



# De rol van schelpdieren in de koolstofcyclus

Auteurs: Romy Lansbergen & Henrice Jansen

Juni, 2021

## Koolstof in de zee

De oceaan speelt een belangrijke rol in de koolstofcyclus op aarde en heeft daarmee een grote invloed op het klimaat. Een aanzienlijk deel van de koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) die door verbranding van fossiele brandstoffen in de atmosfeer terecht komt, wordt opgenomen door de oceanen. De oceaan fungeert daarmee als een koolstofopslag. Als deze dat niet zou doen zou de concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer vele malen hoger zijn en zal de opwarming van de aarde sneller gaan. De klimaatdoelstellingen zijn er niet alleen op gericht de CO<sub>2</sub> uitstoot te verminderen, maar ook om koolstof voor langere tijd vast te leggen. Schelpdieren zouden hierbij een rol kunnen spelen. We kennen schelpdieren vooral als voedselbron, maar er is ook steeds meer interesse voor het hergebruik van de koolstofrijke schelpen, bijvoorbeeld in bouwmaterialen of in bioplastics [1]. Op deze manier kunnen schelpdieren bijdragen aan een circulaire economie. In deze factsheet wordt inzicht gegeven in hoe mariene schelpdieren, en specifiek mosselen, bij kunnen dragen aan koolstofvastlegging. De informatie is gebaseerd op het Wageningen Marine Research rapport, *Blue carbon by marine bivalves* [2], waarin meer informatie te vinden is.

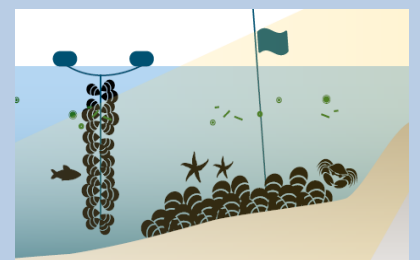
## Koolstofstromen in schelpdieren

Bij koolstofstromen in schelpdieren onderscheiden we twee processen; de lange en korte koolstofkringloop. De lange koolstofkringloop is gericht op het schelpenmateriaal. De schelp wordt gevormd door afzetting van calciumcarbonaat (CaCO<sub>3</sub>) en bevat dus een koolstof (C) element. Hiermee wordt koolstof gebonden. Het calciumcarbonaat wordt gevormd door een reactie tussen calcium (Ca) en bicarbonaat (HCO<sub>3</sub>), die beide vrij beschikbaar zijn in de waterkolom. Tijdens dit proces, biocalcificatie genoemd, komt er echter ook CO<sub>2</sub> vrij. Netto wordt er wel koolstof vastgelegd, maar deze balans tussen vastlegging van koolstof in de schelp en uitstoot van CO<sub>2</sub> is complex en is afhankelijk van verschillende omgevingsfactoren. De koolstof vastgelegd in de schelp kan vervolgens voor lange tijd (meerdere jaren) opgeslagen blijven [3].

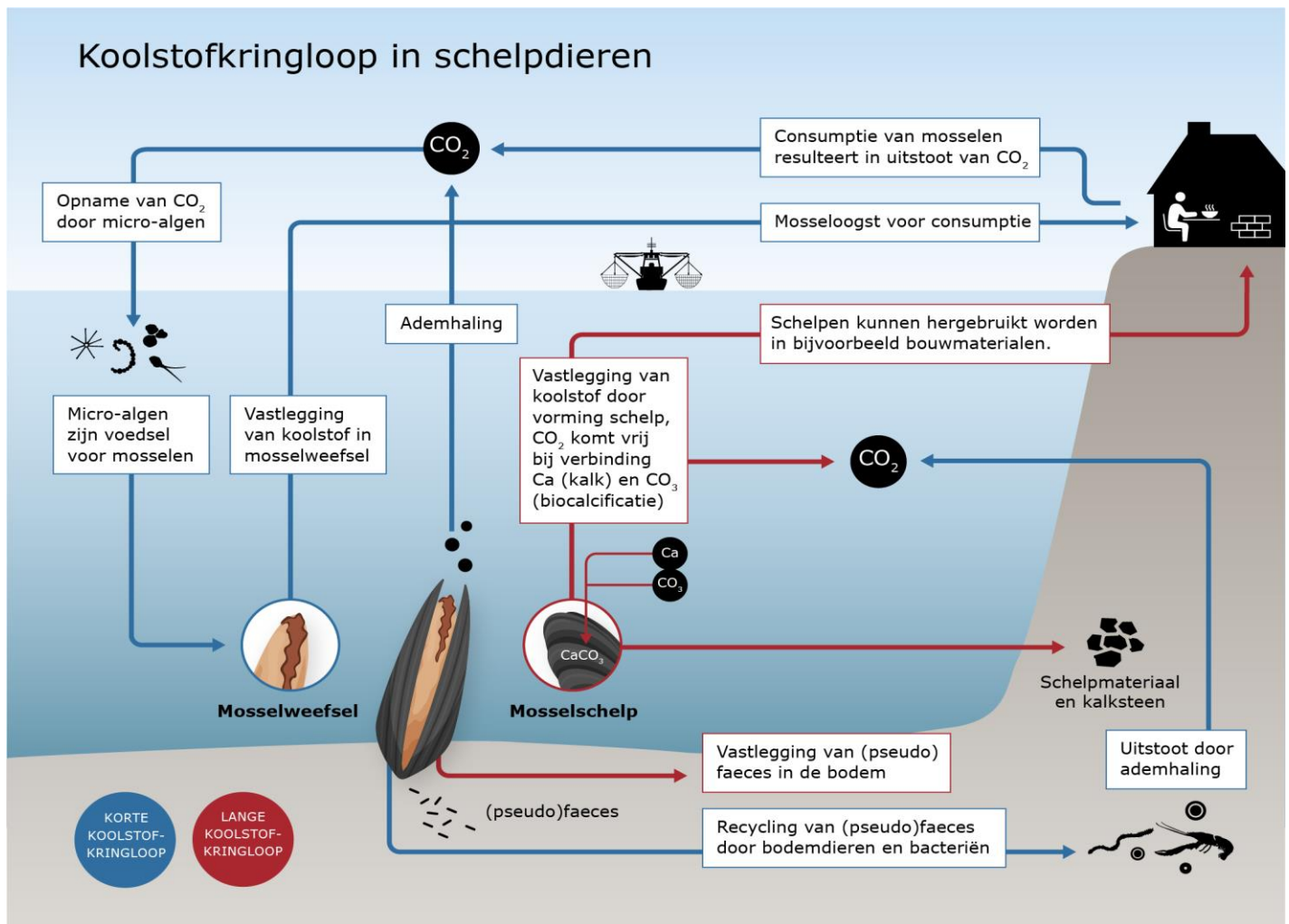
De korte koolstofcyclus is daarentegen snel, van een dag tot enkele maanden. Bij schelpdieren betreft dit alle processen die gerelateerd zijn aan het weefsel (vlees) en het metabolisme. Schelpdieren eten micro-algen, die via fotosynthese CO<sub>2</sub> uit het water opgenomen hebben. Dit voedsel gebruikt het schelpdier om te groeien en daarmee wordt dan ook koolstof vastgelegd.

### Belangrijkste punten:

- Een groot deel van de wereldwijde koolstofuitstoot wordt door de oceanen opgenomen.
- Schelpdieren spelen een rol in korte en lange koolstofkringlopen.
- Het hergebruik van schelpen biedt kansen voor een circulaire economie.
- In de wetenschappelijke literatuur is (nog) geen overeenstemming over de wijze waarop koolstofvastlegging berekend moet worden. Dit kan leiden tot verschillende conclusies.
- In vergelijking met andere dierlijke eiwitproducten hebben schelpdieren een lage ecologische voetafdruk (milieubelasting).



Echter, via ademhaling stoten schelpdieren ook CO<sub>2</sub> uit. Daarnaast wordt er feces geproduceerd waarmee (organisch gebonden) koolstof terug op de zeebodem komt. Deze koolstof kan in de bodem vastgelegd worden, maar wordt grotendeels door bacteriën afgebroken waardoor weer CO<sub>2</sub> vrijkomt. Ook het mosselvlees zelf behoort tot de korte cyclus; wanneer dit door mensen, of andere dieren, gegeten wordt komt het via ademhaling snel weer terug in de atmosfeer.



Figuur 1: De korte en lange koolstofcyclus in een mossel

## Hoe worden de koolstofstromen in schelpdieren berekend?

In wetenschappelijke literatuur is nog geen overeenstemming over hoe deze verschillende korte en lange termijn processen van vastlegging en uitstoot meegenomen moeten worden om tot een waarde te komen welke aangeeft in hoeverre schelpdieren bijdragen aan (netto) koolstofvastlegging. Dit komt omdat sommige studies enkel kijken naar vastlegging in de schelp (zie methode 1,2 & 4 in onderstaande tabel), terwijl andere suggereren dat de CO<sub>2</sub> die vrijkomt door ademhaling en productie van de schelp ook meegerekend moet worden (methode 3). Deze laatste berekeningen zijn incompleet omdat processen zoals vastlegging in vlees en feces productie en afbraak daarvan niet meegenomen worden, terwijl deze laatste ook een directe CO<sub>2</sub> flux opleveren. Daarnaast kan op basis van alle processen een massabalans opgesteld worden (methode 5). De exacte netto bijdrage van schelpen aan koolstofvastlegging staat daarom nog ter discussie. Dit hangt met name samen of de koolstofbalans berekend wordt voor het gehele product (voedsel + schelpen) of voor de afzonderlijke producten. Voor de koolstofbalans van schelpen is naar onze mening methode 4 het meest geschikt. Voor beide producten samen zal methode 5 toegepast kunnen worden, mits ook andere ecosysteem processen zoals groei van micro-algen productie en voedselopname toegevoegd worden. Dit noemen we ook wel een ecosysteem benadering. Het is hierbij wel van belang onderscheid te maken tussen korte en lange koolstofkringlopen. Op dit moment worden schelpdieren nog vooral gekweekt voor voedselproductie en is de schelp een afvalproduct welke veelal verbrand wordt. In de huidige situatie zal de koolstof die de schelp heeft opgeslagen dus na de oogst weer terugkeren in de atmosfeer. Wanneer in de toekomst de schelp hergebruikt zal worden in een product met lange levensduur zoals bijvoorbeeld beton, vindt er wel een langere koolstofvastlegging plaats vinden. Wanneer dit het geval is, zal het dan ook verstandig zijn om twee aparte voetafdrukken te berekenen. Dit gebeurt nu ook al in bijvoorbeeld de veehouderij, waar koeien voor vlees- of melkproductie gehouden worden, met als bijproduct leer. Dit kan gedaan worden in een zogeheten Life Cycle Analysis (LCA).

Tabel 1. Verschillende methodes voor berekening van koolstofvastlegging door schelpdieren [2].

Methode	Koolstofvastlegging per kg product	Bron
1. Schelp	83 gram	[2]
2. Schelp-Biocalcificatie	33 gram	[4]
3. Schelp-Biocalcificatie-Ademhaling	-44 gram (uitstoot)	[5]
4. Schelp-Biocalcificatie-10%Ademhaling	26 gram	[3,6]
5. Schelp+Weefsel-Biocalcificatie-Ademhaling-Feces <sub>afbraak</sub> +Feces <sub>bodem</sub>	Onbekend omdat data over sommige aspecten, zoals feces productie en afbraak, onvoldoende informatie beschikbaar zijn.	[3,6]

*\*In methode 4 wordt aangenomen dat 10% van de energiebehoefte van het schelpdier nodig is om de schelp te vormen, en 90% gebruikt wordt voor groei en metabolisme van het weefsel (vlees).*

## Dragen schelpdieren bij aan de klimaatdoelstellingen en circulaire bio-economie?

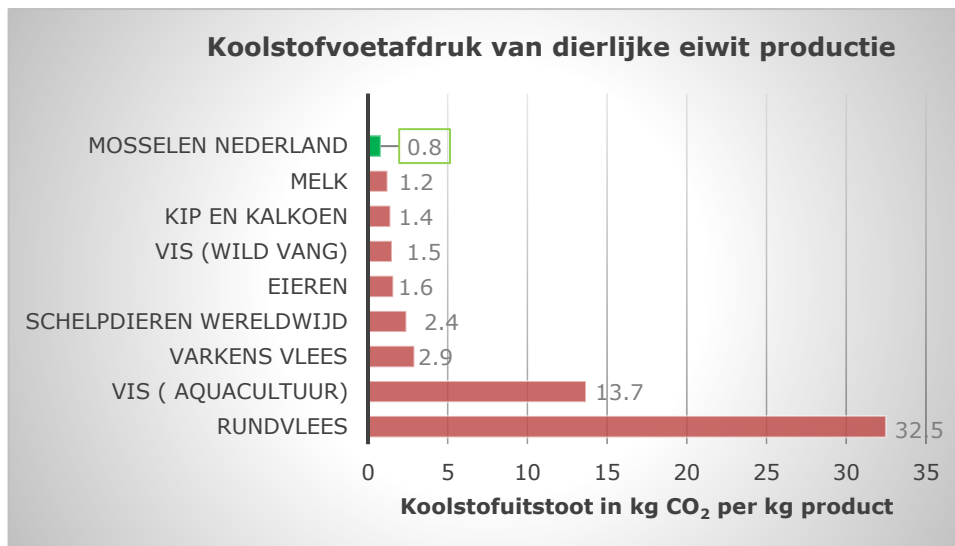
Mosselen (en andere schelpdieren) worden gekweekt voor voedselproductie. De schelp is dus een bijproduct en wordt nog vaak als afval gezien. Het doel van een circulaire economie is om de afvalstromen te verminderen en waar mogelijk in te zetten voor andere doeleinden. Wanneer schelpen hergebruikt kunnen worden in bijvoorbeeld bouwmaterialen, biedt dit tegelijkertijd een kans om koolstof voor een langere tijd op te slaan.

In Nederland worden schelpdieren gekweekt in de Waddenzee en in de Deltawateren. De jaarlijkse opbrengst is ongeveer 60.000 ton, waarvan mosselen het grootste deel (~80-85 %) uitmaken [7]. Uitgaande van methode 4 waar we enkel naar de lange koolstofkringloop kijken, levert dit een koolstofvastlegging van 1.321 ton C per jaar op. Per hectare kweekgrond komt het neer op een vastlegging van 194 kg C in de geogste mosselen.

Schelpdieren zijn uniek in vergelijking met andere dierlijke producten omdat ze koolstof vastleggen in schelpen. Koolstofvastlegging wordt vooralsnog vooral toegeschreven aan plantaardige productie. De vergelijking tussen de koolstofvastlegging van planten en schelpdieren wordt al snel gemaakt, maar moet nog wel genuanceerd worden. Bepaalde processen gelden namelijk wel voor schelpdieren maar niet (of in veel mindere mate) voor planten, zoals ademhaling en faecesproductie, waarbij weer CO<sub>2</sub> vrijkomt. In de bosbouw wordt afhankelijk van soort en locatie per hectare ca. 3 tot 12 ton CO<sub>2</sub> per ha per jaar vastgelegd [8]. Voor schelpdieren komen deze CO<sub>2</sub> equivalenten neer op 0,7 ton CO<sub>2</sub> per ha per jaar (uitgaande van methode 4) of 2,3 ton CO<sub>2</sub> per ha per jaar (uitgaande van methode 1). Ter vergelijking: de gemiddelde CO<sub>2</sub> uitstoot van één auto is 2,6 ton per jaar. In de toekomst is het streven om meer mosselen te kweken in hangcultures voor de Nederlandse kust. Bovenstaande getallen zijn gebaseerd op bodemkweek van mosselen in de Waddenzee. De verwachting is dat de processen in hangcultures in offshore gebieden kunnen verschillen, door onder andere een verwachte hogere groei maar ook dunnere schelpen [6,2]. Hoe dit uitpakt voor de koolstofbalans is (nog) onbekend.

### **Ecologische Voetafdruk**

Naast de koolstofstromen tijdens groei van schelpdieren in de mariene wateren, wordt er ook naar de koolstofvoetafdruk van het gehele productieproces gekeken. Hierbij worden bijvoorbeeld ook transport en scheepsactiviteiten en de daarmee samenhangende CO<sub>2</sub> uitstoot meegenomen. Dit heet een levenscyclus analyse (LCA). Deze is ook voor de Nederlandse mosselkweek bepaald [9]. In deze analyse is enkel de vastlegging van koolstof in schelpen (methode 2) opgenomen, omdat LCA's vooral uitgaan van lang cyclische processen [10]. In de grafiek op de volgende pagina is goed te zien dat de koolstofuitstoot van mosselen in Nederland erg laag is, zeker in vergelijking met eiwitten geproduceerd op land. Met name bij de productie van rundvlees komt veel koolstof vrij. Dit komt vooral door de teelt van voedergewassen en de uitstoot van verteringsgassen zoals methaan. Schelpdieren hebben ook in vergelijking met andere aquacultuur producten (zoals vis) een beperkte koolstof voetafdruk. Dit komt omdat de mosselen laag in de voedselketen staan en geen extra voer, meststoffen, o.i.d. in het water worden toegevoegd. In de viskweek is dit wel het geval en de productie van het voer/meststoffen hebben vaak een grote voetafdruk. Op basis van deze studie is de koolstofuitstoot van Nederlandse mosselen vastgesteld op 0,8 kg CO<sub>2</sub> per kg product. Meer informatie over de LCA en andere milieubelastingen in verschillende dierlijke voedingsmiddelen is te vinden in de factsheet *de milieu belasting van schelpdier productie* [13].



Figuur 2: De koolstofuitstoot tijdens de productie van dierlijk eiwit, per kg product [9,11].

## Conclusie

De vraag of schelpdieren bijdragen aan koolstofvastlegging is niet eenduidig te beantwoorden. Het is dan ook van belang onderscheid te maken tussen voedselproductie (het weefsel) en de schelp die daarbij als bijproduct geleverd wordt. Wanneer er naar het gehele dier gekeken wordt (weefsel + schelp), is het niet waarschijnlijk dat er een netto koolstofvastlegging plaatsvindt. Veel van de CO<sub>2</sub> die vrijkomt (respiratie, faeces afbraak) kan echter toegeschreven worden aan de korte koolstofcyclus, wat inhoudt dat het snel weer in het milieu terugkomt en hergebruikt kan worden door micro-algen. Hoe dit precies doorwerkt op de koolstofbalans op ecosysteemniveau, zal nog nader bestudeerd moeten worden. Wel is het duidelijk dat de koolstofvoetafdruk (milieubelasting) van deze vorm van voedselproductie zeer laag is ten opzichte van bijvoorbeeld veeteelt. Daarnaast is de schelp een koolstofrijke reststroom welke mogelijkheden biedt voor hergebruik in producten met een lange levensduur. Op deze manier wordt koolstof dat opgeslagen is in de schelp voor een lange periode vastgelegd, en kan het andere niet-hernieuwbare bronnen (zoals bijvoorbeeld mergel) vervangen als grondstof in bouwmaterialen.

## Bronnen

- [1] Alonso, A.A., Álvarez-Salgado, X.A, Antelo, L.T., 2021, Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy, journal of cleaner production, 279.
- [2] Jansen, H & Bogaart van den, L., 2020, Blue carbon by marine bivalves, Wageningen Marine Research report C116/20.
- [3] Filgueira, R., Strohmeier, T., Strand, Ø., 2019, Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation, Goods and Services of Marine Bivalves. Springer, Cham, pp. 231-251.
- [4] Ray, N. E., et al. (2018). "Consideration of carbon dioxide release during shell production in LCA of bivalves." The International Journal of Life Cycle Assessment volume 23: 1042-1048.
- [5] Munari, C., Rossetti, E., Mistri, M., 2013. Shell formation in cultivated bivalves cannot be part of carbon trading systems: a study case with *Mytilus galloprovincialis*. Marine environmental research 92, 264-267.
- [6] Filgueira, R., Byron, C., Comeau, L., Costa-Pierce, B., Cranford, P.J., Ferreira, J., Grant, J., Guyonnet, T., Jansen, H., Landry, T., 2015. An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon trading system. Marine Ecology Progress Series 518, 281-287.
- [7] FAO, 2015, Fishery and aquaculture statistics [Global capture production 1950–2013] (FishStatJ). FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome.
- [8] Klimaatslim Bos- en Natuurbeheer, 2021, <https://www.vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/feiten-en-cijfers>
- [9] Poelman, M., in prep. Life Cycle Assessment Mossel verkocht in Nederland, Wageningen marine research.
- [10] Aubin, J., Fontaine, C., Callier, M., Roque d'orbcastel, E., 2018, Blue mussel (*Mytilus edulis*) bouchot culture in Mont-St Michel Bay: potential mitigation effects on climate change and eutrophication, International journal of Life Cycle Assessment, 23, 1030-1041.
- [11] Parker, R.W.R., Blanchard, J.L., Gardner, C., Green, B.S., Hartmann, K., Tyedmers, P.H., Watson, R.A., 2018, Fuel use and Greenhouse gas emissions of world fisheries, Nature Climate change.
- [12] MacLeod, M.J., Hasan, M.R., David H. F. Robb, D.H.F., Mamun-Ur-Rashid, M., 2020, Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture, Nature research, DOI.org/10.1038/S41598-020-68231-8
- [13] Smith, S., Hoekstra, G., Jansen, H., 2021, De milieubelasting van scheldierproductie, Factsheet, Wageningen marine Research, <https://edepot.wur.nl/545311>

## Informatie

Romy Lansbergen  
 T +31 (0)317 48 97 41  
 E [romy.lansbergen@wur.nl](mailto:romy.lansbergen@wur.nl)  
[www.wur.nl/marine-research](http://www.wur.nl/marine-research)

Het project *Schelpdieren, duurzaam en gezond* (BO-65-004-001) ontvangt financiële steun vanuit de kennis- en innovatieagenda landbouw, water, voedsel van het ministerie van LNV.