

# Zin en Onzin in de discussies rond Bandengranulaat als invulmiddel voor voetbalvelden

Maart 2017

Jacques W.M. Noordermeer  
Em. Hoogleraar Elastomer Technology and Engineering  
Universiteit Twente

Recentelijk is Nederland opgeschrikt door een tweetal uitzendingen Zembla in oktober 2016 en februari 2017 betreffende gezondheidsrisico's ten gevolge van sporten op kunstgrasvelden, die zijn ingestrooid met gemalen oude autobanden. Het geruststellende rapport "Beoordeling gezondheidsrisico's door sporten op kunstgrasvelden met rubbergranulaat" van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), opgesteld op uitdrukkelijk verzoek van de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, heeft er maar in beperkte mate toe geleid de algehele opschudding binnen sportend Nederland weg te nemen. Wat opvalt is dat in deze en andere studies weinig wordt ingaan op de speciale materiaalkundige samenstelling van de autobandenrubber. Daarom is het de moeite waard om een en ander ook eens vanuit een meer chemisch perspectief te bekijken.

## Samenstelling van autobanden

Een band is een gecompliceerd artikel, bestaande uit zo'n 12 tot 15 verschillende onderdelen afhankelijk van het type band, waarvan de belangrijkste zijn:

- Ca. 50 gew.% Elastomeer: Natuurrubber (NR) en Styreen-butadieen copolymere rubber (SBR), en in mindere mate Butadiëen-rubber (BR) en Isobutyleen-Isopreen-copolymere rubber (IIR), kortweg aangeduid met Butyl-rubber;
- Ca. 35 gew.% Versterkende vulstoffen: roet en silica ( $\text{SiO}_2$ );
- 5 – 15 gew.% Olie op minerale basis (fractie van aardolie-distillatie) als weekmaker;
- Ca. 5 gew.% vulkanisatie-middelen, waarvan  $\pm$  1-2 gew.% ZnO, 1-2 gew.% elementaire zwavel en verder zgn. versnellers zoals mercaptobenzothiazol en – meest gebruikt – cyclohexyl-benzothiazol sulfenamide.

Het gewichtsaandeel van ingebed staalkoord en textielkoord is hierin niet meegenomen.

De elastomeren, de versterkende vulstoffen en de olie tezamen bepalen de belangrijkste eigenschappen van banden:

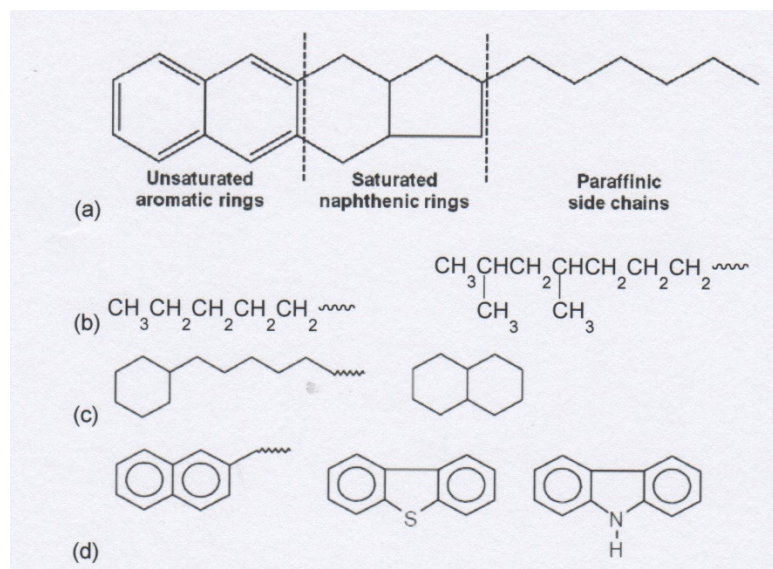
- De Rolweerstand: de weerstand van de belaste band, bepalend voor 10 – 25% van het brandstofverbruik van een automobiel, personenwagen vs. vrachtwagen;
- De Tractie of Slipweerstand: de veiligheid van de band onder diverse belastingen en weersomstandigheden, verschillend per lokaal klimaat;
- De Slijtweerstand van de band.

Deze drie eigenschappen van de band worden wel de “Magic Triangle” van de bandentechnologie genoemd: ze zijn aan elkaar gekoppeld; verbetert men de één, dan gaat dat ten koste van de andere twee.

De huidige discussies over de gezondheidsrisico's spitsen zich met name toe op de olie-component en het zink, als zgn. zwaar metaal, waarbij goed onderscheid moet worden gemaakt tussen beide.

### Minerale oliën in banden en het voorkomen van polyaromatische koolwaterstoffen (PAKs)

De oliën in gebruik als verwerkingshulpmiddel voor rubber spelen een wezenlijke rol in de slipweerstand van banden. Het zijn hoog-kokende fracties uit de vacuum-destillatie van ruwe olie. De chemische verbindingen die voorkomen in deze fracties bestaan in hoge mate uit ring-structuren. Deze moleculen bevatten typisch onverzadigde ringen (aromaten), verzadigde ringen (naftenen) en verzadigde zijketens (paraffinen), en afgeleiden daarvan: zie figuur 1.



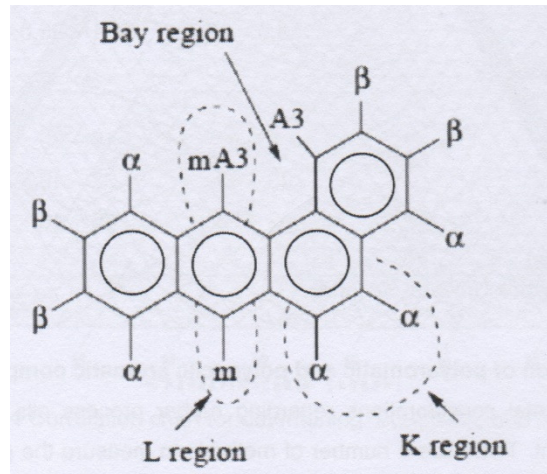
Figuur 1: typische molecuulstructuren voorkomend in minerale oliën<sup>1</sup>.

Afhankelijk van de moleculaire samenstelling van de elastomeren, zoals aromatisch/onverzadigd in het geval van NR, SBR en BR versus nagenoeg volledig verzadigd in het geval van etheen-propeen-diëen (EPDM) rubber, moet het type olie daarop worden aangepast. De mate van onverzadiging bepaalt de polariteit van de oliën (de oplosbaarheidsparameter), die in de buurt moet liggen van die van het elastomeer voor de onderlinge compatibiliteit. Anders laat de olie zich niet in het elastomeer verdelen en “zweet uit”.

Naarmate de aromaticiteit van de olie toeneemt, neemt ook het aandeel PAKs toe. Er zijn diverse testmethoden in gebruik om de mate van aromaticiteit en met name het voorkomen van PAKs in olie te testen. De zgn. IP346 is een analytische methode, welke berust op de selectieve extractie uit de olie van de PAKs en van een aantal enkelvoudige aromaten en naftenen met DiMethylSulfOxide (DMSO), vooral als ze heteroatomen bevatten. Andere methoden zijn Vloeistofchromatografie (HPLC) of Gaschromatografie (GC), waarmee ook meer specifiek de diverse PAKs kunnen worden onderscheiden. De waarden verkregen met de

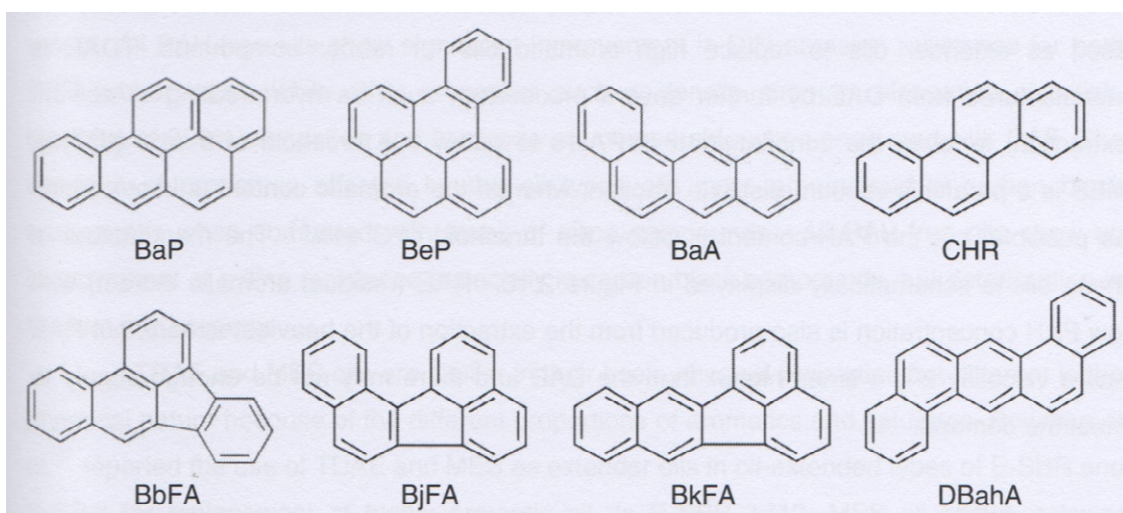
IP346 test liggen aanzienlijk hoger dan de werkelijk aanwezige hoeveelheden PAKs, omdat ook andere verbindingen worden mee-geëxtraheerd. Echter de methode is relatief eenvoudig uit te voeren en wordt daarom vaak bevoordeeld.

De IP346 test maakt echter geen onderscheid tussen carcinogene en niet-carcinogene types PAKs. Daarvoor is high-field proton nuclear magnetic resonance ( $^1\text{H-NMR}$ ) vereist<sup>2</sup>. Er zijn bepaalde structuren in de PAKs, die specifiek geassocieert worden met de carcinogeniteit, met name de zgn. “Bay Protons”: zie figuur 2. De NMR-methode test specifiek op deze bay protonen.



Figuur 2: Proton-types in PAK-moleculen met Benzo[a]antkraceen als voorbeeld.

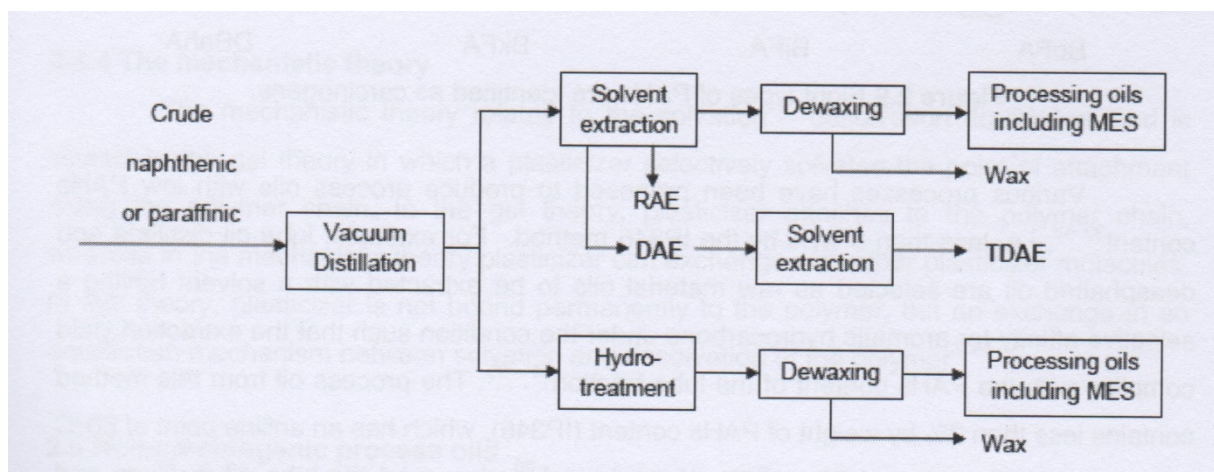
Op basis van het voorkomen van deze bay protonen worden er binnen de EU acht types PAKs als carcinogeen, categorie 1B (carcinogenic to humans based on animal evidence) aangemerkt: Benzo[a]pyrene (BaP), Benzo[e]pyrene (BeP), Benzo[a]anthracene (BaA), Chrysene (CHR), Benzo[b]fluoranthene (BbFA), Benzo[j]fluoranthene (BjFA), Benzo[k]fluoranthene (BkFA) en Dibenzo[a,h]anthracene (DBahA): zie figuur 3.



Figuur 3: De acht types PAKs door de EU als carcinogeen aangemerkt.

## Ontwikkeling van Europese regelgeving rond het gebruik van oliën in de productie van autobanden.

Van oudsher werd voor rubber-toepassingen in banden zogenaamde DAE-olie (Distillate Aromatic Extract) ingezet, zonder dat specifiek naar de samenstelling van deze oliën werd gekeken. Het gehalte PAKs in deze DAE kon enorm variëren, tot vele procenten. In 1994 werd in Zweden aangekaart<sup>3</sup>, dat in een worst-case scenario jaarlijks 14 ton PAKs in het Zweedse milieu terecht kwamen tengevolge van slijtage van autobanden waarin DAE-olie was toegepast. Na een primaire ontkennende reactie werd al snel duidelijk, dat dit probleem niet van voorbijgaande aard was, temeer daar Zweden een hinderwet-vergunning weigerde af te geven voor een nieuw te bouwen banden-fabriek, waarin DAE-olie zou worden toegepast. De synthetische rubber industrie (niet de Natuurrubber, daar valt als natuurprodukt niet veel aan te veranderen) verenigd in hun branchevereniging IISRP (International Institute of Synthetic Rubber Producers, hoofdkantoor in Houston, USA) en BLIC (Bureau Liaison de Caoutchouc), tegenwoordig ETRMA (European Tyre and Rubber Manufacturers Association, hoofdkantoor in Brussel) namens de banden-industrie sloegen de handen in elkaar om op zoek te gaan naar alternatieven voor DAE. Dit vereiste een drie-partijen aanpak: de olie-maatschappijen moesten hun product-portfolio aanpassen om voldoende nieuwe, laag PAK-houdende oliën beschikbaar te maken, respectievelijk alternatieve afzet te zoeken voor de DAE. De synthetische rubber/elastomeer producenten moesten hun basis-elastomeren aanpassen voor zover mogelijk, omdat andere oliën de glas-overgangstemperatuur van de elastomeer/olie mengsels beïnvloedden, waardoor majeure verschuivingen in de eerder genoemde "Magic Triangle" van de banden-performance zouden optreden. Dit moest voor zover mogelijk door aanpassing van de monomere samenstelling van de elastomeren worden aangepast. En omdat dat allemaal niet ten volle mogelijk was, moesten de banden-producenten in feite elk bandentype her-ontwikkelen op basis van nieuwe oliën en elastomeren.



Figuur 4: Raffinage technologieën van aardolie, ontleend aan Joona<sup>4</sup>.

Er werden twee serieuze alternatieve oliën geïdentificeerd, waarin alle partijen zich min of meer konden vinden: zgn. TDAE (Treated Distillate Aromatic Extract) en MES (Mild Extraction Solvate). Men baseerde zich daarbij op de IP436 DMSO-extractie methode, waar minder dan 3 gew.% extractie van alle gezamenlijke PAKs (niet alleen de carcinogene)

genomen werd als criterium, mede omdat oliën met minder dan 3 gew.% DMSO-oplosbare bestanddelen geacht werden geen fysiologische effecten te veroorzaken en daarom niet gelabeld hoefden te worden volgens de geldende Europese wetgeving met de risico-aanduiding “R45” (kan kanker veroorzaken) en het label “T” (toxisch, schedel en gekruiste beenderen).

In de tussentijd ontwikkelde ExxonMobil, een van de olie-leveranciers, in 1997 een <sup>1</sup>H-NMR methode<sup>2</sup>, waardoor een gedetailleerde vergelijking van het voorkomen van carcinogene PAKs op basis van de “bay-protons” mogelijk was geworden. Een vergelijkend onderzoek van vele tientallen oliën met de IP346 DMSO-extractie methode en <sup>1</sup>H-NMR toonde aan, dat geen van de oliën met minder dan 3 gew.% DMSO-extract meer dan 4,5 ppm van de acht door de EU aangemerkte “Bay Protons”-bevattende PAKs bevatte. Derhalve werd het IP346 criterium van <3gew.% onderling aangenomen en door BLIC en een vertegenwoordiging van de olie-leveranciers voorgesteld aan de Europese Commissie (EC) in 1999. Op die basis werd een begin gemaakt met het vervangen van DAE door TDAE en in mindere mate MES.

Echter, kort na de eeuwwisseling begon de EC te werken aan een Directive voor banden en besloot de eisen met een factor 10 aan te scherpen ten opzichte van het BLIC-voorstel. Deze Directive werd uiteindelijk in 2005 aangenomen<sup>5</sup>, met de bedoeling in te gaan per 1 januari 2010. De Directive staat de volgende maximale gehalten van de acht carcinogeen-geachte PAKs toe in de voor banden toegestane oliën:

Maximaal 1 mg/kg BaP;

Maximaal 10 mg/kg van de som van alle 8 binnen de EU als carcinogeen aangemerkte PAKs.

**Met ingang van 1 januari 2010 is het niet meer toegestaan in de EU banden in de handel te brengen (eigen productie of geïmporteerd), geproduceerd na 1 januari 2010 met olie, die niet aan de gestelde zuiverheids-eisen voldoet.**

Een jaar later zijn deze zelfde maximale gehalten PAKs overgenomen in de Annex XVII entry 50 van de EU Commission Regulation No. 1907/2006 betreffende de Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals: REACH<sup>6</sup>.

Zoals uit figuur 4 blijkt is bij de productie van TDAE een extra extractie-stap vereist t.o.v. de basisolie DAE, hetgeen de kostprijs ruwweg verdubbelt, naast een fikse hoeveelheid afvalolie, die met name de PAKs bevat, waarvoor ook weer een uitlaat moest worden gezocht. De kostprijsverdubbeling heeft niet veel navolging gegeven in andere delen van de wereld dan Europa, omdat het hier primair een actie om milieu-redenen betrof. In de Amerika's is geen regulering van kracht en is er momenteel ook geen sprake van dat die zal worden ingevoerd. Men vindt het daar primair een import-belemmering van de EU van Amerikaanse banden. Aan de andere kant zijn in Amerika (de VS) geproduceerde banden minder geschikt voor Europa, omdat daar de nadruk wordt gelegd op slip-weerstand en slijtage-weerstand als onderdelen van de “Magic Triangle”, terwijl in Europa tengevolge van de in 2012 ingevoerde banden-labeling de nadruk ligt op rolweerstand en slipweerstand. In het Aziatische gebied is men mondjesmaat omgegaan, vaak ook niet, met als gevolg dat met name voor goedkopere banden uit Azië de vraag mag worden gesteld, in hoeverre zij aan de EU Directive voldoen. Om een en ander aan de banden zelf te kunnen testen is een ISO standaard 21461 ontwikkeld



op basis van de eerder genoemde <sup>1</sup>H-NMR methode om het gehalte aan “Bay Proton” PAKs aan banden te kunnen testen<sup>7</sup>. Dit vereist echter toegang tot geavanceerde NMR-apparatuur, en is een destructieve test; dus wordt alleen steekproefsgewijs uitgevoerd. In de beperkte steekproeven valt nog altijd een (klein) percentage banden van buiten de EU door de mand.

De End-Of-Life (ELT) autobanden gebruikt om te vermalen tot granulaat voor sprotvelden zijn grotendeels van Europese oorsprong, zodat er gevoeglijk van kan worden uitgegaan, dat deze jonger dan 1 januari 2010 zijn geproduceerd met lage PAK-houdende oliën TDAE of MES, en ouder dan 1 januari 2010 met DAE-olie.

### **Rubber granulaat als vulmiddel (Infill) voor kunstgrasvelden**

Jaarlijks worden in de EU 1200-1400 kunstgrasvelden aangelegd, de meeste in Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk; Nederland staat op de 4<sup>e</sup> plaats. In Nederland bedraagt het huidige aantal ongeveer 2000 kunstgras-voetbalvelden, waarvan 90% is ingestrooid met rubber granulaat. Daarnaast is er nog een klein aantal rugby- en korfbalvelden en Cruiff Courts met rubbergranulaat<sup>8</sup>. De rol van het rubbergranulaat is tweërlei:

- De kunst-grasvezels, gewoonlijk geproduceerd uit PolyPropeen of Polyamide (Nylon) veroorzaken verbrandingen van de huid bij het maken van slidings. De speler rolt a.h.w. over de vezels op de rubberkorreltjes;
- Damping van loopbeweging alsof de speler op echt gras loopt, ter voorkoming van spierkwetsures.

Het gebruik van rubbergranulaat in kunstgrasvelden dateert van 1997 vanuit de Verenigde Staten en is begin deze eeuw ook in Europa gemeengoed geworden: enkele jaren voordat de REACH-wetgeving in de EU werd ingevoerd. Het systeem is goedgekeurd door de FIFA, de UEFA en de World Rugby Association. De FIFA heeft een Quality Programme for Football Turf vastgesteld met kwaliteitseisen betreffende de velden.

Voor de infill wordt voor meer dan 90% gebruikgemaakt van tot ca. 2mm vermalen autobanden, waaruit de staal- en textiel-koorden zijn verwijderd. Een klein deel maakt gebruik van gemalen ge vulkaniseerde Ethyleen-Propyleen-Diëen terpolymere rubber (EPDM), ThermoPlastische Elastomeren (TPE) op basis van EPDM of Styreen-blockcopolymeren, een deel op basis van gemalen kurk of kokos-vezels en van Nike grind<sup>®</sup>: gerecyclede sportschoenen. Op één voetbalveld gaat ongeveer 120 ton rubbergranulaat, afkomstig van circa 20.000 ELT autobanden. De kosten bedragen (Informatie van de Finse Voetbal Associatie) EUR 500/ton: geïnstalleerd EUR 22 500 – EUR 50 000 per veld voor gemalen autobanden; EUR 2 000/ton voor EPDM: 90 000 – EUR 200 000 per veld; EUR 1 500/ton voor kurk, EUR 67 500 – EUR 150 000 per veld.

De ge vulkaniseerde EPDM is deels nieuw aangemaakt en daarna gemalen, deels geproduceerd uit afgedankte automobiel- en bouw-afdichtingsprofielen. Ge vulkaniseerde EPDM bevat grotere delen oliën dan banden, echter van het paraffinische type vanwege de wederzijdse verdraagzaamheid: compatibiliteit. Een aromatische olie wordt niet in voldoende hoeveelheid opgenomen in EPDM en zal uitzweten. Paraffinische olie is nagenoeg vrij van PAKs.

Ten aanzien van de gezondheidsrisico's van het spelen op kunstgras met gemalen autobanden wordt het granulaat aangemerkt als "MENGSEL" volgens de REACH-definitie<sup>6</sup> Annex XVII punt 28. Dit is in lijn met de samenstelling van (banden-)rubber, zoals eerder gegeven, opgebouwd uit meestal meer dan 10 componenten. Punt 28 stelt, dat substanties aangemerkt als carcinogenen 1A of 1B, zoals de 8 EU PAKs, niet op de markt mogen worden gebracht, of gebruikt in mengsels bedoeld voor het algemene publiek. De beperkingen te stellen aan PAKs worden gegeven in Annex VI van de CLP Regulation 1272/2008:

Maximaal 0,01 gew.% voor BaP en DBahA (= 100 mg/kg);  
Maximaal 0,1 gew.% voor de andere zes (= 1 000 mg/kg).

Een factor 100 hoger dan voor de oliën zelf. Analyses van de PAKs in bandenmaatsel blijven daar ver onder: zie later. Vooralsnog geen probleem.

Op 6 december 2013 werd door de EC een nieuwe regeling gepubliceerd, die expliciet de maximaal toelaatbare gehalten van de 8 EU PAKs in plastic en rubberen consumenten "ARTIKELEN" vaststelde<sup>10</sup>, zonder onderscheid naar type:

Maximaal 1 mg/kg van elk van de 8 EU aangemerkte PAKs voor algemene gebruiksartikelen;  
Maximaal 0,5 mg/kg van elke PAK voor speelgoed en kinder-artikelen.

Het betreft hier artikelen, die in langeduur contact komen met de huid of in de mondholte, met als voorbeelden: fiets-handvatten, tennis-racquets, karretjes en rollators, huishoudartikelen, kleding, schoenen, handschoenen, horlogebandjes, haarbanden etc. De eisen gelden voor artikelen, die met ingang van 27 december 2015 binnen de EU in de handel werden gebracht.

De vraag drong zich echter op, of het rubber-granulaat voor voetbalvelden nu als MENGSEL gehandhaafd mocht blijven, of als ARTIKEL moet worden aangemerkt, met de 100-voudig strengere eisen. Het zal duidelijk zijn, dat we in geval van sport-granulaat niet over langeduur-contact kunnen spreken. Bovendien stelt de Regeling, dat deze alleen van toepassing is op artikelen, die vanaf 27 december 2015 op de markt zouden worden gebracht. Maar wat te denken van de velden die al sinds meer dan 10 jaar in gebruik waren? En met het oog op de verdere toepassing van bandengranulaat: het uitsellecteren van banden geproduceerd na 1 januari 2010, die geacht werden aan deze norm te voldoen, was ook geen eenvoudige zaak. In gemeenschappelijk overleg tussen de EC, de ETRMA en de European Synthetic Turf Organization (ESTO) werd besloten de gezondheidsrisico's van het spelen op kunstgrasvelden nog eens aan een kritisch onderzoek te onderwerpen, respectievelijk de meer dan 100 onderzoeken in de wereld, die nooit enig causaal verband met bijv. het ontwikkelen van leukemie hadden aangetoond, nog eens te checken. Op 1 juni 2016 heeft de EC het European Chemicals Agency (ECHA) in Finland gevraagd het onderzoek uit te voeren<sup>11</sup>. Doel was te bezien, of voor rubber-korrels in kunstgrasvelden een iets ruimere norm dan voor Artikelen kon worden opgesteld.

### **Samenvatting van de onderzoeksresultaten van RIVM en ECHA**

Her snelle onderzoek van RIVM<sup>8</sup> en het onderzoek van ECHA<sup>12</sup> stemmen in hoge mate overeen. Door het RIVM zijn 600 granulaatmonsters geanalyseerd, genomen uit 100 velden in

**Tabel 1. Geaggregeerde resultaten van omstreden verbindingen in monsters bandengranulaat uit de RIVM- (2016) zowel als ECHA-studie (2017) in mg/kg droge stof**

Stofgroep	RIVM-studie		ECHA-studie
	Mediaan	Maximum	Maximum
<b>PAKs</b>			
Benzo(a)antraceen	<0,9	2,2	
Benzo(b) + benzo(j)fluoranteen	<1,2	3,0	
Benzo(k)fluoranteen	<0,5	0,5	
Benzo(a) pyreen	<1,1	2,2	
Benzo(e) pyreen	2,8	7,8	
Chryseen	1,3	3,5	
Dibenzo(a,h)antraceen	<0,5	<0,5	
Som 8 EU PAKs	5,8	19,8	20
<b>Ftalaten en adipaten</b>			
Som	44	93	136
<b>Benzothiazolen</b>			
Som	11,3	43,5	13,9
<b>Fenolen</b>			
4-tert-octylfenol	4,8	22,4	
Bisfenol-A	0,5	2,5	
<b>Polychloorbifenylen</b>	<0,035	0,074	
<b>Metalen</b>			
Zink	21	129	
Koper	0,09	0,9	
Kobalt	0,06	0,4	
Barium	<0,05	0,2.	



Nederland. ECHA heeft 50 monsters onderzocht van recent gegranuleerde rubber korrels en meerdere honderden monsters uit meer dan 100 kunstgrasvelden in verschillende lidstaten van de EU: Finland, Italië, Nederland, Portugal en het Verenigd Koninkrijk. De resultaten zijn aangevuld met studies, die teruggaan tot 2006, lang voor de eis van PAK-arme oliën in banden in de EU is geïmplementeerd. Daarnaast wordt ingegaan op een nieuw initiatief van het US Environment Protection Agency (EPA) samen met andere relevante agencies, in een Federal Research Action Plan om de risico's voor de humane gezondheid van gerecycleerd granulaat uit banden nog eens een keer onder de loep te nemen, naast de meer dan 100 onderzoeken die bij eerdere gelegenheden in de VS al zijn uitgevoerd. De resultaten daarvan worden pas later in 2017 verwacht. De metingen van het RIVM zijn gedetailleerder dan die van ECHA, welke alleen de maximaal vastgestelde som van de gemeten 8 EU-PAKs aangeeft.

De analyses van de afzonderlijke door de EU aangemerkte PAKs worden in de ECHA-studie niet gegeven, alleen de som van de 8, mede omdat zij zich ook op de eerdere analyses hebben gebaseerd die niet alle precies volgens dezelfde opzet zijn uitgevoerd. Geconcludeerd kan worden, dat de PAK-gehalten qua mediaanwaardes, enkele uitschieters daargelaten, meestal onder of slechts net wat boven de strengste norm voor GEBRUIKSARTIKELEN valt. En hierbij moet worden meegerekend, dat de overstap van hoog PAK-houdende DAE-olie naar de laag PAK-houdende TDAE en MES eigenlijk nog nauwelijks doorwerkt in de versleten banden, gezien het aantal jaren dat een autoband meegaat. De gehalten vallen overigens ver beneden de voor MENGSELS maximaal toegestane waardes.

Beide studies beoordelen vervolgens de gezondheidsrisico's op leukemie en lymfeklierkanker op basis van aannames over de mate van inademing, huidcontact en orale opname (bijv. 0,2 g rubber korrels per wedstrijd door kinderen en 0,05 g voor volwassenen in het RIVM rapport) voor spelers en medewerkers bij de aanleg van de velden. Daaruit berekent men een extra kankerrisico van  $0,8 - 1,2 \times 10^{-6}$  voor iemand, die levenslang veldspeler zou zijn;  $2,2 - 3,0 \times 10^{-6}$  voor iemand die vanaf z'n 7e jaar tot 50 jaar keeper zou zijn. Ook het ECHA-rapport komt uit op waardes tussen  $10^{-5}$ -  $10^{-6}$ . Deze berekende extra kanker-risico's worden geacht te liggen rondom het verwaarloosbare risico.

Op grond van deze resultaten geven beide instanties als advies dat er een verwaarloosbaar risico is voor het spelen op kunstgras ingestrooid met gemalen autobanden-granulaat. Bovendien, ondanks de enorme hoeveelheid studies elders uitgevoerd, zijn er nooit aanwijzingen aangetroffen die duiden op een verband tussen sporten op kunstgras met rubbergranulaat en het ontstaan van leukemie en lymfeklierkanker. En omdat de overgang naar laag PAK-houdende oliën in afgedankte autobanden nog in de beginfase verkeert, zal de situatie in de naaste toekomst nog aanzienlijk verbeteren,

Misschien ten overvloede wordt wel aangeraden na het sporten de normale hygienische maatregelen: douchen, in acht te nemen.

### **Ongrijmdheden: Andere chemische verbindingen aangetroffen in banden-granulaat**

De benzothiazolen in Tabel 1 zijn terug te voeren op het gebruik van Mercapto-benzothiazol en benzothiazol-sulfenamides als meest gangbare versnellers voor de zwavelvulkanisatie. Benzothiazolen zijn giftig voor aquatische organismen en kunnen bij de mens allergische

huidreacties veroorzaken. Zij zijn voor de vulkanisatie van rubber een vereiste en komen in praktisch alle rubberen artikelen voor. De gehalten zijn echter voldoende laag om niet als schadelijk voor de gezondheid te moeten worden aangemerkt.

Wel valt de aanwezigheid van ftalaten op in zowel het RIVM- als ECHA-onderzoek. Ftalaten worden in de bandenproductie niet toegepast. Waar komen ze dan wel vandaan? De meest voorkomende ftalaten zijn di-2-ethylhexylftalaat (kortweg di-octylftalaat) en di-isononylftalaat en worden algemeen aangemerkt als zgn. weekmakers voor bijvoorbeeld PVC. Ftalaten worden over het algemeen snel opgenomen vanuit de ingewanden; opname door de longen en de huid is gering. Zij zijn als toxisch voor de reproductie ingedeeld in categorie 1B: “kan schade veroorzaken aan het ongebooren kind en kan de vruchtbaarheid beïnvloeden”.

Door ECHA zijn de gevonden hoeveelheden ftalaten vergeleken met de algemeen aanvaarde Daily Normalized Exposure Limits (DNEL), welke bijvoorbeeld voor dioctylftalaat 0.034 mg/kg lichaamsgewicht/dag bedraagt. Men moet dagelijks wel veel rubber granulaat tot zich nemen om aan die waardes te komen.

Ftalaten hebben een te hoge polariteit om mengbaar te zijn met de sterk apolaire rubbers gebruikt voor banden: NR, SBR en BR: zij zweten uit. Hooguit worden zij – niet vaak – toegepast als weekmaker in polaire rubbers zoals Nitrilrubber (NBR) of Polychloropreen (CR) voor bijvoorbeeld slangentoeepassingen, of in weekgemaakt PVC. In het RIVM-rapport wordt vermeld, dat van 9 van de 100 bemonsterde velden het instrooi materiaal gedeeltelijk uit “ander materiaal” bestond dan rubbergranulaat van autobanden. Met name 2 monsters uit deze 9 bevatten afwijkend hoge concentraties ftalaten. In het rapport wordt het vermoeden uitgesproken, dat het andere materiaal EPDM-rubber zou zijn, wat de hoge gehalten ftalaten zou bevatten. EPDM is de meest apolaire van alle elastomeren en ftalaten worden NIET in EPDM toegepast: zij zijn niet verdraagzaam met EPDM. Waar EPDM een waardevol (maar duurder) alternatief is voor rubber granulaat van autobanden, wordt dit materiaal negatief afgeschilderd door de suggestie gewekt met dit vermoeden.

Ook de 4-tert-octylfenol duidt op een andere oorsprong dan banden. Het lijkt een ontledingsproduct van een fenolische antioxidant, die wederom niet of nauwelijks in banden wordt toegepast.

Een mogelijke oorsprong van de ftalaten en fenolen zou het kunstgras-pakket zelf kunnen zijn, ofschoon daarover geen verdere informatie beschikbaar is. Nader onderzoek naar de ware aard van de ftalaat-verontreiniging lijkt gewenst, door het kunstgras systeem als geheel nog eens onder de loep te nemen.

## **Metalen**

Het RIVM-rapport vermeldt de in Tabel 2 vermelde gehalten metalen gevonden in het bandrubbergranulaat; ECHA vermeldt alleen de in diverse studies gevonden hoeveelheden van metalen, die door uitloggen vrijkomen.

**Tabel 2. Uitloging van metalen uit rubbergranulaat naar water. Vermeld zijn de metalen voor zover in minstens 5% van de monsters aangetoond<sup>8</sup>.**

Metaal	Concentratie in mg/kg droge stof	
	Mediaan	Maximum
Zink	21	129
Koper	0,09	0,9
Kobalt	0.06	0.4
Barium	<0,05	0,2

Deze concentraties geven een indicatie van de mogelijke uitloging naar het milieu.

De zink is praktisch volledig afkomstig van zink-oxide, een onmisbaar bestanddeel voor de zwavel-vulkanisatie van rubber. Zonder zinkoxide geen zwavel-vulkanisatie en zonder vulkanisatie geen banden. Daarnaast verhoogt zink-oxide de scheurbestendigheid van banden in hoge mate. Zink-oxide is dus een noodzaak voor banden.

Zink-oxide is aquatoxisch: het doodt eencellige organismen in het oppervlaktewater en als basis van de voedselketen van vissen kunnen die dus ook niet overleven. Voor de mens is zink-oxide niet direct schadelijk; integendeel, is een essentieel element voor bepaalde proteïnen. Ondanks vele jaren intensief onderzoek naar alternatieven voor zink-oxide als vulkanisatie-activator is er nooit een gelijkwaardig alternatief gevonden<sup>13</sup>. Echter bij de hoeveelheden zink toegepast in gegalvaniseerde middenberm-beveiligingen en in de bouw vallen de hoeveelheden zink die door banden-slijtage in het milieu, meestal in de berm, belanden in het niet<sup>14</sup>.

Koper en een gelijke hoeveelheid zink is afkomstig van de messing coating op het staalkoord in banden. De kleine hoeveelheid kobalt is terug te traceren naar het gebruik van kobaltverbindingen, die tezamen met de messing-coating de hechting tussen staalkoord en rubber tot stand brengen.

Andere metalen, zoals cadmium en lood, worden niet in de bandenfabricage toegepast en zo zij al gevonden worden is dat in zeer geringe hoeveelheden als verontreiniging van het zink, waaruit de zink-oxide is aangemaakt.

Voor de beoordeling van de gezondheidsrisico's van de metalen in het rubbergranulaat wordt vooral gekeken naar de migratie naar kunstmatig maag-darmsap en zweet. De hoeveelheden zijn echter zo gering, dat de jaarlijks toegestane blootstellingsgrens niet wordt overschreden.

## Eindconclusies

De twee Zembla-uitzendingen liepen vooruit op de conclusies van de ECHA-studie en de opschudding, die deze uitzendingen eigenlijk alleen in Nederland hebben veroorzaakt, moeten als prematuur worden aangemerkt. De met grote spoed aangezette studie van RIVM en de recent gepubliceerde resultaten van de ECHA-studie vullen elkaar aan.

Met ingang van 1 januari 2010 is de Europese bandenindustrie integraal overgegaan op de toepassing van laag PAK-houdende oliën in hun banden. De toepassing van gemalen bandengranulaat was echter inmiddels al 10 jaar gebruikelijk. Er zijn van af het begin in de wereld honderden onderzoeken uitgevoerd naar de gezondheidsrisico's van het gebruik van banden-granulaat in kunstvoetbalvelden, waarin nooit een verband met het voorkomen van leukemie of lymfeklierkanker is vastgesteld. Met name ook vóór de omstelling op laag PAK-houdende oliën, die overigens nog maar beperkt in de huidige gemalen banden doorwerkt.

Tot vóór 27 december 2015 – en eigenlijk ook nu nog – viel het rubbergranulaat onder de MENGSEL-norm van de REACH Annex XVII punt 28, die 100-voudige hoeveelheden PAKs toestaat vergeleken met de nieuwe ARTIKELN-norm. Waar rubbergranulaat van afgedankte autobanden nauwelijks als “artikel” kan worden aangemerkt, zijn de gevonden gehalten aan PAKs en diverse andere verbindingen van zodanig laag niveau, dat het extra kankerrisico in de orde van grootte van  $10^{-5}$  –  $10^{-6}$  ligt: verwaarloosbaar klein. De situatie zal in de naaste toekomst vanzelf verder verbeteren, wanneer het aandeel banden met laag PAK-houdende oliën toeneemt (enkele importen daargelaten).

Het vóórkomen van ftalaten en fenolen, ofschoon ook in zodanig geringe hoeveelheden dat ze niet als gezondheidsschadelijk hoeven worden aangemerkt, duidt op onduidelijke verontreinigingen van het granulaat, hetgeen nader onderzoek verdient. De indruk gewekt met het door RIVM uitgesproken vermoeden, dat de ftalaten uit EPDM-granulaat afkomstig zouden kunnen zijn, is onjuist en stelt EPDM ten onrechte in een slecht daglicht, ofschoon het een goed, maar duurder alternatief voor gemalen autobanden kan zijn.

## Referenties

1. A. Petchkaew, “Implications of non-carcinogenic PAH-free Extender Oils in Natural Rubber Based Tire Compounds”, PhD-thesis, Universiteit Twente, Enschede, 15 januari 2015.
2. D.T. Coker, A.G. King, D.L. Mumford en C.S. Nessel, *Anal. Commun.* **34**, 137 (1997).
3. Swedish KEMI Rapport från kemikali-inspektionen 6/94 (1994).
4. M. Jona, presented at RubberChem 2004: the 4th international rubber chemicals, compounding and mixing conference, November 2004, Birmingham (UK).
5. Directive No. 2005/69/EC of the European Parliament and of the Council, *Official Journal of the European Union*, **L323**, 51 (2005).
6. Directive No. 1907/2006 of the European Parliament and of the Council, *Official Journal of the European Union*, **L369**, 439 (2006).
7. ISO 21461:2006: “Rubber-determination of the Aromaticity of Oil in Vulcanized Rubber Compounds (2006).

8. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Ministerie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport: “Beoordeling gezondheidsrisico’s door sporten op kunstgrasvelden met ruwbbergranulaat”, RIVM Rapport 2016-0202.
9. <http://quality.fifa.com/en/Football-Turf/About-Football-Turf/Quality-Assurance/>
10. Commission Regulation (EU) No 1272/2013 of 6 December 2013, amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006.
11. [https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/echa\\_rest\\_proposals\\_rubber\\_granules\\_en.pdf/1a8a254c-bd4a-47b1-a091-99ae4a94a8c2](https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/echa_rest_proposals_rubber_granules_en.pdf/1a8a254c-bd4a-47b1-a091-99ae4a94a8c2)
12. European Chemicals Agency, Annex XV Report: “An Evaluation of the Possible Health Risks of recycled Rubber Granules Used as Infill in Synthetic Turf Sports Fields” Version number 1.01, 28 February 2017
13. G. Heideman, “Reduced Zinc Oxide Levels in Sulphur Vulcanisation of Rubber Compounds: mechanistic aspects of the role of activators and multifunctional additives”, PhD-thesis, University of Twente Enschede, 15 october 2004.
14. Informatie Umicore, België.