

# Scheikunde voor Circulariteit

## Actueel onderzoek verwerkt in een educatieve module

Groene Chemie is een actueel onderwerp waar veel onderzoek aan wordt verricht. Met de module 'Scheikunde voor Circulariteit' willen we leerlingen (de nieuwe generatie onderzoekers) kennis laten maken met onderzoek naar duurzaamheid. In dit artikel beschrijven we de opbouw van het lesmateriaal en delen we de eerste ervaringen van het werken hiermee.

Als gevolg van de groeiende wereldbevolking worden grondstoffen steeds schaarser. De Rijksoverheid heeft als doelstelling om in 2050 in Nederland een circulaire economie te hebben waarin alle grondstoffen herbruikbaar zijn. Daarvoor zijn nieuwe scheidingstechnologieën nodig waarmee waardevolle stoffen kunnen worden gewonnen uit stromen die anders als afval zouden zijn geëindigd. Het ReCoVR (Recovery and Circularity of Valuable Resources) programma onder leiding van dr. Sissi de Beer van de Universiteit Twente werkt samen met meerdere universiteiten, bedrijven en onderzoekers aan deze doelstelling. Er worden specifieke, schone en energie-efficiënte elektrisch aangedreven scheidingstechnologieën ontwikkeld voor vijf verschillende 'targets':

- Eiwitten
- Schoon water
- Suiker, zout en carbonzuren



**THIJS OLDE HAMPSTINK** is docent scheikunde op Het Erasmus te Almelo. Hij behaalde zijn graad van 'master of science' mede door bij de Universiteit Twente de hierboven besproken module te ontwikkelen en uit te voeren. <https://www.linkedin.com/in/thijs-olde-hampsink-65761a160/>



**TALITHA VISSER** is vakdidacticus scheikunde aan de Universiteit Twente <https://nl.linkedin.com/in/talitha-visser-2017>



Dr. Sissi de Beer vertelt de leerlingen in een video over het ReCoVR-project.

- Koolstofmonoxide
- Smaakmoleculen.

### Masteronderzoek

Tijdens het vakinhoudelijk onderzoek van de lerarenopleiding heeft Thijs Olde Hampsink mee mogen helpen aan het onderzoek van de target koolstofmonoxide. Een van de subdoelen van dit ReCoVR-project is de nieuwe generatie enthousiast maken voor onderzoek en opleiding voor het ontwerpen van technologische ontwikkelingen voor een circulaire economie.

Wanneer context-gebaseerde studiematerialen worden gebruikt, leren leerlingen meer over de aard van de wetenschap (Çam en Geban, 2011), verbeteren ze hun houding

tegenover wetenschap (Bennett, Hogarth, en Lubben 2007) en motiveert het hen (King, Bellocchi, en Ritchie, 2008). Met de module 'Scheikunde voor Circulariteit' is een eerste stap hierin gezet. Thijs heeft deze module ontwikkeld, en samen met collega Inge ter Horst uitgevoerd in drie 4-havoklassen van

Het is mogelijk om deze module op uw eigen school uit te voeren. De module en docentenhandleiding zijn te verkrijgen door een mail te sturen naar [t.c.visser@utwente.nl](mailto:t.c.visser@utwente.nl) of door dit artikel op de NVON-website te raadplegen.

Het Erasmus uit Almelo. Met het ontwikkelde leerlingmateriaal en hun eigen schoolboek hebben de leerlingen zonder uitleg van een docent kennism gemaakt met het doen, en presenteren van onderzoek.

Deze module is ontwikkeld met het '5E instructional model' (Bybee et al., 2006). Dit model kent vijf fasen, die verwerkt zijn in de hoofdstukken in de module: *Engage* (hoofdstuk 1, 2, 4 en 5), *Explore* (hoofdstuk 2, 3, 4 en 5), *Explain* (hoofdstuk 3 en 4), *Elaborate* (hoofdstuk 6), en *Evaluate* (hoofdstuk 7).

## Opbouw module

De module bestaat uit zeven hoofdstukken en is ontwikkeld naast het boek 'Chemie in onderzoek', maar is eenvoudig zelf aan te passen aan een andere methode. Leerlingen werken in groepjes van drie of vier. In de eerste twee hoofdstukken maken leerlingen kennis met de opbouw van de module, Groene Chemie en het ReCoVR-project. Hoofdstuk drie behandelt chemische technologie en circulariteit. In het vierde hoofdstuk gaat het over de uitdagingen in het ReCoVR-project. In hoofdstuk vijf en zes specialiseren leerlingen zich in het target 'koolstofmonoxide'. Tot slot maken ze in hoofdstuk zeven een poster die ze presenteren.

Leerlingen beantwoorden in alle hoofdstukken opdrachten aan de hand van bijgeleverde bronnen en video's; ze moeten soms ook zelf internet raadplegen. De video's zijn te bekijken door het scannen van de QR-code(s) in de module. Hierdoor kan een groep leerlingen in eigen tempo bezig zijn met de opdrachten. Het zijn twee 'microlectures' gegeven door dr. Sissi de Beer, de projectleider van het ReCoVR-project.

In de laatste twee hoofdstukken opereren leerlingen vooral zelfstandig. Ze passen hun pasgeleerde kennis toe op voor hen onbekende situaties en leren dit in hun eigen woorden duidelijk te maken. De leerlingen doen met scheikundige wetenschappelijke

**SCHEIKUNDE VOOR CIRCULARITEIT**  
Faja Pászli  
Joey Exel  
Wietse Hornstra

**GROENE CHEMIE**

Het wordt steeds duidelijker dat de grondstoffen van de aarde op kunnen raken. Het is daarom erg belangrijk om onze aarde te beschermen en om rekening te houden met het milieu. Dit is groene chemie, een tak binnen de chemie waar wordt gekeken naar duurzaamheid. Het ReCoVR project laat ons kennis maken met deze groene chemie. Dit project richt zich namelijk op het veranderen naar een economie waarin afval wordt hergebruikt als grondstof. Super duurzaam dus!

**GROENE CHEMIE EN RECOVR PROJECT**  
ONDERZOEKT:  
In het eerste hoofdstuk hebben wij onderzoek gedaan naar het ReCoVR project. We hebben onderzocht waar het ReCoVR project zich voor in het en welke targets ze zich op richten.  
GELERD:  
Ziele verder verrijkt het ReCoVR project zich in voor van economie waartoe afval wordt hergebruikt als grondstof, het reactor project heeft daarom de volgende opzet:  
1. Alle grondstoffen kunnen hergebruikt worden.  
2. De CO2 uitstoot wordt vermindert met 50%.  
3. Duurzaamheid door vermindert energieverbruik.  
Omdat de bovenstaande doelen onmogelijk te zijn behalve in iedere industrie, hebben onderzoekers targets gesteld:  
1. Processen optimaliseren  
2. Schone water  
3. Zuikers, zouten en zuren  
4. Koolstofmonoxide  
5. Smakemoleculen  
Deze targets worden gerealiseerd op een natuurvriendelijke manier, en worden dan ingezet in een ander proces.

**CHEMISCHE TECHNOLOGIE EN CIRCULARITEIT**  
ONDERZOEKT:  
In dit hoofdstuk hebben wij gekeken naar de verschillende scheidingstechnieken die er zijn. We hebben gekeken hoe circulariteit bijdraagt aan de doelen van ReCoVR en hoe we met een biokieschemie te werk kunnen gaan.  
GELERD:  
We weten nu dat er geproduceerd wordt de targets te scheiden op een natuurvriendelijke manier. Er zijn verschillende scheidingstechnieken: Filtratie, Destilleren, Bezinken, Extraheren, Absorberen, Chromatografie. Afhankelijk van het mengsel dat moet worden gescheiden, zijn er verschillende methoden.  
Circulariteit kan ons brengen naar een wereld zonder afval. Circulariteit is namelijk het gebruiken van verbruikte producten voor andere processen. Hiermee hebben we geleerd te werken met biokieschemie. In een biokieschemie kan je processen weergeven. Elk blok geeft een stap uit een proces aan. Als circulariteit plaats vindt in een biokieschemie is dat aangegeven met 'recyclatie', hier worden stoffen namelijk hergebruikt in hetzelfde proces.

**ONDERZOEK**  
ONDERZOEKT:  
In dit hoofdstuk doen wij onderzoek naar koolstofmonoxide met vragen zoals: Waarvoor wordt koolstofmonoxide gebruikt in de chemische industrie? Wat het principe van gascyclering? Wat zijn de problemen die het scheiden van koolstofmonoxide met zich meebrengt? En hoe draagt het scheiden van koolstofmonoxide bij aan de doelen van ReCoVR?  
GELERD:  
CO komt in de chemische industrie overal voor in mengsels, en kan voor verschillende doeleinden worden ingezet. CO kan bijvoorbeeld worden verbonden tot CO2, de restwaarde kan men gebruiken voor bijvoorbeeld stroomopwekking. Het principe van gascyclering is dat een gas zich hecht aan een absorptie materiaal en het andere gas niet.  
Bij koolstofmonoxide is het scheiden wat lastiger, de stof komt namelijk vrij in een mengsel van andere gassen. Dit moet het gescheiden worden van de andere gassen.  
Het scheiden van CO brengt stroomopwekking met zich mee. Een doel van het ReCoVR project is een vermindert energie verbruik. Het scheiden van CO draagt op die manier dus bij aan de doelen van het ReCoVR project.  
Tijdens het onderzoek van dit hoofdstuk hebben wij geleerd een relevante informatie te scheiden van context in een wetenschappelijke bron.

**UITDAGINGEN RECOVR**  
ONDERZOEKT:  
In dit hoofdstuk onderzoeken wij de uitdagingen waar ReCoVR tegen aanloopt om de doelstelling te halen. We onderzoeken het verschil tussen recirculatie, recycling en downcycling. Ook gaan we dieper in op de andersstrategie van ReCoVR.  
GELERD:  
Om een circulaire economie te behouden zijn er verschillende uitdagingen, waaronder: het verkopen afbreken van producten, het kiezen van veel geld en materiaal verwerken een verandering maar willen er niets voor doen. Recirculatie is het hergebruiken van overgebleven producten voor een ander proces. Recycling is afbreken van producten hergebruiken. Downcycling is het veranderen van een nutloos product in een van een lagere kwaliteit. Recirculatie is het meest wenselijk aangezien daar een brandstof opnieuw kan worden gebruikt in een proces. Recycling zorgt voor downcycling waar bij de kwaliteit verslechterd, dat is niet wenselijk. De onderzoeksstrategie van het ReCoVR project is dat zij voor andere targets die zij stellen een gepastende onderzoeksgroep hebben.

**(DE GEVAREN VAN) CO**  
ONDERZOEKT:  
In dit hoofdstuk hebben wij onderzocht hoe koolstofmonoxide kan ontstaan en wat de gevaren er van zijn.  
GELERD:  
Bij een normale verbranding van koolstofhoudende brandstoffen ontstaat koolstofmonoxide. In er bij de verbranding een gebrek aan zuurstof, dan ontstaat er koolstofmonoxide. Koolstof monoxide is niet waar te nemen, dit maakt de stof erg gevaarlijk, het is namelijk erg giftig. Bij een te lange blootstelling aan CO komt er te weinig zuurstof in de hersenen en volgt de dood.

**QUIZ!**  
Welke herbruikbare energiebron levert ons het meeste energie op?  
A. Biomassa  
B. De zon  
C. Wind

**UNIVERSITEIT TWENTE.**

De poster met de meest behaalde stemmen op Het Erasmus.

bronnen onderzoek naar koolstofmonoxide, gascyclering en toepassingen van synthese-gas.

Nieuwe kennis opdoen staat centraal in de wetenschap, en het overbrengen van (nieuwe) informatie op anderen is hiermee verbonden. Voor de eindbeoordeling van deze module is daarom gekozen voor een presentatie in de vorm van een poster. Be-

langstellenden kunnen tijdens het rondlopen gericht vragen stellen.

De posters en de presentaties hebben we beoordeeld aan de hand van drie criteria: lay-out, inhoud en presentatievaardigheden. Omdat de eerste indruk van een poster zeer bepalend is of iemand de poster echt gaat lezen en vragen gaat stellen, hebben wij ervoor gekozen om leerlingen hiermee bonuspunten te laten verdienen. Alle bezoekers van de





Leerlingen lichten hun leerproces toe aan de hand van een poster. ©Edwin Faas

postersessie mochten een stem uitbrengen op de poster die ze het meest aansprak. De poster met de meeste stemmen, won!

De postersessie is een passend moment om de leerlingen niet alleen te bevragen over de kennis die ze hebben opgedaan, maar ook om ze hun ervaringen met de opzet van deze module te laten delen. Enkele uitspraken van leerlingen:

- Het was fijn om op eigen tempo bezig te kunnen met de stof.
- Ik hoop dat ReCoVR er in slaagt om CO te kunnen scheiden uit gasmengsels.
- Van tevoren vond ik de posterpresentatie wel spannend maar achteraf viel het wel mee!

- Naast de scheikunde-inhoud vond ik het leuk om mijn creativiteit kwijt te kunnen in een poster. Ik werd hierdoor ook aan het denken gezet wat er belangrijk genoeg was om op de poster te komen en wat niet.

### Ervaring met de module

Het is een module waar leerlingen aan het werk gaan met relatief weinig informatie. Iets waar ze aan moeten wennen. Door in het begin bevestiging te geven dat leerlingen op de goede weg zitten en vragen te beantwoorden, krijgen ze zelfvertrouwen, raken ze aan de manier van werken gewend en voelen ze zich eigenaar worden. Achteraf blijkt deze ontwikkeling van de leerling de grootste meerwaarde van deze module, in combinatie met de maatschappelijk relevante kennis over een lopend onderzoek die ze opdoen in een periode van zes tot acht weken.

### Slotsom

In deze module kunnen leerlingen bij het ReCoVR-project vele facetten rondom circulari-

teit leren in hun eigen tempo en met ruimte voor autonomie. Leerlingen zelf de regie geven over hun eigen leerproces voelt voor de leerling als een grote stap, maar levert aan het eind mooie resultaten en zelfvertrouwen op. ●

### BRONNEN

- Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science*. EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, Co: BSCS, 5, 88-98.
- Çam, A., Geban, Ö. (2011). Effectiveness of Case-Based Learning Instruction on Epistemological Beliefs and Attitudes Toward Chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 20(1), 26-32.
- King, D., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2008). Making connections: Learning and teaching chemistry in context. *Research in Science Education*, 38(3), 365-384.

Scholieren van nu zijn de onderzoekers van de toekomst