



Mogelijke oorzaken van slecht broedsucces in de visdiefkolonie bij Terneuzen

Stand van zaken en aanbevelingen

M. J. van den Heuvel-Greve*, M. S. J. Hoekstein**, F. O. B. Lefèvre**,
P. J. Meininger** & A. D. Vethaak*

* RIKZ Veldstation Jacobahaven
Kamperland

** RIKZ Middelburg

Rapport RIKZ/2003.037
Middelburg, november 2003



Visdieven

(Foto Jan van de Kam)

Inhoud

1. Samenvatting	5
2. Inleiding	7
3. Auto-ecologie visdief	9
4. Populatie-ontwikkeling visdief in Nederland	10
5. Beschrijving visdiefkolonie in Terneuzen	11
6. Waargenomen effecten in de visdiefkolonie bij Terneuzen	13
7. Onderzoek naar mogelijke oorzaken	17
8. Discussie	21
9. Conclusies	23
10. Aanbevelingen	25
11. Referenties	28
Bijlage I – Chemische informatie meetseizoen 2000-2001	31
Bijlage II – Toxiciteit van gebromeerde vlamvertragers en organotins	35



Figuur 1.
Luchtfoto sluizencomplex Terneuzen.
(Foto archief RIKZ)

1. Samenvatting

Vanaf 1994 zijn in de visdiefkolonie op de Middensluis bij Terneuzen (figuur 1) verschijnselen opgetreden die het broedsucces in sommige jaren drastisch hebben aangetast. Dit rapport geeft een beschrijving van de auto-ecologie en populatiedynamiek van de visdief, alsmede samenvatting en stand van zaken van de problemen en het onderzoek hiernaar bij de kolonie in Terneuzen. Het onderzoek omvatte zowel chemische analyses als ecologisch veldonderzoek. Effecten zijn sinds 1994 vrijwel jaarlijks aangetoond en betreffen uitsluitend de kolonie bij Terneuzen. De laatste jaren is het broedsucces verbeterd; wel worden nog nadelige effecten op de eischaal (verdikking, barstjes) waargenomen. Dit effect duidt op verstoring door interne factoren in het ei. Wat deze interne factoren zijn is nog niet geheel duidelijk.

In de tabel staan de resultaten van de voorgaande onderzoeken weergegeven. Oorzaken als infectieziekten en op de broedplaats voorkomend kleverig kruiskruid blijken respectievelijk niet waarschijnlijk en uitgesloten. Ook wordt de oorzaak niet gezocht in meer traditionele vervuilingbronnen, zoals zware metalen en bestrijdingsmiddelen. PCB's, gebromeerde vlamvertragers (zoals HBCD) en organotins (zoals TBT) zijn in verhoogde concentraties bij Terneuzen aangetroffen. Deze stoffen en andere, nog "onbekende" stoffen vormen mogelijk een oorzaak van het probleem. Er is meer informatie nodig om een beter onderbouwde risicoschatting te kunnen maken.

Mogelijke oorzaken	Conclusie
1 Infectieziekte	Minder waarschijnlijk; er is echter geen gericht virologisch onderzoek gedaan.
2 Verstikking eieren door kleverig kruiskruid	Niet waarschijnlijk.
3 Vervuiling door: Dioxine-achtige verbindingen	Minder waarschijnlijk aangezien in Saeftinge hogere concentraties gemeten zijn maar geen effecten zijn waargenomen.
Zware metalen	Niet waarschijnlijk.
Bestrijdingsmiddelen	Minder/niet waarschijnlijk.
Gebromeerde vlamvertragers (broomhoudende stoffen die verwerkt worden in producten om die minder brandbaar te maken)	Mogelijke oorzaak gezien verhoogde concentraties. Verder onderzoeken.
Organotinverbindingen (tinhoudende stoffen die in aangroeiwerende verven en in bestrijdingsmiddelen gebruikt worden)	Mogelijke oorzaak gezien verhoogde concentraties. Verder onderzoeken.
"Onbekende" stoffen	Verder onderzoeken.

Aanbevolen wordt om in ieder geval het huidige ecologische veldonderzoek voort te zetten, jaarlijks monsters van visdiefteieren veilig te stellen en aansluiting te zoeken bij andere projecten. Daarnaast is het gewenst om meer gedetailleerd ecologisch veldonderzoek uit te voeren, de monsters van visdiefteieren te analyseren en een ecotoxicologische beoordeling van het milieu rondom Terneuzen uit te voeren. Om een duidelijke link tussen de chemische stoffen en reproductiestoornissen bij de visdief te kunnen leggen is aanvullend experimenteel onderzoek nodig. Dit betreft onderzoek naar de eyschaalafwijkingen, onderzoek aan de hand van het kippenembryo-assay en een causaliteitsonderbouwing bij voorkeur aan de hand van een AIO-project.

2. Inleiding

Het aantal broedparen in de kolonie visdieven (*Sterna hirundo*) op het sluizencomplex bij Terneuzen wordt sinds 1979 jaarlijks vastgesteld. Na een geleidelijke toename nam vanaf 1994 het aantal broedparen gestaag af (Bouma e.a. 1999). Het broedsucces in deze kolonie was in diverse jaren na 1994 nihil tot slecht. Eieren kwamen niet uit en jonge vogels vertoonden ziekteverschijnselen en stierven massaal. Dit fenomeen deed zich alleen voor bij de broedkolonie in Terneuzen. Ondanks uitgebreid onderzoek is de oorzaak van deze verschijnselen en de drastische terugval in aantallen nog niet bekend. Vanaf 1999 zijn ziekteverschijnselen bij jonge visdieven niet meer waargenomen en vanaf 2000 is het aantal broedparen weer toegenomen. Toch duiden afwijkingen aan eischalen sinds 2000 erop dat er nog steeds iets gaande is in deze kolonie (Bouma e.a. 2000; Hoekstein, 2001, 2002, 2003).

In 2001, 2002 en 2003 is er opnieuw veldonderzoek gedaan naar het broedsucces van de kolonie visdieven in Terneuzen en andere locaties in de delta. In 2001 is eveneens een chemisch voedselketenonderzoek uitgevoerd. Op de chemische data van een beperkt aantal monsters, die in 2001 zijn genomen, is een quick-scan uitgevoerd, die is vastgelegd in een werkdocument (Holland, 2002). Inmiddels zijn alle chemische gegevens beschikbaar. Vanuit de regionale waterbeheerder is vraag naar een gedetailleerde interpretatie van de volledige chemische dataset, evenals een geïntegreerde beschrijving van het veldwerk 2001-2003 en de chemische data.

Dit rapport beschrijft de auto-ecologie en de populatiedynamiek van de visdief. Vervolgens geeft het een overzicht van de waargenomen verschijnselen bij de visdiefkolonie bij Terneuzen aan de hand van voorgaande rapportages en recente onderzoeksresultaten (2001-2003). Het maakt een analyse van de meest waarschijnlijke oorzaken van deze verschijnselen en sluit af met een aantal aanbevelingen aan de regionale waterbeheerder voor vervolgonderzoek.

Het doel van het rapport is drieledig: 1. inventarisatie van beschikbare gegevens over problemen bij de visdiefkolonie in Terneuzen; 2. een analyse van de meest waarschijnlijke oorzaken; 3. aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Figuur 2.
Nesten met visdiefseieren op sluisencomplex
in Terneuzen.
(Foto's M. van den Heuvel-Greve)



3. Auto-ecologie visdief

Het broedgebied van de visdief omvat grote delen van Noord-Amerika, Europa en Azië. De belangrijkste Noordwest-Europese broedgebieden liggen in Zweden, Noorwegen, Groot-Brittannië, Nederland en Duitsland (Hume & Lemmentyinen, 1997). De meest recente schatting van de Noordwest-Europese populatie bedraagt 100.000 broedparen (Stienen & Brenninkmeijer, 1992). West-Europese visdieven overwinteren vooral langs de westkust van Afrika (Cramp, 1985). De visdieven keren in het voorjaar weer terug naar de broedgebieden in Europa, met uitzondering van vrijwel alle tweedejaars, een deel van de derdejaars en enkele adulte vogels die in Afrika overzomerden. Meestal keren ze terug naar de kolonie waar ze geboren zijn of de directe omgeving hiervan. De meeste visdieven broeden vanaf het vierde jaar en kunnen een leeftijd van in ieder geval 20 jaar bereiken.

Visdieven nestelen bij voorkeur op kale of schaars begroeide grond; op zand of kiezelbodem tussen gras en lage kruiden (figuur 2). Ze zijn gevoelig voor verstoring door menselijke activiteit. Fysieke verstoring kan leiden tot het definitief verlaten van nesten door oudervogels (Stienen & Brenninkmeijer, 1992). Daarnaast dient het gebied vrij te zijn van grondpredatoren als ratten, marterachtigen en vossen. De hoeveelheid beschikbare grond kan limiterend zijn voor de grootte van de kolonie. Na aankomst rond eind april op de broedplaatsen in Nederland beginnen de visdieven met baltsgedrag. De legperiode vangt begin mei aan. De eieren (meestal 2 tot 3 per nest) worden in ongeveer 23 dagen uitgebroed. Na 22-28 dagen zijn de kuikens vliegvlug, waarna ze nog een zestal weken door hun ouders gevoed worden. De juveniele visdieven verlaten de broedgebieden na het broedseizoen (eind juli – begin september).

De visdief jaagt op zicht. Langs de kust is de voornaamste prooi van de visdief (jonge) haring, sprat en soms zandspiering (Stienen & Brenninkmeijer, 1992; Beijersbergen, 2002). Maar aangezien de visdief een opportunistische soort is zal het ook op andere prooien jagen, bijvoorbeeld in sluisen op opdwarrelende ongewervelde dieren zoals garnalen en krabben. De voedselbeschikbaarheid bepaalt voor de visdief hun conditie, het begin van de eileg, het legselgewicht, de legselgrootte en deels het broedsucces (voedselbeschikbaarheid voor de jongen). Vissen als de haring komen in het voorjaar vanaf de zee naar het kustwater. Met name jonge haring, het hoofdbestandsdeel van het voedsel van de jonge visdief, komt meestal pas laat in het voorjaar naar de kust toe.

Er is een aantal natuurlijke limiterende factoren, die van invloed zijn op de populatiegroei van de visdief, met name op de overleving van visdiefkuikens. De beschikbaarheid van voedsel is hiervan één van de belangrijkste. Daarnaast is het weer van grote invloed op het broedsucces. Gedurende periodes met wind, neerslag en mist kunnen de kuikens verhongeren en is de kans op predatie van de jongen groter, doordat de oudervogels langer op foerageertocht zijn. Lage temperatuur kan tot onderkoeling van de kuikens leiden (zeker in combinatie met regen), terwijl hoge temperatuur uitdrogingsverschijnselen kan veroorzaken met de dood tot gevolg.

4. Populatie-ontwikkeling visdief in Nederland

De voornaamste broedgebieden van de visdief, voorkomend op de Rode Lijst in Nederland, zijn de Zeeuwse Delta, de Waddenzee en het IJsselmeer. De visdiefpopulatie in Nederland was vooral in de jaren dertig tot vijftig groot: in sommige jaren meer dan 45.000 paren (Stienen & Brenninkmeijer, 1992). Net als de meeste andere sterns kenden ook de visdieven een enorme afname vanaf eind jaren vijftig. Deze afname werd vooral veroorzaakt door lozingen van chloorkoolwaterstoffen. Ook het instorten van de haringpopulatie in de zuidelijke Noordzee heeft ongetwijfeld bijgedragen aan de afname van de visdiefpopulatie (Meininger e.a. 2000). Na het dieptepunt in 1965 (5.000 paar in Nederland) is de populatie langzaam gegroeid. In 1998-2001 broedden 18.000 – 20.000 paren in Nederland, hoofdzakelijk in het Deltagebied en het Waddengebied (van Dijk e.a. 2002; Stienen, 2002).



Figuur 3.
De middensluis van Terneuzen met hier op de visdiefkolonie.
(Foto Pim A. Wolf)

5. Beschrijving visdiefkolonie in Terneuzen

De kolonie ligt dichtbij de centrale sluis aan de Westerscheldezijde van het sluisencomplex van Terneuzen op een smal, met grind bedekt plateau van ongeveer 90 x 25 m (figuren 3 en 4). De weinige vegetatie die aanwezig is, bestaat uit o.a. kleverig kruiskruid, kleeftkruid, akkerdistel, muurpeper en een aantal andere lage plantensoorten. Het sluisencomplex in Terneuzen kan maximaal zo'n 275-300 broedparen bevatten.

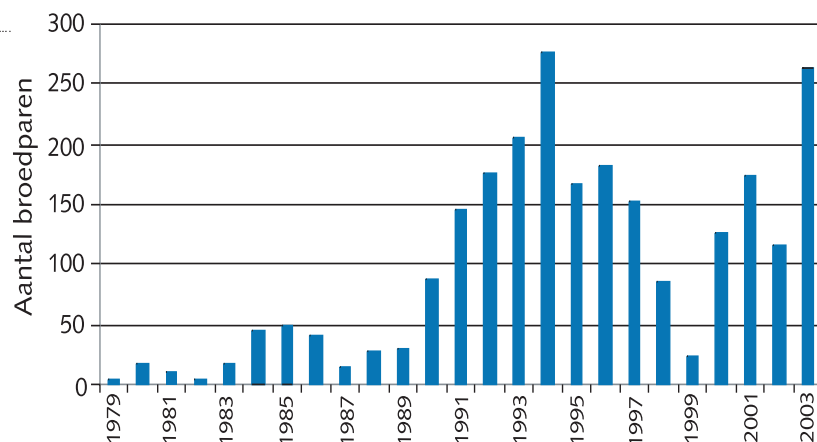
Figuur 4.
Visdiefkolonie op sluisencomplex in Terneuzen.
(Foto's M. van den Heuvel-Greve)



De eerste visdieven zijn begin jaren tachtig neergestreken op deze locatie. In het begin zijn de visdieven vaak bewust verstoord of verjaagd door mensen die overlast vreesden. Later werden de vogels volledig met rust gelaten. Vanaf de jaren negentig werd jaarlijks een afrastering van 50 cm. hoog gaas om de kolonie geplaatst, zodat kuikens niet van het sluisplateau in het water zouden vallen bij bedreiging van de kolonie of omgeving door mensen (sluispersoneel, onderzoekers). Dit heeft een toename mogelijk gemaakt van de aantallen broedparen vanaf begin jaren negentig (figuur 5). Na 1994 nam het aantal broedparen in de kolonie echter drastisch af met als dieptepunt 24 broedparen in 1999. In deze periode waren er naast de dip in aantallen ook allerlei verschijnselen (o.a. zieke kuikens) zichtbaar in de kolonie. Andere kolonies in de Delta kenden geen sterke afname in aantal broedparen of een sterk verminderd broedsucces in relatie met verschijnselen (tabel 1). Vanaf 2000 groeide de kolonie bij Terneuzen weer en deze stijging heeft zich doorgezet tot en met seizoen 2003; 264 broedparen met goed broedsucces. Het broedsucces in 2003 was voor de visdieven in het gehele Delta gebied uitzonderlijk goed waarschijnlijk door een combinatie van een grote voedselbeschikbaarheid en goed weer (Hoekstein, 2003). Toch treden er in de kolonie bij Terneuzen ook nu nog effecten (afwijkingen aan eischalen) op die er op duiden dat nog niet alles in orde is.

Figuur 5.

Aantal broedparen in de visdiefkolonie in Terneuzen in de periode 1979-2003.


Tabel 1.

Overzicht broedsucces visdiefkolonies Westerschelde.

Jaar	Westerschelde totaal	Terneuzen		Nieuw Neuzen		Hooge Platen		Saeftinghe	
	n	n	succes	n	succes	n	succes	n	succes
1979	441	5		70		30		200	
1980	535	17		40		100		270	
1981	586	10		40		140		260	
1982	829	5		30		350		275	
1983	931	18		20		475		290	
1984	992	44		30		550		285	
1985	1178	50		50		750		270	
1986	1404	41		145		1000		210	
1987	1583	15		250		850		430	
1988	1673	28		350		825		420	
1989	1625	29		350		725		500	
1990	1443	87		5		900		432	
1991	1558	146		90		775		522	
1992	1446	175		76		700		430	
1993	1128	206	+	44	?	530	?	381	?
1994	1292	276	0/s	31	?	640	+	321	+
1995	1404	168	+	70	±	800	-/o	339	+
1996	1437	182	0/s	27	0/p	750	±	472	±
1997	1564	152	0/s	-		1000	±	312	-/o
1998	1614	85	-/p,s	35	+	1100	?	384	?
1999	1660	24	-/p	32	0/p	1300	-	299	-/o
2000	1770	127	-/s	55	0/p	1350	-/s	283	-/s
2001	2193	174	+	43	0	1100	±	869	±
2002	1290	115	±	3	±	0	-	71	0/o
2003	ca 1500	264	+	5	?	1100	+	ca 400	+

Toelichting tabel:

Broedsucces: ? = onbekend; 0 = nihil (<0.1 jong/paar); - = slecht (<0.5 jong/paar); ± = matig (0.5-1 jong/paar); + = goed (>1 jong/paar).

Waarschijnlijke oorzaken slecht broedsucces: p=predatie, o = overspoeling, s = (embryonale) sterfte.

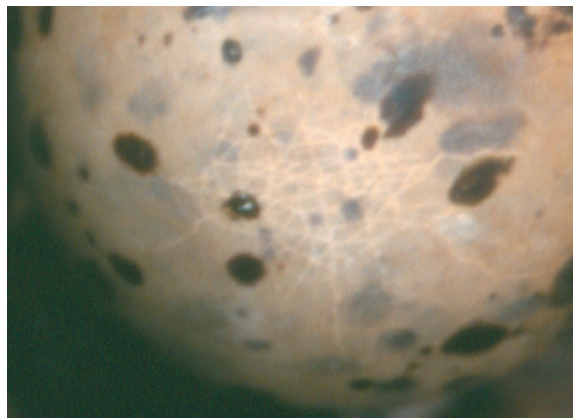
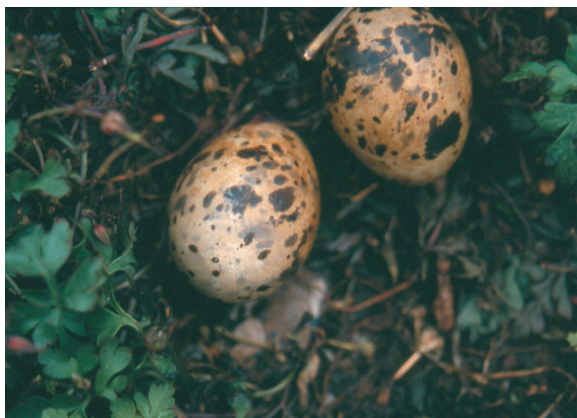
6. Waargenomen verschijnselen in de visdiefkolonie bij Terneuzen

De eerste verschijnselen die in de visdiefkolonie bij Terneuzen waargenomen zijn, waren een verlaagd broedsucces en zieke jongen in 1994 (tabel 2). De kuikens vertoonden bloedingen aan vleugels en poten en hadden ontstoken ogen (Bouma e.a. 1999). Ook in 1996, 1997 en 1998 traden deze verschijnselen op. In 1997 en 1998 is er experimenteel onderzoek uitgevoerd waaruit bleek dat legsel van de kolonie in Terneuzen een verlaagd uitkomstsucces had en een verlengde broedduur in vergelijking tot referentielocaties als Oesterdam en Maasvlakte. Eveneens was de eischaal poreuzer en dikker, en trad verhoogde schaalbreuk op bij eieren uit Terneuzen (Bosveld e.a. 1998). De embryo's waren licht van gewicht en de embryonale CO₂-productie lag lager in de kolonie van Terneuzen. Afwijkingen in de *bursa fabricius* (een lymfoïd orgaan bij de visdief dat overeenkomt met het rode beenmerg bij zoogdieren en dat betrokken is bij de afweer tegen infecties) duiden op een mogelijk verminderde immuunfunctie. Al deze resultaten wijzen erop dat inwendige factoren in het ei een rol spelen in het verminderde broedsucces.

Vanaf 1999 vonden er zichtbaar verbeteringen plaats. Er werden geen ziekteverschijnselen meer aangetroffen en het broedsucces nam toe. Verminderd broedsucces in navolgende jaren was te verklaren aan de hand van predatie of weersomstandigheden en was niet specifiek voor de kolonie van Terneuzen.

Vanaf 2001 trad er een nieuw verschijnsel op, wederom alleen bij de kolonie visdieven in Terneuzen. Een groot percentage van de eieren had barstjes in de eischaal, die een craquelé-patroon vormden (figuur 6). In eerdere jaren is bij onderzoek aan de eieren deze afwijking niet waargenomen. Daarnaast was de eischaal verdikt. In 2002 en 2003 zijn wederom eieren met barstjes aangetroffen. In 2002 werd bij 40% van de gevolgde nesten één of meerdere eieren gevonden met barstjes (Hoekstein, 2002). In 2003 waren er van de 145 onderzochte eieren 44 eieren met barstjes. Enkele eieren (4) kwamen niet uit doordat de (te zwakke) eischaal was ingedeukt door de broedende vogel (figuur 7) (Hoekstein, 2003).

Figuur 6.
Gecraqueleerde eieren afkomstig uit de visdiefkolonie in Terneuzen, seizoen 2002.
(Foto's M. Hoekstein).



Tabel 2.

Broedparameters en verschijnselen in de visdiefkolonie bij Terneuzen (1991 – 2003).

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Broedparameters													
Uitkomstpercentage eieren					70%	2%		40%	*	80%	90%	70%	78%
Broedsucces (uitvliegend jong / paar)			>1	nihil	>1	nihil	nihil	0,2		0,25	1,8	0,5	1,5
Niet (duidelijk) specifiek of secundair verschijnsel													
Sterfte kuikens (1)									*	+	-	+	-
Veel eieren komen niet uit (2)				+			+		*	-	-	-	-
Specifiek verschijnsel													
Zieke jongen: Evenwichtsstoornissen							+		*	-	-	-	-
Bloedingen vleugel				+		+	+		*	-	-	-	-
Bloedingen/ontstoken poten				+		+	+	+	*	-	-	-	-
Ontstoken ogen				+		+	+	+	*	-	-	-	-
Eieren: Eischaal verdikt							+				+		(3)
Eischaal met barstjes (craquelé)	(4)						(4)	(4)		(4)	+	+	+
Verhoogde eischaalbreuk							+						
Verlengde broedduur							+	(5)					

Verklaring tekens: + = verschijnsel waargenomen; - = verschijnsel niet opgetreden; niet ingevuld = geen gegevens.

* Geen jongen omdat eieren voortijdig verdwenen, waardoor geen constatering mogelijk.

(1) Door ondervoeding of slecht weer.

(2) Oorzaken kunnen divers zijn: verlaten door verstoring, niet bevrucht, embryo dood, afwijkende broedzorg e.d.

(3) Gegevens komen nog beschikbaar.

(4) Eieren uitgebreid onderzocht, geen melding van barstjes zoals in 2001-2003.

(5) Conclusie (Bosveld e.a. 1998): Probleem is intrinsiek aan het ei.

Figuur 7.

Visdiefieieren in de kolonie bij Terneuzen.

Links: ei met deuk.

(Foto M. van den Heuvel-Greve)



Er kon geen verschil in uitkomstsucces worden aangetoond tussen eieren met barstjes en 'gewone' eieren. In 2002 werd in twee gevallen een opmerkelijk verschijnsel aangetroffen: bij het uitkomen van het ei was de eischaal wel losgeraakt maar het eivlies was intact gebleven. De jongen konden hier niet doorheen breken en stierven uiteindelijk (Hoekstein, 2002). De afwijkingen in de eischalen duiden op fysiologische problemen bij de aanleg van de eieren en met name de eischalen.

In andere kolonies in de Delta zijn dergelijk effecten niet waargenomen. Als referentielocaties zijn met name de Maasvlakte en de Oesterdam (Oosterschelde) gebruikt. In 1995 is ook de kolonie in het Verdrongen Land van Saeftinghe bestudeerd, in het oostelijk deel van de Westerschelde. In deze kolonie traden geen verschijnselen op zoals bij Terneuzen. In 2003 is Saeftinghe weer gedeeltelijk meegenomen als referentielocatie, omdat er meer informatie van deze kolonie nodig is om wetenschappelijk te onderbouwen dat de verschijnselen daadwerkelijk alleen in Terneuzen optreden.

Ondanks de problemen leken de visdiefen wel terug te keren naar hun eigen broedgebied, zij het in kleinere getale. Dit is gebaseerd op beperkte data van uitgevoerd ringonderzoek in de kolonie bij Terneuzen.



Visdief met jong
(Foto M. Hoekstein)

7. Onderzoek naar mogelijke oorzaken

In de wetenschappelijke literatuur worden verschijnselen als hoge embryonale sterfte, sterfte onder kuikens, groeiachterstand en deformaties als reproductiestoornissen aangemerkt (Brunström e.a. 2003). Zowel de verschijnselen van 1994-98 (zieke jongen) als de huidige verschijnselen (eischaaflafwijkingen) duiden op een reproductiestoornis bij de visdiefkolonie bij Terneuzen. Aangezien de verschijnselen vrijwel jaarlijks zijn waargenomen, gaat het hier om een continu probleem. In andere kolonies in de Delta zijn dergelijke effecten nooit waargenomen. Het probleem blijkt zich lokaal rondom het sluizencomplex van Terneuzen voor te doen.

Sinds de eerste effecten in de kolonie zijn waargenomen is er gericht onderzoek uitgevoerd om de oorzaak van de problemen te achterhalen (Bouma e.a. 1999, 2000). Effecten kunnen zowel acuut als chronisch zijn. In het eerste geval treedt een effect, bijvoorbeeld sterfte, vrijwel direct op na een verstoring. Chronische effecten treden op de langere termijn op. Dit zijn bijvoorbeeld effecten op de groei en reproductie van een organisme. Het onderzoek uit 1997-98 wijst er op dat inwendige factoren in het ei een rol spelen bij de voortplantingsproblemen.

Theoretisch kunnen de oorzaken van de waargenomen verschijnselen zijn:

1. **Infectieziekten:** deze ziekten kunnen de embryo's verzwakken;
2. **Verstikking van de eieren:** een in overvloed aanwezige plant, het kleverig kruiskruid, zou met een kleeflaag op de eieren de zuurstofuitwisseling van het ei kunnen verstoren. Hierdoor krijgen de embryo's te weinig zuurstof, waardoor kuikens zwak en ziek uit het ei komen;
3. **Chemische stoffen:** hoge concentraties giftige chemische stoffen kunnen afwijkingen in het embryo veroorzaken. Een groot aantal verschillende stofgroepen kan hiervoor in aanmerking komen.

De resultaten van de onderzoeken staan vermeld in tabel 3. Hieruit blijkt dat factoren als infectieziekten en kleverig kruiskruid als oorzaak respectievelijk niet waarschijnlijk of uitgesloten zijn. Chemische stoffen zijn in te delen in een aantal bekende en minder bekende stofgroepen. Meer klassieke stoffen als zware metalen en bestrijdingsmiddelen spelen waarschijnlijk geen rol op basis van aangetroffen concentraties. Ook dioxine-achtige stoffen als dioxines en PCB's leken in eerste instantie niet in die mate aanwezig te zijn dat ze effecten kunnen veroorzaken. Van den Brink & Bosveld (2001) toonden echter aan dat er in bloed van adulte visdieven bij Terneuzen een verhoging van de EROD-activiteit aanwezig is, die deels gerelateerd is aan de aanwezigheid van PCB's in de visdieven. Maar in huidig onderzoek zijn echter geen monsters van Saeftinge meegenomen. In 1995 zijn PCB-concentraties in eieren afkomstig uit zowel de kolonie van Terneuzen als die in Saeftinge gemeten. Hierbij bleek dat de concentraties hoger waren in Saeftinge, terwijl hier geen ziekteverschijnselen zijn waargenomen (Bouma e.a. 1999). Van PCB's is wel bekend dat ze reproductiestoornissen kunnen veroorzaken. Bij visdieven is bijvoorbeeld aangetoond dat onder invloed van PCB's de ontwikkeling van geslachtsorganen bij embryo's kan worden vertraagd (Hart e.a. 2003).

Mogelijke oorzaken	Resultaten eigen onderzoek	Conclusie
Infectieziekte	Microbiologisch onderzoek geeft niet aan dat er sprake is van een infectieziekte.	Minder waarschijnlijk; er is echter geen gericht virologisch onderzoek gedaan.
Verstikking eieren door kleverig kruiskruid	Veldonderzoek heeft aangetoond dat er reeds ziekteverschijnselen optraden, terwijl er nog geen kleverig kruidkruid aanwezig was.	Niet waarschijnlijk.
Vervuiling door:		
Dioxine-achtige verbindingen	Geen verhoogde concentraties in bloed van adulte vogels t.o.v. referentielocaties en locatie bij Saeftinghe (hoger bij Saeftinghe) Geen verhoogde EROD-activiteit in levers van embryo's.	Minder waarschijnlijk aangezien in Saeftinghe hogere concentraties gemeten zijn maar geen effecten zijn waargenomen.
Zware metalen	Geen verhoogde concentraties in milieumonsters van Terneuzen aangetroffen t.o.v. referentielocaties.	Niet waarschijnlijk.
Bestrijdingsmiddelen	In water overschreden diuron, dichloorvos, malathion de grenswaarde. In visdiefieieren van de visdiefkolonie in Terneuzen zijn een groot aantal bestrijdingsmiddelen aangetoond, die het niveau van 0,1 mg/kg niet overschreden, met uitzondering van hexachloorbenzeen (HCB) en p,p'-DDE.	Minder/niet waarschijnlijk.
Gebromeerde vlamvertragers (broomhoudende stoffen die verwerkt worden in producten om die minder brandbaar te maken).	Sterke verhoging van aantal van deze stoffen in milieumonsters, prooidieren en visdiefieieren van Terneuzen aangetoond t.o.v. referentielocaties.	Mogelijke oorzaak gezien verhoogde concentraties. Verder onderzoeken.
Organotinverbindingen (tinhoudende stoffen die in aangroeiwerende verven en in bestrijdingsmiddelen gebruikt worden).	Hoge concentraties in voedselketen van Westerschelde aangetroffen. Relatief weinig bekend over effecten tributyltin (TBT) op hogere organismen. Lijkt te bioaccumuleren in topredatoren.	Mogelijke oorzaak gezien verhoogde concentraties. Verder onderzoeken.
"Onbekende stoffen"	Een aantal "onbekende" stoffen is aangetroffen in visdiefieieren.	Verder onderzoeken.

Tabel 3.

Mogelijke verklaringen voor de waargenomen reproductiestoornissen bij de visdiefkolonie in Terneuzen.

Relatief nieuwe chemische stoffen als gebromeerde vlamvertragers en organotinverbindingen zijn nog niet uit te sluiten als mogelijke oorzaak van de problemen, omdat ze in verhoogde concentraties bij Terneuzen worden aangetroffen. Beide stofgroepen zijn uitgebreid geanalyseerd in 2000 en 2001 in een aantal compartimenten (sediment, zwevende stof, mossel, vis en visdief) rondom Terneuzen en referentielocaties (zie bijlage I).

Gebromeerde vlamvertragers bestaan uit een scala van wel 75 verschillende stoffen die, soms als mengsel, soms als enkelvoudige stof, eigen toepassingen kennen. Vlamvertragers worden verwerkt in onder andere televisies en computers, maar ook geïmpregneerd in textiel, gordijnen, vloerbedekking, kantoormeubilair en isolatiematerialen. De wereldwijde productie bedraagt zo'n 40.000 ton per jaar (Darnerud e.a. 2001). De gebromeerde verbindingen zijn net als PCB's slecht afbreekbaar en hopen zich op in de voedselketen.

Van de gemeten gebromeerde vlamvertragers komen met name hexabromocyclododecaan (HBCD), een aantal polybroomdifenylethers (PBDE's) en tetrabroombisphenol-A (TBBP-A) veelvuldig voor in

monsters van Terneuzen. HBCD is ten opzichte van referentielocaties sterk verhoogd (2-20 maal) aangetroffen in alle compartimenten van Terneuzen (zie bijlage I). Deze stof vertoont biomagnificatie, wat inhoudt dat de concentratie zich ophoopt in de voedselketen naarmate de stof in een hoger organisme terecht komt. Er werden eveneens sterk verhoogde concentraties van BDE-209 (één van de PBDE's) in sediment (28 maal verhoogd) en zwevende stof (17 maal verhoogd) van Terneuzen aangetroffen. Deze stof werd echter vrijwel niet in de organismen aangetoond. Andere verhoogd aanwezige PBDE's rondom Terneuzen waren lager gebromeerde PBDE's zoals BDE-47 (6-17 maal verhoogd), BDE-99 (5-14 maal verhoogd) en BDE-100 (5 maal verhoogd), voornamelijk in biota. Deze lager gebromeerde PBDE's vertoonden eveneens biomagnificatie. Er is een afnemende gradiënt van PBDE's aanwezig van het Kanaal van Gent naar Terneuzen > Terneuzen > de westelijke Westerschelde. Dit is een bekende gradiënt van persistente chemische stoffen in deze regio.

In 2001 is er tevens een screening uitgevoerd naar nog onbekende chemische stoffen in de monsters van Terneuzen. Deze stoffen zijn niet eerder routinematig geanalyseerd. Door analysemethoden als bijvoorbeeld massaspectrometrie toe te passen is het mogelijk een eerste, voorlopige identificatie van aanwezige stoffen te maken. De stof tribromofenol werd aangetroffen in sediment, zwevende stof en visdiefieieren. Mogelijk gaat het om de stof 2,4,6-tribromofenol die ook als vlamvertrager wordt gebruikt (IPCS, 1997). Daarnaast werd in een sedimentmonster pentabromofenol aangetroffen, eveneens een vlamvertragende stof. In de visdiefieieren werd naast de gerapporteerde PBDE's nog mogelijk een hepta-BDE en een octa-BDE gevonden, evenals twee onbekende gebromeerde verbindingen.

Organotins zijn stoffen die met name als biocide in anti-fouling verven voor schepen en in pesticiden zijn verwerkt. Deze stoffen zijn zeer giftig voor aquatische organismen, met name mariene slakken en tweekleppigen. Inmiddels is het gebruik van tributyltin (TBT) verboden in scheepsverven voor toepassing op boten kleiner dan 25 meter vanwege de hormoonsverstorende werking die deze stof heeft op aquatische organismen. Trifenylyl tin (TPT) wordt gebruikt voor schimmelbestrijding tegen phytophthora in de aardappelteelt en wordt daarnaast bijgemengd in aangroeiwerende verven tot zo'n 10% van de hoeveelheid TBT. De sedimenten op de locatie Terneuzen en omgeving zijn met betrekking tot organotins (TBT, dibutyltin (DBT) en monobutyltin (MBT)) matig tot sterk verontreinigd (zie bijlage I) en liggen boven de ecotoxicologische assessment criteria van 5-50 ng/g drooggewicht, vastgesteld door de Oslo-Paris Commission (OSPAR, 2000). In mosselen en vis wordt voornamelijk TBT aangetroffen, terwijl in visdiefieieren met name TPT is aangetoond. De concentraties van TPT komen overeen met die gemeten in andere West Europese estuaria, maar zijn in het algemeen lager dan die gemeten in de Rotterdamse en Amsterdamse havens en bij de spuisluizen in de Waddenzee (Vethaak e.a. 2003).

Van zowel de gebromeerde vlamvertragers als de organotins zijn effecten op hogere organismen nog niet goed bekend, al wijzen eerste onderzoeken op de mogelijkheid van reproductiestoornissen bij hogere organismen (zie bijlage II).

Jonge visdieven worden gevoerd met vis.
(Foto Jan van de Kam)



8. Discussie

Uit de analyse van mogelijke oorzaken is een verband mogelijk tussen de waargenomen effecten in visdiefcolonieën uit de kolonie bij Terneuzen en de aanwezigheid van bepaalde chemische stoffen (gebromeerde vlamvertragers en organotinverbindingen) in het plaatselijke milieu. Of het hier ook werkelijk om causale relaties gaat kan op grond van de beschikbare gegevens niet worden aangetoond. Een causale interpretatie wordt sterk bemoeilijkt, vooral doordat toxiciteitsgegevens van de verdachte stoffen voor hogere organismen en met name vogels ontbreken.

De waargenomen verschijnselen en het onderzoek naar de mogelijke oorzaken hiervan lijken er op te wijzen dat chemische stoffen een rol spelen in de problemen van de visdiefkolonie bij Terneuzen. Toch kunnen andere, nog onbekende externe factoren nog niet volledig uitgesloten worden. Om een betere schatting te kunnen maken wanneer en op welke wijze chemische stoffen in de visdief terecht komen is een duidelijker beeld van de visdief-voedselketen nodig. Aangezien visdiefen trekvogels zijn kunnen ze stoffen via hun dieet zowel in hun broed-, trek- als overwinteringsgebied opnemen. Dat de chemische stoffen tijdens de winter- of trekperiode worden opgenomen lijkt uitgesloten, aangezien bij andere kolonies visdiefen geen effecten zijn opgetreden. Na terugkomst in hun broedgebied eten de visdiefen veel voor ze aan de eileg beginnen. Zoals beschreven in het auto-ecoprofiel vormt vis het hoofdbestanddeel van het voedsel van de visdief. Door problemen met het verkrijgen van genoeg vismonstermateriaal is het nog niet duidelijk welke concentraties aan chemische stoffen zich in de vissen bevinden.

De periode voor de eileg lijkt het meest gevoelig voor chemische verstoringen, omdat in deze paar weken de conceptie en de aanmaak van het ei plaatsvinden. De visdiefen kunnen door veel eten in een korte periode een grote hoeveelheid giftige stoffen opnemen die bij de eileg doorgegeven worden aan het embryo in het ei. Onder invloed van de giftige stoffen kunnen direct, zichtbare verstoringen optreden (zieke jongen; acuut effect) ofwel indirect, minder zichtbare verstoringen plaatsvinden (bijvoorbeeld verstoring van de ontwikkeling van de geslachtsorganen; chronisch effect). Embryonale blootstelling aan giftige stoffen kan leiden tot functionele afwijkingen in de eiklier met als gevolg aantasting van de eischalkwaliteit. Dit betekent dat op het moment dat de embryo uitgegroeid is tot adulte vogel de eileg verstoord is en de vogel afwijkende eieren produceert (chronisch effect) (Berg, 2000; Brunström e.a. 2003). Dit zou een verklaring kunnen zijn van het ontstaan van gecraqueleerde eieren. Dat chemische stoffen eischalkafwijkingen kunnen veroorzaken is aangetoond bij visdiefen (Fox, 1976). Concentraties van het bestrijdingsmiddel DDE in het ei leidde naast embryonale sterfte tot schaalverdunding, met als gevolg breuken en putten in de schaal. Het aangetaste ei werd door de oudervogel verwijderd of er trad een bacteriële infectie op in het ei.

Twee internationale projecten kunnen in de komende jaren zeer bruikbare informatie voor het visdiefonderzoek opleveren. Een Europees project, FIRE, (Flame retardants Integrated Risk assessment for

Endocrine effects) is in 2002 gestart. Het richt zich op de risicobeoordeling van gebromeerde vlamvertragers als verdachte hormoonontregelende stoffen bij mens en dier (zie ook www.rivm.nl/fire). Het RIKZ participeert in dit onderzoek. In het Nederlandse milieu onderzoekt het onder andere de voedselketen van de visdief in de Westerschelde. Van deze voedselketen worden alle schakels geanalyseerd op een groot aantal gebromeerde vlamvertragers. Er zal veel tijd worden gestoken in het bemonsteren van de verschillende schakels om een zo goed mogelijke pool van data te kunnen verzamelen. De eerste resultaten worden in 2004 verwacht. Vervolgens zal het RIKZ in samenwerking met het RIZA met behulp van het zogenaamde OMEGA-model de doorvergiftiging van gebromeerde vlamvertragers naar de visdief modelleren. Hierdoor zal een duidelijker beeld ontstaan op welke manier de gebromeerde vlamvertragers zich ophopen in deze voedselketen.

In België is, eveneens in 2002, het project ENDIS RISK gestart. Het project onderzoekt de verspreiding, blootstelling en effecten van hormoonverstorende stoffen in de Westerschelde (zie <http://www.vliz.be/projects/endis>). Ook aan dit project werkt het RIKZ mee. Centraal staat de aasgarnaal (*Mysis sp.*). Dit organisme speelt een sleutelrol in de voedselketen van de Westerschelde. Ook zal tijdens het project jaarlijks sediment, water, zwevende stof, de aasgarnaal en grondels (vis) worden bemonsterd en geanalyseerd op hormoonverstorende stoffen. Uiteindelijk resulteert deze studie in een fundamenteel onderbouwde ecotoxicologische risicoschatting voor hormoonontregelende stoffen in het Schelde estuarium.

9. Conclusies

- Sinds 1994 treden in de visdiefkolonie van Terneuzen verschijnselen op die het broedsucces in sommige jaren drastisch hebben verminderd. Veel eieren kwamen niet uit, jonge vogels vertoonden ziekteverschijnselen en stierven massaal. Hoewel de laatste jaren het broedsucces is verbeterd, worden er nog steeds nadelige effecten op de eischaal (verdikking, barstjes) waargenomen.
- De beschreven verschijnselen zijn alleen waargenomen in de visdiefkolonie van Terneuzen. In nabijgelegen kolonies, bij bijvoorbeeld Hooge Platen en Saeftinge, zijn deze verschijnselen tot nu toe niet geconstateerd. Het betreft hier dus een lokaal probleem bij Terneuzen.
- De verschijnselen duiden op problemen veroorzaakt door inwendige factoren in het ei. Factoren als infectieziekte en kleverig kruiskruid lijken hiervoor niet waarschijnlijk. Chemische stoffen als PCB's, gebromeerde vlamvertragers en organotins zijn nog niet uit te sluiten als mogelijke oorzaak, omdat ze in verhoogde concentraties rondom Terneuzen worden aangetroffen. Daarnaast kunnen nog "onbekende" stoffen tevens een rol spelen.
- Er is meer informatie nodig om een beter onderbouwde risicoschatting te kunnen maken. Zie hiervoor de aanbevelingen.

10. Aanbevelingen

Op basis van voorgaande conclusies raden we als minimale inspanning aan:

1) Voortzetten van ecologisch veldonderzoek

Aangezien nog steeds effecten in de visdiefkolonie van Terneuzen optreden, wordt aanbevolen het onderzoek naar deze kolonie de komende jaren voort te zetten, in ieder geval zolang effecten worden waargenomen. Het veldonderzoek betreft het nummeren van nesten, het volgen van het broedsucces van de genummerde nesten, het noteren van eieren met een afwijking, het ringen/wegen/meten van kuikens, het in kaart brengen van foeragerende visdieven, het observeren van predators, het verzamelen van afwijkende eieren, dode kuikens en adulten.

Hierbij geven we als aandachtspunt de noodzaak van goede consistente referentielocaties. Voor het broedsucces en het volgen van visdiefkuikens worden als referentielocaties Oosterschelde (Schouwen) en/of Zeebrugge (indien i.s.m. Belgisch onderzoek) aanbevolen. Niet de Maasvlakte, aangezien deze kolonie veel last heeft van predatie. Voor het maken van vergelijkingen tussen chemische resultaten, gedrag, eikwaliteit of uitkomen van eieren kan de Maasvlakte wel als referentielokatie worden gebruikt. Daarnaast is het verstandig om nabijgelegen kolonies als Hooge Platen en Saeftinge meer in detail te volgen om wetenschappelijk aan te kunnen tonen dat de verschijnselen een lokaal probleem bij Terneuzen betreffen.

2) Veilig stellen van visdiefmonsters tijdens elk broedseizoen

Door het veilig stellen van visdiefmateriaal per broedseizoen kan er altijd alsnog diepgaand onderzoek uitgevoerd worden en gaan er geen gegevens van een broedseizoen verloren. Het gaat om de volgende monsters: eieren (met en zonder barstjes en/of putten), dode jongen, dode oudervogels. Hiervoor dient een vergunning (onthefing Flora- en Faunawet) te worden aangevraagd.

3) Aansluiting zoeken bij andere projecten

Het is zaak zoveel mogelijk aansluiting te zoeken bij projecten, die relevante informatie voor het visdiefonderzoek kunnen opleveren. Door aanknoping te zoeken bij andere projecten kunnen met een relatief kleine inspanning relevante aanvullende gegevens verzameld worden. Relevante projecten betreffen het Europese FIRE project en het Belgische ENDIS-RISK project, zoals beschreven in de discussie. Concreet bevelen we aan om in dezelfde monsters die FIRE voor gebromeerde vlamvertragers verzameld, organotins te laten analyseren. Dit gebeurt niet binnen het FIRE of ENDIS-RISK project en zou voor het visdiefonderzoek veel aanvullende informatie opleveren.

Om verder te kunnen komen in het onderzoek naar wat nu de verschijnselen in de kolonie heeft veroorzaakt, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

4) Meer gedetailleerd ecologisch veldonderzoek

Met behulp van voedselketenonderzoek kan een betere inschatting worden gemaakt van de vervuiling die visdieven via het voedsel binnen krijgen. Hierbij is belangrijk dat de monsternamen plaatsvindt voorafgaand aan het broedseizoen (april/mei), omdat dit de periode is dat de aanleg van de eieren geschiedt. Om een representatief beeld te krijgen over welk voedsel de visdief binnen krijgt dienen de volgende methodes te worden toegepast: observeren van foerageergedrag, verzamelen en analyseren van maaginhoud van vogels en gedragsonderzoek. Daarnaast kunnen concentraties in pelagische vissen als haring en sprat worden bepaald. De vissen kunnen worden gevangen met behulp van een vishengel of, wat efficiënter maar duurder is, met behulp van een garnalenkotter of onderzoeksschip.

Door onderzoek naar de plaatsgetrouwheid van de visdief kunnen de volgende vragen worden beantwoord: 1. broeden visdieven op de plaats van hun geboorte; 2. broeden visdieven op zelfde plaats in opeenvolgende jaren?

Dit onderzoek vindt plaats aan de hand van ringonderzoek. Hierbij worden jongen in het nest geringd en geringde volwassen vogels gevangen. Ook kan bijvoorbeeld onderzocht worden of steeds de zelfde oudervogel eieren met barstjes produceert.

5) Chemische analyses van visdiefmonsters

Het analyseren van verzameld visdiefmateriaal op de aanwezigheid van zowel gebromeerde vlamvertragers als organotins zoals beschreven onder aanbeveling 2. Omdat het uniek materiaal betreft wordt eveneens aanbevolen om aanvullende analyses uit te voeren op andere relevante prioritaire stoffen van de Kaderrichtlijn water, zoals PCB's. Ook kunnen bloedmonsters genomen worden van adulte vogels (Van den Brink & Bosveld, 2001) voor chemische analyse en bijvoorbeeld de DR-CALUX assay voor het bepalen van de aanwezigheid van dioxine-achtige stoffen, zoals PCB's, in het bloed. Hierbij wordt aanbevolen om een aantal parameters naast de chemische analyses mee te nemen, te weten: droge stof, natgewicht en vetgehalte. Met behulp van deze parameters kan makkelijker een vergelijking worden gemaakt met resultaten uit voorgaande jaren en internationale literatuur. Ook wordt aanbevolen om de stof tribromofenol in het analysepakket op te nemen. Uit het screeningsonderzoek van het RIVO bleek dat deze stof in veel monsters werd aangetroffen (Leonards, 2002).

6) Uitvoering van een ecotoxicologische beoordeling bij Terneuzen

Aan de hand van chemische screening (identificatie van stoffen) en bioassays (identificatie van effecten) kan een beeld van de huidige situatie rondom Terneuzen worden gemaakt. Effecten worden gemeten met behulp van *in vivo* sedimenttoxiciteitstesten met organismen als *Corophium volutator* (chronisch) en *Nereis diversicolor* (chronisch), en *in vitro* testen als Microtox, Mutatox en de ER- en DR-CALUX assay. In het Europese SedNet-programma (European Sediment Network) wordt dit jaar een ecotoxicologische beoordeling van het stroomgebied van de Schelde gemaakt (inclusief één monsterpunt in de Westerschelde). Het RIKZ participeert in deze studie. Het RIKZ is bereid een extra monsterpunt bij Terneuzen toe te voegen om een eerste ecotoxicologische beoordeling van deze plek te kunnen maken. Deze beoordeling zal plaatsvinden in september/oktober van dit jaar.

Om echt een stap verder te kunnen maken in de risicobeoordeling worden de volgende zaken aangeraden. Hiervoor is wel een aanzienlijker budget nodig. We raden aan:

7) Gericht onderzoek naar de eischaalafwijkingen

In het najaar wordt een aantal eieren (met en zonder barstjes) van het broedseizoen 2003 nader onderzocht op o.a. eischaaldikte, vitaminegehalte en eischaalstructuur (m.b.v. SEM-scans). Om meer kennis te krijgen over de eischaalafwijkingen zou aan de hand van gericht onderzoek de volgende onderzoeksvragen moeten worden beantwoord: 1. Wat zijn de barstjes in de eieren voor eischaalafwijking en hoe wordt dit veroorzaakt (welke processen liggen hieraan ten grondslag?); 2. Kunnen chemische stoffen hier een rol in spelen? Voor een gedegen onderzoek is financiering nodig. Hiervoor zou een plan van aanpak geschreven moeten worden.

8) Uitvoering van een vogelassay

De effecten van chemische stoffen op de ontwikkeling van vogels kunnen verder onderzocht worden met behulp van de kippenembryo bioassay (de Roode e.a. 2002). Hierbij worden stoffen uit de visdiefseieren geëxtraheerd en vervolgens ingespoten bij kippeneieren in verschillende concentraties. De ontwikkeling en een aantal parameters van het kuiken, bijvoorbeeld de ontwikkeling van het geslachtsorgaan, worden gevolgd.

9) Causaliteitsonderbouwing door AIO-project

Aan de hand van promotieonderzoek met dierproeven (kwartel) en *in ovo* assays, zoals de hierboven genoemde kippenembryo assay, kunnen de genoemde stoffen en effecten van deze stoffen op de voortplanting van vogels gedetailleerd worden onderzocht.

11. Referenties

Beijersbergen, R. (2002).

Het jaar van de wijting. Zeeuws Landschap 18 (4): 6-9.

Berg, C. (2000).

Environmental pollutants and the reproductive system in birds; developmental effects of estrogenic compounds. Proefschrift, Universiteit van Uppsala.

Brink, N.W. van den & Bosveld, A.T.C. (2001).

PCB concentrations and metabolism patterns in common terns (*Sterna hirundo*) from different breeding colonies in the Netherlands. Mar. Pollut. Bull. 42 (4): 280-285.

Bosveld, A.T.C., de Bie, P.A.F., van de Brink, N. & de Roode, D. (1998).

Visdieven in gevaar II. Vervolgstudie naar de effecten op de embryonale ademhaling en EROD activiteit bij Visdieven (*Sterna hirundo*) uit de kolonie op het sluizencomplex bij Terneuzen. IBN-rapport 378. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.

Bouma, S., Holland, A., Vethaak, A.D. (1999).

Visdieven in de problemen : de resultaten van veld- en experimenteel onderzoek van de kolonie visdieven (*Sterna hirundo*) bij Terneuzen, 1994-1999. RIKZ-rapport 99.037.

Bouma, S., Vethaak, A.D., Meininger, P. & Holland, A. (2000).

De visdiefkolonie (*Sterna hirundo*) bij Terneuzen: blijven er problemen? RIKZ-rapport 2000.045.

Brunström, B., Axelsson, J. & Halldin, K. (2003).

Effects of endocrine modulators on sex differentiation in birds. Ecotoxicol. 12: 287-295.

Darnerud, P.O., Eriksen, G.S., Jóhannesson, T., Larsen, P.B. & Viluksela, M. (2001).

Polybrominated Diphenyl Ethers: Occurrence, dietary exposure and toxicology. Environ. Health Perspect. 109 (Suppl.1): 49-68.

Cramp, S. (1985).

The birds of the Western Palearctic. Vol.4. Oxford University Press, Oxford.

Van Dijk, A.J., van der Weijden, M., Deuzeman, S., Dijkse, L., Zoetebier, D. & Plate, C. (2002).

Kolonievogels en zeldzame broedvogels in Nederland in 2000 en 2001. SOVON-monitoringrapport 2002/03, SOVON, Beek-Ubbergen.

Fox, G.A. (1976).

Eggshell quality: its ecological and physiological significance in a DDE-contaminated common tern population. The Wilson Bulletin 88 (3): 459-477.

Hart, C.A., Nisbet, I.C.T., Kennedy, S.W. & Hahn, M.E. (2003).

Gonadal feminization and halogenated environmental contaminants in common terns (*Sterna hirundo*): evidence that ovotestes in male embryos do not persist to the prefledging stage. *Ecotoxicol.* 12: 125-140.

Hoekstein, M.S.J. (2001).

De visdiefkolonie (*Sterna hirundo*) bij Terneuzen: verslag veldwerk 2001. Werkdocument RIKZ/OS/2001.831x.

Hoekstein, M.S.J. (2002).

De visdiefkolonie (*Sterna hirundo*) bij Terneuzen: verslag veldwerk 2002. Werkdocument RIKZ/OS/2002.827x.

Hoekstein, M.S.J. (2003).

De visdiefkolonie (*Sterna hirundo*) bij Terneuzen: verslag veldwerk 2003. Werkdocument RIKZ/OS/2002.839x.

Holland, A.M.B.M. (2002).

Gehalten gebromeerde organische verbindingen in monsters uit onderzoek broedsucces visdiefkolonie Terneuzen, 2001. Werkdocument RIKZ/AB2002.814x.

Hume, R. & Lemmentyinen, R. (1997).

Common tern *Sterna hirundo*. In: 'The EBBC atlas of European breeding birds: their distribution and abundance, Hagemeyer W.J.M. & M.J. Blair (eds), Poyser, Calton, 352-353.

Leonards, P.E.G. (2002).

Analyse van gebromeerde vlamvertragers in sediment, zwevend stof en organismen. RIVO-rapport C028/02.

Meininger, P.L. & Lilipaly, S. (1998).

Onderzoek naar slecht broedsucces Visdieven Terneuzen 1998: veldonderzoek. Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ OS-98.888X, Middelburg.

Meininger, P.L., Arts, F.A. & van Swelm N.D. (2000).

Kustbroedvogels in het Noordelijke Deltagebied: ontwikkelingen, knelpunten en potenties. Rapport RIKZ/2000.052. Rijksinstituut voor Kust en Zee / Stichting Ornithologisch Station Voorne. Middelburg / Oostvoorne.

OSPAR (2000).

Quality Status Report 2002, Region II Greater North Sea. OSPAR Commission: London, ISBN 0 946956 48 0.

Roode, D.F. de, Klomp, A.V., Crum, S.J.H., Eggens, M. & Bosveld, A.T.C. (2002).

Effects of an extract of oystercatcher (*Haematopus ostralegus*) eggs from the Zeehavenkanaal in The Netherlands, and of its major contaminant, hexachlorobenzene, on the chicken embryo. *Environ. Toxicol. & Pharmacol.* 12: 147-156.

Stienen, E.W.M. & Brenninkmeijer, A. (1992).

Ecologisch profiel van de visdief (*Sterna hirundo*). DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, RIN-Rapport 92/18, Arnhem.

Stienen, E.W.M. (2002).

Visdief *Sterna hirundo*. In: SOVON Vogelonderzoek Nederland. 2002. Atlas van de Nederlandse broedvogels 1998-2002. Nederlandse Fauna 5., Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey-Nederland, Leiden, 248-249.

Vethaak, A.D., Jol, J., Pieters, J. (2003).

Zieke vis en spuisluizen: onderzoek naar ziekte bij bot (*Platichthys flesus*) vóór en achter de Afsluitdijk. Eindrapport over de onderzoeksjaren 1988-2000. RIKZ rapport 2003-002.

Bijlage I. Chemische informatie meetseizoen 2000-2001

In 2000 en 2001 zijn de compartimenten sediment, zwevende stof, mossel, vis (haring of sprot) en visdief bemonsterd voor analyses van gebromeerde vlamvertragers en organotins. In figuur 1.1 zijn de gemiddelde concentraties van de meest voorkomende gebromeerde vlamvertragers, zoals een aantal polybroomdiphenylethers (PBDE's), hexabroomcyclododecaan (HBCD) en tetrabroombisphenol-A (TBBP-A), uitgezet. Wat betreft de gebromeerde vlamvertragers komt HBCD het meest en in de hoogste concentraties voor in alle compartimenten rondom Terneuzen. Van 2000 naar 2001 is er een lichte toename te zien in HBCD concentratie. In sediment en zwevende stof rondom Terneuzen is in hoge concentraties de stof BDE-209 (decabroomdifenylether) aangetroffen. In biota werd BDE-209 alleen in lage concentraties gevonden. Ook de concentratie van deze stof lijkt in 2001 licht gestegen in vergelijking tot 2000. Lager gebromeerde PBDE's als BDE-47, BDE-99 en BDE-100 zijn met name in biota aanwezig. De concentraties in vis zijn moeilijk interpreteerbaar aangezien er weinig monsters genomen zijn en betreffende vissen niet plaatsgebonden zijn. In figuur 1.1 staat samengevat in hoeverre bepaalde stoffen verhoogd voorkomen in compartimenten rondom Terneuzen t.o.v. de referentielokaties Maasvlakte en Zeebrugge. Voor wat betreft sediment en zwevende stof springt BDE-209 eruit met een verhoging t.o.v. referentielokaties van respectievelijk >25 x en >15 x. HBCD komt verhoogd voor in visdiefieren (t.o.v. de Maasvlakte < 20 x). BDE-99 is verhoogd in visdiefieren t.o.v. Zeebrugge (10-15 x) en sediment (> 10 x verhoogd), en BDE-153 t.o.v. Zeebrugge in visdiefieren (10-15 x) en in mosselen (10-15 x).

Alle hier genoemde gebromeerde vlamvertragers, behalve BDE-209, hopen zich op hoger in de voedselketen. Vooral HBCD is hier een goed voorbeeld van (figuur 1.2). De hoogste concentraties (behalve BDE-209) worden in visdiefieren gemeten. Ook in mariene zoogdieren als bruinvissen en zeehonden in de Noordzee is een ophoping van gebromeerde vlamvertragers aangetroffen (Boon e.a. 2002).

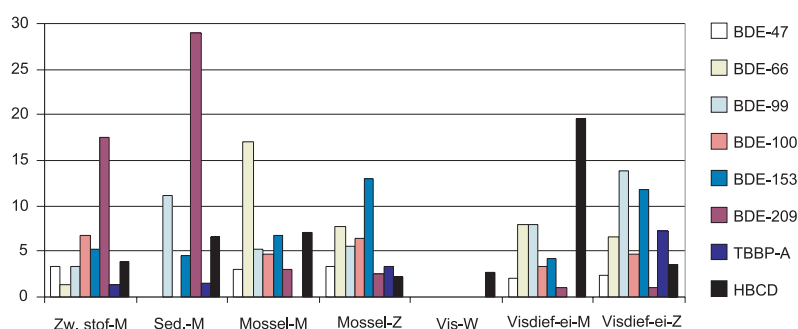
Er is een afnemende gradiënt van PBDE's in sediment en zwevende stof waarneembaar over de Westerschelde van oost naar west. Deze trend wordt ook gevonden door Voorspoels e.a. (2002). Er kan eveneens een gradiënt gevonden worden over het Kanaal van Gent naar Terneuzen, met de hoogste concentraties dicht bij Gent gelegen (Holland, 2002).

In 2001 is er tevens een screening uitgevoerd naar nog onbekende, niet-geïdentificeerde stoffen die kunnen voorkomen in de monsters. De stof tribromofenol werd aangetroffen in sediment, zwevende stof en visdiefieren. Mogelijk gaat het om de stof 2,4,6-tribromofenol die ook als vlamvertrager wordt gebruikt (IPCS, 1997). Daarnaast werd in een sedimentmonster pentabromofenol aangetroffen, eveneens een vlamvertragende stof. In de visdiefieren werd naast de gerapporteerde PBDE's nog mogelijk een hepta-BDE en een octa-BDE gevonden, evenals twee onbekende gebromeerde verbindingen.

De resultaten van de organotins zijn uitgezet in figuur 1.3. In het Kanaal Gent-Terneuzen zijn hoge concentraties van butyltins (tributyltin (TBT), dibutyltin (DBT), monobutyltin (MBT)) gemeten in zwevende stof en

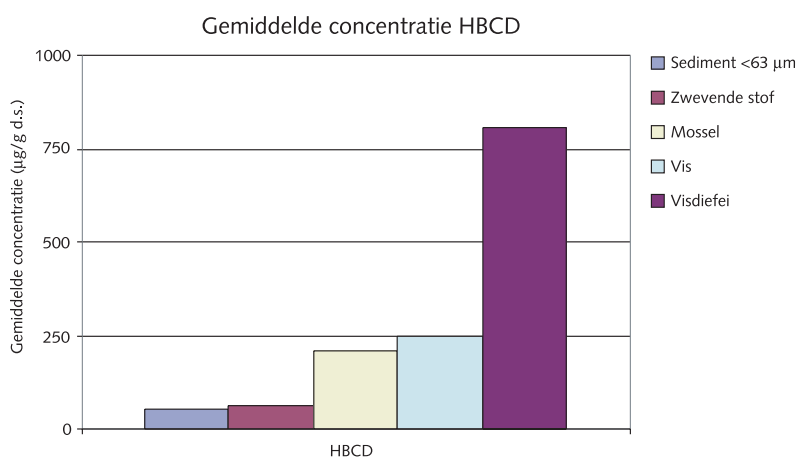
sediment. De sedimenten zijn m.b.t. organotins (TBT, DBT en MBT) op de locatie Terneuzen en omgeving (20-160 ng Sn/g ds TBT) matig tot sterk verontreinigd en liggen boven de ecotoxicologische assessment criteria van 5-50 ng/g drooggewicht, vastgesteld door de Oslo-Paris Commission (OSPAR, 2000). In mosselen en vis wordt voornamelijk TBT aangetroffen, terwijl in visdiefieren met name trifenylytin (TPT) is aangetoond. De concentraties van TPT komen overeen met die gemeten in andere West Europese estuaria, maar zijn in het algemeen lager dan die gemeten in de Rotterdamse en Amsterdamse havens en bij de spuisluizen in de Waddenzee (de Boer e.a. 2001; Vethaak e.a. 2003).

Figuur 1.1
Verhoogde concentraties gebromeerde vlamvertragers in Terneuzen t.o.v. referentielocaties in verschillende compartimenten in 2000 en 2001.



In figuur 1.1 is uitgezet hoe vaak een stof verhoogd voorkomt in een monster uit Terneuzen ten opzichte van referentielocatie (M=Maasvlakte, W=Westerschelde, Z=Zeebrugge). Hoe hoger de kolom, hoe hoger de concentratie van de desbetreffende stof verhoogd voorkomt in Terneuzen t.o.v. referentielocaties. Bijvoorbeeld de stof BDE-209 is in sediment in Terneuzen bijna 30x verhoogd aangetroffen ten opzichte van de referentielocatie Maasvlakte.

Figuur 1.2
Bioaccumulatie van HBCD in voedselketen.



Figuur 1.3

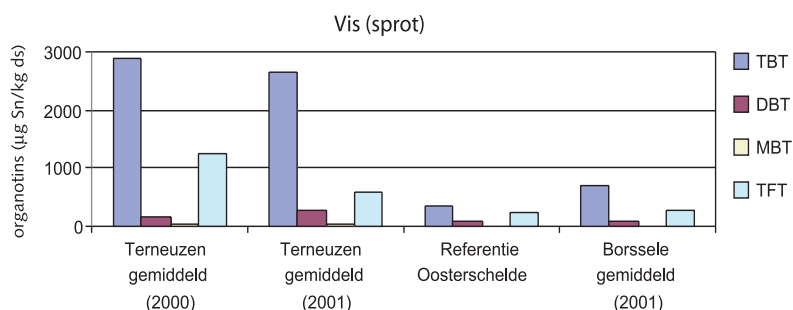
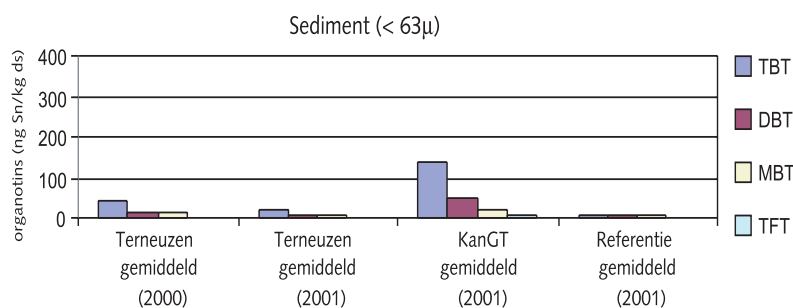
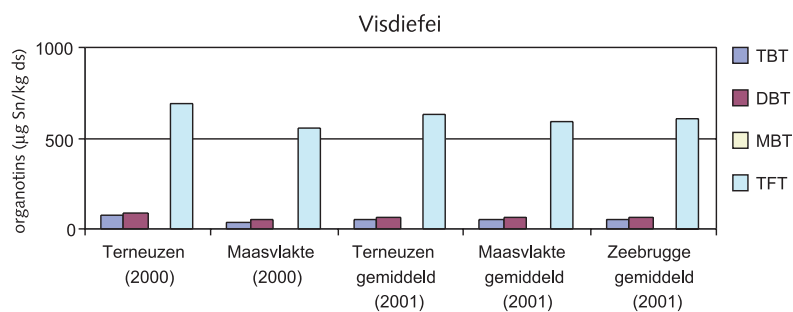
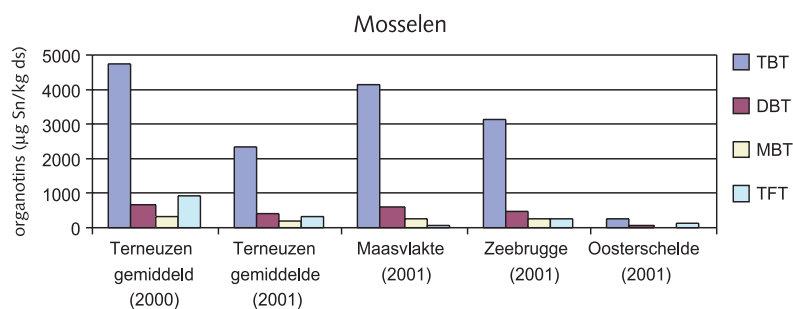
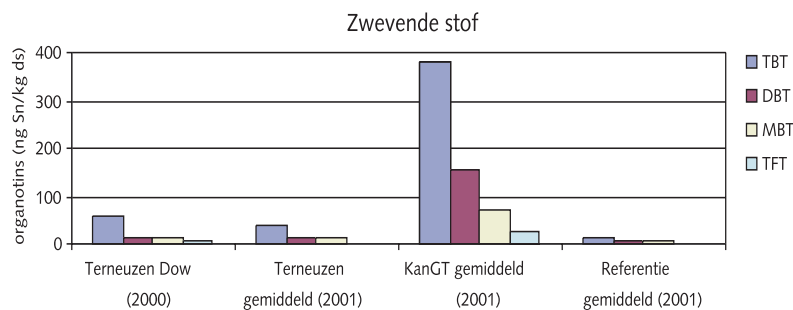
Concentraties organotinverbindingen op verschillende locaties in 2000 en 2001.

TBT = tributyltin

DBT = dibutyltin

MBT = monobutyltin

TFT = trifenyyltin



Boer, J. de e.a. (1998).

Nature 394: 28-29.

Boer, J. de e.a. (2001).

J. Environ. Monit. 3; 386 - 393.

Boon, J.P. e.a. (2002).

Environ.Sci.Technol. 36: 4025-4032.

Holland, A.M.B.M. (2002).

Werkdocument RIKZ/AB2002.814x.

IPCS (1997).

Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety.

OSPAR (2000).

Quality Status Report 2002. Region II Greater North Sea. OSPAR Commission: London, ISBN 0 946956 48 0.

Vethaak, A.D. e.a. (2003).

RIKZ rapport 2003-002.

Voorspoels, S. e.a. (2002).

Organohalogen Compounds 55: 417-420.

Bijlage II. Toxiciteit van gebromeerde vlamvertragers en organotins

Toxiciteit van gebromeerde vlamvertragers

Ondanks de weinige toxiciteitsgegevens is inmiddels wel duidelijk dat veel mechanismen van toxiciteit van PBDE's gelijk zijn aan die van de polychloorbifenylen (PCB's). Ze hebben de potentie om cytochroom P450 te induceren, en daarmee een hele reeks van verstorende invloeden op het organisme te hebben. Evenals bij de PCB's is de toxiciteit van elke PBDE afhankelijk van zijn structuur. Met name de penta-BDE's zijn effectief. Een kort overzicht van de specifieke toxiciteit van gebromeerde vlamvertragers is gegeven in tabel 2.1. Dit betreft steeds laboratoriumstudies met name bij rat en muis.

In *in vitro* studies is gevonden dat gebromeerde vlamvertragers en hun gehydroxyleerde metabolieten uit verschillende klassen een hormoonversturende werking kunnen hebben. Dit betreft vooral een schildklierhormoon-achtige werking en verder een zwakke (anti-) oestrogene en dioxineachtige werking.

Van TBBP-A is bekend dat kwarteleieren ingespoten met 45 µg/g ei dodelijk is voor het embryo. Daarbij werd echter aangetekend dat TBBP-A snel wordt gemetaboliseerd, dus dat de doorgave van deze contaminant van vrouwtjes naar eieren waarschijnlijk laag is (Berg e.a. 2000). Andere, meer specifieke gegevens betreffende de giftigheid van gebromeerde vlamvertragers voor zeevogels, en dan met name voor hun nageslacht, ontbreken geheel.

Hexabromocyclododecaan (HBCD) is in hoge concentraties in de Westerschelde aangetroffen. HBCD accumuleert in de voedselketen. Toxicologisch is er echter weinig bekend van HBCD.

Behalve specifieke toxiciteit zijn ook enkele gegevens bekend over algemene toxiciteit bij aquatische pelagische organismen. Tabel 2.2 geeft een samenvattend overzicht voor met name zoetwatersoorten (Groshart e.a. 2000). Hieruit blijkt dat vlamvertragers met name voor algen en kreeftachtigen zeer toxisch zijn, waarbij overigens direct aangetekend dient te worden dat met name op het gebied van chronische toxiciteit het aantal studies beperkt is en er dus weinig bekend is.

Toxiciteit van organotins

TBT is zeer toxisch voor mariene algen, schaaldieren, kreeftachtigen en vissen (tabel 2.3). Tevens is bekend dat TBT als hormoonverstoorder kan werken, met name bij slakken zoals de wulk, en mogelijk ook bij mariene zoogdieren (AMCS, CEFAS 1998; Linley-Adams 1999). Voor zover bekend zijn schaaldieren, met name oesters en slakken, het meest gevoelig voor blootstelling aan TBT. De belangrijkste effecten bij deze dieren zijn deformatie van de oesterschelp tijdens de groei, veranderingen in groei en sterfte van oesterlarven en andere tweekleppigen en, meest opmerkelijk, ontwikkeling van imposex bij slakken (ontwikkeling van een mannelijke penishomoloog in vrouwelijke slakken, waardoor in ernstige gevallen de slak zich niet kan voortplanten en sterft). Bij kreeftachtigen wordt ook de reproductie en ontwikkeling van juvenielen door TBT geremd, maar pas bij veel hogere concentraties. Bij vissen tenslotte is bekend dat het Mixed Function Oxidase systeem (belangrijk voor de ontgiftiging van tal van

Stof	In vivo effect	In vitro effect	Persistentie	Referentie
BDE-47		Oestrogene activiteit in ER-CALUX		Legler e.a. (2002)
6-OH BDE-47 (afbraak product BDE-47)		Dioxine-achtige activiteit; T4-TTR binding		Legler e.a. (2002)
BDE-99	Neurotoxisch effect in ontwikkeling neonate muis			Eriksson e.a. (2001)
BDE-100		Oestrogene activiteit in ER-CALUX		Meerts (2001)
BDE-153	Neurotoxisch effect in ontwikkeling neonate muis			Eriksson e.a. (2002)
PBDE's		Geen respons in mutatox assay bij concentratie van 0.07-900 ng/ml		De Boer e.a. (1999)
HBCD	Neurotoxisch effect in ontwikkeling neonate muis; Diarree en gewichtsverlies in rat Effecten op lever gewicht en histologie (rat/muis)		Snel gemetaboliseerd en uitgescheiden m.b.v. feces/urine in rat	Eriksson e.a. (2002) Dean & Leong (1977) Verschillende studies
TBBP-A	Hoge embryonale lethaliteit Hoge embryonale toxiciteit: lethaal voor kip/kwartel embryo bij 45 µg/g ei	Niet genotoxisch T4-TTR binding voor afbraakproduct 2,4,6-TBP; Oestrogene activiteit in E-SCREEN assay Geen oestrogeen effect op MD of testis ontwikkeling in kip	Wordt snel gemetaboliseerd, dus waarschijnlijk lage doorgave van vrouwtjes vogel naar eieren.	Legler e.a. (2002) Koerner e.a. (1998) Berg e.a. (2000)
		Antagonistisch effect op schildklier hormoon		Kuroki e.a. (2002)

T4-TTR competitie-binding assay: thyroid hormone transport protein transthyretin (TTR)

Tabel 2.1

Overzicht van *in vivo* en *in vitro* effecten, en persistentie van gebromeerde vlamvertragers.

Tabel 2.2

Toxiciteit van gebromeerde vlamvertragers voor aquatische organismen, samengevat van Groshart e.a. (2000).

stoffen in het organisme) geremd wordt. Verder is bij de platvis bot (*Platichthys flesus*) waargenomen dat (kortdurende) TBT blootstelling resulteert in beschadiging van de kieuwen en afname van de weerstand.

	algen		kreeftachtigen		vissen	
	acuut	chronisch	acuut	chronisch	acuut	chronisch
Penta-BDE mengsel		**	***	***	0	
Octa-BDE mengsel				***	0	
TBBP-A	***		***	*	***	*a

0 = zeer weinig toxisch, *=matig toxisch, **=toxisch, ***=zeer toxisch a= gebaseerd op één studie

Over de toxiciteit van TBT voor zeevogels, die een stap hoger in de mariene voedselketen staan, is weinig bekend. Laboratorium studies met Japanse kwartels hebben getoond dat TBT voor deze soort embryotoxisch is en het uitkomstsucces uit het ei en de vruchtbaarheid bij de vogels lager is. Tevens werd gevonden dat enzym en hormoon activiteit achteruitliepen bij enkele honderden microgram/gram (Linley-Adams, 1999). Het WWF concludeert op basis van deze en andere gegevens echter dat het onwaarschijnlijk is dat zeevogels dergelijke hoge concentraties TBT opbouwen, omdat zij in staat zijn TBT te metaboliseren en bovendien TBT via de rui kwijtraken (Linley-Adams, 1999).

WWF concludeert dat de weinige studies uitgevoerd tot nu toe aantonen dat visetende zeevogels een verhoogd gehalte aan butyltins hebben, hoewel ze die kunnen kwijtraken door de rui. Het ecotoxicologische risico van blootstelling aan organotins blijft echter onduidelijk, hoewel laboratorium onderzoek heeft getoond dat TBT embryotoxisch is, vruchtbaarheid en uitkomstsucces van het ei verlaagt, alsmede het enzymstelsel en hormoonactiviteit in volwassen vogels vermindert.

Tabel 2.3

Kort overzicht van de bekende toxiciteit van TBT voor mariene organismen.

Effect en soort	concentratie TBT
remming van spoorontwikkeling bij groene algen	1 ng /l
nadelige effecten op 2-kleppigen, met name oesters (zie tekst)	10 ng/l
ontwikkeling imposex in vrouwelijk slakken	1,5 ng/l
sterfte onder kreeftachtigen	600 - 2200 ng/l
toxiciteit bij vissen	vanaf 1500 ng/l
toxiciteit bij vogels	onbekend

AMCS TBT References. www.amcs.org.au/adelaide/tbtrefs.htm

Berg, C. e.a. (2000).

Environm. Toxicol. and Chem. 20: 2836-40.

CEFAS (1998).

See www.ukmarinesac.org.uk/activities/water-quality.

De Boer e.a. (1999).

Handbook of Environmental Chemistry vol 3.

Dean, W.P. & B.K.J. Leong (1977).

Study No. 163-499. EPA/OTS Doc. #86-900000266.

Eriksson e.a. (2001).

Environ. Health Perspectives. 9: 903.

Eriksson e.a. (2002).

Organohalogen compounds 57: 389-390.

Groshart, C.P. e.a. (2000).

Rapport RIKZ/2000.017. Den Haag.

Koerner, W. e.a. (1998).

Chemosphere 37: 2395-2407.

Kuroki e.a. (2002).

Organohalogen compounds 56: 119-121.

Legler e.a. (2002).

Organohalogen compounds 56: 53-56.

Meerts, A.T.M. (2001).

Academische proefschrift. Wageningen Universiteit.

Linley-Adams, Guy (1999).

WWF-UK Project No 98054.