

Verandering van landgebruik zal weinig effect hebben Beperking van de netto CO₂-emissie nauwelijks mogelijk

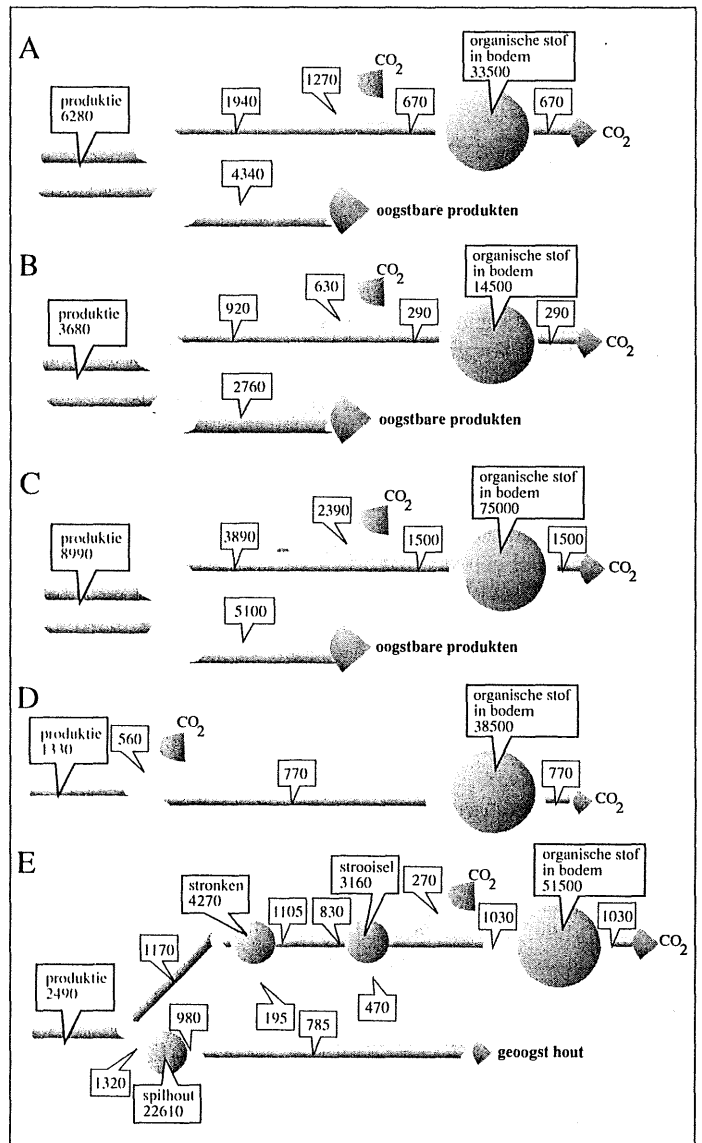
In hoeverre kan Nederland zijn eigen netto kooldioxyde-emissie door een aangepast grondgebruik beperken? Zal men met de aanleg van uitgestrekte bossen of moerassen een substantieel deel van de enorme produktie van kooldioxyde kunnen vastleggen? En kan dit de Nederlandse bijdrage aan de stijgende kooldioxydeconcentratie in de atmosfeer in voldoende mate verminderen? Het ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer liet de mogelijkheden onderzoeken om een deel van de emissie van kooldioxyde tijdelijk vast te leggen. Daartoe maakte men een inventarisatie van de koolstofstromen en -voorraden voor verschillende terrestrische systemen in ons land. Op grond van deze inventarisatie werd bepaald in hoeverre veranderingen in het landgebruik en daarmee samenhangende veranderingen in koolstofvastlegging een bijdrage kunnen leveren aan het beperken van de netto kooldioxyde-emissie.

De belangstelling voor de mogelijk aanzienlijke veranderingen van het wereldklimaat als gevolg van de voortdurend toenemende concentratie broeikasgassen in de atmosfeer is de laatste jaren sterk toegenomen. Broeikasgassen zijn gassen die in staat zijn om de warmte die het aardoppervlak uitstraalt, te absorberen. Daardoor bepalen ze in sterke mate het temperatuurregime op aarde. Door toenemende concentraties broeikasgassen in de atmosfeer wordt de uitstraling van warmte door de aarde geremd, waardoor de gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak kan stijgen. Van de diverse broeikasgassen zal kooldioxyde waarschijnlijk de grootste bijdrage leveren aan de atmosferische opwarming [2].

In Nederland kunnen een vijftal terrestrische systemen worden onderscheiden: akkerbouw, tuinbouw, graslandproductie en veeteelt, bosbouw en natuurlijke terreinen. Voor ieder systeem zijn de koolstofstromen en -voorraden voor het totale areaal in Nederland en per hectare te berekenen. Hieruit is op een eenvoudige wijze af te leiden wat het effect is van een veranderend landgebruik.

Akkerbouw

De Nederlandse akkerbouw kent vier hoofdgewassen, namelijk aardappelen, granen, suikerbieten en snijmaïs. Na het oogsten blijven wortel- en stoppelresten op het veld achter en na het onderploegen dragen deze resten bij aan het opbouwen van een voorraad organische stof in de bodem. Gegeven de hoeveelheid resten die jaarlijks achterblijft [6] en de snelheid waarmee organisch materiaal in de bodem wordt afgebroken [8] kan de



Figuur 1. Gemiddelde koolstofstromen (kg C/ha/jaar) en -voorraden (kg C/ha) in verschillende terrestrische systemen. A: akkerbouw; B: tuinbouw; C: grasland; D: produktie van dierlijke mest uitgemiddeld over totale cultuuraeraal; E: bossen.

voorraad koolstof in de organische stof in de bodem berekend worden voor een situatie van evenwicht tussen aanvoer en afbraak. Deze voorraad bedraagt een kleine twintig maal de jaarlijkse aanvoer van koolstof in gewasresten (figuur 1a). De overige koolstof in ge oogstte akkerbouwprodukten wordt direct verwerkt en geconsumeerd en gaat als kooldioxyde terug naar de atmosfeer.

Sinds 1970 is het areaal granen gehalveerd (tabel 1). Toch is in dezelfde periode het akkerlandareaal toegenomen tot 787.000 ha in 1987. Dat wordt veroorzaakt door het toegenomen areaal beteeld met snijmaïs dat op dit moment een kwart van het akkerbouwareaal in beslag neemt. Omdat bij de teelt van snijmaïs weinig gewasresten achterblijven, veroorzaakt dit een daling van de koolstofvoorraden in akkerlandbodems van ongeveer 45.000 kg C/ha in 1970 naar 33.500 kg C/ha (figuur 1a) voor de huidige gewasrotatie. Aangezien het ongeveer 100 jaar duurt voor de voorraad organische stof in de bodem zich volledig heeft aangepast aan de veranderde gewasrotatie, bedraagt de jaarlijkse afname van de voorraad organische stof in het gemiddelde akkerland 115 kg C/ha.

Tuinbouw

Het tuinbouwareaal bedraagt zo'n 12 procent van het areaal akkerland. Hiervan bestaat weer 10 procent uit glastuinbouw (tabel 1). In de open grond worden voornamelijk groenten, fruit en bloembollen geteeld en in de kassen vooral groenten, snijbloemen en potplanten. Omdat na de oogst van deze gewassen betrekkelijk weinig gewasresten achterblijven, is de gemiddelde voorraad koolstof in tuinbouwbodems gering (figuur 1b). De overige koolstof in geoogste tuinbouwproducten wordt direct geconsumeerd en gaat als kooldioxyde terug naar de atmosfeer. Behalve dat er in de tuinbouw weinig koolstof in de bodem wordt vastgelegd, is de tuinbouw ook verantwoordelijk voor een groot verbruik van fossiele grondstoffen (turf) en brandstoffen en daarmee voor een grote kooldioxyde-emissie.

Grasland

Het graslandareaal is sinds 1970 met ongeveer 200 000 ha afgenomen tot 1125.000 ha in 1987 (tabel 1). In dezelfde periode is snijmaïs een steeds belangrijker rol gaan spelen bij de ruwvoedervervoorziening van het rundvee en in 1987 bedroeg de oppervlakte beteeld met snijmaïs 198.000 ha. Op grasland is de droge-stofproductie hoog en blijft een relatief groot deel als

	1970	1980	1987
Gras	133	120	113
Tuinbouw	11	11	10
open grond	10	10	9
onder glas	1	1	1
Akkerbouw	69	71	79
granen	36	22	18
knol- en wortelgewassen	27	30	30
snijmaïs	0	14	20
overige	6	5	11
Totaal cultuurgrond	213	202	201
Bos	31	33	35
Natuurlijk terrein	17	16	15
10 000 ha			

Tabel 1. Oppervlakten in gebruik voor akkerbouwgewassen, tuinbouwgewassen, grasland, bos en natuur in Nederland [4, 5, 9].

wortel- en stoppelresten op het land achter. De gemiddelde hoeveelheid koolstof in graslandbodems is daarom aanzienlijk hoger dan in akkerlandbodems (figuur 1c). Wanneer grasland wordt omgezet in akkerland, bedraagt de jaarlijkse afname van de voorraad organische stof gemiddeld 415 kg C/ha.

Mest

De totale mestproductie is sinds 1950 bijna verdubbeld en blijft sinds 1980 vrijwel constant (tabel 2). De laatste jaren wordt de afnemende mestproductie door melkvee gecompenseerd door een toenemende produktie van mest in de varkens- en pluimveehouderij. De groei van de veestapel en de toegenomen produktie van vlees en zuivel en van mest is mogelijk gemaakt door een sterk toegenomen verbruik van akkerbouwproducten en mengvoeders, die voor een aanzienlijk deel geïmporteerd worden. Daarnaast is de beschikbare hoeveelheid ruwvoeders (gras, snijmaïs, enzovoort) gestegen door een sterke toename in het gebruik van kunstmeststoffen.

Uit de veronderstelling dat de mest gelijkmatig verdeeld wordt over het totale areaal cultuurgrond, resulteert een gemiddelde hoeveelheid koolstof in de bodem (figuur 1d). Deze moet gezien worden als additioneel ten opzichte van de uit wortelen stoppelresten berekende bodemvoorraden koolstof. Indien de mestproductie op dit moment aan zijn maximum zit, kan uit de toename van de mestproductie (tabel 2) berekend worden dat de voorraad organische stof in de Nederlandse bodems vanaf 1950 toeneemt met gemiddeld 169 kg C/ha per jaar.

Bosbouw

Volgens de laatste bosstatistiek [3] bedroeg het areaal bos in Nederland in de periode 1980-1983 334.000 ha en dit areaal neemt nog toe (tabel 1). De droge-stofproductie van de bossen is echter laag (figuur 1e). Hiervan wordt ruim 40 procent als hout geoogst, maar dit dekt slechts een klein deel (<10 procent) van het Nederlandse houtverbruik. De rest blijft in het bos achter. Omdat de afbreekbaarheid van strooisel en houtresten relatief gering is, hoopt zich per hectare bos toch relatief veel koolstof op in strooisellaag en bodem. Een vaak genoemde mogelijkheid om koolstof vast te leggen is daarom het beplanten van overtollig geworden akkerland met bomen. Bij vergelijking van de koolstofvoorraden in akkerland- en bosbodems (figuren 1 a en 1e) blijken echter de hoeveelheden koolstof in beide situaties ongeveer even groot te zijn, wanneer er met de toediening van dierlijke mest op akkerland rekening

	Totale mestproductie			
	1987	1980	1970	1950
Rundvee	1926	2061	1599	809
Paarden	21	22	117	568
Schape, geiten	40	34	22	14
Varkens	463	329	181	56
Pluimvee	235	197	139	63
Totaal	2685	2643	2058	1510
miljoen kg C/jaar				

Tabel 2. Totale produktie van dierlijke mest in Nederland [4, 9, 10]

Tabel 3. Toename van koolstofvastlegging en vermindering van koolstofverliezen door actuele en mogelijke veranderingen van het landgebruik in Nederland.

	Toe- of afname van voorraad	Areaal	Totale toe- of afname
	kg C/ha/jaar	x1000 ha	10 ⁶ kg C/jaar
Afnemend areaal granen in akkerbouw	-115	787	-91
Toename mestproductie	+169	2014	+340
Omzetten akkerland in grasland	+415	-200	-83
Omzetten akkerland in bos	+561	300	+168
Veenoxydatie nu	-3480	450	-1566
Veenweiden na omzetten in moeras	+700	450	+315
Idem incl. effect gestopte veenoxxydatie	+4180	450	+1881
Veenweiden na omzetten in moerasbos	+1800	450	+810
Idem incl. effect gestopte veenoxxydatie	+5280	450	+2376

wordt gehouden. Het nieuwe bos zal dan alleen via het aangroeiend volume levend hout en stronken extra koolstof kunnen vastleggen. Voor bossen zoals die gemiddeld in Nederland aanwezig zijn, is deze koolstofvastlegging via bosaanplant berekend. Deze bedraagt 561 kg C/ha per jaar. Hierbij is rekening gehouden met het effect van tussentijds dunnen en met het feit dat van de totale houtproductie tijdens een volledige bosomloop gemiddeld de helft op het terrein aanwezig zal zijn.

Natuurlijke terreinen

Het areaal natuurlijke terreinen bedroeg in 1985 nog 150 000 ha en neemt steeds verder af (tabel 1). Het areaal kan opgesplitst worden in droge en natte natuurlijke terreinen: De droge terreinen bestaan voornamelijk uit heidevelden die al dan niet vergrast zijn en uit duinterreinen. Het areaal natte terreinen omvat kwelders, natte heide, moeras en moerasbos. Om heidebegroeiing in stand te houden moet de voorraad organische stof die zich met de jaren ophoopt, regelmatig afgevoerd worden [1]. Hierdoor zal de koolstofopbouw in heidevelden en daarmee de droge-stofproductie zeer gering blijven. Op de overige droge terreinen zal de droge-stofproductie hoger zijn. In natte terreinen is de droge-stofproductie ongeveer even groot, maar de afbraak van organische stof wordt geremd door wateroverlast en zuurstofgebrek. In de kwelders en natte heiden is de afbraaksnelheid daarom een factor 2 en in de moerassen en moerasbossen een factor 5 lager dan in de droge terreinen. De ophoping van organische stof wordt in dezelfde mate groter als de afbraaksnelheid lager wordt. In moerassen kunnen daarom

Energieverbruik in Nederland	46.100
in Nederlandse landbouw	2.687
voor kunstmestgebruik	550
Oxydatie van veen	1.566
Verbruik van koolzure kalk	640
Verbruik van turf	243
Totaal	48.549

Tabel 4. Jaarlijkse kooldioxyde-emissie in Nederland (miljoen kg C/jaar) vanwege verbruik van fossiele brandstoffen en grondstoffen rond 1988.

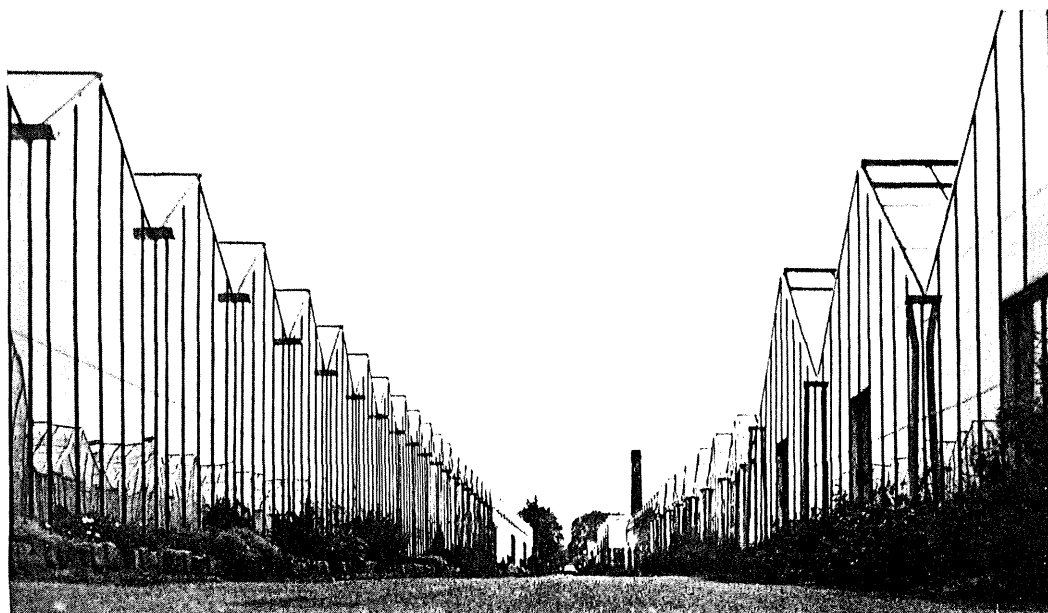
grote hoeveelheden koolstof worden vastgelegd en in moerasbossen geldt dit nog in versterkte mate omdat de afbreekbaarheid van strooisel en houtresten relatief laag is.

Verandering in landgebruik

Voor een aantal situaties is uitgewerkt hoeveel koolstof wordt vastgelegd of juist verloren gaat door veranderingen in landgebruik. Dit geeft een indicatie van de mogelijkheden om de netto koolstofemissie in Nederland te beperken. In de akkerbouw is het areaal granen de laatste twintig jaar sterk afgenomen en het areaal snijmaïs sterk gegroeid, waardoor veel minder gewasresten op het veld achterblijven. Voor het totale Nederlandse akkerland veroorzaakt dit een afname van de koolstofvoorraad in de bodem met gemiddeld 91 miljoen kg C per jaar (tabel 3). In dezelfde periode is de omvang van de veestapel sterk gegroeid en daarmee de produktie van dierlijke mest. Voor het totale areaal cultuurgrond resulteert dit in een jaarlijkse toename van de koolstofvoorraad met gemiddeld 340 miljoen kg C (tabel 3), hetgeen het bovengenoemde effect van een afnemend graanareaal meer dan compenseert. Deze toename van de koolstofvoorraad is vooral een gevolg van het importeren van grote hoeveelheden akkerbouwprodukten voor de veestapel. Er is hierbij sprake van concentratie van koolstof in Nederland en niet van extra vastlegging.

Bij het omzetten van akkerland in grasland neemt de in de bodem vastgelegde voorraad koolstof toe. Omdat het graslandareaal met 200 000 ha is afgenomen tussen 1970 en 1987, levert dit jaarlijks een extra verlies op van 83 miljoen kg C (tabel 3). Door het aanplanten van bos op akkerland kan extra koolstof worden vastgelegd in het aangroeiend hout. Bijvoorbeeld voor een totaal areaal van 300 000 ha akkerland (38 procent van akkerbouwareaal) resulteert dit in een jaarlijkse koolstofvastlegging van 168 miljoen kg C (tabel 3).

Bij ontwatering van veen treedt versnelde oxydatie van organisch materiaal op. Er is vastgesteld dat bij de traditionele hoge slootpeilen (30 cm beneden maaiveld) de oxydatie 2 mm per jaar bedraagt en dat dit proces al honderden jaren aan de gang is [11]. Bij diepe ontwatering tot 1 m beneden maaiveld verdrievoudigen de oxydatieverliezen. Dit correspondeert met koolstofverliezen van 2320 en 6960 kg C/ha per jaar bij ondiepe en diepe ontwatering, respectievelijk. Door verhogen van het waterpeil komt dit oxydatieproces tot stilstand en kan



Glastuinbouw draagt in aanzienlijke mate bij aan de kooldioxyde-emissie.

ook de veenvorming weer op gang komen. Wanneer in de Nederlandse veengebieden naar schatting een kwart van het areaal diep en driekwart ondiep ontwaterd is, kan via inundatie 3480 kg C/ha/jaar aan koolstofverliezen door veenoxydatie voorkomen worden en kan 700 kg C/ha/jaar in moerassen tot maximaal 1800 kg C/ha/jaar in moerasbossen vastgelegd worden. In Nederland bevindt zich in totaal circa 450 000 ha veengronden. Dit areaal is voornamelijk in gebruik als weidegebied. Wanneer dit totale gebied onder water wordt gezet en geleidelijk verandert in moerasbos, kan 1566 miljoen kg C/jaar aan verliezen door veenoxydatie worden voorkomen en kan 810 miljoen kg C/jaar worden vastgelegd (tabel 3). Dit blijkt het beste scenario voor vermindering van de netto kooldioxyde-emissie te zijn.

Verbruik fossiele brand- en grondstoffen

De emissie van kooldioxyde via het verbruik van fossiele brandstoffen en grondstoffen in Nederland bedroeg in 1988 in totaal bijna 50 000 miljoen kg C. Het verbruik van fossiele brandstoffen draagt hieraan voor 95 procent bij (tabel 4). Het aandeel van de Nederlandse landbouw in dit totale energieverbruik bedraagt 5,8 procent, waarvan viervijfde deel voor rekening komt van de glastuinbouw. Daar komt nog 1,2 procent bij vanwege het gebruik van kunstmest. Verder zijn er nog kleine emissies via het verbruik van turf en koolzure kalk en oxydatie van veen.

Conclusies

De mogelijkheden om tijdelijk een deel van de emissie van kooldioxyde vast te leggen blijken beperkt te zijn, zelfs wanneer men uitgaat van het optimale scenario voor koolstofvastlegging. Hierbij wordt het totale veenweidegebied (450 000 ha) onder water gezet en verandert het vervolgens in moerasbos en wordt 300 000 ha akkerland beplant met bomen. Op deze wijze wordt 2 procent van de jaarlijkse totale koolstofemissie in Nederland tijdelijk vastgelegd, vooral in moerasbossen, en wordt 3 procent van de totale emissie voorkomen door de oxydatie van veengronden te stoppen.

Het aanleggen van bossen op akkerland blijkt nog minder effectief te zijn. Een nieuw bos van 300 000 ha legt slechts 0,35 procent van de totale jaarlijkse emissie van kooldioxyde in Nederland vast. Dat betekent dat er in totaal 87 miljoen ha aan bos, oftewel 25 maal het totale Nederlandse landoppervlak, nodig is om de totale emissie van kooldioxyde vast te leggen.

Aktuele veranderingen in landgebruik tijdens de laatste 20 jaar in Nederland leiden tot een verminderde vastlegging van koolstof. Het betreft de afname van de arealen granen en gras en de toenemende teelt van snijmaïs. Verbetering van ontwatering veroorzaakt ook een afname van de voorraad organische stof in de bodem. Met name in veengronden kunnen zich hierdoor zeer grote koolstofverliezen voordoen. Deze verliezen zijn veel groter dan de hoeveelheden koolstof die via het aanleggen van bossen op akkerland kunnen worden vastgelegd. □

Literatuur

- 1 Berendse, F., 1986. Stikstofmineralisatie en strooiselproductie in voedselarme ecosystemen. *Vakblad voor biologen* 66(20): 430-433.
- 2 Bouwman, A.F. (ed.), 1990. Soils and the greenhouse effect. *Proceedings of the international conference Soils and the greenhouse effect*. John Wiley and Sons, Chichester, New York.
- 3 Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 1985. De Nederlandse bosstatistiek deel 1: de oppervlakte bos 1980-1983. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- 4 Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 1986. Algemene milieu-statistiek 1983-1985. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- 5 Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 1990. Statistisch jaarboek, 1990. SDU-uitgeverij, Den Haag.
- 6 Consulentenschap Bodemaangelegenheden Landbouw, 1980. Organische stof in de akkerbouw. *Vlugschrift voor de landbouw* 317, 12 pp.
- 7 FAO, 1988. Yearbook of forest products 1986. FAO, Rome.
- 8 Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 69.1. Pudoc, Wageningen.
- 9 Landbouw Economisch Instituut (LEI), 1989. Landbouwcijfers 1989.
- 10 Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), 1988. Handboek voor de rundveehouderij. PR, Lelystad.
- 11 Schothorst, C.J., 1978. Het zakkingsproces bij ontwatering van de westelijke veenweidegronden. *Landbouwkundig tijdschrift* 90-6: 167-175.

*) Ir. J. Wolf, Vakgroep Theoretische Produktie-ecologie, Landbouwwuniversiteit Wageningen, Postbus 430, 6700 AK Wageningen.
 Dr. L.H.J.M. Janssen, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Lucht, Afdeling Klimaat, Postbus 450, 2260 MB Leidschendam.
 Dit artikel is gebaseerd op de studie 'Inventarisatie van niet-fossiele koolstofstromen en -voorraden in terrestrische systemen in Nederland', die in opdracht van het Ministerie van VROM is uitgevoerd. De studie is te verkrijgen bij de Vakgroep Theoretische Produktie-ecologie, Wageningen.