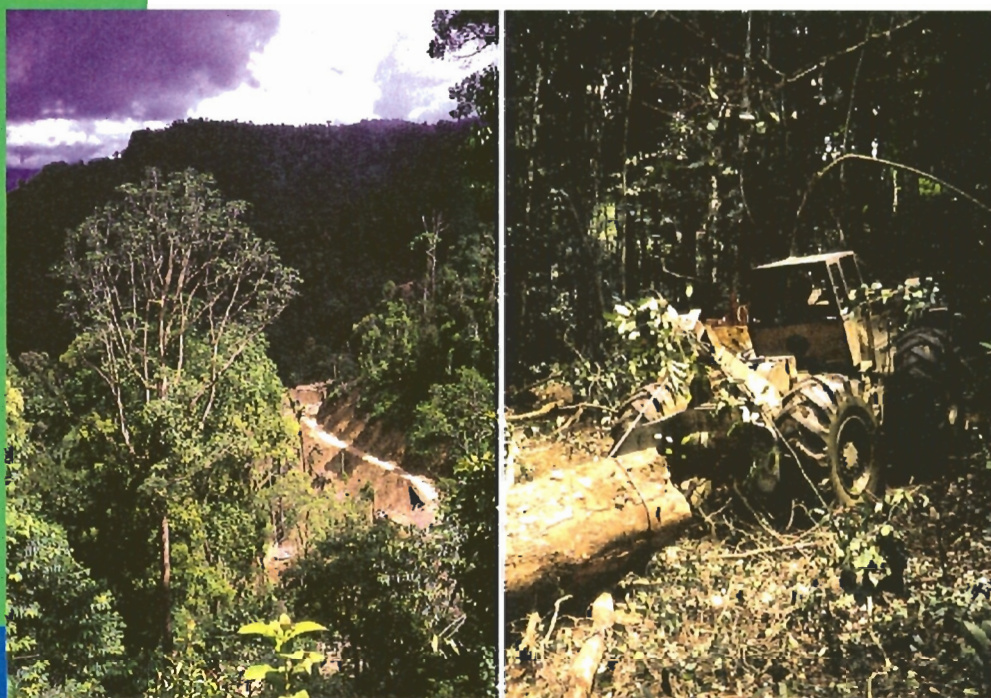


Potenties voor CO₂-sinkactiviteiten en -emissiereducties via internationale bebossing- of bosbeschermingsmaatregelen

M.J. Waterloo, P. Kabat, G.J. Nabuurs (*Alterra*)

R.N. de Graaf (*Wageningen Universiteit*)



Alterra-rapport 100, ISSN 1566-7197

Potenties voor CO₂-sinkactiviteiten en –emissiereducties via internationale
bebossings- of bosbeschermingsmaatregelen

Potenties voor CO₂-sinkactiviteiten en –emissiereducties via internationale bebossings- of bosbeschermingsmaatregelen

M.J. Waterloo (Alterra)
P. Kabat (Alterra)
G.J. Nabuurs (Alterra)
R.N. de Graaf (WUR)

REFERAAT

M.J. Waterloo, P. Kabat, G.J. Nabuurs en R.N. de Graaf, 2000. *Potenties voor (terrestrische) CO₂ sinkactiviteiten en emissiereducties via inter-nationale (her)bebossings- of bosbeschermingsmaatregelen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 100. 48 blz., 3 fig.; 13 tab.; 15 ref., 1 aanh.

In dit rapport wordt gekeken naar de potentiële mogelijkheden om in verschillende landengroepen CO₂ vast te leggen door middel van bosbeschermingsmaatregelen, beheersmaatregelen en (her)bebossings-projecten binnen de flexibele mechanismen in het Kyoto Protocol (i.e. Joint Implementation en Clean Development Mechanism). Tevens worden de financiële aspecten en de onzekerheden in de aannames van de verschillende maatregelen ter reductie van CO₂ emissies besproken. Ontbossingsmaatregelen zijn het meest effectief in Brazilië, Bolivia en Peru. Voor de periode 2008-2012 is berekend dat door jaarlijks 560 000 ha te beschermen, 360 Mton CO₂ vastgelegd kan worden. De mogelijkheden om binnen Annex 1 landen via Joint Implementation projecten door verminderde ontbossing CO₂ emissies te reduceren zijn beperkt (geschat op 200 Mton over 50 jaar). (Her)bebossing van het geschatte beschikbare areaal in Annex 1 landen zou over een periode van 50 jaar een sink kunnen opleveren van 2 Gton CO₂ onder Joint Implementation projecten. De geschatte kosten zijn echter aanmerkelijk hoger dan die voor een sink van vergelijkbare grootte in non-Annex 1 landen onder het CDM.

Trefwoorden: ARD activiteiten, Clean Development Mechanism, herbebossing, Joint Implementation, koolstof sinks, Kyoto Protocol, kosteneffectiviteit, ontbossing.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 30,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 100. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 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

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd 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.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Mogelijke scenarios voor het gebruik van bossen als CO ₂ sinks, of ter reductie van CO ₂ emissies, onder JI en CDM.	13
2.1 Bescherming van natuurlijke bossen als CO ₂ sink en ter voorkoming van CO ₂ emissies door ontbossing	13
2.2 Behoud van CO ₂ sink en reductie in CO ₂ emissies door het actief beheren van natuurlijke bossen ter voorkoming van ontbossing	14
2.3 Vastlegging van CO ₂ via het beheer van secundaire hergroei na kaalslag	14
2.4 Vastlegging van CO ₂ door middel van (her)bebossing	15
2.5 Vastlegging van CO ₂ in agro-forestry projecten	15
3 Methoden en data bronnen	17
3.1 CO ₂ sink en emissie berekeningen	17
3.2 Aannames voor de berekening van CO ₂ vastlegging en de kostenaspecten voor Annex 1, niet Annex 1 landengroepen en mondiaal	18
3.3 Aannames voor de berekening van CO ₂ vastlegging en kostenaspecten in OS landen	19
4 Resultaten	23
4.1 Potentiële reducties in emissies via maatregelen ter reductie van ontbossingssnelheden en bosconservering mondiaal, in Annex 1 landen, en in non-Annex 1 landen	23
4.2 Potentie voor CO ₂ vastlegging door (her)bebossing mondiaal, in Annex 1 landen, en in non-Annex 1 landen.	25
4.3 Potentie van CO ₂ vastlegging in landen op de OS 17+3 lijst, de milieulijst lijst en in landen met een duurzaam ontwikkelingsverdrag.	27
4.3.1 Potentiële CO ₂ vastlegging door conservering en vermindering van ontbossing in OS landen.	28
4.3.2 Potentiële CO ₂ vastlegging door herbebossingsprogrammas in OS landen	30
5 Onzekerheden	35
5.1 Onzekerheden in de CO ₂ vastlegging ten gevolge van onzekerheden met betrekking tot schattingen van het areaal 'Kyoto' bossen en het landoppervlak geschikt voor duurzame (her)bebossing projecten mondiaal	35
5.2 Onzekerheden in de kostenaspecten rond de vastlegging van CO ₂ in bossen	37
6 Conclusies en aanbevelingen	39
Referenties	43
Aanhangsel 1	45

Samenvatting

In dit rapport wordt gekeken naar de potentiële mogelijkheden om in verschillende landengroepen CO₂ vast te leggen door middel van bosbeschermingsmaatregelen, beheersmaatregelen en (her)bebossingsprojecten binnen de flexibele mechanismen in het Kyoto Protocol (i.e. Joint Implementation en Clean Development Mechanism). Tevens worden de financiële aspecten en de onzekerheden in de aannames van de verschillende maatregelen ter reductie van CO₂ emissies besproken.

De landen op de OS lijsten die voor ontbossingsmaatregelen het meest in aanmerking komen, zijn de Latijns Amerikaanse landen, en met name Brazilië, Bolivia en Peru. Voor de periode 2008-2012 is berekend dat door jaarlijks 560 000 ha te beschermen, 360 Mton CO₂ vastgelegd kan worden. Om de gewenste reductie van 25 Mton CO₂ per jaar te bereiken zouden door Nederlandse maatregelen in de OS landen derhalve 195 000 ha bos per jaar beschermd moeten worden tegen geschatte kosten van Dfl 100 miljoen (kosteneffectiviteit Dfl 1,25 per ton CO₂).

De mogelijkheden om binnen Annex 1 landen via Joint Implementation projecten door verminderde ontbossing CO₂ emissies te reduceren zijn beperkt (geschat op 200 Mton over 50 jaar), mede door de lage ontbossingssnelheid en de relatief lage biomassa van de bossen in deze landen. Tevens zijn de kosten hoger ten opzichte van die voor de landen op de lijsten van Nederlandse ontwikkelingssamenwerking (OS lijsten), waar over dezelfde periode 105 Gton zou kunnen worden vastgelegd (Dfl 1,28 versus Dfl 0,25 per ton CO₂).

(Her)bebossing van het geschatte beschikbare areaal in Annex 1 landen zou over een periode van 50 jaar een sink kunnen opleveren van 2 Gton CO₂ onder Joint Implementation projecten. De geschatte kosten (Dfl 7,25 per ton CO₂) zijn echter aanmerkelijk hoger dan die voor een sink van vergelijkbare grootte in non-Annex 1 landen (Dfl 2,13 per ton CO₂) of in OS landen (Dfl 1,04 per ton CO₂), indien mogelijk binnen het Clean Development Mechanism. De geschatte potentiële vastlegging van CO₂ in landen op de OS lijsten bedraagt 33 Gton over de periode 2000 - 2050. Het potentiële voor CO₂ fixatie via herbebossing in de OS landen is het grootst in de landen met het grootste beschikbare areaal (i.e. China, Brazilië en India). Door de relatief lage bevolkingsdruk in Brazilië zullen (her)bebossingsprojecten in dit land wellicht eerder slagen dan in de andere genoemde landen. Via (her)bebossingsprojecten in de landen op de OS lijsten zou er potentiële 8.3 Gton CO₂ vastgelegd kunnen worden tussen 2008 en 2012 door 52 Mha aan te planten in 2000. Om de gewenste Nederlandse reductie van 25 Mton per jaar te halen zou Nederland ongeveer 776 000 ha bos moeten planten in de OS landen in 2000. De geschatte kosten van deze operatie zijn Dfl 514 miljoen (kosteneffectiviteit Dfl 4,11 per ton CO₂).

1 Inleiding

Volgens afspraken die binnen de Europese Unie gemaakt zijn ten aanzien van de uitvoering van het Kyoto Protocol moet Nederland de CO₂ emissies met 50 Mton per jaar reduceren. De te nemen nationale maatregelen voor een reductie van de Nederlandse CO₂ emissies met 25 Mton per jaar zijn reeds aangegeven in de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid deel I. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid deel 2 (UKII) zal worden aangegeven wat de potenties zijn van de verschillende flexibele mechanismen binnen het Kyoto Protocol voor het behalen van een verdere reductie ter grootte van 25 Mton per jaar in samenwerking met het buitenland.

In het Kyoto Protocol worden koolstof sinks expliciet genoemd in de context van 'Joint Implementation (JI)'. De mogelijkheid van de toepassing van sinks binnen het 'Clean Development Mechanism (CDM)' blijft echter nog onduidelijk totdat tijdens COP6 van het UNFCCC-verdrag besluiten hierover zullen worden genomen.

Voor de toepassing van terrestrische sinks voor CO₂ vastlegging (i.e. in de vorm van bos- en ander landgebruik) als onderdeel van de *flexibele mechanismen* ontbreekt het aan inzicht in de hoeveelheid CO₂ die Nederland via projecten in het buitenland zou kunnen vastleggen. Tevens is het onduidelijk wat de kosten van deze CO₂ fixatie zullen zijn, en wat de kosteneffectiviteit ervan is. Voor de inzet van LNV in UKII, en voor onderhandelingen in COP6, is deze kennis van groot belang. Voordat nadere specificatie en invulling van de UKII plaats vindt, en ter onderbouwing van de hierop volgende besluitvorming, zou informatie over de mogelijkheden van CO₂ fixatie in internationale projecten verzameld worden en beschikbaar moeten zijn. Het doel van deze rapportage is derhalve:

1. Een eerste inzicht te verschaffen in de potentiële bijdrage van terrestrische sinks onder JI en CDM ten behoeve van de Nederlandse doelstelling van het klimaatbeleid.
2. Inzicht te verschaffen in de kosten en de kosteneffectiviteit van aan JI en CDM gerelateerde terrestrische sink activiteiten.

Om dit inzicht te verkrijgen is deze studie gericht op het beantwoorden van de volgende onderzoeksvragen:

A. Wat is de potentiële bijdrage van sinks onder JI en CDM aan de Nederlandse doelstelling van het klimaatbeleid

- Wat is de potentie van CO₂ vastlegging *mondiaal*; onderverdeeld naar de mogelijkheden van bestaande bossen (behoud van sink snelheid), bebossing (*afforestation*) en herbebossing (*reforestation*)
- Wat is de potentie voor CO₂ fixatie in de landen op de (OS) *lijst 17+3*: Bangladesh, Bolivia, Burkina Faso, Eritrea, Ethiopië, Ghana, India, Jemen, Macedonië, Mali, Mozambique, Nicaragua, Sri Lanka, Tanzania, Uganda, Vietnam, Zambia + Egypte, Zuid Afrika en de Palestijnse gebieden

- Wat is de potentie voor CO₂ fixatie in de landen op de (OS) milieulijst: Benin, Brazilië, China, Colombia, Ecuador, Filippijnen, Guatemala, Kaapverdië, Mongolië, Nepal, Peru, Senegal
- Wat is de potentie voor CO₂ fixatie in landen met een duurzaam ontwikkelingsverdrag: Benin, Costa Rica, Bhutan en Suriname
- Wat zijn de onzekerheidsmarges in de schattingen gepubliceerd in dit rapport; onderverdeeld naar (i) onzekerheden m.b.t. de schatting areaal 'Kyoto' bossen en het landoppervlak geschikt voor duurzame (her)bebossing projecten mondiaal, (ii) onzekerheden m.b.t. de schatting areaal 'Kyoto' bos en het landoppervlak geschikt voor duurzame (her)bebossing projecten per land, (iii) onzekerheden m.b.t. de berekeningen van de koolstofvastlegging in bossen en bosbodems (kennis processen)

B. Wat zijn de kostenaspecten van het gebruik van sinks in JI en CDM

- Wat zijn de uitgangspunten en onzekerheden in de schattingen van kosten (effectiviteit) van aan de bossen gerelateerde sinks projecten onder JI en CDM ?
- Wat zijn de (gemiddelde / representatieve) kosten en verwachte kosten-effectiviteit voor vastlegging van CO₂ mondiaal
- Wat zijn de kosten en de verwachte kosteneffectiviteit voor vastlegging van CO₂, gedifferentieerd naar de (groepen van) landen op de OS-lijst
- Wat zijn de onzekerheidsmarges in de schattingen van de kosten(effectiviteit)

C. Wat zijn de te stellen randvoorwaarden voor toepassing van sinks in JI en CDM volgens het IPCC Special Report

D. Wat is de duurzaamheid van terrestrische sinks in relatie tot klimaat- en milieufactoren?

De tijdschaal en dynamiek van CO₂ vastlegging in bossen is van groot belang voor de mogelijkheid om door gebruik van sink opties de Nederlandse doelstelling voor de reductie van de emissies in verband met de Kyoto afspraken te behalen. Afhankelijk van beschikbaarheid van de benodigde gegevens wordt de potentie van CO₂ vastlegging binnen JI en CDM in deze studie voor volgende 'budget' periodes geschat:

- 2000-2050
- 2000-2100
- 2008-2012 (first commitment period Kyoto).

Deze studie beperkt zich tot fixatie van CO₂ in bossen (bovengronds en ondergronds) vanwege de grote onzekerheden die nog bestaan over de toepassing van sinks binnen andere landgebruiksvormen.

Op verzoek van LNV werd dit rapport in een later stadium uitgebreid om naast de potenties binnen OS landen, ook binnen Annex 1 en non-Annex 1 landen aan te geven wat de potentie voor CO₂ vastlegging is, en tevens wat de kostenaspecten hiervan zijn.

Daar dit rapport op korte termijn tot stand moest komen, is er weinig tijd geweest om voldoende gegevens te verzamelen en de uitkomst van de berekeningen te controleren. De getallen in dit rapport, en vooral die over de financiële aspecten, dienen daarom als indicatief aangemerkt te worden en kunnen grote foutenmarges bevatten. Meer betrouwbare indicaties kunnen alleen gegeven worden na het verzamelen van data uit verschillende representatieve landen. Daar deze data in de meeste getallen niet direct voorhanden zijn, zal een studie hiernaar waarschijnlijk veel tijd kosten.

Dr. K. van Dijk, Dr. G van Tol en H. Savenije van het IKC-N, Wageningen, hebben geadviseerd bij de uitvoering van de studie en de samenstelling van dit rapport.

2 Mogelijke scenarios voor het gebruik van bossen als CO₂ sinks, of ter reductie van CO₂ emissies, onder JI en CDM.

Bij het gebruik van bossen ten behoeve van het behalen van een netto reductie in de CO₂ uitstoot moeten twee opties onderscheiden worden, namelijk:

1. Het gebruik van bestaand, of aan te planten bos, als **CO₂ sink door opslag van CO₂ uit de atmosfeer** in de biomassa, strooisellaag en bodem
2. Het beschermen van bestaand bos tegen ontbossing, waarbij de emissie van CO₂ uit de voorraad (biomassa, strooisellaag en bodem) die gepaard zou gaan met de ontbossing voorkomen wordt. Hiermee wordt dus een **reductie van de CO₂ emissie naar de atmosfeer bereikt**.

Met deze opties kunnen vijf scenarios onderscheiden worden, waarin bossen een rol kunnen spelen in de fixatie van CO₂. Van al deze scenarios is het echter onduidelijk of toegepassing binnen het CDM mogelijk zal zijn. Een beschrijving van de scenarios volgt hieronder.

2.1 Bescherming van natuurlijke bossen als CO₂ sink en ter voorkoming van CO₂ emissies door ontbossing

De eerste potentiële vorm van CO₂ vastlegging in bosgebieden is die van CO₂ opname door volwassen natuurlijke bossen (i.e. primaire en oud-secundaire bossen), die thans niet onder enig actief beheer vallen. Recente metingen aan, met name, tropisch regenwoud hebben aangetoond dat deze bossen een sink vormen ter grootte van 2.6 ton CO₂ per ha per jaar (Phillips et al., 1998). De oorzaak van deze extra CO₂ opname is nog niet bekend, maar zou een reactie kunnen zijn op de stijgende CO₂ concentraties in de atmosfeer (CO₂ fertilisatie). Actief beheer van deze bossen in de vorm van bescherming tegen verstoringen (e.g. bosbrand) zou derhalve een duurzame CO₂ sink op kunnen leveren. Indien de beschermingsmaatregelen van deze natuurlijke bossen tevens leiden tot een daling in de ontbossingssnelheid (en bijbehorende CO₂ emissie) van het betreffende land, kunnen veel hogere CO₂ emissie reducties bereikt worden. De extra reductie bestaat dan uit de voorraad koolstof in de biomassa, strooisellaag en een gedeelte van de voorraad in de bodem (tot 50% van het totaal) die bij ontbossing van het gebied vrij zou komen als CO₂. Aannemende dat de voorraad C in de biomassa 35% van het totaal is en dat 30% van de bodem C verloren zou gaan bij ontbossing, kan een CO₂ emissie reductie van 218 ton per ha bereikt worden door verminderde ontbossing over de totale duur van de beschermingsperiode.

Deze vorm van CO₂ vastlegging is zeer efficiënt en heeft als bijkomend voordeel gunstige kostenaspecten, natuur en milieuaspecten (behoud van biodiversiteit, watervoorziening, etc.).

2.2 Behoud van CO₂ sink en reductie in CO₂ emissies door het actief beheren van natuurlijke bossen ter voorkoming van ontbossing

De tweede vorm van mogelijke CO₂ emissie reductie via bosbeheersmaatregelen bestaat uit het actief beheren van natuurlijk bos, dat door kaalkap bedreigd wordt, voor duurzame productie (hout, non-timber forest products, eco-toerisme) waardoor de ontbossingsnelheid in het betreffende land afneemt. Hoewel de opslag van CO₂ in een productiebos gemiddeld 10-40% lager is dan die in het natuurlijk bos, levert dit beheer een winst in CO₂ voorraad op t.o.v. kaalkap en conversie naar landbouwgrond.

Deze vorm van actief bosbeheer legt iets minder CO₂ vast dan in scenario 1, maar combineert gunstige financiële en socio-economische aspecten (werkgelegenheid, ontwikkeling) met redelijk gunstige milieuaspecten (dit t.o.v. conversie naar landbouwgrond).

Het voordeel van dit scenario is dat de kosten van het beheer van deze bossen voor een groot deel betaald kunnen worden uit de opbrengst en dat het verlies aan C t.o.v. kaalkap voor landbouwgrond zeer beperkt is. De kosten van de aanschaf of lease, en bescherming van tropische bossen tegen verdere ontbossing en het omzetten van een gedeelte van deze bossen naar productiebossen zijn laag (gewoonlijk enkele tientallen dollars per ha per jaar) t.o.v. die van herbebossingsprojecten.

Hoewel dit een aantrekkelijke manier van CO₂ vastlegging is, zullen voor dit scenario geen berekeningen worden gedaan daar de benodigde gegevens ontbreken en niet op korte termijn beschikbaar komen.

2.3 Vastlegging van CO₂ via het beheer van secundaire hergroei na kaalslag

De derde vorm van CO₂ vastlegging is die in actief beheerde hergroei van de natuurlijke vegetatie na kaalslag van het oorspronkelijke bos. Het beheer kan bijvoorbeeld bestaan uit het bevorderen van de groei van bepaalde boomsoorten die veel CO₂ over een lange tijd vastleggen, het wieden van ongewenste soorten die groei belemmeren, voorkomen van bodem degradatie en CO₂ verlies, etc. De aanschafkosten van recent kaalgeslagen stukken grond zal echter hoger liggen dan die van natuurlijk bos daar de investering voor de ontginning in de prijs verwerkt wordt. Deze optie van CO₂ fixatie zal in de praktijk niet veel voorkomen daar 1990 als peildatum voor het Kyoto protocol vastgelegd is, en de voor die tijd kaalgeslagen bossen reeds als landbouwgebied in gebruik zijn, of in meer of mindere mate in staat van natuurlijke regeneratie zijn. Voor dit scenario zijn derhalve geen berekeningen opgenomen in dit rapport.

2.4 Vastlegging van CO₂ door middel van (her)bebossing

Het vierde scenario is die van de herbebossing van een ontbost gebied waar landbouw op is gepleegd, of van de bebossing van al dan niet productieve gebieden met CO₂ fixatie als één van de mogelijke doelstellingen. Deze optie zal duurder zijn dan de drie hierboven genoemde, door de hogere kosten voor de aanschaf/lease van (gedegradeerde) landbouwgronden, de kosten voor het opzetten en beheer van de plantages, en de kosten voor de logistiek (infrastructuur, afzet van producten, etc.). De kans van slagen van herbebossingsprogramma's blijkt sterk bepaald te worden door de mate van acceptatie van het programma door de lokale bevolking en de politiek (Zobel et al., 1987).

2.5 Vastlegging van CO₂ in agro-forestry projecten

De vastlegging van CO₂ in biomassa en bodem door middel van agro-forestry projecten in al dan niet productieve, ontboste gebieden heeft veel overeenkomsten met het hierboven beschreven herbebossingsscenario. Het voordeel van dit scenario is de potentiële grotere sociale acceptatie van een agro-forestry programma door de lokale bevolking, de rol die een agro-forestry project in de voedselvoorziening kan spelen en de hogere opbrengst van de producten ten opzichte van die van een plantage. De CO₂ vastlegging, maar ook de kosten daarvan, zijn in het algemeen iets lager dan die van een (her)bebossingsprogramma.

3 Methoden en data bronnen

3.1 CO₂ sink en emissie berekeningen

Voor consistentie zijn de getallen over de opname, afgifte en opslag van koolstof binnen dit rapport weergegeven als eenheden CO₂. Indien het nodig is om deze getallen om te rekenen naar C vastlegging, afgifte of opslag dient men de CO₂ getallen te delen door 3.67.

Voor het berekenen van de CO₂ sink van natuurlijke bossen voor de verschillende budget periodes is gebruik gemaakt van de volgende algemene formule:

$$F_{CO_2} = S_{CO_2} * \Delta A_{for}$$

waarbij F_{CO_2} (Mton per jaar) de totale opname van CO₂ is, S_{CO_2} de sinkcapaciteit (aangenomen als 2.6 ton per ha per jaar; Phillips, 1998), en ΔA_{for} (in ha) de oppervlakte die het beschermde bosgebied inneemt.

De CO₂ emissie ten gevolge van ontbossing is als volgt berekend:

$$E_{CO_2} = BMS * CC * \Delta A_{def} * K_{soil} * K_{CO_2}$$

waarbij E_{CO_2} de CO₂ emissie (Mton per jaar) is ten gevolge van ontbossing, BMS de biomassa van het bos (ton per ha; bron FAO, 1995), CC de koolstoffractie van de biomassa (aangenomen als 0.5; IPCC/OECD/IEA, 1996), ΔA_{def} de grootte van het te ontbossen gebied (ha), K_{soil} een correctiefactor voor het verlies in de bodem en strooisellaag (aangenomen als 1.3; Nilsson en Schopfhauser, 1995) en K_{CO_2} een conversiefactor van C naar CO₂ (3.67).

De CO₂ sink (F_{CO_2} , in Mton per jaar) ten gevolge van (her)bebossing is berekend als:

$$F_{CO_2} = \Delta BMS * CC * D * BEF * \Delta A_{ref} * K_{soil} * K_{CO_2}$$

ΔBMS is de volumieke groei van de aanplant (m³ per ha per jaar), D is de dichtheid van het hout gebruikt voor de conversie van ΔBMS naar massa, BEF is de biomassa expansie factor ter correctie van volumieke stamgroei naar de volumieke boomgroei (aangenomen als 2.22; IPCC/OECD/IEA, 1996) en ΔA_{ref} is het aangeplante bosareaal. Voor de berekening van deze sink over langere periodes (50-100 jaar) is gebruik gemaakt van een verzadigingsconstante (0.4; IPCC/OECD/IEA, 1996) die corrigeert voor de verminderde opname van de plantages in de tijd.

Berekeningen zijn, waar mogelijk, gedaan voor de drie 'budget' periodes (2000-2008, 2000-2050 en 2000-2100).

3.2 Aannames voor de berekening van CO₂ vastlegging en de kostenaspecten voor Annex 1, niet Annex 1 landengroepen en mondiaal

Een poging is tevens gedaan om de potentiële CO₂ sink en reducties in emissies voor Annex 1 en niet Annex 1 landen te schatten. Daar een deel van de Annex 1 landen niet beschikbaar is voor (her)bebossingsprojecten is de CO₂ vastlegging alleen berekend voor Annex 1 landen met een transitie economie (voormalig Oostblok-landen: Bulgarije, Tsjechië, Estonië, Hongarije, Litouwen, Polen, Roemenië, de Russische Federatie en Slowakije). De kostenaspecten zijn voor alle Annex 1 landen, alsmede voor de subgroep van transitielanden, berekend.

Voor de berekening van het landbouwareaal dat geschikt, en beschikbaar, is voor herbebossing is gebruik gemaakt van de landbouwarealen in de FAO gegevensbanken. Data over de grootte van de landbouwarealen van Tsjechië, Estonië, Litouwen, de Russische Federatie en Slowakije zijn niet beschikbaar. De landbouwarealen voor deze landen zijn voor deze studie derhalve gelijk gesteld aan 24% van de totale oppervlakte van deze landen, op basis van het gemiddelde is voor alle andere Annex 1 landen. De gegeven fixatie van CO₂ via herbebossing voor de Annex 1 landen is verder gebaseerd op de aanname dat slechts 3% van het landbouwareaal voor herbebossing geschikt en beschikbaar is (zie ook Tabel 4). Groeisnelheden van de plantagebossen in deze landen zijn gebaseerd op getallen gepubliceerd in Nilsson en Schopfhauser (1991) en variëren tussen de 3-10 m³ per ha per jaar.

De gegeven mondiale cijfers betreffende CO₂ vastlegging door herbebossingsprojecten zijn voor een groot deel overgenomen uit Nilsson en Schopfhauser (1995). De koolstof fixatie in de bovengrondse biomassa van een mondiaal herbebossingsprogramma is door Nilsson en Schopfhauser (1995) berekend op basis van met een model berekende 'Mean Annual Increment' waarden (Nilsson, 1982) en de aanname dat de fixatie in biomassa 1.47 ton CO₂ m⁻³ bedraagt voor tropische landen, Nieuw Zeeland en Australië, en 1.10 ton CO₂ m⁻³ voor de overige gebieden. De gebruikte (her)bebossingssnelheden in de berekeningen waren 7.3 Mha en 2.4 Mha per jaar voor plantagebossen in gematigde en tropische landen, respectievelijk.

Nilsson en Schopfhauser (1995) geven een schatting voor de herbebossingskosten mondiaal ter grootte van Dfl 1300 per aangelegde ha. Op basis van het mondiale getal zijn de kosten voor de Annex 1 landen, de Non-Annex 1 landen en de OS landen geschaald naar het gemiddelde Bruto Nationaal Produkt (via bekende FACE kosten voor vastlegging) van deze groepen van landen. De schalingsfactoren zijn gegeven in Tabel 1.

Voor de berekening van de effecten en de kosten van het volledig stoppen van ontbossing over een periode van 50 jaar wereldwijd en in de Annex 1 en non-Annex 1 landen is uitgegaan dat de ontbossing in de landengroepen gedurende 50 jaar gereduceerd wordt tot nul en dat de huidige ontbossingssnelheden constant zouden blijven over de 50 jarige periode. De FAO statistieken (FAO, 1995) geven een

gemiddelde biomassa van 131 ton per ha voor de mondiale bossen, wat voor de berekeningne in dit rapport gebruikt is.

De kosten voor het totaal stoppen van ontbossing zijn, bij gebrek aan gegevens hierover, geschat op Dfl 100 per ha in de OS landen, en zijn opgeschaald op basis van dit bedrag voor de andere landengroepen via de factoren in Tabel 1. Deze schalingsfactoren zijn berekend op basis van de gemiddelde bruto nationaal producten van de landengroepen en de de kosten van de FACE projecten (zie Tabel 2).

Tabel 1. Gebruikte schalingsfactoren voor de berekening van de kosten (op basis van gemiddelde Bruto Nationaal Producten en bekende FACE kosten van landengroepen)

	Mondiaal	Annex I (landen met economie in transitie)	Non-Annex I	17+3 landen + milieulijst + verdragslanden OS
Schalingsfactor	1,00	2,89 (0,79)	0,61	0,51

Tabel 2 Overzicht van de kosten (in Dfl) voor CO₂ vastlegging in de FACE projecten over 1991-2008 (exclusief land en beheerskosten; Hol et al., 1999) en de bruto nationaal producten van deze landen (FAO, 1999)

Land	Kosten per ton vastgelegde CO ₂ (in Dfl)	Bruto Nationaal Product
Nederland	10,00	48000
Tsjechië	4,50	7740
Ecuador	1,10	2780
Maleisië	0,70	7780
Uganda	1,10	480

3.3 Aannames voor de berekening van CO₂ vastlegging en kostenaspecten in OS landen

Uit de 35 landen die op de OS lijsten staan is een selectie gemaakt van 20 landen waar het potentiëel voor vastlegging in bossen het grootst werd geacht (Tabel 5). Voor de berekeningen aan deze landen zijn internationale statistieken gebruikt om de huidige (1990-1995) ontbossingssnelheid en de voorraden biomassa (gemiddelde) die hiermee verloren gaan per land vast te stellen (FAO, 1995; FAO, 1999). Uit deze gegevens zijn de huidige jaarlijkse emissies t.g.v. ontbossing berekend, met de aanname dat de biomassa voor 50% uit koolstof bestaat. Tevens zijn aannames gedaan over de effectiviteit van een door Nederland geïnitieerd programma onder CDM, gericht op het verminderen van ontbossing. Jaarlijkse ontbossingssnelheden en de effectief te bereiken reducties hierin staan in onderstaande Tabel 3.

Twee berekeningen zijn gemaakt voor de vastlegging door het tegengaan van ontbossing. Bij de eerste berekening, waarin aangenomen wordt dat de ontbossing jaarlijks met een vaste fractie afneemt (door effectieve maatregelen in het land), wordt de jaarlijkse CO₂ fixatie in biomassa die anders door ontbossing verdwenen zou zijn steeds kleiner. In totaal wordt er bij deze berekening over de hele periode (100 jaar) een stuk bos geconserveerd ter grootte van de huidige jaarlijkse ontbossing en wordt de ontbossing voor een groot deel tegengegaan. Hiertegenover staat dat de sink die het beschermde natuurlijke bos vormt cumulatief groter wordt. De tweede,

en wellicht realistischere berekening, gaat ervan uit dat jaarlijks een vast oppervlakte bos beschermd wordt tegen ontbossing. De ontbossingssnelheid daalt alleen in het eerste jaar en blijft daarna constant op het lagere niveau. Voor de berekeningen is uitgegaan van een jaarlijkse vastlegging van CO₂ in de biomassa equivalent aan die verloren zou gaan bij de ontbossing van het beschermde gebied ter grootte van de getallen gegeven in kolom 2 van Tabel 10, vermeerderd met de natuurlijke sink die het beschermde bos vormt. De eerste blijft derhalve constant, terwijl de laatste cumulatief groter wordt naarmate het beschermde oppervlakte groter wordt.

Tabel 3. Jaarlijkse ontbossingssnelheden (FAO, 1999) en aannames ten aanzien van de effectiviteit van een onder CDM vallend Nederlands programma gericht op het verminderen van ontbossing in de geselecteerde landen op de OS lijst

Land	Jaarlijkse ontbossing (periode 1990-1995, in 1000 ha per jaar)	Aangenomen effectieve reductie als percentage van jaarlijkse ontbossing via projecten
Tanzania	-323	5
Zambia	-264	5
India	7	n.v.t.
Vietnam	-135	10
Macedonië	-2	20
Bolivia	-581	15
Zuid Afrika	-15	10
Senegal	-50	5
China	-87	15
Filippijnen	-262	15
Mongolië	0	15
Nepal	-55	15
Brazilië	-2554	10
Colombia	-262	10
Ecuador	-189	10
Guatemala	-82	10
Peru	-217	20
Costa Rica	-41	25
Suriname	-12	10
Bhutan	-9	10

Voor de berekening van de effectiviteit van een programma gericht op bosaanleg in de geselecteerde OS landen, is van een kleine fractie van het totale landbouwareaal per land aangenomen dat het 1) geschikt is en 2) beschikbaar is voor (her)bebossing. Nilsson en Schopfhauser (1995) vonden zeer kleine getallen voor deze fracties (Tabel 4) in hun studie en deze zijn gebruikt voor de berekeningen in dit rapport.

Tabel 4. Fractie van het landbouwareaal beschikbaar voor (her)bebossing in de tropen (Nilsson en Schopfhauser, 1995)

Regio	Geschikt land / beschikbaar land
Tropisch Latijns Amerika	0.03
Tropisch Afrika	0.036
Tropisch Azië	0.04

Voor het beschikbare (her)bebossingsareaal is vervolgens gewerkt met één gemiddelde bijgroei per land. Die volumieke bijgroei is omgerekend naar C inhoud voor de totale boombiomassa. Op deze wijze wordt een netto jaarlijkse vastlegging voor het totale areaal gevonden. Voor de vastlegging van CO₂ in ondergrondse biomassa, bodem en strooisellaag is een vast percentage (30%) van dat in de biomassa gebruikt.

4 Resultaten

4.1 Potentiële reducties in emissies via maatregelen ter reductie van ontbossingssnelheden en bosconservering mondiaal, in Annex 1 landen, en in non-Annex 1 landen

In 1995 besloeg het wereldwijde landoppervlak bedekt door bos ongeveer 27% van het totale landoppervlak, ofwel 3454 Mha (FAO, 1999). Hierbij is een bosgebied gedefinieerd als een aaneengesloten, met bomen (hoogte >7 m) begroeid gebied met een kroonbedekking van meer dan 20% en met potentiële voor houtproductie. Een overzicht van de verdeling van de totale en tropische bosarealen over de diverse werelddelen, en de gemiddelde jaarlijkse verandering in bosareaal (periode 1990-1995) is gegeven in Tabel 5. Ongeveer 55% van de bossen liggen in ontwikkelingslanden en tropische bossen bedekken ongeveer 1734 Mha. Wereldwijd, maar met name in de tropen (90% van het totaal), wordt ongeveer 13.0 Mha bos per jaar vernietigd, met een totale biomassa van ongeveer 1.7 Gt. Tevens komt er jaarlijks ongeveer 1.8 Mha bos bij, voornamelijk in de westerse landen (FAO, 1999). De netto ontbossing is mondiaal derhalve 11.3 Mha per jaar (Tabel 5).

Tabel 5. Verdeling van de totale en tropische bosarealen over de diverse werelddelen in 1995 en de gemiddelde jaarlijkse verandering in de bosbedekking door ontbossing en aanplant (periode 1990-1995; FAO, 1999). Oppervlakte eenheden in Mha, verandering in bosbedekking in Mha per jaar

Continent	Totaal land	Totaal bos	Tropisch bos	Verandering
Afrika	2937.0	520.2	504.9	-3.7
Azie	3073.4	503.0	279.8	-2.9
Oceanie	849.1	90.7	41.9	-0.1
Europa	2260.1	933.3	0.0	0.5
Noord Amerika	1838.0	457.1	0.0	0.8
Centraal Amerika & Caribisch gebied	264.8	79.4	79.4	-1.0
Zuid Amerika	1751.7	870.6	827.9	-4.8
Totaal	12974.1	3454.4	1734.0	-11.3

De bossen in de Russische Federatie en Brazilië nemen respectievelijk 22% en 16% van het mondiale bosareaal in. De regenwouden in Brazilië (551 Mha) vormen 31% van het tropische bosareaal en dit land heeft de hoogste ontbossingssnelheid (2.5 Mha per jaar), gevolgd door Indonesië (1.1 Mha per jaar op een totaal van 109 Mha bos; FAO, 1999).

Natuurlijke bossen bevatten wereldwijd een voorraad van ongeveer 990 Gt koolstof (C), waarvan 330 Gt in hun biomassa (bovengronds en ondergronds) en 660 Gt in de bodem opgeslagen is (Brown et al., 1996). Plantagebossen bevatten een voorraad van nog eens 10 Gt koolstof. Het mondiale bosareaal bevat derhalve een hoeveelheid koolstof ongeveer gelijk aan het totaal in de atmosfeer (Winjum et al., 1992).

De conversie van natuurlijke bosgebieden naar ander landgebruik (e.g. landbouw) resulteert jaarlijks in CO₂ emissies naar de atmosfeer ter grootte van 5.9 Gton door

het verbranden en decomponeren van biomassa, en door verlies van een gedeelte van het organisch materiaal in de bodem door respiratie na de conversie (Schimel, 1995). Het beschermen van bossen tegen kaalkap in een land kan daarom aangemerkt worden als leidend tot een reductie in de CO₂ emissie van een land, ter grootte van een gedeelte van de totale CO₂ voorraad in de biomassa en bodem van het beschermde bos over de beschermingsperiode. Zowel natuurlijke als aangeplante bossen vormen tegelijkertijd een sink door de opname van atmosferische CO₂ voor biomassaproductie en fixatie van atmosferische CO₂ in de strooisellaag en in bodem.

De bossen in de boreale en gematigde streken (inclusief China, dat een aan bos gerelateerde emissie heeft van 0.07 Gton CO₂ per jaar), waar weinig verandering optreedt in het bosareaal en fixatie van CO₂ optreedt bij regeneratie van bossen die in het verleden gekapt zijn, vormen samen een sink ter grootte van 2.7 ± 0.7 Gton CO₂ per jaar (Brown et al., 1996). Deze sink wordt echter ruim gecompenseerd door emissies ten gevolge van de ontbossing in de tropen. De totale CO₂ emissie door tropische ontbossing wordt geschat op 6.1 ± 1.5 Gton per jaar, zodat de netto CO₂ flux voor wat betreft het mondiale bosareaal 3.3 ± 1.8 Gton per jaar is. Het volledig tegengaan van ontbossing in de tropen (i.e. van kaalkap) zou derhalve een winst van maximaal 6.1 Gton CO₂ per jaar kunnen bedragen. Het omzetten van een gedeelte van de natuurlijke bossen in de tropen naar duurzame productiebossen (hout, NTFPs) zal een daling in de biomassa (10-40%) van de bossen opleveren, die grotendeels afhankelijk is van de houtopbrengst.

Voor de berekening van de kostenaspecten van Annex 1 landen is een verschil gemaakt tussen de prijs voor alle Annex 1 landen, en die voor de Annex 1 landen met een economie in transitie (i.e. het getal tussen haakjes in Tabel 6).

Tabel 6. Effecten en kosten van het volledig stoppen van ontbossing over een periode van 50 jaar. Ter vergelijking zijn de getallen voor de OS lijsten ook in de tabel opgenomen.

	Mondiaal	Annex I (landen met economie in transitie)	Non-Annex I	17+3 landen + milieulijst + verdragslanden OS
Potentie (Gton CO ₂)	176	0.2	175.8	105
Oppervlakte (ha)	563,460,000	1,670,000	561,790,000	256,730,000
Kosten (f/ha)	196	566 (154)	119	100
Kosteneffectiviteit (dfl/ton CO ₂)	0.62	4.72 (1.28)	0.38	0.25

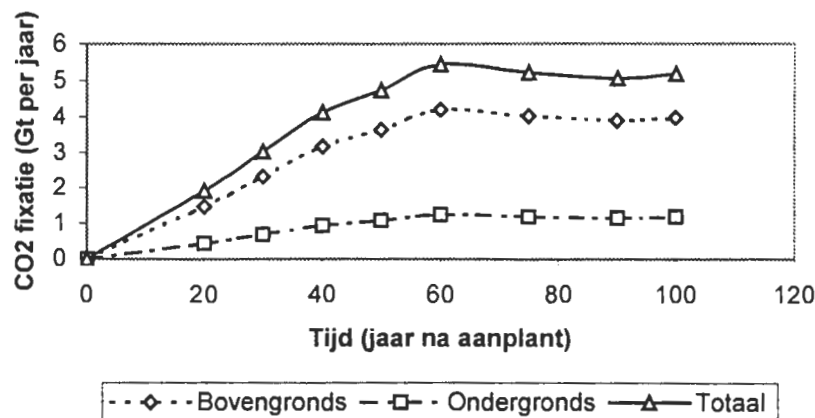
De prijs van aanschaf of lease van onontgonnen, natuurlijke bosgebieden in de tropen is in het algemeen laag, daar er nog geen investeringen in gedaan zijn voor wat betreft de ontginning, aanleg van infrastructuur, etc. Zo ligt de gangbare prijs voor Braziliaans regenwoud rond de Dfl 40 per ha, en zijn er mogelijkheden in dit land om gebieden ter grootte van 0.5 Mha aan te schaffen. De kosten voor beschermingsmaatregelen van natuurlijke tropische bossen kunnen geschat worden op Dfl 4 per ha per jaar (1 persoon inclusief transport per 10000 ha). Naar de huidige inzichten zou de aanschaf en bescherming van een tropisch regenwoudgebied van deze grootte in Brazilië een sink van 1.3 Mton CO₂ per jaar op kunnen leveren voor ongeveer Dfl 2 per ton vastgelegde CO₂ over een 50 jarige periode. Het tevens bestrijden van

ontbossing zou in het bovengenoemde Braziliaans voorbeeld, waar de biomassa van het bos aanmerkelijk hoger is (189 ton per ha) dan het gemiddelde voor de mondiale bossen (131 ton per ha), zou dit een reductie van 315 ton CO₂ per ha opleveren, ofwel of 158 Mton voor een gebied van 0.5 Mha (jaarlijks wordt in Brazilië 2.5 Mha ontbost). De totale CO₂ emissie reductie bedraagt dan 6.3 Mton per jaar over een 50-jarige periode, met een prijs van Dfl 0.32 per ton vastgelegde CO₂. De werkelijke kosten voor deze variant zullen hoger uitvallen daar naast bescherming van het aangekochte bosgebied tevens maatregelen genomen zullen moeten worden tegen toenemende ontbossing elders in het land.

4.2 Potentie voor CO₂ vastlegging door (her)bebossing mondiaal, in Annex 1 landen, en in non-Annex 1 landen.

Schattingen voor de mondiale potentie van CO₂ fixatie door middel van economisch, politiek en technisch haalbare (her)bebossingsprogramma's zijn gepubliceerd door Nilsson en Schopfhauser (1995) van het Institute of Applied Systems Analysis in Oostenrijk (IASA). Om de jaarlijkse uitstoot door verbranding van fossiele brandstoffen in 1994 te compenseren (13 Gton CO₂) zouden 300-465 Mha bos aangelegd moeten worden in de tropen, wat ruwweg overeenkomt met een aanplant van 130 Mha per Gt koolstof reductie per jaar. De huidige jaarlijkse uitstoot is echter al gestegen naar 23 Gt CO₂. Sociale, economische, politieke en logistieke factoren beperken de oppervlakte die wereldwijd voor herbebossing met plantagebossen (275 Mha) en agro-forestry (70 Mha) in aanmerking komt tot ongeveer 345 Mha, wat veel minder is dan de oppervlakte die puur op fysische gronden geschikt zou zijn (2.5 Gha) voor herbebossing. De berekende jaarlijkse fixatie in bovengrondse biomassa stijgt van 1.5 Gt CO₂ in 2015 en 3.9 Gt CO₂ in 2050 naar een maximum van 4.2 Gt in 2055 en neemt dan iets af naar een waarde rond de 3.9 Gt CO₂ per jaar tot 2095. De ondergrondse fixatie (strooisellaag, wortelstelsel, bodem) is geschat op 30% van de bovengrondse fixatie. Het verloop van de bovengrondse, ondergrondse en totale CO₂ fixatie voor zulks een mondiaal (her)bebossingsprogramma is getoond in Figuur 1.

Aannemende dat zulks een (her)bebossingsprogramma in 2000 van start zou kunnen gaan, zou er wereldwijd 4.8 Gton CO₂ vastgelegd kunnen in de periode tussen 2008 en 2012. Het totaal aan CO₂ fixatie voor de periode 2000 tot 2050 wordt geschat op 125 Gton, terwijl de schatting voor de periode 2050-2100 257 Gton bedraagt. Over de 100 jarige periode wordt in totaal dan 382 Gton CO₂ vastgelegd. Dit is echter niet genoeg om de huidige CO₂ emissies (13.9 Gton per jaar) te compenseren.



Figuur 1. Bovengrondse, ondergrondse en totale koolstof fixatie voor een mondiaal (her)bebossingsprogramma (naar Nilsson en Schopfhauser, 1995).

In de meeste Annex 1 landen komt ontbossing bijna niet voor (33,000 ha per jaar, afgezet tegen een (her)bebossing van 1,250,000 ha per jaar). De winst te behalen door het tegengaan van ontbossing in deze landen kan derhalve verwaarloosd worden t.o.v. die verkregen kan worden via programma's in non-Annex 1 landen. De getoonde CO₂ fixatie in de tabel is die op basis van het volledig stoppen van de ontbossing over een periode van 50 jaar. De jaarlijkse emissie door ontbossing is gelijk aan 4.5 Mton CO₂.

Tabel 7. Effecten van (her)bebossing van het beschikbaar areaal over een periode van 50 jaar

	Mondiaal	Annex I (landen met economie in transitie)	Non-Annex I	17+3 landen milieulijst + verdragslanden OS
Potentie (Gton CO ₂)	125	2.0	123	33
Oppervlakte (ha)	345,000,000	14,129,000	330,871,000	51,782,000
Kosten (dfl/ha)	1,300	3757 (1027)	793	663
Kosteneffectiviteit (dfl/ton CO ₂)	3.59	26.46 (7.25)	2.13	1.04

Er is weinig bekend over de kostenaspecten van het in beheer brengen van natuurlijk bos voor productie, maar de prijs per ton vastgelegde CO₂ zal naar schatting waarschijnlijk ongeveer tussen de Dfl 1 en Dfl 2 liggen. Dit is sterk afhankelijk van de grootte van het productiebosareaal, de fragmentatie ervan, de kosten die voor het opzetten van de infrastructuur en de beherende organisatie moeten worden gemaakt, en die van te nemen maatregelen tegen ontbossing elders in het land. Voordelen van deze optie zijn een toenemende werkgelegenheid en een gedeeltelijk behoud van de biodiversiteit t.o.v. kaalkap. De aanschaf en ontginning van een productiebos kan voor een groot gedeelte betaald worden uit de opbrengst van de houtproductie. Extra kosten ontstaan wanneer gerichte maatregelen genomen worden om de teelt te verbeteren. Het is nog onduidelijk of deze kosten helemaal gedekt kunnen worden uit de opbrengst van de houtproductie van de volgende rotaties.

Ter vergelijking met de gegeven schattingen voor de kosten in de verschillende landengroepen, is in Tabel 8 een overzicht gegeven van de kosten voor verschillende bosbeheersmaatregelen in een aantal landen.

Tabel 8. Kosten van bosbescherming, bosaanleg en bosbeheersmaatregelen ter vergroting van de CO₂ vastlegging (Dfl per ton CO₂), gebaseerd op Brown et al., 1996

Land	Bescherming primaar bos	Natuurlijke regeneratie	Herbebossing	Bebossing	Agroforestry	Plantages
Brazilië	1.08-1.80		4.63			
Ivoorkust	3.73					
Indonesië	6.81					
Thailand	0.19-0.35				3.54-5.44	2.17-3.54*/5.99-11.72**
Mexico	0.54-2.72					
India	0.22	0.82	6.81		4.09	1.36
China		1.36-1.90	4.63		2.72-9.53	3.54
Rusland	0.54-1.36		2.72	2.18		0.54-3.54
VS			2.18	0.82		
Centraal Amerika	0.54-1.36	1.91			1.91	5.99
Argentinië			13.90	8.17		
Australië			2.18			
Canada		2.72	4.90			
Duitsland			13.08			
Zuid Afrika			4.09			
Boreaal			2.18	3.54		
Gematigde streken		0.54	2.72	0.82		
Tropen		0.54	3.27	.	2.18	

*: aanplant met eucalyptus, **: aanplant met teak.

4.3 Potentie van CO₂ vastlegging in landen op de OS 17+3 lijst, de milieulijst lijst en in landen met een duurzaam ontwikkelingsverdrag.

Geen van de landen op de OS lijsten komt voor in Annex 1 van het Kyoto protocol. Dit betekent dat alle Nederlandse maatregelen om CO₂ reducties te verkrijgen door middel van terrestrische sinks in landen op de OS lijsten onder het CDM zouden moeten vallen. Dit omdat het JI programma niet op deze landen van toepassing is.

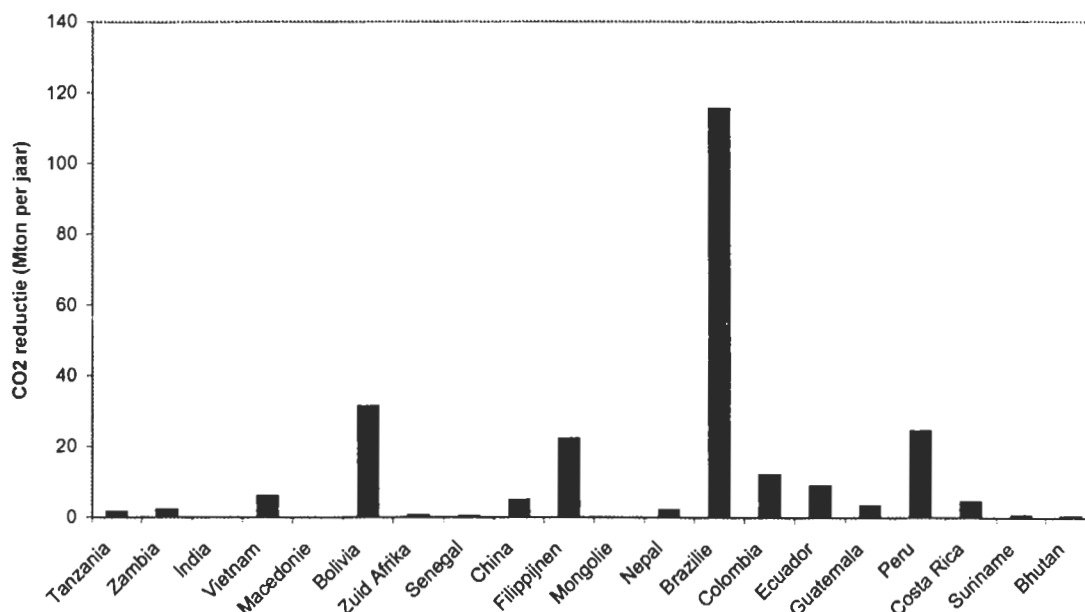
Om te bepalen hoeveel een reductie van de ontbossingssnelheid aan equivalenten CO₂ fixatie op kan leveren, en hoeveel CO₂ vastgelegd kan worden via herbebossingsprogramma's, zijn berekeningen uitgevoerd voor een selectie van landen op de OS lijsten. Voor een aantal landen op deze lijsten zijn voor dit rapport geen berekeningen gemaakt omdat het onwaarschijnlijk werd geacht dat herbebossing of bosbeschermingsmaatregelen veel zouden opleveren (klimaat, grootte bosareaal, bevolkingsdruk, etc.). Een overzicht van relevante algemene gegevens, inclusief gegevens over de bos- en landbouwarealen, van alle landen op de drie lijsten is gegeven in Aanhangsel 1.

4.3.1 Potentiële CO₂ vastlegging door conservering en vermindering van ontbossing in OS landen.

De potentiële reductie in CO₂ emissies die verkregen kan worden door het jaarlijks verminderen van de ontbossingssnelheid met een vaste fractie in de geselecteerde OS landen is gegeven in Tabel 9. In totaal wordt er bij deze berekening over de hele periode (100 jaar) een stuk bos geconserveerd ter grootte van de huidige jaarlijkse ontbossing, en wordt de ontbossing bijna volledig gestopt. Hiertegenover staat dat de sink die het beschermde natuurlijke bos vormt cumulatief groter wordt.

Tabel 9. Potentiële reducties in de emissies van geselecteerde OS landen via maatregelen ter bestrijding van de ontbossing voor de drie 'budget' periodes. In de berekening neemt ontbossing jaarlijks met een vaste fractie af.

Land	Periode 2008-2012 (Mton CO ₂)	Periode 2000-2050 (Mton CO ₂)	Periode 2000-2100 (Mton CO ₂)
Tanzania	6.9	58	101
Zambia	5.7	47	83
India	0.0	0	0
Vietnam	3.9	28	46
Macedonie	0.1	0	1
Bolivia	16.7	127	202
Zuid Afrika	0.4	3	5
Senegal	1.1	9	16
China	2.5	19	30
Filippijnen	7.5	57	91
Mongolie	0.0	0	0
Nepal	1.6	12	19
Brazilië	72.8	533	866
Colombia	7.5	55	89
Ecuador	5.4	39	64
Guatemala	2.3	17	28
Peru	5.6	48	76
Costa Rica	0.9	9	15
Suriname	0.3	3	4
Bhutan	0.3	2	3
Totaal	141.3	1066.6	1738.8



Figuur 2. CO₂ emissie reductie in het eerste jaar ten gevolge van een door Nederland geïnitieerd programma onder CDM, gericht op het verminderen van de ontbossingssnelheid met de fracties in Tabel 3.

De reducties in de emissies voor de drie 'budget' periodes zijn weergegeven in Tabel 9. Let wel dat de grootste reducties in het eerste jaar bereikt worden (Figuur 2) daar de ontbossingssnelheid ieder jaar verminderd wordt met de fracties in Tabel 3. In dit scenario is veertig jaar na de start van het programma de ontbossing in alle landen tot bijna nul gereduceerd en wordt de CO₂ reductie alleen veroorzaakt door de natuurlijke sink van de door de genomen maatregelen niet ontboste gebieden.

Een alternatieve berekening, die wellicht realistischer is, gaat ervan uit dat jaarlijks een vast gedeelte bos beschermd wordt tegen ontbossing. De ontbossingssnelheid wordt dan constant aangenomen over de hele periode. De uitkomsten van dit scenario staan in Table 10. Voor de berekeningen is uitgegaan van een jaarlijkse vastlegging van CO₂ in de biomassa equivalent aan die verloren zou gaan bij de ontbossing van het beschermde gebied ter grootte van de getallen gegeven in kolom 2, vermeerderd met de natuurlijke sink die het beschermde bos vormt. De eerste is derhalve constant, terwijl de laatste cumulatief groter wordt naarmate het beschermde oppervlakte groter wordt.

Table 10. Mogelijke CO₂ fixatie uitgaande van het jaarlijks beschermen van een gebied ter grootte van de getallen in kolom 2, berekend voor de drie budget periodes. In de berekening blijft de ontbossingssnelheid constant.

Land	Oppervlakte jaarlijks Beschermd (1000 ha)	2008-2012 (Mton CO ₂)	2000-2050 (Mton CO ₂)	2000-2100 (Mton CO ₂)
Tanzania	16	10	136	377
Zambia	13	8	112	309
India	0	0	0	0
Vietnam	14	9	114	316
Macedonie	0	0	3	9
Bolivia	87	56	736	2039
Zuid Afrika	2	1	13	35
Senegal	2	2	21	58
China	13	8	110	304
Filippijnen	39	25	332	920
Mongolie	0	0	0	0
Nepal	8	5	69	192
Brazilië	255	164	2156	5972
Colombia	26	17	221	613
Ecuador	19	12	160	442
Guatemala	8	5	70	193
Peru	43	28	366	1014
Costa Rica	10	7	87	242
Suriname	1	1	10	29
Bhutan	1	1	8	22
Totaal	560	360	4723	13085

Uit Figuur 2 en Tabel 9 blijkt dat, gegeven de aannames over effectiviteit van de programma's, projecten gericht op het verminderen van de ontbossing het meeste effect hebben in de Latijns Amerikaanse landen (Brazilië, Bolivia en Peru), die samen 71% van de totale reductie in het eerste jaar (242 Mton CO₂) voor hun rekening nemen. In Azië worden de grootste reducties bereikt door het verminderen van de ontbossing in de Filippijnen (9% van totale reductie in het eerste jaar).

Conservering van de door de maatregelen in de projecten niet ontboste gebieden vormen een sink ter grootte van 1.2 Gton CO₂ over de periode 2000-2100 met de aanname dat deze bossen jaarlijks 2.6 ton per ha in hun biomassa/bodem blijven opslaan. De conservering van de bossen in Brazilië draagt 50% bij aan het totaal voor alle landen.

4.3.2 Potentiële CO₂ vastlegging door herbebossingsprogramma's in OS landen

De aangenomen groeisnelheden en de daaruit berekende jaarlijkse vastlegging van CO₂ in biomassa en bodem door (her)bebossing van het beschikbare areaal (52 Mha) in de geselecteerde landen op de OS lijsten zijn aangegeven in Tabel 11. De gegeven volumieke bijgroei is die voor een eerste rotatie en zal afnemen in de daaropvolgende rotaties.

Tabel 11. Herbebossingsareaal, volumieke bijgroei en netto jaarlijkse CO₂ vastlegging in nieuw aangelegde plantagebossen in geselecteerde OS landen.

Land	Herbebossing areaal (Mha)	Groei snelheid (m3/ha/jr)	CO ₂ fixatie (ton/ha/jr)	CO ₂ fixatie (Mton/jr)	CO ₂ fixatie 2008 – 2012 (Mton)	CO ₂ fixatie 2000 - 2050 (Mton)
Tanzania	1.398	16	34	47	237	947
Zambia	1.270	16	34	43	215	860
India	7.251	16	34	246	1228	4911
Vietnam	0.269	16	34	9	45	182
Macedonie	0.030	10	21	1	3	13
Bolivia	1.059	22	47	49	247	987
Zuid Afrika	3.467	16	34	117	587	2348
Senegal	0.290	16	34	10	49	196
China	21.240	12	25	539	2697	10788
Filippijnen	0.413	16	34	14	70	280
Mongolie	5.021	12	25	128	638	2550
Nepal	0.166	12	25	4	21	84
Brazilië	7.161	22	47	333	1667	6668
Colombia	1.355	22	47	63	316	1262
Ecuador	0.233	22	47	11	54	217
Guatemala	0.129	22	47	6	30	120
Peru	0.928	22	47	43	216	864
Costa Rica	0.085	22	47	4	20	79
Suriname	0.003	22	47	0	1	2
Bhutan	0.016	12	25	0	2	8
Totaal	51.782			1668	8342	33366

De jaarlijks mogelijke vastlegging van CO₂ via herbebossing in de geselecteerde landen is ter illustratie ook weergegeven in Figuur 3. Het totaal aan CO₂ dat jaarlijks vastgelegd op deze manier vastgelegd kan worden is 1.67 Gton. Ter vergelijking, de totale emissie van Nederland bedraagt 220 Mt CO₂ eq. per jaar. Uit Figuur 3 blijkt duidelijk dat het potentiële voor CO₂ vastlegging via herbebossing het grootst is in China, Brazilië en India.

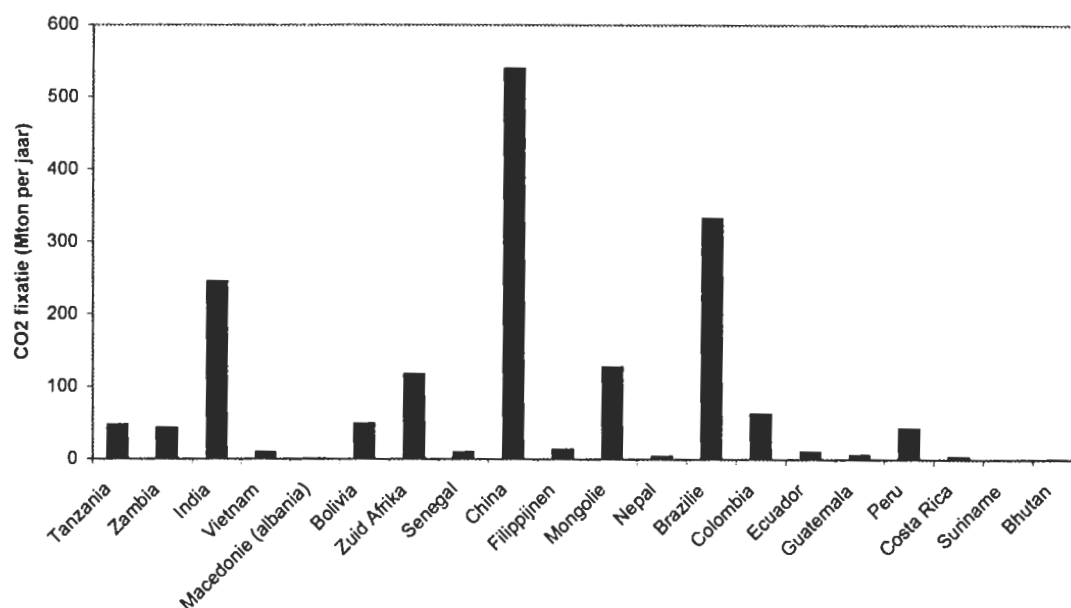
In een eerdere studie (DHV, 1991), waarin de potentie voor vastlegging van CO₂ door herbebossingsprojecten in 117 tropische landen werd bestuderd worden de latijns Amerikaanse landen (Brazilië, Bolivia, Peru en Colombia) aangemerkt als landen met een groot potentiële voor herbebossingsprojecten daar de voedselvoorziening door zulke projecten niet in gevaar zou komen. De hoge bevolkingsdruk in zowel China als India maakt herbebossingsprojecten in deze landen wellicht moeilijker te realiseren dan in dunner bevolkte Latijns Amerikaanse of Afrikaanse landen. In dit verband zouden agro-forestry projecten wellicht gemakkelijker te implementeren zijn daar deze een rol kunnen spelen in de voedselvoorziening en tevens een grotere betrokkenheid van de lokale bevolking bij de projecten vereisen.

Er bestaan weinig gegevens over de kosten van herbebossing voor CO₂-fixatie. Voor de FACE projecten in Ecuador en Uganda zijn de aanlegkosten geraamd op US\$

0.55 per vastgelegde ton CO₂ (Hol et al., 1999). De kosten van de aanschaf van land voor de herbebossingsprojecten en het onderhoud van de plantages zijn echter niet opgenomen in deze ramingen. De kosten voor herbebossing in een recent opgestart project in Brazilië, waarbij CO₂ vastgelegd wordt in een combinatie van aanleg van plantagebossen en beschermingsmaatregelen in secundair bos, zijn geraamd op US\$ 1.70 per ton CO₂ over een periode van 35 jaar. In dit bedrag zijn alle kosten opgenomen, i.e. aanschaf van land, aanleggen van de plantage (5000 ha), beheersmaatregelen t.b.v. het secundair bos (6000 ha), onderzoek en monitoring, etc. Het totaal vast te leggen CO₂ in dit project bedraagt 583 ton per ha over 35 jaar, met een jaarlijkse vastlegging van 15.8 ton CO₂ per ha.

Op basis van de cijfers uit Hol et al., 1999 en Bruto Nationaal Productcijfers van de FAO (1999) zijn de volgende schattingen gekregen voor de kosten per ton vastgelegde C in de geselecteerde landen (Tabel 12). Bij deze getallen moeten echter nog de kosten voor de aanschaf van het land en het onderhoud van de plantages nog worden opgeteld. Deze kunnen sterk variëren, afhankelijk van het huidige gebruik van het land, de vruchtbaarheid, toegankelijkheid, benodigde organisatie, infrastructuur, etc.

De kosten van het vastleggen van CO₂ binnen agro-forestry projecten zijn in het algemeen lager dan die van de aanleg van plantagebossen door de hogere opbrengst van de agro-forestry producten en de grotere participatie van de lokale bevolking die een gedeelte van het bosbeheer op zich neemt (wieden, bescherming tegen brand, etc.).



Figuur 3. Schattingen voor CO₂ emissie reductie in geselecteerde OS landen ten gevolge van een door Nederland geïnitieerd programma onder CDM, gericht op herbebossing.

Tabel 12. Schatting van de kosten per ton vastgelegde CO₂ in herbebossingsprojecten in de geselecteerde landen op basis van FACE plantage aanleg kosten. N.B. de gegeven kosten zijn die voor de aanleg van plantagebossen en moeten daarom nog verhoogd worden met die voor landaanschaf en plantagebeheer

Land	Geschatte kosten per ton vastgelegde CO ₂ (Dfl)
Tanzania	1.00
Zambia	1.12
India	1.08
Vietnam	1.06
Macedonie	?
Bolivia	1.26
Zuid Afrika	1.16
Senegal	1.18
China	1.20
Filippijnen	1.36
Mongolie	1.08
Nepal	1.04
Brazilië	1.34
Colombia	1.68
Ecuador	1.10
Guatemala	1.48
Peru	1.84
Costa Rica	1.96
Suriname	1.30
Bhutan	1.12

5 Onzekerheden

5.1 Onzekerheden in de CO₂ vastlegging ten gevolge van onzekerheden met betrekking tot schattingen van het areaal 'Kyoto' bossen en het landoppervlak geschikt voor duurzame (her)bebossing projecten mondiaal

De onzekerheid in de schatting van de reducties in CO₂ emissies door het tegengaan van ontbossing is in grote mate afhankelijk van de informatie over de huidige ontbossingssnelheden en aannames over het te gebruiken basisscenario waartegen de reducties afgezet kunnen worden. De cijfers over de grootte van de jaarlijkse ontbossingarealen, gegeven in de FAO (1995, 1999) rapporten, hebben een geschatte foutenmarge van ongeveer 50% en zijn voor een gedeelte veroorzaakt door verschillen in de definities van bosgebieden.

Het maken van schattingen over het mondiaal beschikbare landareaal voor (her)bebossingsprojecten, al dan niet voor CO₂ fixatie, wordt gecompliceerd door het feit dat land dat eventueel geschikt zou zijn voor (her)bebossing, veelal niet beschikbaar is voor (her)bebossing om sociale, culturele, politieke, infrastructurale of economische redenen (Grainger, 1991; Trexler, 1991). (Her)bebossing in tropische gebieden wordt verder gecompliceerd door gedegradeerde bodems, gebrek aan kennis over aan te planten soorten en andere silviculturele aspecten, en een gebrek aan institutionele capaciteit ter ondersteuning van de projecten (FAO, 1991). Trexler (1991) noemt de volgende factoren die de beschikbaarheid van land, de snelheid van aanleg van plantages, en de duurzaamheid beïnvloeden:

- bevolkingsgroei
- behoefte aan landbouwgrond voor voedselvoorziening
- politieke en culturele factoren die bosbouw al dan niet aantrekkelijk maken
- interactie van bestaande landbouw politiek met (her)bebossingsinitiatieven
- grondbezitsystemen die landbeheersingsmaatregelen beïnvloeden
- ontvankelijkheid van regeringen voor veranderingen in de politiek m.b.t. landbouw en bosbouw
- institutionele capaciteit, nodig voor het implementeren en beheren van (her)bebossingsprojecten
- algehele politieke en economische situatie van het land en de stabiliteit
- effectiviteit van NGO's om (her)bebossingsprojecten te promoten
- publieke opinie over de kosten en baten van (her)bebossingsprojecten
- in het verleden opgedane ervaringen met (her)bebossingsprojecten
- verwachte opbrengst van de projecten

Aan deze lijst zou nog toegevoegd kunnen worden:

- bestaande infrastructuur
- afzetmarkt voor producten

- geschiktheid van de bodem voor (her)bebossing op langere termijn
- klimaatfactoren (jaarlijkse neerslag en seizoenale gang, cyclonen)
- rurale en stedelijke watervoorzieningsaspecten
- plantenziekten
- gevoeligheid van de bossen voor insecten
- brandgevaar
- invloed van klimaatverandering
- perceptie van de regeringen/bevolking in ontwikkelingslanden om medewerking te verlenen aan (her)bebossingsprojecten met als doel CO₂ fixatie in relatie tot het voortdurende hoge energieverbruik in de ontwikkelde landen, en de daarmee gepaarde CO₂ emissies (koolstof kolonialisme).
- etc.

Het grote aantal factoren dat in deze problematiek een rol speelt duidt erop dat de onzekerheid in de grootte van het mondiaal beschikbare (her)bebossingsareaal aanzienlijk is. De getallen gegeven door Nilsson en Schopfhauser (1995), die ook de basis voor deze studie vormen, zijn gebaseerd op regionale schattingen. Voor sommige regio's waren geen data verkrijgbaar wat heeft kunnen leiden tot een onderschatting van het werkelijk beschikbare areaal. Een foutenmarge van 50-100% in het beschikbare areaal lijkt hierdoor gerechtvaardigd.

Onzekerheden m.b.t. de schatting areaal 'Kyoto' bos en het landoppervlak geschikt voor duurzame (her)bebossing projecten per land

De schattingen voor het voor (her)bebossing beschikbare areaal zijn berekend als fractie van het landbouwareaal van elk land. Deze fracties zijn opgesteld aan de hand van het artikel van Nilsson en Schopfhauser en waren slechts uitgesplitst naar tropisch Latijns Amerika, Afrika en Azië (Tabel 4). Voor de Annex 1 landen is aangenomen dat een van een vergelijkbare fractie (3%) van het landbouwareaal beschikbaar is voor herbebossing. Voor enkele landen waren geen gegevens over het landbouwareaal bekend in de FAOSTAT gegevensbank. Om de redenen eerder genoemd in sectie 5.1, is het zeer waarschijnlijk dat er grote verschillen in deze fracties zullen zijn per land. De foutenmarge in de arealen voor de landen genoemd in Tabel 11 kan derhalve geschat worden op 50-100%, met een wellicht grotere foutenmarge voor de landen waarvan de landbouwarealen niet bekend waren.

Onzekerheden m.b.t. de berekeningen van de koolstofvastlegging in bossen en bosbodems (kennis processen)

De fixatie van CO₂ in de biomassa en bodem is afhankelijk van specifieke biofysische condities (bodem, klimaat, boomsoort, gevoeligheid voor ziekten & insecten) en het beheer van de plantage. Binnen een enkel land, of zelfs regio, kunnen bij een gelijk plantagebeheer derhalve reeds grote verschillen optreden in groeisnelheden en derhalve in CO₂ fixatie. Gegevens over de boomwortelbiomassa in relatie tot de

bovengrondse biomassa zijn schaars en de gepubliceerde ratios variëren van 5-50% van de bovengrondse biomassa. In het algemeen kan gesteld worden dat de groeisnelheden afnemen met dalende temperatuur en dus het hoogst zijn in de tropen en het laagst in boreale gebieden. Dit in tegenstelling tot de fixatie van C in de bodem, die het grootst is in boreale gebieden. De foutenmarge in de gebruikte boomgroeisnelheden kan geschat worden op 50%. De opslag van CO₂ in de bodem is aangenomen als 30% van die in de biomassa, maar kan variëren tussen 10% en 60%. De foutenmarges in de gebruikte biomassa expansie en verzadigingsfactoren zijn wellicht wat kleiner dan 50%. Dit in overweging nemende kan de totale fout in de gegeven berekeningen in de orde van 100% liggen. Door de afhankelijkheid van de CO₂ fixatie van de lokale biofysische condities en bosbeheersmaatregelen zijn betere schattingen voor CO₂ fixatie in de individuele landen eigenlijk alleen te maken voor specifieke lokaties waarvan de biofysische condities, de aan te planten boomsoort, en de beheersmaatregelen van te voren bekend zijn.

5.2 Onzekerheden in de kostenaspecten rond de vastlegging van CO₂ in bossen

Mede door de onzekerheden in de potentiële CO₂ fixatie en om de redenen gegeven in sectie 5.1, zijn de onzekerheden met betrekking tot de financiële aspecten van zowel het tegengaan van ontbossing, als die van (her)bebossing (i.e. kosten per ha, kosteneffectiviteit) groot. Er bestaan geen kant en klare gegevensbanken met dit soort informatie en er zou een inventarisatie uitgevoerd moeten worden om betere gegevens voor potentiële aantrekkelijke landen boven water te halen. Dit geldt met name voor de ontwikkelingslanden. De in dit rapport gegeven getallen moeten derhalve als indicatief aangemerkt worden. Het is wel mogelijk te stellen dat de kosten in veel gevallen niet hoger zullen zijn dan 200-300% van de in dit rapport gegeven schattingen. Hierdoor zouden de 'sinks' waarschijnlijk als een van de meest kosteneffectieve methoden binnen de Flexibele Instrumenten aangemerkt kunnen worden.

De kostenberekeningen in dit rapport zijn van dezelfde orde van grootte als die genoemd in andere publicaties (e.g. Brown et al., 1996). Dit is echter niet zo verwonderlijk aangezien de meeste studies op dit gebied gebruik maken van dezelfde schaarse gegevens (i.e. FACE projecten). In de huidige berekeningen is geen rekening gehouden met additionele kosten die eventueel gebonden zijn aan het tegengaan van ontbossing in combinatie met bosbescherming (scenario 1), kosten van certificering en eventuele kosten voor de administratieve afhandeling en ondersteuning binnen het CDM.

6 Conclusies en aanbevelingen

Het tegengaan van ontbossing via conservering van bestaande bossen (scenario 1) blijkt een zeer efficiënte en kost-effectieve methode voor het reduceren van CO₂ emissies te zijn. De natuur- en milieuaspecten van dit scenario zijn zeer gunstig (behoud van biodiversiteit, watervoorziening, tegengaan bodemdegradatie, etc.) en de geschatte kosten voor implementatie relatief laag, variërend van Dfl 0.25 per vastgelegde ton CO₂ voor de landen op de OS lijsten binnen het Clean Development Mechanism, tot Dfl 4.72 voor de Annex 1 landen binnen Joint Implementation projecten. De Latijns Amerikaanse landen op de OS lijsten, en met name Brazilië, Bolivia en Peru, hebben het grootste potentieel voor zowel bosbeschermingsprojecten en (her)bebossingsprojecten. Wellicht zou ook Uganda meegenomen moeten worden daar er in dit land reeds ervaring op is gedaan met een FACE project (Hol et al., 1999). De Latijns Amerikaanse landen hebben tevens als voordeel de politieke stabiliteit en een grotere institutionele capaciteit ten opzichte van de andere OS landen.

De conclusies en aanbevelingen zijn hieronder per scenario weergegeven:

Scenario 1: bescherming van natuurlijke bossen met als doel het tegengaan van ontbossing.

1. Het tegengaan van ontbossing in een aantal landen op de OS lijsten via projecten onder het Clean Development Mechanism biedt een goed perspectief voor reducties in de CO₂ emissies. Voor de periode 2008-2012 is berekend dat door jaarlijks 560 000 ha bestaand bos te beschermen tegen ontbossing, 360 Mton CO₂ vastgelegd kan worden. Om de gewenste reductie van 25 Mton CO₂ per jaar te bereiken zouden door Nederlandse maatregelen in de OS landen derhalve 195 000 ha bestaand bos per jaar beschermd moeten worden tegen ontbossing (geschatte kosten: Dfl 100 miljoen). De kosteneffectiviteit is dan Dfl 1,25 per ton vastgelegde CO₂ over deze periode.
2. De landen op de OS lijsten die voor deze ontbossingsmaatregelen het meest in aanmerking komen (door een lage bevolkingsdruk en hoge ontbossingssnelheden) zijn de Latijns Amerikaanse landen, en met name Brazilië, Bolivia en Peru. De relatief hoge bevolkingsdruk in de Filippijnen of andere Aziatische landen, (zie Aanhangel 1
3. Tabel 13) zal een beleid tot het verminderen van de ontbossing waarschijnlijk sterk bemoeilijken.
4. De mogelijkheden om binnen Annex 1 landen via Joint Implementation projecten CO₂ emissies te reduceren door het tegengaan van ontbossing zijn beperkt (geschat op 200 Mton CO₂ over 50 jaar). Dit is een gevolg van de toch al lage ontbossingssnelheden en de relatief lage biomassa van de bossen in de Annex 1 landen. Tevens zijn de kosten hoger dan die voor eenzelfde scenario voor de OS landen (Dfl 1,28 versus Dfl 0,25).

Scenario 2: Actief beheer van natuurlijke bossen met als doel het tegengaan van ontbossing.

5. Het in actief beheer nemen van natuurlijke bossen voor productie om ontbossing tegen te gaan, is waarschijnlijk een goede optie, waarbij wellicht minder CO₂ wordt vastgelegd maar waarbij bv. de werkgelegenheid toeneemt, en daarmee wellicht de acceptatie van de maatregelen. Ook vanuit een kostenoverweging en milieuaspecten is dit een goede oplossing. In dit rapport is aan dit scenario weinig aandacht besteed en dit zou in een eventueel latere studie meegenomen moeten worden.

Scenario 3: Vastlegging van CO₂ via het beheer van secundaire hergroei na kaalslag (na 1990).

Aan dit scenario is niet gerekend aangezien de mogelijkheid om activiteiten op dit gebied te ontplooiën laag worden ingeschat.

Scenarios 4(&5): Vastlegging van CO₂ door middel van (her)bebossing (en agro-forestry).

6. Herbebossing van het geschatte beschikbare areaal in Annex 1 landen binnen Joint Implementation projecten kan over 50 jaar een sink opleveren van 2 Gton CO₂. De geschatte kosten (Dfl 7.25 per ton CO₂) zullen echter aanmerkelijk hoger zijn dan voor een vergelijkbare sink in non-Annex 1 landen (Dfl 2.13 per ton CO₂) of in de OS landen (Dfl 1.04 per ton CO₂). Voor herbebossing zijn hogere investeringen nodig dan voor bosconservering door de hogere kosten voor aanschaf of lease van land, het planten en het opzetten van een organisatie voor het beheer van de plantages. Tevens moet er rekening mee worden gehouden dat herbebossingsprogramma's in het verleden vaak mislukt zijn door allerlei socio-economische factoren, en zouden herbebossingsprogramma's niet mogen leiden tot een daling in de voedselproductie, wat in veel landen wel het geval zou kunnen zijn (DHV, 1991).
7. Via (her)bebossingsprojecten binnen het CDM in de landen op de OS lijst kan er potentiëel 8.3 Gton CO₂ vastgelegd worden tussen 2008 en 2012. Hiervoor moet dan wel in totaal 52 Mha aangeplant worden vanaf het jaar 2000. Om de gewenste Nederlandse reductie van 25 Mton per jaar te halen zou Nederland ongeveer 776 000 ha bos moeten planten in deze landen in het jaar 2000. De geschatte kosten van deze operatie zijn Dfl 514 miljoen, wat resulteert in een kosteneffectiviteit van Dfl 4.11 per vastgelegde ton CO₂.
8. Het potentiëel voor CO₂ vastlegging via herbebossing in de OS landen is het grootst voor China, Brazilië en India. Door de hoge bevolkingsdruk in China en India, en de daarmee vaak gepaard gaande lokale weerstand tegen herbebossingsprojecten zullen de projecten in deze landen moeilijker te realiseren zijn. De mogelijkheden zijn derhalve het grootst in de Latijns Amerikaanse landen, en met name Brazilië.
9. Net als in scenario 2, zal agro-forestry wellicht een iets goedkopere en makkelijker uitvoerbare optie zijn door de opbrengst van de producten en de

wellicht grotere betrokkenheid van de lokale bevolking bij agro-forestry projecten.

Aanvullende conclusies met betrekking tot de kostenaspecten.

10. De gegeven schattingen voor de kosteneffectiviteiten in dit rapport komen overeen met de gepubliceerde kosten voor de FACE projecten (Emmer en Verweij, 1999) en met kostenramingen in de literatuur die ten grondslag ligt aan het IPCC Special Report LUCC. Dit is echter niet zo verwonderlijk aangezien iedereen dezelfde dataset gebruikt (e.g. FACE projecten en AIJ projecten)
11. De kostenaspecten in dit rapport zijn die voor de aanleg/bescherming van bos en alles wat hier mee te maken heeft. Kosten voor het tegengaan van ontbossing elders in het land (zogenoeten 'leakage') of eventuele bijdragen aan de administratie van CDM zijn niet in de ramingen opgenomen.
12. Tijdens deze studie bleek dat gegevens met betrekking tot de kostenaspecten van bosaanleg en bescherming in het algemeen schaars zijn. Om dit aspect van de bosproblematiek beter in kaart te brengen zou derhalve een gedegen studie uitgevoerd moeten naar de kostenaspecten van het nemen van maatregelen met betrekking tot terrestrische sinks in het JI en CDM. Dit zou het beste kunnen door middel van gerichte studies voor enkele landen waarin Nederland zou willen investeren in bosbeschermings of bosaanleg maatregelen.
13. Hoewel de in dit rapport gegeven getallen als indicatief aangemerkt moeten worden, is het wel mogelijk te stellen dat de kosten in veel gevallen niet hoger zullen zijn dan 200-300% van de in dit rapport gegeven schattingen. Hierdoor zouden de 'sinks' waarschijnlijk als een van de meest kosteneffectieve methoden binnen de Flexibele Instrumenten aangemerkt kunnen worden.

Referenties

Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M. and Kauppi, P., 1996. Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions. In Watson, T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. en Dokken, D.J. Climate Change 1995. IPCC en Cambridge University Press.

DHV, 1991. Study on the potential contribution of tropical forestry to decrease atmospheric carbon content. DHV consultants, Amersfoort, Nederland. 71 p.

Emmer, I.M. en J.A. Verweij, 1999. Carbon offsets and transaction costs in Face projects. Face Foundation, Postbus 646, 6800 AP Arnhem.

FAO, 1995. Forest Resources Assessment 1990. Rapport 124.

FAO, 1999. The State of the World's Forests 1999. 154 p.

Grainger, A., 1991. Constraints on increasing tropical forest area to combat global climate change. In: Howlett, D. and Sargent, C. (eds.). Proceedings of the technical workshop to explore options for global forestry management, 24-30 april, Bangkok, Thailand. International Institute for Environment and Development, London, UK.

Hol, P., Sikkema, R., Blom, E., Barendsen, P. en Veening, W. 1999. Private investments in sustainable forest management. I. Final Report. Form Ecology Consultants and Netherlands Committee for IUCN. The Netherlands.

IPCC/OECD/IEA, 1996. IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories. Module 5. Land use change and forestry. In: IPCC Guidelines, revised 1996 versions. Reference Manual, Vol 3. 74 p. Workbook, Vol 2, 54 p. Working Group I. TSU. United Kingdom

Nilsson, S. 1982. An alley model for forest resources planning. In Ranney, B. (ed.), Statistics in theory and practice: Essays in honour of Bertil Matérn. Swedish University of Agricultural Sciences, Umea, Sweden.

Nilsson, S. en Schopfhauser, W., 1995. The Carbon-sequestration potential of a global afforestation programme. Climatic Change 30: 267-293.

Phillips, O.L., Mahli, Y., Higuchi, N., Laurance, W.F., Núñez, P.V., Vásquez, R.M., Laurance, S.G., Ferreira, L.V., Stern, M., Brown, S. en Grace, J., 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. Science 282: 439-442.

Schimel, D.S., 1995. Terrestrial ecosystems and the global carbon cycle. Global Change Biology 1: 77-91.

Trexler, M.C., 1991. Estimating tropical biomass futures: A tentative scenario. In: Howlett, D. and Sargent, C. (eds.). Proceedings of the technical workshop to explore options for global forestry management, 24-30 april, Bangkok, Thailand. International Institute for Environment and Development, London, UK.

Winjum, J.K., Dixon, R.K. en Schroeder, P.E., 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air, Soil Poll.* 76(1/2): 163-198.

Zobel, B.J., Van Wyk, G. en Stahl, P., 1987. Growing exotic forests. J. Wiley and Sons, New York, NY, USA.

Aanhangsel 1

Tabel 13. Overzicht van enige algemene demografische, economische en landgebruiksgegevens van de landen op de verschillende OS lijsten.

[illegible]

Landen	Totaal opp. (1000 ha)	Bevolkings dichtheid 1995 (pop/ km ²)	BNP 1995 US\$	Totale bosbedekking 1995 (1000 ha)	Natuurlijke bosbedekking 1995 (1000 ha)	Biomassa bestaand bos 1990 (tons/ ha)	Verandering '90-'95 (1000 ha)	Oppervlakte onder Landbouw 1980 (1000 ha)	Oppervlakte onder Landbouw 1989 (1000 ha)
Egypte	99545	64.8	790	34	0	0	0	2445	2571
Zuid Afrika	122104	35.5	3160	8499	7204	197	-75	94674	96300
Palestijnse gebieden	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<i>Milieulijst</i>									
Afrika									
Kaapverdie	403	99.3	960	47	6	150	31	65	67
Senegal	19253	45.7	600	7381	7269	69	-248	8050	8050
Azie									
China	932641	133.4	620	133323	99523	157	-433	434212	530995
Filippijnen	29817	237.1	1050	6766	6563	236	-1312	9714	10320
Mongolie	156650	1.7	310	9406	9406	60	0	124587	125532
Nepal	14300	158	200	4822	4766	109	-274	4210	4149
Zuid Amerika									
Brazilië	845651	19.3	3640	551139	546239	189	-12772	220518	238690
Colombia	103870	35.7	1910	52988	52862	195	-1311	45299	45183
Ecuador	27684	43	1390	11137	11092	197	-945	6478	7753
Guatemala	10843	103.3	1350	3841	3813	172	-412	3050	4285
Peru	128000	19.1	2310	67562	67378	236	-1084	30670	30920
<i>Landen met duurzaam ontwikkelingsverdrag</i>									
Afrika									
Benin (ook op milieulijst)	11062	51.5	370	4625	4611	40	-298	1520	1610
Centraal Amerika									
Costa Rica	5106	70.5	2610	1248	1220	184	-207	2516	2830
Zuid Amerika									
Suriname	15600	2.6	880	14721	14713	259	-61	69	88

Landen	Totaal opp. (1000 ha)	Bevolkings dichtheid 1995 (pop/km ²)	BNP 1995 US\$	Totale bosbedekking 1995 (1000 ha)	Natuurlijke bosbedekking 1995 (1000 ha)	Biomassa bestaand bos 1990 (tons/ha)	Verandering '90-'95 (1000 ha)	Oppervlakte onder landbouw 1980 (1000 ha)	Oppervlakte onder landbouw 1989 (1000 ha)
Azie									
Bhutan	4700	40.4	420	2756	2748	181	-47	387	401
Totaal 17+3 lijst	1290220			265941	246249	100	-9960	534206	542953
Totaal milieulijst	2269112			848412	808917	161	-18760	886853	1005944
Totaal Ontw. Verdrag	36468			23350	23292	166	-613	4492	4929
Bron	FAO, state of forests 1999			FAO, state of forests 1999	FAO, state of forests 1999	FAO Forest Resources Assessment 1990	FAO, state of forests 1999	FAO agriculture database	FAO agriculture database

