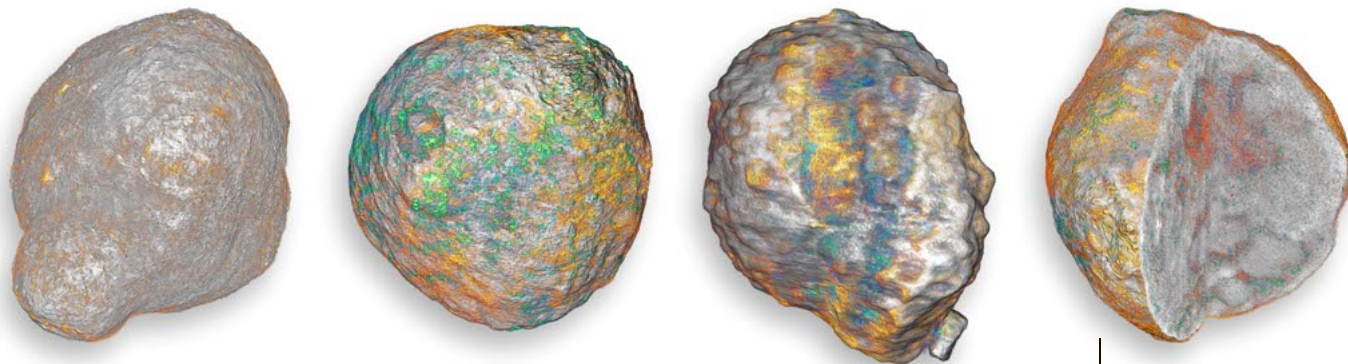




RUWE OLIE WORDT STEEDS ONZUIVERDER

Vuile aardolie wurgt de raffinaderij



Aardolie omzetten in benzine wordt steeds moeilijker. Katalysatoren die het proces moeten versnellen, slijten door de steeds onzuiverder wordende ruwe olie. Onze landgenoot Bert Weckhuysen bracht het proces in kaart. **MICHEL LEEN**

Katalysatoren voor het kraken van olie worden langzaam 'rot', een beetje op dezelfde manier als een appel.

© Universiteit Utrecht

Denk aan de manier waarop een appel rot', zegt chemicus Bert Weckhuysen.

'Eerst komen er een paar bruine vlekjes op de schil, maar gaandeweg wordt de hele appel aan de buitenkant bruin, terwijl de binnenkant nog wel te eten zou zijn. Met een katalysator gaat het net zo.'

Voor de productie van benzine uit ruwe aardolie zijn dergelijke katalysatoren cruciaal. Ze verknippen de ruwe olie, die uit lange koolwaterstofmoleculen bestaat, tot kleinere stukken die geschikt zijn als brandstof. 'Een typisch molecuule ruwe olie telt vijftig koolstofatomen', zegt Weckhuysen, een Leuvenaarder die nu in Nederland werkt. 'Die worden door de katalysator verknipt tot stukjes van acht koolstofatomen: benzine. Katalysatoren versnellen die kraakreactie.'

Stervende katalysator

En net als een rottende appel kunnen katalysatoren plekkjes krijgen. 'Rond het katalysatordeeltje ontstaat dan een bruin schilletje, waar geen ruwe aardolie meer door kan. Binnen in de katalysator zit dan nog wel materiaal dat kan bijdragen aan het kraakproces, maar de grote aardoliemoleculen raken er niet meer, of erg moeilijk, door.'

Resultaat: raffinaderijen moeten verse katalysator toevoegen om de reactie op gang te houden. 'En hoe onzuiverder de aardolie, hoe meer katalysator je nodig hebt.'

Nu de olievoorraden bijna op zijn, raffineren petrochemische bedrijven steeds vaker zulke aardolie van mindere kwaliteit.

Dat een katalysator 'sterft' tijdens het kraakproces, was al langer geweten. Maar Weckhuysens lab aan de Universiteit van Utrecht heeft 'het leven en de dood van het katalysatordeeltje' nu voor het eerst gedetailleerd in beeld gebracht, op de schaal van nanometers (miljoenste millimeters).

'We hebben gefilmd wat er tijdens het kraakproces gebeurt. Aardolie bevat onzuiverheden, bestanddelen van fossiele planten waaruit de olie miljoenen jaren geleden is ontstaan. In die planten zaten metalen: nikkel, vanadium, ijzer en dergelijke. Zij deactiveren het katalysatordeeltje bij het kraakproces.'

Onzuivere olie

Dat het proces nu in beeld gebracht is, kan nuttig zijn voor de industrie, zegt Weckhuysen. 'De gemakkelijk te verwerken ruwe aardolie, met relatief weinig onzuiverheden, is grotendeels opgebruikt. Nu zijn we toe aan de moeilijkere fracties, die veel meer onzuiverheden bevatten. Dat be-

tekent dat je meer en meer "rotte appels" krijgt die na een tijdje niet meer werken. Nu we leven en dood van de kraakkatalysator hebben gevisualiseerd, en inzicht hebben verworven in hoe dat komt, kunnen we gaan nadenken over hoe we nieuwe of betere kraakkatalysatoren kunnen ontwerpen.'

Het probleem is in de industrie bekend, zegt Stany Serrien, directeur productie bij Total Belgium. 'De zuiverheidsgraad van olie hangt samen met de herkomstregio. Of dat per se betekent dat je meer katalysator moet gebruiken? Zo zie ik het niet. Katalysatoren kunnen wel verbeterd worden. Sowiesso koop je de aardolie aan in functie van de installatie die je hebt. Maar ik heb niet het idee dat we momenteel in moeilijkheden zitten.'

Grenzen aan de groei

'De vraag is hoeveel katalysator je kunt blijven toevoegen', zegt Weckhuysen. 'Tot nu toe heeft de industrie gereageerd door de katalysatoren steeds te verbeteren. Dat gebeurt door metaalvangers aan de mix toe te voegen. Maar de kans bestaat dat je vroeg of laat botst op de grenzen van wat mogelijk is. Om aardolie te raffineren heb je enorme installaties nodig: torens van wel vijftig meter hoog, waar elke dag tientallen tonnen

vers katalysator materiaal in terecht komen. Als je ooit honderd ton zou nodig hebben, is dat een groot schaalverschil. Er zijn dus grenzen: hoeveel vers katalysator materiaal ga je bij de ruwe aardolie mengen?'

En de benzineprijs aan de pomp? 'Die wordt voorspeld niet bepaald door de katalysator, maar door geopolitieke en economische factoren. De katalysator kost momenteel enkele tientallen centen op een vat olie van vijftig dollar. De olieprijs bepaalt de benzineprijs, niet de katalysator. Voor diesel is de technologie heel anders, maar ook daar geldt dat de olieprijs bepalend is. Dat is cruciaal voor de katalyse: een klein beetje katalysator geeft een heel groot effect.'

Diesel

Welke gevolgen heeft dat voor de productie van diesel, nog steeds de favoriete autobrandstof van de Belg? 'Diesel wordt niet gemaakt volgens het kraakproces dat wij bestudeerd hebben, al wordt wel geprobeerd om ook diesel te produceren volgens hetzelfde procédé. De impact op de plasticproductie is groter. De kraakkatalysatoren die worden gebruikt voor de productie van benzine, worden ook gebruikt voor die van propaan, een onderdeel van polypropyleen.'

ARCHEOLOGIE

Azteken deden al aan geopolitiek

Ook al ben je de grootste en de sterkste, soms loont het om de kleintjes wat ruimte te laten. Dat wisten de Azteken ook al.

Amerikaanse en Mexicaanse onderzoekers laten in *Journal of Archaeological Science* zien hoe buitenlandse politiek ook bij de Azteken al met handel te maken had. Rond 1500 was de onafhankelijke republiek Tlaxcallan, in het huidige Mexico, helemaal omringd door het Azteekse rijk. Maar hoewel de Tlaxcallanen de Spaanse veroveraar Cortés steunden tegen hun Azteekse burens, namen de Azteken het landje nooit in.

Scheikunde

De vorsers stelden met chemische analyses vast dat Tlaxcallan zijn obsidiaan, een belangrijke grondstof voor werktuigen, als zowat enige haalde in de mijn van El Paredon, buiten de grenzen van het Azteekse rijk. Terwijl er ook bronnen dichterbij waren. De Azteken bevoorraden zich bijvoorbeeld vooral in Pachuca, in hun eigen grondgebied. De Tlaxcallanen mochten dus door het land van de hen niet gunstig gezinde burens trekken om hun obsidiaan (vulkanisch glas waarmee je heel scherpe wapens kon maken) elders te gaan halen.

'Obsidiaan was vlot verkrijgbaar en blijkbaar kostte het de Azteken meer moeite dan het hen waard was om deze ene aanvoerlijn af te snijden', zegt onderzoeker John Millhauser. Ook al werden ze op die manier door het kleine Tlaxcallan uitgedaagd. Maar afsnijden kostte de Azteken veel moeite, terwijl elders aankopen de Tlaxcallanen nauwelijks moeite zou kosten.

'Ons idee over een oppermachtig rijk is overtrokken. De regio zat politiek en cultureel veel ingewikkelder in elkaar.' (pvd)



Een mes van obsidiaan mag er primitief uitzien, maar het is scherper dan elk zakmes. © rr

WETENSCHAPSWINKEL

HOE KOMT HET DAT JE NA EEN ZWARE INSPANNING BLOED PROEFT?

Kristina Van Remoortel, Gent

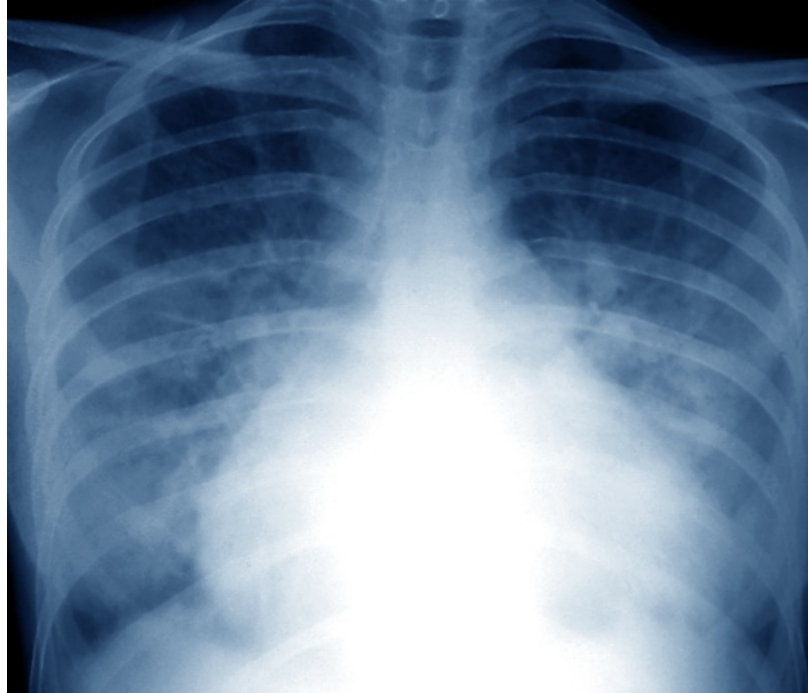


TOMAS VAN DIJK

‘Laatst wilde ik koste wat het kost die ene trein halen’, mailt mevrouw Van Remoortel. ‘Ik fietste als een zotte naar het station. Een niet zo aangenaam neveneffect aan het eind van de rit was de bloedsmaak in mijn mond. Waar komt die smaak vandaan?’

‘Die smaak komt uit je longen’, vertelt Wouter van Marken Lichtenbelt van de Universiteit Maastricht. ‘Bij een echt flinke inspanning wordt de druk in de kleine bloedvaatjes in de longen zo groot dat er weleens een haarvaatje kan springen. Zo komt er een heel klein beetje bloed in de longen. Dat is normaal gesproken niet zo erg, maar het is net genoeg bloed om die bloedsmaak in de mond te veroorzaken.’ ‘Dat is ook mijn verklaring’, zegt bewegingswetenschapper Matthijs Hesselink, Van Marken Lichtenbelts collega aan de Universiteit Maastricht. ‘Er is volgens mij weinig hard wetenschappelijk bewijs, omdat er weinig onderzoek gedaan is naar het fenomeen. Maar het is een logische verklaring.’

De bloedsmaak kun je krijgen bij elke sport, aldus Hesselink. ‘Het gebeurt vooral wanneer je intensief sport in een omgeving met droge lucht. Het “1.500 meterkuchje” bij schaatsers is een voorbeeld, maar je ziet het ook bij atleten die 800 meter lopen in droge lucht of bij baanwielrenners die een achtervolging rijden.’ Of natuurlijk bij mensen die de trein proberen te halen, zoals mevrouw Van Remoortel.



Longen met oedeem (het bleke, korrelige deel). © belga

tel. Wat heeft de luchtvochtigheid met de bloedsmaak te maken? Om de longen goed te laten functioneren zijn longblaasjes altijd een beetje vochtig. Het laagje vocht kan verdampen als je tijdens het sporten een tijdje maximaal inademt, zeker als de lucht droog is. De longblaasjes en de daaraan verbonden haarvaten raken sneller beschadigd als het beschermende laagje water verdampt is.

Oedeem

Een andere mogelijke verklaring voor de bloedsmaak is longoedeem, een vochtophoping in de longen die de gasuitwisseling bemoeilijkt. Al verschillen de menin-

Bij een echt flinke inspanning wordt de druk in de kleine bloedvaatjes in de longen zo groot dat er weleens een haarvaatje kan springen

gen daarover. ‘Volgens mij is dat toch echt wat anders’, zegt Van Marken Lichtenbelt. ‘Het is veel ernstiger. Je krijgt longoedeem pas bij oververhitting en bij extreme inspanning.’

Sportwetenschapper Gerald Zavorsky van de University of Louisville in de Verenigde Staten, anderzijds, meent pulmonair oedeem aangetroffen te hebben bij marathonlopers. Hij publiceerde er in 2014 over in het blad *Physiological reports*. Zavorsky maakte röntgenfoto's van de longen van 36 lopers vlak voor en net na hun sportprestatie. Bij zeventien procent van de proefpersonen zag hij een beetje vochtophoping. ‘Het was mild oedeem’, zegt hij. ‘Niets ernstigs. Twee uur na de finish was er al niets meer van te zien.’

Vocht is moeilijk te zien op röntgenfoto's. Dat verklaart misschien waarom Zavorsky enkele maanden voor zijn publicatie in *Physiological reports* nog heel andere – meer alarmerende – cijfers presenteerde. In het blad *Respiratory physiology and neurobiology* beschreef hij een vergelijkbaar experiment waaruit bleek dat zes procent van de mannelijke marathonrenners en maar liefst 55 procent van de vrouwelijke atleten te maken kreeg met een wat ernstiger vorm van oedeem. Zavorsky houdt het er nu op dat marathonlopers slechts een zeer milde vorm van oedeem ervaren. ‘Ernstig oedeem komt veel voor bij paarden, maar is bij mensen heel zeldzaam.’

Vragen voor de wetenschapswinkel zijn welkom op wetenschap@standaard.be, onder vermelding van naam en woonplaats.

KLIMAATONDERZOEK

Temperatuur stijgt niet veel sneller door dooi in de toendra

Door het broeikas effect ontdooit in het Noorden de permafrost. Maar dat gaat niet catastrofaal snel, zoals eerder gedacht.

Het ontdooien van permafrostgebieden in Siberië, Alaska en Canada zal niet, zoals eerder werd gevreesd, plotseling en op korte termijn gigantische hoeveelheden broeikasgassen in de lucht brengen. Het zal heel geleidelijk gaan en eeuwen duren. Het proces leidt dus niet tot een plotselinge verdere klimaatopwarming.

Dat schrijft een groep internationale onderzoekers in het tijdschrift *Nature*. ‘Het idee bestaat dat het ontdooien van permafrost een soort tikkende tijdbom is. Dat is niet realistisch’, zegt onderzoekster Jorien Vonk van de Universiteit Utrecht. Permafrost is de naam voor de altijd bevroren bodems in de noordelijke poolstreken. Als die door de klimaatopwarming ontdooien,



Toendra in Noord-Quebec. Bij het ontdooien komen de broeikasgassen langzaam vrij. © Andrea & Antonella Ferrari

wordt de aanwezige koolstof beschikbaar als voedingsbron voor micro-organismen. Die scheiden CO₂ of CH₄ (methaan) uit als afvalproducten.

In hun artikel inventariseren de zeventien auteurs recente onderzoeksresultaten, die zijn verschenen na de laatste mondiale klimaatanalyse van het VN-panel IPCC, in het najaar van 2013. De

klimaatmodellen van de aarde die voor die laatste analyse zijn gebruikt, hielden nog geen rekening met de uitstoot van broeikasgassen (kooldioxide en methaan) door het ontdooien van permafrost. De auteurs onderstrepen dat, ondanks onzekerheden, de grote lijnen duidelijk zijn. In deze eeuw zal tussen de vijf en vijftien procent van alle koolstof in de

permafrost vrijkomen als broeikasgas. In haar omvang is die CO₂-bron vergelijkbaar met veranderd landgebruik, zoals het kappen van bos en het omzetten ervan in landbouwgrond. Dat is slechts een fractie van de hoeveelheid broeikasgassen die via het verbranden van fossiele brandstoffen in de atmosfeer komt.

© NRC Handelsblad

In deze eeuw zal tussen de 5 en 15 procent van alle koolstof in de permafrost vrijkomen als broeikasgas