

# Bronnen, paden en lotgevallen van probleemstoffen in de Waddenzee

*'Factsheets'*

**Titel** Bronnen, paden en lotgevallen van probleemstoffen  
in de Waddenzee. 'Factsheets'

**Correspondentie adres** Rijksinstituut voor Kust en Zee/ RIKZ  
Postbus 207  
9750 AE Haren

**Contactpersoon** K.van de Ven: C.L.M.vdVen@rikz.rws.minvenw.nl

## Inleiding

### ***Kader en algemene doelstelling***

De Rijkswaterstaatsdirecties Noord-Nederland en Noord-Holland hebben het beheer van de waterkwaliteit van de Waddenzee in handen. Voor een duurzame ontwikkeling en uitvoering van het **waterkwaliteitsbeheer van de Waddenzee** is onder meer kennis van de aanvoer en de verspreiding van stoffen en de effecten van stoffen op organismen noodzakelijk.

Het project 'Lakmoes'<sup>1</sup> bevat een aantal producten die de **chemische kwaliteit** van de Waddenzee in beeld brengen. Deze factsheets en/of factsheet- map behoren tot deze producten.

Naast deze papieren factsheets zijn er nu ook websheets ontwikkeld. De websheet is een verkorte populaire vorm v/d factsheet voor een brede doelgroep. Deze websheets zijn beschikbaar via de internetsite <http://www.waddenzee.nl/waterkwaliteit>.

De waterkwaliteit wordt onder andere bepaald door het toetsen van stoffen aan de normen. Uit de toetsing vloeien probleemstoffen voort. Een probleemstof is binnen Rijkswaterstaat gedefinieerd als

a: een stof die de streefwaarde (VR, verwaarloosbaar risico) of achtergrondwaarde of indicatieve MTR overschrijdt in water, sediment of zwevend stof.

b: een stof die een zodanige trend volgt dat dit mogelijk op de korte termijn tot overschrijding van de norm zal lijden.

Een factsheet geeft informatie over een **probleemstof** of **probleemstoffen -groep** in de Waddenzee. Voor de beheersdirecties geeft de gebundelde kennis informatie over de invloed van diverse bronnen en aanvoerroutes en hiermee ook zicht op mogelijk te nemen maatregelen op regionaal niveau ten aanzien van een bepaalde stof. Tevens geeft de ontwikkeling van de factsheets een beter inzicht in witte vlekken in de kennis over die stof

**De factsheets zijn het resultaat van een pilotstudie, bestaand uit onder meer het inventariseren, samenvatten en leesbaar maken van de beschikbare informatie en kennis over een probleemstof. De relevante informatie is opgebouwd op een manier waarbij overzicht en mogelijkheid tot actualisering centraal staan.**

De factsheets zijn opgebouwd uit de hoofdstukken introductie, beleid, bronnen (aanvoerroutes), paden (routes en processen), lotgevallen (afbraak en ophoping) en terugdringen van emissies. De stoffen met de grootste normoverschrijding zijn als eerste meegenomen in een factsheet. Het uiteindelijke doel is de top twintig van probleemstoffen in de Waddenzee te behandelen.

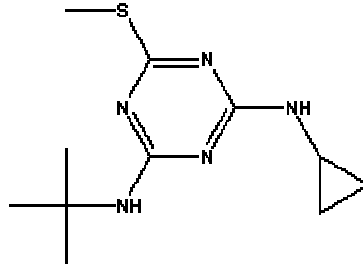
De beschikbare factsheets ( maart 2003) zijn:

- TBT (1<sup>e</sup> versie, december 2001)
- TFT (1<sup>e</sup> versie, december 2001)
- Irgarol (1<sup>e</sup> versie, december 2002)
- Antraceen (1<sup>e</sup> versie, december 2002)
- Benzo[a]pyreen (1<sup>e</sup> versie, december 2002).

---

<sup>1</sup> In Lakmoes wordt de Waddenzee beschouwd als lakmoespapiertje voor de chemische kwaliteit van het Nederlandse mariene en estuariene milieu.

## IRGAROL



**Auteurs**

Datum laatste bijwerking

*Mike Rasenberg en Erik van de Plassche*  
(Royal Haskoning)

**28 november 2002**

## 1. INTRODUCTIE

Irgarol (N'-tert-butyl-N-cyclopropyl-6-(methylthio)-1,3,5-triazine-2,4-diamine) wordt gebruikt als actieve ingrediënt in aangroeiwerende middelen. Dit zijn biociden ofwel bestrijdingsmiddelen die buiten de landbouw gebruikt worden.

Irgarol wordt, onder de naam Irgarol 1051, gebruikt als actieve ingrediënt in aangroeiwerende verven voor schepen. Deze middelen staan ook bekend onder de naam anti-fouling. Deze middelen bestrijden verschillende organismen zoals diatomeeën, algen en zeepokken. Irgarol bestrijdt specifiek de aangroei van algen.

De stof wordt wereldwijd gebruikt en komt wijdverbreid voor in Europese estuariene kustwateren en sedimenten. Op dit moment zijn weinig meetgegevens voor de Nederlandse Waddenzee beschikbaar. Uit de beschikbare gegevens komt een seizoensgebonden patroon in de concentraties naar voren, welke pieken heeft in de vroege zomer. De gemeten concentraties in zoute wateren in Nederland liggen dichtbij de indicatieve MTR-waarde, de waarde waarbij het Maximaal Toelaatbaar Risico wordt bereikt [4]. Deze factsheet is voor een groot deel gebaseerd op informatie van de producent Ciba Specialty Chemicals en uit een Europees project: het ACE onderzoek "Assessment of antifouling agents in coastal environments".

Tabel 1. Stofkarakteristieken Irgarol

Cas nummer	28159-98-0
EINECS	248-872-3
molecuulformule	C <sub>11</sub> H <sub>19</sub> N <sub>5</sub> S
dampspanning	8,8 * 10 <sup>-5</sup> Pa
wateroplosbaarheid	9,0 mg/l
log octanol-water partiticoëfficiënt (Pow)	2,80

### Geschiedenis en toepassing

Verven die Irgarol als aangroeiwerend middel bevatten zijn rond 1985 geïntroduceerd op de Europese markt [15]. In Europa wordt Irgarol praktisch overal toegepast [31]. Irgarol wordt slechts beperkt toegepast in het Verenigd Koninkrijk, Zweden en Denemarken. Irgarol wordt – voor zover bekend - alleen geproduceerd door Ciba Specialty Chemicals Inc in Zwitserland [23-26]. Als aangroeiwerend middel in verven voor schepen wordt Irgarol door Ciba op de markt gebracht onder de naam Irgarol 1051 en in bouwtoepassingen (coatings) onder de naam Irgarol 1071. Daarnaast kent Irgarol nog twee andere toepassingen (zie beleid). In Nederland wordt Irgarol alleen gebruikt als aangroeiwerend middel in verven voor schepen.

Irgarol is een zogenaamde ' booster biocide' . Deze worden gebruikt in combinatie met andere middelen zoals koper (I) oxide of koperthiocynaat. Sommige algen die in de zee veel voorkomen (zoals *Enteromorpha sp.* en *Amphora sp.*) zijn resistent tegen koper. Om ook deze algen te bestrijden worden de ' booster biociden' ingezet [27]. De maximale concentraties Irgarol 1051 die in het uiteindelijke product (de verf) worden gebruikt is 15% [6]. Volgens de specificaties van Ciba Specialty Chemicals, worden hoeveelheden van maximaal 1% voor bouwtoepassingen en 5% als aangroeiwerend middel in scheepsverf aanbevolen [23-26].

### Huidig gebruik

Er wordt minder dan 10 maar meer dan 1000 ton per jaar geproduceerd danwel geïmporteerd in Europa [17]. Exacte productie- en/of importcijfers zijn niet bekend. De hoeveelheden die geïmporteerd worden naar Nederland of die in Nederland gebruikt worden zijn niet bekend. Dit geldt voor alle mogelijke toepassingen van Irgarol (zie Toelating).

### Probleemstof

De concentraties in water die op dit moment in de Nederlandse Waddenzee gemeten worden liggen rond de indicatieve MTR waarde. Per 01-01-2003 zal het tot voor kort meest gebruikte aangroeiwerend middel tributyltin (TBT) verboden worden. Het gebruik van Irgarol zou hierdoor kunnen gaan toenemen.

### Plaats binnen de anti-foulingstoffen

Irgarol is een zogenaamde "booster biocide". Deze biociden worden vaak gebruikt in combinatie met koper of zink oxide [4]. Andere aangroeiwerende middelen die in Nederland zijn toegelaten zijn dichloorfluanide, zineb en ziram.

## 2. BELEID

Onderscheid moet gemaakt worden in algemeen stoffenbeleid van de diverse ministeries en het toelatingsbeleid. Het ministerie van VROM en RWS voeren geen specifiek beleid ten aanzien van Irgarol. Irgarol mag in het Verenigd Koninkrijk niet worden toegepast voor niet-professionele doeleinden. In Denemarken is het gebruik van Irgarol sinds 2000 verboden voor pleziervaartuigen [20]. Slechts 40% van de schepen die varen over het NCP (Nationaal Continentaal Plat) varen onder Nederlandse vlag. Omdat het NCP circa 10% van het totale oppervlak van de Noordzee is hebben wijzigingen in Nederlandse wetgeving slechts in beperkte mate invloed op het milieu [19]. Voor de Waddenzee geldt dat het overgrote deel van de schepen onder Nederlandse of Duitse vlag vaart. Wijzigingen in de Nederlandse (en Duitse) wetgeving zullen dus wel invloed hebben op het milieu van de Waddenzee. Hierbij moet opgemerkt worden dat de bronnen van Irgarol vooral de pleziervaart en visserij zijn in de Nederlandse Waddenzee.

Vanuit de United Nations houdt het IMO (International Maritime Organization) zich bezig met het mariene milieu [20]. De regelgeving die door het IMO is aangenomen beperkt zich tot nu toe tot het (verbod op het) gebruik van organotinverbindingen. Er zijn nog geen verboden (of andere beperkingen) in het gebruik van Irgarol vastgesteld [20]. Opgemerkt dient te worden dat veel grote transportschepen varen onder de vlag van landen die niet zijn aangesloten bij het IMO.

### Toelating

Het College voor Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB) is in Nederland verantwoordelijk voor de toelating van biociden zoals Irgarol. Irgarol is in Nederland alleen toegelaten als aangroeiwerend middel in verf. De toelating geldt tot 1 januari 2003 [32].

Aangezien de toelating van biociden in de nabije toekomst op Europees niveau geregeld gaat worden via de Biocidal Product Directive (BPD) [21] zal de toelating van Irgarol voorlopig automatisch verlengd worden. Een beslissing op basis van de nieuwe Europese wetgeving voor toelating wordt door het CTB in 2006 – 2007 verwacht [32].

Vanuit de BPD worden eisen gesteld aan de set aan gegevens die beschikbaar dient te zijn. Aan de hand van deze gegevens zullen risicobeoordelingen worden uitgevoerd waarna een middel al dan niet toegelaten wordt voor de Europese markt. De implementatie termijn voor de BPD is 10 jaar [21]. Ook Irgarol is aangemeld en wel onder de productgroepen:

- “groep 7: film preservative”: bescherming van film (geen toelating in Nederland),
- “groep 9: fibre, leather, rubber and polymerised materials preservatives”: bescherming van vezels, leer, rubber en plastics (geen toelating in Nederland),
- “groep 10 masonry preservatives”: bescherming van voeg en metselwerk (geen toelating in Nederland),
- “groep 21 anti-fouling products”: aangroeiwerende middelen (toelating in Nederland).

### Normen

In 2001 zijn voor Irgarol normen voor oppervlaktewater en sediment afgeleid door het RIVM [4]. Afgeleid zijn waarden voor het MTR (maximale toelaatbare risico) en VR (verwaarloosbaar risico). Deze zijn opgenomen in onderstaande tabel. De MTR en VR waarden zijn nog niet vastgesteld door het ministerie van VROM en hebben dus nog geen formele status. Ze worden daarom indicatieve MTR en VR waarden genoemd.

Tabel 2. Indicatieve MTR en VR waarden voor Irgarol

Compartiment	MTR waarde	VR waarde
Water (opgelost)	24 ng/l (2,7 – 73)	0,24 ng/l
Sediment	1,4 g/kg	14 ng/kg

De indicatieve MTR waarde van 24 ng/l is berekend op basis van ecotoxicologische gegevens voor zoet- en zoutwater organismen (planten en algen) [4].

### 3. BRON

De belangrijkste toepassing van Iragrol is als aangroeiwerend middel in verven voor schepen. De emissiepunten zijn de havens waar onderhoud aan schepen plaatsvindt en de schepen zelf gelegen zijn.

De belangrijkste variabele voor het bepalen hoeveel Irgarol er in het milieu komt is de uitloogsnelheid. De uitloogsnelheid geeft aan hoeveel er van de stof vanuit de verf oplost in het water in de loop van de tijd. Hoe meer er oplost in een bepaalde tijd des te meer komt er in het milieu terecht. Daarbij zal dan ook de stof (de verf) vaker moeten worden opgebracht. Er zijn een tweetal testen uitgevoerd om de uitloogsnelheid te bepalen: de ISO Test (laboratorium) en de Flume System test (simulatie veldsituatie). De resultaten van deze testen geven aan dat er per vierkante centimeter 2,6 – 5 ng per dag uitlooft [20]. De uitloogsnelheden van tribuyltin liggen rond de 4 - 5 ug/cm<sup>2</sup>/dag [20].

#### Anti-foulingsmiddelen gebruik op werven

Het schoonmaken van schepen vindt gemiddeld om de 2 tot 4 jaar in de werven plaats [14]. Onder schoonmaken wordt verstaan: het verwijderen van aangroei, roest en beschadigde verf en het aanbrengen van een nieuwe laag. Verwaaing, afspoeling en schoonmaken van het dok na behandeling van een schip zijn factoren die tot emissies naar de Waddenzee kunnen leiden.

De jaarlijkse emissie door werven aan de Waddenzee is afhankelijk van de hoeveelheid zeegaande schepen dat gerepareerd wordt, de vergunningverlening en de aard van de werkzaamheden. Er zijn verscheidene werven gelegen aan de Waddenzee, zowel voor nieuwbouw als reparatie en combinaties van beiden. De belangrijkste werven zijn Delfzijl, Den Helder, Harlingen (voor zeegaande schepen) en Lauwersoog (voor vissersschepen).

#### Anti-foulingsmiddelen in scheepvaart

De intensiteit van de beroepsvaart is op de Waddenzee een stuk kleiner dan op de Noordzee [14]. Op de Waddenzee bestaat de scheepvaart uit recreatie-, visserij- en overige beroepsscheepvaart. Belangrijke bronnen in de westelijke Waddenzee zijn de grote havens.

#### Overige emissies

De emissie van andere – indirecte - bronnen wordt veroorzaakt door de Noordzee en via de rivier de Eems (voornamelijk scheepsbouw).

Tabel 3. Bronnen en emissies van Irgarol naar de Waddenzee.

soort bron		emissie (ton/jaar)
scheepvaart	- recreatie	
	- visserij	
	- beroepsscheepvaart	
werven en havens		
overige toepassingen in combinatie met uitwatering op de Waddenzee	- Noordzee	
	- Eems	

#### 4. PAD

##### Van scheepshuid naar mariene systeem

Het principe van aangroeiwerende middelen berust op het uitloggen van het middel uit een - co-polymeer - netwerk in de verf. Irgarol zal zich na uitloging vooral in de waterfase bevinden. Irgarol heeft namelijk een lage verdelingscoëfficiënt: in zeewater met 0.45 mg/l gesuspendeerd materiaal is bijvoorbeeld een log Koc en log Kd van respectievelijk 3,1 en 3,4 [15].

##### Seizoensgebonden gebruik

De gehalten aan Irgarol die in het milieu worden gevonden vertonen een verhoging in de perioden van maart tot en met mei en van juli tot en met september [3]. Deze pieken zijn te verklaren door de toepassing van het middel in de recreatievaart.

##### Aangevoerde concentraties in en rond de Waddenzee

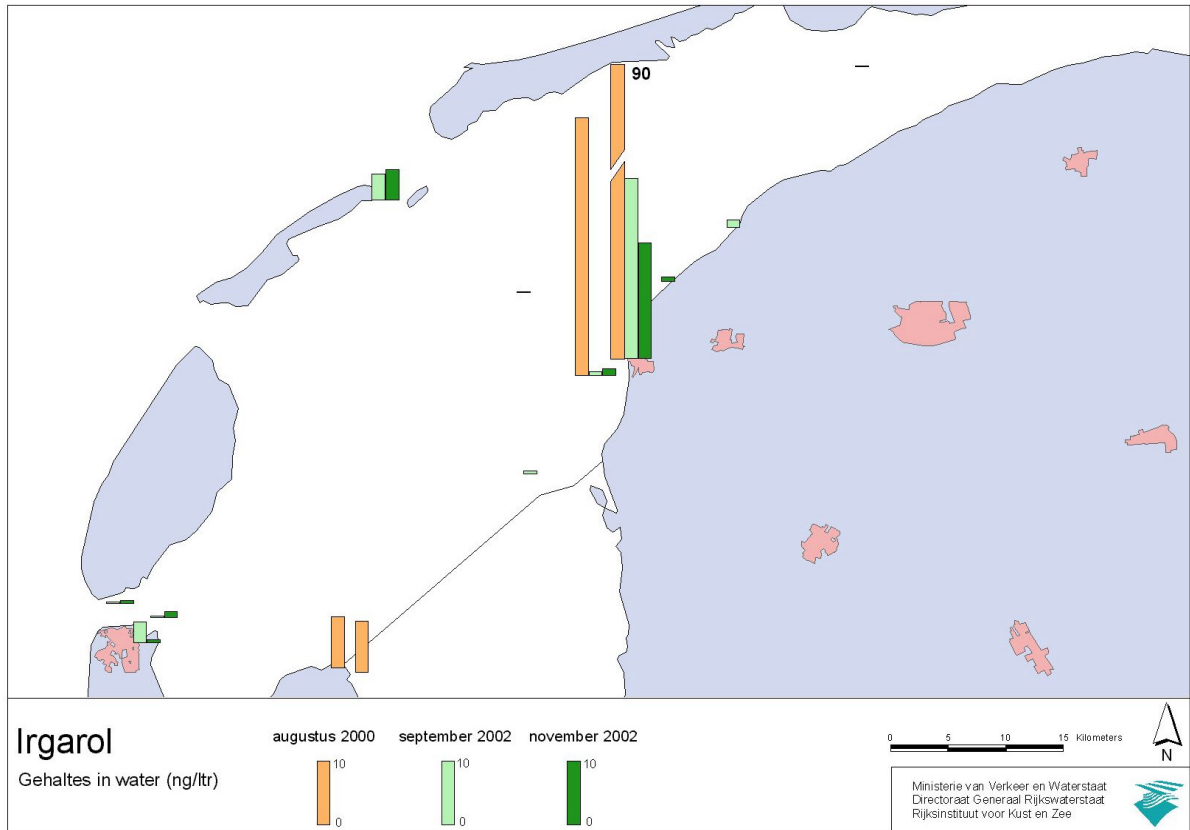
In de bijlage zijn kaarten opgenomen met scheepsvaartroutes, havens en werven in de Waddenzee.

Er zijn metingen uitgevoerd in Den Oever en Harlingen in augustus 2000 en op meerdere lokaties in de Waddenzee in 2002 door het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) [1, 33].

Tabel 4. Concentraties in zeewater en gehalten in sediment in de Waddenzee [1, 33].

lokatie	2000		2002		
	water (ng/l)		water (ng/l)		sediment ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ )
	aug	sept	nov	Sept/nov	
Marsdiep Noord		0.3			
Den Helder jachthaven		3.3	0.5	<0.50	
Den Helder buiten de haven		0.4	1.1		
Marsdiep (baggerstort Den Helder)				<0.50	
Malzewin (baggerstort Den Helder)				<0.50	
Jachthaven Vlieland havenmond		4.2	4.8		
Jachthaven Vlieland		3.8	2.0		
Jachthaven Vlieland landzijde		2.9	1.9	<0.50	
Doove Balg Oost		0.6			
Jachthaven Harlingen	90	28	18		
Jachthaven Harlingen landzijde		28	15	<0.50	
Harlingen buiten de haven		0.6	1.1		
Blauwe slenk oost		0.3			
Vlakte van Oosterbierum		1.2		<0.50	
Kimstergat (Baggerstort Harlingen)			0.8	<0.50	
Dantziggat		0.2			
Den Oever	8				

Er zijn ook metingen uitgevoerd in aan de Waddenzee grenzende gebieden in Duitsland. In Cuxhaven en Busum zijn in 1997 metingen uitgevoerd aan water en sediment. In Cuxhaven werd in water 12 ng/l gemeten. De gehalten in sediment waren lager dan de detectiegrens. In Busum werd in water 33 ng/l gevonden. Ook hier waren de gehalten in sediment lager dan de detectiegrens [3].



**Figuur 1 Gemeten concentratie Irgarol in het water van de Waddenzee in 2000 en 2002**

### Verspreidingsmodellen

Er zijn verschillende modellen om concentraties van een stof in het milieu te voorspellen. Deze modellen zijn echter vaak algemeen van aard. Vanuit de anti-fouling werkgroep van de Europese vereniging van verfproducenten (CEPE) is een model ontwikkeld speciaal voor anti-fouling stoffen. Voor een aantal bekende situaties is het model gebruikt om concentraties te voorspellen in het eerder genoemde ACE project. De voorspellingen bleken "aardig" overeen te komen met de gemeten concentraties. Voor de Waddenzee zijn geen voorspellingen gedaan [28]. Een ander model dat speciaal voor de verspreiding van aangroeiwerende middelen is ontwikkeld is het REMA-model. Rema staat voor Regulatory Environmental Modelling of Antifoulants en richt zich alleen op jachthavens [34].

## 5. LOT

### Opname en ophoping

De octanol-water partiticoëfficiënt (Pow) - een maat voor de ophoping van een stof in vetweefsel - van Irgarol is 631. Bioconcentratiefactoren voor vissen liggen rond de 160-250 [15]. Irgarol wordt snel uit het lichaam verwijderd: de concentratie in de vis neemt in 3 dagen met 50% af [15]. Hiermee heeft Irgarol een lage potentie voor ophoping in de voedselketen (volgens Europese richtlijnen hebben stoffen met een Pow hoger dan 1000 een potentie om te bioaccumuleren).

### Afbraak

Irgarol wordt in Europa geclassificeerd als een gedeeltelijk maar niet snel afbreekbare stof [23, 25]. Bij afbraak van Irgarol door onder invloed van zonlicht (fotolyse) is de halfwaardetijd 273 dagen [20].

In het ACE project is een uitgebreide studie naar de halfwaardetijd van Irgarol onder verschillende omstandigheden en aan de hand van verschillende methoden beschreven [22]. De resultaten van deze studie zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel: halfwaardetijd van Irgarol (in dagen) onder verschillende omstandigheden volgens verschillende methoden.

	Gedestilleerd water	Zee water	Rivieren water	Water uit meer
natuurlijk zonlicht	46	56	59	52
uv-licht	8	34	42	20

### Omzettingsprodukten

Irgarol is volgens testen in het laboratorium slecht afbreekbaar. Het belangrijkste afbraakproduct is GS 26575 (2-methylthio-4-tert-butylamino-6-amino-s-triazine) [15]. Van deze stof zijn op dit moment geen verdere gegevens voorhanden.

### Ecotoxiciteit van Irgarol

Irgarol als zuivere stof wordt door producent Ciba Specialty Chemicals als milieugevaarlijk geclassificeerd (N, R50/53). Verder geven zij in het veiligheidsinformatieblad de classificatie "zeer toxisch voor aquatische organismen, kan lange-termijn adverse effecten in het aquatisch milieu veroorzaken" [23-26].

Irgarol werkt via beïnvloeding van de fotosynthese en is daarmee extreem toxisch voor waterplanten: concentraties van ongeveer 20 ng/l zijn toxisch gebleken. De groei van algen wordt beïnvloed bij lage concentraties [19].

Irgarol is minder toxisch voor organismen die niet fotosynthetiseren. Toch liggen de laagst gerapporteerde effect niveaus voor vissen rond de 4 - 9 ng/l.

## 6. TERUGDRINGEN EMISSIES

### Alternatieven

Er bestaat een groot aantal mogelijke alternatieven voor antifoulingverven. De meeste hiervan verkeren nog in het ontwikkelingsstadium. In [29] worden de belangrijkste alternatieven besproken. De alternatieven zijn:

- **periodiek verwijderen van de aangroei;**
- **onoplosbare actieve componenten;**
- **bewegen van het substraat;**
- **elektrische en elektrochemische methoden;**
- **non-stick coatings.**

Het periodiek reinigen van schepen is onderzocht door TNO. Het onderzoek toont aan dat als de schepen met een speciale (harde) coating zijn voorzien de aangroei van algen met de borstel verwijderd kan worden. Er wordt gebruik gemaakt van wasstraten voor de schepen. Doordat de boten met een speciale coating voorzien moeten worden is dit alternatief vooral geschikt voor nieuwe boten. De kosten voor het borstelen zijn voor nieuwe boten vergelijkbaar met de kosten voor anti-fouling verf [30].

Een ander alternatief zijn coatings waarin de actieve stoffen onoplosbaar zijn opgenomen. De aangroeiwerende werking treedt dan op door direct contact met de aangroeiorganismen. Voor de praktijk toepasbare producten zijn er nog niet en bovendien is het niet duidelijk of de uitloging inderdaad nihil is. Het gaat om giftige biociden en ook als er geen emissie optreedt kan er een significante milieubelasting optreden tijdens de productie, de applicatie, het verwijderen en door beschadigingen tijdens het gebruik. De relatieve snelheid tussen het water en het substraat bepaalt welke foulingorganismen zich in welke mate vestigen en welke organismen in staat zijn te blijven. Een toepassing is het opwekken van een turbulentie langs een stilliggend schip door luchtballen langs de scheepshuid te laten stromen. Er zijn op grote schaal experimenten uitgevoerd waarbij luchtballen, vermengd met geïoniseerd water, langs de scheepshuid opstegen, maar de aangroei werd onvoldoende voorkomen.

Het constant laten bewegen van het substraat door middel van laagenergetische trillingen, reeds in de jaren vijftig onderzocht, is een andere antifoulingmethode. Het is echter moeilijk om grote voorwerpen op deze wijze geheel te beschermen tegen aangroei. Hoogenergetische (ultrasone) trillingsvelden doden de larven en sporen van foulingorganismen en worden op beperkte schaal gebruikt om de fouling te verwijderen van kleine oppervlakken.

Reeds lange tijd wordt onderzoek verricht naar het gebruiken van elektrische stromen om aangroei te voorkomen. Een theoretisch voordeel is dat deze systemen alleen geactiveerd zouden kunnen worden als er behoefte is aan aangroeiwering (dus alleen in het aan groeiseizoen tijdens het ankeren). Door het aanleggen van een relatief groot potentiaalverschil met de stalen ondergrond wordt het chloride-ion van het zout in het zeewater omgezet in giftige chloor-verbindingen (zoals hypochloriet). Om de stroom te geleiden en de potentiaal te regelen zijn stroom- of spanninggeneratoren nodig en elektrodes. Metalen onderdelen of geleidende coatings kunnen fungeren als elektrode. Voor semi-gesloten watersystemen zoals koel-buizen wordt elektrolytische hypochlorinatie reeds lang succesvol toegepast.

Om schepen op deze wijze te beschermen tegen aangroei zijn geleidende coatings ontwikkeld. Een elektrische stroom wordt door de scheepshuid en de geleidende verf geleid en chloride-ionen uit het zeewater worden omgezet in hypochloriet. Grootschalige toepassing in de praktijk is echter nog niet gerealiseerd vanwege het energieverbruik, corrosieproblemen en mogelijke milieuproblemen als gevolg van de emissie van toxische stoffen (chloorverbindingen).

Het oppervlakte van een materiaal heeft invloed op de hechting van een organisme met de ondergrond. Er wordt vanaf halverwege de jaren zeventig onderzoek verricht om coatings te ontwikkelen waarop foulingorganismen niet of slecht hechten. In het algemeen zijn er twee typen „non-stick coatings“: gebaseerd op fluoropolyurethaan en gebaseerd op siliconenelastomeren. Aangroei wordt slechts in beperkte mate voorkomen, maar de hechting tussen de aangroei en de coating is zwak zodat de aangroei eenvoudig verwijderd kan worden of er tijdens het varen afvalt. Vaak verschijnen er berichten over de zwakte van de coatings en de slechte applicatiekarakteristieken [29].

### Onderzoek

Op dit moment worden er onderzoeken uitgevoerd door de producent Ciba Specialty Chemicals. Daarnaast is Irgarol opgenomen in monitoringplannen van het RIKZ in de Waddenzee.

## Literatuuroverzicht Irgarol

1. Determination of diuron and the novel antifouling paint biocide Irgarol 1051 in Dutch marinas and coastal waters; M.H. Lamoree et al. Journal of Chromatography.
2. Toxicity evaluation of new antifouling compounds using suspension-cultured fish cells; H. Okamura et al.; august 17<sup>th</sup> 2001.
3. Concentrations of the anti-fouling compounds Irgarol 1051 and organotins in water and sediments of German North and Baltic Sea marinas. Biselli et al.; Mar. Pollut. Bull.; 2000 (40, 233-243).
4. RIVM report, Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for antifouling substances: Irgarol 1051, dichlofluaniid, ziram, chlorothanil and TCMTB; A.P. van Wezel et al.; May 2001.
5. Development of a computer model (MAM-PEC) to predict marine environmental concentrations of antifouling agents; van Hattum et al; 2000.
6. Utilisation of more 'environmentally friendly' antifouling products; CEPE Antifouling Working Group, July 1999.
7. Environmental modelling of antifoulants; Water Research Centre plc for the Health and Safety Executive 342/2001.
8. Anti fouling systems: moving towards the non-toxic solution; International Maritime Organization, April 1999.
9. Council of Europe Publishing: Risk assessment of antifoulants; Anders Johnson, Robert Luttkik et. al. ; 1996.
10. Ecotoxicological Risk Profiles of Chemicals. Thesis. Ranke, 2001. + The global fate of antifouling biocides: Implications from a box-model approach; Ranke; year unknown. Poster voor congres.
11. Pleasure craft antifoulings: The legislative position by country; International Coatings Ltd.; January 2001.
12. Antifoulings: The legislative position by country; International Coatings Ltd.; November 2000.
13. Antifoulings: The legislative position key point summary; International Coatings Ltd.; November 2000.
14. Factsheet TBT.
15. An ecological risk assessment for the use of Irgarol 1051 as an algacide for antifoulant paints. Hall et al. Crit. Rev. Toxicol. 1999, 29; 367-437.
16. EaSI-View 10 European Substance Information database Royal Haskoning 2002.
17. Website van het European Chemicals Bureau (ECB) <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>
18. Assessment of Antifouling Agenst in Coastal Environments (ACE) MAST-III PL971620 Technical Annex;
19. Assessment of Antifouling Agenst in Coastal Environments (ACE) MAS3-CT98-0178 Annual report (february 1999 – february 2000);
20. Assessment of Antifouling Agenst in Coastal Environments (ACE) MAS3-CT98-0178 Final Scientific and Technical Report;
21. Richtlijn 98/8/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 februari 1998 betreffende het op de markt brengen van biociden (en latere aanvullingen en wijzigingen);
22. Assessment of Antifouling Agenst in Coastal Environments (ACE) Annual report 2000 / 200;
23. Safety Data Sheet Irgarol 1071, Ciba Spezialitätenchemie AG, revision 22.12.2000;
24. Technical Data Sheet Irgarol 1071, Ciba Specialty Chemicals Inc. 1999;
25. Safety Data Sheet Irgarol 1051, Ciba Spezialitätenchemie AG, revision 18.12.2000;
26. Technical Data Sheet Irgarol 1051, Ciba Specialty Chemicals Inc. 1999;
27. Inputs, Monitoring and Fate Modelling of Antifouling Biocides in UK Estuaries, A. Boxall et al. Marine Pollution Bullitin Vol 40 No. 11 pp 898-905, 2000
28. Computer model to generate predicted concentrations (PECs) for antifouling products in marine environment. Van Hattum et al. July 1999.
29. Aangroeiwering Drs. P.R. Willemsen & Ir. G.M. Ferrari, Chemische feitelijkheden 2001 herziening van Chemische Feitelijkheden 072 (juli 1990);
30. Documentatiemap voor de recreatievaart Stichting Waterpakt – Schoon Onderwaterschip Maart 1999.
31. Irgarol® 1051. Part I General information. Edition: 26-11-02, Basle.
32. Mondelinge mededeling dhr. ir. J.W. Andriessen (Hoofd Taakgroep Biociden CTB).
33. M.H. Lamoree et. Al, (2002), Monitoring van Irgarol in de westelijke Waddenzee, IVM rapportnummer E-03/01 in opdracht voor het RIKZ
34. S. Comber et al. (2001). Environmental modelling of antifoulants. Water Research Centre plc. Contract Research Report 342/2001.