

# **Koolstofvastlegging in bossen: een kans voor de boseigenaar?**

**M.J. Schelhaas  
M.N. van Wijk  
G.J. Nabuurs**

**Alterra-rapport 553**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002**

## REFERAAT

M.J. Schelhaas, M.N. van Wijk, G.J. Nabuurs, 2002. Koolstofvastlegging in bossen: een kans voor de boseigenaar?. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 553. 52 blz.; 17 fig.; 2 tab.; 25 ref.

Dit rapport geeft de huidige stand van zaken van het klimaatbeleid en probeert antwoord te geven op vragen van beheerders met betrekking tot koolstof opslag in bos. Veranderingen in omlooptijd en dunningen hebben maar weinig invloed op de opgeslagen hoeveelheid koolstof. De boomsoortenkeus is grotendeels bepalend voor de koolstofopslag in biomassa. Rijkere bodems kunnen over het algemeen meer koolstof opslaan dan arme. De enige mogelijkheid in Nederland om de koolstof opslag in bos te vermarkten is via de verkoop van CO<sub>2</sub> certificaten bij de aanleg van nieuw bos. Andere mogelijkheden zijn die het Kyoto Protocol biedt zijn nog niet uitgewerkt voor Nederland, of zijn financieel niet aantrekkelijk.

Trefwoorden: koolstofvastlegging, Kyoto protocol, boseigenaar, subsidie, bosbeheer

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €22,95 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 553. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [postkamer@alterra.wag-ur.nl](mailto:postkamer@alterra.wag-ur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding en doel	11
2 CO <sub>2</sub> vastlegging in bos - hoe werkt het?	13
2.1 Het principe van koolstofvastlegging op hectare schaal	13
2.1.1 Inleiding	13
2.1.2 Biomassa	14
2.1.3 Bodem en dood hout	16
2.1.4 Houtproducten	21
2.1.5 Emissie reductie	24
2.1.6 Totaalsysteem en beheeralternatieven	26
2.2 Bijdrage van het Nederlandse en Europese bos als totaal	29
3 Klimaatbeleid	31
3.1 Internationaal	31
3.2 Nationaal	33
4 CO <sub>2</sub> beleid in de praktijk: gevolgen voor de beheerder en zijn bos	39
4.1 Inleiding	39
4.2 Concreet in werking: CO <sub>2</sub> certificaten bij bosaanleg / Vastlegging van CO <sub>2</sub> in nieuwe bossen.	39
4.3 Vastlegging van CO <sub>2</sub> in bestaande bossen	42
4.4 Houtaanbod voor bio-energie	44
5 Conclusies en aanbevelingen	47
Literatuur	49
Aanhangsels	
1 Koolstofprofielen van de alternatieve beheervormen	51



## Woord vooraf

De laatste jaren is er volop belangstelling voor de gevolgen van het broeikaseffect, veroorzaakt door een toename van de CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer. Het Kyoto Protocol probeert die stijging van de CO<sub>2</sub> concentratie tegen te gaan. Een van de maatregelen die voorgesteld wordt, is het vastleggen van koolstof in bossen. Tot nu toe is de discussie over koolstofvastlegging vooral op beleids- en onderzoeksniveau gevoerd. Bij boseigenaren en -beheerders leven echter vele vragen met betrekking tot koolstof vastlegging. Dit rapport beoogt een antwoord te geven op zulke vragen.

Dit rapport is gemaakt in het kader van het project "CO<sub>2</sub> en functievervulling", gefinancierd uit het LNV-DWK onderzoeksprogramma 381 "Functievervulling Natuur, Bos en Landschap". Voor dit rapport hebben interviews plaats gevonden met de volgende personen: Jan Rietema (ministerie van LNV), Ivo Rooze (Nationaal Groenfonds), Reyer Knol (Staatsbosbeheer). Wij willen deze mensen hartelijk bedanken voor hun medewerking, evenals Rob Nas (Bosschap) en Hans van den Bos (Staatsbosbeheer) voor het doorlezen van het concept rapport en voor hun waardevolle aanmerkingen hierop.



## Samenvatting

In het Kyoto Protocol heeft Nederland, samen met een groot aantal andere landen, afgesproken dat ze de uitstoot van kooldioxide zal beperken. Een van de manieren waarop dit mag gebeuren is door middel van de opslag van koolstof in bos. Veel beheerders zitten echter nog met vragen over deze nieuwe en extra functie van het bos. Dit rapport geeft de huidige stand van zaken van het klimaatbeleid en probeert antwoord te geven op vragen van beheerders. Aan de hand van een "modelopstand" van grove den wordt gedemonstreerd wat voor effecten beheersveranderingen op de koolstofopslag in bosbiomassa, bosbodem en houtproducten hebben. Het blijkt dat veranderingen in omlooptijd en dunningen maar weinig invloed hebben op de opgeslagen hoeveelheid koolstof. De boomsoortenkeus daarentegen is grotendeels bepalend voor de te bereiken hoeveelheid biomassa, en dus voor de koolstofopslag in biomassa. Verdere kunnen rijkere bodems over het algemeen meer koolstof opslaan dan arme.

In de uitleg van het Kyoto Protocol worden verschillende maatregelen in bossen genoemd die te gebruiken zijn om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te compenseren. De Nederlandse overheid heeft tot nu toe echter alleen de mogelijkheid van aanplant van nieuwe bossen daadwerkelijk omgezet in actie. Bij aanleg van nieuwe bossen kunnen via het Nationaal Groenfonds CO<sub>2</sub> certificaten aan bedrijven verkocht worden, die daarmee hun uitstoot kunnen compenseren. Voor de beheerder betekent dit een extra aanvulling op de subsidies in het kader van het Programma Beheer.

Ook in bestaand bos wordt koolstof opgeslagen. Hoewel het Kyoto Protocol openingen biedt om deze opslag op te voeren als compensatie, is dit in Nederland nog geen reële optie. Op korte termijn is hier ook geen verandering in te verwachten. Wel zijn de huidige trends in bosbeheer, zoals de overgang van grove den naar meer loofboomsoorten en een toenemende staande voorraad, gunstig voor de koolstof opslag. Desondanks is er nog geen mogelijkheid dit ten gelde te maken.

Een andere mogelijke bijdrage van beseigenaren aan het verminderen van de koolstof uitstoot is via energie uit biomassa. Koolstof die is vastgelegd in biomassa komt uit de atmosfeer, en bij verbranding van deze biomassa komt dit weer vrij. Daarmee is deze vorm van energie voorziening dus CO<sub>2</sub> neutraal. Door de huidige lage prijzen voor biomassa is het echter financieel niet aantrekkelijk. Op korte termijn lijkt hier ook geen verandering in te komen.





## 1 Inleiding en doel

Bos speelt een belangrijke rol in de koolstofcyclus van de aarde. Op dit moment nemen zij ongeveer een kwart van de totale uitstoot van kooldioxide op (Bolin et al. 2000). Omdat veel landen in het Kyoto Protocol afgesproken hebben om hun uitgestoten hoeveelheid kooldioxide te beperken of te compenseren, heeft dit veel onderzoek geïnitieerd naar mogelijkheden om de rol van bos te versterken. Ook voor Nederland is koolstofvastlegging in bossen een optie om een deel van de uitstoot van kooldioxide te compenseren. Veel beheerders zitten echter nog met vragen over deze nieuwe en extra functie van het bos. De volgende vragen komen vaak naar voren:

- Hoe werkt het principe van CO<sub>2</sub> vastlegging in bos?
- Hoeveel legt het Nederlandse bos vast, hoe stuur ik CO<sub>2</sub> vastlegging in mijn bos en hoe ziet een CO<sub>2</sub> bos er uit?
- Wat is het Nederlandse overheidsbeleid en welke regelingen zijn er?
- Zijn de huidige trends in bosbeheer en huidige subsidieregelingen in overeenstemming met de wens om meer CO<sub>2</sub> vast te leggen, of juist niet?
- Gaat CO<sub>2</sub> vastlegging samen met de andere functies van het bos?
- Kan CO<sub>2</sub> vastlegging mijn financiële positie versterken?

Dit rapport geeft de huidige stand van zaken van het klimaatbeleid en probeert antwoord te geven op bovenstaande vragen. Hoofdstuk 2 behandelt de principes van koolstofvastlegging in bos en hoe dit door beheer beïnvloed wordt. In hoofdstuk 3 worden de achtergronden van het internationale beleid weergegeven en hoe de Nederlandse overheid dit in nationaal beleid heeft omgezet. Hoofdstuk 4 gaat in op wat dit aan mogelijkheden biedt voor de boscigenaar, hoe deze mogelijkheden zich verhouden met andere regelingen en wat dit eventueel betekent voor andere functies van het bos.

### **CO<sub>2</sub> of C ?**

In dit rapport wordt gewerkt met zowel de eenheid ton koolstof (C) als ton kooldioxide (CO<sub>2</sub>). Dit lijkt verwarrend, maar het is gebruikelijk om van tonnen kooldioxide te spreken wanneer het gaat over emissies, en van koolstof te spreken wanneer het gaat over vastgelegde hoeveelheden.

De conversie is:  $1 \text{ ton CO}_2 = 44/12 * 1 \text{ ton C}$ .

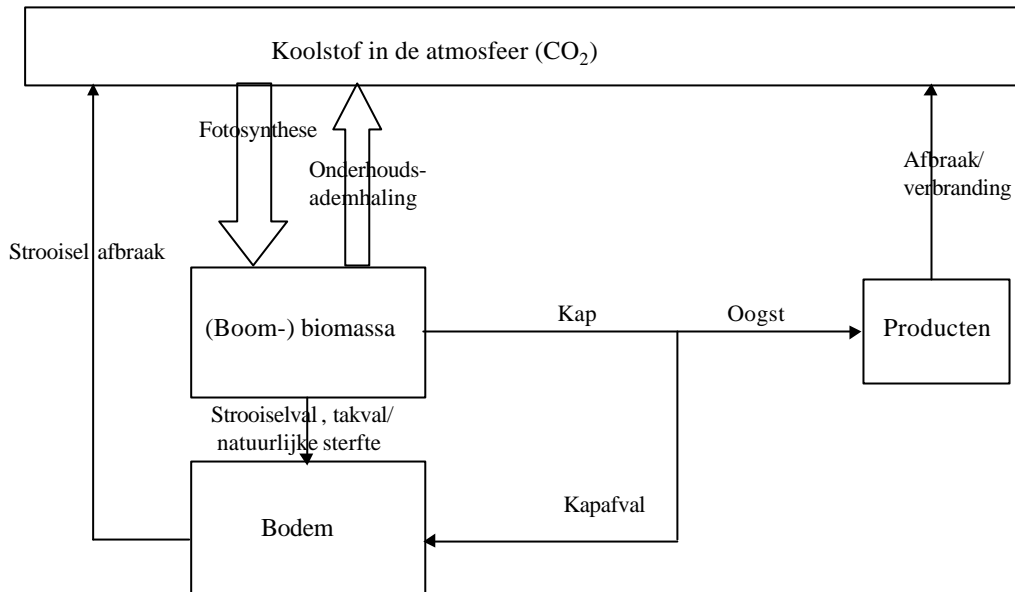


## **2 CO<sub>2</sub> vastlegging in bos - hoe werkt het?**

### **2.1 Het principe van koolstofvastlegging op hectare schaal**

#### **2.1.1 Inleiding**

Bossen wisselen dagelijks grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> uit met de atmosfeer. Maar een klein deel van de opgenomen CO<sub>2</sub> wordt voor langere tijd opgeslagen. Figuur 2.1 geeft schematisch de koolstofcyclus van een bos. Planten nemen via fotosynthese CO<sub>2</sub> op uit de lucht en zetten die met energie uit zonlicht om in suikers. Een deel van deze suikers wordt gebruikt voor de onderhoudsademhaling, en een deel voor groei van de plant. Via tak- en bladval en natuurlijke sterfte komt de in de plant opgeslagen koolstof in de bodem terecht. Een deel van het gevormde strooisel verteert, waarbij de koolstof weer vrijkomt als CO<sub>2</sub>, en een deel wordt langdurig in de bodem opgeslagen als humus. In een beheerd ecosysteem zoals bos of grasland vindt oogst plaats, waarbij een deel van de in de plant opgeslagen koolstof verwijderd wordt in de vorm van producten. Doordat deze producten een bepaalde tijd mee gaan, ontstaat hier ook een koolstofvoorraad. Uiteindelijk komt via afbraak van de producten op de stortplaats of via verbranding de vastgelegde koolstof weer terug in de atmosfeer. In deze kringloop is op drie plekken een vastlegging van koolstof te onderscheiden, namelijk in de biomassa, in de bodem, en in de producten (de boxen in figuur 2.1). In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op deze drie koolstofvoorraden en op welke manier ze door bosbeheer beïnvloed worden. Ter illustratie wordt gebruik gemaakt van een "model" opstand van grove den met een omloop van 90 jaar, groeiklasse 6, met dunningen op 40, 60 en 80 jaar, waarbij respectievelijk 8, 10 en 12% van het volume geoogst wordt. Alle berekeningen in dit rapport zijn verricht met het model CO<sub>2</sub>FIX (Mohren en Klein Goldewijk 1990, Nabuurs et al. 2002).



Figuur 2.1 Koolstofcyclus in het bos. De pijlen geven de koolstofstromen weer en de boxen de koolstofvoorraden. De grootte van de pijlen en boxen is geen indicatie voor hun relatieve belang (Nabuurs et al. 2002).

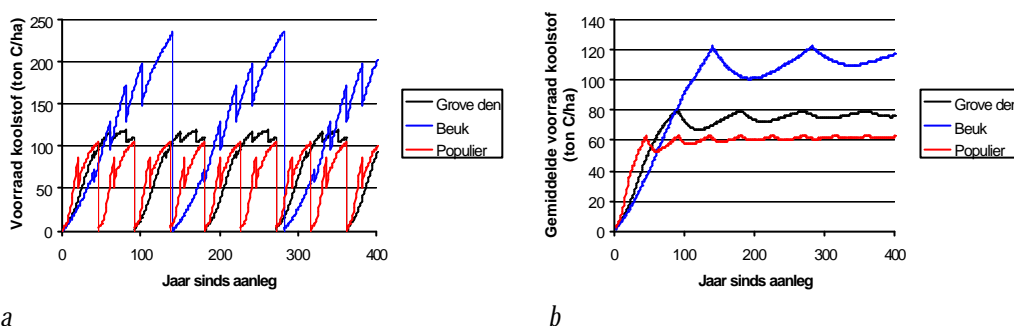
## 2.1.2 Biomassa

De hoeveelheid koolstof die opgeslagen ligt in de biomassa wordt bepaald door de verschillen in snelheid tussen fotosynthese, onderhoudsadembaling en strooiselval. Als planten jong zijn is over het algemeen de fotosynthese groter dan de onderhoudsadembaling en de strooiselval bij elkaar, met als resultaat een toename van de hoeveelheid biomassa en dus een toename van de hoeveelheid opgeslagen koolstof. Naarmate de plant ouder wordt neemt de productie af en de strooiselval toe, zodat de snelheid waarmee biomassa opgebouwd en dus koolstof vastgelegd wordt, afneemt. Op den duur vormt zich een evenwicht, waarbij netto geen koolstof meer opgeslagen wordt. Als de bomen beginnen af te takelen door ouderdom wordt de sterfte groter dan de groei, waardoor de hoeveelheid opgeslagen koolstof in de biomassa afneemt. Als verjonging optreedt begint het proces weer overnieuw. Over grotere oppervlaktes onbeheerd bos houden deze processen van groei en sterfte elkaar in evenwicht, waardoor er een min of meer stabiele hoeveelheid koolstof opgeslagen ligt. In de Nederlandse situatie is beuk op de meeste groeiplaatsen waarschijnlijk de climaxvegetatie. Uit metingen in de ongestoorde beukenbossen van Fontainebleau blijkt dat dit evenwicht daar op ongeveer 150 ton koolstof ( $\approx 400 \text{ m}^3$  stamhout) per hectare ligt voor het bovengrondse deel van de biomassa (Van Hees 2001).

In een beheerd bos wordt periodiek een deel van de biomassa geoogst. Daardoor blijft de groei meestal hoger en de sterfte lager dan in een onbeheerd bos, maar de hoeveelheid biomassa is daardoor gemiddeld ook lager. Het bosbeheer heeft invloed op de koolstofvastlegging in de biomassa via de keuze van de boomsoorten-

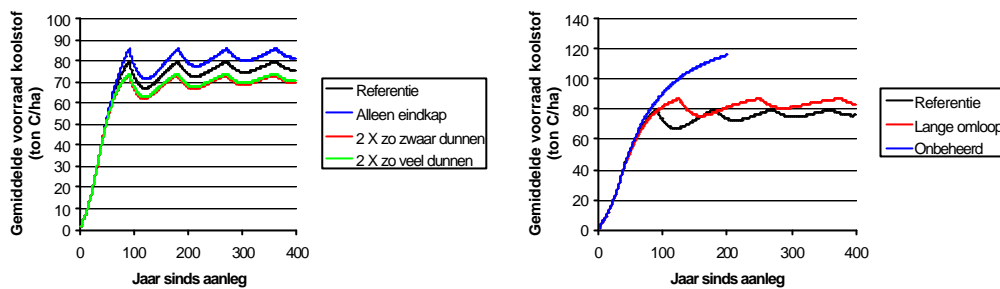
samenstelling, aantal, timing en zwaarte van dunningen, en via het tijdstip van eindkap, de omlooptijd.

De boomsoortensamenstelling heeft een grote invloed op de snelheid waarmee koolstof vastgelegd wordt en op de hoeveelheid koolstof die gemiddeld in de biomassa opgeslagen ligt. Populier heeft een zeer snelle jeugdgroei en legt dus snel koolstof vast, maar de maximaal te bereiken hoeveelheid biomassa is relatief laag doordat de omlopen kort zijn. Beuk groeit minder snel, maar heeft normaal gesproken een veel langere omloop, zodat de hoeveelheid biomassa veel groter kan worden. De grove dennenopstand in figuur 2.2 bereikt uiteindelijk een gemiddelde voorraad koolstof van 80 ton per hectare. Populier met een omloop van 45 jaar bereikt een gemiddelde voorraad van ruim 60 ton koolstof per hectare, terwijl dit voor beuk 2 keer zo hoog ligt met ruim 120 ton per hectare. De snelheid waarmee de populier biomassa opbouwt is echter veel hoger dan bij de beuk (de bijgroei is hoger), waardoor de koolstof sneller door de kringloop gaat.



*Figuur 2.2 Ontwikkeling van de voorraad koolstof in de levende biomassa in de tijd (a) en de gemiddelde voorraad koolstof in de biomassa over de periode sinds aanleg (b), voor verschillende boomsoorten. Alle berekeningen in dit rapport zijn verricht met het model CO2FIX (Mohren en Klein Goldewijk 1990, Nabuurs et al. 2002).*

Dunningen zorgen voor een (tijdelijke) afname van de hoeveelheid biomassa, te zien in figuur 2.2 aan de "zaagtand", en leveren dus een lagere gemiddelde voorraad koolstof in de biomassa op. Bij de grove den neemt de gemiddelde voorraad koolstof toe van 80 ton koolstof per hectare naar 86 ton per hectare indien er niet gedund wordt (figuur 2.3). Dit is natuurlijk ook afhankelijk van het aantal en de zwaarte van de dunningen. Indien er twee keer zo zwaar of twee keer zo vaak gedund wordt, neemt de gemiddelde hoeveelheid koolstof af naar respectievelijk 74 en 73 ton per hectare. Dunningen zorgen wel voor een lagere sterfte en daarmee voor een hogere snelheid van vastleggen (hogere netto lopende bijgroei). Verder leveren dunningen houtproducten op en een verhoogde hoeveelheid strooisel op de bodem, waarop in de volgende paragrafen wordt ingegaan.



a b  
 Figuur 2.3 Gemiddelde voorraad koolstof in de biomassa sinds het begin van de eerste rotatie onder verschillende dunningsregimes (a) en onder verschillende omlooptijden (b).

Langere omlopen leiden in principe tot grotere hoeveelheden biomassa, maar de omlooptijd is natuurlijk begrensd door de maximaal haalbare leeftijd van de boomsoort. In het geval van de grove den resulteert een omloopverlenging van 90 naar 120 jaar (zonder verandering in dunningsregime) in een toename van de gemiddelde hoeveelheid koolstof naar 89 ton per hectare, terwijl helemaal achterwege laten van beheer na 200 jaar zou leiden tot een gemiddelde voorraad van ongeveer 120 ton per hectare. De verdere ontwikkeling is onzeker door mogelijke sterfte en successie naar andere bostypen, iets dat in het gebruikte model niet meegenomen kan worden. Als geen successie plaats vindt ontstaat er een evenwichtssituatie tussen oud bos, open plekken en jong bos, met een gemiddelde voorraad die zelfs lager kan liggen dan het gemiddelde van beheerd bos. Successie naar andere boomsoorten zou in sommige gevallen kunnen leiden tot hogere voorraden.

Ook andere vegetatietypen dan bos hebben een zekere hoeveelheid biomassa en dus een koolstofvoorraad. Omdat de hoeveelheid biomassa veel kleiner is, is de hoeveelheid koolstof ook minder. Een nat heideterrein met dopheide (*Erica tetralix*) bevat in de totale biomassa ruwweg 5 ton koolstof, een droge heide met struikheide (*Calluna vulgaris*) ongeveer evenveel, terwijl pijpestrootje (*Molinia caerulea*) op deze terreinen iets meer oplevert, geschat ongeveer 5 tot 10 ton koolstof, afhankelijk van de vochtigheid van het terrein (Aerts 1989). Ook de ondergroei in het bos draagt bij aan de totale hoeveelheid koolstof in de biomassa, maar deze bijdrage is maar klein vergeleken bij de hoeveelheid koolstof in de bomen.

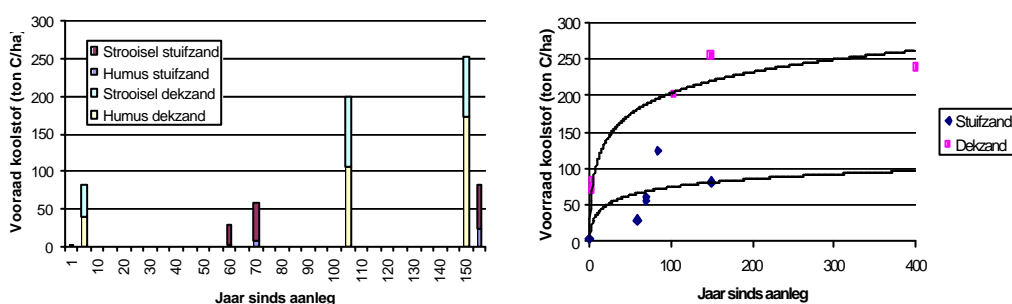
### 2.1.3 Bodem en dood hout

De koolstofvoorraad in de bodem zit in twee compartimenten: de strooisellaag en de humus in de bodem. Onder de strooisellaag verstaan we voor het gemak ook de aanwezige hoeveelheid dood hout, zowel staand als liggend. Input in de strooisellaag vindt plaats door val van bladeren, takken en andere plantendelen, sterfte van bomen en kapafval door oogstactiviteiten. Een deel van het strooisel verteert waarbij CO<sub>2</sub> vrijkomt en een deel wordt omgezet in stabiele humus, die het tweede bodemcompartiment vormt. Ook dit bodemorganisch materiaal kan op den duur verteren, maar heeft normaal gesproken een zeer lange levensduur. De snelheid van strooiselvertering hangt van verschillende factoren af, zoals temperatuur,

vochtigheid, aanwezigheid van bodemfauna en schimmels (afhankelijk van bodemsoort), aard (verschil in verteerbaarheid tussen dennennaalden en bladeren) en grootte van het strooisel (verschil in verteringssnelheid tussen takjes en dode bomen) en de toevoer van zuurstof. Ook de hoeveelheid strooisel die gehumificeerd wordt hangt samen met deze factoren.

In de Nederlandse situatie staan bossen vaak op gronden die in het verleden erg verarmd zijn, door plaggen, begrazen of door het wegwaaien van de vruchtbare laag (humus). Stuifzand bevat amper organische stof en dus ook weinig koolstof. Door de bebossing is de toevoer van strooisel toegenomen, met als gevolg de vorming van een strooisellaag en nog later de vorming van humus. De vorming van een nieuwe bosbodem kan eeuwen in beslag nemen. De eerste 50 jaar neemt de hoeveelheid strooisel snel toe, daarna gaat de opbouw steeds langzamer. De opbouw van humus in bebost stuifzand komt pas later op gang, na ongeveer 80 jaar. Tot ongeveer 200 jaar gaat deze opbouw door, waarna de snelheid afneemt. De snelste opbouw van koolstofvoorraad in de bodem vindt dus plaats in de eerste 200 jaar na bebossing. Daarna gaat de opbouw nog wel door, maar in een lager tempo. Na 200 jaar is de koolstofvoorraad in de bodem van een stuifzandbebossing gemiddeld ongeveer 90 ton per hectare, waarvan 60 ton in de strooisellaag (exclusief dood hout) en 30 ton in de humeuze bovengrond (zie figuur 2.4, Kemmers en Mekking 2001).

Heidebebossingen hadden meestal een betere uitgangsspositie, de voorraad koolstof in de strooisellaag zal ongeveer 40 ton per hectare zijn geweest en in de humeuze bovengrond zal ongeveer 50 ton per hectare hebben gezeten. Na bebossen neemt ook hier de hoeveelheid koolstof in de strooisellaag toe, terwijl de processen in de humeuze bovengrond sneller op gang komen. Na 200 jaar is de koolstofvoorraad in het strooisel toegenomen tot ongeveer 80 ton per hectare (exclusief dood hout) en in de humeuze bovengrond tot circa 170 ton per hectare. Stuifzanden zijn grofzandiger dan de voormalige heideterreinen, doordat het fijne materiaal weggewaaid is. Dit is de oorzaak dat beboste stuifzanden op den duur minder koolstof in de bodem vast leggen dan beboste heideterreinen.



a b  
 Figuur 2.4 Ontwikkeling van de koolstofvoorraad in de bodem in stuifzand- en dekzandbebossingen, a) gesplitst naar gemeten waarden in strooisel en humus, b) gemeten totale waarden en een schatting van het globale verloop (vrij naar Kemmers en Mekking 2001).

De opbouw van koolstof in strooisel en humus gaat een stuk langzamer dan opbouw in de biomassa, maar gaat ook veel langer door, met op de rijkere zandgronden als resultaat vaak meer koolstof in de bodem dan in de biomassa. De Nederlandse heide- en stuifzandbebouwingen zijn nog steeds in deze opbouw fase en leggen dus nog steeds koolstof vast. Hoeveel koolstof er uiteindelijk opgeslagen wordt in de bosbodem hangt samen met het bodemtype en de boomsoort die er op groeit. Tabel 2.2 geeft een indicatie van de hoeveelheid bodemorganisch koolstof in verschillende Nederlandse bodemtypen, gebaseerd op standaard profielbeschrijvingen.

*Tabel 2.2 Indicatie van de koolstofvoorraad in bodemorganische stof (humus in de minerale grond plus strooisel, exclusief dood hout) tot 1 meter diepte in verschillende Nederlandse bodemtypen (Nabuurs en Mohren 1993).*

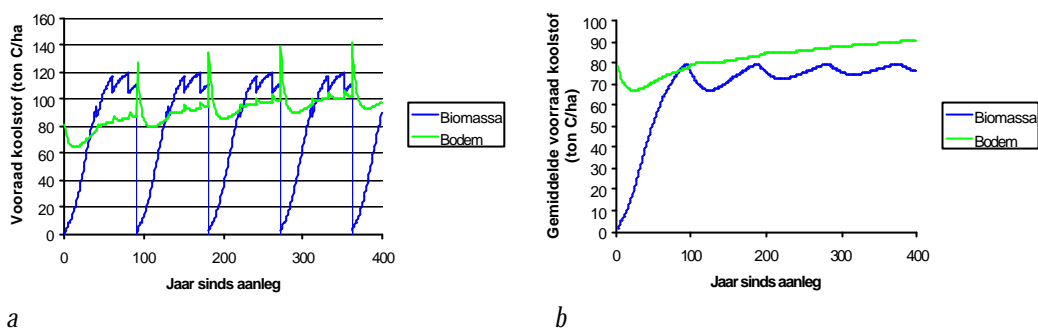
Bodemtype	Koolstofvoorraad in bodem organische stof (ton C/ha)
Vlierveen	425
Holtpodzol	131
Veldpodzol	106
Haarpodzol	107
Enkeerdgrond	182
Laarpodzol	74
Beekeerd	75
Vlakvaag	16
Duinvaag	49
Keileem	74

Opvallend zijn de grote verschillen tussen de bodemtypes. Voor een belangrijk deel zijn deze terug te voeren op het bodemgebruik in het verleden. De vaaggronden zijn ontstaan uit de podzolen door verstuiwing. Tijdens deze verstuiwing is de aanwezige humus voor het grootste deel verdwenen en daarmee dus ook de koolstof. De enkeerdgrond heeft door het jarenlange opbrengen van plaggen en mest een grote aanvoer van strooisel gehad en heeft daarmee een grote voorraad bodemorganische stof opgebouwd.

In gebieden waar veenvorming optreedt, is de afbraak van strooisel minimaal doordat de zuurstofvoorziening slecht is. Zodoende hopen zich uiteindelijk grote hoeveelheden organisch materiaal op, tot mogelijk enkele duizenden tonnen koolstof per hectare op plekken met een zeer dikke laag veen. Veenvorming is een zeer langzaam proces, koolstofopslagsnelheden in venen liggen in de orde van 0.01 tot 0.1 ton C per ha per jaar (Maltby en Immirzi 1993). Bij ontwatering van deze gronden treedt zuurstof toe, waardoor het opgehoopte materiaal alsnog gaat verteren, waarbij weer CO<sub>2</sub> vrijkomt. Nederland kent amper meer levend hoogveen, maar in Scandinavië beslaan veengebieden grote oppervlaktes. Voor venen geldt dat de totale voorraad aan koolstof zeer groot is, maar dit wordt opgebouwd over een periode van duizenden jaren. De netto vastleggingssnelheden zijn dus heel laag. Bij venen is het belangrijk om de voorraden die nu vastliggen, vast te blijven houden. Niet ontwaterde veengebieden stoten echter ook koolstof uit, maar dan in de vorm van methaan (CH<sub>4</sub>), ook wel bekend als veengassen. Methaan is ook een broeikasgas, met een opwarmend effect dat 14 maal zo sterk is als dat van CO<sub>2</sub>.



De opbouw van koolstof in de bodem is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid strooisel die aangevoerd wordt. In onbeheerde bossen bestaat deze aanvoer uit het vallen van takken en bladeren, door zelfdunning en op latere leeftijd door het aftakelen en dood gaan van oude bomen. In beheerd bos speelt naast tak- en bladval vooral ook de houtoogst een rol. Na oogstactiviteiten als dunning en eindkap blijft meestal een hoeveelheid kapafval achter, dat aan de strooisellaag toegevoegd wordt. In figuur 2.5 is dit zichtbaar als een toename in bodemkoolstof na dunningen (de piekjes op 40, 60 en 80 jaar) en eindkap (de piek op 90 jaar). Een groot deel van dit strooisel is makkelijk verteerbaar, waardoor het effect slechts tijdelijk is. Bovendien wordt de strooiselvertering bevorderd doordat er meer licht op de bodem valt, waardoor de temperatuur toeneemt.

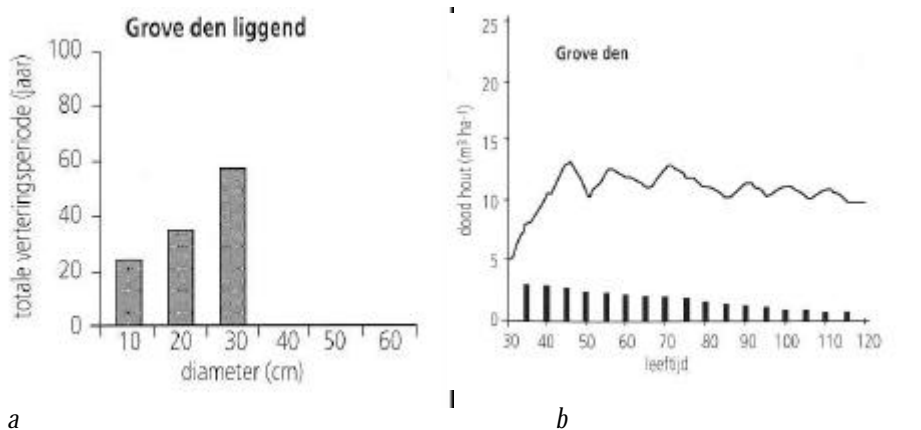


a

b

Figuur 2.5 Ontwikkeling van de voorraad koolstof in de biomassa en bodem van een beheerd "model" bos met grove den (links). Als gevolg van het kapafval na dunningen en eindkap neemt de hoeveelheid bodemkoolstof toe. Rechts de gemiddelde hoeveelheid koolstof per hectare sinds het begin van de eerste rotatie.

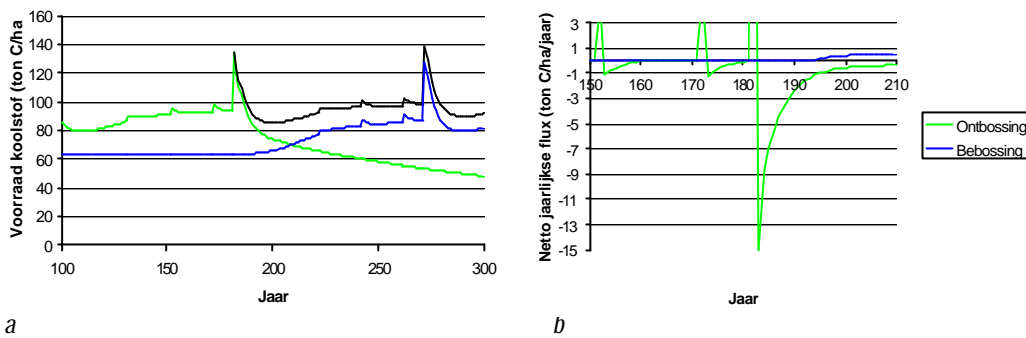
Dood hout is hier beschouwd als een onderdeel van de strooisellaag, maar verdient het wel om apart vermeld te worden. Afhankelijk van de grootte, de boomsoort en of het staand of liggend hout betreft, kan het tientallen tot in sommige gevallen honderden jaren duren voor het dode hout verteerd is. In beheerd bos was het aandeel dood hout van oudsher niet erg groot, maar in onbeheerd bos kan de hoeveelheid dood hout aanzienlijk zijn, tot wel 100 m<sup>3</sup> per ha, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium van het bos. Als er in ons model bos gemiddeld 10 m<sup>3</sup> dood hout per hectare aanwezig is, dan betekent dit een permanente opslag van ongeveer 2 ton koolstof per hectare. Om deze opslag op peil te houden, moet de voorraad dood hout wel steeds worden aangevuld omdat het aanwezige hout ook weer geleidelijk verteert (figuur 2.6). Maatregelen om de hoeveelheid dood hout in het bos te vergroten, kunnen dus wel eenmalig een positief effect hebben, maar dit moet daarna wel in stand gehouden worden. Bovendien wordt het hout uit de levende biomassa gehaald, dus neemt daar de hoeveelheid opgeslagen koolstof af. Wel zou het door verminderde concurrentie een gunstig effect kunnen hebben op de groei van de overgebleven bomen, waardoor netto een positief resultaat wordt behaald.



Figuur 2.6 a) Verterings tijd van grove dennen afhankelijk van de diameter, en b) gesimuleerde hoeveelheid dood hout in beheerd grove dennenbos met vijfjaarlijkse dunningen. De lijn geeft de hoeveelheid dood hout aan, de kolommen geven de vijfjaarlijkse input van dood hout aan. De hoeveelheid opgeslagen koolstof bedraagt hier ruim 2 ton koolstof per hectare (Van Hees en Clercx 1999).

De bekendste manier van koolstof vastlegging in bos is het aanplanten van nieuw bos. Behalve de zichtbare vastlegging in de biomassa heeft aanleggen van nieuw bos ook een gunstige invloed op de koolstof vastlegging van de bodem, vergelijkbaar met de eerder geschetste ontwikkeling bij beplanten van heide of stuifzand. De vastleggingssnelheid en de te bereiken hoeveelheid vastgelegde koolstof zijn afhankelijk van de uitgangssituatie. In figuur 2.7 is een voorbeeld geschetst van een bebossing van landbouwgrond. Hierbij hebben we aangenomen dat de koolstofvoorraad in de bodem voor bebossing op een constant niveau lag van 64 ton koolstof per hectare en dat bebost is met grove den, onze "modelopstand".

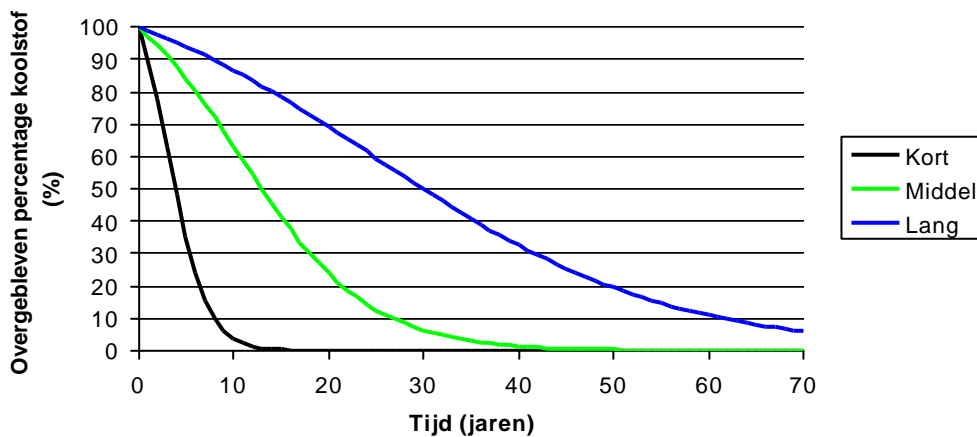
Hoewel minder zichtbaar in de statistieken, treedt in Nederland ook ontbossing op, bijvoorbeeld voor het aanleggen van nieuwe wegen en woonwijken. Dit wordt dan vaak elders gecompenseerd door het aanleggen van nieuw bos. Het proces van bodemvorming onder nieuw aangeplant bos kan erg lang duren, maar bij ontbossing gaan de processen veel sneller (figuur 2.7). Door de verhoogde temperatuur gaat de strooiselvertering sneller, bij eventuele grondbewerking treedt meer zuurstof toe en de aanvoer van nieuw strooisel neemt af of stopt zelfs helemaal. In figuur 2.7 is dit geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. Onze modelopstand wordt aan het eind van de tweede omloop (na 180 jaar) gekapt en niet herplant. Doordat aanvoer van nieuw strooisel achterwege blijft neemt de koolstofvoorraad in de bodem snel af, te zien aan de snel dalende lijn (figuur 2.7a) en de negatieve flux waarden (2.7b). Op het moment van kaalkap wordt elders een nieuwe opstand aangelegd (blauwe lijn). De opbouw in de bodem begint slechts langzaam, te zien aan de kleine positieve waarden in figuur 2.7b. Indien geen ontbossing plaats gevonden had, had de voorraad koolstof de zwarte lijn in figuur 2.7a gevolgd. Hoewel de biomassaontwikkeling gelijk zal zijn, is de voorraad in de bodem aanzienlijk lager. Koolstofverlies door ontbossing wordt dus niet (direct) gecompenseerd door bebossing elders als we alleen kijken naar de bodemcomponent!



*Figuur 2.7 Voorraad (a) en netto jaarlijkse flux (b) van koolstof in de bodem bij bebossing en ontbossing. Positieve waarden betekenen voorraad toename, negatieve waarden voorraad afname.*

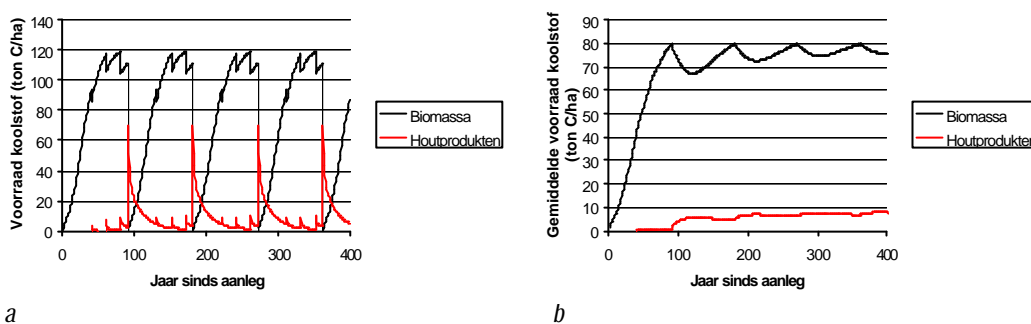
### 2.1.4 Houtproducten

Geogst hout wordt meestal gebruikt voor het maken van producten en in sommige gevallen wordt het gebruikt voor het opwekken van energie. Hout kent zeer veel verschillende toepassingen, zoals in papier en karton, productie van vezelplaten en triplex, tuinhout, gebruik in de bouw voor zowel bekistingen als constructiedoeleinden, meubels, et cetera. Deze productgroepen blijven elk slechts een beperkt aantal jaren in gebruik. Bijvoorbeeld papier gemiddeld maar een paar maanden, en constructiehout gemiddeld 35 jaar (figuur 2.8). Dit betekent dus dat geogst hout niet volledig als een vorm van koolstofvastlegging gezien kan worden. Alleen het verschil tussen nieuw geproduceerde producten en afbraak van al eerder gemaakte producten kan zorgen voor koolstofvastlegging in de producten.



*Figuur 2.8 Theoretische afbraakcurven van koolstof in houtproducten. Te zien is het overgebleven percentage koolstof over de tijd, in producten met een korte levensduur (gemiddeld ongeveer 3 jaar), een middellange levensduur (gemiddeld ongeveer 15 jaar) en een lange levensduur (gemiddeld ongeveer 30 jaar) (naar Karjalainen 1996).*

Houtoogst vindt plaats tijdens dunningen en eindkap. In ons voorbeeld is de eerste dunning na 40 jaar, te zien aan een lichte daling in de biomassa, en een eerste hoeveelheid koolstof in de houtproducten (figuur 2.9). Dit hout wordt over het algemeen voor laagwaardige toepassingen gebruikt, zoals papier, met een lage levensduur. In de figuur is dan ook te zien dat de koolstof weer snel verdwenen is. Bij volgende dunningen neemt het aandeel hoogwaardige toepassingen toe door de grotere afmetingen van het geogste hout, zodat de koolstof langer vastgelegd blijft. Bij de eindkap wordt alle biomassa geogst, waarvan maar een deel hout is. Het aandeel hoogwaardige toepassingen in de eindkap is groot, zodat de afname van de hoeveelheid koolstof langzamer gaat. Ondertussen groeit een nieuwe rotatie bos, die uit dunningen ook weer aanlevert naar de houtproducten. Op den duur ontstaat zo ook bij de houtproducten een situatie waarbij aanvoer en afbraak elkaar in evenwicht houden. De gemiddelde hoeveelheid koolstof in de houtproducten bedraagt in ons model bos dan ongeveer 8.7 ton koolstof per hectare.



Figuur 2.9 Ontwikkeling van de hoeveelheid koolstof in de biomassa en in houtproducten (a) en de gemiddelde hoeveelheid koolstof in biomassa en houtproducten sinds het begin van de eerste rotatie (b).

De hoeveelheid koolstof die opgeslagen ligt in de voorraad houtproducten hangt af van de hoeveelheid geogst hout die gebruikt wordt voor houtproducten en de levensduur van de producten zelf. Er zijn in principe twee manieren om de opgeslagen hoeveelheid koolstof in houtproducten te vergroten: door het vergroten van de aanvoer (dus meer oogsten) of door het verlengen van de levensduur van de producten. De hoeveelheid hout die jaarlijks geogst wordt, is in principe een kwestie van vraag en aanbod. Maatregelen die de houtoogst zelf stimuleren zullen niet werken als er geen vraag is. Daarom zijn maatregelen om de vraag te stimuleren het meest geschikt om de opslag van koolstof in houtproducten te stimuleren. Vooral een toename van het gebruik van producten met een lange levensduur heeft effect op de totale voorraad koolstof in houtproducten.

Een manier om de houtoogst te verhogen zou kunnen zijn zwaarder of vaker dunnen. In ons rekenvoorbeeld heeft dit een *negatief* effect. De gemiddelde voorraad houtproducten in een evenwichtssituatie is 8.7 ton per hectare, terwijl twee keer zo zwaar dunnen een evenwichtssituatie van 8.2 ton per hectare oplevert en twee keer zo vaak dunnen 7.7 ton! Daarentegen komen we met niet dunnen (maar wel eindkap) op een evenwichtssituatie van 9.6 ton per hectare uit. Dit op het eerste gezicht tegenstrijdige resultaat valt te verklaren door de aannames die gedaan zijn over de bestemming van de producten. Er is aangenomen dat de verdeling van de houtoogst

over productcategorieën niet verandert met een ander dunningsregime. Dunningshout gaat voor een groot deel naar houtproducten met een niet al te lange levensduur, terwijl hout uit de eindkap voor een groot deel een lange levensduur krijgt. Veel en zwaar dunnen levert veel hout op met kortere levensduren en bovendien is de hoeveelheid hout van de eindkap lager, dus minder hout met lange levensduren. Niet dunnen zorgt voor een grote hoeveelheid hout die een lange levensduur heeft. In de praktijk zal het anders werken, door veel en zwaar dunnen zullen de overgebleven bomen dikker worden dan in een niet gedund bos, waardoor al in latere dunningen meer hout naar hoogwaardigere toepassingen kan gaan. Een beheer gericht op het maximaliseren van de hoeveelheid hout voor hoogwaardige toepassingen zal dus waarschijnlijk zorgen voor de grootste hoeveelheid opgeslagen koolstof in houtproducten. Vergeleken met de opslag in biomassa en bodem is de hoeveelheid koolstof in houtproducten laag (ongeveer 5% in ons voorbeeld), maar het is wel een tastbare koolstofopslag.

*Tabel 2.3 Koolstofvoorraad in de producten voor de grove dennenopstand van figuur 2.2 bij verschillende dunningsopties en verlenging van de levensduur. Evenwichtssituatie, in ton koolstof per hectare.*

	Koolstofvoorraad in de producten (evenwichtssituatie, ton C/ha)
normaal dunnen	8.7
zonder dunning	9.6
2 keer zo vaak dunnen	7.7
2 keer zo zwaar dunnen	8.2
2 keer zo lange levensduur producten	16.1

Het verlengen van de levensduur van houtproducten kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld door het verduurzamen van hout, door het recyclen van producten, of door het hergebruiken van producten voor andere (laagwaardigere) toepassingen, zoals bijvoorbeeld het versnipperen van sloophout als grondstof voor vezelplaat of simpelweg door producten minder snel af te danken. Een andere mogelijkheid is om de gemiddelde levensduur van een partij geoogst hout als geheel zo hoog mogelijk te maken, bijvoorbeeld door het hout zo efficiënt mogelijk te verzagen (weinig zaagverlies met een zeer lage levensduur), en door het hout voor zo hoogwaardig mogelijke toepassingen (met een hoge levensduur) te gebruiken.

Het verlengen van de levensduur kan echter ook een negatief effect hebben op de gehele productenvoorraad, namelijk dat de vraag naar houtproducten zal verminderen. Omdat producten langer meegaan is er minder hout nodig om voor vervanging te zorgen. Een bekend voorbeeld is het recyclen van oud papier, waardoor de vraag naar papierhout behoorlijk gedaald is. Verlenging van de levensduur heeft dus alleen nut als ook de aanvoer van hout gelijk blijft, wat waarschijnlijk moeilijk te realiseren is. De meest aantrekkelijke optie is dus om te zorgen dat er in totaal meer hout gebruikt wordt, door bijvoorbeeld vaker te kiezen voor houten materialen in plaats van staal, aluminium of plastics. Een verdubbeling van de levensduur van houtproducten leidt ook tot bijna een verdubbeling van de hoeveelheid opgeslagen koolstof, in het rekenvoorbeeld neemt de gemiddelde voorraad toe van 8.7 ton koolstof per hectare over de tweede omloop naar 16.1 ton.

Een deel van het geoogste hout wordt gebruikt als brandhout, de levensduur hiervan neemt niet toe en verklaart waarom de voorraad niet precies verdubbelt.

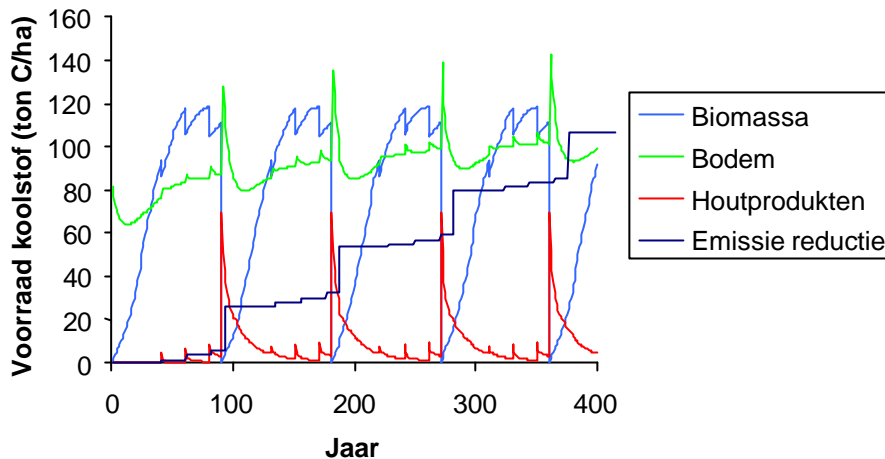
Op een gegeven moment zullen producten een keer afgedankt worden en bij het afval terecht komen. Afval kan op verschillende manieren verwerkt worden, waarbij storten en verbranden de meest gangbare zijn. Vuilstort kan in de open lucht gebeuren, of het vuil kan afgedekt worden met een laag grond nadat de stortplaats vol is. Afhankelijk van temperatuur, vochtigheid, etc. zullen de houtproducten meer of minder snel verteren op de open stortplaats, in een periode van misschien 30 tot 50 jaar. Als de stortplaats afgedekt en bijna geheel luchtdicht afgesloten wordt, treedt vertering amper op. Aangezien zulke stortplaatsen nog niet zo lang bestaan is het vooralsnog gissen naar de tijd die het duurt voordat de producten uiteindelijk afgebroken zijn. Schattingen lopen op tot wel 600 jaar! Vanuit het oogpunt van koolstofopslag zou dit erg effectief zijn, maar waarschijnlijk zal dit op den duur wel stuiten op ruimtegebrek. In Nederland is men hier dan ook grotendeels van afgestapt en wordt het meeste afval verbrand. Hierbij komt de opgeslagen koolstof direct vrij als CO<sub>2</sub>. De vrijkomende warmte kan gebruikt worden voor het verwarmen van huizen of voor het opwekken van energie (wat leidt tot uitsparen van fossiele brandstoffen) (zie § 2.1.5).

### **2.1.5 Emissie reductie**

Naast de daadwerkelijke vastlegging in houtproducten heeft hout twee CO<sub>2</sub>-emissie reductie componenten: 1) materiaal substitutie, en 2) energieopwekking.

#### ***Materiaal substitutie***

Houtproducten vergen voor productie en verwerking minder energie dan alternatieve grondstoffen voor een vergelijkbaar product. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van verduurzaamde houten palen voor elektriciteitsleidingen. Over een periode van 60 jaar zou de productie van de palen voor 1 kilometer zorgen voor de uitstoot van 4 ton CO<sub>2</sub>. De productie van betonnen palen voor dezelfde kilometer zou een uitstoot van 17 ton CO<sub>2</sub> veroorzaken, terwijl het gebruik van stalen palen zelfs tot een uitstoot van 38 ton CO<sub>2</sub> leidt (Richter 1998). Door het gebruik van hout wordt dus een hoeveelheid CO<sub>2</sub> uitstoot voorkomen. Dit is een blijvend effect, ook na het einde van de levensduur van het product (figuur 2.10). Elke m<sup>3</sup> geproduceerde houtproducten zou op deze manier 0.28 ton koolstof uitstoot voorkomen (Burschel et al. 1993).



Figuur 2.10. Emissiereductie effect van houtproducten; door keuze voor houtproducten worden (éénmalig) fossiele brandstoffen uitgespaard. Dit is een blijvend effect, dus dit kan na elke omloop worden opgeteld. Daardoor wordt op lange termijn de emissie reductie d.m.v. houtproducten het belangrijkste effect van bossen.

### **Energieopwekking**

Biomassa, bijvoorbeeld afkomstig van speciale energieplantages, dunningshout of afgedankte houtproducten, kan worden gebruikt voor het opwekken van energie, zowel in speciale biomassa gestookte energiecentrales als in afvalverbrandingsinstallaties. Weliswaar wordt er bij het verbranden van zowel biomassa als fossiele brandstoffen CO<sub>2</sub> uitgestoten, maar in het geval van biomassa is die CO<sub>2</sub> recentelijk, tijdens de groei van het bos, onttrokken aan de atmosfeer. De totale hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer neemt dus niet toe, wat bij het gebruik van fossiele brandstoffen wel het geval is. Dit heeft een blijvend effect, iedere liter olie die bespaard is, zorgt in lengte van dagen voor een lager CO<sub>2</sub> gehalte in de atmosfeer. Bijvoorbeeld iedere kubieke meter vurenhout die gebruikt wordt voor energieopwekking voorkomt een uitstoot van 0.16 ton C uit fossiele brandstof.

#### **Benodigd areaal bioenergie plantages (bijvoorbeeld wilg) voor een 30 MW centrale**

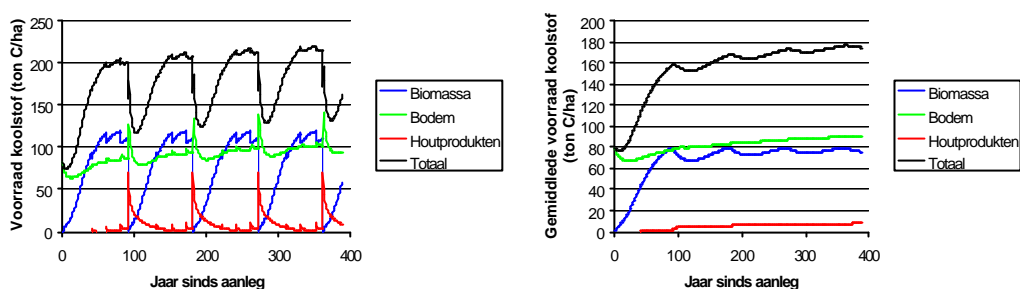
Stel dat we een 30 MW centrale (voldoende voor zo'n 23000 huishoudens) willen stoken op biomassa. Hoe groot is het areaal grond dat hiervoor benodigd is?

Stel dat de centrale per jaar 6000 uur zal draaien. Dan is de jaarlijkse totale productie aan energie  $30 \times 6000 = 180\,000$  MWh. Bij 40% efficiëntie is er 450 000 MWh aan energie in de bio-brandstof nodig. Aangenomen dat elke ton droge stof 4MWh energie bevat, en dat elke hectare grond 7 ton droge stof per jaar kan voortbrengen, dan is in totaal  $450\,000 / (4 \times 7) = 16071$  ha benodigd (0.7 ha per huishouden).

Bron: IEA Bioenergie folder

## 2.1.6 Totaalsysteem en beheeralternatieven

De bijdrage van de verschillende compartimenten aan de totale opslag van koolstof in bos en houtproducten hangt af van het bodemtype, de boomsoortenkeuze en het beheer. Globaal kunnen we echter stellen dat, afhankelijk van de genoemde factoren, in een evenwichtssituatie in de bodem 1 tot 2 keer zoveel koolstof opgeslagen ligt als in de biomassa. De hoeveelheid koolstof in houtproducten is relatief laag, slechts rond 5% van het totaal, maar ook dit is afhankelijk van een aantal factoren, zoals de boomsoort en de toepassingen van het hout. In ons rekenvoorbeeld zit na verloop van tijd ongeveer 45% van de koolstof in de biomassa, 50% in de bodem en 5% in de houtproducten (figuur 2.11).

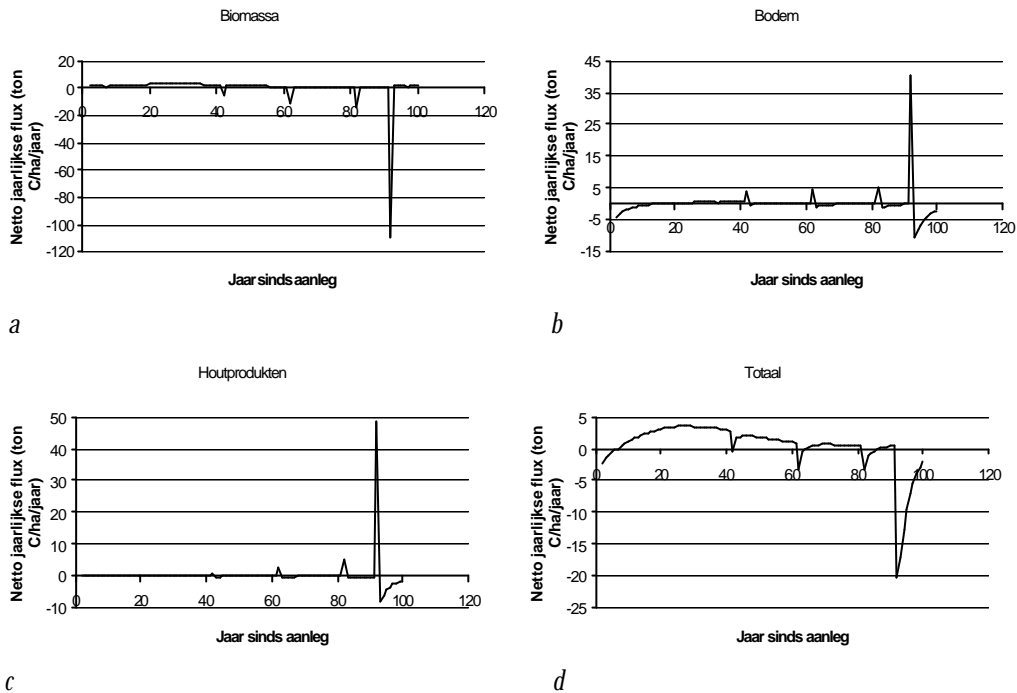


a b  
Figuur 2.11 Ontwikkeling van de hoeveelheid koolstof in de biomassa, bodem en houtproducten (a) en de gemiddelde hoeveelheid koolstof in biomassa, bodem en houtproducten sinds het begin van de eerste rotatie (b), in de modelopstand van grove den met een omloop van 90 jaar.



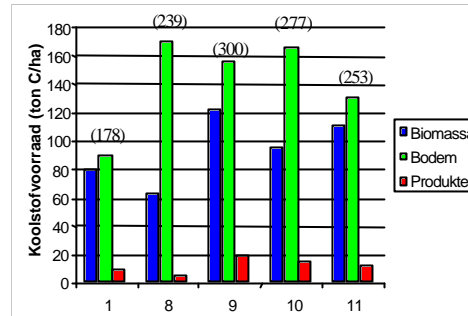
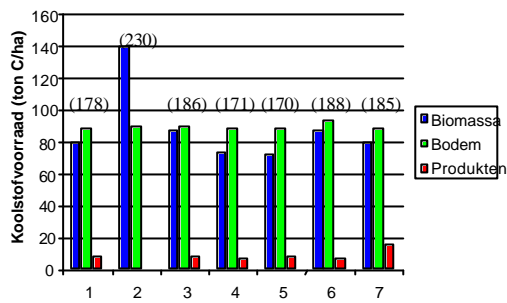
Foto 1. Het uit productie nemen van bos heeft invloed op alle componenten van de koolstofbalans: de koolstof voorraad in de boombiomassa zal op lange termijn gaan afnemen, maar er zal juist meer koolstof worden opgeslagen in dood hout en bodem. Houtproducten zullen elders geoogst moeten worden, of er ontstaan extra  $CO_2$  emissies omdat plastics gebruikt worden. Het netto effect van beheerveranderingen is dus lastig te voorzien (zie ook figuur 2.14).





Figuur 2.12 Netto jaarlijkse flux in de biomassa (a), bodem (b), houtproducten (c) en totaal systeem (d) in de eerste rotatie van de modelopstand van grove den. Positieve waarden betekenen voorraad opbouw, bij negatieve waarden neemt de voorraad af.

De koolstofstromen tussen de verschillende compartimenten kunnen van jaar tot jaar aanzienlijk verschillen (figuur 2.12). De opbouw in de biomassa (figuur 2.12 a) haalt op het maximum ongeveer 3 ton koolstof per hectare per jaar, in de jaren dat er gedund wordt neemt de koolstofvoorraad af met een grootte van 7 tot 15 ton koolstof, en in het jaar van eindkap wordt de gehele opgebouwde voorraad ineens weggehaald, wat leidt tot een vermindering van ongeveer 111 ton koolstof. Deze koolstof gaat deels naar de houtproducten en deels naar de bodem, wat te zien is in de figuren aan de positieve pieken. Bij de houtproducten neemt de opgebouwde voorraad geleidelijk af, te zien in figuur 2.12c aan de kleine negatieve waarden na de positieve pieken. In de bodem verdwijnt een groot deel van de aangevoerde koolstof redelijk snel, maar wordt deels weer gecompenseerd door de aanvoer van strooisel. De opbouw in de bodem door strooisel gaat erg langzaam, zo rond de 0,05 ton koolstof per hectare per jaar. In het totale plaatje compenseren de sterke schommelingen in de afzonderlijke compartimenten elkaar voor een groot deel. Als we het hele systeem bekijken (figuur 2.12d) is de vastleggingssnelheid in de jonge fase het hoogst, met een maximum van ongeveer 3,5 ton koolstof per hectare per jaar. In latere jaren neemt de groei af en wordt er geoogst, waarbij de jaarlijkse opbouw steeds lager wordt en richting nul gaat, gevolgd door een vrij grote uitstoot ineens bij de eindkap. In totaal is de voorraadopbouw (gedeelte onder de grafieklijn en boven de x-as) groter dan de voorraadafbraak (gedeelte onder de x-as en boven de grafieklijn), dit is ook te zien in figuur 2.11, waarbij de totale voorraad koolstof een paar jaar na het einde van de eerste rotatie zo'n 35 ton groter is dan bij aanvang. Over de gehele omloop betekent dit een gemiddelde vastleggingssnelheid van 1,34 ton koolstof per jaar.



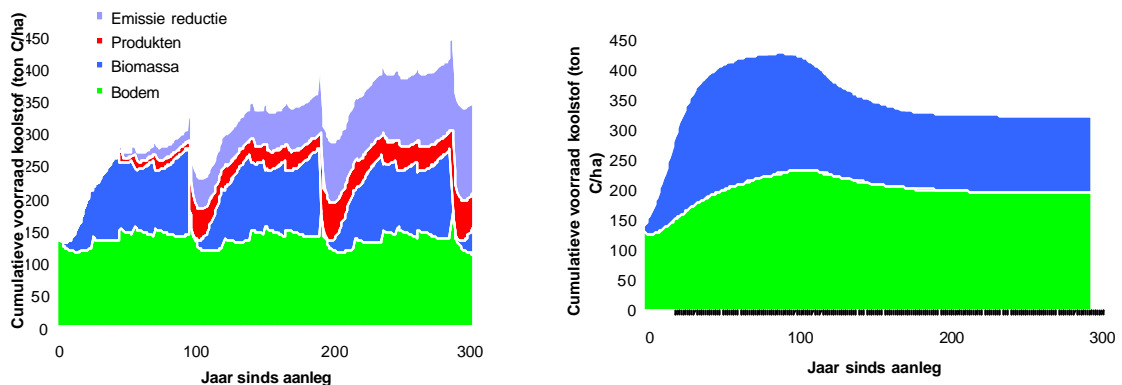
a

Figuur 2.13 a) Effect van verschillende beheersmaatregelen op de gemiddelde voorraad koolstof in bodem, biomassa en produkten, met tussen haakjes de voorraad in het hele systeem. **1:** grove den omloop 90 jaar (referentie), **2:** grove den onbeheerd, **3:** niet dunnen, wel eindkap, **4:** 2 keer zoveel dunnen, **5:** 2 keer zo zwaar dunnen, **6:** omloop 120 jaar, **7:** levensduur produkten 2 keer zo lang

b

b) Gemiddelde voorraad koolstof in bodem, biomassa en produkten van verschillende boomsoorten op verschillende bodemsoorten (tussen haakjes de voorraad in het hele systeem). **8:** populier omloop 45 jaar (1 dunning), **9:** beuk, omloop 140 jaar (4x gedund), **10:** fijnspar, omloop 90 jaar (2x gedund), **11:** zomereik, omloop 120 jaar (4x gedund). *Let op, de bostypen 8 t/m 11 zijn geïnitieerd op het bodemtype waar zij van nature voorkomen, dit zijn dus andere bodems dan die onder bostype 1 t/m 7*

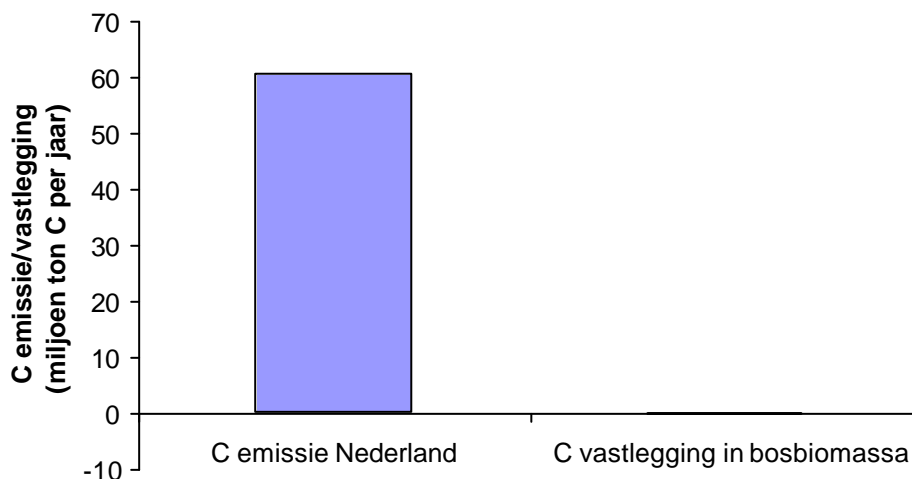
Figuur 2.13 geeft de effecten weer voor de totale koolstofopslag van de verschillende opties die in de tekst beschreven zijn, evenals de figuren voor enkele andere bostypen. Uit de verschillen tussen de eerste 7 voorbeelden is duidelijk dat het beheer door dunnen en eindkap invloed kan hebben op de totale koolstofvoorraad, maar dat deze verschillen relatief gering zijn. De verschillen tussen de boomsoorten zijn veel groter, zoals uit de laatste 4 voorbeelden blijkt. Deels hangen deze verschillen echter ook samen met de bodemsoort, voor iedere boomsoort is een bodem gekozen waarop deze normaal gesproken voorkomt. Beter groeiende soorten staan op rijkere bodems die ook rijker zijn aan koolstof, zodat het totaal voor bijvoorbeeld een beukenbos veel hoger uitkomt. De verschillen in biomassa zijn echter ook niet te verwaarlozen, zodat omvormen van grove dennenbos naar andere boomsoorten per saldo ook een bijdrage kan leveren. De huidige verschuiving in het Nederlandse bos van grove den naar meer eik en berk kan dus op termijn voordelig zijn voor de koolstofopslag in het bos. Figuur 2.14 geeft nog eens een vollediger vergelijking tussen wel of niet beheren van bos waarbij ook het emissie reductie effect van de houtproducten is meegenomen. Te zien is dat in het onbeheerde bos (figuur 2.14b) sneller een grotere biomassa in bomen en bodem wordt opgebouwd, maar dat daar door successie en natuurlijke sterfte de hoeveelheid koolstof ook weer afneemt. In het beheerde bos (figuur 2.14a) wordt door dunningen en eindkap de hoeveelheid koolstof in biomassa beperkt, maar op langere termijn levert het totaal effect een grotere hoeveelheid koolstof (vastgelegd dan wel voorkomen emissie) op.



*a* *b*  
 Figuur 2.14. Koolstof voorraden in beheerd (a) en onbeheerd (b) fijnspar bos. In het rechter bos neemt beuk na zo'n 100 jaar de dominantie over. Al het dood hout blijft hier achter in het bos. Links worden regelmatig houtproducten geproduceerd, waarvan het emissie reductie effect ook is weergegeven.

## 2.2 Bijdrage van het Nederlandse en Europese bos als totaal

Aan de hand van bosinventarisaties zoals de Vierde Bosstatistiek en de HOSP gegevens over oogst en bijgroei in het Nederlandse bos kunnen we voor Nederland een schatting maken van de totale hoeveelheid koolstof die opgeslagen ligt in de biomassa en hoeveel er jaarlijks bij komt. De totale biomassa in het Nederlandse bos bevat ongeveer 23 miljoen ton koolstof, terwijl er jaarlijks ruim 1 miljoen ton bijkomt door groei. Ongeveer 65% van deze bijgroei wordt geoogst, zodat de koolstofvoorraad in de biomassa jaarlijks met 0,35 miljoen ton toeneemt (Schelhaas en Nabuurs 2001). Dit is 0.5% van de huidige uitstoot in Nederland (figuur 2.15). De koolstofvoorraad in de Nederlandse bosbodem wordt geschat op 41 miljoen ton, terwijl de voorraad in houtproducten geschat wordt op 15 miljoen ton koolstof.

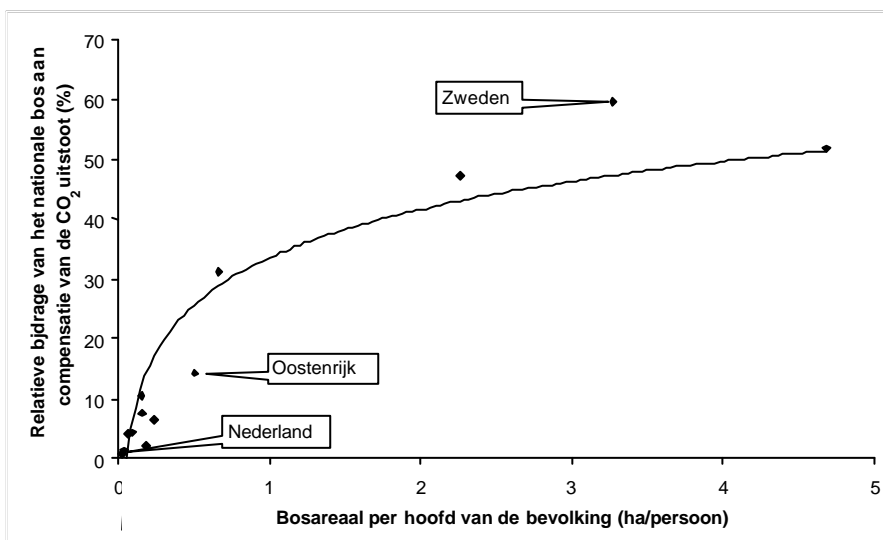


Figuur 2.15. Jaarlijkse C emissie in Nederland t.g.v. gebruik van fossiele brandstoffen en huidige vastlegging in de biomassa van het Nederlandse bos.

Hoe snel deze voorraden in houtproducten en bodem veranderen is niet bekend. Omdat een groot deel van het Nederlandse bos bestaat uit vrij recente heide- en stuifzandbebouwingen, neemt waarschijnlijk ook de hoeveelheid koolstof in de bodem toe. Ook de voorraad in de houtproducten neemt waarschijnlijk nog iets toe, doordat de bevolking nog steeds groeit, maar wel evenveel hout per hoofd van de bevolking gebruikt. Voor Nederland in totaal zit 29% van de koolstof in de biomassa, 52% in de bodem en 19% in de houtproducten. In vergelijking met de "model" hectare bos hebben de houtproducten een veel groter aandeel doordat Nederland netto een hout importeur is. De totale voorraad koolstof in bosbiomassa, bosbodem en houtproducten wordt daarmee geschat op 79 miljoen ton voor Nederland. Dit is niet veel als we het vergelijken met de totale uitstoot van Nederland van ongeveer 60 miljoen ton per jaar (Nabuurs et al. 1997). In bosrijke landen zoals Zweden, Finland en Canada liggen deze verhoudingen heel anders en kan bos een veel grotere rol spelen bij de bestrijding van het broeikasprobleem.

De hoeveelheid koolstof die in de biomassa van alle bossen in heel Europa opgeslagen ligt, wordt geschat op 8,4 miljard ton, met een jaarlijkse toename van ruim 250 miljoen ton vóór oogst en 111 miljoen ton koolstof ná oogst (UN-ECE/FAO 2000). De Europese bossen compenseren daarmee op dit moment zo'n 10% van de totale Europese uitstoot van CO<sub>2</sub>. Door deze opbouw van voorraad leveren die bossen een significante bijdrage van bijna 2 keer de EU15 doelstelling. Figuur 2.16 laat zien dat die bijdrage per land sterk verschilt: in Zweden dat ongeveer 3,5 ha bos per hoofd van de bevolking heeft, compenseert de bosbiomassa 60% van de nationale uitstoot. In Oostenrijk is dit 'slechts' 13%, en in Nederland dus 0.5%.

Door het ontbreken van betrouwbare statistieken kan op Europees niveau weinig gezegd worden over de voorraden en voorraadsveranderingen in de bosbodem en de houtproducten.



Figuur 2.16. Relatie tussen het bosareaal per hoofd van de bevolking voor 13 Europese landen en het percentage van de nationale uitstoot welke door het totale nationale bos wordt gecompenseerd (Nabuurs et al. 1997).

## **3 Klimaatbeleid**

### **3.1 Internationaal**

Klimaatverandering is een probleem op wereldsschaal. Wanneer Westerse landen CO<sub>2</sub> uitstoten, leidt dat (in principe) overal op aarde tot een gelijke mate van klimaatverandering. Omdat het ene land meer 'schuldig' is aan het veroorzaken van het klimaatprobleem dan het andere<sup>1</sup>, was een mondiale aanpak van het probleem noodzakelijk. Al het Nederlandse beleid is in principe een uitvloeisel van deze mondiale aanpak.

De mondiale aanpak kreeg zijn eerste concrete invulling met het 'Klimaatverdrag' dat in 1992 werd aangenomen (UNFCCC 1992). Daarin stond eigenlijk alleen maar een intentieverklaring dat landen zouden proberen '...het niveau van broeikasgassen in de atmosfeer niet tot gevaarlijke hoogte te laten stijgen...'. Concrete invulling aan die '...gevaarlijke hoogte...' werd gegeven in het 'Kyoto Protocol' (UNFCCC 1997). Daarin besloten de geïndustrialiseerde landen om hun uitstoot van CO<sub>2</sub> in de periode 2008 – 2012 met gemiddeld 5.2% omlaag te brengen ten opzichte van hun uitstoot in 1990. Voor Nederland werd een doelstelling van minus 6% onderhandeld. Om deze doelstelling te bereiken mochten de geïndustrialiseerde landen ook maatregelen in bos en andere ecosystemen opnemen (de sinks). Artikel 3.3, 3.4, 6 en 12 van het Kyoto Protocol zeggen hier iets over:

- 3.3. Afforestation, Reforestation, en Deforestation (ARD) sinds 1990
- 3.4. extra activiteiten in landbouw en bosbouw
- 6. projecten in overige geïndustrialiseerde landen (vaak Oost Europa), ook wel Joint Implementation (JI) genoemd
- 12. projecten in ontwikkelingslanden, ook wel Clean Development Mechanism (CDM) genoemd

De letterlijke tekst van deze artikelen is weergegeven in Box 3.1.

---

<sup>1</sup> De Verenigde Staten alleen is al verantwoordelijk voor een kwart van de uitstoot van CO<sub>2</sub>

### **Box 3.1. Relevante tekst uit het Kyoto Protocol**

Paragraph 3.3 ...direct human-induced land use change and forestry activities, limited to afforestation, reforestation, and deforestation (ARD) since 1990... measured as verifiable changes in stocks in each commitment period ...shall be used to meet the commitments

Paragraph 3.4 ... how and which additional human-induced activities ... by sources and removals by sinks in the agricultural soils and land-use change and forestry categories shall be added to or subtracted from the assigned amounts...'

Paragraph 6.1 ...any Party included in Annex I may transfer to, or acquire from, any other such Party emission reduction units resulting from projects aimed at reducing anthropogenic emissions by sources or enhancing anthropogenic removals by sinks. ...

Article 12. The purpose of the Clean Development Mechanism shall be to assist Parties not included in Annex I in achieving sustainable development. Parties included in Annex I may use the certified emissions reduction accruing from such project activities (from the year 2000 up to the beginning of the first commitment period) to contribute to compliance with part of their quantified emission limitation.

Door de grote onzekerheid rond de rol van bos in de wereld koolstofcyclus, de grote jaarlijkse dynamiek (zie figuur 2.12), de moeilijkheid van meten (Nilsson et al. 2001), en de zorg van milieubeschermingsorganisaties dat hiermee een ontsnappingsclausule was gemaakt, ontspon zich een enorme discussie rond deze vier artikelen van Kyoto. Uiteindelijk heeft dat geresulteerd in een gedetailleerde en concrete invulling van deze vier artikelen in Bonn in juli 2001 en in Marrakesh in november 2001.

De uitleg na Marrakesh ziet er nu (kortweg) als volgt uit:

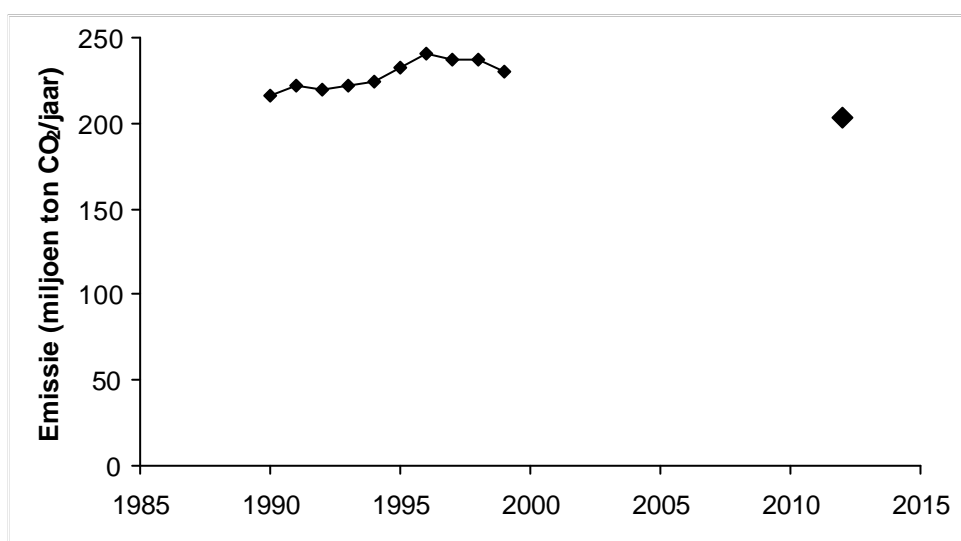
- elk land moet een definitie van bos aannemen, waarbij men kan kiezen uit een range van bijvoorbeeld bedekkingsgraad, minimale grootte e.d.;
- onder artikel 3.3 valt nieuwe bosaanleg sinds 1990 op gronden die ten minste 50 jaar geen bos zijn geweest (afforestation), en herbebossing op gronden die een kaalkap waren op 31 december 1989 (reforestation). Het gaat dan om de verandering in koolstof voorraad in bos en bodem tussen 2008 en 2012. Tevens moet ontbossing in de periode 2008-2012 gerapporteerd worden (de ARD activiteiten);
- het verlies van koolstof (op termijn) op deze gronden, kan nooit groter zijn dan wat eerder is vastgelegd;
- onder artikel 3.4 vallen revegetation, cropland management, grazing land management, en forest management (in bestaand bos). Landen kunnen kiezen of ze deze (door de mens geïnitieerde) activiteiten op gaan nemen;
- het netto effect van ARD kan nog wel eens een verlies van koolstof betekenen (zie bijvoorbeeld figuur 2.7). Huidig beheer (in onder andere bestaand bos) dat valt onder artikel 3.4. mag volledig worden gebruikt om dit te compenseren.

Daarboven heeft elk land een absoluut plafond gekregen tot waaraan men artikel 3.4. activiteiten mag opvoeren. Voor dit deel moeten de activiteiten echter wel nieuw uitgevoerde maatregelen zijn (in bestaand bos). Het autonoom ouder worden van het huidige bos in veel geïndustrialiseerde landen is dus uitgesloten;

- het absolute plafond van de sink welke men mag opvoeren onder artikel 3.4. is laag, maar is dé manier geweest om om te gaan met onzekerheden als het CO<sub>2</sub> bemestingseffect;
- onder artikel 6 (Joint Implementation) vallen de maatregelen van 3.3. en 3.4, maar dan uit te voeren in bijvoorbeeld Oost Europa. Artikel 6 valt wel onder hetzelfde absolute plafond als artikel 3.4;
- onder artikel 12 vallen alleen afforestation en reforestation projecten in ontwikkelingslanden. Het verminderen van ontbossing valt hier dus niet onder! Tevens geldt voor artikel 12 ook een absoluut plafond, namelijk: 1% van de totale emissies van het geïndustrialiseerde land.

## 3.2 Nationaal

Het Nederlandse klimaatbeleid is dus gestuurd door de doelstelling uit Kyoto, maar Nederland mag uiteraard ook de vier bovenstaande artikelen gebruiken voor het halen van de doelstelling.



Figuur 3.1. Trend in Nederlandse emissies sinds 1990 en de doelstelling voor 2012 (Olivier et al. 2001).

Het Nederlandse klimaatbeleid is er op gericht via een groot aantal maatregelen (onder andere energie efficiëntie) vooral de emissies te verlagen. Daarnaast zet Nederland ook sterk in op sinks in binnen- en buitenland, hoewel dit wel als aanvullend wordt beschouwd. Dit aanvullende karakter is ontstaan uit een combinatie van een puur politieke beslissing ('bij de bron aanpakken'), met (binnen Nederland) een praktisch gebrek aan land waar de sinkmaatregelen op uitgevoerd kunnen worden. Daarnaast zijn de sinks opties die het Kyoto Protocol biedt beperkt

door de praktische uitwerking die er aan is gegeven in Bonn in juli 2001 en in Marrakesh in November 2001.

### **Artikel 3.3**

Wat veel landen niet verwacht hadden, is dat het netto effect van afforestation, reforestation and deforestation heel vaak niet de verwachte sink opleverde. In geïndustrialiseerde landen vindt namelijk vaak enige ontbossing plaats. Misschien is er netto wel bosuitbreiding, maar voor het rapporteren moet de ontbossing apart vermeld worden, met het verlies van de totale voorraad aan koolstof op dat areaal. In nieuw aangelegd (compensatie)bos verloopt de opslag slechts langzaam, zodat dit netto als een uitstoot gerekend wordt. Ook voor Nederland betekent dit een netto uitstoot. In Marrakesh is afgesproken dat deze netto uitstoot volledig verrekend mag worden met eventuele koolstofvastlegging uit de vaak gaande opbouw van biomassa in het huidige bos (volgens artikel 3.4). Voor Nederland betekent dit dus dat vastlegging in bestaande bossen volgens Kyoto ook gewaardeerd mag worden, en dus eventueel ten gelde kan worden gemaakt.

Op het gebied van 'reforestation' heeft Nederland de regeling van de CO<sub>2</sub> certificaten bij bosaanleg in het leven geroepen. Bedrijven die CO<sub>2</sub> uitstoten en dit (nu nog vrijwillig) willen compenseren kunnen bij het Nationaal Groenfonds CO<sub>2</sub> certificaten kopen. Een CO<sub>2</sub> certificaat geeft de garantie dat een bepaalde hoeveelheid CO<sub>2</sub> binnen een bepaalde periode wordt vastgelegd in bossen. Het bedrijf dat CO<sub>2</sub> uitstoot, compenseert met de aankoop van CO<sub>2</sub> certificaten dus haar uitstoot. Het Nationaal Groenfonds moet er op haar beurt voor zorgen dat de door de bedrijven gekochte hoeveelheid CO<sub>2</sub> vastlegging ook daadwerkelijk wordt vastgelegd.

Op dit moment zijn bedrijven nog niet verplicht om hun CO<sub>2</sub> uitstoot te compenseren. Nederland als geheel heeft wel een CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling maar deze is nog niet 'verdeeld' over sectoren of individuele bedrijven. Bedrijven en instellingen die op dit moment hun CO<sub>2</sub> uitstoot compenseren doen dat geheel op vrijwillige basis (vaak een vorm van 'goodwill' kweken en 'image building').

#### **Koolstof: het enigste vermarktbaar niet-hout produkt**

Door de emissie reductie doelstelling die Nederland heeft en de introductie van de Regulerende Energie Belasting heeft koolstof ineens waarde gekregen. In geval van aardgas (0.525 kg C/m<sup>3</sup>) komt de REB neer op Euro 95,- per ton C. Aangezien elke kubieke meter hout ongeveer 0.2 ton C bevat, zou elke kubieke meter hout alleen vanwege het koolstofgehalte bijna Euro 19,- waard zijn. De netto bijgroei van het hele Nederlandse bos (ongeveer 1 miljoen kubieke meter), levert dus jaarlijks een extra waarde op van 19 miljoen Euro.



De Rijksoverheid bereikt met de CO<sub>2</sub> certificaten een tweeledig doel; enerzijds probeert zij op deze manier de doelstellingen die zij heeft met betrekking tot bosuitbreiding te realiseren, anderzijds draagt de bosaanleg bij aan de CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling die Nederland heeft. De overheid verwacht dat deze regeling zal leiden tot een extra bosaanleg in Nederland van 400 ha per jaar, wat ruwweg neerkomt op een bijdrage van 0.04% aan de emissie reductie doelstelling.

### **Artikel 3.4 & 6**

De extra activiteiten ('forest management', 'cropland management', 'grazing land management' en 'revegetation') in land- en bosbouw mogen volledig gebruikt worden voor zoverre artikel 3.3 leidt tot een netto uitstoot. Alle emissies uit artikel 3.3 mogen dus gecompenseerd worden door voorraadopbouw in het bestaande bos met een actief beheer. Daarboven heeft elk land een absoluut plafond gekregen tot waartoe artikel 3.4 en artikel 6 gebruikt mag worden. Voor Nederland is dit 0.01 miljoen ton C per jaar. Dit is een vrij kleine hoeveelheid waarin rekening is gehouden met veel onzekerheden over de oorzaken van de voorraadopbouw. Dit komt ongeveer neer op het mogen opvoeren van 40 000 m<sup>3</sup> (of 4%) van de huidige voorraadopbouw die gemiddeld 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor het Nederlandse bos bedraagt.

Op dit moment maakt het ministerie van LNV nog geen beleid met betrekking tot vastlegging van CO<sub>2</sub> in bestaande bossen. LNV concentreert zich in de eerste plaats op het soepel laten lopen van het systeem van verkoop van CO<sub>2</sub> certificaten en bosaanleg met gelden die daarbij vrij komen (m.m. de heer Rietema). Een tweede stap voor LNV is vervolgens beleid te gaan maken om beheerders die vanaf 1990 nieuw bos hebben aangeplant de mogelijkheid te bieden de CO<sub>2</sub> vastlegging in hun bossen alsnog te verzilveren. Een derde stap voor LNV is te gaan kijken hoe de regeling zodanig aangepast kan worden dat deze meer spoort met de verbetering van de landschappelijke kwaliteit van Nederland. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan creëren van mogelijkheden om in kleinere bossen, die de landschappelijk kwaliteit kunnen verhogen, de CO<sub>2</sub> vastleggingsfunctie te verzilveren.

Het is dus nog onduidelijk of Nederland deze vorm van het bereiken van de doelstelling ook gaat kiezen. Zo ja, dan zou de vastlegging van CO<sub>2</sub> in bestaande bossen kunnen via het waarderen van de netto voorraadverandering (in levende biomassa en bodem) in de tijdsperiode 2008-2012. De voorraadverandering zal dan ook aangetoond moeten worden (bijvoorbeeld uit data van het meetnet Functievervulling). Men gaat er dan van uit dat de voorraad opbouw nog wel enkele decennia door kan gaan. Misschien dat pas tegen 2050 de top van de gemiddelde voorraad in het Nederlandse bos bereikt gaat worden. Hoe daarna om te gaan met eventuele voorraaddaling, is op dit moment 'later zorg'.

### **Artikel 12**

Projecten in ontwikkelingslanden mogen gebruikt worden voor het halen van de eigen doelstelling tot een maximum van 1% van de eigen 1990 emissies. Voor Nederland is dit 0.59 miljoen ton C per jaar. Tezamen betekenen deze artikelen dat Nederland 1% van haar totale emissie mag compenseren met maatregelen in land- en bosbouw. Dat lijkt weinig, maar is wel 17% van de reductie doelstelling.

### **Projecten in het buitenland (Joint Implementation en Clean Development Mechanism)**

De wereld van koolstofvastlegging in projecten in Oost Europa en in de tropen neemt nu al een enorme hoge vlucht. Vooral veel consultants, certificeerders en investeerders pionieren op dit gebied. Zij houden de formele ontwikkelingen bij het Klimaatsecretariaat en de Wereldbank goed in de gaten, zodat ze tijdig kunnen inspringen op besluiten. Clearing houses bij onder andere Lloyds in Londen hebben alles in kannen en kruiken, en staan gereed om de koolstof van de wereldbossen op de markt te brengen. Handel in koolstof via het mondiale internet wordt nu al getest, waarbij vraag en aanbod bepalen in welk soort van project geïnvesteerd gaat worden. Ondertussen werkt het wetenschappelijk orgaan (IPCC) van de Klimaat Conventie aan het laatste rapport dat moet gaan dienen als een handboek voor het rapporteren van de vastgelegde koolstof. Het kan niet anders dan dat dit alles een grote invloed gaat hebben op beheer van bossen in de wereld. Schattingen van realistische arealen die straks onder het Clean Development Mechanism gaan vallen lopen sterk uiteen; van enkele tientallen miljoenen hectaren tot enkele honderden miljoenen (Nilsson en Schopfhauser 1993, Sathaye et al. 2001).

Ondanks deze hectiek en de vele projecten die nu al wereldwijd in gang zijn gezet, is toch enige gereserveerdheid op zijn plaats. De lange politieke onderhandelingen, en de restricties die zijn opgelegd aan koolstofvastlegging in bossen, hebben namelijk ook veel deelnemers ontmoedigd. Ook de Nederlandse regering is terughoudend in het investeren in projecten in het buitenland zolang niet helemaal duidelijk is wat de kosten/baten ratio is, wat de risico's zijn, en wat de neveneffecten voor biodiversiteit en leefbaarheid van het platteland zijn (Waterloo et al. 2000).

Sathaye et al. (2001) schatten dat in projecten in de tropen een totaal van 1 miljard ton C per jaar kan worden vastgelegd (of 20% van de mondiale uitstoot van CO<sub>2</sub>). Indien het investeren in bosprojecten in het buitenland een zeer hoge vlucht gaat nemen omdat het zo kostenefficiënt is (en vaak zelfs negatieve kosten kent), dan leidt dit op termijn tot extra productie van ruwe grondstof elders. Dit kan op lange termijn de houtprijs voor de Nederlandse boseigenaar verder onder druk zetten.

**FACE (Forests Absorbing Carbondioxide Emission)**

FACE is de organisatie die zorg draagt voor vastlegging van CO<sub>2</sub> in nieuwe bossen in binnen- en buitenland. Zij was al actief op dit gebied lang voordat ideeën van het Kyoto Protocol zelfs maar besproken werden. Deze organisatie is met name in Oost Europa en in de tropen actief. Zij wordt financieel gesteund door onder andere het Ministerie van Economische Zaken (in het kader van de nationale CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling die Nederland heeft), maar kan door haar voorsprong nu al gecrediteerde koolstof op de markt brengen. Omdat gronden voor bosaanleg goedkoper kunnen worden gekocht in het buitenland dan in Nederland, en omdat aanleg- en beheerkosten voor bos in het buitenland lager zijn dan in Nederland, is het vastleggen van een ton CO<sub>2</sub> in het buitenland veel goedkoper dan het vastleggen van een ton CO<sub>2</sub> in Nederland. Een belangrijke reden voor FACE om vooral in projecten in het buitenland te investeren.



## **4 CO<sub>2</sub> beleid in de praktijk: gevolgen voor de beheerder en zijn bos**

### **4.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op wat het CO<sub>2</sub>-beleid nu in de praktijk betekent: wat zijn de (financiële) kansen voor de beheerder, wat zijn de eisen die aan CO<sub>2</sub> bos gesteld worden en wat zijn de mogelijke gevolgen voor het bos en de functies die het vervult? Eerst wordt ingegaan op de enige concrete mogelijkheid die het Nederlandse beleid nu biedt, namelijk de aanleg van nieuwe bossen. Daarna wordt voorzichtig gespeculeerd over de mogelijkheden en gevolgen van CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaande bossen. Tenslotte wordt aandacht besteed aan de mogelijkheden van de productie van energiehout.

### **4.2 Concreet in werking: CO<sub>2</sub> certificaten bij bosaanleg / Vastlegging van CO<sub>2</sub> in nieuwe bossen.**

#### ***Inleiding***

Met ingang van mei 2001 is voor nieuwe bosaanleg een extra financieringsbron beschikbaar in de vorm van CO<sub>2</sub> certificaten. De intermediair die de certificaten verkoopt is het Nationaal Groenfonds. Het Nationaal Groenfonds financiert projecten voor natuur, bos en landschap, en geeft financieel advies over natuurprojecten. Als onderdeel van haar activiteiten regelt zij de verkoop van de CO<sub>2</sub> certificaten, in opdracht van de Nederlandse Overheid.

Het Nationaal Groenfonds sluit contracten af met bedrijven die nieuwe bossen aanleggen. Het bosbedrijf verplicht zich met het tekenen van dat contract tot het vastleggen van een bepaalde hoeveelheid CO<sub>2</sub> in een bepaalde periode. Het groenfonds betaalt degene die bos aanlegt 4600 tot 6800 euro per ha voor het vastleggen van CO<sub>2</sub> in dat bos. Het exacte bedrag dat betaald wordt hangt af van het (ingeschatte) vermogen van het nieuw aan te leggen bos om CO<sub>2</sub> vast te kunnen leggen. Van dit bedrag wordt de helft gefinancierd uit de verkoop van CO<sub>2</sub> certificaten en de andere helft uit een eenmalig startkapitaal dat in het Nationaal Groenfonds is gestort. Dit startkapitaal bestaat deels uit gelden die beschikbaar zijn gekomen in het kader van het CO<sub>2</sub> reductieplan van de Rijksoverheid en deels uit geld dat via de Regulerende Energie Belasting (REB) bij de burger is geïnd; totaal 9.1 miljoen Euro.

Het eenmalige bedrag dat ondernemers die bos willen aanleggen krijgen, is geen subsidie omdat er een verplichting tegenover staat om daadwerkelijk een bepaalde hoeveelheid CO<sub>2</sub> vast te leggen. Deze tonnen vast te leggen CO<sub>2</sub> kunnen daarmee dus ook niet meer aan een andere partij verkocht worden. Omdat het Nationaal Groenfonds een bedrag bijlegt (uit het bovengenoemde startkapitaal) bij iedere ton

CO<sub>2</sub> die wordt gekocht, kunnen derden hun uitstoot relatief 'goedkoop' compenseren. Tegelijkertijd kan het Nationaal Groenfonds degene die CO<sub>2</sub> in hun bossen willen vastleggen een aantrekkelijke prijs voor die vastlegging bieden.

### **Voorwaarden**

Het groenfonds stelt de volgende eisen aan het contract dat zij met degene die bos wil aanleggen aangaat:

- De bosaanleg moet voldoen aan de eisen die het Programma Beheer aan bosaanleg stelt
- Het bos moet 50 jaar in stand gehouden worden (het contract dat wordt aangegaan geldt voor 50 jaar)
- Er moet een gedetailleerd plan voor aanleg en beheer opgesteld worden (inclusief bodemkaart)
- Het Nationaal Groenfonds controleert of de beheerder het bos op de juiste manier (zoals vastgelegd in het beheersplan) beheert.

Het bedrag dat de boseigenaar ontvangt voor de vastlegging van de CO<sub>2</sub> is belastingvrij en een aanvulling op subsidies in het kader van het Programma Beheer. Het Nationaal Groenfonds blijft de CO<sub>2</sub> vastlegging monitoren. Wanneer uitgegaan wordt van een uiteindelijke vastlegging van 100 ton C per ha, komt de CO<sub>2</sub>-bijdrage neer op 57 Euro per ton C (zo'n 11 Euro per m<sup>3</sup> hout).

### **Relatie met Programma Beheer**

Bosaanleg met het oog op CO<sub>2</sub> vastlegging is economisch gezien alleen interessant indien ook subsidies middels het Programma Beheer kunnen worden verkregen. Algemeen wordt er vanuit gegaan dat de vergoedingen die het Programma Beheer biedt voor aanleg en beheer van nieuwe bossen (vergoeding voor de waardedaling van de grond bij functieverandering, vergoeding voor de inrichting van het gebied en de aanleg van bos, beheersvergoeding en vergoeding voor openstelling van het bos) voldoende zijn om agrarische grond om te zetten in bos. De CO<sub>2</sub> betaling is dus een extra vergoeding die een landeigenaar over de streep kan trekken. Zelfstandige Bestuurs Organen zoals Staatsbosbeheer komen niet voor deze vergoeding in aanmerking).

De vergoeding die kan worden verkregen voor de vastlegging van CO<sub>2</sub> komt boven op de vergoedingen die vanuit het Programma Beheer worden verstrekt, terwijl daar in de praktijk geen extra kosten (uitgaven) tegenover staan. Het Nationaal Groenfonds stelt immers geen extra eisen ten opzichte van het Programma Beheer aan het nieuw aan te leggen bos of aan de boseigenaar. De vergoeding staat in verhouding tot de schatting die is gemaakt van de hoeveelheid vast te leggen CO<sub>2</sub> en is dus niet een op een gekoppeld aan de doelpakketten van het Programma Beheer.

In hoofdstuk 2 (zie figuur 2.13) is gebleken dat het beheer van bos een relatief geringe invloed heeft op de uiteindelijke vastlegging van CO<sub>2</sub> in (nieuwe) bossen. De keuze van de boomsoorten die in het nieuw aan te leggen bos worden aangeplant heeft een grotere invloed op de mogelijkheden van het toekomstige bos om CO<sub>2</sub> vast

te leggen. Algemeen kan gesteld worden dat bossen op rijkere bodems meer CO<sub>2</sub> vastleggen dan bossen op armere bodems. Een grondeigenaar die bos gaat aanleggen is in de praktijk maar in zeer beperkte mate in staat invloed uit te oefenen op de bodemrijkdom. Algemeen kan gesteld worden dat hij/zij de bodem als uitgangspunt voor de soortenkeuze zal moeten nemen en van daaruit weinig invloed kan uitoefenen op het vermogen om CO<sub>2</sub> in deze bossen vast te leggen.

### ***Onzekerheden***

Op dit moment is het systeem waarin de (toekomstige) boscijenaar zich kan laten betalen voor het vastleggen van CO<sub>2</sub> operationeel. Er zijn echter nog wel een aantal onzekerheden voor personen die nieuw bos willen aanleggen:

- Allereerst is er nog onduidelijkheid of de vergoeding voor de waardedaling van de grond, die in het kader van de regeling Natuurbeheer wordt uitbetaald aan ondernemers die landbouwgrond omzetten in natuurgrond, door de Europese Unie wordt geaccepteerd. Er bestaat een kans dat de EU niet akkoord gaat met deze regeling omdat zij de vergoeding voor de waardedaling van de grond mogelijk als verkapte overheidssteun zien.
- Daarnaast is het onduidelijk of geld vanuit de regionale energiebelastingen wel naar toekomstige boscijenaars mag worden doorgesluisd. Ook hierover moet Brussel een uitspraak doen.
- Tenslotte is het nog niet duidelijk of de inkomsten die worden verkregen voor de vastlegging van CO<sub>2</sub> in nieuwe bossen voor de bosbeheerder vrij zijn van inkomstenbelasting (volgens de heer Rooze [Nationaal Groenfonds] zijn deze inkomsten wel belastingvrij indien de boscijenaar onder de bosbouwvrijstelling valt).

Naar verwachting zal het Groenfonds eind 2002 voor 400 ha nieuwe bosaanleg contracten hebben afgesloten met boscijenaars (m.m. de heer Rooze). De indruk bestaat dat vrijwel alle boscijenaars die nieuwe bossen aanleggen gebruik maken van de mogelijkheid hun CO<sub>2</sub> vastlegging te 'verkopen' aan het groenfonds.

### ***Relatie met andere bosfuncties***

De grondeigenaar wil met de aanleg van bos zijn/haar eigen doelen realiseren. Afhankelijk van deze doelen zal hij/zij een keuze maken voor één van de drie doelpakketten van het Programma Beheer. De boscijenaar dient bij de uitwerking van zijn doelen in het bosontwerp en het bosbeheer rekening te houden met de eisen die het Programma Beheer daaraan stelt. Omdat het groenfonds, naast de eisen die vanuit het Programma Beheer aan bosaanleg worden gesteld, geen extra eisen stelt aan bosaanleg of bosbeheer, hoeft ook de mate waarin het bos haar functies vervult (natuur, recreatie, houtproductie, eventueel andere) niet te verschillen van een bos waarin niet betaald wordt voor de vastlegging van CO<sub>2</sub>. De boscijenaar is daarmee vrij, binnen de grenzen die het Programma Beheer stelt, accenten op die functies van het bos te leggen die hij/zij belangrijk vindt.

Het Programma Beheer stelt als minimum oppervlakte eis om voor vergoeding voor bosaanleg (en de functieverandering van de grond) in aanmerking te komen, 5 hectare. De Rijksoverheid hanteert deze grens ook daar waar het gaat om vergoedingen voor de vastlegging van CO<sub>2</sub> in nieuwe bossen. Deze 5 hectare grens is naar het oordeel van het Bosschap hoog (m.m. de heer Nas). Deze hectaregrens maakt het onmogelijk 'kleinere' boselementen in het landschap te realiseren en daarmee accent te leggen op de landschappelijke functie van houtige opstanden.

### **4.3 Vastlegging van CO<sub>2</sub> in bestaande bossen**

De regeling van CO<sub>2</sub> certificaten is op dit moment (juli 2002) het enige concrete instrument dat geïnitieerd en in werking is als direct gevolg van het Kyoto Protocol. Hoewel de Kyoto afspraken wel openingen lijken te bieden voor het laten meetellen van het vastleggen van extra CO<sub>2</sub> in bestaande bossen, is er nog geen overheidsbeleid op dit gebied (zie ook paragraaf 3.2). De verzilvering van CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaande (oudere) bossen is daarmee voor de boseigenaar op de korte termijn nog geen optie. Wel kunnen we kijken welke invloed de huidige trends in bosbeheer hebben op de koolstof vastlegging, en wat de relaties zijn met andere functies van het bos. Tevens kunnen we speculeren over de gevolgen van de manier waarop koolstof vastlegging in bestaande bossen eventueel gewaardeerd zou gaan worden.

#### ***Huidige trends in het bosbeheer***

De Rijksoverheid heeft als doelstelling in een deel van de Nederlandse bossen niet meer in te grijpen (nota "Natuur voor Mensen, mensen voor natuur", LNV 2000). Door niet meer in te grijpen in de bossen zal de voorraad in die bossen (tijdelijk) toenemen. Een toename van de voorraad in het bos betekent tevens een toename van de CO<sub>2</sub> vastlegging in bodem en biomassa. De functies natuur en CO<sub>2</sub> vastlegging kunnen elkaar daarmee dus tijdelijk versterken. Het stimuleren van CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaande bossen betekent daarmee dus niet dat het huidige bos geheel gekapt dient te worden en vervangen door snelgroeiende soorten.

Binnen het Nederlandse bosbeheer is een successie gaande naar de ontwikkeling van een rijkere bosbodem. Deze rijkere bosbodem geeft de boseigenaar meer keuzemogelijkheden in de boomsoorten die hij/zij in het bos wil stimuleren. Modelberekeningen (zie ook paragraaf 2.1.6) geven aan dat boomsoorten van rijke gronden (o.a. eik en beuk) meer CO<sub>2</sub> kunnen vastleggen dan soorten van armere gronden (o.a. grove den). Met een veranderende boomsoortensamenstelling zal naar verwachting ook de CO<sub>2</sub> vastleggingscapaciteit van de huidige bossen in de toekomst toenemen.

Het huidige bosbeheer is erop gericht de natuur en recreatiefunctie in het bos meer aandacht te geven. Er wordt onder andere meer gebruik gemaakt van natuurlijke processen in het bosbeheer, bossen worden qua structuur rijker, er wordt minder geoogst dan er bijgroeit en er is meer aandacht voor inheemse boomsoorten. Naar verwachting zal het areaal grove den de komende jaren afnemen ten gunste van het areaal aan inheemse loofboomsoorten (eik en beuk). Het huidige bosbeheer werkt



daarmee ook in de richting van een grotere CO<sub>2</sub> vastleggingscapaciteit in de toekomst.

### ***Effecten van waarderingssysteem***

De eventuele financiële waardering van CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaande bossen kan op verschillende manieren ingevuld worden: via een waardering van de voorraad, of via waardering van de netto bijgroei<sup>2</sup>. Deze waarderingssystemen kunnen op verschillende wijze de functievervulling van de Nederlandse bossen beïnvloeden.

Indien gekozen gaat worden voor de waardering van de voorraad aan koolstof in de Nederlandse bossen, zou het kunnen dat bouseigenaren er naar streven de voorraad in hun bossen te verhogen. Mogelijk wordt in dat geval minder hout geoogst. Dat zal dan invloed hebben op de mate waarin Nederland afhankelijk wordt van andere landen, als het gaat over de import van hout. Een hogere voorraad in het bos zal invloed hebben op de natuurwaarde van het bos. In een 'dichter' bos zal ondergroei (kruiden, mossen en struiken) minder ruimte hebben. De boomsoortensamenstelling zal dan op termijn verschuiven naar een hoger aandeel schaduwboomsoorten. Zulke veranderingen in het bos hebben uiteraard ook invloed op de belevingswaarde van het Nederlandse bos.

Een waardering van de netto bijgroei van het Nederlandse bos kan tegengestelde effecten hebben op de functievervulling. In dat geval mag verwacht worden dat periodiek in het bos geoogst zal worden om de voorraad zodanig te houden dat een opstand maximaal kan bijgroeien. Dit heeft mogelijk een gemiddeld lagere voorraad in het Nederlandse bos tot gevolg, wat leidt tot een meer open bos, een rijkere ondergroei, meer kansen voor lichtboomsoorten en een hogere houtoogst. Ook dit heeft uiteraard weer invloed op de belevingswaarde van het bos.

#### **Box 3.2. Opbouw van staande voorraad**

Uitgaande van een gemiddelde bijgroei in het Nederlandse bos van 8 m<sup>3</sup> per ha per jaar wordt jaarlijks per ha 3.3 ton koolstof vastgelegd. Van de 8 m<sup>3</sup> bijgroei aan hout wordt gemiddeld 4.4 m<sup>3</sup> geoogst, waarvan we kunnen aannemen dat het overgrote deel daarvan dat zelfde jaar afbreekt. Dus de resterende opbouw in het bos bedraagt zo'n 3.6 m<sup>3</sup>. Uitgaande van een monetaire waarde van koolstof van 11 Euro per m<sup>3</sup> hout (zie § 3.3.1) zou de jaarlijkse bijgroei een waarde vertegenwoordigen van 39.6 Euro per ha.

---

<sup>2</sup> dit lijkt de meest logische optie gezien de internationale verdragen die spreken over 'changes in stocks'

## 4.4 Houtaanbod voor bio-energie

### ***Inleiding***

Een andere manier waarop het Kyoto Protocol een effect kan hebben op het Nederlandse bos, is via het creëren van een nieuwe afzetmarkt: hout voor de bio-energie markt. Hout heeft bij verbranding een emissie reducerende werking (zie paragraaf 2.1.5). De koolstof die vrijkomt bij verbranding is namelijk enkele decennia eerder vastgelegd door bosgroei. De cyclus is daardoor dus gesloten en netto is er geen extra koolstof aan de atmosfeer toegevoegd. Een manier voor Nederland om te voldoen aan de emissie reductie doelstelling is dus om het eigen hout te verbranden. Dit zal dan merkbaar zijn via verminderde import van bijvoorbeeld steenkool of aardolie. Grondstof voor bio-energie centrales kan op verschillende manieren verkregen worden: uit de teelt van biomassa op korte rotatie plantages en als oogst van biomassa uit bestaande bossen. Daarnaast bestaan er buiten het bos nog andere bronnen, maar daar gaan we hier verder niet op in. Omdat ook de productie van biomassa op energieplantages meer een landbouw dan een bosbouw activiteit is zal hier niet diep op in gegaan worden.

### ***Oogst van biomassa op plantages***

Een van de mogelijkheden voor bio-energie is de teelt van biomassa op energieplantages op voormalige landbouwgronden. Dit is naar het oordeel van de heer Rietema (LNV) in de nabije toekomst echter geen reële optie, omdat de grond waarop deze biomassa geproduceerd moet gaan worden op dit moment te duur is. Het product biomassa levert te weinig op om op landbouwgronden rendabel te kunnen produceren.

Staatsbosbeheer heeft momenteel 55 ha korte omloopbossen in productie (m.m. de heer Knol). Zij zijn met de productie van biomassa in korte omlopen begonnen om er ervaring mee op te doen. Van tevoren zijn afspraken met de afnemer gemaakt en is de afzet geregeld. Op dit moment is het echter nog een onrendabele bezigheid.

Met de eventuele productie van biomassa op plantages (in korte omlopen) worden geen maatschappelijke problemen verwacht (m.m. de heer Nas) omdat productie op (voormalige) landbouwgronden plaatsvindt. De teelt van biomassa wordt daarom niet vergeleken met de productie van hout in bestaande bossen, maar met de productie van een landbouwgewas op een landbouwgrond. Dergelijke gronden liggen veelal ook niet in een stedelijke, recreatief druk bezochte omgeving. Ook Staatsbosbeheer heeft tot op heden geen maatschappelijke weerstand ondervonden bij de oogst van biomassa in korte omlopen.

### ***Oogst van biomassa in bestaande bossen***

Een andere mogelijke bron van grondstof voor bio-energie is oogst van biomassa uit bestaand bos. Hierbij kan gedacht worden aan top- en takafval bij oogstwerkzaamheden, of als (neven)sortiment bij dunningen op lage leeftijd.

Een voor de hand liggende mogelijkheid is het verzamelen en verchippen van top- en takafval en de te kleine diameters bij reguliere dunningen. Indien de geboden prijzen

voor biomassa hoog genoeg zijn, zou dit kunnen betekenen dat vroege dunningen aantrekkelijker zouden kunnen worden. Echter het verzamelen en verwijderen van top- en takafval stuit op bezwaren, doordat veel dood hout wordt verwijderd en doordat behoorlijk veel nutriënten op deze wijze de opstand verlaten (Pelkonen et al. 2001).

Op dit moment wordt op ongeveer 30 jarige leeftijd voor het eerst in naaldhout bossen ingegrepen. Ingrijpen op deze leeftijd is gebaseerd op het feit dat 'in het algemeen' op deze leeftijd kostenneutraal of rendabel kan worden ingegrepen (dwz. de opbrengsten uit verkoop van hout zijn groter of gelijk aan de kosten voor de oogst van het hout). Tevens is dit ongeveer de leeftijd dat het bos er vanuit houtproductieoogpunt 'aan toe is'. Op ongeveer 30 jarige leeftijd hebben de individuele bomen in het bos in het algemeen een voldoende takvrij stamstuk om in de toekomst een goede houtkwaliteit te leveren. Eerder ingrijpen in naaldhoutopstanden is in het algemeen bosbouwkundig niet noodzakelijk. Het is daarom ook niet te verwachten dat boscijgenaren in de toekomst eerder zullen gaan ingrijpen in hun naaldhoutbossen om energiehout te oogsten. Eerder ingrijpen betekent in dit geval namelijk een intensivering van de bosbedrijfsvoering waar naar verwachting (afhankelijk van de geboden prijzen voor energiehout) weinig extra inkomsten tegenover staan. Een dergelijk eerder ingrijpen in 'jonge' bossen zal mogelijk ook grote gevolgen hebben voor de natuurwaarden (biodiversiteit) van deze bossen.

Staatsbosbeheer oogst biomassa in bestaande bossen en ziet daar ook voor de toekomst wel een (kleine) markt in (m.m. de heer Knol). Er wordt met name geoogst in jonge loofhoutbossen op rijkere gronden. Door vroeg in deze bossen in te grijpen (vanaf ongeveer 15 jaar na aanplant) kan de kwaliteit van de blijvende opstand worden verbeterd. Het sortiment dat uit deze jonge opstanden komt kon in het verleden niet of nauwelijks worden verkocht (soms werd het als brandhout verkocht). Staatsbosbeheer verwacht geen hoge opbrengsten te verkrijgen voor dit eerste dunningshout, maar richt zich met name op de kwaliteitsverbetering van de blijvende opstand die kostenneutraal kan worden uitgevoerd.

Daarnaast verkoopt Staatsbosbeheer naaldhout dat niet voor andere toepassingen kan worden gebruikt als biomassahout. Het betreft dan vaak opstanden die door schimmel of rot zijn aangetast en daardoor ongeschikt zijn geworden voor verkoop als papierhout. De afnemer van de biomassa stelt geen eisen aan de kwaliteit van het hout (de biomassa). Er worden alleen eisen gesteld met betrekking tot de chipgrootte en het vochtgehalte van de biomassa (m.m. de heer Knol).

Oogst van biomassa is alleen een optie als dit machinaal kan plaatsvinden. Machinale oogst stelt echter eisen aan de opstanden waarin geoogst gaat worden. In het verleden was machinaal oogsten vrijwel alleen mogelijk in monoculturen, maar oogstmachines worden steeds beter toegerust op oogst in gemengde bossen. Door de huidige trends naar meer gemengd, kleinschalig bos is het is echter nog maar de vraag of machinaal oogsten rendabel zal zijn.

Voor cultuurhistorische beheersvormen zoals hakhout en middenbos kan oogst van biomassa wel een optie zijn. Bij het beheer van dergelijk bossen komt hout vrij dat normaal gesproken moeilijk verkoopbaar is. Maatschappelijk gezien zal dit naar verwachting geen weerstand opleveren, omdat het cultuurhistorische en ecologische voordeel goed naar het publiek uit te leggen is. Naar verwachting zal het echter om kleinere oppervlakten gaan.

Voor de boseigenaar zou een extra afzetmarkt kunnen ontstaan, en in het gunstigste geval een prijsverbetering voor (eerder niet commercieel) dunningshout. Dit zou financieel uit kunnen voor de energie producenten, zolang ze gebruik kunnen maken van subsidies ter stimulering van bio-energie. De subsidies worden echter vooral verstrekt voor het opzetten van de energiecentrales, en niet voor het inkopen van grondstof. Grondstof kan namelijk nog altijd in voldoende mate en tegen lage prijzen worden verkregen in vormen als zaagverliezen of afvalhout, in Nederland geschat op respectievelijk 150.000 ton en 469.000 ton reëel beschikbaar per jaar (Sikkema 1997). Hoewel van takafval en hout van niet-commerciële diameters in principe 112.000 ton droge stof beschikbaar is, wordt deze vorm gezien als economisch niet beschikbaar. Redenen daarvoor zijn bijvoorbeeld dat de bronnen erg verspreid zijn en de transport afstanden groot. Daarnaast tonen energieproducenten, in samenwerking met de haven van Rotterdam, nu meer interesse voor het Russische bos als basis van grondstof voor bio-energie, dan voor het Nederlandse bos. Tot nu toe heeft de bio-energie markt dus niet geleid tot hogere prijzen voor hout op stam.

Pas wanneer de olieprijsen omhoog schieten, zal de vraag naar biomassa sterk kunnen toenemen, met in eerste instantie effecten op de prijs van zaagverliezen, dan op handelsstromen van hout, en dan pas op de binnenlandse prijs van tak- en topafval, en pas dan op de prijs van inlands rondhout. Het Nederlandse rondhout, resthout en oud hout zou in principe voor 2% in de totale energie behoefte kunnen voorzien. Echter de prijzen die tot nu toe geboden worden voor de ruwe grondstof zijn zeer laag, en zijn niet concurrerend met de prijzen die door de pulp en papierindustrie worden geboden. Pas wanneer energieproducenten zullen gaan kiezen voor top- en takafval en eventueel niet-commerciële diameters rondhout, zal dit een effect hebben op de overige functies van het Nederlandse bos. Zover is het echter nog lang niet.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Wereldbossen spelen een belangrijke rol in de mondiale koolstof cyclus. Ook het Europese bos speelt daarin een belangrijke rol. Deze laatste leggen door netto bijgroei 10% van de Europese uitstoot aan CO<sub>2</sub> vast. De rol van het Nederlandse bos is klein, met een huidige compensatie van de Nederlandse uitstoot van 0.5%.

Een typisch grove dennenbos in Nederland heeft over een lange termijn gemiddelde een koolstofvoorraad van 80 ton per ha in boombiomassa, 89 in de bodem en 9 ton in de houtproducten. Door beheeralternatieven kan dit met zo'n 6% verhoogd worden. Het overgaan op niet meer beheren kan tijdelijk (enkele decennia) de koolstofvoorraad verhogen in de boombiomassa tot 140 ton C per ha. Op langere termijn zullen sterfte en successie echter ook weer leiden tot afname van de C voorraad. Het overgaan op (beheerde) beuk (indien mogelijk vanuit de groeiplaats), kan de koolstofvoorraad in de boombiomassa met 50% verhogen.

De opbouw van een koolstofvoorraad in het bos gaat slechts langzaam. Lange periodes van relatief kleine voorraadtoenames worden afgewisseld met korte periodes van snelle afbraak door oogstactiviteiten. Maximale vastleggingssnelheden liggen in het Nederlandse bos rond de 3 ton C per ha, veel hoger dan in venen waar deze zo'n 0.01 tot 0.1 ton C per ha bedragen.

Overgaan op het niet meer beheren van bos in Nederland betekent dat het emissie reductie effect van houtproducten (deze vragen minder energie voor productie dan plastics en aluminium) van de Nederlandse bossen verloren gaat. Het benodigde hout moet elders geoogst worden, of de houtproducten worden uit de markt geprijsd. Houtproducten hebben echter een prima koolstof balans die goed benut zou kunnen worden door het beleid. Met het bevorderen van het gebruik van hout wordt ook het vastleggen van CO<sub>2</sub> in houtproducten bevorderd.

Koolstofvastlegging in bossen is prima te combineren met de huidige trends in het beheer richting een natuurgeoriënteerd beheer. CO<sub>2</sub> vastlegging betekent zeker niet dat het huidige bos gekapt moet worden en vervangen door snelgroeiende plantages. CO<sub>2</sub> vastlegging lijkt ook goed te combineren met aanwijzing van vernattings- en/of waterretentie-moerasbossen. Nader onderzoek hiernaar is gewenst.

Het Nederlandse beleid richt zich nu op verzilveren van de CO<sub>2</sub> functie van nieuw aan te leggen bos. CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaand bos wordt op dit moment nog niet tot concreet beleid uitgewerkt (terwijl het Kyoto protocol daar wel openingen voor biedt). Het verdient aanbeveling om het beleid met betrekking tot CO<sub>2</sub> vastlegging in bestaande bossen uit te werken; temeer omdat daar ook kansen liggen voor de bouseigenaar.

Het Nederlandse beleid volgt de internationale verdragen. Op dit moment heeft dit geleid tot het concreet verzilveren van de CO<sub>2</sub> vastleggingsfunctie in nieuw aan te leggen bos. Hiermee is CO<sub>2</sub> de enigste niet-hout functie van het bos welke te vermarkten is. De betaling voor CO<sub>2</sub> vastlegging in nieuw bos bedraagt 4600 tot 6800 Euro per ha. De functievervulling van nieuwe bossen waarin betaald wordt voor de vastlegging van CO<sub>2</sub> hoeft niet wezenlijk te verschillen van 'normale' bosaanleg omdat vrijwel geen extra eisen aan bosaanleg worden gesteld.

De vergoeding voor vastlegging van CO<sub>2</sub> in nieuwe bossen stuurt niet gericht op de locatie (de plaats waar het bos wordt aangelegd) van het bos. Een koppeling met locatie zou verdere invulling kunnen geven aan beleid gericht op het realiseren van bijvoorbeeld verbindingzones, groen-blauwe dooradering en de Ecologische Hoofdstructuur. De minimum grens van 5 ha om voor vergoedingen voor het Programma Beheer en voor vastlegging van CO<sub>2</sub> in aanmerking te komen heeft tot gevolg dat middels deze regeling niet kan worden bijgedragen aan een herstel en verhoging van de landschappelijke kwaliteit door aanleg van 'kleinere' bosjes.

Het gebruik van biomassa voor het opwekken van energie heeft weliswaar geen verlaging van de CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer tot gevolg, maar voorkomt een verdere stijging door het vermijden van het gebruik van fossiele brandstoffen. Het effect van vermeden gebruik van fossiele brandstoffen heeft een permanent karakter en treedt op na iedere omloop. Vanwege het permanente karakter is deze optie het meest effectief. Dit wil echter niet zeggen dat bos omgevormd moeten worden tot energieplantages.

De oogst van biomassa voor energie in bestaand bos lijkt in Nederland bij de huidige prijzen financieel gezien geen optie. In rijkere loofhoutbossen kan een, veelal kostenneutrale, vroege dunning wel worden uitgevoerd met het oog op een kwaliteitsverbetering van de blijvende opstand. In veel middelrijke of armere loofhoutbossen en naaldhoutbossen bossen kan een (bosbouwkundig noodzakelijke) eerste dunning echter pas worden uitgevoerd op het moment dat dat een sortiment oplevert dat op de huidige, niet bio-energie markt verkoopbaar is. De bio-energie markt is in dat geval alleen een substituut voor een al bestaande afzetmarkt, die voor de boseigenaar geen extra inkomsten oplevert. Verchippen van tak- en topafval en te kleine diameters zou een nevenopbrengst kunnen zijn bij dunningen, maar het verzamelen en verwijderen van tak en topafval is duur. Bovendien stuit het ook op bezwaren doordat veel dood hout wordt verwijderd en behoorlijk veel nutriënten op deze wijze de opstand verlaten.

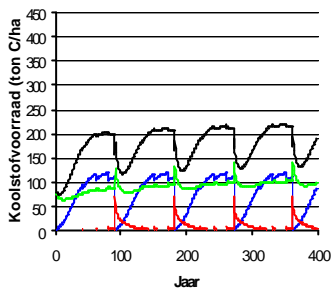
## Literatuur

- Aerts, R. (1989). Above-ground biomass and nutrient dynamics of *Calluna vulgaris* and *Molinia caerulea* in a dry heathland. *Oikos* 56: 31-38.
- Bolin, B. et al. (2000). Global perspective. In: Watson R.A., Verardo D. (eds) (2000) IPCC Special report on Land use, Land use change and Forestry. Cambridge University Press, Cambridge UK. P. 23-51.
- Burschel, P., Kuersten, E. et al. (1993). Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt. Eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Forstliche Forschungsberichte München. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen fakultät der Universität München und der Bayer. Forstlichen versuchs und Forschungsanstalt No 126.
- Hees, A.F.M. van, Clerkx, S. (1999). Dood hout in de bosreservaten. *De Levende Natuur*, 100(5):168-172.
- Hees, A.F.M. van (2001). Biomassa-ontwikkeling in niet meer beheerde bossen. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 73(5):2-5.
- Karjalainen, T. (1996). "Dynamics of the carbon flow through forest ecosystem and the potential of carbon sequestration in forests and wood products in Finland." Research Notes Faculty of Forestry, University of Joensuu, Finland Academic dissertation 31.
- Kemmers, R., Mekink, P. (2001). Humus een bron van rijkdom. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 73(5):17-22
- LNV, 2000. Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- Maltby, E., Immirzi, P. (1993). "Carbon Dynamics in Peatlands and Other Wetland Soils Regional and Global Perspectives." *Chemosphere* 27(6): 999-1023.
- Mohren, G. M. J., Goldewijk, C. G. M. K. (1990). "CO<sub>2</sub>FIX: A dynamic model of the CO<sub>2</sub>-fixation in forest stands." "De Dorschkamp", Research Institute for Forestry and Urban Ecology. Report no 624(35).
- Nabuurs, G. J., Mohren, G. M. J. (1993). "Carbon in Dutch forest Ecosystems." *Netherlands Journal of Agricultural Science* 41(4): 309-326.
- Nabuurs, G. J., Paivinen, R., et al. (1997). "The role of European forests in the global Carbon cycle - a review." *Biomass and Bioenergy* 13(6): 345-358.
- Nabuurs, G., Garza-Caligaris, J.F., Kanninen, M., Karjalainen, T., Lapvetelainen, T., Liski, J., Masera, O., Mohren, G.M.J. Olguin, M., Pussinen, A., Schelhaas, M.J. (2002). CO<sub>2</sub>FIX V 2.0: manual of a model for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems and wood products. Wageningen, ALTErrA rapport 445. 45 p.
- Nilsson, S., Schopfhauser, W. (1993). "The carbon sequestration potential of a global afforestation program." *Climatic Change* 30: 267-293.
- Nilsson, S., Bull, G., et al. (2001). Muddy Greenhouse Gas Accounting Requires Independent Third Party Certification. Laxenburg, IIASA: Interim report IR-01-055. 16 p

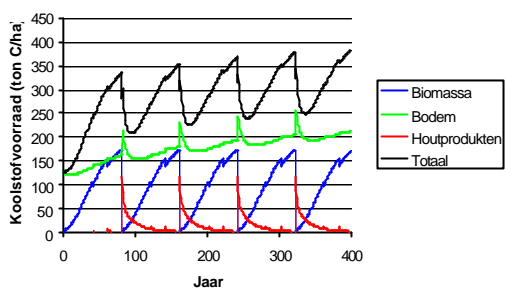
- Olivier, J.G.J., Thomas, R.B., et al. (2001). Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-1999, national inventory report 2001. Bilthoven, RIVM report 773201-005: 106 p.
- Pelkonen, P., Hakkila, P., et al. (2001). Woody biomass as an energy source - challenges in Europe. Joensuu, European Forest Institute: 171.
- Richter, K. (1998). Life cycle assessment of wood products. Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry. G. H. Kohlmaier, M. Weber and H. R.H. Heidelberg, Springer Verlag: 219-248.
- Sathaye, J., Makundi, W., et al. (2001). "Forestry Mitigation Potential and Costs in Developing Countries: Preface." Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 6: 1-13.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J. (2001). Spatial distribution of regional whole tree carbon stocks and fluxes of forests in Europe. Wageningen, ALTErrA report 300.
- Sikkema, R. (1997). Stroom uit de boom - Europa. Utrecht, NOVEM - EWAB Programma: rapport 9707. 38 p.
- UN-ECE/FAO (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. UN-ECE/FAO Temperate and Boreal Forest Resource Assessment 2000, Vol I. Geneva Timber and Forest Study Papers 17. United Nations Economic Commission for Europe, Food and Agriculture Organization, Geneva, Rome, 445 p.
- UNFCCC (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change
- UNFCCC (1997). The Kyoto Protocol to the Convention on Climate Change.
- Waterloo, M. J., Kabat, P., et al. (2000). Potenties voor CO<sub>2</sub>-sinkactiviteiten en -emissiereducties via internationale bebosning- of bosbeschermingsmaatregelen. Alterra rapport 100. 44 p.



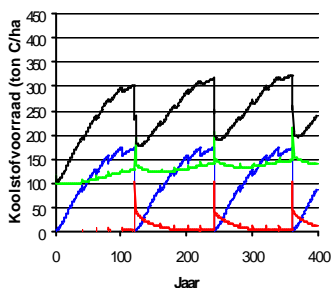
## Aanhangsel 1 Koolstofprofielen van de alternatieve beheervormen



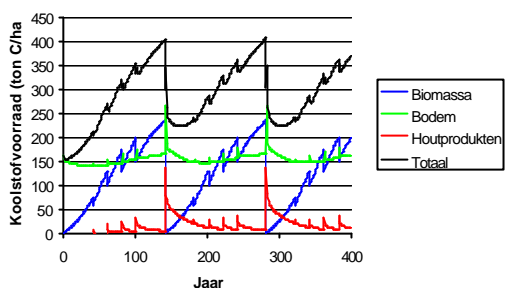
*grove den*



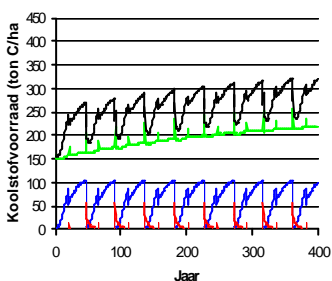
*fijnspar*



*zomereik*

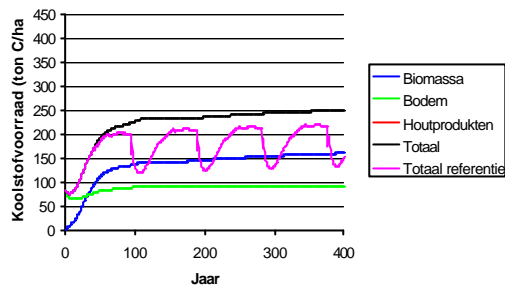


*beuk*

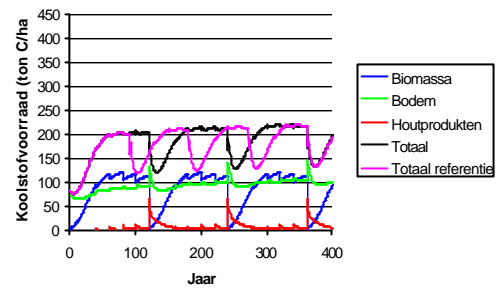


*populier*

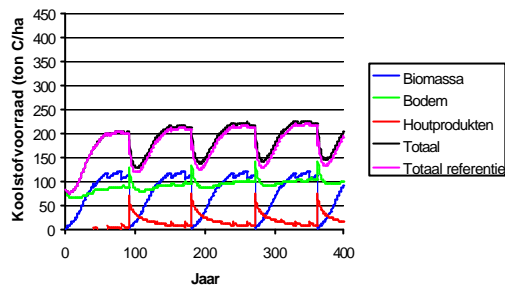
Ontwikkeling van de voorraad koolstof in opstanden van verschillende Nederlandse boomsoorten: Grove den, groeiklasse 6, rotatie 90 jaar; fijnspar, groeiklasse 10, rotatie 90 jaar; zomereik, groeiklasse 5, rotatie 120 jaar; beuk, groeiklasse 6, rotatie 120 jaar; populier, boniteit V met dunning rotatie 45 jaar. *Let op, deze boomsoorten staan op de bodems waarop zij van nature voorkomen, dit verklaart voor een deel de verschillen in koolstofopslag in de bodem.*



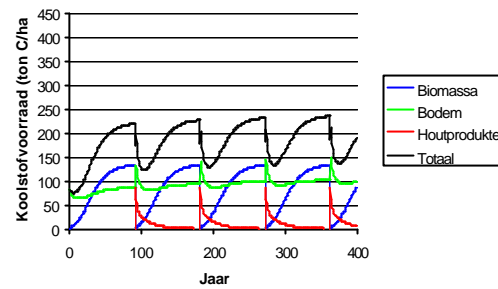
*onbeheerd*



*omloop 120 jaar*



*verdubbelde levensduur producten*



*zonder dunning*

*Ontwikkeling van de voorraad koolstof in een opstand van grove den onder verschillende beheersopties, vergeleken met de situatie van grove den in figuur 2.2. Respectievelijk onbeheerd versus beheerd, omloop verlenging van 90 naar 120 jaar, een verdubbelde levensduur van houtproducten en het achterwege laten van dunningen.*