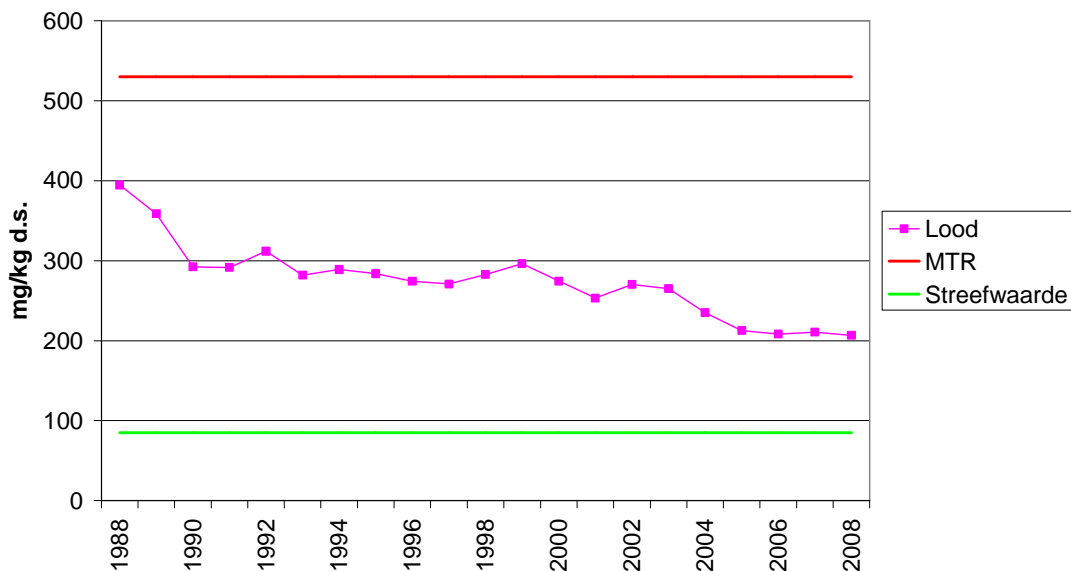
Aangezien PAK's uit een groot aantal verschillende PAK-verbindingen bestaat worden de gehalten van van een aantal specifieke PAK-verbindingen vaak bij elkaar opgeteld tot een som-6PAK's (6 verschillende PAK-verbindingen) of som-10PAK's (10 verschillende PAK-verbindingen). Ook normen voor PAK's zijn vaak gebaseerd op de som van enkele specifieke PAK's, zoals de MTR voor de som-10PAK's (zie tabel 2). Gehalten aan PAK's in zwevende stof bij Schaar van Ouden Doel zijn weergegeven op basis van de som-6PAK's (van Borneff) en één van de PAK's, benzo(a)pyreen (figuur 7). Voor de som-6PAK's zijn slechts data voor de periode 1988-1992 gevonden, die geen duidelijke afnemende of toenemende trend laten zien. Gehalten aan benzo(a)pyreen nemen af met een gehalte van 0,8 mg/kg d.s. in 1988 tot 0,4 mg/kg d.s. in 2008 (niet gecorrigeerd naar 10% OC). Voor PAK's is een MTR voor som-10PAK's afgeleid van 1 mg/kg d.s. Voor een bodem met een OC% van kleiner dan 10% hoeft voor de som-10PAK's geen correctie plaats te vinden. Toetsing aan deze norm laat zien dat de som-6PAK de

### Zwevende stof - Schaar van Ouden Doel



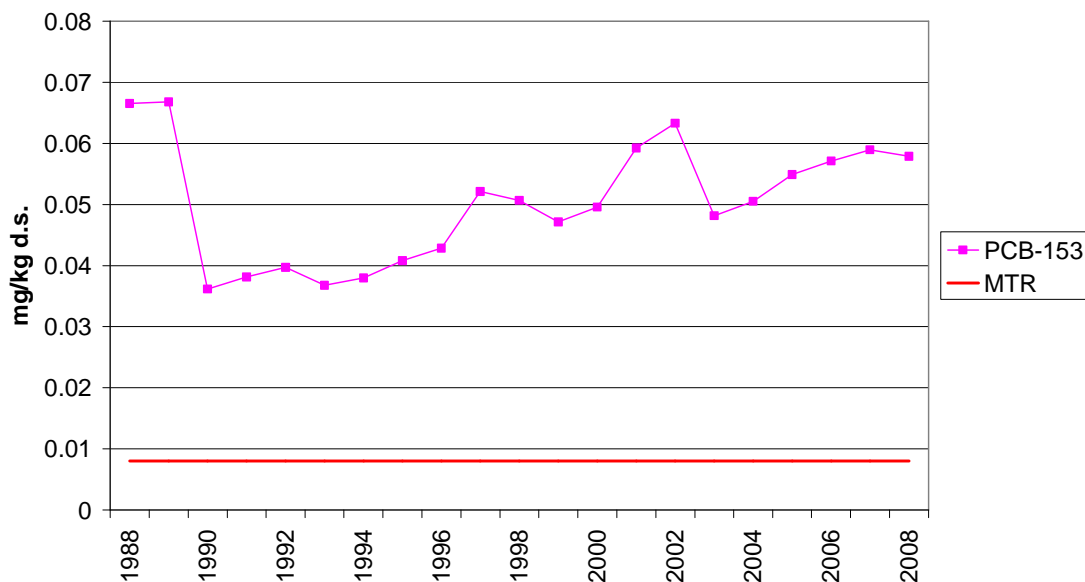
Figuur 4. Trends aan gehalten aan cadmium in zwevende stof van de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel in de periode 1988-2008 (Bron: RWS RIKZ, [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)), omgerekend van een gemiddeld OC% van 4,26 (gemiddelde percentage in zwevende stof van Schaar van Ouden Doel) naar standaard 10% OC. Standaardisering naar lutum-gehalte heeft niet plaatsgevonden. MTR en SW zijn afkomstig van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl).

### Zwevende stof - Schaar van Ouden Doel



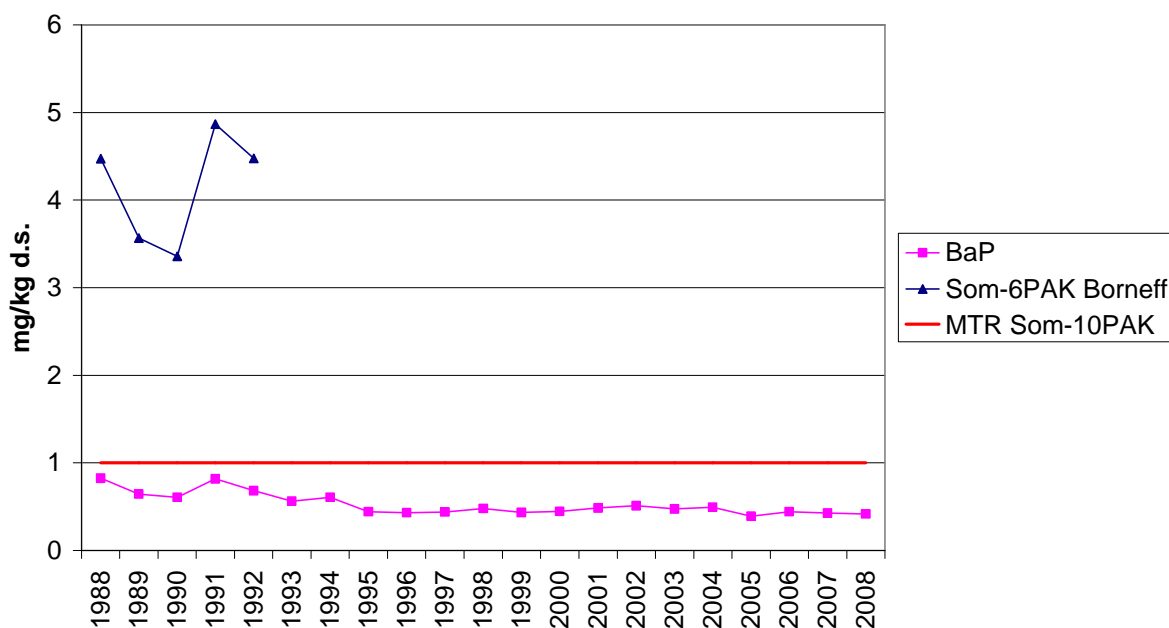
Figuur 5. Trends aan gehalten aan lood in zwevende stof van de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel in de periode 1988-2008 (Bron: RWS RIKZ, [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)), omgerekend van een gemiddeld OC% van 4,26 (gemiddelde percentage in zwevende stof van Schaar van Ouden Doel) naar standaard 10% OC. Standaardisering naar lutum-gehalte heeft niet plaatsgevonden. MTR en SW zijn afkomstig van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl).

### Zwevende stof - Schaar van Ouden Doel



Figuur 6. Trends van gehalten aan  $\Sigma$ -7PCB in zwevende stof van de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel in de periode 1988-2008 (Bron: RWS RIKZ, [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)), omgerekend van een gemiddeld OC% van 4,26 (gemiddelde percentage in zwevende stof van Schaar van Ouden Doel) naar standaard 10% OC. MTR en SW voor zwevende stof zijn afkomstig van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl). De MTR is gelijk aan de MKN van de KRW voor zwevende stof.

### Zwevende stof - Schaar van Ouden Doel



Figuur 7. Trends van gehalten aan  $\Sigma$ -6PAK's (van Borneff) en Benzo(a)pyreen in zwevende stof van de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel in de periode 1988-1992 ( $\Sigma$ -6PAK's) en 1988-2008 (Benzo(a)pyreen)(Bron: RWS RIKZ, [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)). De MTR voor zwevende stof ( $\Sigma$ -10PAK) is afkomstig van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl).



Tabel 2. Landelijke achtergrondconcentratie (AC), Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) en streefwaarde (SW) voor Cd, Pb, PCB's en PAK's in water, sediment, zwevende stof en grond.

Stof(groep)	Compartment	AC	MTR	SW	Eenheid	Referentie
Cd	Totaal water	0,4	2	0,4	µg/l	www.rivm.nl
	Opgelost water	0,08	0,4	0,08	µg/l	www.rivm.nl
Pb	Totaal water	3,1	220	5,3	µg/l	www.rivm.nl
	Opgelost water	0,2	11	0,3	µg/l	www.rivm.nl
Σ7PCB	Water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		www.rivm.nl
Σ6PAK	Water	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		www.rivm.nl
Cd	Sediment	0,8	12	0,8	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
Pb	Sediment	85	530	85	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
Σ7PCB	Sediment	-	0,028	0,022	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-101	Sediment	-	0,004	0,004	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-118	Sediment	-	0,004	0,004	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-138	Sediment	-	0,004	0,004	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-153	Sediment	-	0,004	0,004	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-180	Sediment	-	0,004	0,004	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-28	Sediment	-	0,004	0,001	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
PCB-52	Sediment	-	0,004	0,001	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
Σ10PAK*	Sediment	-	1	-	mg/kg standaard bodem of sediment**	www.rivm.nl
Σ7PCB	Zwevende stof	-	56		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-101	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-118	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-138	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-153	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-180	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-28	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
PCB-52	Zwevende stof	-	8		µg/kg droge stof	www.rivm.nl
Cd	Grond	0,8		0,8	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl
Pb	Grond	85		85	mg/kg standaard bodem of sediment	www.rivm.nl

\*Σ10PAK bestaat uit: naftaleen, anthraceen, fenanthreen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, indeno(1,2,3-cd)pyreen. \*\*Bij een bodem met een OC% van kleiner dan 10% hoeft geen bodemcorrectie te worden toegepast.

MTR voor som-10PAK's met een factor drie tot vijf overschrijdt in de periode 1988-1992. Als er gegevens zouden zijn van de totale som-10PAK's dan is de verwachting dat deze norm nog iets meer zou worden overschreden, aangezien dan de gehalten van nog vier PAK-verbindingen erbij worden opgeteld. De gehalten van alleen Benzo(a)pyreen liggen in de periode 1988-2008 onder de norm van som-10PAK's. Aangezien er in de periode 1988-1992 geen correlatie zichtbaar is tussen gehalten aan Som-6PAK en Benzo(a)pyreen (figuur 7) kan er geen extrapolatie gemaakt worden van gehalten aan Benzo(a)pyreen naar Som-6PAK in de periode 1993-2008. Wel is de verwachting dat er een overschrijding van het MTR blijft bestaan, zeker bij een Som-10PAK. Dit is ook geconstateerd in het MER (2009), waar een figuur (6.25) is opgenomen met gehalten aan Som-6PAK's in zwevende stof op een locatie in de Westerschelde. In het MER is niet aangegeven van welke locatie deze trendlijn afkomstig is. Gehalten in deze figuur variëren rond ~1,2 mg/kg d.s. in 1989 tot ~0,7 mg/kg d.s. in 2004. Dit is in de periode 1989-1992 grofweg een factor drie lager dan de gehalten bij Schaar van Ouden Doel (figuur 7). Extrapolatie van deze gegevens geeft een gehalte in de orde grootte van 2 mg/kg d.s. bij Schaar van Ouden Doel in 2004. Dit is boven de som-10 PAK's norm van 1 mg/kg d.s.

Op basis hiervan kan worden gesteld dat voor wat betreft cadmium en lood de kwaliteit van zwevende stof in de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel voldoet aan de MTR of MKN. Dit is niet het geval voor PCB's en waarschijnlijk PAK's in zwevende stof in de Westerschelde ter hoogte van Schaar van Ouden Doel.

Tabel 3. Gehalten aan Cd, Pb, PCB's en PAK's in sediment (waterbodem) van de Westerschelde.

Stof(groep)	Gehalte	Eenheid	Locatie	Jaar bemonstering	Referentie
Cd	~0,5*	mg/kg ds	Perkpolder	1998	Danis e.a. 2004
Cd	0,8-1,2	mg/kg ds	Baalhoek (direct west van Saeftinghe)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Cd	~3	mg/kg ds	Saeftinghe	1999	Du Laing e.a. 2002
Cd	2,5,5	mg/kg ds	Appelzak (Groot Buitenschoor)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Cd	2,5-4,8	mg/kg ds	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Cd	6,9-7,9	mg/kg ds	Doel (Prosperpolder)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Cd	5,7-7,8	mg/kg ds	Lillo	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Pb	21*	mg/kg ds	Perkpolder	1998	Danis e.a. 2004
Pb	20,4-39,1	mg/kg ds	Baalhoek (direct west van Saeftinghe)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Pb	40,6-116	mg/kg ds	Appelzak (Groot Buitenschoor)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Pb	82-152	mg/kg ds	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Pb	353-775	mg/kg ds	Doel (Prosperpolder)	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Pb	56,5-88,5	mg/kg ds	Lillo	1991	Absil & van Scheppingen 1996
Σ7PCB	18	µg/kg ds	Hansweert	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Σ6PCB	14,4 ± 13,8	µg/kg ds	Perkpolder	1998	Danis e.a. 2004
Σ7PCB	22,0	µg/kg ds	Schaar van Ouden Doel	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
PCB-153	4,7	µg/kg ds	Hansweert	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
PCB-153	3,90 ± 4,13	µg/kg ds	Perkpolder	1998	Danis e.a. 2004
PCB-153	6,0	µg/kg ds	Schaar van Ouden Doel	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Σ15PAK	1107	µg/kg ds	Hansweert	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Σ15PAK	2049	µg/kg ds	Schaar van Ouden Doel	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Benzo(a)pyreen	78	µg/kg ds	Hansweert	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Benzo(a)pyreen	154	µg/kg ds	Schaar van Ouden Doel	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006

\*Bulkgehalte is berekend op basis van gehalten in afzonderlijke sedimentfracties en ratio's van sedimentfracties in het sediment.

#### Kwaliteit sediment

Ook gehalten aan vervuilende stoffen in sediment (de waterbodem) uit de Westerschelde geven een beeld van de huidige kwaliteit van waterbodems nabij de toekomstige Hedwigepolder (tabel 3). Gehalten in sediment zullen minder aan verandering onderhevig zijn aangezien vervuilende stoffen als Cd, Pb en PCB's nauwelijks afbreken in sediment. Wel zal zich op den duur een verse toplaag vormen door het neerslaan van zwevende stof dat afkomstig is van de rivier stroomopwaarts en van resuspenderend sediment. Deze nieuwe sliblaag kan een andere kwaliteit wat betreft vervuilende stoffen bevatten. Gehalten in sedimenten zijn heterogeen. Dit wil zeggen dat ze sterk verschillen, al op kleine afstanden.

In tabel 3 zijn gerapporteerde gehalten aan cadmium, lood, PCB's en PAK's in sediment van de Westerschelde weergegeven. Als deze gehalten omgerekend worden naar standaard sediment kunnen ze vergeleken worden met de MTR's (tabel 2).

Uitgaande van een sedimentgehalte bij Schor van Doel en een OM-gehalte van 18,4%, bevat sediment op deze locatie een gehalte aan cadmium van ~2 mg/kg standaard sediment. Dit gehalte ligt een factor zes lager dan de MTR van 12 mg/kg standaard sediment.

Eenzelfde berekening voor lood bij Schor van Doel geeft een gehalte aan lood op deze locatie van ~65 mg/kg standaard sediment. Dit gehalte ligt een factor acht lager dan de MTR voor lood van 530 mg/kg standaard sediment. Dit gehalte ligt tevens lager dan de Streefwaarde voor lood van 85 mg/kg standaard sediment. Mogelijk dat het gehalten aan lood ter hoogte van Doel (353-775 mg/kg d.s.) de SW en het MTR benaderen, maar dat hangt af van het OC-gehalte, die hier niet gerapporteerd zijn.

Gehalten aan  $\Sigma$ 7PCB in sediment zijn ongeveer 18-22  $\mu\text{g}/\text{kg}$  droge stof tussen Hansweert en Schaar van Ouden Doel in 2005. Op de locatie Schaar van Ouden Doel was het OC-gehalte 1,46%. Omrekening naar standaard sediment met een OC-gehalte van 10% geeft een gehalte aan  $\Sigma$ 7PCB van  $\sim 150 \mu\text{g}/\text{kg}$  standaard sediment. Dit gehalte ligt een factor vijf boven de MTR van  $28 \mu\text{g}/\text{kg}$  standaard sediment en een factor zeven boven de Streefwaarde van  $22 \mu\text{g}/\text{kg}$  standaard sediment. Sedimentmonsters uit de vaargeul zijn echter niet goed vergelijkbaar met monsters van slikken en schorren vanwege een andere sedimentsamenstelling (slikken zijn rijker aan fijn materiaal en organisch koolstof dan het meer zandige sediment uit de vaargeul).

Gehalten aan som-15PAK's liggen tussen 1-2  $\text{mg}/\text{kg}$  droge stof tussen Hansweert en Schaar van Ouden Doel in 2005. Standaard bodemcorrectie is voor toetsing aan de MTR voor som-10PAK's niet nodig bij een OC% van minder dan 10% (zie [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)). Aangezien dit het geval is op deze locaties kan er een directe vergelijking gemaakt worden. Het gehalte aan som-10PAK's ligt hiermee op of net boven de MTR van  $1 \text{mg}/\text{kg}$  d.s. voor som-10PAK's, met hierbij de opmerking dat er vijf aanvullende PAK-verbindingen in de som zijn meegenomen en dat door aftrek van gehalten van deze vijf PAK-verbindingen er mogelijk geen sprake is van overschrijding van het MTR.

Op basis van deze gegevens blijkt dat gehalten aan cadmium en lood in sediment nabij de Hedwigepolder onder de MTR vallen, terwijl voor PCB's en mogelijk PAK's de MTR voor sediment wordt overschreden.

### 3.5. Waterkwaliteit

#### 3.5.1. Als welk watertype is de Westerschelde gedefinieerd onder de KRW?

De Westerschelde is getypeerd als kunstmatig overgangswater (type O2) onder de KRW (SGBP 2009).

#### 3.5.2. Wat zijn de Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater binnen de KRW?

Binnen de Kaderrichtlijn Water zijn Milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater ( $\text{MKN}_{\text{water}}$ ) afgeleid (tabel 4). Als in stroomgebieden van lidstaten niet wordt voldaan aan de  $\text{MKN}_{\text{water}}$  voor een vervuilende stof dan dienen maatregelen genomen te worden om gehalten aan de desbetreffende vervuilende stof omlaag te krijgen tot onder het  $\text{MKN}_{\text{water}}$ .

#### 3.5.3. Hoe verhouden gehalten aan KRW-stoffen in oppervlaktewater in de Westerschelde zich met deze MKN?

De KRW schrijft voor een aantal prioritaire stoffen de zogenaamde milieukwaliteitsnormen (MKN) voor. Dit betreft o.a. cadmium, lood, PAK's en PCB's (zie tabel 4). Deze stoffen worden in water gemeten, met uitzondering van PCB's, waarvoor de MKN voor zwevende is opgesteld.

Gehalten aan cadmium in oppervlaktewater (opgeloste fractie) ter hoogte van Schaar van Ouden Doel variëren van ongeveer  $0,25\text{-}1,5 \mu\text{g}/\text{l}$  in de jaren '70 tot ongeveer  $0,2 \mu\text{g}/\text{l}$  in 2008 (data via [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)). Hiermee schommelen de gehalten aan opgelost cadmium sinds 1994 met  $0,04\text{-}0,28 \mu\text{g}/\text{l}$  rond de  $\text{MKN}_{\text{water}}$  van  $0,2 \mu\text{g}/\text{l}$ . Nadat in de periode 1988-2002 de laagste gehalten aan cadmium (gemiddeld  $0,08 \mu\text{g}/\text{l}$ ) zijn waargenomen (met uitzondering van een piek van  $1,1 \mu\text{g}/\text{l}$  in 1998) lijken gehalten aan cadmium sinds 2002 weer licht toe te nemen. De opgeloste fractie van cadmium in oppervlaktewater vertoont een toename in gehalte tussen een saliniteit van 8-22‰. Mogelijk dat er in dit gebied cadmium van de gebonden fase (aan zwevende stof) naar de opgeloste fase overgaat. Gehalten aan cadmium zijn hoger in maart dan in mei, waarschijnlijk doordat in mei het zuurstofgehalte in het bovenstrooms deel van het estuarium afneemt en er planktonbloeiën ontstaan die cadmium kunnen opnemen (Baeyens e.a. 1998).

Gehalten aan lood in oppervlaktewater (opgeloste fractie) ter hoogte van Schaar van Ouden Doel zijn gedaald van ongeveer  $1,5 \mu\text{g}/\text{l}$  in de jaren '70 tot ongeveer  $0,15 \mu\text{g}/\text{l}$  in 2008. Gehalten aan lood liggen, met uitzondering van een enkel meetgetal, onder de  $\text{MKN}_{\text{water}}$  van  $7,2 \mu\text{g}/\text{l}$ . De opgeloste fractie van lood in water neemt ongeveer lineair af van de rivier de Schelde naar de monding van de Westerschelde (Baeyens e.a. 2005). Bij een saliniteit van 2-10‰ kan een piek voorkomen, m.n. in de winter.

Tabel 4. Milieukwaliteitsnormen voor Cd, Pb, PAK's en PCB's binnen de KRW.

Stof(groep)	Compartiment	MKN	Eenheid	Referentie
Cd	Opgeloste concentratie in water	0,2	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Pb	Opgeloste concentratie in water	7,2	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Σ6PAK	Totaal water	0,182	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Fluorantheen	Totaal water	0,1	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Benzo(b)fluorantheen + Benzo(k)fluorantheen	Totaal water	0,03	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Benzo(a)pyreen	Totaal water	0,05	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Benzo(ghi)peryleen + Indeno(1,2,3-cd)pyreen	Totaal water	0,002	µg/l	Bijlage E SGBP Schelde 2009
Σ7PCB	Zwevende stof	56	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-101	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-118	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-138	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-153	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-180	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-28	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009
PCB-52	Zwevende stof	8	µg/kg d.s.*	Bijlage G SGBP Schelde 2009

Σ6PAK van Borneff: Fluorantheen – Benzo(b)fluorantheen – Benzo(k)fluorantheen – Benzo(a)pyreen – Benzo(ghi)peryleen – Indeno(1,2,3-cd)pyreen

\*MKN voor specifieke verontreinigende stoffen. Samenstelling zwevende stof gestandaardiseerd op 20% organisch koolstof en 40% lutum.

Voor PAK's en PCB's zijn gehalten in totaal water over het algemeen lastig te bepalen door hun minder goede oplosbaarheid, waardoor de gehalten in water heel laag en vaak lastig te meten zijn. Toetsing van PCB's aan de MKN voor zwevende stof staat reeds beschreven onder 3.2. Er is een tijdsreeks van som-6PAK's (Borneff) in water ter hoogte van Schaar van Ouden Doel gevonden op [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl) voor de periode 1975-1988. Recentere informatie is er ook gevonden voor afzonderlijke PAK-verbindingen, zoals fluorantheen (2009: gemiddeld 0,02 µg/l), benzo(a)pyreen (2007: <0,01 µg/l), benzo(b)fluorantheen en benzo(k)fluorantheen (gehalten 2008-2009: gemiddeld 0,04 µg/l), benzo(ghi)peryleen en Indeno(1,2,3-cd)pyreen (2009: gemiddeld 0,04 µg/l). De gehalten schommelen rond de in tabel 8 genoemde MKN voor deze stoffen afzonderlijk. Dit zijn echter geen volledige tijdsreeksen.

Gehalten aan lood in oppervlaktewater ligt beneden de  $MKN_{water}$ , terwijl gehalten aan cadmium en afzonderlijke PAK's rond de  $MKN_{water}$  schommelen.

### 3.5.4. Wat zijn de trends voor deze KRW-stoffen in oppervlaktewater van de Westerschelde?

Onder 3.2 zijn trends van de stoffen in zwevende stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel weergegeven.

## 3.3 Kwaliteit flora & fauna in de toekomstige natuur in de Hedwigepolder

### 3.3.1. In welke mate zullen metalen als Cd en Pb, PAK's en PCB's uit natte en droge bodems worden opgenomen door de aanwezige flora & fauna?

Om een beeld te krijgen in hoeverre vervuilende stoffen opgenomen kunnen worden uit sediment (natte bodem) en droge bodems is kennis m.b.t. het gedrag van de stof nodig. Met name de binding van vervuilende stoffen aan bodemdeeltjes beïnvloedt de beschikbaarheid van deze stoffen om opgenomen te kunnen worden door planten en dieren. Hieronder staan de belangrijkste karakteristieken weergegeven per stof(groep). In hoeverre een stof opgenomen wordt uit sediment of droge bodem kan worden uitgedrukt aan de hand van een Biota Sediment Accumulation Factor (BSAF), oftewel de factor die wordt berekend door het gehalte van een stof in een plant of dier te delen door het gehalte van dezelfde stof in het sediment waar deze soort zich ophoudt. Een factor hoger dan één geeft aan dat er ophoping optreedt in de soort t.o.v. het sediment, terwijl een factor lager dan één aangeeft dat er geen ophoping optreedt in de soort.

Om een goede voorspelling te kunnen maken van gehalten aan vervuilende stoffen in planten en dieren van de toekomstige Hedwigepolder is kennis nodig van gehalten aan deze stoffen in sediment, planten en dieren op dezelfde bemonsteringslocaties, bijvoorbeeld in het Schor van Oude Doel, het Sieperdaschor of het Groot Buitenschoor. Door sedimentgehalten te koppelen aan gehalten in planten en dieren kan voorspeld worden in welke mate planten en dieren vervuilende stoffen opnemen uit de bodem.

Aangezien gehalten aan lood in zwevende stof, sediment en water onder de desbetreffende normen valt is deze stof niet verder behandeld binnen dit hoofdstuk.

### Cadmium

Factoren die de beschikbaarheid van cadmium voor opname door planten en dieren beïnvloeden zijn (Du Laing e.a. 2009b; 2009c):

1. Organisch koolstof (OC) gehalte in sediment:  
Cadmium bindt in sediment aan organisch koolstof. Ook bindt cadmium beter aan kleinere deeltjes (slibfractie) dan aan grotere sedimentdeeltjes. Ophoping van Cd in de bodem in de bovenste 20 cm wordt mede bepaald door de aanwezigheid van kleideeltjes en OC (Du Laing e.a. 2009b; 2009c).
2. Kleigehalte in sediment  
Cadmium bindt in sediment met name aan kleideeltje. Ophoping van Cd in de bodem in de bovenste 20 cm wordt mede bepaald door de aanwezigheid van kleideeltjes en OC (Du Laing e.a. 2009b; 2009c).
3. Saliniteit  
Een toename van saliniteit in water verhoogt de mobiliteit van cadmium, vooral als er een sterke toename in saliniteit op een locatie plaatsvindt (dus water met hoge saliniteit stroomt over een sediment met een hele lage saliniteit). Als de saliniteit al aanzienlijk is zal water met een hogere saliniteit niet significant tot een hogere mobiliteit leiden, zoals bijvoorbeeld bij het Galgenschoor is aangetoond (Du Laing e.a. 2008a). Zwevende stof met hieraan gebonden vervuilende stoffen slaan neer in brak water door een toenemende saliniteit (Heip 1988).
4. Sulfide gehalte in sediment  
Sulfide vermindert gehalten aan Cd in poriewater. Sulfide gehalten in de bodem zijn het hoogste als deze permanent onder water staat (Du Laing e.a. 2008a).
5. pH  
Een afname in de pH zorgt voor desorptie van cadmium van sediment deeltjes, oftewel de beschikbare fractie neemt toe (Du Laing e.a. 2009b).

#### *Opname door planten*

Zoals hierboven is aangegeven wordt de beschikbaarheid van cadmium om opgenomen te worden door planten sterk gestuurd door o.a. OC-gehalte, kleigehalte en pH in sediment of de droge bodem en fysiologie van de plant zelf (Du Laing e.a. 2009c). Dit leidt tot brede spreiding in BSAF-waarden van cadmium voor planten, variërend van kleiner dan 1 (Li e.a., 2006) en groter dan 10 (Caetano e.a., 2008). Cadmium gehalten in planten van overstromingsgebieden in de Schelde zijn relatief laag. Cadmium is geen essentieel element voor planten, waardoor opname door planten minder goed gaat (Du Laing e.a. 2009c). Uit Du Laing e.a. (2009c) kan een BSAF voor cadmium in riet (gemeten in het Schor van Ouden Doel) worden berekend van 0,04, wat inhoudt dat opname van cadmium voor deze brakwaterplant laag is (tabel 5). Een andere studie in de Westerschelde van Otte e.a. (1991) laat BSAF-waarden van 0,9-5 zien. Echter in deze studie zijn planten en sediment niet op dezelfde plekken bemonsterd. Gezien de heterogeniteit van sediment en droge bodem zijn deze BSAF-waarden niet betrouwbaar.

#### *Opname door bodemdieren*

Opname van cadmium door bodemdieren wordt sterk gereguleerd door de milieumstandigheden (Bordin e.a. 1992). Dit zijn o.a. OC-gehalte, kleigehalte en pH in sediment of de droge bodem. Gehalten aan cadmium in de zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*) variëren niet significant langs een saliniteitsgradiënt in de Westerschelde. Dit kan komen door adaptatie van deze soort aan hogere gehalten aan cadmium of het feit dat cadmiumgehalten in poriewater van sediment niet toenemen in zoute sedimenten (Stronkhorst 1993). Meer dan 98% van cadmiumgehalten in een worm (*Nereis succinea*) is mogelijk opgenomen door het eten van sediment (Luoma & Rainbow 2008). Gehalten aan cadmium in de water filterende mossel (*Mytilus edulis*) in de Westerschelde nemen toe stroomopwaarts (tot een saliniteit van ongeveer 10‰; in water met een lagere saliniteit worden geen mosselen meer aangetroffen) (Stronkhorst 1993). Gehalten in mosselen volgen hiermee de gehalten aan opgelost cadmium in oppervlaktewater van de Westerschelde (Zwolsman & Van Eck 1990, in Stronkhorst 1993). Dit is ook zichtbaar

in het nonnetje, *Macoma balthica*, dat een factor vier hogere gehalten aan cadmium bevat bij Baalhoek in vergelijking tot de meer stroomafwaarts gelegen Paulinapolder (Bordin e.a. 1992).

BAFs voor cadmium in zwevende stof van de Westerschelde en de soorten *Nereis diversicolor* en *Macoma balthica* laten waarden zien die kleiner zijn dan 1 (negatief op log-schaal), wat betekent dat gehalten in de organismen (op droge stof basis) lager zijn dan die in het zwevende stof (op droge stof basis). In de zeeslak, *Littorina littorea*, vindt er wel enige bioaccumulatie plaats van zwevende stof naar de slak (Baeyens e.a. 2005). In zoet water of terrestrische wormen vindt eveneens ophoping van cadmium plaats (zie tabel 4).

Wat betreft bewoners van de droge bodem is opname van metalen door bodembewonende spinnen en rietplanten in getijdengebieden in de Zeeschelde en Westerschelde eveneens gerelateerd aan het type zware metaal, klei en OC gehalte, saliniteit en sulfide gehalte (Du Laing e.a. 2002). Hogere Cd concentraties zijn aangetroffen in bodembewonende spinnen in brakke gebieden van de Zeeschelde (Du Laing e.a. 2002) in vergelijking tot spinnen meer stroomopwaarts.

### PCB's

#### *Gedrag in de bodem*

PCB's zijn hydrofobe stoffen die binden aan OC en de fijne fractie van sediment of droge bodem. Vooral binding aan zogenaamd zwarte koolstof (Black Carbon, BC) in sediment of droge bodem is sterk. Binding aan BC vermindert de biologische beschikbaarheid van PCB's voor zowel planten als dieren.

#### *Opname door planten*

Opname van PCB's door planten is naar verwachting laag. Planten nemen alleen stoffen op die opgelost in het poriewater van sediment en droge bodem aanwezig zijn. Aangezien PCB's door hun hydrofobe karakter in lage gehalten in het poriewater voorkomen, zal opname door planten laag zijn.

#### *Opname door bodemdieren*

Ook hier geldt dat opname door bodemdieren bemoeilijkt wordt door binding van PCB's aan organisch materiaal in sediment of droge bodem en met name door binding aan BC. Echter sediment- of bodemetende soorten nemen sediment- of bodemdeeltjes op als voedsel en kunnen deze deels verteren met spijsverteringssappen, waardoor opname van PCB's groter is dan vanuit poriewater alleen. De binding aan het soort deeltje in de bodem bepaalt in hoeverre de PCB's worden opgenomen. Zo worden PCB's gebonden aan BC in mindere mate opgenomen dan PCB's gebonden aan ander organisch materiaal in sediment of droge bodem (McLeod e.a. 2004). Een generieke BSAF van gemiddeld 1,03 was afgeleid voor PCB's in bodemdieren op basis van zowel zoete als zoute waterbodems (Tracey & Hansen 1996), maar deze ratio's kunnen sterk variëren tussen gebieden en soorten.

### PAK's

#### *Gedrag in de bodem*

PAK's zijn eveneens hydrofobe stoffen die binden aan OC (m.n. BC) en de fijne fractie van sediment of droge bodem. Binding van PAK's aan sediment- en bodemdeeltjes is nog sterker dan dat van PCB's. Ook hier geldt dat een sterke binding de biologische beschikbaarheid van PAK's voor zowel planten als dieren vermindert. PAK's kunnen in de droge bodem worden afgebroken door bacteriën, evenals in ongewervelde en gewervelde diersoorten.

#### *Opname door planten*

Opname door planten is naar verwachting minimaal. Planten nemen alleen stoffen op die opgelost in het poriewater van sediment en droge bodem aanwezig zijn. Aangezien PAK's door hun hydrofobe karakter in lage gehalten in het poriewater voorkomen, zal opname door planten laag zijn. Wel kunnen planten PAK's opnemen vanuit de lucht.

#### *Opname door bodemdieren*

Ook hier geldt dat opname door bodemdieren bemoeilijkt wordt door binding van PAK's aan organisch materiaal in sediment of droge bodem en met name door binding aan BC. Echter sediment- of bodemetende soorten eten sediment- of bodemdeeltjes en kunnen deze deels verteren met spijsverteringssappen, waardoor opname van PAK's groter is dan vanuit poriewater alleen. De binding aan het soort deeltje in de bodem bepaalt in hoeverre de

Tabel 5. BSAF voor planten en bodemdieren van sedimenten in natte/estuariene gebieden.

Stof	Groep	Soort	BSAF	Referenties
Cd	Plant	Verscheidende plantensoorten**	0.9-5.4*	Otte e.a. 1991
	Plant	Rietblad ( <i>Phragmites australis</i> )	0,044	Du Laing e.a. 2006
	Plant	Rietstengel ( <i>Phragmites australis</i> )	0,001	Du Laing e.a. 2006
	Worm	<i>Allobophora chlorotica</i> , <i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Lumbricus rubellus</i> (zoet water)	3.5-4.5	Roodbergen e.a. 2008

\*Planten en sedimentmonsters zijn weliswaar in hetzelfde gebied maar niet op dezelfde bemonsteringslocatie verzameld, waardoor de BSAF-waarden minder betrouwbaar zijn en alleen een indicatie geven.

\*\*Hoogste BSAF is aangetroffen in *Spartina anglica*.

PAK's worden opgenomen. Zo worden PAK's gebonden aan BC in mindere mate opgenomen dan PAK's gebonden aan een alg of houtdeeltje in sediment of droge bodem (McLeod e.a. 2004). Een generieke BSAF van gemiddeld 0,34 was afgeleid voor PAK's in bodemdieren op basis van zowel zoete als zoute waterbodems (Tracey & Hansen 1996). Dit is lager dan voor PCB's. PAK's worden in mindere mate opgenomen door bodemdieren door hun sterkere binding aan bodemdeeltjes (Moermond 2007).

Op basis van deze gegevens blijkt dat de metalen in enige mate opgenomen kunnen worden door zowel planten als dieren. Dit is echter afhankelijk van de beschikbaarheid van metalen, dat door allerlei externe factoren wordt bepaald. PCB's en PAK's zullen gezien hun hydrofobe karakter minder goed door planten worden opgenomen. Opname door bodemdieren vindt wel plaats, maar is afhankelijk van de blootstellingsroute en sedimentkarakteristieken (m.n. de aanwezigheid van BC in het sediment).

### 3.3.2. In hoeverre zullen bestaande normen van metalen zoals Cd, PAK's en PCB's in biota worden overschreden?

Om te kunnen bepalen in hoeverre gehalten aan vervuilende stoffen, die boven normen voor zwevende stof, sediment en/of water komen, effecten kunnen hebben op planten en dieren is toetsing aan normen in biota nodig. Echter, er zijn weinig normen vastgesteld voor vervuilende stoffen in planten en dieren. De KRW heeft voor drie vervuilende stoffen een MKN voor biota afgeleid. Dit betreffen de stoffen (methyl)kwik, hexachloorbenzeen en hexachloorbutadien. Deze drie stoffen maken geen onderdeel uit van het huidige rapport. Er kan geen toetsing aan normen plaatsvinden voor cadmium, PCB's en PAK's in biota. Hieronder is wel een beschrijving gegeven van de aangetroffen gehalten van cadmium, PCB's en PAK's in biota in de omgeving van de Hedwigepolder.

In tabel 5a, 5b en 5c staan gehalten aan Cd, PCB's en PAK's zoals deze zijn aangetroffen in planten, aquatische organismen en terrestrische organismen in verschillende delen van de Westerschelde. Het merendeel van de beschikbare gegevens is afkomstig van de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw, met uitzondering van een studie van Du Laing e.a. (2006), die data uit 2001 presenteert. Dit betekent dat een goed beeld van de huidige situatie niet geschetst kan worden op basis van de gevonden informatie.

#### Planten

Gehalten aan cadmium in planten langs de Westerschelde variëren tussen 0,03-16 mg/kg d.s. (tabel 6a). Gehalten aan cadmium in planten van Saeftinghe (Otte e.a. 1991) liggen een factor 10 hoger dan die in planten van het Schor van Doel (Du Laing e.a. 2006). Opgemerkt moet worden dat er verschillende planten in beide studies zijn onderzocht en er een verschil van 15 jaar tussen de beide bemonsteringen is.

#### Aquatische organismen

Gehalten aan cadmium liggen rond 0,5-2 mg/kg d.s. in benthische organismen ter hoogte van Saeftinghe eind jaren tachtig/begin jaren negentig van de vorige eeuw (tabel 6b). Gehalten aan  $\Sigma 26$ PCB variëren tussen 39  $\mu\text{g}/\text{kg}$  natgewicht in garnaal tot 800  $\mu\text{g}/\text{kg}$  natgewicht in platvis bij de Platen van Valkenisse net stroomafwaarts van Saeftinghe.

Tabel 6a. Gehalten aan vervuilende stoffen in planten langs de Westerschelde.

Stof(groep)	Gehalte	Soort	Locatie	Jaar bemonstering	Referentie
Cd	0,16 ± 0,02 mg/kg d.s.	Rietblad ( <i>Phragmites australis</i> )	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Cd	~3,5 mg/kg d.s.	Bladafval van riet ( <i>Phragmites australis</i> )	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Cd	0,03 ± 0,01 mg/kg d.s.	Rietstengel ( <i>Phragmites australis</i> )	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Cd	~1,0 mg/kg d.s.	Stengelafval van riet ( <i>Phragmites australis</i> )	Schor van Doel	2001	Du Laing e.a. 2006
Cd	1,1 ± 0,2 mg/kg d.s.	Scheut ( <i>Spartina anglica</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	16 ± 5 mg/kg d.s.	Wortel ( <i>Spartina anglica</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	0,2 ± 0,1 mg/kg d.s.	Scheut ( <i>Scirpus maritimus</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	2,6 ± 0,4 mg/kg d.s.	Wortel ( <i>Scirpus maritimus</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	0,9 ± 0,3 mg/kg d.s.	Scheut ( <i>Triglochin maritima</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	3,7 ± 2,9 mg/kg d.s.	Wortel ( <i>Triglochin maritima</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	2,6 ± 1,3 mg/kg d.s.	Scheut ( <i>Aster tripolium</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991
Cd	2,8 ± 1,3 mg/kg d.s.	Wortel ( <i>Aster tripolium</i> )	Saeftinghe	1986	Otte e.a. 1991

Tabel 6b. Gehalten aan vervuilende stoffen in aquatische organismen van de Westerschelde.

Stof(groep)	Gehalte	Soort	Locatie	Jaar bemonstering	Referentie
Cd	~2 mg/kg	Nonnetje ( <i>Macoma balthica</i> )	Baalhoek (net ten westen van Saeftinghe)	1990-1991	Bordin e.a.1992
Cd	~0,6 mg/kg d.s.	Zeeduizendpoot ( <i>Nereis diversicolor</i> )	Van ongeveer Saeftinghe tot Schaar van Ouden Doel	1987-1989	Stronkhorst 1993
Cd	0,1 mg/kg d.s.	Haring	Van ongeveer Saeftinghe tot Schaar van Ouden Doel	1987-1989	Stronkhorst 1993
PCB-153	0,2 mg/kg d.s.	Haring	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
Σ26PCB	39 (6200) µg/kg nat (vet)	Garnaal	Platen Valkenisse	2001	Voorspoels e.a. 2004
Σ26PCB	34 (4800) µg/kg nat (vet)	Garnaal	Bath	2001	Voorspoels e.a. 2004
Σ26PCB	800 (7700) µg/kg nat (vet)	Tong	Platen Valkenisse	2001	Voorspoels e.a. 2004

Tabel 6c. Gehalten aan vervuilende stoffen in terrestrische organismen van de Westerschelde.

Stof(groep)	Gehalte	Soort	Locatie	Jaar bemonstering	Referentie
Cd	17 mg/kg	Worm	Saeftinghe	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	1,4-27 mg/kg	Pissebed-achtigen	Galgeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	1,3 mg/kg	Pissebed	Paardeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	5,6 mg/kg	Vlokreeft	Galgeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	2,5 mg/kg	Vlokreeft	Paardeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	2,1 mg/kg	Vlokreeft	Groot Buitenschoor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	2,9 mg/kg	Vlokreeft	Saeftinghe	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	21-55 mg/kg	Spinnen	Galgeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	17 mg/kg	Spin	Paardeschor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	10 mg/kg	Spin	Groot Buitenschoor	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	2,2-11 mg/kg	Spin	Saeftinghe	Midden jaren '90	Maelfait & Hendrickx 1998
Cd	78 ± 18 mg/kg ds	Spin	Saeftinghe	1997	Du Laing e.a. 2002



#### *Terrestrische organismen*

Gehalten aan cadmium in spinnen en vlokreeftjes liggen hoger bij het Galgeschoor in vergelijking tot die bij Saeftinghe, met uitzondering van cadmiumgehalte van  $78 \pm 18$  mg/kg d.s. in Saeftinghe (Du Laing e.a. 2003)(tabel 6c). Gehalten aan cadmium liggen rond 2 mg/kg d.s. in vlokreeftjes en rond 10 mg/kg d.s. in spinnen bij het Groot Buitenschoor.

### **3.3.3. Welk risico op doorvergiftiging in voedselwebs zijn er voor metalen als Cd en Pb, PAK's en PCB's en welke soorten zijn hierbij betrokken?**

#### Accumulatie van vervuilende stoffen in voedselwebben

Na opname in bodemdieren en planten kunnen verontreinigingen worden doorgegeven aan dieren die deze soorten eten. Dit heet voedselwebaccumulatie. Dan tref je de hoogste gehalten aan een stof aan in diersoorten bovenin een voedselweb (zoals vliegende vogels of zoogdieren) en de laagste gehalten onderin een voedselweb (bijvoorbeeld ongewervelde diersoorten zoals wormen of schelpdieren). De mate van voedselwebaccumulatie is afhankelijk van de structuur van het voedselweb (wat eten de dieren hoger in het voedselweb), de concentraties in de prooi-soorten en de eigenschappen van de vervuilende stoffen. Vervuilende stoffen moeten persistent zijn om te kunnen accumuleren, met andere woorden ze moeten niet worden afgebroken in de organismen. Daarnaast moeten stoffen in de organismen worden opgeslagen en niet worden uitgescheiden.

Om te bepalen in hoeverre stoffen doorgegeven worden of zelfs kunnen ophopen in een voedselweb kan gebruik worden gemaakt van bestaande BioMagnificatieFactoren (BMF) of Trofische MagnificatieFactoren (TMF). De BMF geeft aan in hoeverre een stof wordt doorgegeven van prooi naar predator, terwijl de TMF kijkt naar ophoping in een totaal voedselweb. Een getal lager dan één geeft aan dat de stof niet ophoopt in de predator (voedselwebverdunding), terwijl een getal hoger dan één ophoping weergeeft (voedselwebaccumulatie). Factoren die de ophoping van vervuilende stoffen in voedselwebs beïnvloeden verschillen tussen zware metalen en organische stoffen zoals PCB's en PAK's. Voor organische stoffen geldt dat de oplosbaarheid in vet (uitgedrukt als logKow) in hoge mate ophoping in voedselwebs stuurt. Grosso modo betekent dit hoe hoger de logKow, hoe hoger de mate van ophoping. Voor zware metalen is de logKow niet van belang omdat ze niet of nauwelijks in vet oplossen. Sommige metalen worden in eitwit-complexen vastgelegd, en kunnen op deze manier in het lichaam ophopen. Daarnaast wordt ophoping van zowel zware metalen als organische stoffen beïnvloed door de opname efficiëntie van stoffen door planten en dieren.

Cadmium kan ophopen in delen van het voedselweb. Ongewervelde dieren van een hoger trofisch niveau hebben hogere gehalten aan cadmium dan ongewervelde dieren van een lager trofisch niveau (Luoma & Rainbow 2008; Croteau e.a. 2005). Dit is eveneens het geval voor vissen. Tussen soortgroepen zoals ongewervelde soorten en vissen vindt nauwelijks bioaccumulatie plaats. In een voedselweb uit de Baltische Zee is voor cadmium een TMF van 0,79 afgeleid, wat aangeeft dat er geen ophoping maar verdunding in het web plaatsvindt (Nfon e.a., 2009). Cadmium worden o.a. goed in nieren opgeslagen, maar kan ook in bepaalde eiwitten worden vastgelegd. Er vindt dus doorgifte van cadmium plaats van prooi naar predator.

PCB's worden in vet opgeslagen, en daarna nauwelijks uitgescheiden, waardoor doorgifte naar hogere trofische niveaus wordt vergemakkelijkt. PCB's hopen op in voedselwebben. In een marien voedselweb tussen Canada en Groenland is een TMF voor de som-36PCB gemeten van 4,6 (Fisk e.a. 2001). De verschillende PCB-congeneren hebben elk hun eigen accumulatiepotentieel. Lager-gechloroerde PCB's, zoals PCB-28, hopen over het algemeen in mindere mate op dan hoger gechloroerde PCB's zoals PCB-153. TMFs in hetzelfde voedselweb bij Canada en Groenland varieerden van 2,1 voor PCB-28 tot 10,7 voor PCB-180 (Fisk e.a. 2001). Ook variëren TMFs tussen voedselwebben en locaties. In een voedselweb in de Baltische Zee zijn TMFs voor PCB's berekend van 0.85 voor bentische voedselwebben en 1.40 voor pelagische voedselwebben (Nfon e.a. 2008).

PAK's hopen op in ongewervelde soorten. In vissen en andere gewervelde soorten worden PAK's minder goed opgenomen en afgebroken, en zullen daarom slecht accumuleren in een voedselweb. Voedselwebverdunding is o.a. aangetoond in een marien voedselweb in China (Wan e.a. 2007), waar TMF's van 0.11-0.45 zijn geconstateerd. In de Baltische Zee zijn TMF's van 0,61-0,86 voor verschillende PAK's beschreven (Nfon e.a. 2008).

Op basis hiervan kan worden afgeleid dat met name PCB's en cadmium de neiging hebben om in voedselketens te worden doorgegeven, waardoor dieren hoger in het voedselweb hogere concentraties aan deze stoffen

bevatten. In de risicobenadering zal voor vogels worden ingegaan op de risico's verbonden aan de voedselwebackumulatie van cadmium en PCB's.

#### Type foeragerende vogels

Vogels worden met name blootgesteld aan accumulerende vervuilende stoffen door hun voedsel. De manier van foerageren bepaald in welke mate deze blootstelling plaatsvindt.

#### Herbivore vogels

Herbivore vogels zijn planteneters. Voorbeelden van herbivore vogels zijn grauwe ganzen, die o.a. op (de ondergrondse knollen van) zeebies (*Scirpus maritimus*) foerageren (tabel 7). Grauwe ganzen zijn jaarrond aanwezig in het Westerscheldegebied en met name in de winterperiode. De voedselketen bij herbivore vogels is kort. Blootstelling aan vervuilende stoffen zal met name via het voedsel plaatsvinden. Zoals eerder aangegeven zal opname van vervuilende stoffen in planten relatief laag zijn, met name voor wat betreft PCB's en PAK's.

#### Benthivore vogels

Benthivore vogels eten in hoofdzaak macroinvertebraten die in het sediment voorkomen, zoals schelpdieren (o.a. het nonnetje *Macoma balthica*), wormen (o.a. de zeeduizendpoot *Nereis diversicolor*) en garnaalachtigen (o.a. het slijkgarnaaltje *Corophium volutator*). Blootstelling aan vervuilende stoffen vindt plaats door consumptie van deze soorten, en door aanhangende sedimentdeeltjes. Voorbeelden van benthivore soorten zijn de kluut, scholekster, verschillende plevieren (o.a. strandplevier, bontbekplevier), strandlopers (o.a. bonte strandloper) en de bergeend (tabel 7). Deze soorten zijn ofwel jaarrond aanwezig ofwel als broedvogel tijdens de broedperiode aanwezig in het Westerscheldegebied (tabel 7). Voorkeuren voor prooi-soort verschillen sterk tussen de benthivore vogels (zie figuur 8 en tabel 7).

Tabel 7. Gemiddelde gewichten van verschillende vogelsoorten en geschat gewicht van hun dagelijkse voedselopname. Als een vogel een dominante prooi-soort heeft staat deze onderstreept. Eveneens is aangegeven in welke periode de vogelsoort in de buurt van de Hedwigepolder verblijft.

Soort	Gewicht vogel (gram)*	Inname voedsel/dag gram d.s. (gram nat)**	Favoriete prooi-soorten in estuariene gebieden***	Verblijftijd op het Groot Buitenschoor en Saeftinghe****
Grauwe gans ( <i>Anser anser</i> )	3250	325	<u>Planten</u> (oa. knollen van zeebies <i>Scirpus maritimus</i> )	Jaarrond, met grootste aantallen in de wintermaanden
Bontbekplevier ( <i>Charadrius hiaticula</i> )	55	8 (32)	<u>Wormen</u> ( <i>Nereis diversicolor</i> , <i>Scoloplos</i> sp., <i>Heteromastus</i> sp.), insecten en wadslakjes	Deels broedvogel (mei-augustus), deels trekvogel (najaar)
Tureluur ( <i>Tringa totanus</i> )	126	15 (58)	Wormen ( <i>Nereis diversicolor</i> , <i>Lanice</i> , <i>Nephtys</i> , <i>Scoloplos</i> ), kreeftachtigen ( <i>Corophium volutator</i> , <i>Crangon crangon</i> , kleine krabben), schelpdieren, spinnen, insecten, vis	Deels broedvogel (april-augustus), deels jaarrond
Kluut ( <i>Recurvirostra avosetta</i> )	310	28 (112)	<u>Wormen</u> ( <i>Nereis diversicolor</i> ), garnaalachtigen ( <i>Corophium volutator</i> , <i>Neomysis</i> sp., <i>Crangon crangon</i> )	Jaarrond, piek in oktober-november
Scholekster ( <i>Haematopus ostralegus</i> )	500	39 (158)	<u>Schelpdieren</u> ( <i>Cerastoderma edule</i> , <i>Macoma balthica</i> , <i>Mytilus edulis</i> , <i>Scrobicularia plana</i> ), wormen ( <i>Nereis diversicolor</i> )	Jaarrond
Wulp ( <i>Numenius madagascariensis</i> )	764	54 (214)	Wormen ( <i>Nereis diversicolor</i> , <i>Arenicola marina</i> ), schelpdieren ( <i>Scrobicularia plana</i> )	Jaarrond
Visdief ( <i>Sterna hirundo</i> )	125	14 (58)	<u>Kleine vis</u> ( <i>Clupea harengus</i> , <i>Sprattus sprattus</i> , <i>Ammodytes</i> sp.), garnalen ( <i>Crangon crangon</i> )	Broedvogel (april-augustus)

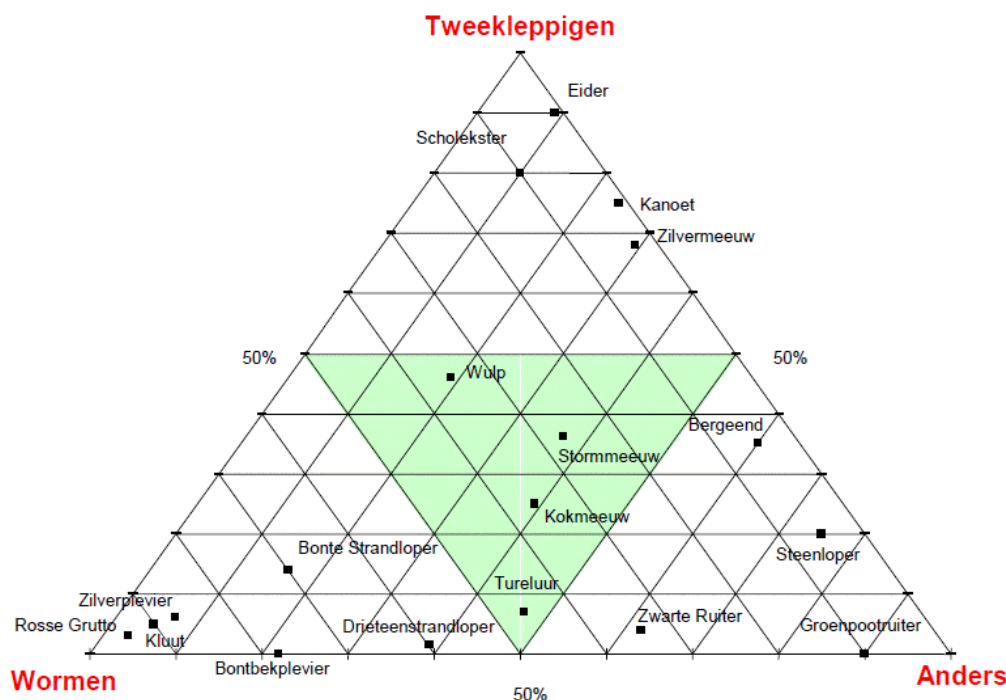
\* Goss-Custard e.a. 2006, \*\*Berekend op basis van de formule (m.u.v. grauwe gans): voedselopname (in gram drooggewicht)=(0,322\*Gewichtvogel)0,723 (Zwarts & Wanink, 1993), met een gemiddeld drooggewicht van een prooi-soort ≈ 25%.  
 \*\*\* Leopold e.a. 2004, Goss-Custard e.a. 2006, \*\*\*\*Verbesseren e.a. 2002; Van den Bergh et al. 2005.

Hun voorkeur voor ongewervelde diersoorten als prooi heeft als gevolg dat hun voedselketen relatief kort is. Accumulerende stoffen hebben daardoor minder kans om op te hopen. Stoffen die makkelijk worden opgenomen door schelpdieren, wormen en garnaalachtigen worden doorgegeven aan deze vogels. Gehalten aan PCB's en PAK's zijn relatief laag in deze prooisoorten (voor PCB's is de voedselketen nog vrij kort, terwijl PAK's worden afgebroken), gehalten aan Cd en Pb mogelijk hoger. Hierdoor zijn risico's van Cd en Pb mogelijk het hoogst voor benthivore vogels, al kunnen PCB's bij langdurige blootstelling alsnog ophopen in vogels.

#### *Piscivore vogels*

Piscivore vogels zijn viseters. Met name pelagische vissen (zoals haring *Clupea harengus* en sprot *Sprattus sprattus*), die bovenin de waterkolom leven, zijn prooisoorten voor deze vogels, al worden op ondiepere plekken ook bodemvissen (zoals de grondel *Pomatoschistus microps*) en garnalen gegeten. Voorbeelden van piscivore vogels zijn visdieven en aalscholvers (tabel 7). Visdieven migreren jaarlijks. In de periode april-augustus verblijven ze in hun broedgebied (waaronder de broedkolonies in Saeftinghe en Terneuzen in de Westerschelde), in het resterende deel van het jaar trekken ze van en naar, en verblijven in hun overwinteringgebieden in West-Afrika.

Voedselketens van visetende vogels zijn langer dan die van benthivore vogels. Zo foerageren visdiefjes m.n. op haring en sprot, die op hun beurt aasgarnalen (Mysidaceae) en plankton als voedselbron hebben. Deze prooisoorten leven in de waterkolom, waardoor vervuulende stoffen via water en zwevende stof worden opgenomen onderin deze keten. Hoe langer de keten, hoe meer kans accumulerende stoffen hebben om op te hopen in deze keten. Met name PCB's kunnen in een dergelijke keten ophopen. PAK's zullen in mindere mate worden doorgegeven aangezien ze door vissen worden afgebroken en uitgescheiden. Cadmium kan enigszins worden doorgegeven al is bioaccumulatie via vissen niet waarschijnlijk.



Figuur 8. Het dieet van vogelsoorten is samengevat in een driehoekig vlak. Het gemiddelde dieet van iedere soort is weergegeven door één punt in dit vlak. De afstand tot elk van de hoekpunten geeft het relatieve belang van tweekleppige schelpdieren (boven), wormen (linksonder) en andere prooien in het dieet aan: hoe kleiner de afstand tot een hoekpunt, hoe groter het relatieve belang van de daar aangegeven prooigroep. Uit: Leopold e.a. 2004.

### Effecten van vervuilende stoffen op vogels

In onderstaande paragrafen zijn algemene effecten van de desbetreffende stoffen in vogels beschreven om een idee te krijgen welke effecten deze stoffen kunnen uitoefenen. Deze effecten variëren van afwijkingen op eiwitniveau tot daadwerkelijke schade van organen van individuele vogels.

#### *Cadmium*

Cd wordt via het voedsel opgenomen en kan bij verhoogde concentraties leiden tot bijvoorbeeld nierschade (Scheuhammer, 1987), maar ook tot andere afwijkingen en groeiveranderingen (Hughes et al. 2000). Een grens voor dit soort effecten kan worden getrokken bij ongeveer 100-200 mg/kg cadmium in de nier (drooggewicht), al kunnen soorten specifiek gevoelig zijn en daarbij al bij lagere concentraties effecten laten zien (Nicholson et al 1983). Voor watervogels is een "lowest observed adverse effect level (LOAEL) bekend van 0,8 mg/kg/dag (Pascoe et al 1996). Dit getal geeft aan dat dieren die meer cadmium dan 0,8 mg/kg lichaamsgewicht /dag opnemen mogelijk effecten laten zien.

#### *PCB's*

Effecten van PCB's op vogels kunnen divers zijn. Bekend zijn effecten op de activiteit van specifieke leverenzymen, die op hun beurt weer gekoppeld zijn aan het metabolisme van geslachtshormonen (Bosveld, 1995). Bij hoge blootstelling kunnen afwijkingen aan de snavel ontstaan (zogenaamde "cross-bill") en kan de reproductie ook worden aangetast. Effecten van PCB's zijn al decennia bekend, in 1977 beschreven Gilbertson en Fox (1977) al dat kuikens van meeuwen niet uitkwamen na blootstelling aan hoge concentraties PCB's in combinatie met HCB en DDE. Bij steenuilen uit het rivierengebied waren bij een concentratie van 1-5 mg/kg totaal PCB's in stuitklierolie aanwijzingen dat leverenzymen geïnduceerd waren (van den Brink et al. 2003). Het is echter niet uitgesloten dat dit een combinatie effect met andere stoffen was. Bij visdieven is eenzelfde effect aangetoond bij ongeveer 20 mg/kg PCB's op vet basis (Van den Brink et al. 2000, 2001).

#### *PAK's*

PAK's worden in hogere organismen meestal afgebroken, en worden daardoor nauwelijks in verhoogde concentraties in vogels aangetroffen. Dit betekent niet dat er geen risico's aan verbonden zijn, want de afbraakproducten kunnen op zichzelf ook al toxisch zijn, of zelfs toxischer dan de moederstof. Blootstelling aan PAK's kan ook leiden tot inductie van leverenzymen, vergelijkbaar met PCB's (Roos, 2002). Doordat PAK's gemetaboliseerd worden zijn er geen goede interne effectgrenzen bekend voor vogels.

### Gehalten in vogels van de Westerschelde

Er zijn weinig (recente) gegevens gevonden over gehalten aan vervuilende stoffen in vogels in de buurt van de Hedwigepolder. Tabel 8 geeft metingen in eieren in vogels die broeden in Saeftinghe weer. Naast het feit dat deze gegevens een indicatie geven van de blootstelling van adulte vogels aan deze stoffen, geven ze tevens weer in hoeverre zich ontwikkelende kuikens worden blootgesteld. Het zich ontwikkelend kuiken is extra gevoelig voor vervuilende stoffen, waardoor bij lagere gehalten effecten kunnen optreden.

Er is geen cadmium in eieren van de visdief aangetroffen (tabel 8). Cadmium wordt wel doorgegeven naar het volgende trofische niveau, maar niet tot nauwelijks doorgegeven van moedervogel naar eieren (Roodbergen e.a. 2008). Er zijn geen gegevens van lood in vogels uit dit gebied bekend. Gehalten aan PCB-153 zijn 6-13 µg/g vet in eieren van vogels die in Saeftinghe broeden. PCB's worden doorgegeven van moedervogel naar ei. Gehalten in eieren zijn vergelijkbaar met die in onderhuids vet van de moedervogel. Een gehalte van 13 mg/kg op vetbasis (hetzelfde als 13 µg/g vet ) ligt niet ver af van de hierboven genoemde 20 mg/kg voor inductie van leverenzymen. Gehalten aan PAK's in eieren van visdieven liggen grotendeels beneden de detectielimiet of zijn heel laag.

### Effecten van vervuilende stoffen op vogels nabij de Hedwigepolder

Allereerst is van belang dat veel van de soorten voor een verschillende duur zich ophouden in de Westerschelde. Er zijn vogels die het hele jaarrond voorkomen, vogels die naar de Westerschelde komen tijdens de broedperiode, en vogels die langs de Westerschelde trekken onderweg naar andere gebieden (zie tabel 6). Blootstelling aan vervuilende stoffen wordt dus tevens beïnvloed door de kwaliteit van het voedsel gedurende verblijf in andere gebieden dan de Westerschelde.

Tabel 8. Gehalten aan vervuilende stoffen in eieren van vogels nabij de toekomstige Hedwigepolder.

Stof(groep)	Gehalte	Soort	Monster	Locatie	Jaar bemonstering	Referentie
Cd	<d.l.*	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
PCB-118	0,27 µg/g natgewicht	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
PCB-153	12,95 µg/g vet	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
PCB-153	5,85 µg/g vet	Kokmeeuw	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
Fenantheen	0,005 µg/g natgewicht	Visdief	Ei	Saeftinghe	2005	Van den Heuvel-Greve e.a. 2006
Fenantheen	0,004 µg/g natgewicht	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
Fluorantheen	0,001 µg/g natgewicht	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
Pyreen	0,003 µg/g natgewicht	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993
Andere PAK's	<d.l.*	Visdief	Ei	Saeftinghe	1987-1989	Stronkhorst e.a. 1993

\*Lager dan detectielimiet

Berekeningen van blootstelling van vogels aan vervuilende stoffen middels het dieet zijn te maken door voor een vogel de inname van prooisorten per dag te vermenigvuldigen met een gehalte aan een vervuilende stof in deze prooisort. De dagelijkse inname (Total Daily Intake, TDI) kan vervolgens naast een No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) worden gelegd voor een specifieke vervuilende stof. Een NOAEL wordt bepaald aan de hand van laboratoriumtesten en geeft een gehalte per dag weer waarbij in het laboratorium geen effecten bij de desbetreffende testorganismen zijn optreden. Gehalten boven een NOAEL kunnen leiden tot effecten, maar dit hoeft niet per definitie het geval te zijn. Als er in het lab geen NOAEL kan worden afgeleid kan er een Low Observed Adverse Effect Level (LOAEL) worden bepaald. Dit geeft een gehalte per dag weer waarbij in het laboratorium een beperkt effect op het testorganisme is opgetreden. Omrekening van LOAEL naar NOAEL is mogelijk door het verlagen van de LOAEL met een factor tien. Daarnaast zijn er verschillen qua gevoeligheid voor stoffen tussen soorten. Een NOAEL van testorganisme A voor een vervuilende stof zal bijna nooit identiek zijn aan de gevoeligheid van testorganismen B voor dezelfde stof. Ook hier kan rekening mee gehouden worden in de berekening.

Om een eerste beeld te krijgen in hoeverre vogels in het oostelijk gedeelte van de Westerschelde worden blootgesteld aan vervuilende stoffen is voor cadmium en PCB's waar mogelijk een aantal basale berekeningen gemaakt. Voor PAK's is er te weinig informatie gevonden om een dergelijke berekening uit te kunnen voeren.

#### *Herbivore vogels*

Voor watervogels is een LOAEL voor cadmium bekend van 0,8 mg/kg/dag (Pascoe et al 1996) en 2,6 g/kg/dag (Hughes et al. 200). De LOAEL kan worden omgerekend naar een NOAEL door de LOAEL door 10 te delen. De kritische grens die in dit rapport verder zal worden gebruikt is daarom 0,08 mg/kg/dag. Voor de berekening zijn gehalten aan cadmium in planten van Saeftinghe als input gebruikt (wortel van zeebies, 2,6 mg/kg d.s., zie tabel 5) (Otte e.a. 1991). Als wordt uitgegaan van voedselopname door een grauwe gans van 325 gram d.s. per dag en een grauwe gans 3,25 kg weegt, dan is de dagelijkse opname aan cadmium 0,26 mg/kg/dag. Dit is een factor drie hoger dan de NOAEL van 0,08 mg/kg/dag. Dit geeft aan dat er effecten kunnen optreden bij grauwe ganzen. Of dit daadwerkelijk het geval is geweest in Saeftinghe is niet bekend. Van belang is dat de gehalten in deze berekening gebaseerd zijn op gehalten in zeebies, die in 1986 bij Saeftinghe is bemonsterd. Wat de huidige gehalten in zeebies ter hoogte van de Hedwigepolder zijn is niet bekend. Gehalten aan cadmium in zwevende stof zijn immers sinds de jaren '80 gedaald (zie figuur 4).

#### *Benthivore vogels*

Zoals eerder aangegeven is NOAEL van 0,08 mg cadmium/kg/dag afgeleid voor watervogels. Voor scholeksters en bontbekplevieren kan de dagelijkse opname van cadmium worden berekend aan de hand van een standaard dieet. Voor de scholekster bestaat dit in deze berekening voor 100% uit nonnetjes (*Macoma balthica*), voor de bontbekplevier voor 100% uit zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*). In tabel 5 staan de concentraties aan Cd in deze twee prooisorten, respectievelijk 2 en 0,6 mg/kg d.s.. Voor de scholekster wordt een gewicht aangenomen van 500 gram en een voedselbehoefte van 39 gram (droge stof), voor de bontbekplevier is dit respectievelijk 55 en 8 gram (tabel 6). Voor de scholekster kan dan een dagelijkse inname van cadmium worden berekend van 0,16 mg/kg/dag, voor de bontbekplevier 0,09 mg/kg/dag. De inname van de scholekster ligt een factor twee boven de NOAEL, die van de bontbekplevier rond de NOAEL. Dit impliceert dat er mogelijk effecten kunnen optreden door blootstelling aan cadmium via het voedsel.

Echter, een vogelsoort foerageert in de natuur op verschillende prooisorten (gehalten per prooisort kunnen aanzienlijk verschillen) en doet dit, afhankelijk van het soort vogel, op verschillende locaties. Tevens zijn de in de berekening toegepaste cadmiumgehalten van prooisorten afkomstig van bemonsteringen die hebben plaatsgevonden eind jaren '80 of begin '90 van de vorige eeuw. Het is niet bekend wat de huidige gehalten aan cadmium in prooisorten van deze plek zijn. Wel is bekend dat cadmiumgehalten in zwevende stof zijn afgenomen over de afgelopen decennia (zie figuur 4).

#### *Piscivore vogels*

Zoals hierboven aangegeven is er een NOAEL vastgesteld van 0,08 mg cadmium/kg/dag voor watervogels (Pascoe et al 1996). Uitgaande van de gegevens uit tabel 6 voor wat betreft gewicht en voedsel van de visdief, en een concentratie van 0,1 mg/kg in de haring (tabel 5) kan een dagelijkse inname van 0,01 mg/kg/dag worden berekend. Dit is een factor zeven onder de NOAEL. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de cadmiumgehalten in haring ter hoogte van Saeftinghe en Schaar van Ouden Doel gemeten zijn eind jaren '80 van de vorige eeuw. Het is niet bekend wat de huidige gehalten aan cadmium in haring van deze plek zijn. Wel is bekend dat cadmiumgehalten in zwevende stof zijn afgenomen over de afgelopen decennia (zie figuur 4).

Voor PCB's is gerapporteerd dat bij 20 mg/kg PCB's in vet, signalen van enzyminductie zichtbaar zijn (Van den Brink e.a. 2001). Daarnaast is er een NOAEL van 0,042-0,062 mg/kg/dag voor PCB's afgeleid voor visetende vogels (sternen) (Harris e.a. 1993). Om een worstcase scenario aan te houden is de laagste NOAEL van 0,042 mg/kg/dag gebruikt in de berekeningen. Uitgaande van de gegevens uit tabel 6 voor wat betreft gewicht en voedsel van de visdief, en een concentratie PCB-153 van 0,2 mg/kg in haring (tabel 5) kan een dagelijkse inname van 0,022 mg/kg/dag worden berekend. Dit is een factor twee onder de NOAEL. Deze berekening is gebaseerd op één van de PCB-congeneren. Het totale gehalte aan PCB's samen zal dus hoger liggen en hiermee mogelijk de NOAEL benaderen. In hoeverre dit het geval is is niet bekend. Daarnaast moet worden opgemerkt dat de PCB-gehalten zijn gemeten in monsters die eind jaren '80 zijn genomen. Het is niet bekend wat de huidige gehalten aan PCB's in haring in de buurt van de Hedwigepolder zijn.

Op basis van deze basale berekeningen kan worden gesteld dat effecten van cadmium en mogelijk PCB's niet uit te sluiten zijn voor vogels die foerageren op slikken en schorren van de Westerschelde. Of dit ook voor de Hedwigepolder geldt, is echter op basis van de huidige gegevens niet eenduidig vast te stellen aangezien:

- de kwaliteit van de bodem van de Hedwigepolder in het huidige rapport niet in beschouwing is genomen, terwijl deze gegevens wel de basis vormen voor een nadere risicoanalyse.
- de toegepaste gegevens uit de omgeving van de Hedwigepolder komen, en niet uit de polder zelf, terwijl in 3.3 is aangegeven dat gehalten in het toekomstige estuariene gebied van de Hedwigepolder vergelijkbaar of mogelijk lager zullen zijn dan het omringende gebied.
- de meeste gegevens verouderd zijn. Trends voor concentraties van de meeste vervuilende stoffen zijn dalend in zwevende stof (zie 3.3), behalve voor PCB's.

## 3.4 Natura2000

### **3.4.1. In hoeverre zal de aanleg van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder bijdragen aan doelstellingen zoals gesteld voor Natura2000?**

Na inrichting van de estuariene natuur in de Hedwigepolder zal het niet meteen een Natura 2000 gebied zijn. Dit is wel het doel van de inrichting, maar het zal zich hier eerst voor moeten kwalificeren. Voor de aanwijzing van een gebied als Natura 2000 gebied is het van belang dat het gebied een ecologische relatie heeft met het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als het gebied wordt gebruikt als foerageergebied, hoogwatervluchtplaats of broedgebied voor aangewezen vogelsoorten, of als er vegetaties voorkomen die kwalificeren als aangewezen habitatype.

#### Habitatrichtlijn - Habitattypen

De aanleg van de toekomstige natuur in de Hedwigepolder zal naar verwachting op korte termijn bijdragen aan de doelstellingen voor het doen toenemen van het areaal van de volgende habitattypen (zie ook 3.1):

- met name H1330A Schorren en zilte graslanden - buitendijks
- maar ook H1310A Zilte pionierbegroeiingen - zeekraal
- en H1130 Estuaria

#### Vogelsoorten

Voor alle vogelsoorten aangewezen binnen Natura 2000 voor het gebied Westerschelde en Saeftinghe gelden doelstellingen voor behoud van oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied. Hierbij zijn doel-aantallen gegeven waar de populaties minstens aan moeten voldoen. In enkele gevallen liggen de huidige aantallen onder dit doel-aantal, of is de trend zodanig negatief dat niet wordt verwacht dat de doelstelling behaald zal worden zonder extra maatregelen. Feitelijk komen deze gevallen neer op een doelstelling voor verbetering van het leefgebied (voor uitbreiding dan wel een kwaliteitsverbetering, afhankelijk van de oorzaken voor achteruitgang). Voor soorten waarbij juist knelpunten ontstaan (zijn) door een afname in het areaal aan schorren kan de nieuwe inrichting van de Hedwigepolder bijdragen aan het behalen van de Natura 2000 doelstelling voor behoud. Dit betreft voor broedvogels de volgende Natura 2000 soorten: Kluut, Bontbekplevier en Strandplevier. Voor de vogelsoorten die zijn aangewezen als niet-broedvogel is niet duidelijk aan te geven of knelpunten zijn ontstaan door afname van het areaal aan schorren. Met deze broedvogels gaat het in de gehele Delta slecht en is elke uitbreiding van geschikt broedgebied van belang voor het behalen van de behoudsdoelstelling (dus om een verdere afname te voorkomen). Voor de Kluut zijn brakwaterschorren zeer geschikt als broedgebied, zeker wanneer de inrichting is aangepast op kustbroedvogels. In 2006 broedden 58 paren in het Verdronken land van Saeftinghe (Strucker et al. 2008). Voor de Bontbekplevier zal de toekomstige Hedwigepolder mogelijk slechts in beperkte mate tot niet van belang zijn als broedgebied, aangezien langs de kust van Oost-Zeeuws Vlaanderen, inclusief het Verdronken land van Saeftinghe, in de periode 2005-2007, maximaal een tiental broedparen werd geteld. Langs de kust van de hals Zuid-Beveland broedden in deze periode ook maximaal 10 Bontbekplevieren. De meeste Bontbekplevieren broedden op kale dijktaaluds (Strucker et al. 2008). Van de Strandplevier werden in de periode 2000-2007 jaarlijks 2 tot 9 broedparen geteld in het Verdronken land van Saeftinghe (van de 30 tot 40 paar dat broedt in de Westerschelde) (Strucker et al. 2008). Ook voor deze soort is een kale ondergrond van groot belang. Zoals te lezen is in 3.1 zal het gebied eerst naar verwachting geschikt zijn voor kalegrondbroeders zoals de Strandplevier, en op termijn meer voor riet- & weidevogels. Dit is mede afhankelijk van de gekozen vorm van inrichting en beheer.

### **3.4.2. Heeft mogelijke vervuiling van de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder effect op de doelstellingen zoals gesteld voor Natura2000?**

Vervuiling geeft over het algemeen een grotere kans op effecten voor fauna dan voor flora. Het grijpt vooral in op de kwaliteit van habitattypen, niet zozeer op het areaal van habitattypen (tenzij vervuiling dermate sterk is dat bepaalde vegetaties niet meer kunnen gedijen, maar dat is in de Westerschelde niet aan de orde). In de Hedwigepolder zullen zich naar verwachting twee habitattypen ontwikkelen waarvoor een verbeteropgave geldt: H1130 Estuaria en met name H1330A Schorren en zilte graslanden buitendijks. Daarnaast zal de ontwikkeling van estuariene natuur in de Hedwigepolder tijdelijk bijdragen aan de uitbreiding van areaal van H1310A Zilte pionierbegroeiingen – zeekraal. De tijdelijkheid is naar schatting vijf tot tien jaar, afhankelijk van de sedimentatiesnelheid.

De kwaliteit van habitatype H1130 in de Westerschelde betreft het gehele estuariene systeem, van de Belgische grens tot en met de lijn Vlissingen-Breskens. De definitie van een goede kwaliteit is gecompliceerd, maar houdt kort gezegd in: een goede structuur en functie. Het gaat hierbij o.a. om een juiste balans tussen de verschillende getijdenzones, om een goede kwaliteit van de bodemdiergemeenschap (o.a. soortenrijkdom, biomassa, dichtheid, trofische structuur) en om een goede functie voor soorten op verschillende trofische niveaus (bijv. foerageergebied voor steltlopers, voor vissen). Vervuilende stoffen kunnen uit water en waterbodem worden opgenomen door planten en dieren en afhankelijk van de soort stof worden doorgegeven naar hogere trofische niveaus in een voedselweb (zie 3.3.3.). Er zijn geen recente gegevens gevonden omtrent aanwezigheid van vervuilende stoffen in planten en m.n. dieren ter hoogte van de Hedwigepolder. Ongeacht ontbrekende recente gegevens m.b.t. gehalten in plant- en diersoorten is het op basis van het gedrag van stoffen in estuariene gebieden mogelijk dat stoffen als PAK's ongewervelde diersoorten (lagere trofische niveaus, zoals slijkgarnalen, schelpdieren) beïnvloeden, terwijl stoffen als cadmium en PCB's door doorgifte en ophoping in voedselwebben beperkt effecten kunnen hebben op hogere trofische niveaus (zoals vogels)(zie 3.3.3).

De kwaliteit van H1330A wordt bepaald door de samenstelling van plantensoorten en een gebalanceerde zonering tussen hoog (ouder) en laag (jonger) schor. Zoals terug te lezen is in het antwoord op vragen 3.3.1 en 3.3.2 zullen vervuilende zich slechts in beperkte mate ophopen in de vegetatie. Het is zeer onwaarschijnlijk dat vervuilende stoffen een effect hebben op de kwaliteit van de aangewezen habitattypen. Een effect van mogelijke vervuiling op de instandhoudingdoelstellingen voor dit habitatype is daarmee zeer onwaarschijnlijk. Van groot belang is de constatering dat in nabijgelegen gebieden als Appelzak, Groot Buitenschoor, Sieperdaschor en Verdrongen land van Saeftinghe, ondanks vervuiling vanuit de Schelde, schorren (H1330A) en zilte pioniervegetaties (H1310A) bestaan. Er is dus geen reden om aan te nemen dat deze habitattypen zich niet zullen ontwikkelen in de nieuw in te richten Hedwigepolder (zie ook 3.1). Daarnaast wordt de waterkwaliteit van de Westerschelde en Zeeschelde bewaakt en verbeterd binnen de KRW.

De nieuw in te richten Hedwigepolder zal niet van toegevoegd belang zijn voor de habitatrictlijnsoorten de Gewone Zeehond, Groenknolorchis en Nauwe Korfslak. Deze soorten zullen zich naar verwachting niet (in grote getalen) ontwikkelen in het gebied. Dit geldt naar verwachting ook voor de trekvisen waarvoor beperkte doortrekmogelijkheden ter hoogte van de Antwerpse haven een veel grotere bottleneck vormen voor het voldoen aan de Natura 2000 doelstellingen (Troost 2009).

Voor de instandhoudingdoelstellingen voor niet-broedvogels is de mogelijkheid om te kunnen foerageren van belang. Het is dus van belang dat de prooi-soorten van deze vogels aanwezig zijn. Gezien de aanwezigheid van een scala aan prooi-soorten (zoals *Nereis diversicolor* en *Corophium volutator*) in de omliggende schorgebieden wordt verwacht dat er eveneens voldoende prooi-soorten zich zullen vestigen in het toekomstige estuariene gebied van de Hedwigepolder.

Door het eten van vervuilde prooi-soorten nemen vogels vervuilende stoffen op. Stoffen die moeilijk worden uitgescheiden kunnen zich ophopen in o.a. het vetweefsel van de vogels. Met name voor trekvogels geldt dat vervuilende stoffen, die zich hebben opgehoopt in het vetweefsel, kunnen vrijkomen gedurende de trek. Op dat moment kunnen ze effecten geven in de vogels. De mate van blootstelling is afhankelijk van verschillende factoren zoals de daadwerkelijk vervuilingniveaus in het gebied, de prooi-soort (de ene soort neemt een bepaalde vervuilende stof makkelijk op dan een andere) en vervuilingniveaus in andere belangrijke foerageerlocaties van de vogelsoort. Uit 3.2 blijkt dat het vervuilingniveau in een estuariene Hedwigepolder waarschijnlijk niet hoger, maar gelijkwaardig of zelfs lager zal zijn dan in de omringende schorgebieden.

Negatieve effecten van mogelijke vervuiling van de Hedwigepolder op de instandhoudingdoelstellingen voor niet-broedvogels zijn niet waarschijnlijk, al kunnen stoffen als cadmium en PCB's door doorgifte en ophoping in voedselwebben een beperkt effect hebben op vogels (zie 3.3.3.).

Voor de instandhoudingdoelstellingen voor broedvogels is het broedsucces van belang. Opname van vervuilende stoffen vindt op dezelfde wijze plaats als bij niet-broedende vogels. Stoffen kunnen effect hebben op de oudervogel en, als een stof wordt doorgegeven van moedervogel naar ei, op de zich ontwikkelende embryo. Cadmium wordt niet doorgegeven van moedervogel naar ei, waardoor effecten van cadmium op jonge vogels niet waarschijnlijk zijn.

In de omringende gebieden van de Hedwigepolder broeden o.a. de kustbroedvogels bontbekplevier, strandplevier, kluut, visdief, zwartkopmeeuw, bruine kiekendief, blauwborst, zilvermeeuw, kleine mantelmeeuw, kokmeeuw en kleine plevier (Strucker e.a. 2008) en ook vele andere vogelsoorten (Vergeer & Wieland, 2004).



Hier werd een verlaagd broedsucces in voorgaande jaren toegeschreven aan predatie en overspoeling, niet aan vervuiling (Meininger e.a. 2005; 2006). In de visdiefkolonie van Terneuzen zijn in de jaren '90 van de twintigste eeuw voortplantingseffecten aangetroffen. Mogelijk hebben vervuilende stoffen hier een rol gespeeld, al is een oorzaak-effect relatie niet aangetoond (Van den Heuvel-Greve e.a., 2003; 2010). In de meer stroomopwaarts gelegen visdiefkolonie van Saeftinghe zijn dergelijke effecten niet aangetroffen.

Stoffen als cadmium en PCB's kunnen door doorgifte en ophoping in voedselwebben een beperkt effect hebben op vogels (zie 3.3.3.). Significante effecten van mogelijke vervuiling van de Hedwigepolder op de instandhoudingdoelstellingen voor broedvogels en niet-broedvogels zijn echter niet waarschijnlijk.

### **3.4.3. Wat zegt Natura2000 over invloed van havens en industrie op Natura2000-gebieden?**

Voor plannen en projecten moet een NB-vergunning worden aangevraagd en bestaand gebruik worden beoordeeld in het kader van Beheerplan Deltawateren. Voor dit laatste wordt momenteel de Nadere Effect Analyse (NEA) Bestaand Gebruik uitgevoerd. Vormen van bestaand gebruik die geen effect hebben, of die geen effect hebben mits gemitigeerd wordt, worden opgenomen in het beheerplan. Bestaand gebruik met negatieve effecten die niet (voldoende) gemitigeerd kunnen worden, en nieuwe activiteiten, worden niet opgenomen in het beheerplan. Activiteiten die niet worden opgenomen in het beheerplan komen terecht in het vergunningstelsel. Voor deze activiteiten moet een NB-wet vergunning aangevraagd worden. Ook voor een NB-wet vergunning geldt dat de voorgenomen activiteit geen significant negatieve effecten op Natura 2000 instandhoudingdoelstellingen mag hebben. Als dit het geval is en niet voldoende gemitigeerd kan worden, wordt vervolgens nog gekeken of er dwingende redenen van groot openbaar belang zijn en of er mogelijkheden zijn om de significant negatieve effecten te compenseren. Indien deze redenen en mogelijkheden er niet zijn, wordt de vergunning niet verleend en is de activiteit illegaal.

## **3.6. Volksgezondheid**

*3.6.1. (Welke gehalten aan stoffen (zware metalen, PAK's, PCB's) komen voor in mensen die in het havengebied bij Antwerpen wonen? Is het bekend of deze gehalten hoger zijn bij Antwerpen dan omliggende gebieden? Is er een piek bij Antwerpen te zien en zo ja, hoe groot is de regio waar deze piek aan vervuilende stoffen te zien is?)*  
In overleg met de opdrachtgever is besloten deze vraag door prioritering van de kennisvragen niet te beantwoorden binnen deze studie.

*3.6.2. Welke blootstellingroutes voor zware metalen, PAK's en PCB's bestaan er voor mensen die wonen in het gebied rondom Antwerpen? Welke zijn het meest relevant? (Gebaseerd op RIVM factsheets van november 2009, tenzij anders vermeld)*

Hieronder volgt een algemene beschrijving van de belangrijkste blootstellingroutes voor cadmium, lood, PCB's en PAK's, zoals beschreven in de factsheets van het RIVM (Nederland) en voor cadmium het Steunpunt Milieu en Gezondheid (België).

### Cadmium

In de natuur komt cadmium vooral voor in grondstoffen als zinkerts, fosfaaterts, ijzererts en fossiele brandstoffen. Cadmium is aanwezig in de producten die van deze grondstoffen gemaakt worden. Als verontreiniging wordt cadmium verspreid door het gebruik van fosfaatmeststoffen, zuiveringsslib en door lozingen van cadmiumverwerkende bedrijven.

Cadmium wordt vooral naar lucht geëmitteerd door de doelgroep Industrie (80%) en verder door de doelgroepen Consumenten (6%), Afvalverwijderingsbedrijven (7%), Verkeer & vervoer (6%) en Energiesector (1%). De belasting van water (direct plus indirect) met cadmium vindt plaats door de doelgroepen Overig (72%), RWZI's (13%), Industrie (6%) Landbouw (4%), en Verkeer en Vervoer (3%).

Cadmium wordt naar de bodem geëmitteerd door vooral de doelgroep Landbouw (76%; uit meststoffen, vooral kunstmest) en verder door de doelgroep Afvalverwijderingsbedrijven (4%). De overige 20% komt voor rekening van natuurlijke bronnen.

Tabel 9. Geschatte externe blootstelling van de Belgische algemene bevolking (Factsheet Steunpunt Milieu en Gezondheid, België; ECB, 2003).

<b>Bevolking</b>	<b>Lucht (µg/dag)</b>	<b>Bodem en stof (µg/dag)</b>	<b>Roken (µg/dag)</b>	<b>Drinkwater (µg/dag)</b>	<b>Voeding (µg/dag)</b>
Kinderen (4-7 jaar)	0,05-0,15	<1	-	<1	8
Volwassenen	0,1-0,3	0,7	20-40	<2	7-32
Volwassenen nabij puntbronnen	0,44-20	7	20-40	<2	17-34

De mens wordt vooral blootgesteld aan cadmium via de voeding (zoals bladgroenten en orgaanvlees). De inname via buitenlucht en drinkwater is (in Nederland) verwaarloosbaar. Roken verhoogt de totale inname (oraal plus inhalatoir) met ongeveer 10-20%. Een geschatte externe blootstelling van de Belgische algemene bevolking staat weergegeven in tabel 9.

#### Lood

Lood komt van nature in de bodem voor. Hierdoor kan het via diverse grondstoffen als verontreiniging in producten en het milieu terecht komen. Er is vooral sprake van diffuse bronnen, in het bijzonder voor water en bodem.

Lood wordt naar lucht geëmitteerd door vooral de doelgroep Industrie (70%) en verder door de doelgroepen Verkeer en vervoer (24%) en Consumenten (7%). De belasting van water (direct plus indirect) vindt plaats door vooral de doelgroepen Landbouw (37%), RWZ's (11%) en overige doelgroepen (50%). Lood wordt naar de bodem geëmitteerd door vooral de doelgroepen HDO (54%) en Verkeer en vervoer (40%). De emissies door de doelgroep HDO betreft vooral het gebruik van loodhagel bij het kleiduivenschietsen en verder het gebruik van loden kogels in de traditionele schietsport (folkloristisch schieten). Het gebruik van loodhagel in de jacht (verboden sinds 1993) valt onder de doelgroep Landbouw.

De mens wordt vooral aan lood blootgesteld via het dieet (voeding, drinkwater en andere dranken). De blootstelling via lucht is (in Nederland) gering tot zeer gering.

#### PCB's

De emissie van PCB's naar oppervlaktewater en van daaruit naar de waterbodem maakt het belangrijkste deel uit van de totale emissie. Emissies naar lucht worden verwaarloosbaar verondersteld. De (mogelijke) blootstelling van het milieu wordt veroorzaakt door het vrijkomen (nalevering) van deze stoffen uit gecontamineerde grond en sediment.

Voor de mens is voeding (zoals visolie, fruit en groenten, granen en graanproducten, vette vis en visproducten) de belangrijkste bron van blootstelling aan deze stoffen.

#### PAK's

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's) behoren tot een groep van enkele honderden organische stoffen die zijn opgebouwd uit twee of meer benzeenringen. Het zijn hydrofobe, (veelal) vaste stoffen, waarbij afhankelijk van de toename in het molecuulgewicht (aantal benzeenringen) onderscheidt gemaakt wordt tussen een beperkt aantal "vluchtige" (bijvoorbeeld naftaleen) en de overige grote meerderheid van "niet-vluchtige" PAK's (bijvoorbeeld benzo(a)pyreen). Bij toename van het aantal benzeenringen neemt de vluchtigheid snel af en de hydrofobe (slecht wateroplosbare) eigenschap van de PAK sterk toe. Naast de verschillen in fysisch-chemische eigenschappen, zijn er onderling grote verschillen in risico's voor mens en ecosystemen. Voor het vaststellen van risico's worden daarom veelal één of meerdere PAK's geselecteerd als gidsstoffen voor de blootstelling aan PAK-mengsels. Voorbeelden hiervan zijn benzo(a)pyreen (gidsstof voor kwaliteit lucht), de  $\Sigma 10$  PAK van VROM of de  $\Sigma 6$  PAK van Borneff.

De  $\Sigma 10$  PAK van VROM omvatten: Antraceen, Benz(a)antraceen, Benzo(a)pyreen, Benzo(g,h,i)peryleen, Benzo(k)fluoranteen, Chryseen, Fenantreen, Fluoranteen, Indeno(1,2,3-cd)pyreen, Naftaleen.

De  $\Sigma 6$  PAK van Borneff omvatten: Benzo(a)pyreen, Benzo(b)fluoranteen, Benzo(g,h,i)peryleen, Benzo(k)fluoranteen, Fluoranteen, Indeno(1,2,3-cd)pyreen.

PAK's ontstaan op zowel natuurlijke als antropogene wijze bij de (onvolledige) verbranding van koolstofhoudende materialen. Natuurlijke voorbeelden zijn bosbranden en vulkanische activiteiten. Roken en gebruik van fossiele brandstoffen zijn antropogene voorbeelden. Voor Nederland is de bijdrage van natuurlijke bronnen verwaarloosbaar t.o.v. die van antropogene bronnen.

Met uitzondering van enkele "vluchtige" PAK's (naftaleen, antraceen, fenantreen, fluoranteen, pyreen) worden PAK's niet als afzonderlijke stoffen geproduceerd en gebruikt. De belangrijkste industriële toepassing van PAK's is verwerking van (rest-) producten die ontstaan bij de raffinering (of kraken) van ruwe olie en bij de verwerking van steenkoolteer. Deze koolteerdestillaten, met relatief hoge concentraties aan PAK's, worden gebruikt in onder andere de metaalproductie, houtverduurzaming, scheepvaart, wegenbouw, dakbedekking en de rubberindustrie, o.a. als procesoliën (weekmakers) bij de productie van banden. Naftaleen en antraceen worden als afzonderlijke destillaten bereid. Voor zover bekend worden deze stoffen niet in de Nederlandse chemische industrie als grondstof of intermediair gebruikt voor de productie van andere verbindingen.

De belangrijke emissiebronnen van PAK's zijn het verkeer en de industrie (cokesproductie, kabelverbranding, aluminiumindustrie, houtverduurzaming en conservering). Binnenshuis vormen sigarettenrook en open haarden een belangrijke bron. In het verleden is veel teer gebruikt in asfaltwegen. Dit komt vrij bij het opbreken of renoveren van wegen. Het daarbij vrijkomende materiaal wordt veelal hergebruikt in de wegenbouw. Emissies van PAK's vinden plaats naar zowel (water)bodem, oppervlaktewater als lucht.

Het gedrag van PAK's in het milieu kan sterk verschillen en is afhankelijk van specifieke stoffeigenschappen. Zo kan circa 90% van de carcinogene potentie van PAKmengsels voorkomend in de buitenlucht toegeschreven worden aan de stoffen benzo(a)-pyreen, chryseen, fluoranteen, en fenantreen.

In de compartimenten water en bodem zijn PAK's slecht afbreekbaar en worden ze beschouwd als persistente organische stoffen. In lucht kunnen PAK's ontlede onder invloed van zonlicht en andere aanwezige chemicaliën in een tijdsbestek van dagen tot weken.

De mens wordt blootgesteld aan PAK's via voeding en inademing. Omwonenden bij bepaalde industrieën en/of bij een hoge verkeersdichtheid worden extra blootgesteld. Bij verwerking van PAK-houdende materialen, bij het reinigen, hergebruiken of storten, kunnen werknemers en andere betrokkenen (onverwacht) blootgesteld worden aan soms aanzienlijke belastingen met PAK's door stof of door dampen.

*3.6.3. (Is er een relatie tussen hoge gehalten aan vervuulende stoffen in de waterbodem van o.a. Groot Buitenschoor en Galgeschoor, en gehalten aan zware metalen in bloed van jongeren uit het havengebied van Antwerpen?)*

Deze vraag is door prioritering van de kennisvragen in overleg met de opdrachtgever niet beantwoord.

#### **3.6.4. Is het mogelijk dat door de aanleg van de Hedwigepolder er een extra blootstellingroute van vervuulende stoffen voor de mens bij komt?**

Zoals aangegeven onder 3.6.2. zijn over het algemeen de belangrijkste blootstellingroutes voor cadmium, lood, PCB's en PAK's die via voeding en lucht (en voor cadmium tevens via roken).

Momenteel is de Hedwigepolder in gebruik als landbouwgrond. Bewerking van de grond en eventueel gebruik van landbouwbestrijdingsmiddelen op deze locatie kunnen leiden tot een (kortstondige) blootstelling aan vervuulende stoffen voor mensen in het gebied, met name mensen die hier wonen en werken. In de toekomstige Hedwigepolder wordt het landbouwgebruik vervangen door natuur en wellicht lichte recreatie. Door aanslibbing kan de kwaliteit van de toplaag van de bodem in het gebied veranderen en kunnen blootstellingroutes van vervuulende stoffen naar de mens veranderen. Hieronder worden een aantal blootstellingroutes besproken, die mogelijk in de nieuwe situatie kunnen gelden. Echter, dit betreft geen gefundeerde en uitgebreide beschrijving van blootstellingroutes en mogelijke risico's voor de mens.

De kwaliteit van het gebied zal waarschijnlijk niet in grote mate afwijken van de kwaliteit van nabijgelegen gebieden zoals het Schor van Ouden Doel, Sieperdaschor, Groot Buitenschoor en Saeftinghe. Blootstellingroutes in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder zullen daarom vergelijkbaar zijn als bij een bezoek aan deze omliggende gebieden.

Tabel 10. Levensmiddelennormen zoals vastgelegd in Verordening (EG) nr. 629/2008 van de commissie van 2 juli 2008 en Verordening (EG) nr. 1881/2006 tot vaststelling van maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen.

Stof	Product	Norm	Verordening
Cadmium	Tweekleppige weekdieren	1,0 mg/kg product	629/2008
	Vis (m.u.v. enkele soorten)	0,050 mg/kg product	629/2008
	Bladgroenten	0,20 mg/kg product	629/2008
	Stengelgroenten, wortelgroenten en aardappelen	0,10 mg/kg product	629/2008
Lood	Tweekleppige weekdieren	1,5 mg/kg product	1881/2006
	Vis	0,30 mg/kg product	1881/2006
	Bladgroenten	0,30 mg/kg product	1881/2006
	Groenten m.u.v. o.a. bladgroenten	0,10 mg/kg product	1881/2006
PCB-153	Allerlei	500 ng/g product	Warenwet
Benzo(a)pyreen	Tweekleppige weekdieren	0,01 mg/kg product	1881/2006
	Vis	0,002 mg/kg product	1881/2006
	Bladgroenten	-	1881/2006
	Groenten m.u.v. o.a. bladgroenten	-	1881/2006

*a. In hoeverre is blootstelling door recreatie in het gebied relevant?*

Mogelijke theoretische blootstellingroutes door recreatie in het gebied zijn onder andere:

- Eten van grond door kinderen
- Consumptie van flora & fauna (zie b)
- Verwaaiing van bodemdeeltjes (zie c)
- Inademing van deeltjes in de lucht (zoals als nu ook gebeurt)

*b. In hoeverre is blootstelling via consumptie van zilte planten (zeekraal, lamsoor) en dieren (schelpdieren, vissen) uit de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder relevant?*

Indien er in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder zilte planten (zoals zeekraal en lamsoor) groeien, die door de mens worden geconsumeerd kan dit tot blootstelling aan vervuilende stoffen leiden. Deze blootstelling zal naar verwachting overeenkomstig zijn met consumptie van zilte planten van nabijgelegen gebieden, zoals het Schor van Ouden Doel, Sieperdaschor, Groot Buitenschoor en Saeftinghe.

In hoeverre deze planten vervuilende stoffen opnemen vanuit de bodem is niet precies bekend (zie 3.3.1). In 2001 zijn gehalten aan cadmium en lood in bladeren van riet van het Schor van Ouden Doel gemeten. Deze betreffen respectievelijk 0,16 mg/kg d.s. en 4,62 mg/kg d.s. (Du Laing e.a. 2006). Het droge stof gehalte van een vers rietblad is ongeveer 7% (Du Laing e.a. 2006). Dit betekent dat op natgewicht basis een rietblad ongeveer 0,01 mg cadmium /kg bevat en ~0,3 mg lood /kg. Vergelijking met de levensmiddelennormen betekent dit dat het cadmium-gehalte een factor 18 lager is dan de norm en het lood-gehalte in rietblad rond de norm voor bladgroenten ligt (zie tabel 10). Echter, in hoeverre riet een goede voorspeller is voor gehalten in eetbare planten zoals zeekraal en lamsoor, is niet bekend. Voor PAK's en PCB's zijn er geen gegevens over gehalten in planten in dit gebied gevonden.

Gezien het lage zoutgehalte lijkt de aanwezigheid van oogstbare schelpdierpopulaties (mossel, oester en kokkel) in de toekomstige natuur in de Hedwigepolder niet realistisch. Consumptie van deze soorten in dit gebied lijkt daarom niet voor de hand.

Consumptie van vis is wellicht mogelijk, met name van platvis zoals de bot. Gehalten in deze vis zullen vergelijkbaar zijn met die in bot van nabijgelegen gebieden, zoals in de Westerschelde geul ter hoogte van het Schor van Ouden Doel, Sieperdaschor, Groot Buitenschoor en Saeftinghe. Er zijn geen gehalten aan vervuilende stoffen in bot uit dit gebied gevonden, waardoor normtoetsing niet mogelijk is.

*c. Is de route van opname van vervuilende stoffen uit vervuilde bodem door planten, afsterven van planten, verwaaiing van het organisch materiaal en inademing door de mens, een relevante blootstellingroute in vergelijking tot andere blootstellingroutes? Is de route via bodemdampen een relevante route in vergelijking tot andere blootstellingroutes?*

Zoals beschreven in 3.3.2. zullen gehalten aan cadmium, lood, en met name PAK's en PCB's waarschijnlijk niet sterk geconcentreerd in planten worden opgenomen in vergelijking tot gehalten in de bodem. Afsterven en verdrogen van plantenmateriaal zorgt er wel voor dat gehalten worden geconcentreerd in het resterende plantenmateriaal (Du Laing e.a. 2008b). Door getijwerking en overstroming zal het plantenmateriaal waarschijnlijk grotendeels het water worden in gespoeld. Lokale gehalten in het poriewater in de bodem kunnen hierdoor tijdelijk worden verhoogd (Du Laing e.a. 2008b). Een nieuwe blootstellingroute door verstoffing van plantenmateriaal lijkt niet reëel. Mogelijk dat verwaaiing van bodemdeeltjes zelf in droge perioden wel tot een minimale blootstellingroute kunnen leiden.

Blootstelling via bodemdampen zal met name van belang zijn voor vluchtige stoffen. De hier behandelde stoffen, met uitzondering van enkele PAK's, zijn geen vluchtige stoffen. Blootstelling via bodemdampen ligt niet voor de hand als relevante blootstellingroute.

### **3.6.5. Welke effecten hebben zware metalen (cadmium, lood), PAK's en PCB's op de volksgezondheid?** (Gebaseerd op RIVM factsheets van november 2009, tenzij anders vermeld)

#### Cadmium

Cadmium is giftig voor de mens. Hoge concentraties van cadmium in het lichaam kunnen leiden tot nierschade en hebben schadelijke effecten op de botstofwisseling, het centraal zenuwstelsel en de voortplanting. Bovendien zijn bepaalde cadmiumverbindingen kankerverwekkend (bij inhalatoire blootstelling).

#### Lood

Lood is geen essentieel element. Effecten van lood zijn onder andere schade aan nieren, verhoogde bloeddruk, bloedarmoede (tekort aan rode bloedcellen) en schade aan zenuwstelsel en hersenen. Lood heeft daarnaast nadelige effecten op de voortplanting. Ongeborenen, zuigelingen en jonge kinderen tot circa 4 jaar oud lopen het meeste risico op nadelige effecten van lood, door een hogere inname van lood (interne belasting) en hogere gevoeligheid voor lood dan oudere kinderen en volwassenen. De grotere gevoeligheid betreft vooral effecten op het centrale zenuwstelsel: gedurende de ontwikkelingsperiode hiervan, vanaf de 4e maand van de zwangerschap tot het 4e levensjaar, is het centrale zenuwstelsel het meest gevoelig voor lood en is de kans op het optreden van irreversibele effecten dan ook het grootst. De neurologische effecten omvatten effecten op de mentale ontwikkeling (intelligentie, cognitieve vaardigheden, (leer)gedrag) en effecten op de motoriek en reflexen.

#### PCB's

Schadelijke effecten van PCB's (en mogelijk ook PCT's) zijn onder andere huidafwijkingen, oedeem, leverschade, schade aan het immuunsysteem en effecten op de voortplanting. PCB's zijn mogelijk kankerverwekkend.

#### PAK's

Sommige PAK's zijn ingedeeld als kankerverwekkend, mutageen en vergiftig voor de voortplanting. Dit geldt o.a. voor benzo(a)pyreen, een stof die vaak dient als kwalitatieve en kwantitatieve indicator voor de aanwezigheid van PAK's. Benzo(a)pyreen is als gevaarlijke stof ingedeeld in categorie 2 volgens Richtlijn 67/548/EEG, waarbij blootstelling kan leiden tot onaanvaardbare risico's voor de menselijke gezondheid en het milieu.

## **3.7. Vergelijking met andere gebieden in de nabije omgeving**

De in dit rapport onderzochte gebieden liggen relatief dichtbij elkaar. De meest westelijke monding van Saeftinghe ligt ongeveer 10 kilometer stroomafwaarts van de Hedwigepolder. Het Sieperdaschor ligt direct naast de Hedwigepolder, het Schor van Ouden Doel grenst aan de Hedwigepolder, terwijl het Groot Buitenschoor er recht tegenover ligt. Hierbij liggen het Schor van Ouden Doel, de Hedwigepolder, het Sieperdaschor en een gedeelte van Saeftinghe in de luwe binnenbocht van de Westerschelde. Aanslibbing van nieuw sediment kan makkelijker plaatsvinden in luwe gedeelte in vergelijking tot delen met hoge stroomsnelheden.

De Westerschelde kent een vervuilinggradiënt met hogere gehalten stroomopwaarts en lagere gehalten richting open zee. Aangezien de gebieden dichtbij elkaar liggen zullen verschillen in vervuiling relatief gering zijn, al zullen gehalten ter hoogte van het Galgeschoor (ongeveer 3 km stroomopwaarts) over het algemeen iets hoger zijn dan die bij Saeftinghe.

### **3.7.1. In hoeverre zijn Saeftinghe en de toekomstige Hedwdepolder vergelijkbaar qua voorkomen van flora & fauna en vervuilingsgraad:**

*a. Hoe heeft aanslibbing in Saeftinghe plaatsgevonden en hoe verhoudt zich dit tot de verwachte aanslibbing in de Hedwigepolder?*

Het Verdrongen Land van Saeftinghe is het grootste brakwaterschor van N.W. Europa. De totale oppervlakte (inclusief slikken, platen en hoofdgeulen) is 3600 ha. De met schorvegetatie begroeide delen beslaan een totale oppervlakte van ruim 2100 ha. De lange ontwikkeling die Saeftinghe ongestoord heeft kunnen doormaken, heeft geleid tot het relatief hoog opslibben van grote delen van het schor. In het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw bestond Saeftinghe nog hoofdzakelijk uit onbegroeid slik. Om het proces van sedimentatie in het belang van (toenmalig voorziene) toekomstige inpolderingen een handje te helpen, werd Engelse slijkgras (*Spartina*) aangeplant in het gebied. Het huidige beeld van Saeftinghe laat drie getijgeulen zien, die van elkaar worden gescheiden door een aaneengesloten schorregebied. Deze hoofdgeulen vertakken zich tot kleine kreekjes.

De ontwikkeling van slikken en schorren in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder zal gelijkaardig zijn aan die in de Saeftinghe. Ingrepen in het landschap kunnen de ontwikkeling in de Hedwigepolder verder bevorderen.

*b. Wat zijn de dominante soorten in Saeftinghe?*

Saeftinghe bestaat uit een grote verscheidenheid aan begroeiing en fauna, variërend van pioniersoorten tot plantensoorten kenmerkend voor hoge, oude schorren. De soorten die hier voorkomen zullen redelijk overeenkomstig zijn met wat er in de Hedwigepolder aan flora en fauna kan voorkomen. Welke soorten er in de Hedwigepolder zich kunnen ontwikkelen hangt met name van de sedimentatiesnelheid af. Hierbij is hoog schor met rietbegroeiing de laatste stap in de successie.

Aantallen biomassa van de slijkgarnaal *C. volutator* en benthivore vis *Pomatoschistus microps* waren in 1999 hoger in Saeftinghe dan in het ernaast gelegen Sieperdaschor (Hampel e.a. 2003). Hiervoor zijn de volgende argumenten aangevoerd:

- Hogere stroming in Sieperdaschor dan in Saeftinghe
- Verschil in breedte van de stroomgeulen tussen Sieperdaschor en Saeftinghe
- Lagere hoeveelheid voedsel in Sieperdaschor dan in Saeftinghe. Macroorganisch materiaal (MOM) ontstaat door de afbraak van plantenmateriaal, die uitspoelen in de krekken. MOM vormt in de krekken een belangrijke voedselbron voor detritus etende soorten, zoals de slijkgarnaal *C. volutator*. *C. volutator* is een belangrijke voedselbron voor andere soorten zoals de benthivore vis *P. microps*. De hoeveelheid MOM neemt toe als een slikken en schorregebied ouder worden en is het laagst in zich ontwikkelende gebieden (Hampel e.a. 2003).

Vooraf voedselbeschikbaarheid lijkt deze verschillen in biomassa te veroorzaken.

*c. Wat is de vervuilingsgraad van sediment van het Saeftinghe?*

De Westerschelde kent een vervuilinggradiënt met hogere gehalten aan vervuilende stoffen in sediment stroomopwaarts en lagere gehalten in sediment stroomafwaarts (Van den Heuvel-Greve e.a., 2006, Voorspoels e.a. 2004). Saeftinghe heeft een aantal belangrijke krekken waarvan de openingen naar de Westerschelde op ongeveer vijf, zeven en tien kilometer stroomopwaarts van de Hedwigepolder liggen. Ook zijn er kleine krekken, die al op een afstand van één tot twee km van de Hedwigepolder Saeftinghe binnenstromen. Daarnaast ligt de opening van Saeftinghe meer naar het westen gekeerd dan de opening van de toekomstige Hedwigepolder, die naar het oosten richting de rivier is gekeerd. Hierdoor zal Saeftinghe meer beïnvloed worden door getijstroming vanuit de zee, dat tot enige verdunning van gehalten aan vervuilende stoffen kan leiden, terwijl de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder waarschijnlijk meer beïnvloed zal worden door de kwaliteit van de Zeeschelde. Dit is ook zichtbaar in tabel 3, die lagere gehalten aan Cd en Pb in sediment laat zien ter hoogte van Baalhoek (direct west van Saeftinghe) in vergelijking tot gehalten in sediment bij Appenzak (ten oosten van Saeftinghe), en lagere gehalten aan PAK's en PCB's in sediment ter hoogte van Hansweert (stroomafwaarts van Saeftinghe) in vergelijking tot gehalten in sediment bij Schaar van Ouden Doel (stroomopwaarts van Saeftinghe).

Gehalten aan vervuilende stoffen in sediment van Saeftinghe betreffen ongeveer 0,8-5,5 mg/kg d.s. voor Cd (1991), 20-116 µg/kg d.s. voor Pb (1991), 18-22 µg/kg d.s. voor Som-7PCB (2005), en 1-2 mg/kg d.s. Som-15PAK's (2005)(zie tabel 3, data van Absil & van Scheppingen, 1996; Van den Heuvel-Greve e.a., 2006). Als dit wordt vergeleken met gehalten aan deze stoffen in zwevende stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel (zie figuren 4-7) dan blijkt dat gehalten aan cadmium in zwevende stof in 1991 ( $\pm 7$  mg/kg d.s.) iets hoger lagen dan die in sediment van Saeftinghe. Sinds 1991 zijn de gehalten in zwevende stof gedaald met een factor 1,75 naar  $\pm 4$  mg/kg d.s. in 2008. Voor lood geldt hetzelfde; gehalten in zwevende stof in 1991 ( $\pm 125$  mg/kg d.s.) zijn hoger dan dat in sediment van Saeftinghe in 1991. Sinds 1991 zijn gehalten aan lood in zwevende stof gedaald met een factor 1,4 naar  $\pm 88$  mg/kg d.s. in 2008.

Voor PCB's en PAK's zijn metingen in sediment ter hoogte van Schaar van Ouden Doel uitgevoerd in 2005. PCB-153 gehalten in zwevende stof in 2005 zijn  $\pm 23$  µg/kg d.s. (figuur 6). Dit is vergelijkbaar met het gehalte aan som-7PCB's in sediment. Echter, de trendgegevens in zwevende stof zijn gebaseerd op enkel PCB-153. De Som-7PCB's zal iets hoger liggen. De gehalten in zwevende stof lijken op basis van deze gegevens iets hoger dan die in sediment op een ongeveer vergelijkbare locatie. Dit is waarschijnlijk te verklaren door het %OC, dat vaak hoger is in zwevende stof in vergelijking tot sediment. Voor PAK's zijn voor het jaar 2005 geen trendgegevens in zwevende stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel gevonden (figuur 7), waardoor een vergelijking niet mogelijk is.

Gezien de ligging van Saeftinghe net stroomafwaarts van de toekomstige Hedwigepolder zullen gehalten aan vervuilende stoffen in het inkomende slib overeenkomstig of iets lager zijn dan die in slib van de Hedwigepolder zullen zijn. Echter, Saeftinghe heeft de afgelopen eeuw blootgestaan aan een hoge instroom van vervuilende stoffen via het Scheldewater en kan daardoor hoge gehalten aan vervuilende stoffen reeds hebben opgeslagen in het sediment. Daarom wordt verwacht dat de kwaliteit van het sediment in beide gebieden vergelijkbaar qua kwaliteit zal worden of mogelijk iets beter in de Hedwigepolder gezien de gedaalde gehalten van enkele vervuilende stoffen (lood en cadmium) in zwevende stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel over de afgelopen decennia.

#### *d. Wat is de vervuilingsgraad van flora & fauna in Saeftinghe?*

Er zijn te weinig gegevens gevonden om een goede vergelijking te kunnen maken tussen gehalten aan vervuilende stoffen in flora en fauna van Saeftinghe en die ter hoogte van de Hedwigepolder. Gehalten bij Saeftinghe kunnen mogelijk iets lager liggen dan die in gebieden ter hoogte van de Hedwigepolder gezien de stroomafwaartse ligging. Echter, gehalten aan cadmium in de zeeduizendpoot lieten geen verschil zien tussen locaties in de Westerschelde, terwijl gehalten in mosselen in de Westerschelde toenamen in stroomopwaartse richting (Stronkhorst 1993). Hierbij volgen mosselen het gehalte aan opgelost cadmium in het oppervlaktewater. Mogelijk kunnen huidige gehalten aan vervuilende stoffen in de Hedwigepolder eveneens tot een verschil in vervuilingsgraad leiden in vergelijking tot Saeftinghe.

#### *e. Wat zijn de risico's van zware metalen, PAK's en PCB's voor aquatische en terrestrische soorten, alsmede risico's op doorvergiftiging en effecten op toppredatoren in dit gebied?*

Een goede risico-inschatting is niet te maken op basis van de beschikbare kennis. Resultaten van een eerste eenvoudige risicoberekening voor cadmium en PCB's geven een inschatting dat risico's op daar foeragerende vogels niet uit te sluiten zijn (zie 3.3.3). Echter, deze berekeningen zijn gebaseerd op minimale gegevens, die tevens verouderd zijn. Deze berekening dient dan ook slechts al indicatie gezien te worden en niet als gedegen voorspeller van daadwerkelijke mogelijke risico's.

### **3.7.2. In hoeverre zijn het Groot Buitenschoor en de toekomstige Hedwigepolder vergelijkbaar qua voorkomen van flora & fauna en vervuilingsgraad:**

#### *a. Hoe heeft aanslibbing in het Groot Buitenschoor plaatsgevonden en hoe verhoudt zich dit tot de verwachte aanslibbing in de Hedwigepolder?*

De kaarten van Ferraris en Vandermaelen tonen dat in de 18de eeuw het gebied een ingewikkeld rivieren- en geulenstelsel was. Het toen 2.500 ha grote slik- en schorgebied, dat zich uitstreckte tussen Zandvliet en Bath, vormde samen met het Verdrongen Land van Saeftinghe een complex van ruim 5.500 ha, waarvan 820 ha op Belgisch grondgebied. Verscheidene inpolderingen en de aanleg van dijken verkleinden stelselmatig de oppervlakte van het gebied. In 1940 bedroeg deze oppervlakte nog 820 ha die tijdens de Tweede Wereldoorlog

gereduceerd werd tot 216 ha. De meest recente inpoldering dateert van de jaren '60. Door de aanleg van de Zandvlietsluis in 1967 werden Groot Buitenschoor en Galgeschoor van elkaar gescheiden.

De aanslibbing in een estuariene Hedwigepolder zal mogelijk iets verschillen van die in het Groot Buitenschoor gezien de ligging van de Hedwigepolder in de luwe buitenbocht.

*Uit Verbesssem e.a. 2002:*

Het Groot Buitenschoor is een buitendijks gelegen schor dat tegen de dijk aanligt. Het Groot Buitenschoor wordt gekenmerkt door zeer slibrijke sedimenten. Meer dan de helft van alle sedimentstalen kende een mediane korrelgrootte tussen 2 en 63µm (slib). De overige locaties hadden een sedimentsamenstelling die voornamelijk varieerde van zeer fijn tot fijn zand. Enkel de locaties op de (hoogdynamische) Ballastplaat werden gekenmerkt door sedimenten bestaande uit gemiddeld zand. De leidam die in 1967 werd aangelegd om de aanzandingen te leiden had een sorterend effect op de sedimentsamenstelling; ten zuiden van de leidam was het sediment gemiddeld zandiger. Het gemiddelde slibgehalte in het studiegebied varieerde in de periode 1991-1999 tussen 40% en 56%, met de hoogste waarden in 1995 en 1996, maar er werden geen significante verschillen tussen de jaren waargenomen. De maandelijkse variatie in het slibgehalte op de twee onderzochte locaties was relatief klein en duidelijke seizoenale patronen konden niet worden aangetoond. Het sediment op locatie L, gelegen ten zuiden van de strekdam, was veel zandiger dan op locatie R die zich ten noorden van de leidam bevindt. Op drie van de vier locaties met 'sederoplots' werden geen duidelijke trends opgemerkt met betrekking tot sedimentatie of erosie. De vierde locatie, gelegen dicht tegen de laagwaterlijn, vertoonde vanaf het begin van de metingen een zeer duidelijke sedimentatie, met een toename van ± 50 cm in de periode september 1994 – december 1997, waarna er een geleidelijke erosie optrad vermoedelijk als gevolg van het verleggen van een geultje.

*b. Wat zijn de dominante soorten in het Groot Buitenschoor? (Uit Verbesssem e.a. 2002)*

Planten

Het schor neemt slechts 7% van het gebied in, de totale oppervlakte veranderde weinig en rivierwaarts was er nauwelijks sprake van schoruitbreiding. De belangrijkste wijzigingen in de schorvegetatie tussen 1990-1999 waren de toename van rietvegetatie en de sterke afname van Strandkweekvegetaties. Deze afname was deels te wijten aan de uitbreiding van de rietvegetatie, maar ook aan de uitbreiding van ruigtekruiden en een verder uitgroeiende dijkvegetatie.

Ongewervelde soorten

Zowel dichtheid als biomassa werden gedomineerd door 5 taxa (Oligochaeta, het slijkgarnaaltje *Corophium volutator*, het nonnetje *Macoma balthica*, de zeeduizendpoot *Nereis diversicolor* en de rode draadworm *Heteromastus filiformis*), maar het relatieve belang van deze taxa varieerde zowel ruimtelijk als temporeel. Wat betreft de densiteit was doorgaans *Corophium volutator* de meest dominante soort, met een relatieve densiteit die schommelde tussen 19 en 65% van de totale densiteit, gevolgd door *Heteromastus filiformis* en Oligochaeta. *Nereis diversicolor* en *Heteromastus filiformis* bepaalden het grootste aandeel van de biomassa. Bij het begin van de studieperiode was de bijdrage van *Nereis diversicolor* groter, naar het einde toe die van *Heteromastus filiformis*.

Vogels

Wat de watervogels betreft biedt het Groot Buitenschoor vooral voedsel aan bentivoren (bodemdierenetende vogels) op de slikken en rust aan herbivoren (plantetende vogels) op de platen. Op het noordelijk deel van het schor wordt een kleine oppervlakte zeebiesvegetatie redelijk intensief begraasd door grauwe ganzen en de vloodschaar wordt in beperkte mate gebruikt door piscivore (visetende) vogels. De verspreiding van de watervogelsoorten in het gebied wijzigde tussen 1990-1999. Het noordelijk gelegen slik werd relatief slibrijker waardoor het interessanter werd voor bergeend en kluut. De tweedeling in het gebied ten zuiden van de strekdam accentueerde zich nog verder. Landwaarts werd de luwte die ontstond tussen de strekdam en de containerkade slibrijker en werd toegevoegd aan het foerageergebied van kluut en bergeend. Het rivierwaarts gedeelte, het verlengde van de ballastplaat werd nog zandiger en werd toegevoegd aan het rustgebied van grauwe gans en smient. De steltlopers die er al verbleven maken verder gebruik van dit gebied.

Gezien de ligging van het Groot Buitenschoor direct tegenover de toekomstige Hedwigepolder wordt verwacht dat soorten die voorkomen in het Groot Buitenschoor eveneens voor kunnen komen in de toekomstige Hedwigepolder



*c. Wat is de vervuilingsgraad van sediment van het Groot Buitenschoor? (Uit Verbessem e.a. 2002)*

Het grootste probleem betreffende de vervuiling met microverontreinigingen van het sediment was de concentratie aan PAK's. Naast PAK's vormden ook de apolaire koolwaterstoffen (APKW'S), PCB's, kwik (Hg) en cadmium (Cd) een belangrijke vervuilingbron. Hoewel het zeker niet voor alle jaren geldt, kan gesteld worden dat de locaties ten zuiden van de IJdam minder vervuild waren met zware metalen. In dit rapport zijn echter niet de daadwerkelijke getallen opgenomen, waardoor er geen verdere normtoetsing kan plaatsvinden.

Gezien de ligging van het Groot Buitenschoor direct tegenover de toekomstige Hedwigepolder wordt verwacht dat gehalten aan vervuilende stoffen qua inkomende slibkwaliteit overeenkomstig zullen zijn. Echter, het Groot Buitenschoor heeft de afgelopen eeuw blootgestaan aan de instroom van vervuilende stoffen via het Scheldewater en kan daardoor hoge gehalten aan vervuilende stoffen hebben opgeslagen in het sediment.

*d. Wat is de vervuilingsgraad van flora & fauna in het Groot Buitenschoor?*

Gezien de ligging van het Groot Buitenschoor direct tegenover de toekomstige Hedwigepolder en de belasting met vervuilende stoffen in de afgelopen eeuw wordt verwacht dat gehalten aan vervuilende stoffen in het Groot Buitenschoor overeenkomstig of mogelijk hoger zullen zijn qua gehalten in flora en fauna als die in de toekomstige Hedwigepolder (afgezien van de mogelijke aanwezigheid van vervuilende stoffen in de huidige bodem van de Hedwigepolder).

*e. Wat zijn de risico's van zware metalen, PAK's en PCB's voor aquatische en terrestrische soorten, alsmede risico's op doorvergiftiging en effecten op toppredatoren in dit gebied?*

Een goede risico-inschatting is niet te maken op basis van de beschikbare kennis. Resultaten van een eerste basale berekening voor cadmium en PCB's geven een inschatting dat effecten op daar foeragerende vogels niet zijn uit te sluiten (zie 3.3.3). Echter, deze berekeningen zijn gebaseerd op minimale gegevens, die tevens verouderd zijn. Deze berekening dient dan ook slechts als een eerste indicatie gezien te worden en niet als gedegen voorspeller van daadwerkelijke mogelijke risico's.

## 4. Conclusies

### 4.1. Algemene conclusie

In de estuariene natuur van de Hedwigepolder zal de bodem worden gevormd door de huidige bodem van de polder met hier bovenop een laag van gesedimenteerd materiaal dat afkomstig is van zwevende stof uit het water van de Zeeschelde en Westerschelde en lokale erosie van geulen. In deze bodem zullen vegetatie en diersoorten zich vestigen en ontwikkelen.

Gezien de stabiele of dalende gehalten van vervuilende stoffen in zwevende stof (sinds de jaren '80 en '90 van de vorige eeuw) bij de locatie Schaar van Ouden Doel wordt verwacht dat de kwaliteit van de bodem in de estuariene natuur in de Hedwigepolder overeenkomstig of mogelijk beter van kwaliteit zal zijn dan de omringende buitendijkse gebieden. Op de locatie Schaar van Ouden Doel liggen gehalten aan cadmium en lood in waterbodem en sediment beneden het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR), terwijl gehalten aan PCB's en mogelijk PAK's hier boven liggen. Toetsing aan de milieukwaliteitsnormen (MKN) van de Kaderrichtlijn Water (KRW) laat zien dat lood onder de MKN valt, terwijl cadmium en PAK's rond de MKN schommelen. PCB's worden niet in water maar in zwevende stof gemeten. De toekomstige kwaliteit van de bodem is uiteraard ook afhankelijk van de huidige kwaliteit van de bodem in de Hedwigepolder, die buiten de scope van dit rapport valt.

Het beste voorbeeld van hoe estuariene natuur zich kan ontwikkelen in de Hedwigepolder is het Sieperdaschor, dat naast de Hedwigepolder ligt en waar sinds 1990 na een dijkdoorbraak estuariene natuur is ontstaan. Estuariene plant- en diersoorten hebben zich hier over het algemeen goed kunnen vestigen en zowel foeragerende als broedende vogels worden hier waargenomen. Op basis hiervan is de verwachting dat de ontwikkeling van estuariene natuur in de Hedwigepolder eveneens zal leiden tot uitbreiding van areaal van habitattypen H1130 (Estuaria) en H1330A (Schorren en zilte graslanden), en tot een tijdelijke uitbreiding van pioniervegetatie (H1310A: Zilte pionierbegroeiingen).

Informatie over gehalten aan vervuilende stoffen in plant- en diersoorten in het Sieperdaschor is niet gevonden. Er is 20-30 jaar oude informatie over vervuilende stoffen in planten en dieren van andere omliggende gebieden gevonden. Ook zijn er huidige gegevens over gehalten aan vervuilende stoffen in sediment en zwevende stof gevonden. Deze zijn echter niet altijd een goede voorspeller van gehalten in bodemdieren, aangezien veel omgevingsfactoren een rol spelen in hoeverre de stoffen beschikbaar zijn voor opname door planten en dieren. Een gedegen risico-inschatting van effecten van vervuilende stoffen op diersoorten is daarom op basis van de huidige gegevens niet te maken. Op basis van het gedrag van stoffen in estuariene gebieden kunnen stoffen als PAK's ongewervelde diersoorten lager in een voedselweb, zoals slijkgarnalen, beïnvloeden, terwijl stoffen als cadmium en PCB's door doorgifte en ophoping in voedselwebben mogelijk een beperkt effect kunnen geven op hogere trofische niveaus, zoals vogels.

Blootstellingroutes van bezoekers aan vervuilende stoffen in de toekomstige estuariene natuur van de Hedwigepolder zullen vergelijkbaar zijn als bij een bezoek aan omliggende gebieden, zoals Saeftinghe, Schor van Ouden Doel of Groot Buitenschoor. Theoretisch zijn dit onder meer: consumptie van planten en dieren uit het gebied, het in de mond stoppen van zand door kinderen, verwaaiing van bodemdeeltjes en inademing van deeltjes in de lucht (net als nu al plaatsvindt door wat aanwezig is in de lucht). Een gedetailleerde beoordeling van humane blootstellingroutes valt buiten de scope van dit rapport.

Op basis van de huidige gegevens wordt verwacht dat de inrichting van estuariene natuur in de Hedwigepolder zal leiden tot uitbreiding van areaal van habitattypen H1130 (Estuaria) en H1330A (Schorren en zilte graslanden), en tot een tijdelijke uitbreiding van pioniervegetatie (H1310A: Zilte pionierbegroeiingen). Dit zal bijdragen aan het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen voor deze habitattypen en tevens die voor broedvogels en niet-broedvogels. Effecten van mogelijke vervuiling van de Hedwigepolder op niveau van het individu zijn niet uit te sluiten, maar significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen voor broedvogels en niet-broedvogels zijn niet waarschijnlijk. Wel wordt aanbevolen om tijdens de ontwikkeling van het natuurgebied, naast ecologische en hydrografische monitoring, de kwaliteit van het gebied op verschillende niveaus te volgen met het oog op eventuele effecten van vervuilende stoffen.

## 4.2. Beantwoording van deelvragen

De basisvragen van het rapport kunnen als volgt worden beantwoord:

### a) Beoordeling van toegepaste literatuur op relevantie, zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a)

De toegepaste literatuur bestaat grotendeels uit wetenschappelijke artikelen, boeken, proefschriften, overheidsdocumenten of publicaties van kennisinstituten. Wetenschappelijke artikelen en proefschriften zijn gepeer-reviewed, wat inhoudt dat andere internationale wetenschappers de kwaliteit van de stukken hebben gecontroleerd en beoordeeld. Alleen in enkele gevallen (zie hoofdstuk 2) is gerefereerd naar meer kwalitatieve publicaties zonder daadwerkelijke getallen en onderbouwingen. De toegepaste literatuur is over het algemeen relevant en betrouwbaar.

### b) Beoordeling van de gedane analyses en conclusies, zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a)

Enkele analyses en conclusies zoals weergegeven in Scheele (2009; 2009a) kunnen worden bediscussieerd:

- In tegenstelling tot wat in Scheele (2009; 2009a) wordt gesteld is de verwachting dat de kwaliteit van de te ontwikkelen estuariene natuur in de Hedwigepolder niet van mindere kwaliteit zal zijn dan de omliggende gebieden, maar gelijkwaardig en mogelijk zelfs beter (zie 3.2).
- Vervuilende stoffen als cadmium en PAK's lijken niet makkelijk opgenomen te worden door planten in tegenstelling tot wat er in Scheele (2009; 2009a) staat aangegeven (zie 3.3.1). Echter, gegevens voor een gedegen analyse van opname van vervuilende stoffen door planten in schorren zijn niet gevonden.
- PAK's worden goed doorgegeven naar ongewervelde diersoorten, maar afgebroken en uitgescheiden in dieren op hogere trofische niveaus, zoals vissen, vogels en zoogdieren (zie 3.3.3.). Er vindt dus geen trofische magnificatie plaats. Wel kunnen eventuele afbraakproducten van PAK's nadelige effecten veroorzaken in dieren.
- Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat door verstoffing van vervuild plantenmateriaal en bodemdampen nieuwe relevante blootstellingroutes voor de mens ontstaan in de toekomstige situatie van de Hedwigepolder met estuariene natuur (3.6).

Een enkele keer is een conclusie uit een artikel sterker aangezet, staat informatie niet helemaal correct verwoord of lijkt er niet naar ene juiste referentie te zijn verwezen (zie hoofdstuk 2).

### c) Beschrijving van de huidige kennis door beantwoording van de kennisvragen, die ten grondslag liggen aan de aandachtspunten en kernvragen, zoals weergegeven in Scheele (2009;2009a)

#### *Vorming van de Hedwigepolder*

De ontwikkeling van estuariene natuur in het Sieperdaschor sinds begin jaren '90 is een goed voorbeeld van hoe slikken en schorren, begroeiing door planten en aanwezigheid van dieren zich in de Hedwigepolder kunnen ontwikkelen. Dit gebied heeft zich sinds 1990 ontwikkeld als slikken en schorregebied. Het gebied is uitgebreid gevolgd en de monitoring en evaluatie toont aan dat er een natuurlijke ontwikkeling van brakwater planten en dieren heeft plaatsgevonden. Waterkwaliteitsaspecten zijn voor zover bij ons bekend niet meegenomen in de monitoring van het Sieperdaschor.

#### *Kwaliteit van het slib van de toekomstige Hedwigepolder*

Gezien de ligging van de Hedwigepolder ten opzichte van de andere schorren- en slikken in het gebied is de verwachting dat de kwaliteit van het aanslibbende materiaal overeenkomstig of wellicht beter zal zijn dan dat op het Schor van Ouden Doel, het Groot Buitenschoor en het Sieperdaschor.

Huidige gehalten aan cadmium en lood in zwevende stof ter hoogte van Schaar van Ouden Doel liggen beneden het MTR voor deze stoffen. Gehalten aan PCB's en, naar verwachting, PAK's in zwevende stof op deze locatie liggen boven het MTR.

Huidige gehalten aan cadmium en lood in sediment van het Schor van Ouden Doel liggen beneden het MTR. Gehalten aan PCB's in sediment uit de vaargeul ter hoogte van Schaar van Ouden Doel liggen boven het MTR. Gehalten in het sediment uit de vaargeul zijn minder representatief voor de te ontwikkelen bodem in de Hedwigepolder, aangezien het sediment in de vaargeul over het algemeen groffer van materiaal is en een lager OC-gehalte bevat dan het materiaal dat sedimenteert op slikken en schorren. Dit geeft een andere en niet te voorspellen biobeschikbaarheid van vervuilende stoffen in de bodem voor planten en dieren.

### *Kaderrichtlijn Water*

Gehalten aan cadmium in oppervlaktewater (opgeloste fractie) ter hoogte van Schaar van Ouden Doel liggen rond de  $MKN_{\text{water}}$  en nemen de laatste jaren licht toe, terwijl gehalten aan lood zijn afgenomen en over het algemeen voldoen aan de  $MKN_{\text{water}}$ . In oppervlaktewater zijn PCB's en PAK's slecht meetbaar, vanwege hun lage oplosbaarheid. Gehalten aan PAK's schommelen rond de  $MKN_{\text{water}}$ . PCB's worden enkel in zwevende stof gemeten.

### *Kwaliteit flora & fauna in Hedwigepolder*

Op basis van de beschikbare informatie wordt verwacht dat PAK's waarschijnlijk alleen op het niveau van ongewervelden, zoals kreeftachtigen en wormen, kunnen ophopen en invloed uitoefenen op deze organismen. Cadmium en met name PCB's kunnen ook in soorten hoger in het voedselweb ophopen en daar tot effecten leiden. Het is echter niet mogelijk om een gedegen voorspelling te geven of er daadwerkelijk risico's van doorvergiftiging zijn voor dieren in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder. Dit komt omdat er 1) alleen oude gegevens gevonden zijn m.b.t. gehalten aan vervuulende stoffen in dieren uit de omgeving, en 2) er grote variatie is tussen milieuomstandigheden (organisch koolstofgehalte, pH, kleigehalte) op de omliggende locaties, wat een voorspelling voor de kwaliteit van flora & fauna bemoeilijkt. Evenmin is er op basis van de huidige gegevens een goede berekening te maken voor wat betreft inschatting van effecten van vervuulende stoffen op foeragerende en broedende vogels in dit gebied. Resultaten van een eerste basale berekening voor cadmium en PCB's laat zien dat effecten van cadmium en mogelijk PCB's niet uit te sluiten zijn voor vogels die foerageren op slikken en schorren van de Westerschelde. Deze berekening dient slechts al indicatie gezien te worden en niet als gedegen voorspeller van daadwerkelijke mogelijke effecten.

### *Natura2000*

Na inrichting van de Hedwigepolder als estuarien gebied zal het niet meteen een Natura 2000 gebied zijn. Dit is wel het doel van de inrichting, maar het zal zich hier eerst voor moeten kwalificeren op basis van de ontwikkeling van de natuurwaarden. In de Hedwigepolder zullen zich naar verwachting twee habitattypen ontwikkelen waarvoor in het Natura 2000 gebied Westerschelde en Saeftinghe een verbeteropgave geldt: H1130 (Estuaria) en H1330A (Schorren en zilte graslanden). Daarnaast zal de ontwikkeling van estuariene natuur in de Hedwigepolder ook tot tijdelijke uitbreiding van pioniervegetatie leiden (H1310A: Zilte pionierbegroeiingen).

In het Sieperdaschor heeft sinds 1990 een goede ontwikkeling van estuariene natuur plaatsgevonden. De verwachting is dat de ontwikkeling van de estuariene natuur in de Hedwigepolder eveneens zal leiden tot uitbreiding van areaal van deze habitattypen met een positief effect op de instandhoudingsdoelstellingen voor deze habitattypen en die voor broedvogels en niet-broedvogels.

### *Volksgezondheid*

Momenteel heeft de Hedwigepolder grotendeels een landbouwbestemming. Dit betekent dat de grond intensief wordt gebruikt. Daarnaast rijdt er verkeer in het gebied. Hierdoor is er o.a. uitstoot van fijn stof en stikstof, waar de mens aan wordt blootgesteld. Tevens kunnen deeltjes in de atmosfeer vervuulende stoffen bevatten, die worden ingeademd.

Na aanleg van een estuarien gebied in de Hedwigepolder zijn o.a. de volgende blootstellingroutes van vervuulende stoffen naar de mens mogelijk:

- Eten van bodemdeeltjes door kinderen
- Consumptie van planten (zeekraal, lamsoor) en dieren (platvis, zoals de bot).
- Verwaaiing van bodemdeeltjes in hooggelegen gebieden tijdens een droge periode
- Lopen met blote voeten door slikken
- Inademing van in de atmosfeer aanwezige vervuulende stoffen (net als in de huidige situatie)

Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat door verstoffing van veruuld plantenmateriaal en bodemdampen nieuwe relevante blootstellingroutes voor de mens ontstaan in de toekomstig aan te leggen estuariene natuur in de Hedwigepolder.

Blootstellingroutes zullen vergelijkbaar zijn als bij een bezoek aan omliggende gebieden, zoals Saeftinghe, Schor van Ouden Doel of Groot Buitenschoor. In omliggende gebieden als Saeftinghe komen jaarlijks ongeveer 200.000 bezoekers. Er geen aanleiding om aan te nemen dat er door verblijf in deze gebieden risico's zijn voor bezoekers.

*Vergelijking met andere gebieden in de nabije omgeving*

De aanwezigheid van plant- en diersoorten in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder zal vergelijkbaar zijn met die in andere nabijgelegen gebieden zoals Saeftinghe en Groot Buitenschoor, al is de successie in de laatste genoemde gebieden uiteraard al veel verder gevorderd. Ook gehalten aan vervuilende stoffen in planten en dieren zullen niet veel verschillen tussen deze gebieden. Verondersteld wordt dat de gehalten in de toekomstige estuariene natuur in de Hedwigepolder vergelijkbaar of lager zullen zijn dan huidige gehalten aan vervuilende stoffen in planten en dieren van Saeftinghe en Groot Buitenschoor.

## 5. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

- Absil MCP, Y van Scheppingen (1996). Concentrations of Selected Heavy Metals in Benthic Diatoms and Sediment in the Westerschelde Estuary. *Bull Environ Contam Toxicol* 56:1008-1015.
- Baeyens W (1998). Evolution of trace metal concentration in the Schelde estuary (1978-1995). A comparison with estuarine and ocean levels. *Hydrobiologia* 366: 157-167.
- Baeyens W, M Leermakers, M De Gieter, HL Nguyen, K Parmentier, S Panutrakul, M Elskens (2005). Overview of trace metal contamination in the Scheldt estuary and effect of regulatory measures. *Hydrobiologia* 540: 141-154.
- BRO (2009). Rijksinpassingsplan Hertogin Hedwigepolder. Rapportnummer 212x00438.056759\_1, 3 december 2009.
- Bordin G, J McCourt, A Rodriguez (1992). Trace metals in the marine bivalve *Macoma balthica* in the Westerschelde Estuary (The Netherlands). Part 1: Analysis of total copper, cadmium, zinc and iron concentrations-locational and seasonal variations. *Sci. Total Environ.* 127: 255-280.
- Bosveld ATC, J Gradener, AJ Murk, A Brouwer, M van Kampen, EHG Evers, M van den Berg (1995). Effects of PCDDs, PCDFs and PCBs in common tern (*Sterna hirundo*) breeding in estuarine and coastal colonies in the Netherlands and Belgium. *Environ Toxicol Chem* 14: 99-115.
- Brunke, D (2010). Historisch bodemonderzoek Hertogin Hedwigepolder in de gemeente Hulst. Oranjewoud-rapport.
- Caetano M, C Vale, R Cesário, N. Fonseca (2008). Evidence for preferential depths of metal retention in roots of salt marsh plants. *Sci Total Environ* 390: 466-474.
- Croteau M-N, SN Luoma, AR Stewart (2005). Trophic Transfer of Metals along Freshwater Food Webs: Evidence of Cadmium Biomagnification in Nature. *Limnol Ocean* 50: 1511-1519.
- Danis B, P Wantier, S Dutrieux, R Flammang, Ph Dubois, M Warnau (2004). Contaminant levels in sediments and asteroids (*Asterias rubens* L., Echinodermata) from the Belgian coast and Scheldt estuary: polychlorinated biphenyls and heavy metals. *Sci Total Environ* 333: 149-165.
- De Wolf H, C Handa, T Backeljau, R Blust (2004). A baseline survey of intersex in *Littorina littorea* along the Scheldt estuary, The Netherlands. *Mar Pollut Bull* 48: 592-596.
- Du Laing G, N Bogaert, FMG Tack, MG Verloo, F Hendrickx (2002). Heavy metal contents (Cd, Cu, Zn) in spiders (*Pirata piraticus*) living in intertidal sediments of the river Scheldt estuary (Belgium) as affected by substrate characteristics. *Sci Total Environ* 289: 71-81.
- Du Laing G, G Van Ryckegem, FMG Tack, MG Verloo (2006). Metal accumulation in intertidal litter through decomposing leaf blades, sheaths and stems of *Phragmites australis*. *Chemosphere* 63: 1815-1823.
- Du Laing G, R De Vos, B Vandecasteele, E Lesage, FMG Tack, MG Verloo (2008a). Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments of the Scheldt estuary. *Est Coast Shelf Sci* 77: 589-602.
- Du Laing G, A Bontinck, R Samson, B Vandecasteele, DRJ Vanthuyne, E Meers, E Lesage, FMG Tack, MG Verloo (2008b). Effect of decomposing litter on the mobility and availability of metals in the soil of a recently created floodplain. *Geoderma* 147: 34-46.
- Du Laing G, E Meers, M Dewispelaere, B Vandecasteele, J Rinklebe, FMG Tack, MG Verloo (2009a). Heavy metal mobility in intertidal sediments of the Scheldt estuary: Field monitoring. *Sci Total Environ* 407: 2919-2930.

- Du Laing G, J Rinklebe, B Vandecasteele, E Meers, FMG Tack (2009b). Trace metal behaviour in estuarine and riverine floodplain soils and sediments: A review. *Sci Total Environ* 407: 3972-3985.
- Du Laing G, AMK Van de Moortel, W Moors, P De Grauwe, E Meers, FMG Tack, MG Verloo (2009c). Factors affecting metal concentrations in reed plants (*Phragmites australis*) of intertidal marshes in the Scheldt estuary. *Ecological Engineering* 35: 310-318.
- Eertman RH, BA Kornman, E Stikvoort, H Verbeek (2002). Restoration of the Sieperda tidal marsh in the Scheldt estuary, the Netherlands. *Restoration Ecology* 10: 438-449.
- Fernie K, G Mayne, JL Shutt, C Pekarik, KA Grasman, R Letcher, K Drouillard (2005). Evidence of immunomodulation in nestling American kestrels (*Falco sparverius*) exposed to environmentally relevant PBDEs. *Environ Poll* 138:485-493.
- Fernie K, JL Shutt, JI Ritchie, R Letcher, K Drouillard, D Bird (2006). Changes in the growth, but not the survival, of American kestrels (*Falco sparverius*) exposed to environmentally relevant polybrominated diphenyl ethers. *J Toxicol Environ Health Part A* 69:1541-1554.
- Fisk AT, KA Hobson, RJ Norstrom (2001). Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food Web. *Environ Sci Technol* 35: 732-738.
- Gilbertson M, GA Fox (1977). Pollutant associated embryonic mortality of Great Lakes Herring gulls. *Environ Pollut* 12: 211-216.
- Goss-Custard e.a. (2006). Intake rates and the functional response in shorebirds (Charadriiformes) eating macro-invertebrates. *Biol Rev* 81: 501-529.
- Hampel H, A Cattrijsse, M Vincx (2003). Habitat value of a developing estuarine brackish marsh for fish and macrocrustaceans. *ICES J Marine Sci* 60: 278-289.
- Heikens A, WJGM Peijnenburg, AJ Hendriks (2001). Bioaccumulation of heavy metals in terrestrial invertebrates. *Environ Pollut* 113: 385-393.
- Heip C (1988). The ecosystem of the Western Scheldt estuary. *Water* 43: 211-3.
- Hughes MR, JE Smits, JE Elliott, DC Bennett (2000). Morphological and pathological effects of cadmium ingestion on Pekin ducks exposed to saline. *J Toxicol Environ Health* 61: 591-608.
- Leopold MF, CJ Smit, PW Goedhart, MWJ van Roomen, AJ van Winden, C van Turnhout (2004). Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze. Eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase). Deelproject C2. Alterra-rapport 954.
- Li Y-H, C-L Yan, J-J Yuan, J-C Liu, H-Y Chen, H Jun (2006). Partitioning of heavy metals in the surface sediments of Quanzhou Bay wetlands and its availability to *Suaeda australis*. *J Environ Sci* 18: 334-340.
- Linley-Adams G (1999). The accumulation and impact of organotins on marine mammals, seabirds and fish for human consumption. WWF-UK Project No 98054. Available through <http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/organoti01.pdf>
- Luoma SN, PS Rainbow (2008). Metal contamination in aquatic environments; science and lateral management. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Ma WC (2004). Estimating heavy metal accumulation in oligochaete earthworms: A meta-analysis of field data. *Bull Environ Contam Toxicol* 72: 663-670.



McLaughlin MJ (2002). Bioavailability of metals to terrestrial plants. In Allen, HE, (ed.). Bioavailability of metals in terrestrial ecosystems. Importance of partitioning for bioavailability to invertebrates, microbes and plants. SETAC, Pensacola, FL, USA, pp 39-68.

McLeod PB, MJ van den Heuvel-Greve, RM Allen-King, SN Luoma, RG Luthy (2004). Effects of particulate carbonaceous matter on the bioavailability of benzo[a]pyrene and 2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl to the clam, *Macoma balthica*. Environ Sci Technol 38: 4549–4556.

Maelfait J-P, F Hendrickx (1998). Spiders as bio-indicators of anthropogenic stress in natural and semi-natural habitats in Flanders (Belgium): some recent developments. In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology. P.A. Selden (ed.). Edinburgh.

MER (2009). Ontwikkeling van een intergetijdengebied in Hedwige- en Prosperpolder: Besluit-MER / plan-MER Nederland – tekstbundel. Soresma/1294103000.

Meininger PL, MSJ Hoekstein, PA Wolf, SJ Lilipaly (2005). Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2004. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ).

Meininger PL, MSJ Hoekstein, SJ Lilipaly, PA Wolf (2006). Broedsucces van kustbroedvogels in het Deltagebied in 2005. Rijksinstituut voor Kust en Zee (RWS, RIKZ) .

Moermond CTA (2007). Bioaccumulation of persistent organic pollutants from floodplain lake sediments: linking models to measurement. Proefschrift Wageningen.

Molina ED, R Balander, SD Fitzgerald, JP Giesy, K Kannan, R Mitchell, S Bursian (2006). Effects of air cell injection of Perfluorooctane sulfonate before incubation on development of the white leghorn chicken (*Gallus domesticus*) embryo. Environ Toxicol Chem 25: 227-232.

Nfon E, T Cousins, D Broman (2008). Biomagnification of organic pollutants in benthic and pelagic marine food chains from the Baltic Sea. Sci Total Environ 397: 190-204.

Nfon E, IT Cousins, O Järvinen, AB Mukherjee, M Verta, D Broman (2009). Trophodynamics of mercury and other trace elements in a pelagic food chain from the Baltic Sea. Sci Total Environ 407: 6267-6274.

Nicholson JK, D Osborn (1983). Kidney lesions in pelagic seabirds with high tissue levels of cadmium and mercury. J Zool London 200: 99-118.

Otte ML, SJ Bestebroer, JM van der Linden, J Rozema, RA Broekman (1991). A survey of Zinc, Copper and Cadmium concentrations in salt marsh plants along the Dutch coast. Environ Pollut 72: 175-189.

Papp, Z e.a. (2005). Organochlorine contamination and physiological responses in nestling tree swallows in Point Pelee National Park, Canada. Arch Environ Contam Toxicol 49: 563-568.

Pascoe GA, RJ Blancher, G Linder (1996). Food chain analysis of exposures and risks to wildlife at a metals-contaminated wetland. Arch Environ Contam Toxicol 30: 306-318.

Römkens PFAM, JE Groenenberg, LTC Bonten, W de Vries, J Bril (2004). Derivation of partition relationships to calculate Cd, Cu, Ni, Pb and Zn solubility and activity in soil solution samples; gepubliceerd. Alterra rapport 305.

Römkens PFAM, JE Groenenberg, RPJJ Rietra, JE Groenenberg, W de Vries (2008). Onderbouwing LAC2006-waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten behoeve van de Risicotoobox; een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden. Alterra rapport 1442.

Roodbergen M, C Klok, A van der Hout (2008). Transfer of heavy metals in the food chain earthworm Black-tailed godwit (*Limosa limosa*): Comparison of a polluted and a reference site in The Netherlands. Sci Total Environ 406: 407-412.

- Roos PH (2002). Differential induction of CYP1A1 in duodenum, liver and kidney of rats after oral intake of soil containing polycyclic aromatic hydrocarbons. *Arch Toxicol* 76: 75-82.
- Scheele, C.W. (2009). 'De gevolgen voor natuur en milieu van de ontpoldering van de Hertogin Hedwige polder; effecten hiervan op de gezondheid van mens en dier in die regio'. Literatuuronderzoek, samengevat in zeven aandachtspunten.
- Scheele, C.W. (2009a). 'Voldoet natuurherstel in de Hedwigepolder aan de voorwaarden van de Vogel- en Habitatrichtlijn van de EU?'. Toevoeging aan literatuuronderzoek, samengevat in zeven aandachtspunten.
- Scheuhammer AM (1987). The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. *Environ Poll* 46: 263-295.
- Stronkhorst J (1993). The environmental risks of pollution in the Scheldt estuary. *Netherlands J Aquat Ecol* 27: 383-393.
- Stronkhorst J, TJ Ysebaert, F Smedes, PL Meininger, S Dirksen, TJ Boudewijn (1993). Contaminants in eggs of some waterbird species from the Scheldt estuary, SW Netherlands. *Mar Pollut Bull* 26: 572-578.
- SGBP (2009). Stroomgebiedbeheerplan Schelde 2009 – 2015. 22 december 2009.
- Strucker RCW, MSJ Hoekestein, PA Wolf (2008). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2007. Rapport RWS Waterdienst /2008.032
- Temmerman S, G Govers, S Wartel, P Meire (2004). Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: responding to change in sea level and suspended sediment concentration. *Marine Geology* 212: 1-19.
- Tracey GA, DJ Hansen (1996). Use of biota-sediment accumulation factors to assess similarity of nonionic organic chemical exposure to benthically-coupled organisms of differing trophic mode. *Arch Environ Contam Toxicol* 30: 467-475.
- Troost K (2008) Doelendocument Natura 2000 Deltagebied. Uitwerking van Natura 2000 waarden in omvang, ruimte en tijd. Delta Project Management, in opdracht van Rijkswaterstaat Zeeland.
- Van den Bergh E, T Ysebaert, P Meire (2005). Water bird communities in the Lower Zeeschelde: long-term changes near an expanding harbour. *Hydrobiologia* 540: 237-258.
- Van den Brink NW, EM De Ruiter-Dijkman, S Broekhuizen, PJH Reijnders, ATC Bosveld (2000). Polychlorinated biphenyls pattern analysis: Potential nondestructive biomarker in vertebrates for exposure to cytochrome P450-inducing organochlorines. *Environ Toxicol Chem* 19: 575-581.
- Van den Brink NW, ATC Bosveld (2001). PCB concentrations and metabolism patterns in common terns (*Sterna hirundo*) from different breeding colonies in the Netherlands. *Mar Poll Bull* 42: 280-285.
- Van den Brink NW, Groen NM, J De Jonge, ATC Bosveld (2003). Ecotoxicological suitability of floodplain habitats in The Netherlands for the little owl (*Athene noctua vidalli*). *Environ Poll* 122: 127-134.
- Van den Heuvel-Greve MJ, , MSJ Hoekestein, FOB Lefèvre, PJ Meininger, AD Vethaak (2003). Mogelijke oorzaken van slecht broedsucces in de visdiefkolonie bij Terneuzen; stand van zaken en aanbevelingen. Rapport RIKZ 2003.037. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Van den Heuvel-Greve MJ, PEG Leonards, AD Vethaak (2006). Dioxineonderzoek Westerschelde; meting van gehalten aan dioxinen, dioxine-achtige stoffen en andere mogelijke probleemstoffen in visserijproducten, sediment en voedselketens van de Westerschelde. Rapport RIKZ/2006.011. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

- van den Heuvel-Greve, M., Zabel, A. (2010). Identification and trophic transfer of contaminants in estuarine food webs; state of the art report 2008-2010. Deltares report Z4635/1200235.002.
- Van De Vijver KI, PT Hoff, W Van Dongen, EL Esmans, R Blust, WM De Coen (2003). Exposure patterns of perfluorooctane sulfonate in aquatic invertebrates from the Western Scheldt estuary and the southern North Sea. *Environ Toxicol Chem* 22: 2037-2041.
- Van Oevelen D, E van den Berghe, T Ysebaert, P Meire (2000). Literatuuronderzoek naar ontpolderingen. Rapport IN.R. 2000.7. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België.
- Verbeek H, C Storm (2001). Tidal wetland restoration in the Netherlands. *Journal of Coastal Research* 27: 192-202.
- Verbessem I, T Ysebaert, E Van den Bergh, N De Regge, J Soors, E Kuijken (2002). 10 Jaar monitoring op het Groot Buitenschoor. Rapport IN 02/10. Instituut voor Natuurbehoud, Brussel, België.
- Vergeer JW, A Wieland (2004). Broedvogels van de Koningin Emmapolder/Saeftinghe, alsmede een beeld van herpeto- en zoogdierfauna. SOVON-inventarisatierapport 2004/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Verordening (EG) nr. 629/2008 van de Commissie van 2 juli 2008 tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1881/2006 tot vaststelling van maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. Publicatieblad van de Europese Unie, 3 juli 2008.
- Verordening (EG) nr. 1881/2006 van de Commissie van van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. Publicatieblad van de Europese Unie, 20 december 2006.
- Voorspoels S, A Covaci, J Maervoet, I De Meester, P Schepens (2004). Levels and profiles of PCBs and OCPs in marine benthic species from the Belgian North Sea and the Western Scheldt Estuary. *Mar Pollut Bull* 49: 393-404.
- Wan Y, X Jin, J Hu, F Jin (2007). Trophic Dilution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in a Marine Food Web from Bohai Bay, North China. *Environ Sci Technol* 41: 3109-3114.
- Ysebaert T, PL Meininger, P Meire, K Devos, CM Berrevoets, RCW Striucker, E Kuijken (2000). Waterbord communities along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary, NW Europe. *Biodiversity and Conservation* 9: 1275-1296.
- Ysebaert T, PMJ Herman, P Meire, J Craeymeersch, H Verbeek, CHR Heip (2003). Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW-Europe. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 57: 335-355.
- Ysebaert T, M Fettweis, P Meire, M Sas (2005). Benthic variability in intertidal soft-sediments in the mesohaline part of the Schelde estuary. *Hydrobiologia* 540: 197-216.
- Zwolsman, JGG, GThM van Eck (1990). The behaviour of dissolved Cd, Cu and Zn in the Scheldt estuary. In: W. Michaelis, Ed., *Estuarine water quality management*. Springer-Verlag, Berlin, 413-420.

# Verantwoording

Rapport C067/10  
Projectnummer: 430.3100.201

## Verantwoording

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Jeroen Wijsman  
Onderzoeker



Handtekening:

Datum: 27 september 2010

Akkoord: Birgit Dauwe  
Hoofd afdeling Delta



Handtekening:

Datum: 27 september 2010

Aantal exemplaren: 5  
Aantal pagina's: 52  
Aantal tabellen: 10  
Aantal figuren: 8