

Monitoring en normering van milieugevaarlijke stoffen in paling: bruikbaarheid en relevantie voor het milieubeleid

*Since 1994 the European eel (*Anguilla anguilla* L.) is used as a biomonitor for the presence of a variety of contaminants in Flandrian water bodies. The list of contaminants includes polychlorine biphenyls, organochlorine pesticides, heavy metals, volatile organic compounds, brominated flame retardants, perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), polyaromatic hydrocarbons and endocrine disruptors. The Flemish eel pollutant monitoring network covers approximately 260 sampling locations including rivers, brooks, canals and closed water bodies. A selection of results is presented. The advantages of measuring these toxic compounds in biota and especially in eels (in comparison with water or sediment analysis) is discussed. Based on the data a normative model for PCBs in biota is presented. The network results have constraints with respect to e.g. public health, river sediment sanitation, weed control procedures and toxic compound regulation.*

Inleiding

Sedert 1994 verricht het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW) in Vlaanderen onderzoek naar de bruikbaarheid van paling als indicator voor monitoring van milieugevaarlijke stoffen. Dit onderzoek werd geïnitieerd tijdens een studie uitgevoerd naar de kwaliteit van de vis op het Boudewijnkanaal naar aanleiding van de verontreiniging van het kanaal door een aantal zware metalen (Van Thuyne *et al.*, 1995a). Er werden toen acht vissoorten, waaronder paling, onderzocht. Uit de studie bleek dat zelfs binnen een vrij kort kanaal de vervuilinggraad van paling kan variëren afhankelijk van de immissietoestand van de specifieke stof op een welbepaalde plaats in het kanaal (Belpaire *et al.*, 1999). Zo bleken de cadmiumconcentraties in paling het hoogst in dieren gevangen in de buurt van het RWZI lozingspunt (Brugge). Dit opende perspectieven inzake het gebruik van paling als monitoringsorganisme.

Naar aanleiding van het opstarten van systematisch visstandsonderzoek waarbij op regelmatige basis de ecologische kwaliteit van de visbestanden op een groot aantal meetplaatsen in Vlaanderen gemeten werd, werden ook palingmonsters verzameld. In eerste instantie werden in het spierweefsel een aantal zware metalen gemeten. In 1995 werd een eerste rapport gepubliceerd over de gehalten van zware metalen in paling verspreid over een veertiental Vlaamse meetplaatsen in Vlaanderen (Van Thuyne *et al.*, 1995b). Geleidelijk aan werd dit meetnet uitgebreid en werd er naast de metalen ook gerapporteerd omtrent PCB's en een aantal pesticiden. Momenteel wordt ook van andere milieugevaarlijke stoffen onderzocht in hoeverre ze in vis kunnen bioaccumuleren.

De resultaten van het pollutantenonderzoek in vis geven duidelijk een aantal mogelijkheden aan voor het milieubeleid onder andere met betrekking tot het opvolgen en de normering

van milieugevaarlijke stoffen, de sanering van waterbodems, de regelgeving rond het gebruik en de risicobeoordeling van deze stoffen (doorstroming naar mens en natuur).

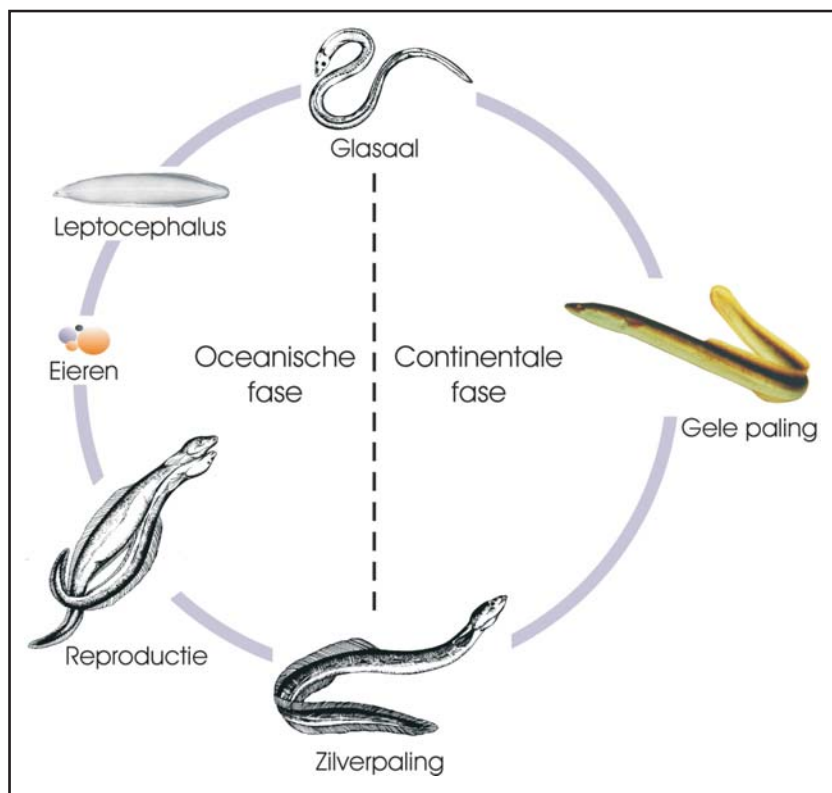
Waarom paling?

Anguilla anguilla L., de Europese paling, is een katadroom migrerende vis: hij brengt het grootste deel van zijn leven in zoet water door en voor zijn voortplanting trekt hij naar zee. Hij maakt een vrij complexe levenscyclus door (Figuur 1). De voortplantingsplaats situeert zich in de Sargasso Zee. De paling vormt dus één panmictische populatie: individuen over gans het verspreidingsgebied gaan zich op dezelfde plaats voortplanten en behoren tot eenzelfde populatie. De keuze van paling als biomonitor voor het meetnet pollutanten is ingegeven door verschillende specifieke fysiologische en ecologische kenmerken.

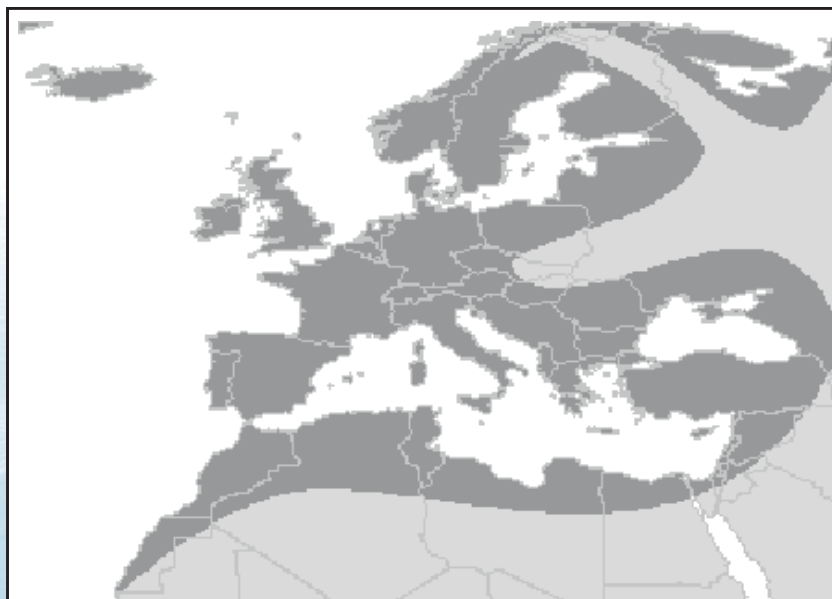
Verspreiding

De Europese paling heeft een zeer ruime verspreiding en komt in alle watertypes voor, hetgeen bij weinig andere soorten het geval is. Men kan paling aantreffen over gans het verloop van de rivier van bovenloop (beekforelzone) tot het estuarium, maar ook in polderwaterlopen, kanalen en vijvers. Het voorkomen van de paling wordt enkel gelimiteerd door de aanwezigheid van migratiebarrières (en in sommige gebieden de zéér slechte waterkwaliteit). Het verspreidingsgebied van de Europese paling *Anguilla anguilla* strekt zich uit van IJsland tot Turkije en van Marokko tot Noorwegen (Figuur 2). Dit biedt mogelijkheden voor een gestandaardiseerd gebruik van paling als bioindicator over een groot gebied. Bovendien worden in Amerika en Azië nauw verwante palingsoorten (o.a. *Anguilla rostrata*, de Ame-

Figuur 1: Schematische voorstelling van de levenscyclus van de Europese paling *Anguilla anguilla* L. (gewijzigd naar Dekker, 2000). Palingeieren ontwikkelen in de Sargasso Zee en de larven (*leptocephali* genaamd) migreren tot voor de Europese kusten waar ze metamorfosereren in glasaal. Deze glasaal trekt in het voorjaar onze rivieren op. Eenmaal in zoet water pigmenteren deze aaltjes en beginnen een periode van groei van verschillende jaren (continentale fase). Ze zijn dan uiterst sedentair. Na deze tijd worden ze stilaan geslachtsrijp en ondergaan nogmaals een gedaanteverandering naar zilverpaling. Deze palingen trekken weg (stroomafwaartse migratie), richting paaiplaats.



Figuur 2 : Verspreidingsgebied van de Europese paling *A. anguilla* (naar Dekker, 2002).



rikaanse paling en *A. japonica*, de Japanse paling) aangetroffen dewelke ook als biomonitor gebruikt (kunnen) worden en een gelijkaardige ecologie als hun Europese soortgenoot hebben en tevens een ruime verspreiding kennen. Dit betekent dat het genus *Anguilla* potentieel geschikt is als universele graadmeter voor pollutanten over een groot deel van de wereld.

Sedentair – geen seizoenale reproductiecycli

Paling is in zijn opgroefase in zoet water zeer sedentair, alhoewel hij een trekvis bij uitstek is. Eenmaal de rivieren opgetrokken zoekt hij zich een stek waar hij normaal gedurende de rest van zijn zoetwaterstadium zal vertoeven. De paling is in zijn sedentaire fase gedurende een lange tijd zeer honkvast en heeft een beperkt foerageergebied, hetgeen geïllustreerd wordt door recent IBW-onderzoek met vangst en terugvangst experimenten in het Schulensmeer (Simoens *et al.*, 2002) en in het Meer van Weerde (Maes, 2003). Palingen werden individueel gemerkt (N=1381) en gedurende twee jaar gevolgd, waarbij van de teruggevangen dieren 77% zich binnen een straal van 48 m bevonden (44% zelfs binnen de 10 m)(Maes, 2003). Rekening houdende met fouten inherent aan de GPS-bepaling en terreincondities, mag men aannemen dat de grote meerderheid van de dieren zich tijdens de dag ophouden in een vaste schuilplaats. Deze resultaten stemmen bovendien overeen met de besluiten van andere buitenlandse studies, waar voor verwante soorten home-ranges van <50 m (*A. rostrata* (Gunning en Shoop, 1962)), <100 m (*A. rostrata* (Ford en Mercer, 1986)) en <400 m (*A. australis* (Buemer, 1979)) vermeld worden. Localisatie van de terugvangsten van foeragerende palingen geeft aan dat de meeste dieren (meer dan 80%) foerageren binnen een straal van 200 m van hun schuilplaats. Indien we aannemen dat de paling in rivieren en kanalen een gelijkaardig gedrag vertonen, is het duidelijk dat deze vissoort in haar sedentaire fase geschikt is als bioindicator. Metingen in rivierpaling in zijn sedentaire fase geven een goede indicatie van de vuilvrucht op de specifieke vangstplaats.

Bovendien vertoont paling geen jaarlijks terugkerende voortplantingscyclus. Bij de meeste andere vissoorten is dit wel het geval, waarbij tijdens de maturatie van de eieren een deel van het vet gemetaboliseerd wordt. Deze wisselende vetgehalten tijdens het seizoen hebben uiteraard een grote impact bij het meten van lipofiele stoffen. Uiteraard moet hiermee rekening gehouden worden en vereist dit een doorgedreven standaardisatie inzake bemonsteringsprotocol (o.a. qua tijdstip van bemonstering) en bemoeilijkt dit de besluitvorming.

Bioaccumulatievermogen

Waarom zijn de gehalten die in het lichaam van paling gemeten worden zo hoog? De meeste milieugevaarlijke stoffen zijn zeer sterk lipofiel. Ze gaan bijgevolg in het vetweefsel van vissen opstapelen. Vissen met hoge vetgehalten kunnen dus ook grote hoeveelheden toxische stoffen (op versgewicht basis) opstapelen. Paling is één van de meest vetrijke vissoorten: zijn vetgehalte ligt gemiddeld rond 15 %. Andere soorten zoetwatervis zoals baars, blankvoorn, snoek en snoekbaars hebben vetgehalten tussen 0,5 en 1,5 %.

Bovendien zijn een aantal ecologische karakteristieken van de soort bijkomende elementen die het bioaccumulatievermogen van paling voor verontreinigende stoffen in de hand werken. Paling is immers benthisch en neemt een hoge plaats in in de voedselpiramide, op zijn menu staan invertebraten maar ook vis.

Vergelijking met andere biota

Paling is een vrij groot en langlevend dier, waarvan de mannetjes 6-12 en de vrouwtjes 9-20 jaar in zoet water vertoeven (Mc Cleave *et al.*, 1998). Aldus geeft het vervuilingpatroon in paling een goed beeld van de verontreiniging over een iets langere periode. Paling biedt ook het voordeel dat er een voldoende hoeveelheid weefsel beschikbaar is voor de analyses. Uit onderzoek blijkt dat paling een goed beeld geeft van de concentraties in andere biota. Er worden goede correlaties gevonden tussen de PCB concentraties van paling en die van de verschillende biota (planten, invertebraten en vissen van verschillende trofische niveaus)(Weltens *et al.*, 2002).

Het Vlaamse palingpolluentenmeetnet: resultaten

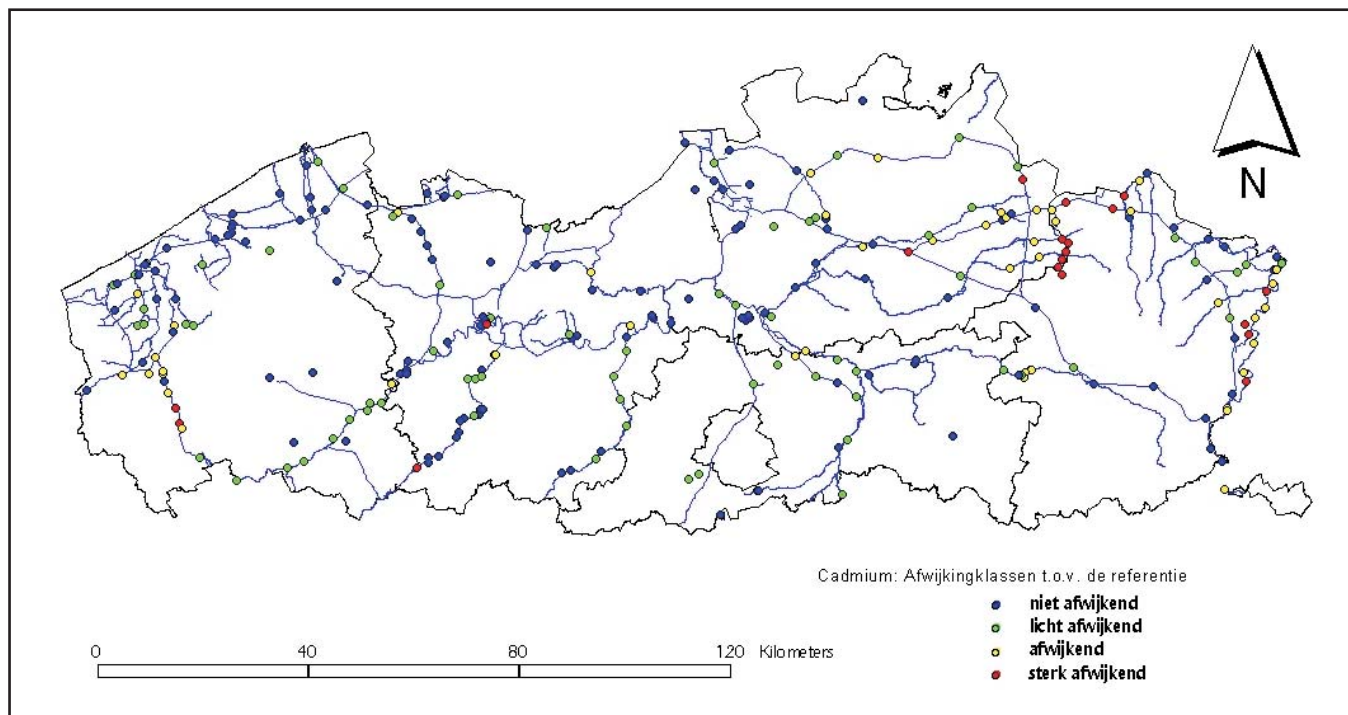
In Vlaanderen werd een gebiedsdekkend meetnet uitgetekend met meetplaatsen op stromende waters, kanalen, afgesloten waters en polderwaterlopen. Momenteel zijn er 260 meetplaatsen bemonsterd waarvan sommige meerdere keren. Bij de keuze van de exacte locaties werd er zoveel mogelijk getracht rekening te houden met reeds bestaande meetplaatsen van het waterbodemeetnet van de Vlaamse Milieu-maatschappij. Op kanalen en grotere waterlopen werd om de 10 à 15 km een meetpunt vastgelegd.

Er werd gevist met behulp van klassieke visbemonsteringstechnieken, geschikt voor de paling: elektrovisserij en/of fuikvisserij. Per meetplaats werden 5 tot 10 palingen binnen een welbepaald lengteinterval (30-50 cm) voor analyse geselecteerd. De palingen werden individueel geanalyseerd op o.a. PCB's, organochloorpesticiden, zware metalen, en op een geselecteerde set van meetplaatsen op gebromeerde vlamvertragers, vluchtige organische stoffen, polyaromatische koolwaterstoffen, perfluorverbindingen en endocriene verstoring (Tabel 1) De hierna weergegeven waarden zijn telkens gemiddelden van meerdere palingen (tenzij anders aangegeven). De in dit artikel beschreven resultaten zijn beperkt, meer gegevens vind je via de IBW website (www.ibw.vlaanderen.be) of in de onderzoeksrapporten.

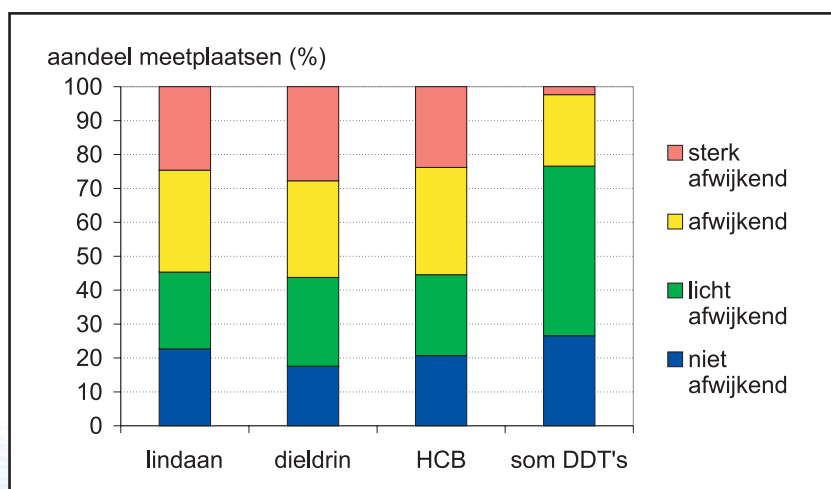
Tabel 1: Geanalyseerde stoffen en analyselaboratoria. Voor de gebromeerde vlamvertragers en voor de VOS werden de analyses slechts op een beperkte selectie van meetplaatsen uitgevoerd.

Stofgroep	Stoffen	Analyselabo
Zware metalen:	cadmium, kwik, lood, chroom, nikkel, koper, zink, arseen en selenium	Centrum voor Onderzoek in Diergeneeskunde en Agrochemie (CODA)
Polychloorbifenylen:	PCB 28/PCB 31, PCB 52, PCB 101, PCB 105, PCB 118, PCB138, PCB153, PCB 156, PCB 180	Departement voor Zeevisserij (DVZ) van het Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek (CLO)
Hexachloor-cyclohexanen:	α -HCH, γ -HCH (Lindaan)	DVZ/CLO
Cyclodienen (drins):	Dieldrin, Aldrin, Endrin	DVZ/CLO
Polychloorbenzeen:	Hexachloorbenzeen (HCB)	DVZ/CLO
Chloorethanen:	p,p'-DDD (TDE), p,p'-DDT, p,p'-DDE, trans-nonachloor	DVZ/CLO
Gebromeerde vlamvertragers:	HBCD, TBBP-A, PBDE's	Instituut voor Binnenvisserijonderzoek, Ijmuiden (RIVO)
Vluchtige organische solventen:	50 verschillende stoffen	DVZ/Beheerseheid Mathematisch Model
Perfluorverbindingen	PFOS (perfluorooctane sulfonic acid)	Universiteit Antwerpen
Polyaromatische koolwaterstoffen (PAK's)		DVZ/CLO
Endocriene verstoring	Plasma vitellogenines	Universiteit Gent

Figuur 3: Gemiddelde cadmiumconcentraties in het spierweefsel van paling uit Vlaamse oppervlaktewaters in functie van de afwijking t.o.v. de referentiewaarde (2 ng/g vers gewicht) (Vlaanderen, 1999-2002)(Nouwen et al., 2003).



Figuur 4: Concentratie van 4 bestrijdingsmiddelen in het spierweefsel van paling: meetplaatsen ingedeeld in afwijkingklassen t.o.v. de referentiewaarde (Vlaanderen, 1994-2002)(Overloop et al, 2003).



Zware metalen

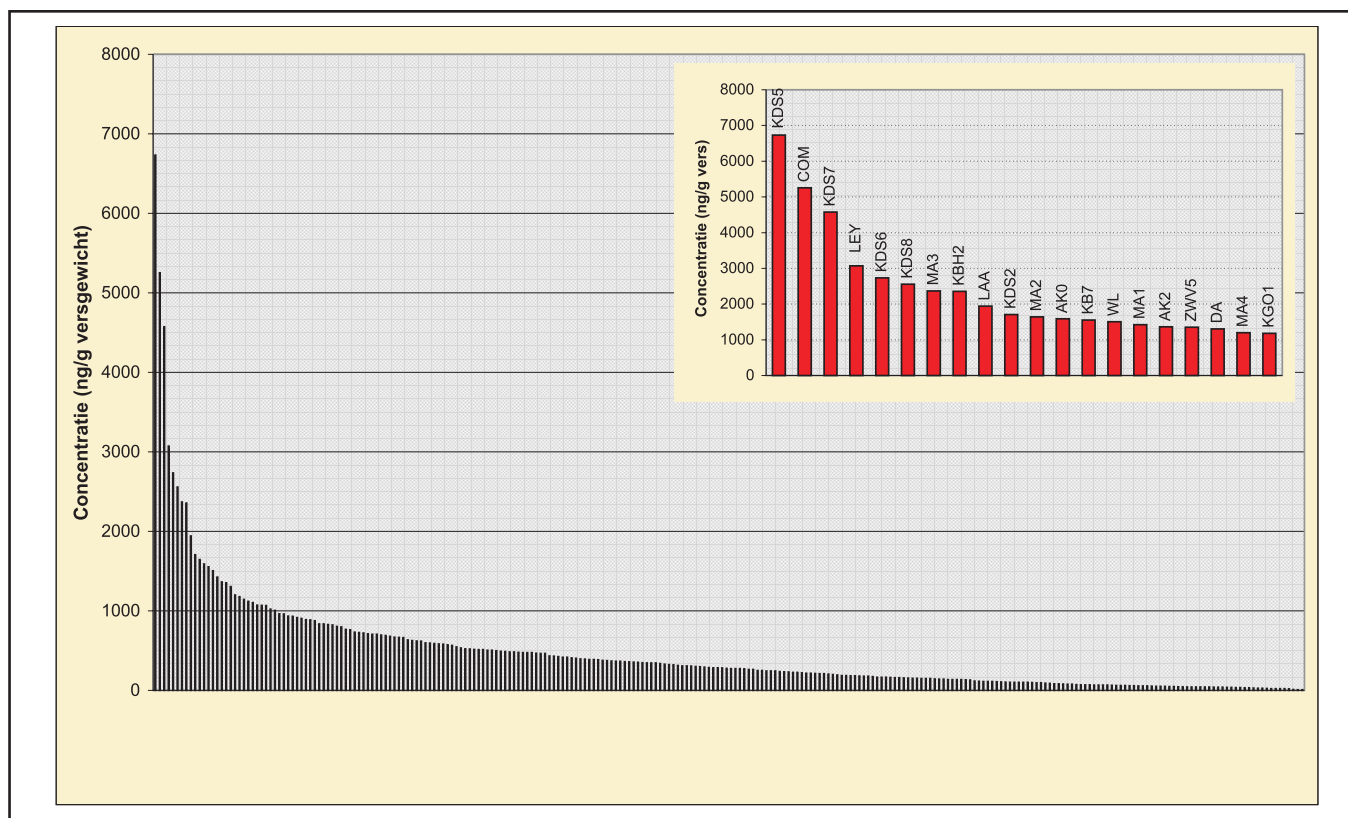
Bij wijze van voorbeeld schetsen we hier enkel de resultaten voor cadmium. In figuur 3 staan de gemiddelde cadmiumconcentraties weergegeven in functie van de afwijking t.o.v. de referentiewaarde (2 ng/g vers gewicht). Op 21 van de 261 onderzochte meetplaatsen werden sterk afwijkende waarden gemeten. Op drie locaties in Vlaanderen werd in paling een gemiddelde overschrijding van de Belgische consumptienorm (100 ng/g) waargenomen: in het kanaal van Beverlo (Leopoldsburg en Balen) en in de Laan (Terlanen)(Goemans et al, 2003).

In vergelijking met internationale literatuurgegevens zijn de gemiddelde cadmiumconcentraties op een aantal locaties in Vlaanderen hoog tot zeer hoog (tot 155 ng/g versgewicht). Barak en Mason (1989) vonden in 517 palingen afkomstig van 11 rivieren in Zuidoost Engeland cadmiumconcentraties terug die schommelden tussen 20 en 80 ng/g versgewicht. Yamaguchi et al. (2003) detecteerden geen cadmium in paling afkomstig van het bekken van de Boven-Thames. In de Sint-Lawrence rivier en een aantal van zijn zijrivieren (Canada) vond men gemiddelde cadmiumconcentraties terug in paling tussen 5 en 39 ng/g versgewicht (Moreau en Barbeau, 1982).

Organochloorpesticiden

Figuur 4 geeft een overzicht van concentraties van een aantal organochloorinsecticiden in het spierweefsel van paling, uitgedrukt in afwijkingklassen t.o.v. de referentiewaarde. Voor drie van de vier voorgestelde bestrijdingsmiddelen blijkt een niet te verwaarlozen aantal meetplaatsen sterk af te wijken van de referentietoestand. Voor lindaan, dieldrin en HCB is dit respectievelijk 25 %, 28 % en 24 %. Voor som DDT's werd slechts op 2 % van de meetplaatsen een sterk afwijkende concentratie teruggevonden. De hoogste gemiddelde som DDT-concentratie in Vlaanderen (680 ng/g versgewicht) is echter van dezelfde grootteorde als de hoogste concentratie teruggevonden in de internationale literatuur (720 ng/g versgewicht). Vooral de concentraties van lindaan zijn zeer hoog in vergelijking met waarden aangetroffen in paling uit onze buurlanden: maximum 171 ng/g versgewicht in de internationale literatuur versus 2000 ng/g versgewicht in Vlaanderen.

Figuur 5: PCB-concentraties (versgewichtsbasis) in paling uit Vlaamse oppervlaktewaters gerangschikt van hoog naar laag (260 meetplaatsen, 1995-2002)(Goemans et al., 2003). De Belgische consumptienorm bedraagt 75 ng/g versgewicht. KDS: Kanaal Dessel-Schoten, COM: Congovaart Mol, LEY: Leyloop Ravels, MA: Maas, KBH: Kanaal Bocholt-Herentals, LAA: Laan, AK: Albertkanaal, KB: Kanaal van Beverlo, WL: Watingen Lommel, ZWV: Zuidwillemsvaart, DA: Darse, KGO: Kanaal Gent-Oostende.



Voor lindaan worden de hoogste concentraties gemeten in paling van het IJzerbekken. Deze vervuiling in paling kan in verband gebracht worden met het gebruik van deze stof (maïs- en bietenteelt). Gezien het recente gebruiksverbod op lindaan (vanaf juni 2002), zal verdere monitoring moeten uitwijzen of dit ook een effect heeft op de concentraties in paling (Goemans et al., 2003).

Polychloorbiphenylen

Figuur 5 geeft een beeld van de concentraties aan PCB's gemeten in paling, de meetplaatsen zijn gesorteerd van hoog naar laag. De meetwaarden zijn zeer sterk meetplaatsafhankelijk. Slechts een minderheid van de meetplaatsen situeren zich onder de consumptienorm (som van de 7 merker-PCB's = 75 ng/g versgewicht). Op 80 % van de onderzochte locaties wordt de consumptienorm overschreden, in de meest verontreinigde gevallen met een factor 100!. Op 89 van de 260 locaties (34%) werd er een gemiddelde concentratie aan Som merker-PCB's aangetroffen die sterk afwijkt van de referentiewaarde. In 5 waters (9 locaties) werd er een concentratie aangetroffen van boven de 2000 ng/g versgewicht, nl.: de Maas, het kanaal van Dessel naar Schoten, het kanaal van Bocholt naar Herentals, de Laan en de Leyloop.

Gebromeerde vlamvertragers

Gebromeerde vlamvertragers (BFR's, Brominated Flame Retardants) zijn persistente en bioaccumulerende producten gebruikt in computers, televisietoestellen, textiel, isolatiemateriaal, ... om de ontvlambaarheid te verminderen. Ze hebben een toxische werking en worden wereldwijd meer en meer aangetroffen. Uit analyses van paling en sediment van een selectie van meetplaatsen blijkt dat bepaalde gebromeerde vlamvertragers met name HBCD (hexabromocyclododecaan), TBBP-A (tetrabromobisphenol-A) en PBDE's (polybroomdiphenylethers) in zeer hoge concentraties in Vlaanderen gemeten worden, althans in het aquatisch milieu. Ze zijn aanwezig in het sediment en sommige stapelen zich in zeer hoge mate op in biota. Voor HBCD en PBDE's stemmen de waarden gemeten in sediment en paling goed overeen. HBCD-gehalten in paling zijn op enkele plaatsen zeer hoog (maximale waarde in Vlaanderen = 33 000 µg/kg vetgewicht, maximale waarde in Nederland = 850 µg/kg vetgewicht). De gemeten HBCD-concentraties zijn van dezelfde grootteorde als de PCB-meetwaarden in Vlaanderen. Hetzelfde geldt voor de PBDE's: op één meetplaats werden zelfs concentraties hoger dan 30 000 µg/kg vetgewicht gemeten. Dergelijke meetwaarden werden nog maar uitzonderlijk in vis gerapporteerd. Vermoedelijk wijzen de hoge gehalten van gebromeerde vlamvertragers op sommige meetplaatsen op het lokaal gebruik van deze stof.

fen. Bovendien kunnen analyses van het congenerenprofiel (bv bij HBCD) in sommige gevallen indicaties geven omtrent hun oorsprong (Belpaire *et al.*, 2003, Morris *et al.*, 2004).

Vluchtige organische solventen

Vluchtige organische solventen (VOS) zijn stoffen die in ons milieu terechtkomen via industriële procesemissie, industrieel en huishoudelijk gebruik van solventen, diverse verbrandingsprocessen en uitlaatemissies van verkeer en vervoer. Vooral bekend zijn de BTEX stoffen (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen). Een serie van 52 VOS werd geanalyseerd in paling van 22 meetplaatsen, gesitueerd zowel in agrarische als in dichtbevolkte en industriële gebieden. Ongeveer de helft van de geanalyseerde VOS (25 van 52) blijken meetbaar aanwezig in paling. BTEX zijn aanwezig in alle onderzochte stalen. Chloorbenzeen, 1,3-dichloorbenzeen, 1,2,4-trichloorbenzeen, naftaleen en chloroform zijn aanwezig in 70-90 % van de stalen en negen andere VOS worden in 35-60% van de palingen teruggevonden. In water werd op 45 meetplaatsen in totaal 31% van de VOS gedetecteerd (17 van 55). De meest frequent aangetroffen stof (tolueen) werd slechts op 5 % van de meetplaatsen aangetroffen. Het meten van VOS in biota is blijkbaar meer relevant dan het meten in water.

De VOS-concentraties in paling variëren in functie van de staalnameplaats. Tussen de verschillende rivierbekkens zijn de concentraties in paling van geïndustrialiseerde en dichtbevolkte gebieden het hoogst (bekkens van Dijle-Zenne en Nete). Palingen afkomstig van een agrarische omgeving (de A te Poppel) vertonen lagere concentraties. Mediaanwaarden liggen tussen 0,5 ng/g vers gewicht (zoals voor isopropylbenzeen) en 14 ng/g (tetrachlooretheen). Hoge meetwaarden van meer dan 30 ng/g werden gemeten voor 12 VOS met een maximale waarde van 700 ng/g voor 1,2-dibromo-3-chloropropaan in paling afkomstig uit het Albertkanaal te Langerlo. De ruime ver-

spreiding van BTEX en de vrij kleine spreiding van de meetwaarden geven indicaties dat er voor deze stoffen weinig verband is met plaatsgebonden emissiebronnen (Roose *et al.*, 2003, Block *et al.*, 2003).

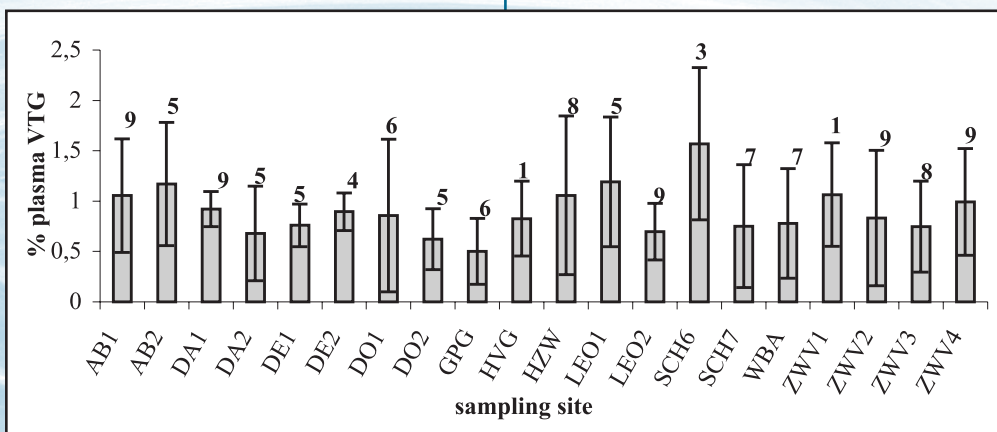
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

In onze watersystemen zijn polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) vooral terug te vinden in waterbodemen en op zwevend stof. In Vlaanderen worden PAK's door de VMM in water en waterbodemen gemeten. Zeker in water zijn PAK's moeilijk op te sporen. Voorlopige resultaten van een preliminair onderzoek naar de aanwezigheid van PAK-metabolieten in het galvocht van paling van een groot aantal meetplaatsen lijken aan te geven dat paling ook mogelijkheden biedt voor het opvolgen van PAK-belastingen in ons aquatisch milieu (Cooreman, pers. meded.).

Endocriene verstoorders

Er werd ook nagegaan in hoeverre paling een geschikte indicator kon zijn voor het meten van endocriene verstoorders in ons milieu. Hiertoe werden op 142 palingstalen afkomstig van 20 verschillende locaties de potentiële effecten van xenoestrogenen nagemeten, via bepaling van het plasma vitellogenine (VTG) gehalte en gecorreleerd aan de *in situ* verontreinigingsgraad. De VTG-gehalten in het bloed van deze palingen waren zeer laag, ondanks een zeer hoge verontreiniging (bioaccumulatie) door endocriene verstoorders (Figuur 6). Paling blijkt relatief ongevoelig te zijn voor de effecten van xenoestrogenen, althans met deze onderzoekstechnieken. Hieruit blijkt dat paling wellicht geen geschikte bioindicator is voor het meten van de effecten van oestrogene componenten of VTG-gehalten (Versonnen *et al.*, 2004). Uit onderzoek op andere vissoorten blijkt dat andere soorten, zoals (blank)voorn, wel geschikt kunnen zijn als bioindicator (Versonnen *et al.*, 2003).

Figuur 6 : Relatieve plasma vitellogenine in paling afkomstig van 20 meetplaatsen met sterk verschillende verontreinigingsgraad (2000). Het aantal palingen per meetplaats is weergegeven (Versonnen *et al.*, xxx).



Perfluorverbindingen

Ook perfluorverbindingen blijken goed meetbaar in paling te zijn. Uit een recent verkennend onderzoek van de Universiteit Antwerpen naar de aanwezigheid van PFOS (perfluorooctane sulfonic acid) in de lever van een aantal vissoorten (waaronder paling) afkomstig van een vijftal plaatsen blijkt dat de hoogste concentraties in paling worden aangetroffen en dat deze concentraties zeer sterk variëren, afhankelijk van de meetplaats. De bekomen meetwaarden zijn op sommige plaatsen hoog en geven zeker aanwijzingen omtrent het bestaan van lokale vervuilingbronnen (Hoff et al, subm.).

Waarom meten in biota? Een analyse.

Milieugevaarlijke stoffen worden in Vlaamse oppervlaktewateren gemeten in de compartimenten water, sediment en biota. In sommige gevallen worden ook concentraties op zwevend stof gemeten.

Het meten van milieugevaarlijke stoffen in de *waterkolom* lijkt gemakkelijk, gezien de eenvoudige staalnameprocedure. Gezien het hier een momentopname betreft, zijn meerdere metingen per jaar nodig hetgeen de kosten zowel voor staalnames als voor analyses doet oplopen. Grootste probleem is echter dat de meeste stoffen sterk hydrofoob zijn, de te verwachten concentraties zijn derhalve laag. Dit impliceert dat deze stoffen moeilijk meetbaar zijn. De meetresultaten liggen dan ook vaak onder de detectielimiet, zelfs in zwaar verontreinigde waters.

Concentraties in de *waterbodem* zijn doorgaans hoger en daarom beter meetbaar. Doch ook hier blijken sommige pesticiden (bv lindaan) zeer moeilijk in het sediment traceerbaar. Een goede staalname is bovendien niet eenvoudig en vergt een gestandaardiseerde bemonsteringsprocedure waarbij een voldoende aantal sedimenthappen op de meetplaats genomen dienen te worden gevolgd door een goede homogenisatie van het staal. Aard, dikte en vervuilingpatroon van het sediment kan op één meetplaats immers variabel zijn in functie van lokale omstandigheden (bv profiel, stromingspatroon, positie van vervuilingbron). Ook dient men bij vergelijking van de meetgegevens over verschillende meetplaatsen rekening te houden met verschillen in sedimentsamenstelling. Waterbodems van beken of rivieren met een iets groter verval (behorende tot de barbeel-, vlagzalm- en beekforelzones in de Huet-typologie) zijn doorgaans moeilijk of niet meetbaar, wegens de harde textuur van de bodem. Heeft een meetnet in waterbodems zijn toepassingen in laaggelegen gebieden (zoals Vlaanderen en Nederland), in regio's zoals Wallonië is het weinig relevant. In het perspectief van de nood voor een gebiedsdekkende methode over een volledig stroomgebied (zoals gevraagd binnen de Europese Kaderrichtlijn Water) kent het meetnet waterbodem dan ook zijn beperkingen.

In *biota* zijn de meeste milieugevaarlijke stoffen wel gemakkelijk meetbaar juist omwille van hun lipofiel karakter. De beschikbaarheid van een voldoende hoeveelheid weefsel kan voor sommige analyses in bepaalde kleinere soorten een probleem zijn. Voor grotere langlevende soorten (zoals paling) vormt dit doorgaans geen knelpunt. Ook hier kan de staalname niet altijd eenvoudig zijn en is afhankelijk van de abundantie van paling op de meetplaats. De bemonstering vereist een zekere visserij-technische vorming, kennis en ervaring. Zeker met betrekking tot het gebruik van de elektrovisserij moeten een aantal voorzorgsmaatregelen inzake veiligheidsaspecten genomen worden. Een aantal meetplaatsen (vooral een aantal zijlopen) zijn momenteel nog van onvoldoende kwaliteit of zijn onvoldoende bereikbaar voor migrerende soorten om enig visleven mogelijk te maken. Dit stelt momenteel in Vlaanderen beperkingen voor een volledig gebiedsdekkend meetnet. Ook het feit dat bepaalde stoffen nog niet routinematig gedoseerd worden in een vismatrix vraagt verdere aandacht. Uiteraard is het essentieel dat het organisme waarin gemonitord wordt een goed beeld geeft van de toestand op die meetplaats (sedentaire soort). Metingen in paling geven een beeld van de vervuiling in een straal van 2 à 300 m van de vangstplaats, terwijl metingen in water of waterbodem een uitspraak geven over de kwaliteit op een bepaald punt op het tijdstip van de bemonstering. Uit preliminair onderzoek blijkt ook dat de meetresultaten in biota minder onderhevig zijn aan seizoensvariëaties dan in waterbodem (Weltens et al., 2002). Naast de voordelen inzake meetbaarheid van de pollutanten laat het meten in biota vooral toe om een beeld te verkrijgen van de biobeschikbaarheid van de gemeten stof. Aldus kunnen ook eventuele risico's voor natuur (ecotoxicologie) en volksgezondheid geduid worden.

In een onderzoek naar doorstromingen van pollutanten doorheen de compartimenten van het aquatisch ecosysteem hebben Weltens et al., (2002) metingen uitgevoerd op een aantal (vervulde) meetplaatsen zowel voor PCB's, OCP's als zware metalen. In tabel 2 wordt een beperkt overzicht van de analysesresultaten weergegeven (voor PCB 153, lindaan en cadmium). Hierop valt duidelijk op dat verschillende stoffen in water niet of moeilijk op te sporen zijn, veel waarden liggen onder de detectielimiet.

Uit het voorgaande mag duidelijk zijn dat het wenselijk is om de huidige meetstrategieën gevolgd in de water-meetnetten op hun efficiëntie, relevantie en bruikbaarheid kritisch te evalueren en waar nodig bij te sturen. Voor elk der meetnetten gebeurt best een statistische doorlichting van de performance. Zoals ook Weltens et al. (2003) al stelden dienen de meetnetten op water, waterbodem, zwevend stof en paling best verder op elkaar afgestemd te worden (integrale beoordeling nastreven) en er dient geselecteerd te worden welke stoffen in welke com-

Tabel 2: Gemeten concentraties van een PCB congeener (PCB 153), een OCP (lindaan of gHCH) en een zwaar metaal (cadmium) in de verschillende compartimenten op vijf meetplaatsen in Vlaanderen (2001). Concentraties in water zijn uitgedrukt in ng/L, concentraties in waterbodem en zwevend stof in µg/kg droge stof, concentraties in vis (paling) zijn uitgedrukt in µg/kg vers gewicht. Meetplaatsen zijn de Zuidwillemsvaart (ZWV), het Kanaal van Beverlo (KBL), de zandwinningsput van Weerde (WEE), de Oude Avaart (OAV) en de Leie (LE1) (Weltens et al., 2002). DL = detectielimiet

PCB 153	Water ng/L	Waterbodem µg/kg DS	Zwevend stof µg/kg DS	Paling µkg Vers
ZWV	<DL	<DL	16	436
KBL	<DL	13	?	142
WEE	<DL	12	54	429
OAV	<DL	<DL	<DL	13,5
LE1	<DL	5,2	16	128
gHCH	Water ng/L	Waterbodem µg/kg DS	Zwevend stof µg/kg DS	Paling µkg Vers
ZWV	6	<DL	<DL	9,31
KBL	<DL	<DL	<DL	7,5
WEE	<DL	<DL	<DL	1,07
OAV	300	<DL	210	216
LE1	57	0,7	7,9	40,41
Cd	Water µg/L	Waterbodem mg/kg DS	Zwevend stof mg/kg DS	Paling µg/kg Vers
ZWV	<DL	8	10	1,5
KBL	12	570	350	30
WEE	<DL	<DL	6	8,7
OAV	<DL	<DL	<DL	7,8
LE1	<DL	0,95	16	2,2

partimenten best gemeten worden. De lijst van stoffen die in paling worden gemeten dient uitgebreid.

Normen in biota. Waarom en hoe?

Wat betreft het aquatisch ecosysteem zijn normen gericht op verschillende compartimenten mogelijk. Aldus kunnen er normen vastgelegd worden voor water, voor sediment, voor zwevend stof en voor biota. Voor biota zijn er momenteel nog geen normen beschikbaar (tenzij menselijke consumptienormen voor PCB's, dioxines en een aantal zware metalen), terwijl zij toch een belangrijk blootstellingscompartiment vormen. De keuzemogelijkheden voor normering van biota zijn divers: waterplanten, invertebraten, slakken, mollusken, vissen, ... Logischerwijs selecteert men hiervoor vaste indicatororganismen die ruim verspreid zijn zodat biomonitoring gestandaardiseerd en gebiedsdekkend kan gebeuren. Uiteraard is het van belang dat de te normeren stoffen voldoende meetbaar zijn in de compartimenten.

Er bestaan enkel wettelijke normen voor water (totaalconcentraties van een (beperkt) aantal parameters). Voor sediment wordt de Triadebeoordeling gehanteerd welke concentratienormen, ecologische en ecotoxicologische normen combineert.

Door Weltens et al. (2002, 2003) werd uitgebreid ingegaan op de tekortkomingen in het

actueel normeringsstelsel. Uit een studie naar de onderbouwing van de normering aan de hand van metingen van pollutanten in de diverse compartimenten en biologische effecten blijkt duidelijk dat de chemische normering voor water onvoldoende streng is om de gezondheidstoestand van het aquatisch ecosysteem te beschermen. Alhoewel de Vlarewaterkwaliteitsnormen vrijwel niet overschreden werden op de onderzochte meetplaatsen, waren de vissen daarentegen sterk vervuild door een aantal chemische stoffen en bleken er toxicologisch ook duidelijk schadelijke effecten voor testorganismen aantoonbaar te zijn. Normen hebben tot doel te voorkomen dat levende organismen schadelijke effecten ondervinden door de aanwezigheid van vervuilende chemische stoffen en worden in principe opgesteld voor de blootstellingszijde (bv. de concentratie mag niet boven de tolerantiegrens van de doelwitorganismen gaan).

Ook bij normering van milieugevaarlijke stoffen in de waterbodem is het de vraag of dit in voldoende mate onze levende organismen kan beschermen. Totaalgehalten in de waterbodem geven weinig informatie over effectief beschikbare biologische fracties. Uit een eerste vergelijking van de beschikbare gegevens van pollutantconcentraties in waterbodem en biota (op een beperkte set van gemeenschappelijke meetplaatsen) bleek dat de verschillende pollutanten in zeer verschillende mate van de waterbodem naar de paling doorstroomden. Zo blijken van de gechloreerde contaminanten

PCB's en lidaan het meeste door te stromen, terwijl voor zware metalen vooral bij kwik de BSAF (*biota sediment accumulation factor*) het hoogst is. Verder blijkt de verhouding tussen meetgegevens in waterbodems en paling nogal variabel te zijn, hetgeen enerzijds een gevolg kan zijn van de onvoldoende afstemming van de twee meetstrategieën (zowel ruimtelijk als temporeel), maar anderzijds de variatie in biobeschikbaarheid van een contaminant vanuit verschillende waterbodems kan illustreren. (Belpaire *et al.*, 2000). Specifieke eigenschappen van de bodem hebben een belangrijke invloed op de doorstroming en beschikbaarheid van de pollutanten naar biota. Ondanks mogelijke toepassingen van partitiemodellen en aanpassing via bodemtypecorrectie blijft het doorrekenen van totaalgehalten naar risico-beoordeling voor het milieu, moeilijk. Effecten van temporele veranderingen van omgevingsfactoren, bv door seizoensvariaties, maar ook andere externe effecten (golfslag, bevaring, stroming, aanwezigheid van bodemwoelende soorten, oeverkwaliteit, oevergebruik, beheer, ...) zijn moeilijk voorspelbaar en onmogelijk in theoretische modellen te vatten. Hieruit volgt dat totaalgehalten in bodem en waterbodems weinig directe relevantie bieden voor effect- en risico-beoordeling voor het milieu (RIZA, 2000).

Bij blootstellingsgerichte normering worden de normen vastgelegd op metingen van concentraties van specifieke stoffen in de verschillende compartimenten.

Voordeel hier is dat bij normoverschrijdingen de specifieke oorzaken wel bekend zijn: een overschrijding van een specifieke cadmiumnorm wijst op een verontreiniging door dat specifiek zwaar metaal. Bij deze blootstellingsgerichte normering zijn dus wel directe brongerichte maatregelen mogelijk. Dit in tegenstelling tot effectgerichte normen die gericht zijn op het voorkomen van (effecten in) doelwitorganismen (bv de IBI (index voor biotische integriteit) en de BBI (Belgische biotische index)). Hier gaat men vooral globale effecten op het ecosysteem, op soortassociaties of op een soort meten.

Wil men het aquatisch ecosysteem efficiënt beschermen dan is het wel nodig om voor elk van de potentieel schadelijke stoffen een norm te ontwikkelen. Ook moeilijk is de keuze van het compartiment dat men wil normeren. Naast overwegingen van praktische aard (meetbaarheid, concentraties, kostprijs, moeilijkheid van staalnames, ...) is het essentieel om over informatie te beschikken omtrent het gedrag van pollutanten doorheen de verschillende compartimenten, en ook binnen de compartimenten zelf, wil men een juiste keuze maken van in welk compartiment voor een gegeven stof best genormeerd wordt.

Normen zijn waarden waaraan de toestand van het voorkomen van een bepaalde stof in een bepaald compartiment van het ecosysteem kan getoetst worden. Bij overschrijding van een norm kunnen bepaalde maatregelen genomen wor-

den. Verschillende normtypes kunnen worden gebruikt (tolerantienormen, saneringsnormen, emissienormen, consumptienormen, ...), waarbij bij normoverschrijding verschillende types van maatregelen mogelijk zijn (sanering, verbod op lozing, verbod op consumptie of het in de handel brengen, ontrading van consumptie, ...). Het type norm dat gebruikt wordt is afhankelijk van welk effect men wil bereiken. Wil men belletten dat er risico's bestaan dat vervuiling schadelijke effecten op de mens zou veroorzaken dan worden er op voedingsmiddelen die door de mens verbruikt worden consumptienormen ingesteld. Wil men het ecosysteem van schadelijke effecten vrijwaren dan kunnen er natuurgerichte of ecosysteemnormen vastgelegd worden, enz ...

In tabel 3 staat een summier overzicht weergegeven hoe bepaalde milieukwaliteitsnormen geïnterpreteerd kunnen worden bij paling. Hiertoe werden o.a. de definities van normtypes gebruikt van de Commissie Evaluatie Milieu-uitvoeringsreglementering (CEM, 1998).

Maar ook de Europese Kaderrichtlijn Water (EU, 2000) stuurt aan om normen vast te stellen in biota en stelt zelfs een procedure voor, voor de vaststelling van deze normen. Via veldstudies en uit gegevens van persistentie en bioaccumulatie is het mogelijk om normeringen af te leiden.

Uit de gegevens van het palingpolluentenmeetnet werd op een gelijkaardige wijze als bij de TRIADE beoordeling (De Deckere *et al.*, 2000) voor elk van de geanalyseerde verontreinigende stoffen de referentiewaarde bepaald. De nodige voorwaarden zijn daartoe vervuld (geografisch ruim verspreid en een voldoende aantal meetplaatsen). Op basis van deze referentiewaarden (RV van Reference Value) worden de gemeten gemiddelde concentraties van de stof ingedeeld in vier klassen. Deze zijn gebaseerd op de mate van afwijking ten opzichte van deze referentiewaarden.

Figuur 7 geeft een voorbeeld van deze benadering voor PCB's (Som van de zeven merker-PCB's).

Klassen 1 tot 4 komen respectievelijk overeen met niet afwijkend, licht afwijkend, afwijkend en sterk afwijkend van de referentiewaarde. De bovengrens van klasse 1 wordt beschouwd als streefwaarde, die van klasse 2 als richtwaarde. De op 16 april 2002 ingestelde consumptienorm voor PCB's in vis (75 ng/g BW) valt binnen klasse 2 maar stemt bijna overeen met de streefnorm. Alle meetplaatsen van klasse 4 overschrijden de grensnorm (460 ng/g BW), op deze grensnorm kan de saneringsnorm gekozen worden. In dit specifieke geval, voor PCB's, zou dit betekenen dat op basis van de concentraties gemeten in paling 34 % van de sites (of 89 meetplaatsen gesaneerd dienen te worden. Zoals verder gesteld worden bij deze beslissing ook andere meetwaarden in rekening gebracht (Triade-beoordeling) en zal de keuze om al dan niet te saneren nog van andere factoren afhangen.

Tabel 3: Overzicht van mogelijke normdefinities toegepast op biota (paling).

Norm	Algemeen	In biota (paling)
Streefnorm	Streefnormen geven het milieukwaliteitsniveau aan waarbij geen nadelige effecten te verwachten zijn.	Het gehalte aan verontreinigende stoffen in paling dat als normale achtergrondwaarde in niet-verontreinigde paling aanwezig is. In de praktijk komt deze waarde heel vaak overeen met de detectielimiet. Voor bepaalde elementen die op natuurlijke wijze in ons milieu voorkomen, zoals bepaalde (essentiële) metalen, kan die waarde afwijken van de detectielimiet. Voor die elementen kunnen indien nodig gebiedseigen streefwaarden vastgelegd worden.
Richtnorm	Richtnormen bepalen het milieukwaliteitsniveau dat zoveel mogelijk moet worden bereikt of gehandhaafd met opgave van tijdstip voor de realisatie.	Het hoogste gehalte aan verontreinigende stoffen in paling, dat zoveel mogelijk moet worden bereikt of gehandhaafd.
Grensnorm	Grensnormen zijn wetenschappelijk onderbouwde milieukwaliteitsnormen die niet mogen worden overschreden (CEM).	Het gehalte aan verontreinigende stoffen in paling, dat niet mag overschreden worden wegens het risico van ernstige nadelige effecten voor de volksgezondheid en/of het leefmilieu.
Referentiewaarden	Het geometrisch gemiddelde van de laagste 12 waarden gemeten in een meetnet dat voldoende geografisch verspreid is en dat bestaat uit een voldoende aantal meetplaatsen (Triade-meetnet waterbodem).	De vijf percentielwaarde van de gemiddelde concentraties per locatie van 300 locaties in Vlaanderen.
Consumptienorm		Consumptienormen in paling worden vastgelegd door het federaal ministerie voor Volksgezondheid. Deze normen worden gekozen in functie van ADI richtwaarden of op basis van het ALARA principe ('As low as reasonably achievable'). Een aantal consumptienormen zijn zodanig gekozen dat ze stellen dat contaminanten niet in levensmiddelen mogen voorkomen. Dit komt in principe neer op de detectielimiet.
Saneringsnorm		Concentratie in paling of in andere indicatoren van een of een combinatie van verontreinigende stoffen, waarbij bij overschrijding tot sanering dient te worden overgegaan. Meestal is een saneringsnorm indicatief en wordt deze afgewogen ten opzichte van andere meetgegevens. Ook andere aspecten (ecologie, economie, volksgezondheid, budgettaire implicaties, technische realiseerbaarheid, ...) spelen een rol in dit afwegingskader.

Ook voor de andere verontreinigende stoffen dienen gelijkaardige oefeningen en vergelijkingen te gebeuren.

Volgens CEM (1998) moeten de kwaliteitsdoelstellingen voor de waterkolom in overeenstemming zijn met de normen voor de waterbodem. Analooq is het wenselijk dat de normen voor biota in overeenstemming zijn met de normen in de waterbodem en in de waterkolom.

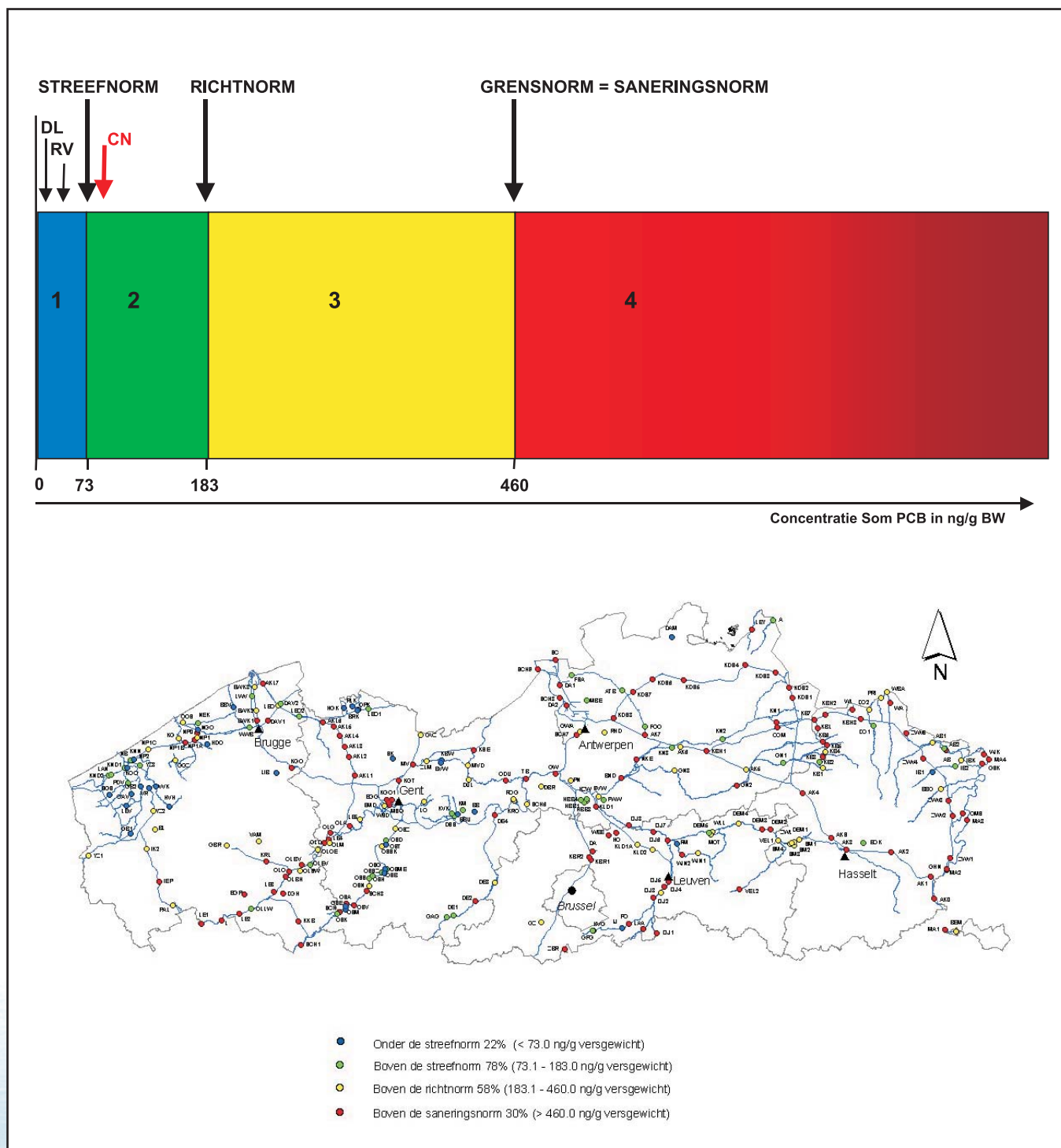
Vergelijking van de indeling op basis van de palingkwaliteitsklassen met de overige classificaties dient in de toekomst nog verder uitgewerkt te worden.

Volksgezondheid

Naast het meten van de toestand van de vervuiling door milieugevaarlijke stoffen, heeft monitoring in biota en meer specifiek in vis vanzelfsprekend toepassingen naar volksgezondheid. Paling is nog steeds één van de meest geëerde zoetwatervissoorten. Uit een recente

enquête (eind 2002 in het tijdschrift "Le pêcheur Belge") waarbij gepeild werd naar het aandeel van door Waalse sportvissers gevangen paling bleek dat 63% van de paling effectief geconsumeerd wordt. Men mag aannemen dat in Vlaanderen dit percentage vóór het instellen van het meeneembod (zie hieronder) alleszins nog hoger was, gelet op het feit dat in Vlaanderen paling traditioneel als een culinair hoogstaande en daarom geëerde vissoort beschouwd werd. In de verwerking van de Waalse enquête wordt gesteld dat 2% van de vissers exclusief palingvissers zijn. Uit een enquête uitgevoerd door de Vlaamse Vereniging van Hengelsport Verbonden in Vlaanderen in 1996 en 2001 blijkt dat ca 10% van de Vlaamse hengelaars de palingvisserij beoefent. Tussen 1996 en 2001 blijkt een lichte daling van het aandeel palingvissers van 11,4% naar 9,2%. Het aantal palingvissers in Vlaanderen wordt momenteel geschat op 16 200 (Coussement, 2002). Gelet op de hoge concentraties verontreinigende stoffen kan (overmatige) consumptie van paling uit bepaalde waters dan ook schadelijk zijn voor de mens. In

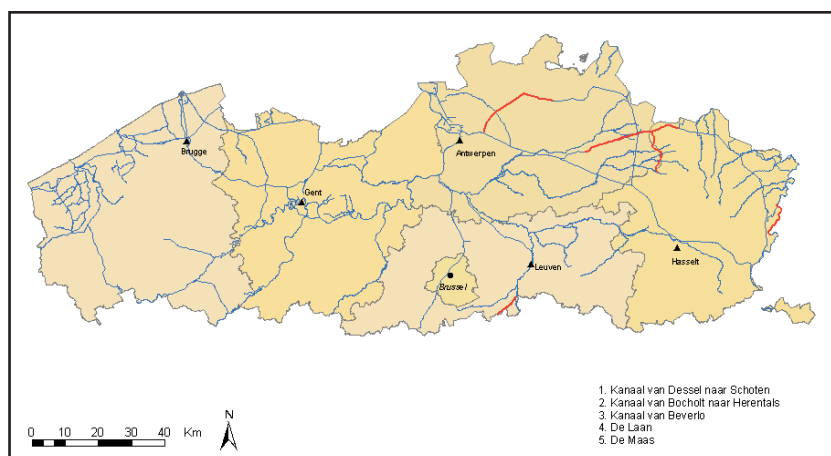
Figuur 7: Schematische voorstelling van de klassen bij de deling van de kwaliteitstoestand voor Som merker-PCB's in paling (uitgedrukt in versgewicht, BW) volgens afwijkingsklassen ten opzichte van de referentietoestand en aanduiding van streefwaarde, richtwaarde en grenswaarde (DL detectielimiet 2 ng/g BW; RV referentiewaarde 29 ng/g BW; CN consumptienorm 75 ng/g BW) (naar Weltens et al. (2002), gewijzigd) en kaartoverzicht van de toestand met betrekking tot de normoverschrijdingen.



een eerste nota van de Vlaamse gemeenschapsminister voor Leefmilieu en Landbouw Vera Dua werd in 1999 de consumptie van zelfgevangen paling op de zwaarst vervuilde meetplaatsen sterk ontraden (Dua, 1999). Nadien werden PCB-normen in vis vastgelegd door de federale minister van Volksgezondheid en Milieu Magda Aelvoet. Aansluitend, werd in het voorjaar van 2002 door Vera Dua (2002 a en b) een aantal gerichte maatregelen genomen, waaronder een totaal meeneemverbod voor alle vis op de

zwaarst vervuilde sites tot eind 2005 (Figuur 8), en een algemeen meeneemverbod voor paling, gekoppeld aan maatregelen inzake preventie en sanering. Op vraag van het Visserijfonds (25 februari 2003) heeft ook de Administratie Gezondheidszorg het advies bevestigd om het meeneemverbod en het consumptieverbod van paling uit de Vlaamse wateren te behouden en dat wegens de te hoge concentraties van gezondheidsschadelijke stoffen. Recente Europese normeringen, maar ook de

Figuur 8 : Zones waar een totaal meeneemverbod voor vis ingesteld werd tot eind 2005 (de Laan, het kanaal van Beverlo en delen van het Kanaal van Dessel naar Schoten, van het Kanaal van Bocholt naar Herentals en van de Maas).



recente analyses van nieuwe stoffen in paling (bv gebromeerde vlamvertragers op specifieke plaatsen in het Scheldebekken) en de gehalten van sommige stoffen in andere soorten (roofvis) zijn bijkomende elementen die de nodige aandacht verdienen bij een herziening van het te voeren beleid.

Sanering van waterbodems

Een niet onbelangrijk deel van de milieugevaarlijke stoffen teruggevonden in paling is afkomstig van doorstroming uit (historisch) vervuilde waterbodems. Omwille van het toxische en bioaccumulerende karakter van deze stoffen verdient het aanbeveling deze waterbodems vanuit ecologische en ecotoxicologische overwegingen te saneren. Dua (2002b) besliste om na te gaan wat de mogelijke herkomst is van de vervuiling op deze vijf meest verontreinigde plaatsen en welke saneringsmaatregelen er kunnen worden genomen.

Binnen de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeheer (CIW) is een werkgroep actief rond de voorbereiding van een sectoraal uitvoeringsplan bagger- en ruimingsspecie (SUP). Het SUP vertrekt van een actuele situatie (kwaliteit en kwantiteit van baggerspecie en ontwikkelt een tienjarensceario voor de vervuilde bagger- en ruimingsspecie), met een specifieke aanpak voor kunstmatige en sterk veranderde waterlichamen. Op basis van het SUP moeten waterbodemsaneringsplannen opgemaakt worden voor alle waterlopen met een ecologische kwaliteitsbeoordeling 3 of 4 volgens de Triadebenadering, met prioriteit voor 4. Uiteraard vormen de gegevens inzake biobeschikbaarheid voor biota, en dus (onrechtstreeks) ook voor de mens, een belangrijke indicatorenset waaraan de prioritering van de saneringsplannen dient gekoppeld te worden.

Andere maatregelprogramma's

Naast het belang voor de sanering van de waterbodems genereert het palingpolluentenmeetnet basisinformatie voor verschillende maatregelprogramma's inzake het beleid rond milieugevaarlijke stoffen. Het opvolgen van de daling van PCB's in biota zal de resultaten van de beleidsinspanningen inzake het verwijderen van PCB-houdende toestellen (OVAM) in beeld kunnen brengen. Inzake de problematiek van pesticiden geeft het palingpolluentenmeetnet een aantal knelpunten aan, waar in de bekkenbeheerplannen aan gewerkt dient te worden: aanduiding van een aantal zwaar vervuilde zones, aantonen van het sterk bioaccumulerende karakter van bepaalde toegelaten producten, aantonen dat stoffen die al sedert de jaren '70 verboden zijn (zoals DDT) toch nog altijd op sommige plaatsen teruggevonden worden, ... Strengere regelgeving (bv lindaan werd verboden in juni 2002), afbouw chemische bestrijding in het waterwegenbeheer, mechanische onkruidbestrijding, sensibilisatie, aandacht voor een correcte landbouwpraktijk, initiatieven rond de ontwikkeling van beveiligde tappunten, aanleg van bufferoeverzones, ... zijn maatregelen die hierrond kunnen genomen worden.

Meetresultaten van 'nieuwe' milieugevaarlijke stoffen (zoals BFR's, PFOS en VOS) dienen goed geëvalueerd te worden. Vooral voor toxische en bioaccumulerende stoffen dienen maatregelprogramma's dringend opgestart te worden (monitoring van de vervuiling, in beeld brengen van het gebruik en de emissie door de industrie en normering).

Besluit

Het Vlaams palingpolluentenmeetnet kent een veelheid aan toepassingen met betrekking tot het voorkomings- en saneringsbeleid voor milieugevaarlijke stoffen in ons milieu. Het heeft toepassingen naar normering en naar het duiden van doorstroming naar natuur en mens. Het meetnet dient verder voldoende aandacht te geven aan de verspreiding van nieuwere, weinig bekende gevaarlijke stoffen. De opzet van het palingpolluentenmeetnet stemt overeen met de geest van de Europese Kaderrichtlijn Water waar de bescherming van de aquatische ecosystemen en het duurzaam gebruik van water de finaliteit is. Momenteel wordt binnen een dochterrichtlijn (EU, in prep) van de EU Kaderrichtlijn Water gesteld hoe de lidstaten milieugevaarlijke stoffen moeten monitoren in biota.

Referenties

- Barak, N.A.E. en Mason, C.F. , 1989. A survey of heavy metal levels in eels from some rivers in East Anglia, England and the use of eels as pollution indicators. EIFAC (FAO) Working party on eel in Porto, Portugal.
- Belpaire, C., Van Thuyne, G., Callaars, S., Roose, P., Cooreman, K. en Bossier, P., 1999. Spatial and temporal variation in organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl pollution in fresh water aquatic ecosystems in Flanders using the European eel (*Anguilla anguilla* L.) as an indicator. EIFAC/ICES, WORKING GROUP ON EEL, Silkeborg (DK), 20-25 Septembr 1999
- Belpaire C., De Cooman W. en Florus M., 2000. Resultaten van een overleg rond gemeenschappelijke gegevens van waterbodemonderzoek en bioaccumulatieanalyses in paling. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Groenendaal, IBW. Wb.VR.2000.077]
- Belpaire, C., Goemans, G., de Boer, J., Van Hooste, H., 2003. Verspreiding van gebromeerde vlamvertragers. In : Mira-T 2003, p. 387-395
- Buemer, J.P., 1979. Feeding and movements of *Anguilla australis* en *A. reinhardtii* in Macleods Morass, Victoria, Australia. Journal of Fish Biology 14, 573-592.
- Block, C., Vandecasteele, C., Andriessens, S. Goemans, G., Belpaire, C., Roose, P., Van Hooste, H., 2003. Verspreiding van vluchtige organische stoffen (VOS). In : Mira-T 2003, p.137-146
- CEM (1998). CEM VII - Milieukwaliteitsdoelstellingen. Eindverslag over de evaluatie van de milieukwaliteitsdoelstellingen. Commissie Evaluatie Milieu-uitvoeringsreglementering. December 1998. 132 p. + bijl..
- Coussement, M., 2002. De grote V.V.H.V. hengelsport-enquête. Hét hengselblad, 6 (2002): 11-19
- De Deckere, E., De Cooman, W., Florus, M. en Devroede-Vander Linden, M.P. 2000. Karakterisatie van de bodems van de Vlaamse bevaarbare waterlopen. AMINAL / AWZ, 56p.
- Dekker, W. , 2002. Monitoring of glass eel recruitment. Netherlands Institute of Fisheries research, report C007/02-WV, 2 volumes.
- den Besten, P.J., Vink, J.P.M. Boks, G.M. , Kruyt, N.M. en Arts, T., 2000. Afwegingskader sanering waterbodem, oever en/of landbodem. RIZA, Lelystad, 73 p.
- Dua, V., 1999. PCB's, pesticiden en zware metalen in rivierpaling. Persmededeling van het kabinet van Minister Vera Dua , Vlaams Minister van Leefmilieu en Landbouw, 30 november 1999
- Dua, V., 2002a. Minister ontraadt consumptie van rivierpaling. Persmededeling van het kabinet van Minister Vera Dua , Vlaams Minister van Leefmilieu en Landbouw, 5 maart 2002
- Dua, V., 2002b. Teruggooiplicht voor paling uit Vlaamse rivieren. Persmededeling van het kabinet van Minister Vera Dua , Vlaams Minister van Leefmilieu en Landbouw, 12 maart 2002
- EU, in prep. Directive of the European parliament and the Council on environmental quality standards and emission controls in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC and 96/61/EC
- EU, 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid
- Ford, T.E. en Mercer, E., 1986. Density, size distribution and home range of American eels, *Anguilla rostrata*, in a Massachusetts salt marsh. Environmental Biology of Fishes 17, 309-314.
- Goemans G., Belpaire C., Raemaekers M., Guns M. (2003) Het Vlaamse paling-polluentenmeetnet, 1994-2001: gehalten aan polychloorbifenylen, organochloorpesticiden en zware metalen in paling. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Groenendaal, IBW.Wb.VR. 2003.99.
- Gunning, G.E. en Shoop, C.R., 1962. Restricted movements of the American eel, *Anguilla rostrata* (Leseur) in freshwater streams, with comments on growth rate. Tulane Studies in Zoology. New Orleans, 9, 265-272.
- Hoff PT, Van Campenhout K, Van de Vijver K, Bervoets L, Covaci A, Moens L, Huyskens G, Goemans G, Belpaire C, Blust R, De Coen WM., submitted. Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and organohalogen pollutants in liver of three freshwater fish species in Flanders (Belgium): relationships with biochemical and organismal effects.
- Maes, Y., 2003. Onderzoek naar de grootte van het foeragegedrag van palingen uit de Weerdse visvijver in functie van het Vlaamse palingpolluentenmeetnet. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer en Hogeschool Brabant, 49 p + bijlagen

- Mc Cleave, J.D., P.J. Brickley, K.M. O'Brien, D.A. Kistner, M.W. Wong, M. Gallagher en S.M. Watson, 1998. Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters? Status of the question.. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 78(1): 285-306.)
- Moreau, G. en Barbeau, C. , 1982. Les métaux lourds comme indicateurs d'origine géographique de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39:1004-1011.
- Morris, S., Colin R. Allchin, Bart Zegers, Joris J.H. Hafka, Jan P. Boon, Claude Belpaire, Pim G. Leonards, Stefan P.J. van Leeuwen en Jacob de Boer, 2004. The Distribution and Fate of HBCD and TBBPA Brominated Flame Retardants in North Sea Estuaries and Aquatic Food Webs. Environmental Science and Technology 38, 5497-5504
- Nouwen, J., Geuzens, P., Den Hond, E., Nawrot, T., Jan Staessen, J., Goemans, G., Belpaire, C. en Van Hooste, H., 2003. Verspreiding van zware metalen. In : Mira-T 2003, achtergronddocument
- Overloop, S., Steurbaut, W., De Smet, B., Theuns, I., De Cooman, W., Goemans, G. en Belpaire, C., 2003. Verspreiding van bestrijdingsmiddelen. In : Mira-T 2003, p. 171-181
- Roose, P., Van Thuyne, G., Belpaire, C., Raemaekers, M. en Brinkman, U., 2003. Determination of VOCs in yellow eel from various inland water bodies in Flanders (Belgium). J. Environ. Monit 2003, 5 p.876-884
- Simoens I., Breine J.J., Verreycken H. en Belpaire C. , 2002. Fish Stock Assessment of Lake Scholen, Flanders: A comparison between 1988 and 1999. In : Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries (ed. I.G.Cowx). Fishing News Books, Blackwell Science, , 404 pp.
- Van Thuyne G., Belpaire C., Guns M. en Denayer B., 1995a. Monitoring van de vispopulaties en de visveeskwaliteit op het Boude-wijnkanaal. Rapport Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Groenendaal, IBW.Wb.VR.94.031
- Van Thuyne, G., Belpaire, C. en Guns, M., 1995b
Onderzoek van gehalten aan zware metalen in vis van enkele Vlaamse binnenwateren
Rapport Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Groenendaal, IBW.Wb.VR.95.033
- Versonnen, B.J., Goemans, G., Verslycke, T., Arijs, K., Belpaire, C. en Janssen, C.R., 2003. First monitoring of the occurrence of endocrine disruption in inland populations of eel (*Anguilla anguilla*), roach (*Rutilus rutilus*), rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) and tench (*Tinca tinca*) in Flanders (Belgium). SETAC U.K./SETAC Europe meeting on endocrine disrupters in the environment - Linking research and policy, March 31st- April 1st 2003, York, U.K.
- Versonnen, B.J., Goemans, G., Belpaire, C. en Janssen, C.R., 2004. Vitellogenin content in European eel (*Anguilla anguilla*) in Flanders, Belgium. In : Environmental pollution 128 (2004) 363-371
- Weltens, R., Goemans, G., Huyskens, G., Witters, H. en Belpaire, C., 2002
Wetenschappelijke onderbouwing voor de normering van pollutanten in Vlaamse oppervlaktewateren en selectie van ecologische en exotoxicologische indicatoren voor de waterkwaliteit. Rapport i.o.v. VMM, VITO en IBW, IBW.Wb.VR.2002.88
- Weltens, R., Goemans, G., Huyskens, G., Belpaire, C. en Witters, H., 2003. Evaluatie van de kwaliteitsnormering voor oppervlaktewater in Vlaanderen: een praktijkstudie. Water, september 2003: 1-9
- Yamaguchi, N., Gazzard, D., Scholey, G. en Macdonald, D.W. , 2003. Concentrations and hazard assessment of PCBs, organochlorine pesticides and mercury in fish species from the Upper Thames: river pollution and its potential effects on top predators. Chemosphere 50(3): 265-273.