

# Chemische Feitelijkheden

#336

Editie 83

juli 2017

Marga van Zundert

## Hormoonverstoorders

### Van storend tot schadelijk

Hormoonverstoorders zijn stoffen die doen wat de naam suggereert: ze verstoren de werking van natuurlijke hormonen. Vaak gaat om veelgebruikte chemicaliën als bisfenol-A en ftalaten die uit plastics lekken. Maar ook het antibioticum triclosan, pesticides, medicijnresten en brandvertragers kunnen de hormoonhuishouding beïnvloeden. Volgens sommigen zijn ze een logische verklaring voor de toenemende vruchtbaarheidsproblemen in de westerse wereld. En wellicht ook voor een vervroegde start van de puberteit en de toename in borstkanker, ADHD en obesitas. Andere weten-

schappers achten de aanwezige concentraties te miniem om daadwerkelijk invloed te hebben. Zij spreken van bangmakerij of stemmingmakerij tegen de chemische industrie die de stoffen produceert. Niettemin is een aantal hormoonverstorende stoffen inmiddels verboden, andere staan op de lijst van zeer zorgwekkende stoffen waarvoor alternatieven moeten worden gevonden. Over veel andere hormoonverstoorders wordt nog volop gediscussieerd. Zijn ze wel of niet schadelijk? Moeten we ze uitbannen? Of zijn de risico's minimaal en weegt het nut op tegen mogelijke nadelen?

# Van storend tot schadelijk

*We krijgen ze onbewust en ongewild binnen: synthetische stoffen die onze hormoonhuishouding beïnvloeden. De hoeveelheden zijn klein, vaak miniem. Of en hoe schadelijk ze zijn, is lastig aan te tonen, wat leidt tot veel discussie. Uitbannen? Of is er geen risico, maar veel bangmakerij?*

**M**eer dan dertig klieren in ons lichaam maken zeker zeventig verschillende hormonen aan. Bekende hormonen zoals testosteron, geassocieerd met mannelijkheid en agressie, adrenaline, dat je klaarwakker en alert maakt, of insuline, dat je bloedsuikerniveau reguleert. Maar er zijn ook minder bekende hormonen, zoals het schildklierhormoon calcitonine, dat betrokken is bij botopbouw, of het bijnierschorsormoon aldosteron, dat een belangrijke rol heeft bij urineproductie. Al die hormonen zetten organen aan tot actie. Het woord hormoon komt van het Griekse *hormao*, dat 'in beweging zetten' betekent. Vanaf de klier waar ze worden gemaakt, reizen ze met de bloedstroom mee naar hun doelorgaan. Ze zijn dan ook meestal gericht op de langzamere processen als voortplanting, groei, ontwikkeling en homeostase. Dat laatste is het in balans

houden van het lichaam: hormonen zorgen ervoor dat alle lichaamscellen voldoende energie en vocht krijgen, dat er een constante temperatuur in het lichaam heerst en de hartslag bij de mate van activiteit past. Hormonen zijn zo betrokken bij een groot aantal basale lichaamsfuncties. Hormonen zijn echte signaal- of boodschapperstoffen. Minieme hoeveelheden zijn genoeg om hun bericht over te brengen. Ze werken vaak al in ppt-hoeveelheden. Ppt staat voor *parts per trillion*, delen per biljoen. 1 ppt is dus 1 deeltje per 1.000.000.000.000. Om een idee te geven: dat is eenzelfde verhouding als 1 l water tegenover het totale waterverbruik van alle Nederlanders per jaar.

## Geen afgesloten systeem

De hormoonhuishouding is een intern systeem: klieren maken alle hormonen die het nodig heeft zelf aan. Dat doen ze op basis van signalen van het lichaam zelf, maar ook uit de omgeving. Het is dus geen afgesloten systeem. Dat is eigenlijk al eeuwen bekend. Schaapherders bijvoorbeeld mijden grasland met rode klaver in de dekperiode, want anders kan het aantal lammetjes in het voorjaar tegenvallen, weten ze uit overlevering. Pas de laatste jaren is duidelijk waarom precies. Klaver bevat fito-oestrogenen, plantaardige stoffen die lijken op het vrouwelijke hormoon oestrogeen. Ooien die veel klaver eten, krijgen daardoor extra hormonen binnen en dat maakt ze minder vruchtbaar. In de jaren dertig van de vorige eeuw begonnen veehouders en artsen gebruik te maken van de groeiende kennis over hor-



Van rode klaver is al eeuwen bekend dat het de vruchtbaarheid van schapen negatief beïnvloedt. Pas onlangs is ontdekt waarom: fito-oestrogenen in de plant lijken op het oestrogeen van de schapen.



DES, bedoeld als middel ter voorkoming van een miskraam, bleek één generatie later tot ernstige complicaties te leiden.

monen. Begin jaren zestig mondt dit uit in een belangrijke ontdekking: de pil. Voor het eerst was het mogelijk uiterst betrouwbaar zwangerschap te voorkomen met een pilletje. Maar al snel bleek hormoonbeïnvloeding ook te kunnen misgaan. Het middel diethylstilbestrol, beter bekend als DES,

zou herhaling van een miskraam moeten voorkomen. Maar de dochters van de vrouwen die DES slikten (zogenoemde DES-dochters) bleken een hoger risico op vruchtbaarheidsproblemen te hebben en een veertigmaal hogere kans op een zeldzame vorm van baarmoederkanker. DES

werd uiteraard van de markt gehaald. Maar wanneer het nu over hormoonverstoorders gaat, draait het niet om voedings ingrediënten of geneesmiddelen. Het gaat om verstoring van de hormoonhuishouding door lichaamsvreemde stoffen in de omgeving, kleine hoeveelheden synthetische stof-

fen die we onbewust en vaak ongewild binnenkrijgen. Denk aan resten pesticiden in levensmiddelen, brandvertragende stoffen in meubels of kleding, stoffen die lekken uit voedselverpakkingen of aan stoffen in verzorgingsproducten die doordringen in de huid.

### 'Gestolen toekomst'

De Wereldgezondheidsorganisatie definieert een hormoonverstoorder als een stof of mengsel van stoffen die het hormoonstelsel verandert, zodanig dat het organisme of het nageslacht daarvan schade ondervindt. Het gaat dus nadrukkelijk om een stof van buitenaf (natuurlijk of synthetisch) met een negatieve invloed. Wetenschappers spreken overigens meestal over *endocrine disruptors of endocrine disrupting chemicals*, afgekort tot EDC's.

Zorgen over hormoonverstoorders bereikten begin jaren negentig het grote publiek met het boek *Our stolen future* van farmacoloog-ecoloog Theo Colborn, milieujournalist Dianne Dumanoski en bioloog John Peterson Myers. Ze waarschuwen dat alledaagse synthetische stoffen in de omgeving

### ► Zombiehormoon

In Europa is het sinds 1988 verboden, maar in de VS krijgt vleesvee hormonen toegediend. Vaak gaat het om trenbolonacetaat. In Nederland is de stof vooral bekend bij bodybuilders als de (illegale) spierversterker 'tren'.

Het vee groeit er sneller door: 20 % meer gewichtstoename per dag. De hormoonrestanten in vlees leveren geen risico op, aldus de Amerikaanse voedselautoriteiten. Een conclusie die de EU bestrijdt. Europa wil geen 'hormoonvlees'. Volgens onderzoek van onder meer het Wageningse Rikilt zouden jongens door het vlees zo veel hormonen binnenkrijgen dat ze afwijkingen aan geslachtorganen en kanker kunnen ontwikkelen.

Amerikaanse ecologen maken zich ook zorgen over de gevolgen voor de natuur. Trenboloneen de afbraakproducten stromen met de urine naar sloten. En concentraties van 10 ppt in het water hebben al effect op de vruchtbaarheid van vissen en de sekseverhouding. Bovendien blijkt dat trenbolon een 'zombie': de stof breekt snel af in zonlicht, maar ontstaat 's nachts spontaan opnieuw uit de restproducten. Vooral in diep of schaduwwijk water blijft de stof op deze manier langdurig aanwezig.



In de jaren veertig waren 'DDT-trucks' een bekend verschijnsel in sommige delen van de VS. Inmiddels is DDT in de ban gedaan vanwege stapeling in de voedselketen; risico's voor mensen zijn niet overtuigend aangetoond

vérgaande effecten hebben, omdat hormonen betrokken zijn bij de aanleg en de ontwikkeling van organen, inclusief onze hersenen, en bij de voortplanting. Dat betekent dat ze schade toebrengen aan gezondheid, intelligentie, gedrag én aan het nageslacht. Het boek *Our stolen future* presenteert hormoonverstoorders als waarschijnlijke oorzaak van verschillende zorgwekkende trends in de moderne westerse wereld: afname van vruchtbaarheid bij mannen, toename van borstkanker bij vrouwen en afwijkingen in de ontwikkeling van dieren in de natuur, bijvoorbeeld sekseverandering bij kikkers en vissen.

*Our stolen future* leidde tot meer onderzoek naar het hormoonverstorende effecten van synthetische stoffen. Toxicologen verdiepen zich in de mechanismen achter hormoonverstoring via cel-, weefsel- en dieronderzoek. Epidemiologen pluizen data uit om te onderzoeken of hormoonverstoorders een statistisch relevante verklaring zijn voor verschijnselen als verminderde spermakwaliteit, vervroegde puberteit, toename in kanker, obesitas, ADHD en diabetes. Ook kijken onderzoekers naar de gezondheid

van mensen die beroepsmatig in aanraking komen met bepaalde hormoonverstoorders. En een belangrijke vraag die op tafel ligt, is of combinaties van synthetische stoffen mogelijk schadelijker zijn dan de optelsom van de kleine hoeveelheden die we elke dag binnenkrijgen via de omgeving, ons eten, luchtvervuiling of andere bronnen. Wat het onderzoek complex maakt, is dat foetussen, jonge kinderen en pubers extra kwetsbaar zijn voor hormoonverstorende stoffen omdat ze zich volop ontwikkelen. Dier-, weefsel- of celonderzoek zou zich daarop moeten richten, maar die technieken zijn niet altijd voorhanden. Ook betekent het dat effecten soms pas op lange termijn zichtbaar zijn.

### (Epi-)genetisch effect

Hormoonverstorende stoffen kunnen op verschillende manieren de natuurlijke hormoonhuishouding verstoren. Ze kunnen in het lichaam eenzelfde werking hebben als een natuurlijk hormoon, omdat ze gelijkenis in chemische structuur vertonen en zo het effect versterken. Maar ze kunnen ook juist remmend werken. Dat gebeurt wan-

neer ze aan een hormoonreceptor binden maar die niet activeren; dan vindt er in feite een blokkade plaats. Ook kunnen ze indirect storen, doordat ze het aantal receptoren verminderen of vermeerderen, of doordat ze de productie van hormonen in bepaalde klieren beïnvloeden. Een voorbeeld is het bestrijdingsmiddel pyrimidine, dat de productie van steroïdhormonen remt. Hormonen kunnen ook genetisch of epigenetisch werken en specifieke genen al dan niet permanent aan- of uitschakelen. Uit onderzoek blijkt dat dit bijvoorbeeld bij DES-dochters speelt.

Bij het regelen van homeostase zijn vaak meerdere hormonen betrokken. Ze remmen elkaar af of versterken elkaar in een complex terugkoppelingsmechanisme. Zo'n regelsysteem is extra stabiel en voorkomt pieken en dalen in bijvoorbeeld bloedsuiker of groeifactoren. Het maakt het echter ook extra moeilijk om uit te zoeken hoe een hormoonverstorende stof precies ingrijpt. Een aantal hormoonverstoorders is al verboden voordat de term in zwang kwam. Voorbeelden zijn het insecticide DDT,

PCB's en onkruidverdelger atrazine. De belangrijkste reden om deze stoffen uit te bannen, is hun slechte bioafbreekbaarheid. Ze hopen zich op in het milieu en daarmee in de voedselketen. Aan de top van de voedselpiramide kunnen ze vervolgens schade aanrichten door de relatief hoge concentraties. Nog steeds bevat vis, vooral roofvissen die in vervuild rivierslib zwemmen, PCB's en DDT. Paling uit de Maas, Rijn en IJssel is daarom niet geschikt voor consumptie. Binnen de EU wordt vis steekproefgewijs gecontroleerd op het PCB-gehalte.

### BPA uit blikjes

Een hormoonverstorende stof die de afgelopen jaren sterk in de belangstelling staat, is bisfenol A, vaak afgekort tot BPA (van het Engelse bisphenol A). Het is een van de meest gesynthetiseerde industriële chemicaliën wereldwijd: vier miljoen ton in 2015. BPA wordt vooral gebruikt als grondstof voor polycarbonaat, epoxy en flexibel pvc. Elke kunststof gemaakt uit BPA bevat sporen van de grondstof, het monomeer. Dit monomeer kan uit het

### ► Dosis

*Dosis sola facit venenum* is een legendarische uitspraak van de Zwitserse arts Paracelsus (Theophrastus Bombastus von Hohenheim; 1493-1541). Letterlijk vertaald: de dosis maakt het vergif. Geen enkele stof is per definitie giftig, concludeerde Paracelsus. En aan de andere kant: elke stof kan gevaarlijk zijn. Zelfs te veel water drinken kan fataal zijn. De beroemde uitspraak van Paracelsus is nog steeds de lijfspreuk van de toxicologie.

Voor veel schadelijke stoffen geldt een lineair verband tussen dosis en schade. Tot een bepaalde concentratie heeft de stof geen schadelijk effect. Bij een bepaalde drempelwaarde ontstaat schade, die stijgt met toenemende concentratie. Maar juist bij hormoonverstorende stoffen is de relatie tussen dosis en reactie soms complexer. Sowieso werken hormonen al bij zeer lage concentraties. Daarbij komt dat hormonen vaak onderdeel van een ingewikkeld systeem van terugkoppeling met andere hormonen. Het normale, gewenste effect ligt binnen een begrensd concentratiegebied. Dat betekent dat een te lage concentratie soms eenzelfde effect teweeg kan brengen als een te hoge concentratie.

Lastig is ook dat het bij hormoonverstoring gaat om chronische blootstelling aan lage doses die wellicht pas op langere termijn effect hebben. De noodzakelijke (dier)proeven zijn tijdrovend en kostbaar. Het meten van het effect van een hormoonverstorende stof is dus een lastige klus, niet in het minst omdat de uitkomst per definitie ter discussie staat. In een dergelijk controversieel veld is er altijd wel een belanghebbende die iets heeft aan te merken op het onderzoek.



plastic lekken en zo de mens bereiken. Omdat bisfenol A aan de receptor voor het hormoon estradiol bindt en die tevens activeert, staat BPA te boek als hormoonverstoorder.

BPA is schadelijk voor lever en nieren bij langdurige blootstelling en is geclassificeerd als schadelijk voor de vruchtbaarheid. In epidemiologische studies zijn ook associaties gevonden tussen blootstelling aan BPA en obesitas, ADHD, diabetes en prostaatcancer. Maar dit

effect is niet gevonden in alle studies en een oorzakelijk verband is nog niet vastgesteld.

BPA is meetbaar aanwezig in urine: gemiddeld zo'n 2 µg/l bij Europeanen. Werknemers in de kunststofbedrijven die werken met BPA blijken flink hogere concentraties in de urine te hebben: gemiddeld 88 µg/l. Een gemiddelde Europeaan krijgt 40 ng BPA per kilogram lichaamsgewicht per dag binnen, concludeert de Europese voedselautoriteit EFSA. Dat is honderd keer minder dan de huidige Europese norm: 4 µg.

De precieze hoeveelheid in de urine blijkt bij doorsnee-Europeanen vooral samen te hangen met eten en drinken uit blik. BPA wordt gebruikt in de epoxycoatings aan de binnenzijde van blikjes en verpakkingskartons. Voor kinderen zijn ook polycarbonaat drinkflesjes en kinderspeelgoed een mogelijke bron. Daarnaast kan BPA via de huid het lichaam binnendringen na contact met lijn en thermisch papier voor kassabonnen.

De gehanteerde marge lijkt veilig, maar toch hebben overheden maatregelen genomen. Zo heeft Europa het gebruik van bisfenol A bij de productie van babyflesjes vanaf maart 2011 verboden. Een voor-



zorgsmaatregel voor deze kwetsbare groep, aldus de EU. In babyvoeding die is gegeven met dergelijke flesjes is namelijk geen aantoonbare hoeveelheid BPA gevonden. Zweden gaat nog een stap verder en heeft het gebruik van BPA in voedselverpakkingen voor kinderen onder de drie jaar verboden. Frankrijk heeft het gebruik van BPA zelfs in alle voedselverpakkingen verboden.

Het Nederlandse RIVM pleitte in 2016 voor een strengere norm voor BPA: 'De Rijksoverheid wordt geadviseerd waar mogelijk op korte termijn

de blootstelling aan BPA te verminderen.' Het RIVM baseert zich daarbij op nieuw onderzoek. Bij dieren die in de baarmoeder zijn blootgesteld aan hoeveelheden BPA die dicht bij de huidige norm liggen, is verstoring van het immuunsysteem gevonden, wat leidt tot meer allergieën. Om ook risicogroepen te beschermen, zoals zuielingen op de intensive care, dialysepatiënten en zwangere vrouwen op werkplekken waar huidcontact met de stof kan optreden, wil het RIVM een verdere verlaging van de norm. Wat concreet bijvoorbeeld neerkomt op een verbod op het gebruik van BPA voor medische toepassingen. Begin 2017 is BPA door het Europees Agentschap voor chemische stoffen (Echa) in de kandi-



daatslijst opgenomen van 'zeer zorgwekkende stoffen', wat de kans groot maakt dat de stof uitgefaseerd zal worden.

### Kleinere zaadballen door ftalaten

Andere hormoonverstoorders, de ftalaten, kwamen in het nieuws tijdens de scoubidou-rage. Kinderen vlochten opeens massaal armbandjes van felgekleurde sliertjes. Was dat wel gezond? Want pvc bevat weekmakers, ftalaten, die net als BPA verdacht werden van hormoonverstorende werking.

Weekmakers zijn stoffen die het plastic zachter en flexibeler maken. Ftalaten zijn heldere, geurloze, olieachtige vloeistoffen die als een soort intern smeermiddel werken. Ze vergroten de afstand tussen de polymeerketens. Toevoegingen van 20 tot 60 % ftalaten aan pvc zijn normaal. Ze zitten ook in inkten, lijmen, medische slangen, nagellak, vinylvloeren, plakband en parfums, en worden in grote hoeveelheden geproduceerd: circa drie miljoen ton per jaar wereldwijd.

Ftalaten zijn verbindingen (esters) van ftaalzuur (1,2-benzeendicarbonzuur) met een alcohol. De meest gebruikte zijn bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), dibutylftalaat (DBP) en benzylbutylftalaat

(BBP). Juist deze drie zijn aangemerkt als reproductietoxisch: ze kunnen de ontwikkeling en voortplanting schaden omdat ze de aanmaak van testosteron blokkeren. Hoe dat precies werkt, is nog onduidelijk. Omdat weekmakers niet chemisch gebonden zijn, kunnen ze vrijkomen uit plastics en via de huid of de mond het lichaam binnendringen. Ratten die in de baarmoeder en kort na de geboorte aan DEHP zijn blootgesteld, hebben minder sperma en kleinere zaadballen. Moeders die tijdens de zwanger-

schap hoge urinewaardes hebben, krijgen zonen met gemiddeld kleinere zaadballen. En meisjes die vroeg in de puberteit raken, blijken hogere ftalaatconcentraties in het bloed te hebben. Ook zijn er associaties gevonden tussen hogere ftalaatconcentraties in de urine en meer buikvet. Opvallend bij de ftalaten is dat lagere doses soms meer effect hebben dan hogere doses.

De afgelopen jaren zijn er steeds meer regels gekomen rondom ftalaten. Zo mag kinderspeelgoed niet meer dan 0,1 % ftalaten bevatten en heeft de EU in 2015 vier types verboden in elektronica. Sinds 2010 moeten alle medische producten (dialyseslangen, bloedzakken) die ftalaten bevatten dat duidelijk op het etiket vermelden. Denemarken en Frankrijk hebben plannen om DEHP helemaal te verbieden. Aan alternatieven wordt gewerkt, ook omdat enkele ftalaten op de lijst van 'zeer zorgwekkende stoffen' staan en dus op termijn verdwijnen. Voor bloedzakken is er echter nog geen middel dat evengoed werkt als DEHP. Dit ftalaat maakt plastic niet allen flexibeler maar laat ook zuurstof door. De bewaartijd voor bloedproducten zou door een verbod waarschijnlijk teruglopen.

### 'Steeds steviger bewijs'

De Endocrine Society, de vereniging van hormoonwetenschappers, publiceerde in 2009 en opnieuw in 2015 een groot overzicht van alle studies naar hormoonverstoring. Het meest recente, EDC-2, is een 150 pagina's dik rapport met als belangrijkste conclusie dat de bewijsvoering voor gezondheidsschade door hormoonverstorende stoffen steeds steviger is. Dat geldt voor afname in vrouwelijke en mannelijke vruchtbaarheid, de



toename in prostaatcancer en hormoongevoelige kanker bij vrouwen, ontregeling van de schildklier en een verlaagd IQ.

Ook ziet de vereniging aanwijzingen dat hormoonverstoorders betrokken zijn bij obesitas, hartaandoeningen en diabetes. Ze pleiten dan ook voor meer preventie en de ontwikkeling van alternatieven.

De American Chemistry Council, de grootste vereniging van de chemische industrie, is het niet eens met de conclusies. De Society maakt 'brede en ongefundeerde claims over een verband tussen bepaalde chemicaliën en ziektes', stelt zij. De raad heeft vooral bezwaar tegen de stelling dat ook lage concentraties hormoonverstorende stoffen een reëel risico zouden vormen. 'Dat stoffen de hormoonhuishouding kunnen beïnvloeden betekent niet automatisch

### ► Hermafrodieten

Vissen, kikkers, salamanders en andere amfibieën zijn op dit moment de meest zichtbare slachtoffers van hormoonverstorende stoffen. In de beken de Dommel en de Aa zijn bijvoorbeeld hermafrodiete brasems gevonden dicht bij de afwatering van rioolwaterzuiveringen. Ruim een derde van de mannelijke vissen had in de zaadballen ook eicellen. Resten van 'de pil' zijn de vermoedelijke boosdoeners. Ethinylestradiol, dat in de urine zit van vrouwen die de pil slikken, wordt in de rioolwaterzuivering niet volledig afgebroken en belandt dus in de beken.

In Frankrijk zijn ook abnormale vissen aangetroffen stroomafwaarts van een farmaceutische fabriek die steroïden produceert. Zeker 60 % van de vissen had zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtskenmerken. Stroomopwaarts was dat maar 5 %. En in de VS bestaat het vermoeden dat het onkruidbestrijdingsmiddel atrazine (sinds 1999 verboden in Europa) de oorzaak is van de forse achteruitgang in kikkers. Op plaatsen waar de stof in het rivierwater zit, worden hermafrodiete kikkers gevonden.



dat ze schadelijk zijn in lange concentraties. De stoffen zijn daar niet krachtig genoeg voor en de hormoonhuishouding past zich aan.'

Het hormoonstelsel slaat dus niet direct op hol, maar kan wat speldenprikjes hebben. De International Council of Chemical Associations stelde een lijst op van elf principes waaraan een stof moet voldoen om als hormoonverstoorder te worden aangewezen. Daarin benadrukt de industrie dat het werkelijke en niet het mogelijke risico leidend moet zijn bij beslissingen om stoffen wel of niet toe te laten. ●

## Hormoonverstoorders



Ook de veelgebruikte bacteriedodende en schimmelwerende stof triclosan wordt al meer dan veertig jaar gebruikt in desinfecterende zepen, in deodorant, aftershave en tandpasta's. De stof bindt aan de oestrogenreceptor én de androgeenreceptor ('testosteronreceptor'). De stof wordt beschouwd als een zwakke hormoonverstoorder. In de EU is de maximaal toegelaten concentratie 0,3 % in cosmetische producten. Die limitering is ingesteld vanwege het risico op resistentie tegen het antibioticum.

### Voor op school

1. Wat is de functie van hormonen in ons lichaam?
2. Wat wordt bedoeld met homeostase?
3. Leg uit welke factoren het moeilijk maken om de effecten van hormoonverstorende stoffen op de gezondheid te onderzoeken.
4. Op welke twee manieren kunnen hormoonverstorende stoffen de natuurlijke hormoonhuishouding verstoren?
5. Wat wordt bedoeld met de epigenetische werking van een hormoon of hormoonverstorende stof?
6. Waarom wordt de (illegale) spierversterker trenbolone ook wel een zombiehormoon genoemd?

Ftalaten zijn esters van ftaalzuur (benzeen-1,2-dicarbonzuur) en diverse alcoholen. Dibutylftalaat (DBP) is een van de meest gebruikte weekmakers, bijvoorbeeld in pvc (polyfenyletheen).

7. Wat is de functie van een weekmaker en welke milieueisen zou jij stellen aan een weekmaker?
8. Geef een beschrijving op microniveau hoe DBP ervoor zorgt dat pvc soepeler en buigzamer wordt.

Bisfenol A (BPA) is meetbaar aanwezig in urine: gemiddeld zo'n 2 µg per l bij Europeanen.

9. Reken deze hoeveelheid om in massa ppt. Ga er bij je berekening vanuit dat de dichtheid van urine gelijk is aan de dichtheid van water.

### Meer weten?

- WHO informatiepagina over hormoonverstoorders
- ACC informatiepagina over hormoonverstoorders
- Greenfacts informatiepagina over hormoonverstoorders
- RIVM informatiepagina over hormoonverstoorders
- Endocrine Society
- EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals (2015)

### Editie

#### Hormoonverstoorders

editie 83 | nummer 336 | juli 2017  
www.chemischefeitelijkheden.nl

**coverbeeld:** in sommige beken en sloten zijn de gevolgen van hormoonverstoorders in het milieu zichtbaar in de eitjes van amfibieën en reptielen, die soms hermafrodit worden.

### Colofon

#### Over Chemische Feitelijkheden

Chemische Feitelijkheden is een actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Het is een losbladige uitgave van de KNCV en verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

**KNCV BETA PUBLISHERS**

#### Redactie

dr. Erwin Boutsma (hoofdredacteur), drs. Franny Scholte (eindredacteur),  
Marga van Zundert (tekst), Henk Ubbels (vragen en correctie)

#### Vormgeving & Opmaak

Marije van de Linde/Twin Media BV

#### Uitgever

Roeland Dobbelaer, Beta Publishers BV  
Postbus 19949, 2500 CX Den Haag  
070-2629100, info@betapublishers.nl

#### Abonnementen

MijnTijdschrift.com  
088-2266626

chemischefeitelijkheden@mijntijdschrift.com

Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenissenrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelijkheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd tenzij twee maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen. Een abonnement op Chemische Feitelijkheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale online archief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

#### Tarieven (2017)

Voor particulieren: online toegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmapp) kost € 87,75\*; leden van de KNCV, KVCV en NVON krijgen € 10 korting.  
Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen: onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen) kost € 262,50\*.  
Losse nummers kosten € 9,95\* per stuk en zijn te bestellen bij Abonnementenland.  
\* Bij betaling per acceptgiro wordt € 2,95 administratiekosten in rekening gebracht.