

Havisten en vwo'ers buigen zich over duurzame productie

# GROENE CHEMIE GAAT NAAR SCHOOL

Atoomeconomie, rendement, E-factor, Q-factor, MAC-waarde, energiebalansen, het zijn niet zomaar wat begrippen waar middelbare scholieren mee aan de slag gaan tijdens de onderwijsmodule Groene Chemie. Nee, met kennis van deze termen leren zij complexe duurzaamheidsvraagstukken van de chemie te begrijpen. Door zelf berekeningen te maken en advies uit te brengen over waarheidsgetrouwe casuïstiek.

Tekst: Marloes Hooimeijer

**G**roene chemie is voor het onderwijs een heel nieuwe tak van sport", zegt scheikundedocent Jan van Rossum van het Ashram College in Alphen aan de Rijn. "Men wilde het onderwerp enkele jaren terug opnemen in het centraal scheikunde-examen voor havo en vwo, maar dan moest er wel eerst fatsoenlijk lesmateriaal beschikbaar komen om het goed aan leerlingen uit te kunnen leggen." Dus financierde de VNCI ontwikkeling van de lesmodule Groene Chemie voor havo-5-leerlingen, die sinds verschijning in 2010 gretig opgevraagd wordt door zowel havo- als vwo-scheikundedocenten. De module staat inmiddels model voor de eindtermen van het centraal examen en de vragen die daarin gesteld kunnen worden. "Maar vwo-docenten misten aandacht in de module voor het ingewikkelde thema 'evenwichten', het berekenen van evenwichtsreacties

bij chemische processen", zegt Van Rossum. Als mede-ontwikkelaar van de Delftse Leerlijn, een serie van toepassingsgerichte scheikundemodules voor het vwo binnen de Nieuwe Scheikunde (zie kader), heeft hij de havo-module Groene Chemie met een aantal collega's vorig jaar vwo-proof gemaakt.

## Geen modegril

"Aandacht voor groene chemie is geen modegril, maar een thema waar we in de toekomst niet omheen kunnen", meent Emiel de Kleijn, curriculumontwikkelaar scheikunde bij het nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling SLO. "Aangezien Nederland daarin straks voorop wil lopen, is het van groot belang dat het thema vast onderdeel van het scheikunde curriculum is geworden. De lesmodule Groene Chemie laat leerlingen de essentie zien: dat je bij het ontwerpen van productieprocessen over duurzame efficiency in brede zin moet nadenken. Het gaat

niet alleen om recycling en hernieuwbare grondstoffen, maar ook om zo min mogelijk grondstofverbruik, afval, bijproducten, toxiciteit, en het verwerken van zo veel mogelijk beginstoffen in het eindproduct - de atomeconomie."

Vandaar ook dat de inhoud van de module is gebaseerd op de twaalf - wereldwijd geaccepteerde - uitgangspunten van Paul Anastas voor groene chemie, en dat leerlingen aan de slag gaan met bijbehorende termen als rendement, E-factor (hoeveelheid afval), Q-factor (vervuilingsfactor), MAC-waarde (maximaal toegestane hoeveelheid gevaarlijke stoffen) en energiebalansen (verbruik en vrijkomen van energie). Van Rossum: "In eerste instantie vinden mijn leerlingen de stof pittig en taai, maar als ze er in de casusopdrachten mee gaan werken snappen ze opeens wat ze ermee kunnen."

Ook de leerlingen van scheikunde-docente Aky van der Beek (scholen- ►





FOTO: HOLLANDE HOOGTE

## NIEUWE SCHEIKUNDE LEGT VERBINDING MET MAATSCHAPPIJ

**V**anaf komend schooljaar moeten alle vierde klassen havo en vwo gaan werken met het examenprogramma Nieuwe Scheikunde. "De Nieuwe Scheikunde is meer contextgericht dan de Oude Scheikunde", zegt curriculumontwikkelaar Emiel de Kleijn. "Het verbindt de lesstof aan actuele maatschappelijke vraagstukken: groene chemie, duurzaamheid, nieuwe materialen, energieomzettingen. Leerlingen krijgen direct een duidelijk beeld van de relevantie van het vak."

Het examenprogramma schrijft voor 'wat' in de nieuwe scheikundelessen behandeld moet worden, maar in het 'hoe' zijn docenten en scholen vrij. Om docenten te ondersteunen zijn er diverse leerlijnen ontwikkeld waarin de lesstof op eigen (didactische) wijze wordt behandeld. Een voorbeeld is de Groene Leerlijn voor de havo of het equivalent hiervan voor het vwo, de Delftse Leerlijn. Daarin gaan leerlingen in groepjes zelf actief aan de slag met brede, maatschappelijke

lijke chemievraagstukken, zoals gezonde voeding of duurzaam vervoer. De lesstof is uitgewerkt in tal van modules die docenten, los of als onderdeel van een leerlijn, kunnen gebruiken. De VNCI heeft de ontwikkeling van acht modules gefinancierd waarin de chemische industrie centraal staat: groene chemie, melkzuur, kunstmest, antibiotica, zelfherstellend beton, zelfherstellende materialen, nanomaterialen en biotechnologie. De ontwikkeling van de Delftse Leerlijn door de TU Delft wordt eveneens door de VNCI gefinancierd.

### Beroepsperspectief

In de Nieuwe Scheikunde moet ook het beroepsperspectief volgens De Kleijn meer aan bod komen, zodat leerlingen geënthousiasmeerd raken voor een vervolgstudie in de chemie. "Er is meer tijd nodig om iets te zeggen over het effect op de instroom in de scheikundeopleidingen. Wel geven veel leerlingen uit onze testpilot aan dat ze door

het nieuwe scheikundeonderwijs de relevantie van het vak veel meer zien." Scheikundedocent Jan van Rossum beaamt dit: "Mijn leerlingen zijn zó enthousiast. Tien jaar terug was scheikunde op onze school het minst populaire en nu het meest populaire bètavak. Ze vinden het veel toepassingsgerichter dan biologie. 'Je weet tenminste waar je het voor doet', zeggen ze. In mijn vwo-5-klas zitten nu al zes leerlingen die iets met scheikunde willen gaan doen." Scheikundedocent Bert Klont op scholengemeenschap Schaersvoorde doet er nog een schepje bovenop: "Drie excellente leerlingen hebben mij gevraagd een aanbevelingsbrief te schrijven voor een Topsector Chemiebeurs. Modules Nieuwe Scheikunde helpen je vak te verkopen!"

Meer informatie: [www.nieuwescheikunde.nl](http://www.nieuwescheikunde.nl) en [www.scheikundeinbedrijf.nl](http://www.scheikundeinbedrijf.nl)

# 'Wij deden in het verleden helemaal niet aan groene chemie'

gemeenschap De Passie in Utrecht zijn enthousiast over de module. "Ze vinden het plezierig dat de behandelde onderwerpen terugkomen in de oefenopdrachten, zoals het berekenen van de atomeconomie bij verschillende soorten reacties. De casussen vinden ze ook erg leerzaam." En voor haar als docente zelf is het ook handig dat er een 'overzichtelijke module' bestaat om groene chemie in de klas te behandelen. "De Nieuwe Scheikunde kijkt veel specifiek naar groene chemie dan voorheen. In het oude examenprogramma was er slechts algemene aandacht voor: goed of slecht voor het milieu, punt. Nu betrek ik groene chemie ook bij andere onderwerpen die ik behandel, zoals gebruik van grondstoffen en oplosmiddelen."

Docente Brechtje Maas van OSG Sevenwolden zegt hierover: "Wij deden in het verleden helemaal niet aan groene chemie, maar nu leren we de leerlingen aan de hand van een werkelijke situatie groen te denken. Dat vinden ze leuk, al vinden ze de eindopdracht wel veel werk."

## Advies aan gemeenteraad

In die eindopdracht vormen de leerlingen het fictieve adviesbureau Green Chemistry, dat door de gemeenteraad is gevraagd advies uit te brengen over de beste productieroutes voor titaandioxide en adi-

pinezuur in een nieuw te vestigen fabriek. "Het voorbeeld van titaandioxide komt van chemiebedrijf Tro-nox", vertelt Van Rossum. "We mogen gebruikmaken van filmpjes over hun productieproces en andere informatiebronnen. De andere casus komt van de TU Delft. Zonder deze inbreng uit de praktijk hadden we de module nooit kunnen maken." De leerlingen moeten in teams voor vier mogelijke productieroutes berekenen hoe 'groen' die zijn en uiteindelijk richting de gemeenteraad beargumenteren voor welke twee routes, voor respectievelijk titaandioxide en adipinezuur, een vergunning verleend moet worden. "Ze komen erachter dat dit geen simpele optelsommetjes zijn, maar dat ze moeten bepalen welke criteria van Anastas ze voor de stad zwaarder vinden wegen dan andere. Gaat minder energieverbruik boven meer toxiciteit? Of gaat minder afval boven minder energieverbruik? Ze leren dat ook in groene chemie ethische kwesties spelen."

**Meer informatie:**  
<http://ocw.tudelft.nl/high-school/de-delftse-leerlijn-voor-scheikunde/>



*Wat gebeurt er als spieren bij fanatiek sporten door rechtsdraaiend melkzuur verzuren?*



## VAN ECOREIS TOT MELKZUUR

Een andere populaire module binnen de Nieuwe Scheikunde, bij zowel leerkrachten als leerlingen, is Ecoreizen: groepjes leerlingen doen mee aan een 'prijsvraag' en zetten een reis uit die alle continenten aandoet met zo min mogelijk CO<sub>2</sub>-uitstoot. De module wordt volgens Van Rossum binnen de Delftse leerlijn door zo'n honderdvijftig scholen gebruikt. "De ervaring van andere docenten en mij is dat leerlingen direct met de opdracht aan het werk gaan. Terwijl er veel chemisch rekenen bij komt kijken: niet bepaald het populairste, eenvoudigste onderdeel voor veel leerlingen." Volgens scheikundedocente Brechtje Maas van OSG Sevenwolden zien leerlingen meteen waar ze de lesstof voor nodig hebben: "Het is inderdaad veel rekenwerk, levert soms ook wel wat stress op, maar na de module kunnen ze het!"

Peter Groenen, scheikundedocent op scholengemeenschap Schaersvoorde, geeft zijn leerlingen de VNCI-module 'Melkzuur, van spierpijn tot kunstknief' (voor havo- en vwo-3). "De module bevat alle belangrijke zaken over de scheikunde die noodzakelijk zijn om in de bovenbouw met Nieuwe Scheikunde verder te kunnen, zoals reactievergelijkingen en berekeningen. De leerlingen leren contextmatig te werken: ze herkennen praktische zaken die ze in relatie tot sport en voeding tegenkomen in hun dagelijkse praktijk."

Zo leren ze wat er precies gebeurt als de spieren bij het fanatiek sporten door rechtsdraaiend melkzuur verzuren. Ze gaan thuis en in de supermarkt op zoek naar producten met E270 (melkzuur). Maken yoghurt en zuurkool. En vergelijken materiaaleigenschappen en toepassingen van het bioplastisch polymelkzuur met de gangbare plastics. Ze leren hoe dit snel afbreekbare plastic uit suikers een tijdelijke kunstknief kan vormen die zich langzaam laat vervangen door weefsel uit het eigen lichaam.

"Mijn leerlingen vonden de praktische opdrachten leuk om te doen", vertelt Groenen. "De leerstof vonden ze soms wel moeilijk, maar uiteindelijk waren de resultaten van de repetitie goed en is er met deze module zeker interesse voor het scheikundevak gewekt." Zijn collega Bert Klont, scheikundedocent bovenbouw, vult aan: "Mijn vwo-5-leerlingen zijn momenteel bezig met stereochemie en daar komt melkzuur in terug. Ze vertellen mij spontaan dat de module uit vwo-3 nu zorgt voor een beter begrip van de stof."