

## GENETISCHE MODIFICATIE IN DE BOSBOUW

Het wereldwijde gebruik van hout en houtproducten zal naar verwachting in 2010 met 50% zijn toegenomen. De race tegen de klok om de productiviteit van onze bossen te verhogen via de vermeerdering van genetisch superieure bomen is aan de gang. In dit Bos en Hout Bericht een overzicht van genetische technieken om meer en beter hout te produceren. Het plaatst de voor- en nadelen tegen het licht van maatschappelijke acceptatie.

2000 nr. 1

S  
B  
H

STICHTING BOS EN HOUT

### DUURZAME HOUTVOORZIENING

De voortschrijdende verstedelijking en de toenemende vraag naar ruimte voor natuur en recreatie leggen steeds meer druk op onze schaarse bossen, waardoor de houtproductie van eigen bodem - en daarmee onze bijdrage aan een duurzame houtvoorziening - in de knel komt. Nu al halen we ongeveer 93% van ons hout uit het buitenland. Deze grote afhankelijkheid van het buitenland blijkt uit een ruimtebeslag van 5,4 miljoen ha bos in de gematigde streken en 1,1 miljoen ha bos in de tropen. We hebben dus 2 x de oppervlakte van Nederland aan bos elders

De wereldwijde vraag naar meer duurzame energie, houtvezels voor de papierindustrie en hout als constructiemateriaal neemt snel toe. In de geïndustrialiseerde landen is het jaarlijkse verbruik van houtvezels in de laatste 25 jaar met 50% toegenomen en in ontwikkelingslanden zelfs met 300%. Toekomstverkenningen van de Wereld Voedsel Organisatie (FAO) laten zien dat de wereldwijde vraag naar hout gelijke tred houdt met de groei van de wereldbevolking. Tegen het jaar 2010 zal er jaarlijks een extra behoefte zijn aan 2 miljard m<sup>3</sup> hout. Afgezet tegen het huidige mondiale houtverbruik van 3,8 miljard m<sup>3</sup> is dat een stijging van ruim 50%. Tegelijkertijd zal het aanbod uit



Klonale productiebeplanting van *Paulownia fortunei* (Queensland, Australië)

nodig om aan onze houtbehoefte te kunnen voldoen. Juist vanwege die grote importstromen voelt Nederland zich mede verantwoordelijk voor duurzaam bosbeheer in het buitenland.

de tropische en boreale wouden verder afnemen, enerzijds door kap en anderzijds door het uit productie nemen van bos onder druk van milieuorganisaties. Een manier om tegemoet te komen aan de toenemende vraag naar houtproducten is de plantagebosbouw.

## HOUTPLANTAGES DE OPLOSSING?

Onze toekomstige houtvoorziening - of dat nu deels in eigen land of grotendeels in het buitenland plaatsvindt - wordt bepaald door drie factoren: het ontwikkelen van duurzame productieketens, het gebruik van innovatieve kennis en het vergroten van het maatschappelijk draagvlak. Internationale onderzoeksinspanningen op het gebied van de bosbouw en de biotechnologie richten zich op het verhogen van de productiviteit, op het verbeteren van de houtkwaliteit en op het verhogen van de resistentie tegen ziekten en plagen van bomen. Intensief beheerde houtplantages (tree farms) zijn in ons land nog science fiction, maar in het buitenland is men er klaar voor. Vegetatieve vermeerdering van bomen, waarbij via genetische modificatie groeibevorderende eigenschappen worden "ingebouwd", is in sommige landen al geen toekomstmuziek meer. Proeven zijn overal aan de gang en de resultaten lijken veelbelovend. Vanuit de kenniskant en vanuit productieketens geredeneerd lijkt er dus perspectief te zijn voor "genetische manipulatie" van bosbomen. Echter, op het vlak van maatschappelijke acceptatie liggen er nog een aantal knelpunten.

### Genetische manipulatie

*Genetische manipulatie of genetische modificatie ("genetic engineering") is het veranderen van de erfelijke eigenschappen van een organisme, door een stukje DNA (een gen) te verwijderen met behulp van enzymen en er een ander gen met gewenste eigenschappen voor in de plaats te zetten. Genetische manipulatie is een relatief nieuw vakgebied dat pas 15 jaar bestaat, maar waarvan de resultaten in ons dagelijkse leven al niet meer zijn weg te denken: in het voedsel dat we eten, de kleren die we dragen en de medicijnen die we met zijn allen gebruiken. Iedereen heeft of krijgt er mee te maken. Deze ontwikkeling is niet onomstreden. Het is inmiddels een belangrijk onderwerp geworden van publiek debat met sociaal-economische, ecologische en ethische consequenties.*

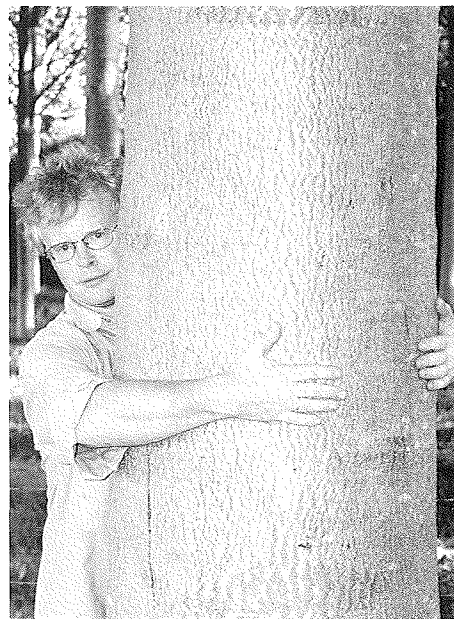
### ENKELE PRAKTIJKVOORBEELDEN

- De multinational Monsanto gold jarenlang als de voornaamste aanjager van de mondiale gentechnologie. Het bedrijf met een onderzoeksbudget van meer dan honderd miljard dollar, bezit twintigjarige octrooien op genetisch gemanipuleerde producten, waaronder soja, katoen, koolzaad en maïs, en vrijwel ieder ander denkbaar gewas is in ontwikkeling. De helft van alle sojabonen en een derde van alle maïs is inmiddels genetisch gemanipuleerd. Bijna 60% van alle bewerkte voedingsmiddelen bevat thans genetisch gemanipuleerde producten. Maar de Europese markt biedt in toenemende mate weerstand tegen Monsanto's expansiedrift. In maart 1999 kondigden grote

supermarktketens aan biotech-voedsel te zullen boycotten. Niet zozeer omdat ze vinden dat gemanipuleerd voedsel niet veilig zou zijn, maar omdat de consument het niet wil. Monsanto heeft in Europa miljoenen consumenten tegen zich in het harnas gejaagd, waardoor de hele biotechnologie in een kwaad daglicht wordt gesteld.

- Greenz Ltd is een multi-miljoen dollar onderzoeksinitiatief, opgericht door een consortium van vooraanstaande bosbedrijven in Nieuw Zeeland. Het doel van Greenz is om de waarde van de plantagebosbouw op te vijzelen, o.a. door de genetische code van *Pinus radiata* te ontrafelen. Onderzoeksprioriteiten liggen bij steriliteit, volumegroei, houtdichtheid, vezel karakteristieken, vertakking en weerstand tegen schimmelziekten. Men verwacht dat de toegevoegde waarde van het hout van genetisch getransformeerde bomen een geweldige stimulans oplevert voor de bosbouw in Nieuw Zeeland. De commercialisatie van genetisch gemodificeerde bomen zal in Nieuw Zeeland naar verwachting snel plaatsvinden.

- Een joint venture voor de commercialisatie van biotechnologie in de bosbouw is onlangs van start gegaan (april 1999). De deelnemende partijen Fletcher Challenge Forests, International Paper, Monsanto en Westvaco Corporation hebben gezamenlijk 60 miljoen dollar bijeengebracht als startkapitaal. Zij zien dit initiatief als een soort wereldwijde magneet



Selectie op snelle groei: 7-jaar oude *Paulownia*

voor toekomstige ontwikkelingen en doorbraken in de biotechnologie. Onafhankelijke laboratoria, universiteiten en onderzoeksgroepen zullen worden benaderd om kansrijke ideeën in de praktijk te testen en te vermarkten. Het Nieuw Zeelandse Genesis Research Development (Auckland) verricht

onderzoek aan de structuur van het DNA. De focus ligt voorlopig op boomsoorten, die wereldwijd met de grootste aantallen worden aangeplant: eucalyptus, populier, *Pinus radiata* en sweetgum. Genetische verbeteringen betreffen herbicide resistent plantmateriaal, grotere groeisnelheden, verbeterde vezelkwaliteit en uniformiteit.

- Shell International werkt in Uruguay aan een praktijkproef met gemodificeerde Eucalyptusbomen, die zijn aangepast aan onkruidbestrijdingsmiddelen. Het Australische bedrijf ForBio werkt aan genetische modificatie van eucalyptus, Acacia, teak en verschillende soorten dennen.

### Biotechnologisch onderzoek aan lignine bij de populier

*Lignine is verantwoordelijk voor de stevigheid van celwanden en is dus uitermate belangrijk bij de groei en het weerstandsvermogen van bomen. Ongeveer 30% van het drooggewicht van bomen bestaat uit lignine. Echter, voor de papierfabricage is een hoog lignine-gehalte ongewenst, omdat er kostbare en milieu-onvriendelijke technieken nodig zijn om het lignine los te maken van het cellulose. Men is er inmiddels in geslaagd om transgene populieren te produceren met 45% minder lignine en 15% meer cellulose.*

- Het biotechnologiebedrijf Astra Zeneca doet sinds 1990 veldproeven met transgene populier in Groot-Brittannië en in Frankrijk, gericht op een lager lignine-gehalte voor de papierfabrikage.

- Onderzoekers aan de Hebreeuwse Universiteit in Jerusalem zijn erin geslaagd een gen te isoleren waarmee de groei van populieren met 50% kan worden versneld. Het onderzoeksteam verwacht dat de techniek, die in Amerika is gepatenteerd, binnen 5 jaar commercieel kan worden toegepast.

- De Canadian Forest Service is actief betrokken bij de genetische modificatie van sparren en dennen, in de verwachting dat ze bomen kunnen ontwerpen die hun eigen pesticide kunnen aanmaken (*Bacillus thuringiensis toxine*). Zulke transformaties sluiten aan bij de natuurlijke aanpassingsstrategieën, die bomen hebben ontwikkeld tegen insectenplagen. De Canadese Forest Service is nu veldproeven in Quebec aan het afronden. Er is een aparte organisatie opgericht (Silvagen) voor de vermarkting van gemodificeerd plantsoenmateriaal.

### WEEFSELKWEEK

Bosaanplant met genetisch superieur uitgangsmateriaal is alleen mogelijk als we de beschikking hebben over efficiënte methoden om de beste bomen te vermenigvuldigen of te kopiëren. Er wordt steeds meer gebruik gemaakt van

weefselkweek. Dit zijn technieken om delen van een plant onder steriele omstandigheden op een voedingsmedium te laten groeien. Het voedingsmedium bestaat uit een mengsel van mineralen, suikers, vitamines en plantenhormonen. Een veelbelovende methode van weefselkweek is de somatische embryogenese, waarbij grote hoeveelheden superieure en genetisch identieke zaailingen geproduceerd kunnen worden. Het woord "somatisch" verwijst naar het feit dat de embryo's op asexuele wijze zijn voortgebracht, waardoor de nakomelingen hetzelfde genetische materiaal bevatten.

### Genetische modificatie van bomen omstreden

Het Amerikaanse pulp- en apierbedrijf Boise Cascades bezit in het westen van de Verenigde Staten 7000 ha aan tree farms van hybride populier, die een deel van hun benodigde pulp leveren. Via traditioneel selectie- en veredelingsonderzoek worden er voortdurend nieuwe populierenklonen ingezet. Maar ook investeert het bedrijf in proeven met "genetic engineering" om bijvoorbeeld bomen te krijgen met een lager lignine-gehalte, waardoor de pulpfabricage goedkoper en milieuvriendelijker wordt. Ook zijn er proeven met populierenklonen die resistent zijn gemaakt tegen het onkruidbestrijdingsmiddel Round-up en met de inbouw van een natuurlijk bestrijdingsmiddel tegen insectenvraat (Bt-toxin), waardoor het gebruik van pesticiden vrijwel overbodig wordt. Van de noodzaak tot genetische modificatie is niet iedereen overtuigd: milieu-activisten hebben de afgelopen jaren actie gevoerd om deze ontwikkeling een halt toe te roepen. Het bedrijf is nu uiterst terughoudend met het verstrekken van informatie over hun proeven met genetische gemodificeerde bomen, omdat ze bang zijn voor vervolgacties van vandalisten.

### HOUTPRODUCTIE

Vanwege de toegenomen bevolkingsdruk is er enerzijds de wens om grote bosgebieden als natuurgebied te bestemmen, waardoor ze zijn vrijgesteld van houtproductie. Anderzijds is er een dringende behoefte aan bedrijfsmatige houtproductiesystemen die de houtopbrengst en houtkwaliteit kunnen verbeteren. De oppervlakte aan houtplantages in de geïndustrialiseerde landen is tussen 1980 en 1995 verdubbeld en men verwacht een verdere verdubbeling rond 2010. In dichtbevolkte gebieden worden productiebossen meestal geïntegreerd in het landschap samen met andere vormen van landgebruik. In ons land zullen ze dus zelden het formaat krijgen van uitgestrekte en eenvormige monoculturen. In het buitenland kan dat evenwel anders liggen (zie kader Monoculturen in Nieuw Zeeland). Genetisch gemodificeerde bomen zullen

waarschijnlijk alleen gebruikt gaan worden in intensieve korte-omloop bossen, die uitsluitend houtproductie tot doel hebben. Dit soort plantages kunnen er aan bijdragen dat de druk op de exploitatie van inheemse bossen minder groot wordt.

### Monoculturen in Nieuw Zeeland

*Nieuw Zeeland is het bekendste voorbeeld van een land met veel productiebos in monocultuur. Het areaal van Pinus radiata omvat op dit moment circa 1,7 miljoen ha in Nieuw Zeeland. Het neemt jaarlijks toe met 50.000 ha. Deze vormen natuurlijk geen alternatief voor gevarieerde, gemengde inheemse bossen. En het is duidelijk dat ze ernstig te kort kunnen schieten in het bosbeeld dat het algemene publiek graag ziet met betrekking tot invulling van het landschap, de biodiversiteit en de recreatie. Hierbij speelt overigens mee dat Nieuw Zeelanders over het algemeen anders denken over het landgebruik dan bijvoorbeeld Europeanen. In de meeste gevallen is het economische alternatief een monocultuur weiland, en dan springen bossen qua aantrekkelijkheid en qua milieuverdienste er veel beter uit.*

### ROESTRESISTENTIE

Een algemene trend naar meer plantagebosbouw kan evenwel een reden tot zorg zijn. Een voorbeeld is de zware roest-aantasting bij hoogproductieve populierenbossen. De oorzaken zijn genoegzaam bekend: een overwegend



Weefselkweek

monoklonale populierenteelt, een beperkte genetische basis, klonen die voor totale resistentie zijn veredeld en een pathoogeen dat zich ongelooflijk snel lijkt aan te passen. Om voldoende genetische bescherming te hebben moeten klonale beplantingen uit minstens 7 tot 25 verschillende klonen bestaan, bij voorkeur individueel gemengd. Als er dan één of enkele klonen uitvallen, is het effect eigenlijk een soort dunning. Om het ontstaan van nieuwe, nog aggressievere

roest-rassen te voorkomen, zal de populierenteelt moeten afstappen van het gebruik van totaal resistente klonen. Nieuwe populierenklonen die in de toekomst op de markt worden gebracht, dienen dus in lichte mate gevoelig te zijn voor de meeste roest-rassen. Alleen dan kan er een evenwicht ontstaan tussen de roestpopulatie en de populierenbeplantingen.

### NIEUWE INSTRUMENTEN

Het verbeteren van de groei en vorm van bomen door traditionele plantenveredelingsmethoden is algemeen geaccepteerd binnen de bosbouw. De biotechnologie biedt ons echter nieuwe instrumenten om direct toegang te verkrijgen tot de genetische code van bomen. Genetische verbetering is ofwel het gevolg van het selecteren van superieure genen binnen dezelfde soort ofwel van het overbrengen van vreemde genen in het bestaande DNA van de boom om specifieke kenmerken te verbeteren. Men spreekt dan van een "transgene" boom. De gewenste genen ontbreken meestal van nature in de betreffende boomsoort en kunnen afkomstig zijn van andere planten, bacteriën of dieren. Ook is het mogelijk om genen in te brengen die ongewenste eigenschappen van een boomsoort kunnen onderdrukken. Dit biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid om het natuurlijke gedrag en de eigenschappen van bomen te verfijnen en af te stellen op de wensen van de eindgebruiker. Het overbrengen van vreemde genen naar bomen kan resulteren in unieke genencombinaties, die onbereikbaar zijn met conventionele methoden in de plantenveredeling. Voor transgene bomen zijn twee categorieën van genen interessant:

- 1 Genen die de groei van bomen bevorderen, dan wel negatieve gevolgen van omgevingsfactoren (zoals ziekten en plagen of droogtestress) tegengaan
- 2 Genen die de kwaliteit van het hout verbeteren

Foto Alterra, Wageningen - UR

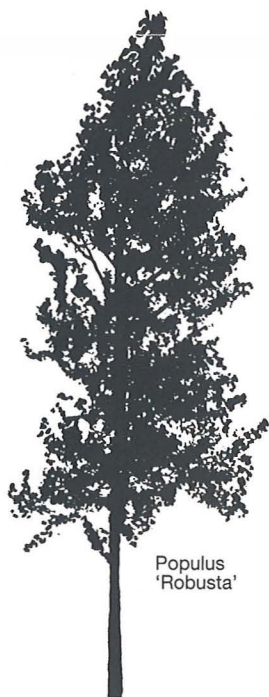
Er zijn diverse gen-transfer systemen beschikbaar om vreemd DNA over te brengen in planten. De meest algemene microbiologische methode gebruikt een bodembacterie (*Agrobacterium tumefaciens*) of een houtbacterie (*Acetobacter xylinum*) als tussenwaard om genen in te bouwen in bomen. Andere methoden maken gebruik van beschieting met microscopische gouddeeltjes of van polyethyleen glycol. Zodra de genen met succes zijn overgebracht in het DNA van de nieuwe plant, moet het transgene plantmateriaal vermeerderd worden. Via embryogenese in het laboratorium en andere "reagerbuis technieken" is het mogelijk om duizenden kiemplantjes te produceren uit één enkel zaadje of stukje weefsel. Aanvullend kunnen meer traditionele methoden van vegetatieve vermeerdering worden ingezet zoals door stekken.

## Klonen

Het woord "kloon" (afkomstig van het Griekse woord voor "twijg") verwijst naar een nakomeling van één enkele ouder, waarvan de genetische samenstelling identiek is aan die van de ouder. Het klonen van planten is zo oud als de mensheid: het wordt al eeuwenlang toegepast bij de vermeerdering van bijvoorbeeld wijnstokken, wilgetenen, rubberbomen en van veel tuinplanten en voedselgewassen. Het klonen van zoogdieren is een recent verschijnsel, met het schaap "Dollie" als beroemdste voorbeeld.

## CONTROVERSIE

"Er is een overweldigende consensus onder wetenschappers dat biotechnologie veilig kan worden gebruikt en perspectief biedt voor de toekomst", aldus een recente gezamenlijke verklaring van wetenschappers die zijn aangesloten bij de Internationale Unie van bosonderzoeksorganisaties (IUFRO). "Genetische manipulatie is niet riskanter dan het werk dat al honderden jaren door conventionele plantenveredeling wordt gedaan. Het gaat niet om de vraag of we wel of niet gebruik mogen maken van genetische technieken, maar hoe we ze verantwoord kunnen gebruiken en monitoren".



Populus  
'Robusta'

'Robusta', de meest verbreide populierenkloon in Nederland

Daarentegen heeft het Wereld Natuur Fonds in november '99 de overheden van alle landen verzocht om een wereldwijd moratorium in te stellen voor het commerciële gebruik van genetische modificatie van bomen. De controverse spitst zich momenteel toe op de

wenselijkheid en de risico's verbonden aan veldproeven met transgene bomen. Vanuit wetenschappelijke zijde wordt het belang van veldproeven onderstreept, juist om de waarde en veiligheid van de technologie te kunnen aantonen. Vanuit bezorgde milieuoorganisaties worden veldproeven categorisch afgewezen omdat ze een gevaar zouden opleveren voor de omgeving. Op dit moment vinden er in 17 landen veldproeven plaats met genetisch gemodificeerde bomen. Dit gebeurt o.a. in USA, Canada, Nieuw Zeeland, Australië, Japan, Indonesië, Zuid Afrika, Chilië, Uruguay, Frankrijk, UK, Duitsland, Spanje, Portugal, Italië, België en Finland.

## Wat is het Biosafety Protocol?

Dit protocol stelt internationale voorschriften en regels op voor het veilig verplaatsen en verhandelen van levende organismen die genetisch gemodificeerd zijn. Het beschrijft afspraken waarbij het niet is toegestaan om genetisch gemodificeerde organismen te vervoeren zonder toestemming vooraf van de importerende partij. In principe is afgesproken dat 170 landen het protocol zullen ondertekenen. Dit protocol sluit aan bij de Europese richtlijn 90.220. EEC over het doelbewust vrijlaten van genetisch gemodificeerde organismen.

Het overbrengen van vreemde genen kan onbedoelde neveneffecten te weeg brengen op de genetische samenstelling (het genoom) van het organisme, die pas na lange tijd merkbaar worden. Planten genetisch manipuleren is vaak een kwestie van uitproberen. Sommige cellen nemen de nieuwe genen op; andere niet. Om er achter te komen bij welke cellen de manipulatie is gelukt, wordt er een zogenaamde markergenen gestopt bij het pakketje nieuwe genen. De huidige generatie markergenen zijn over het algemeen bestand tegen antibiotica. Door de transgene cellen te behandelen met antibiotica, blijven alleen die cellen in leven, waarbij de genetische modificatie is aangeslagen. Het risico bestaat echter, dat het gen overslaat naar bijvoorbeeld schadelijke darmbacteriën, die daardoor ook bestand worden tegen antibiotica.

Hoewel niet ontkend kan worden dat transgene eigenschappen van bomen een risico kunnen inhouden voor (bos)ecosystemen, bestaan er verschillende opties om hun mogelijke impact tot het uiterste te beperken. Lange termijn veldproeven zijn daarbij onmisbaar om vermeende ecologische risico's te kunnen monitoren en beoordelen. Afgezien van de nog onbekende lange termijn-effecten is de grootste zorg over genetische gemodificeerde bomen een mogelijke kruisbestuiving. Om het probleem van kruisbestuiving tegen te gaan wordt er bijvoorbeeld door de Tree Genetic Engineering Research Cooperative aan de Oregon State University (USA) gewerkt aan het steriel maken van de

mannelijke en vrouwelijke bloemen van populier, zodat de overgebrachte genen zich niet via natuurlijke weg (via zaad) kunnen verspreiden.

## TOEKOMSPERSPECTIEF

Tot dusverre is er nog geen genetisch gemodificeerd hout op de markt verkrijgbaar. Volgens de marktleaders Monsanto en Astra Zeneca is dat nog slechts een kwestie van tijd. Binnen 5-8 jaar zal er op commerciële schaal transgeen plantsoen verkrijgbaar zijn en het duurt dan nog eens zo lang voordat er genetisch gemodificeerde pulp op de markt komt. Volgens Shell daarentegen zal het zo'n vaart niet lopen, vanwege een aantal technische knelpunten en vooral vanwege de publieke opinie. De Europese houtverwerkende industrie is zich eveneens zeer bewust van de huidige controverse rondom genetische modificatie. De Europese bos- en houtsector heeft de afgelopen jaren zwaar geïnvesteerd in duurzaam bosbeheer en certificering. Genetisch gemodificeerde bomen lijken daar niet zo goed in te passen. Voorlopig neemt de sector een afwachtende houding aan.

## TOT SLOT

De introductie van nieuwe technieken of nieuwe producten is succesvol als de kennis beschikbaar is, de productieketens aanwezig zijn en er draagvlak is bij de consument. Het toepassen van transgene bomen op commerciële schaal roept een aantal sociaal-economische en zelfs ethische vragen op die een vrije uitwisseling van informatie en een open discussie noodzakelijk maken. Publieke controverse is daarbij zeker te verwachten en is zelfs wenselijk, al was het alleen maar om de aandacht scherp te houden. Ironisch genoeg bleken de partijen die betrokken waren bij deze korte inventarisatieronde over genetische modificatie in de bosbouw erg terughoudend met het verstrekken van informatie. Hoewel Nederland bepaald niet voorop loopt met biotechnologisch onderzoek aan bomen, is het voor het verkrijgen van een breed maatschappelijk draagvlak met daarbij ruimte voor diverse gezichtspunten en meningen, belangrijk om de internationale ontwikkelingen nauwlettend te blijven volgen.

Dr. ir. Leen Kuiper

© Stichting Bos en Hout – ISSN: 1382-1113

**SBH** STICHTING BOS EN HOUT

Stichting Bos en Hout  
Bosrandweg 5  
Postbus 253,  
6700 AG Wageningen  
tel.: 0317 - 424666  
fax: 0317 - 410247  
e-mail: mail@sbh.nl  
www.sbh.nl