

Amsterdam, 15 mei 2020

Voor Wim Saarloos

Beste Wim,

Dit factsheet is een concreet gevolg van jouw inspanningen om als president van de ICNAN een bijdrage te leveren aan meer kennis over het klimaat en aan de manier waarop we klimaatverandering in de hand kunnen houden.

Martelrijk dank voor je inzet!

Met beste en tot ziens,

Martijn Kater



FACTSHEET CO₂-afvang en opslag

Samenvatting van EASAC-rapporten

De CO₂-concentratie in de atmosfeer kan in principe worden teruggedrongen door CO₂ uit fabrieksschoorstenen of uit de lucht af te vangen en op te slaan. In dit document wordt samengevat* in hoeverre deze technieken volgens de European Academies' Science Advisory Council (EASAC) kunnen bijdragen aan de reductie van broeikasgassen in de atmosfeer.¹ EASAC bestaat uit vertegenwoordigers van 27 nationale academies en academische instellingen in Europa. De KNAW is actief lid van EASAC en veel Nederlandse wetenschappers dragen bij aan de adviesrapporten van EASAC. De samenvatting is aangevuld met citaten uit het IPCC-rapport over opwarming van de aarde tot 1,5 °C. In dit IPCC-rapport wordt bij alle strategieën die erop zijn gericht om de opwarming van de aarde tot 1,5 °C te beperken, uitgegaan van grootschalige inzet van CO₂-afvang.² Het IPCC benadrukt ook de beperkingen van CO₂-afvang en -opslag wat betreft haalbaarheid en duurzaamheid.³

Deze factsheet is bedoeld om de belangrijkste bevindingen van deze voor Nederland relevante adviesrapporten voor belangstellenden samen te vatten en onder de aandacht te brengen.

Er is ook maatschappelijke onrust over ondergrondse CO₂-opslag, maar dat onderwerp wordt niet uitgebreid geanalyseerd in de EASAC-rapporten. Daarom komt het hier niet aan de orde.

Methoden voor het afvangen en opslaan van CO₂

De belangrijkste technieken voor CO₂-afvang en -opslag zijn:

1. **Nieuwe aanplant van bomen of behoud van bestaande bomen**

De goedkoopste en gemakkelijkst inzetbare technologie om CO₂ af te vangen en op te slaan is het planten van bomen.⁴ Om de vereiste gigatonnen CO₂ op te nemen zou echter 20-60% van het mondiale landbouwareaal moeten worden beplant met nieuwe bomen.⁵ Bovendien duurt het tientallen jaren voordat nieuwe bomen aanzienlijke hoeveelheden CO₂ gaan opslaan.

Minder kappen van bomen heeft een onmiddellijk gunstig effect op de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer.⁶

* Deze samenvatting is opgesteld door prof. Martijn Katan en prof. Richard van de Sanden, leden van de KNAW. Een concept van de samenvatting is gereviewd door verschillende Nederlandse experts.



2. CO₂-afvang en -opslag (CCS)

2.1. *Het afvangen van CO₂-uitstoot van fabrieken*

Kolen- en gasgestookte elektriciteitscentrales, cement-, staal-, kunstmest- en andere fabrieken stoten CO₂ uit in hoge concentraties.⁷ Het is in principe mogelijk deze CO₂ uit de rookgassen af te vangen en ondergronds op te slaan in lege gasvelden. EASAC heeft gewezen op het belang van dergelijke CO₂-afvang en -opslag (carbon capture and storage – CCS).⁸ Er moet worden ingezet op het verder ontwikkelen van CCS tot een betaalbare technologie voor het reduceren van broeikasgassen.⁹ Er is enige vooruitgang geboekt bij het ontwikkelen van infrastructuur voor transport en opslag van afgevangen CO₂,¹⁰ en de technologie voor CO₂-afvang is aanzienlijk verbeterd. De kosten zijn echter tussen 2005 en 2015 niet gedaald¹¹ en CCS projecten op commerciële schaal zijn stopgezet bij gebrek aan voldoende overheidssteun.¹²

2.2. *Het afvangen van CO₂-uitstoot van biomassacentrales*

CCS kan ook worden ingezet om het CO₂ af te vangen dat wordt uitgestoten door biomassacentrales of door fabrieken die biomassa verwerken. In dat geval wordt het BECCS (Bio Energy with Carbon Capture and Storage) genoemd. De teelt van biomassa is een bestaande technologie, en CCS is een levensvatbare technologie.¹³ In klimaatscenario's waarin de opwarming beperkt blijft tot 1,5 °C of 2 °C wordt een belangrijke rol toegekend aan BECCS voor het verminderen van CO₂ in de atmosfeer, maar recente analyses ondersteunen dit niet.¹⁴ Aan BECCS zijn aanzienlijke risico's en onzekerheden verbonden, die verband houden met de gevolgen ervan voor de beschikbaarheid van water en kunstmest, de biodiversiteit en de concurrentie om grond.¹⁵ Het is ook nog niet duidelijk of met BECCS wel een netto verwijdering van CO₂ uit de atmosfeer kan worden bereikt. De simplistische visie is dat voor elke ton CO₂ die wordt opgenomen tijdens de groei van biomassa, er een ton CO₂ ondergronds wordt opgeslagen. Op allerlei plaatsen in de productie- en verwerkingsketen van biomassa 'lekt' er echter CO₂ naar de atmosfeer en de hoeveelheid daarvan zou groter kunnen zijn dan wat er wordt afgevangen en opgeslagen. Dat zou resulteren in een netto toename in plaats van een afname van broeikasgassen.¹⁶

Een ander punt is dat biomassa een weinig efficiënte manier is om zonne-energie op te vangen: biomassa vereist 50-100 keer meer grondoppervlak dan zonnepanelen om dezelfde hoeveelheid elektriciteit te produceren.¹⁷ Voor de productie van de hoeveelheden biomassa die in de huidige BECCS-scenario's zijn voorzien, is een oppervlakte van miljoenen km² nodig, wat overeenkomt met 7-25% van het totale mondiale landbouwareaal (inclusief grasland).¹⁸

2.3. *CO₂ uit de lucht afvangen en ondergronds opslaan*

Dit wordt Direct Air Capture with Carbon Storage (DACCS) genoemd. DACCS-fabrieken vangen CO₂ rechtstreeks af uit de atmosfeer. Dit CO₂ wordt vervolgens naar ondergrondse reservoirs getransporteerd. Er is aanmerkelijke technologische vooruitgang geboekt bij DACCS, maar het is nog te vroeg om te zeggen wat de beste technologie is.¹⁹ Direct Air Capture zou met name geschikt kunnen zijn voor fabrieken die wind- en zonne-energie gebruiken om CO₂ om te zetten in synthetische brandstoffen;²⁰ CO₂ zou dan direct op de plek kunnen worden gegenereerd waar het nodig is.



Het afvangen van CO₂ uit de lucht kost meer energie dan het afvangen uit de verbrandingsgassen van CO₂ producerende fabrieken, omdat de CO₂-concentratie in de lucht 100-300 keer lager is.²¹

3. **Het dusdanig behandelen van gesteente dat dit CO₂ gaat opnemen**

Als rotsen worden vermalen tot steengruis en dat wordt uitgestrooid over land of in de oceaan, verweert het en bindt daarbij CO₂.

We weten niet of dit op grote schaal zal werken. Om het potentieel van vastlegging van CO₂ door versnelde verwerking van gesteente goed te kunnen beoordelen is verder fundamenteel onderzoek nodig.²²

Conclusies EASAC

- Het op grote schaal aanplanten van bomen is de gemakkelijkst inzetbare technologie voor het verwijderen van CO₂ uit de atmosfeer. Naast enorme oppervlakten aan grond vereist dit echter ook lange-termijn handhaving²³, en het duurt tientallen jaren voordat bomen grote hoeveelheden CO₂ gaan opnemen. Zorgen dat er minder bestaande bomen worden gekapt, heeft een direct gunstig effect op de CO₂-uitstoot.
- De grote negatieve emissiecapaciteit die wordt verondersteld voor BECCS (Bio Energy with Carbon Capture and Storage) wordt niet gestaafd door recente analyses. Aan BECCS blijven aanzienlijke risico's en onzekerheden verbonden, zowel wat betreft de gevolgen voor het milieu als wat betreft het vermogen van deze technologie om de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer daadwerkelijk terug te dringen.²⁴
- De inspanningen moeten worden voortgezet om CCS (CO₂-afvang en -opslag) te ontwikkelen tot een werkzame en betaalbare technologie voor het reduceren van broeikasgassen in de atmosfeer.²⁵
- Vastlegging van CO₂ door versnelde verwerking van rotsen vereist verder fundamenteel onderzoek.



Bronnen

¹ European Academies' Scientific Advisory Council (2017). Multi-functionality and sustainability in the European Union's forests. <https://easac.eu/publications/details/multi-functionality-and-sustainability-in-the-european-unions-forests>

European Academies' Scientific Advisory Council (2018). Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets? https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Negative_Carbon/EASAC_Report_on_Negative_Emission_Technologies.pdf

European Academies' Scientific Advisory Council (2019). Forest bioenergy, carbon capture and storage and carbon dioxide removal: an update. <https://easac.eu/publications/details/forest-bioenergy-carbon-capture-and-storage-and-carbon-dioxide-removal-an-update/>

² IPCC (2018), p. 17, C3. 'All pathways that limit global warming to 1.5°C with limited or no overshoot project the use of carbon dioxide removal (CDR) on the order of 100–1000 GtCO₂ over the 21st century.'

³ IPCC (2018), p. 17, C3. 'Carbon dioxide removal deployment of several hundreds of GtCO₂ is subject to multiple feasibility and sustainability constraints (high confidence).'
p. 270, re BECCS and afforestation: "Large-scale deployment of land-based CDR would have far-reaching implications for land and water availability (high confidence). This may impact food production, biodiversity and the provision of other ecosystem services (high confidence)."
p. 346, 4.3.7.5 Direct air carbon dioxide capture and storage (DACCS): 'Energy consumption could be up to 12.9 GJ tCO₂-eq⁻¹; translating into an average of 156 EJ yr⁻¹ by 2100 (current annual global primary energy supply is 600 EJ)' <The energy consumption of Europe including non-EU countries in 2018 was 85 EJ yr⁻¹, so DACCS could require almost twice the total European energy consumption (BP Statistical Review of World Energy 2019, p. 8)

⁴ EASAC (2019) p. 4: 'Regarding the role of afforestation, reforestation and other natural climate solutions, this remains the least costly and most easily deployable existing CDR [Carbon Dioxide Removal] technology.'

⁵ EASAC (2018), p. 7: 'to absorb gigaton quantities of CO₂, large (and ever-increasing) areas would be required to absorb CO₂ through forest growth (or regrowth). Capacity estimates for the global potential of afforestation and reforestation are 1.1–3.3 GtC/year (Smith et al., 2016) given sufficiently large areas of land (320 million to 970 million hectares or ~20–60% of the current global area of arable land).'

⁶ EASAC (2017), p 21: 'Harvesting immediately reduces the standing forest carbon stock compared with less (or no) harvesting (Bellassen and Luyssaert, 2014; Sievänen et al., 2014) and it may take from decades to centuries until regrowth restores carbon stocks to their former level—especially if old-growth forests are harvested.'

EASAC (2017), p. 22: 'if trees with a large ongoing carbon storage potential are harvested, then the emissions from burning the biomass would be associated with the loss of a carbon sink, and the net effect on the climate is likely to be negative.'

EASAC (2017), p. 23: 'While using sources of residual wood (for example residues, tree thinning) for energy can make a positive contribution to climate mitigation within a decade or so, expanding demand to include whole trees can swiftly move to scenarios that exacerbate climate change for centuries.'

⁷ Bains, P., Psarras, P. en Wilcox, J. (2017). CO₂ capture from the industry sector. Progress in Energy and Combustion Science 63, 146–172.



⁸ EASAC (2019), p. 1: ‘The EASAC analysis of the role of negative emission technologies (NETs) had noted the importance of CCS and the lost opportunities resulting from the lack of progress in its development in Europe.’

⁹ EASAC (2019), p. 4: “EASAC ... reiterates its earlier conclusion that ‘efforts should continue to develop CCS into a relevant and relatively inexpensive mitigation technology’”

¹⁰ EASAC (2019), p. 1: ‘some progress has been made in the concept of transport and storage clusters that can accept captured CO₂’.

Ringrose, P.S. (2018). The CCS hub in Norway: some insights from 22 years of saline aquifer storage. *Energy Procedia* 146, 166–172.

¹¹ IPCC (2018), p. 326: ‘The technological maturity of CO₂ capture options in the power sectors has improved considerably (Abanades et al., 2015; Bui et al., 2018), but costs have not come down between 2005 and 2015 due to limited learning in commercial settings and increased energy and resources costs’

¹² EASAC (2018), p. 10: ‘In both European and Member State research programmes, momentum has been lost, with commercial-scale development projects withdrawn owing to lack of adequate government support.’

¹³ EASAC (2018) p. 8: ‘The positive aspect of BECCS is that growing biomass is an existing technology, and that CCS is also a viable technology’.

¹⁴ EASAC (2019) p. 2: ‘The large negative emissions capability given to BECCS in climate scenarios limiting warming to 1.5°C or 2°C is not supported by recent analyses’.

¹⁵ EASAC (2019) p. 6: ‘EASAC [5] pointed to the risks identified in multiple studies of large-scale deployment of BECCS (especially on water, fertiliser, biodiversity, competition for land) and these concerns remain’.

EASAC (2019) p. 8: ‘BECCS risks and uncertainties remain substantial in other aspects such as water, fertiliser, food security and biodiversity’.

¹⁶ EASAC (2019) p. 6: The simplistic vision of BECCS (Figure 3A) is that one ton of CO₂ captured in the growth of biomass would equate to one ton of CO₂ sequestered geologically—which we can regard as a carbon efficiency of 1. However, as with the simplistic concept of carbon neutrality in the bioenergy debate, this is far from the reality. GHG emissions throughout the biomass supply-chain ‘leak’ carbon, which reduces the carbon efficiency (Figure 3B). Some life cycle analyses [e.g. 31] of the entire process chain for a BECCS crop to final carbon storage in the ground have shown leakage of CO₂ to be greater than the CO₂ captured at the point of combustion, thus resulting in carbon efficiencies of less than 50%.

¹⁷ EASAC (2019) p. 8: ‘the amount of electricity that can be produced from a hectare of land using photovoltaics is at least 50–100 times that from biomass’.

¹⁸ EASAC (2018) p. 8: ‘deployment at the scale required to remove gigaton quantities of carbon would require very large areas of land’.

IPCC (2018), p. 343: ‘The average amount of BECCS in these pathways requires 25–46% of arable and permanent crop area in 2100.’ BECCS delivering negative emissions of 3.3 Gt Ceq per year requires 25–46% of the area used for growing plant foods on Earth [Smith, P. et al. (2016) p 46. Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. *Nature Clim Change* 6, 42–50]. ‘Arable’ means crops that are replanted yearly, such as wheat or potato; ‘permanent’ refers to e.g. fruit trees or coffee shrubs. [FAO Production Yearbook – land use www.fao.org/waicent/faostat/agricult/landuse-e.htm] When pasture lands (meadows, prairies) are included, the area required for BECCS is 7–25% of the world’s total agricultural land [Smith et al 2016, p. 46].



¹⁹ EASAC (2019), p.2: 'Significant technological progress has been achieved with direct air capture with carbon storage (DACCS) but it is not yet possible to identify a preferred technology.'

²⁰ EASAC (2018) p. 26: 'The possibility of generating the CO₂ directly where it is used makes DAC particularly suitable for utilisation applications.'

²¹ EASAC (2019) p. 9: 'CO₂ in air is approximately 300 times more dilute than from a coal-fired power plant flue gas'

IPCC (2018), p. 346: 'the CO₂ concentration in ambient air is 100–300 times lower than at gas- or coal-fired power plants (Sanz-Pérez et al., 2016) thus requiring more energy than flue gas CO₂ capture (Pritchard et al., 2015). This appears to be the main challenge to DACCS (Sanz- Pérez et al., 2016; Barkakaty et al., 2017).'

EASAC (2019). Forest bioenergy, carbon capture and storage, and carbon dioxide removal: an update, p.9: 'because CO₂ in air is approximately 300 times more dilute than from a coal-fired power plant flue gas, the separation process for the same end CO₂ purity will probably be costlier than capture from fossil-fuel power plants. Furthermore, the energy requirements for the absorbent regeneration would require an enormous increase in low- or zero-carbon energy, which would compete with use of such energy sources to mitigate emissions from other sectors.'

²² EASAC (2019). p. 2: 'Enhancing weathering and in situ and ex situ carbon mineralisation requires further basic research before its potential can be properly assessed.'

²³ EASAC (2019), p. 5: 'they <i.e. newly planted forests> could revert to <being cut for> carbon sources unless appropriate management is maintained indefinitely.'

²⁴ EASAC (2019), p.2: 'The role of bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) remains associated with substantial risks and uncertainties, both over its environmental impact and ability to achieve net removal of CO₂ from the atmosphere. The large negative emissions capability given to BECCS in climate scenarios limiting warming to 1.5°C or 2°C is not supported by recent analyses'.

²⁵ EASAC (2018), p. 13: 'efforts should continue to develop CCS into a relevant and relatively inexpensive mitigation technology.'