

**TNO-rapport**

**21573 / 018.10311**

**Fysiologische en psychische en gezondheids-  
effecten van planten in de werksituatie op de ge-  
zondheid en het welbevinden van werknemers**

**Literatuurstudie**

Datum	22 februari 2006
Auteurs	John Klein Hesselink (TNO Kwaliteit van Leven) Marcel Loomans (TNO Bouw en Ondergrond) Ellie de Groot (TNO Bouw en Ondergrond) Anja Kremer (TNO Kwaliteit van Leven)

Polarisavenue 151  
Postbus 718  
2130 AS Hoofddorp

[www.tno.nl/arbeid](http://www.tno.nl/arbeid)

T 023 554 93 93  
F 023 554 93 94

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks- opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

# Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Fysiologische effecten van planten op het werk</b> .....	<b>6</b>
2.1 Thermisch comfort.....	6
2.2 Luchtkwaliteit .....	8
2.3 Akoestiek .....	15
2.4 Planten en gezondheid .....	17
2.5 Conclusie .....	17
<b>3 Psychische en gezondheidseffecten</b> .....	<b>19</b>
3.1 Gezondheid .....	19
3.2 Welbevinden .....	23
3.3 Productiviteit.....	24
3.4 Hoe werkt het nu precies?.....	26
3.5 Conclusie .....	27
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>29</b>
4.1 Gunstige effecten, aanbevelingen tot actie .....	29
4.2 Naar een optimale toepassing .....	31
4.3 Tot besluit .....	33
<b>5 Referenties</b> .....	<b>35</b>
5.1 Referenties bij hoofdstuk 2 .....	35
5.2 Referenties bij hoofdstuk 3 .....	36

## Voorwoord

Veel mensen nemen uit zichzelf planten mee naar het werk als hun werkgever daar niet voor zorgt. Klaarblijkelijk komt dat voort uit een 'natuurlijke' behoefte van de mens om de buitengesloten natuur weer binnen te halen. Sinds de mens op grote schaal is gaan werken in de beschutting van gebouwen is de natuur steeds meer buitengesloten. Daar lijkt nu een kentering in te komen.

Zo behoort het plaatsen van planten in de werksituatie allang niet meer alleen tot het privé gedrag van werknemers. Ook werkgevers proberen hun bedrijven optimaal vorm te geven, niet alleen wat betreft de openheid van de gebouwen, maar ook in planning, aanleg en onderhoud van de interieurbeplanting. Bloemen en planten vormen steeds meer een integraal onderdeel van de inrichting van een gezonde werkplek.

Inmiddels zijn er veel bedrijven in Nederland actief die zich bezig houden met professionele beplanting van kantoren en bedrijfsgebouwen. Het Bloemenbureau Holland is één van de organisaties die de belangen van deze bedrijven behartigt. Eén van de activiteiten van het Bloemenbureau is het meefinancieren van onderzoek naar het zichtbaar maken van de effecten van planten in de werksituatie op degenen die daarin werken.

Ook het voorliggende onderzoek kwam tot stand met behulp van door het Bloemenbureau Holland aan TNO beschikbaar gestelde financiële middelen. We hopen dat het Nederlandse bedrijfsleven met de resultaten van dit onderzoek in de toekomst haar voordeel zal doen.

John Klein Hesselink  
Marcel Loomans  
Ellie de Groot  
Anja Kremer

# 1 Inleiding

Door de eeuwen heen heeft de mens planten toegepast voor het verhogen van het welbevinden. De gecultiveerde potplant kent dan ook al een lange geschiedenis. De Britse architecte Jane Stilles beschrijft dat in China 3.000 jaar geleden de eerste planten in potten werden gepoot om terrassen op te fleuren. Bekend zijn ook de Hangende Tuinen van Babylon die in de 8<sup>e</sup> eeuw voor Christus werden aangelegd. Bodemvondsten wijzen erop dat potplanten werden neergezet op de binnenplaatsen bij de Egyptenaren rond 300 voor Christus en in Pompeii zo'n 2.000 jaar geleden.

Planten werden daarnaast vooral verzameld vanwege hun voedingswaarde en medicinale werking. Dat gold ook voor de veldheren, ontdekkingsreizigers en kruisvaarders, die planten en zaden meenamen van hun verre reizen. In de 17<sup>e</sup> en 18<sup>e</sup> eeuw was er vaak een botanicus aan boord van een koopvaardijship om planten te identificeren als eetbaar of geneeskrachtig. Eenmaal teruggekeerd van de reis was het zaak de kwetsbare exotische planten te laten groeien en vermenigvuldigen in een afwijkend klimaat. Al in 1550 werden daarvoor in Italië glazen kasconstructies gebouwd. De eerste botanische tuinen werden in de 18<sup>e</sup> eeuw aangelegd. Kew Gardens in Engeland herbergde in 1789 ruim 5.500 verschillende soorten planten. De 18<sup>e</sup> eeuw was ook de eeuw van de Oranjerieën waarin in de winter de citrusbomen, ananasplanten, cactussen, passiebloemen, guave- en papajabomen werden gehuisvest.

Aan het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw werd het mode om planten te kweken om esthetische en praktische redenen. Dit leidde ertoe dat buitenplanten naar binnen werden gehaald wanneer ze bloeiden. Het bezit van exotische planten gaf veel aanzien en er was veel rivaliteit tussen plantenliefhebbers. Hierdoor werd in deze kringen het hebben van een kas of serre aan het huis gemeengoed. Het duurde tot halverwege de 20<sup>e</sup> eeuw voordat de moderne kamerplant in de meeste woningen verscheen.

Na 1950 veranderde de arbeidssituatie in de westerse landen in sterke mate. Agrarisch werk en de industrie werden minder belangrijk en de dienstverlening kwam sterk op. Daardoor ging men steeds meer in kantoren werken. Kantoortuinen bleken een probaat middel om de huisvestingskosten van kantoorwerknemers terug te dringen. In de zestiger jaren werd dat aangeprezen als 'modern'. Bekend zijn de plaatjes uit die tijd, veelal nog in zwart-wit, die deze nieuwe kantooromgeving aanprezen als nieuw en vooruitstrevend.

Planten bleken ook al in die tijd onderdeel te zijn van de nieuwe kantoorinrichting, maar dan vanuit decoratieve en ruimtelijke overwegingen. Men ging echter nog niet systematisch na of planten een gunstig effect hadden op de prestaties en daarmee de kostprijs van werknemers. Het samenbrengen van veel kantoorwerkers op een relatief beperkt aantal vierkante meters had op zich al een kostenbesparend effect. Dat planten ook aan het welbevinden van het personeel en daarmee eventueel ook de productiviteit zouden kunnen bijdragen, was nog niet aan de orde.

In de zeventiger jaren stond de ruimtevaart aan de wieg van veel innovaties. Een aantal hiervan zijn minder bekend, maar werken nu nog steeds door. Zo bestudeerde de Amerikaanse onderzoeker Wolverton (1989, 1996) voor NASA de effecten van planten in gesloten ruimten. Hij ontdekte dat het ecosysteem in potplanten in staat is rook, vluchtige organische stoffen en pathogene micro-organismen uit de lucht te verwijderen.

Hierbij werken bladeren, wortels, potaarde en micro-organismen in het complexe ecosysteem van een plant symbiotisch samen.

In de zeventiger jaren kwam ook het onderzoek naar de landschappelijke inrichting van steden en de kwaliteit van binnenruimten goed op gang. Licht en uitzicht bleken belangrijke factoren, die al snel werden vertaald in wet- en regelgeving voor stedelijke planning en het bouwen van huizen en bedrijfsgebouwen. Het bleek dat mensen zich in een bebouwde omgeving thuis voelen als er veel groen aanwezig is, dit samen met onder andere doorkijkjes en gebogen lijnen.

Mensen reageren over het algemeen positief op planten in de werksituatie. Ze voelen zich prettiger en ervaren minder stress in een omgeving met planten. Om hier meer over te weten te komen is door TNO Bouw en Ondergrond en TNO Kwaliteit van Leven een literatuurstudie gedaan naar de fysiologische effecten van planten in de werksituatie en naar de psychische en gezondheidseffecten van planten in de omgeving van de werkende mens.

Het blijkt dat planten bijdragen aan de verbetering van het binnenmilieu. Ze verdampen water en bevochtigen zo de lucht. Ze zijn ook in staat om de lucht te filteren van stofdeeltjes en schadelijke stoffen, zoals formaldehyde en benzeen en kunnen bijvoorbeeld ook zorgen voor een verbetering van de akoestiek. Hoe ze dat doen en in welke mate wordt in het hoofdstuk over fysiologische effecten van planten op het werk toegelicht. In het hoofdstuk over psychische en gezondheidseffecten van planten op het werk wordt beschreven wat bekend is over de effecten van planten in de werksituatie op de gezondheid, het welbevinden en de productiviteit van werknemers.

Het onderwerp van deze studie is beperkt tot de fysiologische, psychische en gezondheidseffecten. Geen aandacht is besteed aan onderzoeksgebieden als de toxicologie en allergologie, omdat ervan uitgegaan wordt dat wat dit betreft de bescherming van werkenden door Nederlandse beplantingsbedrijven in voldoende mate in acht genomen wordt. Ook effecten van stedelijke planning en het werken in een groene omgeving buiten of in kassen vormen geen onderdeel van deze studie, hoewel over deze onderwerpen al wel een aanzienlijke onderzoeksliteratuur bestaat. Hetzelfde geldt voor de gezondheidseffecten bij groepen niet werkenden zoals ziekenhuispatiënten, bejaarden en gedetineerden.

### **Leeswijzer**

Het rapport is als volgt opgebouwd. In het tweede hoofdstuk worden de fysiologische effecten van planten op het werk beschreven, in het derde hoofdstuk de psychische en gezondheidseffecten. In deze hoofdstukken worden per paragraaf ook steeds de conclusies uit het behandelde onderzoek getrokken. In hoofdstuk 4 worden aanbevelingen gedaan voor het plaatsen van planten op het werk en voor verder onderzoek. Hoofdstuk 5 tenslotte geeft de literatuurlijsten bij de hoofdstukken 2 en 3. Vanwege de verspreiding van dit rapport in kringen van niet-wetenschappers, is geen strikt wetenschappelijke rapportagewijze toegepast en worden de onderzoeksgebieden op een meer journalistieke wijze beschreven.

## 2 Fysiologische effecten van planten op het werk

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de fysiologische effecten van planten op het werk. In drie paragrafen worden de drie belangrijkste onderwerpen behandeld. Bij thermisch comfort in paragraaf 2.1 gaat het om de balans tussen warmte, kou, droogte of vochtigheid in de werkomgeving. Luchtkwaliteit in paragraaf 2.2 wordt bepaald door de concentratie gassen en respirabele stoffen. Bij akoestiek in paragraaf 2.3 gaat het vooral om de effecten van de nagalmtijd in een besloten ruimte. Uiteindelijk leiden deze effecten bij een optimale combinatie van positieve waarden tot een verbeterde gezondheid van de werknemers. Omdat gezondheid voor een deel afhankelijk is van de beleving van de werkenden in de werkomgeving wordt dit onderwerp vooral in het volgende hoofdstuk behandeld. De resultaten van het onderzoek worden voor de eerste drie paragrafen steeds aan het einde van de paragraaf puntsgewijs samengevat. De referenties staan in het laatste hoofdstuk van dit rapport vermeld.

### 2.1 Thermisch comfort

Het is vaak niet makkelijk om op kantoor het binnenklimaat goed te regelen. Het is al gauw te warm, te koud, te droog of te vochtig. Bovendien kan het nooit voor iedereen optimaal zijn: wat de een te warm vindt, vindt de ander te koud, éénderde vindt het binnenklimaat precies goed. Dit komt omdat er grote verschillen bestaan tussen mensen onderling in de ervaring en waardering van het thermische binnenklimaat. Door de Deense onderzoeker P. Ole Fanger is in 1970 de basis gelegd voor het comfortdenken, zoals dat tot vandaag de dag nog wordt gebruikt. Het thermische comfort is daarbij een functie van de activiteiten van de persoon en de kleding die men aan heeft. Daarnaast spelen persoonlijke aspecten een belangrijke rol. In het algemeen kan als richtlijn worden aangehouden dat een temperatuur van ongeveer 21-22°C in de winter en een temperatuur van ongeveer 25-26°C in de zomer als comfortabel wordt ervaren. Daarbij moet tocht (luchtsnelheid hoger dan ongeveer 0,15 m/s) worden voorkomen en moet de relatieve vochtigheid een waarde hebben tussen de 30% en 60%.

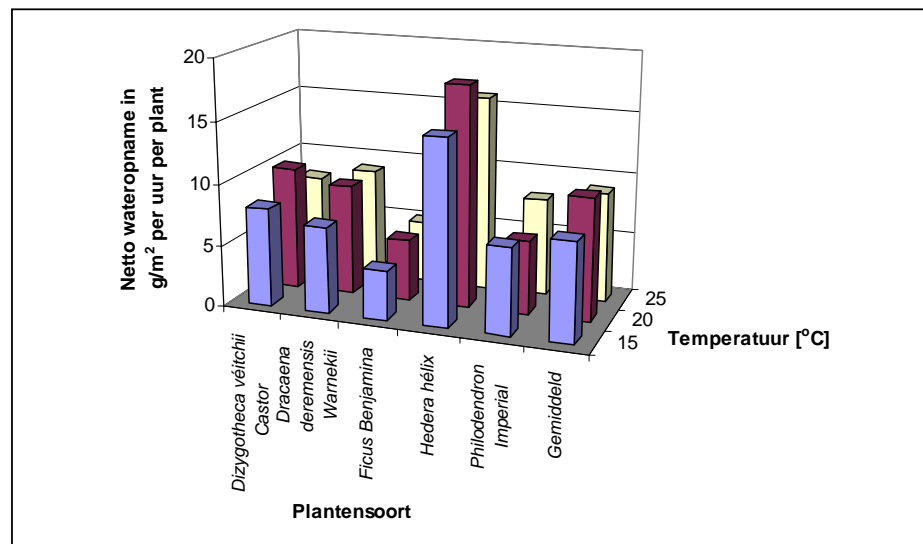
Planten verplaatsen via wortels en bladeren water uit de grond naar de lucht. Een klein deel van het water wordt chemisch omgezet, maar het grootste deel wordt uitgewasemd. Planten gebruiken verdampingsuitwaseming over het algemeen om voedingsstoffen uit de bodem te vervoeren en oververhitting te voorkomen. De uitwaseming wordt geregeld door de huidmondjes, die zich kunnen openen afhankelijk van de lichtintensiteit, omgevingstemperatuur, vochtigheid en concentratie kooldioxide. De huidmondjes sluiten zich wanneer er onvoldoende licht is of wanneer de sluitcellen waterinhoud verliezen. Er is dus wél daglicht of kunstlicht nodig om de fotosynthese<sup>1</sup> op gang te houden.

De Britse onderzoeker Peter Costa (1995) van de South Bank University in Londen refereert aan een door het Amerikaanse bedrijf Rentokil uitgevoerd onderzoek waaruit blijkt dat planten een positief effect kunnen hebben op de luchtvochtigheid. Planten kunnen de relatieve vochtigheid, in een omgeving zonder luchtbehandeling, verhogen met ongeveer 5%, maar de hiervoor benodigde beplantingsdichtheid is hoger dan men normaal in een commerciële kantooromgeving aantreft. Onduidelijk is echter bij welke ventilatievoud deze waarde is bereikt.

---

<sup>1</sup> Fotosynthese: een proces waarbij (groene) planten zonlicht gebruiken om voedingsstoffen uit kooldioxide en water te produceren.

In 1994 heeft de Zwitserse onderzoeker Beat Strickler onderzoek naar de wateropname als indicatie voor de uitwasemingscapaciteit door vijf veelvoorkomende kamerplanten gepubliceerd: *Dizygotheca veitchii* 'Castor', *Dracaena deremensis* 'Warnekii', *Ficus benjamina*, *Hedera helix*, en *Philodendron* 'Imperial'. De testruimte was 1,35 m × 3,94 m × 1,95 m en de planten namen ongeveer 1,5% van de ruimte in beslag. De condities varieerden in temperatuur (15°C, 20°C en 25°C), in relatieve vochtigheid (40%, 60% en 80%) en in lichtniveau (geen licht, 1.200 lux en 1.800 lux op 50 cm hoogte). Enkele resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in Figuur 2.1. De conclusie was dat planten een significante verhoging van de luchtvochtigheid kunnen opleveren, maar dat deze in de zomer (door ventilatie) afgevoerd zal moeten worden. In de winter zorgt deze verhoging ervoor dat er een comfortabele conditie kan ontstaan met een luchtvochtigheid tussen 40% en 60%. Dit treedt echter alleen op bij een voldoende groot bladoppervlak (een hoge plantendichtheid) en bij een relatief laag ventilatievoud<sup>2</sup> (in de orde van grootte 0,5 per uur). Dezelfde studie heeft aangetoond dat het effect van de uitwaseming van water door kamerplanten op de luchttemperatuur minimaal is.



**Figuur 2.1: Wateropname door verschillende kamerplanten bij een relatieve vochtigheid van 40% en een verlichtingssterkte van 1200 lux (Strickler, 1994)**

De Duitse architect Dieter Schempp van het architectenbureau LOG ID uit Tübingen heeft als visie dat de temperatuurregulerende eigenschappen van bomen en planten die in de buitenomgeving bekend zijn, ook binnenshuis benut zouden moeten worden. In de ontwerpen van Schempp worden deze planten daarom gebruikt voor de klimatisering van de ruimte. Dit vereist volgens Schempp (2002) een integrale en multidisciplinaire planning in het ontwerpproces waarbij coördinatie plaatsvindt tussen beplanting, verwarming, verlichting en waterhuishouding in het gebouw. De planten worden bijvoorbeeld op een zodanige wijze geselecteerd dat sommige hun blad verliezen in de winter, zodat zonne-energie het gebouw binnen kan komen. In de zomer zouden deze planten de zonwering moeten kunnen vervangen, doordat hun bladerendeck schaduw

<sup>2</sup> Ventilatievoud: Het aantal keren per uur dat het volume van de ruimte wordt ververst met buitenlucht. Voor de bestaande kantoren ligt het gemiddelde ventilatievoud rond 2 à 3 per uur. Voor woningen is dit duidelijk lager, rond 0,5 à 1 per uur.

veroorzaakt. Vanuit comforttechnisch en energetisch oogpunt lijkt, voor de zomersituatie, een buitenzonwering in het algemeen duidelijk de voorkeur te hebben. Echter, Stec et al. (2005) tonen aan dat een dubbele huid-façade, waarin planten zijn opgenomen, tot betere thermische prestaties leidt dan een dergelijke façade met normale zonwering.

### ***Planten ter verbetering van het thermisch comfort***

Uit Costa (1995):

- Planten hebben voldoende daglicht of kunstlicht nodig om water te kunnen opnemen en uitwasemen.
- Bij een hoge plantendichtheid kunnen planten de relatieve vochtigheid met 5% verhogen in een ruimte zonder luchtbehandeling. Onduidelijk is echter bij welke ventilatievoud deze waarde is bereikt.

Uit Strickler (1994):

- De *Hedera helix* heeft per eenheid bladoppervlak de grootste wateropnamecapaciteit in vergelijking met de vier andere onderzochte planten.
- In de winter kan de uitwaseming van water door kamerplanten ervoor zorgen dat er een comfortabel binnenklimaat ontstaat met een relatieve luchtvochtigheid tussen 40% en 60%. Er moet dan wel sprake zijn van een relatief hoge plantendichtheid en een relatief laag ventilatievoud ( $\pm 0,5 \text{ h}^{-1}$ ).
- Het effect van de uitwaseming van water door kamerplanten op de luchttemperatuur is minimaal.

Uit Schempp (2002):

- Er is bij het ontwerpproces van een gebouw een integrale en multidisciplinaire coördinatie nodig tussen beplanting, verwarming, verlichting en waterhuishouding, om planten als een temperatuurregulerend onderdeel in het gebouw te kunnen inzetten. Vanuit energetisch en comforttechnisch oogpunt lijken alternatieven de voorkeur te hebben. Stec et al. (2005) tonen echter aan dat een dubbele huid-façade, waarin planten zijn opgenomen, tot betere thermische prestaties leidt dan een dergelijke façade met normale zonwering.

## **2.2 Luchtkwaliteit**

De kwaliteit van het binnenmilieu wordt beïnvloed door stoffen die vrijkomen uit bijvoorbeeld printers, kopieermachines, computers, vloerbedekking en verf. Mogelijke gevolgen van een slechte luchtkwaliteit zijn: geïrriteerde ogen, hoofdpijn, huidklachten en uitgedroogd slijmvlies van mond en neus.

De luchtkwaliteit wordt bepaald door de concentraties van (duizenden) chemische stoffen die in de lucht voorkomen. Voor een groot aantal van deze stoffen zijn grenswaarden beschikbaar, die gelden voor een industriële omgeving (blootstelling 8 uur per dag, 5 dagen per week, gedurende 40 jaar). Ze worden niet van toepassing geacht op de binnenlucht in bijvoorbeeld woningen. Hier kan blootstelling immers over een veel langere periode plaatsvinden. Daar komt nog bij dat de gemiddelde werknemer het gezonde deel van de bevolking vertegenwoordigt.



Onlangs zijn door het RIVM (2004) advieswaarden afgegeven voor de belangrijkste stoffen waaraan we worden blootgesteld. Deze gaan uit van een levenslange blootstelling. Echter, ook voor deze waarden geldt dat de ene persoon meer gevoelig is dan de andere en dat in het algemeen nog weinig bekend is van het effect van deze stoffen en dan met name van de mengsels waaraan we worden blootgesteld.

Een voorbeeld van een chemische stof die in de lucht aanwezig is, is benzeen. Benzeen komt onder andere voor in verbrandingsgassen, zoals bijvoorbeeld afkomstig van gemotoriseerd verkeer. Dit is een voor mensen kankerverwekkende stof en daarom kan hier feitelijk geen maximum concentratieniveau voor worden gedefinieerd. Een langdurige blootstelling aan relatief lage waarden kan tot klachten zoals hoofdpijn leiden. De officiële Nederlandse grenswaarde bedraagt  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor formaldehyde, een stof die algemeen voorkomt in de lucht en vele mogelijke bronnen heeft, wordt door de World Health Organisation (WHO) een waarde van maximaal  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (gemiddelde over 30 min.) geadviseerd. Het RIVM (2004) heeft in een eerder onderzoek een waarde van  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vastgesteld bij levenslange blootstelling. Mogelijke klachten ten gevolge van de blootstelling aan te hoge concentraties van formaldehyde zijn onder andere irritaties aan keel, neus en ogen.

De luchtkwaliteit wordt ook beïnvloed door de inadembare stof die in de lucht zweeft. Hier concludeert de WHO dat zelfs een zeer laag concentratieniveau van stofdeeltjes in de lucht kan worden geassocieerd met een verhoogd gezondheidsrisico. Zeer fijn (respirabel) stof kan zelfs tot diep in de longen doordringen. De blootstelling moet daarom zo laag als redelijk mogelijk worden gehouden.

Tot slot bepalen biologische agentia (zoals bijvoorbeeld schimmels) mede de luchtkwaliteit. Hiervoor kunnen echter nog geen advieswaarden voor de maximum concentratie worden gegeven (RIVM, 2004). Want hoewel een causaal verband tussen blootstelling aan biologische agentia en gezondheidseffecten plausibel is, ontbreekt het nog aan een voldoende onderbouwde kwantificering daarvan. Wel kan gesteld worden dat er een probleemsituatie is wanneer bijvoorbeeld van één type schimmel de concentratie binnen duidelijk hoger is dan de buitenconcentratie.

Hoe planten chemische stoffen uit het milieu kunnen halen, wordt door Bill Wolverton van de NASA verklaard. Zoals uit Figuur 2.2 blijkt, werken in dit complexe ecosysteem plantenbladeren, wortels, potaarde en micro-organismen symbiotisch samen. Planten nemen de chemische stoffen op via de poriën aan de onderkant van hun bladeren. Uit de lucht die over het beplante filterbed stroomt, worden verontreinigende stoffen afgevangen in het plantenbed. De aanwezige micro-organismen rond de wortels zetten deze verontreinigingen om in stoffen die vervolgens weer als voedingsbodembodemen dienen voor micro-organismen en de plant.

In 1989 heeft Bill Wolverton resultaten van een NASA-onderzoek gepubliceerd waaruit blijkt dat het ecosysteem in de potplanten in staat is vluchtige organische stoffen (VOS)<sup>3</sup> en ziekmakende micro-organismen uit de lucht in een *luchtdicht afgesloten ruimte* te verwijderen. De concentraties chemische stoffen die Wolverton gebruikte, waren overigens aanzienlijk hoger dan men normaal in een werkomgeving zal aantref-

---

<sup>3</sup> Vluchtige organische stoffen (VOS) omvatten een groot aantal stoffen met een verschillende chemische structuur en toxiciteit (RIVM, 2004). De Gezondheidsraad vindt dat de totale VOS-concentratie kleiner moet blijven dan  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dit vooral in verband met het feit dat we hogere concentraties kunnen ruiken.

fen. Bovendien was de beplantingsdichtheid in de proefruimtes (inhoud: 0,76 m × 0,76 m × 0,76 m) aanzienlijk hoger dan in een normale werkomgeving. De precieze volumeverhouding is niet bekend. Het belangrijkste verschil met de praktijk is echter dat er bij de experimenten *geen ventilatie van de ruimte* plaatsvond.



**Figuur 2.2: Schematische weergave van een plant (Bron: Wolverton)**

Naar aanleiding hiervan is bij TNO daarom in 1991, in opdracht van de Vereniging van Bloemenveilingen in Nederland, een oriënterend onderzoek gedaan naar de luchtzuiverende werking van potplanten in een mechanisch geventileerde proefruimte (ventilatievoud van 3 per uur). De ruimte had een inhoud van 15 m<sup>3</sup> en er stonden in totaal 10 planten van de soort *Ficus benjamina* en 10 planten van de soort *Spathiphyllum* in gangbare potten met potgrond (ongeveer 2% van het volume). De luchtzuiverende werking werd getest voor toluen, formaldehyde en tabaksrook (nicotine en rookdeeltjes). Alleen bij nicotine werd uiteindelijk een duidelijk aantoonbaar positief effect waargenomen. De onderzoekers merken hierbij wel op dat de duur van deze eerste experimenten relatief kort was (5 dagen) en dat acclimatisatie misschien niet goed heeft kunnen plaatsvinden.

Het onderzoek dat door Wolverton is uitgevoerd en de oriënterende onderzoeken bij TNO zijn recentelijk herhaald door Margaret Burchett et al. (2000) van de Universiteit van Sydney in enkele uitgebreide studies en in 2002 aangevuld door Jane Tarran et al. In eerste instantie zijn door Burchett en haar collega's drie plantensoorten (*Howea forsteriana* (Kentia palm), *Spathiphyllum 'Petite'* en *Dracaena deremensis*) getest op hun opnamecapaciteit van twee verschillende chemische stoffen: benzeen en n-hexaan. De planten waren gepoot in potaarde of in hydrocultuurkorrels en getest in gesloten perspex kubussen met zijden van 0,6 m. In het onderzoek van Tarran (2002) zijn aanvullende resultaten van testen op benzeen voor vier andere plantensoorten, gepoot in potaarde, gerapporteerd. Het gaat hierbij om *Epipremnum aureum*, *Schefflera actinop-*

*hylla*, *Spathiphyllum 'Sensation'* en *Dracaena marginata*. De resultaten van de zeven plantensoorten zijn in Tabel 2.1 weergegeven. Hierbij kan opgemerkt worden dat de aangeboden dosis relatief hoog was. De resultaten maken echter duidelijk dat de onderzochte planten ook deze hoge dosis kunnen 'verwerken' en dat er sprake is van een biologisch proces en niet alleen van adsorptie/absorptie. Duidelijk is ook dat de potgrond in staat is om benzeen te verwijderen. Het vermogen om VOS te verwijderen verschilt overigens niet alleen per type plant, maar ook per type chemische stof die wordt gebruikt voor de experimenten.

**Tabel 2.1: Verwijdering van benzeen voor verschillende plantensoorten na herhaalde blootstelling (Tarran et al., 2002)<sup>1) 2)</sup>**

	<i>Epipremnum aureum</i>	<i>Howea forsteriana</i>	<i>Schefflera actinophylla</i>	<i>Spathiphyllum 'Petite'</i>	<i>Spathiphyllum 'Sensation'</i>	<i>Dracaena deremensis</i>	<i>Dracaena marginata</i>
Bladoppervlak [mg benzeen per m <sup>3</sup> per dag per m <sup>2</sup> ]	286	538	398	686	190	606	1087
Potaarde [mg benzeen per m <sup>3</sup> per dag per kg]	105	50	158	171	116	195	88

1) De opgegeven waarden kennen alle een standaardfout<sup>4</sup> met een waarde van ongeveer 10% van het gemiddelde. Uitzondering hierop vormt de *Dracaena deremensis* die een standaardfout in de meetresultaten kent met een waarde van ongeveer 25% (bij zowel blad als potgrond).

2) Initiële concentratie benzeen 80 mg/m<sup>3</sup>.

Naast een uitbreiding van het aantal plantensoorten zijn in het vervolgonderzoek door Jane Tarran et al. in 2002 ook experimenten met benzeenverwijdering door *Spathiphyllum 'Petite'* (ongeveer 5% van volume) uitgevoerd waarbij de perspex kubussen geventileerd werden met een relatief laag ventilatievoud van 0,34 per uur. Er werd in vier experimenten tussen 8,3% en 14,8% (gemiddeld 11,3 %) extra benzeen verwijderd door de plant ten opzichte van wat door het ventileren alleen bereikt zou kunnen worden. Het fictieve ventilatievoud komt daarmee dus op 0,38 per uur.

Tevens zijn door Jane Tarran en haar collega's experimenten uitgevoerd in een ruimte van 4,0 m × 3,0 m × 2,75 m, voor zowel een luchtdichte (wel circulatie van ruimtelucht) als voor een geventileerde situatie (ventilatievoud van 0,5 per uur). Bij deze experimenten zijn in totaal 20 planten van ongeveer 1,2 m hoog van het soort *Howea forsteriana* in de ruimte gezet (0,9% van het volume). Alleen in de luchtdichte situatie werd de verwachte benzeenreductie daadwerkelijk gemeten. In de geventileerde situatie werd geen verhoogde benzeenreductie gemeten bovenop de reductie die door de ventilatie werd bereikt.

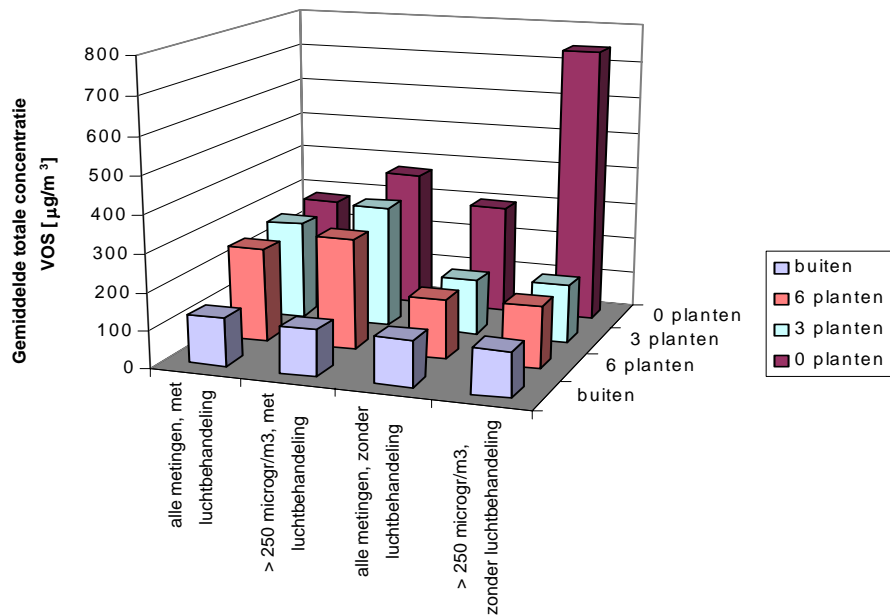
In 2004 zijn in het onderzoek in Sydney door Ronald Wood et al. ook experimenten uitgevoerd in enkele in gebruik zijnde kantoorruimten van de universiteit van Sydney. Het onderzoek had als doel te achterhalen of met een realistische hoeveelheid planten

<sup>4</sup> De 'standaard fout' geeft weer hoe nauwkeurig de waarde is.

een meetbaar effect kon worden bereikt bij het terugdringen van VOS. Hierbij werd tevens meegenomen of er een luchtbehandeling aanwezig was of niet. Er zijn op twee locaties, waarvan één met luchtbehandeling en één met natuurlijke ventilatie (geen controle situatie), drie of zes planten van de soort *Dracaena deremensis* geplaatst. Per locatie waren er negen éénpersoons kantoorruimten. Er is gemeten in twee perioden van negen weken, waarbij voor de tweede periode een nieuwe verdeling is gemaakt van de planten over de kantoorruimten. In een tweede onderzoek is deze aanpak nogmaals herhaald en is gekeken naar het effect van andere typen planten op het resultaat.

Voor en tijdens bovengenoemde experimenten zijn wekelijks in de kantoren en in de buitenlucht de totale concentratie VOS (TVOS), de concentratie kooldioxide, de concentratie koolmonoxide, de relatieve vochtigheid en de temperatuur gemeten. De uiteindelijk gemeten positieve bijdrage van planten aan de luchtkwaliteit kon alleen worden verklaard door de hypothese dat planten pas boven een minimum concentratie van ongeveer  $250 \mu\text{g VOS}/\text{m}^3$  effectief VOS verwijderen. Daarbij waren drie planten *Dracaena deremensis* vrijwel net zo effectief als zes van deze planten. De effectiviteit in een kantoorgebouw met een luchtbehandelingssysteem was lager (11% met 3 planten, 19% met 6 planten) dan in een kantoorgebouw met natuurlijke ventilatie (78% met 3 of 6 planten). Het ventilatievoud voor het kantoorgebouw met luchtbehandeling was hierbij 10 per uur, waarvan echter 20% met buitenlucht en het resterende deel recirculatie (en dus feitelijk een ventilatievoud van 2 per uur). Voor het natuurlijk geventileerde kantoorgebouw is onbekend wat het ventilatievoud is geweest.

In Figuur 2.3 is, per situatie, afgebeeld wat de gemiddeld gemeten concentratie TVOS in de kantoorruimte is geweest. Er is een onderscheid gemaakt in de aan- of afwezigheid van een luchtbehandeling. Daarnaast zijn alleen die resultaten afgebeeld waarbij de controle situatie een TVOS-concentratie liet zien van meer dan  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figuur 2.3: Gemiddelde totale concentratie VOS [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] in een kantoor met en zonder luchtbehandeling, met verschillende aantallen planten van de soort *Dracaena deremensis* (Wood et al., 2004)<sup>5</sup>**

Virginia Lohr van de Washington State University in Pullman, USA (1996) heeft onderzoek gedaan naar de hoeveelheid stofafzetting met en zonder kamerplanten in twee verschillende ruimten. In Tabel 2.2 zijn deze resultaten samengevat. Zij kwam tot de conclusie dat in beide ruimtes 20% minder stofafzetting plaatsvond wanneer er planten aanwezig waren. Planten met ruwe oppervlakken, fijne haartjes of verhoogde nerven bleken, zoals verwacht mag worden, efficiënter bij het onderscheppen van stof dan planten met gladde bladeren.

**Tabel 2.2: Stofafzetting met en zonder planten in twee ruimtes [ $\pm$  standaardfout] (Lohr & Pearson-Mims, 1996)**

	Ruimte 1		Ruimte 2	
	zonder planten	met planten (2% van volume)	zonder planten	met planten (5% van volume)
Stofafzetting [ $\text{mg}/\text{m}^2$ dag]	$8,7 \pm 0,4$	$7,4 \pm 0,6$	$5,7 \pm 0,5$	$4,5 \pm 0,4$
Temperatuur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	-	-	$27,5 \pm 0,1$	$27,4 \pm 0,1$
Relatieve Vochtigheid [%]	-	-	$41,2 \pm 0,1$	$42,0 \pm 0,1$

Tot slot is de rol van kamerplanten als bron van micro-organismen onderzocht door Sirpa Rautiala van het Kuopio Regional Institute of Occupational Health in Finland (1999). In totaal werden in zes verschillende kantoorruimten concentraties gemeten van schimmels en ééncelligen in de lucht, in de potgrond en in de stofafzetting voor en na plaatsing van kamerplanten. Er werd geen groei in aantallen gevonden en dus werd geconcludeerd dat kamerplanten, mits goed onderhouden, geen significante bron van

<sup>5</sup> De resultaten kennen gemiddeld genomen een standaardfout van ongeveer 10%, voor de situatie 'metingen groter dan  $250 \text{ mg}/\text{m}^3$ , zonder luchtbehandeling' bedraagt deze fout ongeveer 30%.

micro-organismen zijn. Daarbij moet wel aangemerkt worden dat in een recent rapport groene planten als potentiële bron van allergenen wordt aangeduid (EFA, 2003), overigens zonder hier verder referenties aan toe te voegen.

#### ***Planten ter verbetering van de luchtkwaliteit***

Uit Wolverton (1989):

- Het ecosysteem in potplanten is van nature in staat tabaksrook, vluchtige organische stoffen en ziekmakende micro-organismen uit de lucht te verwijderen in een luchtdicht afgesloten ruimte.

Uit TNO (1991):

- Bij een combinatie van *Ficus benamina* en *Spathiphyllum* in een mechanisch geventileerde ruimte (15 m<sup>3</sup>) met een ventilatievoud van 3 per uur en een plantdichtheid van 2% vindt geen significante verlaging van de concentratie toluen, formaldehyde of (tabaks)rookdeeltjes plaats ten opzichte van de situatie met alleen ventilatie. Er wordt in deze situatie wel een vermindering van de concentratie nicotine gemeten.

Uit Bruchett et al. (2000), Tarran et al. (2002) en Wood et al. (2004):

- De *Howea forsteriana* kan benzeen uit de lucht halen in een grote ruimte (33,5 m<sup>3</sup>) en in een perspex kubus (0,216 m<sup>3</sup>), beide zonder ventilatie.
- Naarmate planten langer aan benzeen zijn blootgesteld, wordt hun vermogen om benzeen uit de lucht te halen groter.
- Voor *Spathiphyllum 'Petite'*, *Spathiphyllum 'Sensation'*, *Epipremnum aureum*, *Schefflera actinophylla*, *Dracaena deremensis* en *Dracaena marginata* is de capaciteit om benzeen uit de lucht te halen in een perspex kubus (0,216 m<sup>3</sup>) zonder ventilatie aangetoond.
- Bij een ventilatievoud van 0,34 per uur en een plantdichtheid van ongeveer 5% wordt in een perspex kubus (0,216 m<sup>3</sup>) gemiddeld 11,3% extra benzeen verwijderd door de *Spathiphyllum 'Petite'*, bovenop het effect van de ventilatie.
- Bij een ventilatievoud van 0,5 per uur en een plantdichtheid van 0,9% wordt in een grote ruimte (33,5 m<sup>3</sup>) geen significant niveau van benzeen verwijderd door de *Howea forsteriana*.
- In een kantoorruimte zonder luchtbehandeling kunnen 3 of 6 stuks *Dracaena deremensis* de totale concentratie VOS gemiddeld met 78% verlagen, met luchtbehandeling verlaagt de concentratie respectievelijk met 11% of 19%. Hierbij geldt de hypothese dat de minimum totale VOS-concentratie in een referentieruimte zonder planten dan groter moet zijn dan 250 mg/m<sup>3</sup>.

Uit Lohr en Pearson-Mims (1996):

- Planten met ruwe oppervlakken, fijne haartjes of verhoogde nerven zijn efficiënter bij het onderscheppen van stof dan planten met gladde bladeren.

Uit Rautiala et al. (1999):

- Kamerplanten zijn, mits goed onderhouden, geen significante bron van micro-organismen.

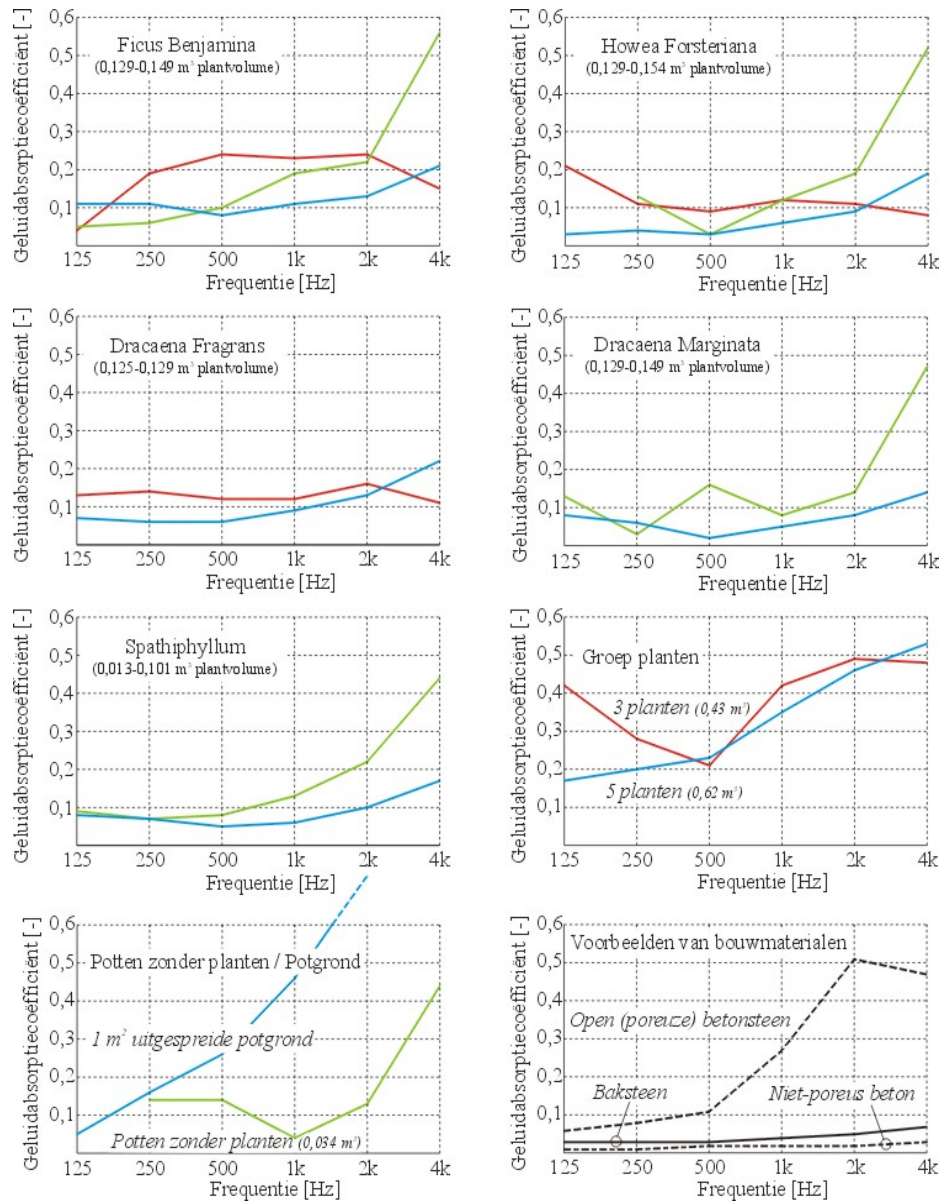
## 2.3 Akoestiek

De nagalmtijd is een indicatie voor de akoestische eigenschappen van een ruimte. Een ruimte met een lange nagalmtijd, een harde ruimte, wordt gekenmerkt door harde oppervlakken, blikerige geluiden en echo's. Hoe langer de echo duurt, hoe langer de nagalmtijd. Een ruimte met een korte nagalmtijd, een dode of stille ruimte, kenmerkt zich door zachte oppervlakken, een laag geluidsniveau en geen echo's. De gewenste duur van de nagalmtijd is afhankelijk van het gebruik van de ruimte. In een kantoor-situatie moet de nagalmtijd, in verband met de spraakverstaanbaarheid, bij voorkeur relatief kort zijn. Hoeveel geluid er door een element wordt geabsorbeerd, is vast te stellen door de verkorting van de nagalmtijd die het element veroorzaakt te meten.

De eerder aangehaalde Britse onderzoeker Peter Costa van de South Bank University in Londen rapporteert ook over het positieve effect van planten op de ruimteakoestiek in een kantoorgebouw. Planten bieden geluidsabsorptie waardoor ze het geluidsniveau van de door die ruimte heen en weer kaatsende geluidsgolven reduceren. De mate van reductie is afhankelijk van de verdere ruimteaankleding.

Uit onderzoek van Costa blijkt dat planten de nagalmtijd van met name de hogere frequenties kunnen bekorten en daarmee de ruimte rustiger maken. In harde ruimtes zoals met marmeren, (niet-poreuze) betonnen of stenen vloeren en wanden, worden betere resultaten bereikt dan in dode ruimtes. Planten kunnen worden ingezet voor het elimineren van meervoudige echo's, die vooral in kleine ruimtes met parallelle muren, plafonds en vloeren kunnen optreden. Ze hebben een diffuserend effect op het geluid en zorgen daarmee voor een gelijkmatige spreiding van geluid over de ruimte. Costa beschrijft dat in de lage frequenties de geluidsabsorptie weliswaar laag is, maar dat wel afbuiging van het geluid optreedt.

Het geluidsabsorberend effect van een plant wordt beïnvloed door de soort, de afmeting, de grootte van de pot, de vochtigheidsgraad van de potaarde en de eventueel aanwezige deklaag op de potgrond. In Figuur 2.4 zijn de gemeten geluidsabsorptie-coëfficiënten voor de plantencombinaties weergegeven die door Costa onderzocht zijn in de nagalmkamer van de South Bank University. Volledige (100%) geluidsabsorptie resulteert in een geluidsabsorptie-coëfficiënt van 1,0. Ter vergelijking zijn in de figuur ook de geluidsabsorptie-coëfficiënten voor niet-poreus beton (Hall 1987), baksteen (Hall 1987) en open (poreuze) betonstenen (Van Luxemburg & Martin 1984) opgenomen. Door Costa zijn vijf verschillende plantensoorten getest en van iedere soort zijn twee of drie verschillende planten getest. Er zijn grote, deels onverklaarbare, verschillen tussen verschillende plantensoorten gemeten, maar ook tussen verschillende planten van één soort. Het is niet bekend onder welke klimaat- en ruimteomstandigheden de verschillende tests zijn uitgevoerd. Om tot definitief bruikbare waarden te komen, zouden dan ook meer metingen moeten worden verricht. Al met al kan op basis van Costa's resultaten en uit een vergelijking met absorptiewaarden voor beton en baksteen wel worden gesteld dat planten tot vergroting van de geluidsabsorptie in een ruimte kunnen leiden.



**Figuur 2.4: Geluidsabsorptie-coëfficiënten van potplanten voor verschillende frequentiebanden. De lijnen geven de verschillende meetsessies weer (Costa en James, 1995). Ter vergelijking zijn ook geluidsabsorptie-coëfficiënten opgenomen van niet-poreus beton (Hall 1987), baksteen (Hall 1987) en open (poreuze) betonstenen (Van Luxemburg en Martin 1984)**



***Planten ter verbetering van de ruimteakoestiek***

Uit Costa en James (1995):

- Planten moeten bij voorkeur groot, gezond en goed ontwikkeld zijn.
- Planten moeten bij voorkeur grote bladeren hebben.
- Opstellingen met drie tot vijf verschillende planten lijken beter te werken dan afzonderlijke planten.
- Meerdere plantenopstellingen in een ruimte lijken beter te werken dan een geconcentreerde opstelling op één plaats.
- Het is effectiever om planten naast wanden en in hoeken te zetten dan in het midden van een ruimte.
- Plantenbakken kunnen worden gebruikt als resonatoren.

**2.4 Planten en gezondheid**

Nu enkele belangrijke afzonderlijke fysische parameters en de invloed van de plant daarop zijn behandeld, resteert de vraag hoe we nu het effect van planten zelf onder vinden. Het antwoord hierop is eenvoudig: uiteindelijk zullen de hiervoor besproken effecten van planten op de afzonderlijke fysische parameters tot uiting komen in het welbevinden en de gezondheid van de mens die zich wel of niet met planten laat omringen. Voor een kantoor situatie kunnen de baten hiervan zich uiteindelijk ook vertalen in bijvoorbeeld de productiviteit.

De beschreven positieve onderzoeksresultaten van planten op het thermische comfort, de luchtkwaliteit en de akoestiek zijn voor een praktijksituatie duidelijk genuanceerder. Dit wordt onderbouwd door de praktijktesten die zijn uitgevoerd, dan wel door de randvoorwaarden die zijn gebruikt voor de studies die afwijken van normale praktijkomstandigheden. Desondanks zijn er toch verschillende onderzoeken die erop wijzen dat in het algemeen mensen minder gezondheidsklachten hebben doordat er planten in de ruimte aanwezig zijn. Met name het werk van de Noorse onderzoekster Tove Fjeld en haar collega's (1998 en 2002) vormt hiervoor de onderbouwing.

Blijkbaar spelen niet alleen de fysische effecten van planten op het binnenmilieu een rol bij de positieve waardering van het hebben van planten op het werk. Ook de psychologie vormt hierbij een belangrijk onderdeel. Het werk van Tove Fjeld en de relatie tussen planten en gezondheid wordt daarom in het hoofdstuk hierna nader toegelicht. Daar worden ook enkele kanttekeningen bij dit type onderzoek geplaatst. Daarnaast geldt echter ook dat we op dit moment feitelijk nog onvoldoende weten hoe relatief kleine en specifieke veranderingen in bijvoorbeeld de luchtkwaliteit doorwerken op onze ervaring van het binnenmilieu en de gezondheid.

**2.5 Conclusie**

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de informatie die beschikbaar is gekomen uit verschillende onderzoeken naar de fysische effecten van planten op het binnenmilieu. De onderzoeken laten, zeker wanneer naar de luchtkwaliteit wordt gekeken, positieve resultaten zien. Worden deze resultaten echter vertaald naar een praktische situatie dan zijn de effecten duidelijk genuanceerder. Het onderzoek aan de universiteit van Sydney

vormt een belangrijke onderbouwing hierbij. De praktijkexperimenten die daar zijn gedaan geven meer inzicht, maar kunnen nog niet alle vragen beantwoorden. Het effect van een plant op het binnenmilieu kan dan ook niet los worden gezien van de ruimte (het gebouw) en bijvoorbeeld de ventilatie van deze ruimte. Bij een goed onderhoud van de planten en een 'normale' plantenbezetting van een ruimte zijn echter geen nadelige effecten op het binnenmilieu gevonden.

Omdat er, ondanks het feit dat de fysische effecten relatief klein zijn, goede aanwijzingen zijn dat de aanwezigheid van planten een positief effect heeft, wordt geconcludeerd dat vanuit een fysisch oogpunt planten op het werk, mits goed onderhouden, een meerwaarde kunnen bieden.

## 3 Psychische en gezondheidseffecten

Tegenwoordig houdt men op grote schaal planten, zowel binnenshuis als buiten. Het is echter pas sinds kort dat er daadwerkelijk pogingen gedaan zijn om het effect van planten op de gezondheid en het welbevinden van de mens wetenschappelijk vast te stellen. In dit hoofdstuk gaat het om de psychische en gezondheidseffecten van planten in de werksituatie. Bij verbeteringen in de werksituatie denk je al snel aan effecten op de productiviteit van werknemers. Daar wordt ook op ingegaan, maar mensen zijn vooral productief als ze zich fit en prettig voelen. We bespreken daarom eerst de effecten van planten op de gezondheid en het welbevinden van werknemers. Daarna gaan we in op de verbetering van de werkprestatie.

Het onderzoek naar de psychische en gezondheidseffecten van planten op het werk is pas sinds het midden van de negentiger jaren goed op gang gekomen. We zullen hier de belangrijkste studies bespreken, waarbij we met belangrijk bedoelen de methodologisch relatief goed uitgevoerde studies of studies die mechanismen signaleren die belangrijk zijn voor de verklaring van de effecten.

### 3.1 Gezondheid

De gezondheid van werknemers is een belangrijk gegeven als het gaat om het functioneren in de werksituatie. Voor werknemers die zich niet fit voelen, kan werken een opgave zijn. Natuurlijk praten we hier niet over ernstig zieke werknemers. Het gaat hier over de lichte gezondheidsklachten, die iedereen wel eens heeft. Ze vallen vaak niet eens op, ook niet als ze door het werk veroorzaakt worden. Uit periodiek onderzoek dat regelmatig in de Nederlandse bedrijven gehouden wordt, is bekend dat een groot deel van de werknemers regelmatig lichte gezondheidsklachten heeft, zoals hoofdpijn, vermoeidheid, lusteloosheid, een verstopte neus, niesbuien, pijn in de rug en/of slaperigheid. Ze vinden hun oorzaak voor een deel in de privé-situatie van de werknemers, maar kunnen ook door het werk veroorzaakt zijn. Dat is zeker het geval als het werk een slopend karakter heeft en een te groot beroep doet op de capaciteiten van de werknemers. Maar ook andere oorzaken kunnen vermoeidheid en gezondheidsklachten in de hand werken, zoals bijvoorbeeld: te droge lucht, onvoldoende of slecht geventileerde werkruimtes, onduidelijke afspraken met de leiding, ruzie met collega's of een rommelige organisatie. Het is dus voor werkgevers en arbodiensten van belang na te gaan waar gezondheidsklachten van werknemers vandaan komen, maar dat lukt lang niet altijd. Het blijkt echter dat het plaatsen van planten op het werk de werkomgeving verbetert. De werksituatie wordt opeens een stuk prettiger om in te vertoeven.

De Noorse onderzoekster Tove Fjeld en haar collega's deden een studie onder 51 kantoormedewerkers van het oliebedrijf Statoil te Oslo (Fjeld e.a., 1998). In een eerder onderzoek hadden deze werknemers aangegeven dat zij klachten hadden die zij toeschreven aan de kwaliteit van de binnenlucht. In willekeurige volgorde werden bij deze werknemers planten op de kamers gezet, gevolgd door een periode dat ze weer werden weggehaald. Alle deelnemers werkten in een eigen kantoorkamer met een vloeroppervlak van 10 m<sup>2</sup> en een raam over vrijwel de gehele breedte van de buitenwand. Per kamer werden 13 bladplanten geplaatst in drie bakken op de vensterbank, plus één bak met planten in een hoek van de kamer.

In het voorjaar van 1995 en 1996 vulden de deelnemers om de week een vragenformulier in, waarin 12 verschillende gezondheidsklachten stonden vermeld. Dit gebeurde

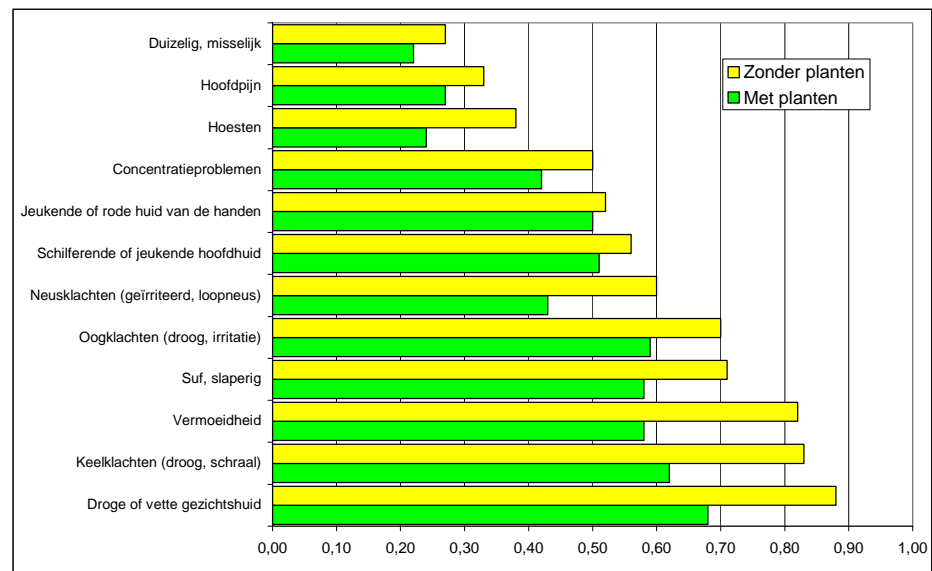
gedurende een periode van drie maanden met en drie maanden zonder planten. De score van iedere klacht lag tussen de 0 (geen klacht/probleem) en 3 (ernstige problemen). De somscore van alle 12 klachten samen was gedurende de periode dat de deelnemers de planten op de kamer hadden staan, 23% lager dan in de periode zonder planten. De gemiddelde score was 7,1 gedurende de periode zonder planten en 5,6 gedurende de periode met planten. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de afname van deze klachten waarin de 12 klachten zijn geclusterd in drie groepen.

**Tabel 3.1: Vermindering van drie groepen gezondheidsklachten en gevoelens van onbehagen voor en na plaatsing van planten op de werkplek (bron: Fjeld e.a., 1998)**

	Zonder planten	Met planten	Vershil	Percentage verschil <sup>1)</sup>
Neuropsychologische klachten	2,6	2,0	0,6	23%
Klachten aan ogen en bovenste luchtwegen	2,5	1,9	0,6	24%
Huidklachten	2,0	1,7	0,3	15%
Alle klachten samen	7,1	5,6	1,5	21%

1) Percentages berekend op getallen in tabel

Er werd een significante vermindering van neuropsychologische klachten en van klachten aan de ogen en bovenste luchtwegen vastgesteld. De huidklachten waren ook afgenomen, maar deze afname was niet significant. De afname van de afzonderlijke klachten staat weergegeven in Figuur 3.1. Alle klachten verminderen, zij het in een aantal gevallen niet significant.



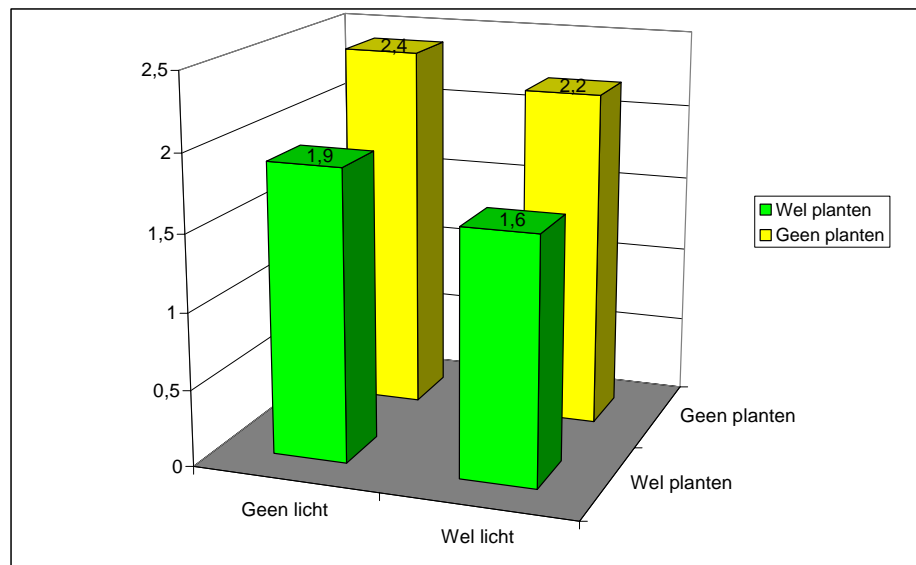
**Figuur 3.1: Vermindering van de ervaren ernst van de 12 gezondheidsklachten en gevoelens van onbehagen voor en na plaatsing van planten op de werkplek (geen klachten=0, ernstige klachten=3) (bron: Fjeld e.a., 1998)**

Na dit onderzoek deden Fjeld en haar collega's een onderzoek onder 48 werknemers van een röntgenafdeling in een ziekenhuis (Fjeld e.a., 1999). De ruimte was 80 m<sup>2</sup> groot en had geen ramen of daglicht. In november 1997 werden in het interieur in to-

taal 23 bakken met min of meer gewone groene kamerplanten geplaatst. Verlichting werd aangepast door het aanbrengen van lampen die 'daglicht' uitstralen. De gezondheidssituatie van de werknemers werd vastgesteld aan de hand van een zelfde soort vragenlijst als die gebruikt was voor het onderzoek bij Statoil. De vragenlijst werd afgenomen voorafgaand aan het plaatsen van de planten en lampen in de maanden september en oktober 1997 en na het plaatsen van de planten gedurende de maanden november 1997 tot en met februari 1998. Ook hier vonden de onderzoekers een daling van het gemiddeld aantal gezondheidsklachten en een significante daling van vermoeidheidsklachten, hoofdpijnlachten en klachten over een droge, zere keel en droge handen.

Een sterk punt van deze studie is het nagaan van een blootstellingseffect. De deelnemers werden vergeleken naar het percentage werktijd dat zij per dag doorbrachten op de röntgenkamer. Bij degenen die het grootste deel van hun werkdag in deze ruimte doorbrachten, werd een vermindering in de ernst van de klachten van 34% geconstateerd, tegen 21% en 17% bij degenen die circa 50%, respectievelijk minder dan 40% van hun werkdag in de ruimte doorbrachten. Bovendien was het effect blijvend. Elf maanden later bleken de genoemde klachten nog steeds lager te zijn dan vóór het plaatsen van de planten.

Een derde onderzoek van Fjeld was een interventiestudie onder kantoormedewerkers van de Nordea Bank te Oslo (Fjeld, 2002). Het onderzoek vond plaats in de periode november 2001 tot en met maart 2002. Er waren vier experimentele condities: 16 kantoormedewerkers kregen planten naast hun PC, 10 werknemers kregen daglichtlampen in hun kamer, 10 werknemers kregen planten én daglichtlampen en 12 werknemers kregen niets. Alle variaties van lampen en planten waren dus aanwezig. Het klachtenniveau was in de plantengroep lager dan in de daglichtgroep, maar was het laagst in de groep die zowel planten als daglichtverlichting had gekregen. Het effect van planten bleek sterker dan dat van daglichtlampen. Figuur 3.2 geeft een overzicht van de gemiddelde somscore van het niveau van de ervaren gezondheidsklachten na de plaatsing van de planten en het licht.



**Figuur 3.2: De gemiddelde somscore van de ervaren ernst van gezondheidsklachten en gevoelens van onbehagen voor en na plaatsing van planten en licht op de werkplek (bron: Fjeld e.a., 2002)**

In Nederland werd in 2000 een zelfde soort onderzoek gedaan onder circa 150 medewerkers van de Belastingdienst in Winterswijk (Van Dortmont e.a., 2001). In tegenstelling tot de onderzoeken in Noorwegen werden echter geen aanwijzing gevonden dat het plaatsen van planten in de kantoor kamers samengaat met een vermindering van gezondheidsklachten. Er zijn echter wel een paar belangrijke verschillen tussen het Nederlandse onderzoek en de Noorse studies, die de afwezigheid van effecten in het Nederlandse onderzoek kunnen verklaren. Door de relatief beperkte ruimte van de kantoor kamers kon slechts een beperkt aantal planten geplaatst worden. In de Noorse onderzoeken werden meer planten geplaatst. Belangrijker echter was dat de deelnemers aan de Noorse onderzoeken de gezondheidsvragenlijst meerdere keren per periode invulden en de onderzoekers rekenden met het gemiddelde van deze uitkomsten. In het Nederlandse onderzoek werd per periode slechts één keer een vragenlijst ingevuld, waardoor het toeval een grote kans krijgt. Tenslotte kregen de deelnemers in het Nederlandse onderzoek de vragenlijst in september 1997 (nulmeting) en in september 1998 (effectmeting), terwijl de deelnemers in de Noorse onderzoeken de lijsten in de winter maanden en in het voorjaar invulden. De bijdrage van binnenplanten aan de verbetering van het binnenklimaat van een gebouw is het grootst in de winter, als de luchtvochtigheid van een gebouw bepaald wordt door het verwarmingssysteem. Klachten van de luchtwegen (hoesten e.d.) en de huid (zoals droge huid) spelen meer op in de winter dan in de (na)zomer. De winter is ook de periode dat de verwarming aanstaat en de ramen dicht zijn. Het verschil in meetperiode tussen het Nederlandse en de Noorse onderzoeken wordt nog eens versterkt door klimaatverschillen tussen beide landen: in Noorwegen is het eerder koud en later warm.

#### ***Planten ter verbetering van de gezondheidstoestand van werknemers***

Uit Fjeld e.a., 1998:

- De somscore van 12 gezondheidsklachten daalde in de periode dat werknemers planten op de kamer hadden met 23% ten opzichte van de periode dat zij geen planten op de kamer hadden.
- Klachten over hoesten en vermoeidheid verminderden het meest, met respectievelijk 37% en 30%.
- Klachten over een droge en schorre keel en een droge en jeukende huid daalden met ongeveer 23%.

Uit Fjeld e.a., 1999:

- Gezondheidsklachten daalden met 25% toen planten samen met kunstmatig daglicht in een werksituatie werden geïntroduceerd.
- De effecten waren het grootst bij gezondheidsklachten, als vermoeidheid, slaperigheid, hoofdpijn, droge mond, schorre keel en huidklachten aan de handen.
- Gezondheidsklachten daalden met 34% in de groep werknemers die het grootste deel van de dag in de werkruimte doorbrachten, tegen 21% in de groep werknemers die 50% van de dag in de werkruimte doorbrachten en 17% in de groep werknemers die 40% of minder van de tijd in de werkruimte doorbrachten.

Uit Fjeld e.a., 2002:

- Kantoorwerkers kregen planten en/of daglichtlampen in hun kamer. Het effect van planten bleek aanzienlijk groter te zijn dan dat van daglichtlampen.

### 3.2 Welbevinden

Naast vermindering van de gezondheidsklachten is het effect op het welbevinden van werknemers van belang. Behalve je gezond en fit voelen, moet je jezelf namelijk ook goed voelen op het werk. Er zijn werknemers die dagelijks met tegenzin naar hun werk gaan. Natuurlijk lost het plaatsen van planten niet veel op, als de bron van de problemen is dat je ruzie hebt met je baas of als de sfeer op het werk niet goed is. Er zijn dan andere ingrepen noodzakelijk. In een relatief goede werksituatie kunnen planten bijdragen aan een prettiger sfeer. In enkele onderzoeken is gekeken naar mogelijk positieve effecten van binnenplanten op het welbevinden en de werktevredenheid van de werknemers.

In het eerder genoemde onderzoek van Tove Fjeld onder de 48 werknemers van de Nordea Bank te Oslo vroegen de onderzoekers aan de deelnemers de eigen werkomgeving te beoordelen (Fjeld, 2002). De groep die alleen daglichtlampen had gekregen, onderscheidde zich niet van de groep die geen planten én geen daglichtlampen hadden gekregen. Beide groepen scoorden gemiddeld 2,9 op een schaal die loopt van 1 tot 5 (1=zeer tevreden, 3=tevreden noch ontevreden, 5=uiterst ontevreden). De collega's die alleen planten hadden gekregen, scoorden gemiddeld 2,4 en degenen die zowel planten als daglichtlampen hadden gekregen, scoorden 2,2. Het effect van planten op het welbevinden lijkt dus vrij groot te zijn.

Het is van belang dit soort onderzoek goed uit te voeren en vooraf de condities optimaal te maken. Zo vonden Shoemaker en collega's (1992) geen effecten van beplanting op werktevredenheid en gedrag en houding ten aanzien van planten op het werk. Zij deden hun onderzoek onder werknemers op de 9<sup>e</sup> en 11<sup>e</sup> verdieping van een kantoorgebouw in Noord Virginia in de Verenigde Staten. De onderzoekers gaven als verklaring dat bij aanvang van het onderzoek, toen er nog geen beplanting van de kantoorruimtes was, de werknemers al zeer tevreden waren met hun werk en de werkomgeving. Er was hier dus sprake van een 'plafondeffect'. Als iedereen bij het begin van de studie al vrijwel maximaal tevreden is, kunnen planten daar nog weinig aan toevoegen.

In het eerder genoemde onderzoek bij de belastingsdienst in Winterswijk (Van Dortmont e.a., 2001), is ook gekeken naar het welbevinden van de werknemers. Het bleek dat de groep werknemers die dagelijks gemiddeld 4 of meer uur beeldschermwerk deden en dus zeker de helft van de tijd op hun kamer waren, zich beter voelden als er planten op de kamer stonden. Kortom: ook hier werd een blootstellingseffect aangetoond. Een opvallende bevinding in dit onderzoek is ook, dat werknemers met planten in de kamer minder vaak last hadden van statische elektriciteit dan hun collega's zonder kamerplanten. Ook hier ging het om werknemers die gemiddeld minstens 4 uur beeldschermwerk deden. De resultaten van dit deel van het onderzoek zijn hier dus meer plausibel dan bij het onderdeel gezondheidsklachten, omdat het seizoen er hier niet toe doet en er ook een onderscheid is gemaakt in blootstelling.

***Planten ter verbetering van het welbevinden van werknemers***

Uit Fjeld 2002:

- Kantoorwerkers kregen planten en/of daglichtlampen in hun kamer. Het effect van planten was sterker dan dat van daglichtlampen.

Uit Shoemaker, e.a, 1992:

- Werknemers waren positief ten aanzien van planten, de meeste werknemers waren het erover eens dat planten de kantooromgeving tot een aantrekkelijkere werkplek maakten.
- Kantoorwerknemers waren zich van de gunstige effecten van planten bewust, zoals de verbetering van de luchtkwaliteit.
- Er werd geen effect van beplanting op werktevredenheid en gedrag en houding ten aanzien van planten op het werk gevonden, mogelijk omdat de werknemers in dit kantoor al vrijwel maximaal tevreden waren en planten daar geen verdere bijdrage aan toevoegden.

Uit Van Dortmont e.a, 2001:

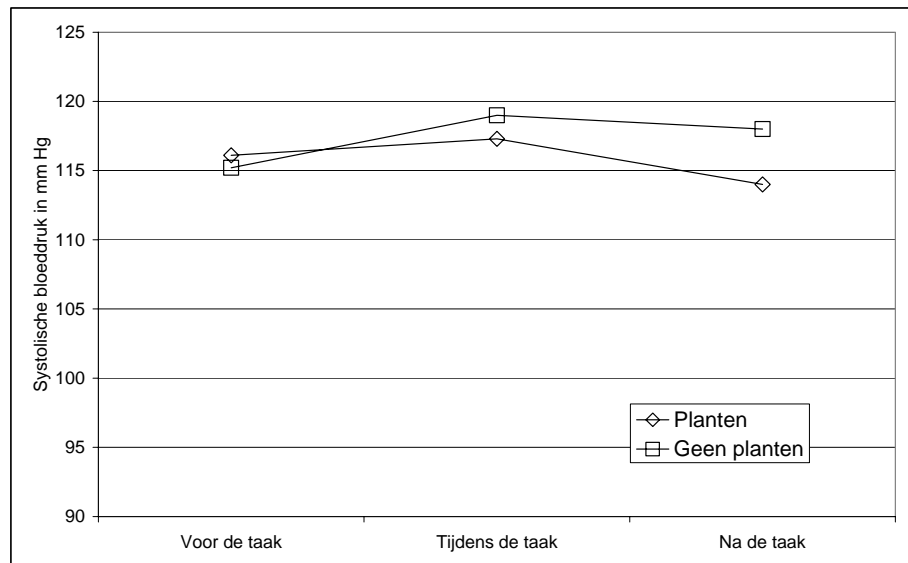
- Werknemers die dagelijks gemiddeld 4 of meer uur beeldschermwerk verrichtten, voelden zich beter met planten op de kamer.
- Werknemers met planten op de kamer hadden minder vaak last van statische elektriciteit dan hun collega's zonder kamerplanten. Het gaat dan om werknemers die gemiddeld minstens 4 uur beeldschermwerk doen.

### 3.3 Productiviteit

Als mensen zich fit, gezond, ontspannen en prettig voelen op het werk, zal dat ook gevolgen hebben voor de productiviteit. Het aantal studies naar dit soort effecten van planten is echter beperkt, maar wel veelbelovend. Productiviteitsmetingen in de dagelijkse werksituatie van werknemers zijn echter niet bekend. Daarvoor is zorgvuldig onderzoek nodig, waarbij werknemers op een zodanige wijze gevolgd worden dat zij niet in de gaten hebben dat er sprake is van een onderzoek of dat iedereen weet dat het onderzoek plaatsvindt, maar niet onder welke conditie. Vooral nog zijn het vooral laboratoriumexperimenten die het voordeel hebben dat men goed kan manipuleren met het plaatsen van planten en dat men zorgvuldiger kan kijken naar verklaringen voor de gevonden effecten.

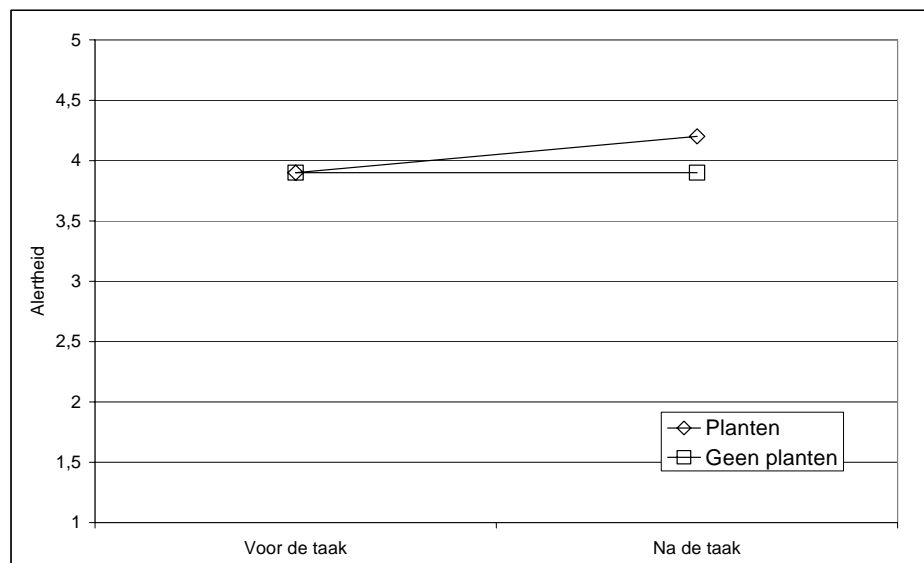
Virginia Lohr en haar collega's (1996) deden een experiment in een computerruimte van de Washington State University met 27 werkplekken in een ruimte die gebruikt werd door studenten. De ruimte had een vloeroppervlak van 99 m<sup>2</sup> en geen ramen. De kamer werd voor de experimentele groep prettig, maar niet bijzonder opvallend gedecoreerd met planten op de tafels en de vloer en met hangplanten gedurende het uitvoeren van een reactietijdtaak. Uit het onderzoek bleek dat de 49 deelnemers van de experimentele groep een 12% snellere reactietijd hadden dan de 49 deelnemers die de computeropdrachten uitvoerden in de ruimte zonder planten. Bovendien waren de deelnemers uit de experimentele groep tijdens de uitvoering van de computeropdrachten minder gestresst dan de deelnemers van de controlegroep, gemeten aan de hand van hun lagere systolische bloeddruk. Figuur 3.3 brengt het verloop hiervan in beeld.





**Figuur 3.3: Systolische bloeddruk (in mm Hg) voor, tijdens en na afloop van de productiviteitstaak van deelnemers met en zonder planten in de kamer (bron: Lohr e.a., 1996)**

Direct na de uitvoering van de computeropdrachten, bleek dat de deelnemers in de ruimte met planten zich ook 'alerter' voelden dan de deelnemers uit de controlegroep. Dit betrof 0,5 eenheden op een schaal van 1 tot 5 (zie Figuur 3.4). De onderzoekers benadrukken dat deze laatste bevinding relevant is, omdat alertheid of het zich kunnen concentreren een belangrijke voorwaarde is voor de productiviteit van werknemers.



**Figuur 3.4: Gemiddelde score van het antwoord op de vraag 'Ik voel me oplettend en geconcentreerd' (1=helmaal niet, 5=zeer sterk), voor en na de productiviteitstaak door deelnemers met en zonder planten in de kamer (bron: Lohr e.a., 1996)**

Ook de Japanse onderzoekers Shibata & Suzuki (2002) deden een laboratoriumonderzoek, maar nu naar de snelheid waarmee een sorteertaak en een associatietaak werden uitgevoerd. Het experiment vond plaats in een kamer van 16 m<sup>2</sup>, die was afgesloten van de buitenwereld door middel van een gordijn. De onderzoeksgroep bestond uit 83 mannelijke en 63 vrouwelijke studenten die op basis van toeval werden ingedeeld in drie condities: (1) met een bladplant van 1 meter hoog, geplaatst 1½ meter vóór het bureau en dus vlak voor de respondent, (2) met een bladplant van 1 meter hoog, op 1½ meter geplaatst naast het bureau en dus zijdelings in het zicht van de respondent en (3) een situatie zonder plant. Behalve de student, de stoel, het bureau en eventueel de plant was er verder niets of niemand aanwezig in de kamer. De respondenten vulden voor en na de uitvoering van de taak een vragenlijst in, met vragen over de stemming (bijvoorbeeld kalmte, gespannenheid of afgeleid zijn) en de reactie ten opzichte van de aanwezigheid van de plant in de kamer (bijvoorbeeld: geeft een natuurlijk, rustgevend, vertrouwd gevoel of leidt af).

De resultaten van deze studie zijn ingewikkeld, maar ook opmerkelijk. De vrouwen deden beide taken gemiddeld sneller dan de mannen, maar lieten zich ook anders door de aanwezigheid van de plant beïnvloeden. Bij hen werkte de aanwezigheid van de plant licht storend op de prestatie op de sorteertaak. Bij de mannen was het effect juist andersom, zij presteerden beter met een plant in de omgeving, maar alleen bij de associatietaak. De antwoorden op de vragenlijst gaven meer inzicht in deze resultaten. De vrouwen voelden zich meer afgeleid door de aanwezigheid van de plant, waardoor hun prestaties mogelijk minder werden. De mannen voelden zich juist meer op hun gemak gesteld waardoor hun prestaties beter werden. Er zijn dus aanwijzingen dat bij creatieve arbeid een plant in de buurt stimulerend werkt en de prestaties verbetert. Bij productiewerk leidt de aanwezigheid van een plant in de nabijheid af of wordt deze niet opgemerkt omdat de taak belangrijker is.

#### *Planten ter verbetering van de productiviteit van werknemers*

Uit Lohr, e.a., 1996:

- Studenten die een eenvoudige computertaak uitvoerden, hadden een 12% snellere reactietijd als er planten in de buurt stonden.
- Studenten die een eenvoudige computertaak uitvoerden, hadden minder stress (een 1 tot 4 eenheden lagere systolische bloeddruk) als er planten in de buurt stonden.
- Direct na afloop van de computertaak bleek dat studenten met planten in hun omgeving gemiddeld een half punt meer oplettendheid op een schaal van 1 – 5 aangaven, dan hun collega's die geen planten hadden op hun werkplek.

Uit: Shibata en Suzuki, 2002:

- Creatief werk gaat beter met een plant in de omgeving. De plant veroorzaakt meer rust, waardoor men beter kan associëren. Bij productiewerk leidt de aanwezigheid van een plant af.

### 3.4 Hoe werkt het nu precies?

Voor het antwoord op de vraag wat er nu precies aan de hand is, moeten we ons baseren op theorieën. Verklaringen voor verschijnselen zijn vrijwel nooit direct te zien. Pas

met behulp van experimenten kunnen mechanismen systematisch ontrafeld en begrepen worden. Dat is echter een ingewikkeld en langdurig proces, waarbij theorieën nodig zijn om de gevonden effecten te verklaren. Een theorie is echter ook maar een hulpmiddel dat regelmatig bijgesteld moet worden. Bij het bestuderen van de effecten van de planten op het werk zijn we nog lang niet zover dat we alles begrijpen. Gelukkig kunnen we wel aansluiten bij theorieën over stress en vermoeidheid door overstimulering.

Werkdruk en stress staan sterk zijn belangrijke factoren in de huidige werksituatie. Niet alle stress is echter vervelend. Van hard werken bijvoorbeeld wordt je niet snel ziek. Pas als er sprake is van chronische overbelasting of van een gebrek aan mogelijkheden om problemen (bijvoorbeeld veel werkaanbod) op te lossen, laat herstel het afweten en kan chronische en/of mentale vermoeidheid ontstaan. Het is inmiddels aangetoond dat je van deze belastende vormen van stress, ook al zijn ze in lichte mate aanwezig, ziek kunt worden. De constante druk leidt tot minder lichamelijke en geestelijke weerstand, waardoor hart- en vaatziekten, infectieziekten, angststoornissen en depressie kunnen ontstaan. Waarom hebben planten daar nu juist een gunstig effect op?

Men veronderstelt dat dit te maken heeft met het feit dat wij mensen ontstaan zijn in een natuurlijke omgeving. Dat was een proces van miljoenen jaren. Pas in de recente tijd is de mens op grote schaal in natuurvreemde omgevingen (gebouwen en steden) gaan wonen en werken. Planten in de tuin, de huiskamer en de werkomgeving brengen het oorspronkelijke natuurlijke milieu, waar de mens zich goed in voelt, weer een beetje terug. Er is dus een evolutionaire verklaring voor de herstellende invloed van planten op de mens. Hoe precies is nog onduidelijk, maar men vermoedt wel enkele mechanismen.

Zo stellen de Amerikaanse onderzoekers Kaplan & Kaplan (1989, 1990) dat de natuur van invloed is op het herstel van een specifieke vorm van vermoeidheid, die ontstaat als onze aandacht teveel wordt opgeslokt door het werk en de leefomgeving. De natuur herstelt die vermoeidheid door de aandachtopslokkende omgeving enerzijds te vervangen en anderzijds onze aandacht te trekken zonder dat het moeite kost. De overstimulering wordt daarmee tegengegaan. Ulrich (1984) stelt dat de natuur gevoelens van veiligheid en overleven bij ons oproept en via een aangeboren aanpassingsmechanisme positieve emotionele reacties en gevoelens bij ons opwekt. Dat vertaalt zich in lichamenlijk tot rust komen en wel op een wijze die tegengesteld is aan de sterke overstimulering van het lichaam als het te maken krijgt met stress.

Het is dus zeker niet gek om te denken dat planten een rustgevend effect op de mens hebben en dat dit rustgevend effect van invloed is op het tot rust komen na de vele stressvolle situaties die we dagelijks meemaken. Door rust herstellen we en kunnen we ons werk beter doen.

### 3.5 Conclusie

Is het hiervoor genoemde onderzoek wel voldoende voor een conclusie? Wij denken van wel. Vooralnog zijn er voldoende aanwijzingen om te besluiten dat er een positief effect is. Met name het onderzoek waarin de mate van blootstelling aan planten systematisch varieert met de mate waarin er positieve gezondheidseffecten optreden en het onderzoek dat planten een sterker effect hebben dan bijvoorbeeld daglicht, geeft vertrouwen in de eenduidigheid van de uitkomsten. Er zijn verder in het ons bekende onderzoek vooral gunstige en neutrale effecten gevonden. Bovendien geeft het onderzoek

naar de prestatie van werknemers gerichte aanwijzingen voor een verklaring, namelijk dat werknemers zich door planten op het werk minder gestresst, alerter en meer op hun gemak gesteld voelen.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

Al sinds vele eeuwen verzamelen mensen planten voor eigen plezier en plaatsen ze in situaties waar ze van nature niet voorkomen, zoals in woonhuizen, kassen en op terrassen. Ook ondernemers zullen dat ongetwijfeld altijd gedaan hebben, maar het plaatsen van planten in de werksituatie als bewuste organisatiestrategie is pas ontstaan sinds de zeventiger jaren toen de kantoortuinen hun intrede deden. Pas in loop van de negentiger jaren is het onderzoek naar de effecten van planten op het werk op de werknemers goed op gang gekomen. Inmiddels is er een aanzienlijke hoeveelheid literatuur over dit onderwerp verschenen. Genoeg om het systematisch samen te vatten en te leren wat er met de resultaten gedaan kan worden.

Bij het zoeken naar onderzoeksliteratuur over de effecten van planten in de werksituatie zijn drie beperkingen aangebracht. De eerste is dat uitdrukkelijk gekeken is naar de effecten van planten in de werksituatie. Daarom is het onderzoek naar bijvoorbeeld stedelijke en landschappelijk planning en de verbetering van de gezondheidstoestand van ziekenhuispatiënten en gedetineerden niet meegenomen, ondanks dat dit ook interessante aanvullende inzichten kan opleveren. De tweede beperking is dat het onderzoek naar de effecten van planten buiten, bijvoorbeeld in tuinen, bossen, akkers en kassen, niet is meegenomen. Het gaat dus uitdrukkelijk om de effecten van het werken in de buurt van planten en niet om de effecten van het werken met planten. De derde beperking geldt voor het toxicologisch en allergologisch onderzoek. Dit rapport concentreert zich daarom uitsluitend op de effecten van planten die om decoratieve redenen geplaatst zijn in binnenruimtes waar gewerkt wordt. Daarbij is de literatuur voor twee onderzoeksgebieden samengevat, namelijk fysiologische effecten enerzijds en psychische en gezondheidseffecten anderzijds.

### 4.1 Gunstige effecten, aanbevelingen tot actie

De resultaten van het onderzoek in dit rapport leiden tot de conclusie dat er sterke aanwijzingen zijn voor het bestaan van gunstige effecten van planten in de werksituatie op de luchtkwaliteit, de omgevingscondities, de gezondheid en het welbevinden van werknemers. Er zijn nauwelijks ongunstige effecten gevonden. Wel zijn de effecten relatief klein, maar daar staat tegenover dat er weer vrij veel kleine effecten zijn. Wat dat betreft sluiten onze conclusies aan bij wat ook andere onderzoekers opmerken, zij het dat hun conclusies vaak over onderzoeksgebieden gaan zoals het werken in tuinen, het herstel van stress, ziekte en medische ingrepen, het maatschappelijk welbevinden, en/of het ontstaan van aandoeningen bij ouderen (Gezondheidsraad, 2002; Lohr, 2003).

Hoewel de bovenstaande conclusie positief is, is ook een waarschuwing op zijn plaats in verband met de wijze waarop onderzoek doorgaans gepubliceerd wordt. Waarschijnlijk is het zo dat we een selectie van onderzoek hebben onderzocht dat gunstige resultaten laat zien. De reden is dat onderzoekers studies met neutrale of ongunstige uitkomsten minder snel aan vaktijdschriften aanbieden en dat vaktijdschriften dit soort onderzoek minder snel plaatsen. Zo blijkt dat wij vrij veel onderzoek besproken hebben dat niet in internationale 'peer-reviewed' (door kritische collega's beoordeelde en becommentarieerde) artikelen gepubliceerd is. Het onderzoek van Fjeld is daar een voorbeeld van. Twee van de drie studies van deze auteur zijn alleen in Noorwegen gepubliceerd. Dat wij ook vrij veel 'grijze literatuur' beschreven hebben, geeft overigens weer het vertrouwen dat we toch relatief veel studies achterhaald hebben.

Onze aanbeveling is daarom uit te gaan van de 'sterke aanwijzing' dat er sprake is van gunstige effecten als het gaat om het plaatsen van planten in de werksituatie. Niet iedereen in Nederland is het hier mee eens. Zo publiceerde de Gezondheidsraad samen met de Raad voor ruimtelijk, milieu- en natuuronderzoek een studie naar de invloed van de natuur op het sociaal, psychisch en lichamelijk welbevinden (Gezondheidsraad, 2004), met daarin een onderdeel dat zich richt op de invloed van planten in de werksituatie op werknemers. De conclusie uit dit onderdeel is dat het vaststellen van een relatie tussen kamerplanten op de werkplek en de gezondheid en productiviteit van werknemers 'niet mogelijk is'. Echter de consensus in de resultaten en de relevantie voor beleid gericht op bevordering van gezondheid en productiviteit van werknemers rechtvaardigen wel nader onderzoek, aldus dit rapport. Ook hier is er dus de aanbeveling om meer onderzoek te doen, hoewel het rapport zich terughoudender opstelt, mogelijk vanwege de meer strikt wetenschappelijke benadering en de opinie dat investeren in beleid alleen verantwoord is als het bestaan van het effect bewezen is.

Nieuw onderzoek is vanzelfsprekend aan te bevelen. De vraag is echter of je met het ontwikkelen van beleid moet wachten op meer onderzoek dat uiteindelijk het effect zal bevestigen. Er zijn derhalve ook initiatieven in Nederland die niet wachten op volledige zekerheid en uitgaan van een meer actie gerichte aanpak om gezondheidsbeleid te stimuleren. Het Nationaal Instituut voor Gezondheidsbevordering en Ziektepreventie (NIGZ) startte in 2005 een uitgebreide campagne om bedrijven en instellingen te stimuleren meer planten op het werk te plaatsen. In een aantal brochures vatte deze organisatie de resultaten samen van het onderzoek dat grotendeels ook in dit rapport is besproken, om werkgevers te motiveren planten op het werk te plaatsen. In tien Europese landen is inmiddels ook de advertentiecampagne 'Healthy Green at Work' gestart. Via advertenties en de website ([www.healthygreenatwork.org](http://www.healthygreenatwork.org)) wordt aandacht gevraagd voor de positieve effecten van planten in kantoren. Organisatoren van de campagne zijn het NIGZ en Bloemenbureau Holland.

Ongeacht het wetenschappelijk bewijs betekent dit alles dat een werkgever een positieve bijdrage kan leveren aan het welzijn en het comfort van zichzelf en de medewerkers, nu eens niet door zich te laten leiden door regels en verboden, maar door eenvoudigweg de werkplek meer 'natuurlijk' aan te kleden. In veel organisaties is comfort op de werkplek overigens al een bekend gegeven. De werksituatie van werknemers is dan niet alleen beperkt door een milieutechnisch verantwoorde bouw en ergonomisch passend meubilair, maar wordt ook bewust verbeterd door een goede architectuur en mooi vormgegeven meubels en kunstobjecten. Planten binnen en buiten het gebouw horen daar zeker bij. Werkgevers zijn zich dus al bewust van de gunstige effecten van een prettige werkplek en dat bewustzijn is groeiende, hoewel het bewijs voor een positief effect nog in de kinderschoen staat.

Met name wat betreft de planten op het werk is een parallel te trekken met de gezondheidsbevorderende programma's die werkgevers tegenwoordig invoeren, zoals bijvoorbeeld het stimuleren van stoppen met roken en de aanwezigheid van fitness faciliteiten in het bedrijf. Voor beide typen programma's geldt dat aangenomen wordt dat de werkgever er (financieel) baat bij heeft. Gezondheidsbevorderende activiteiten zoals beheersing van stress, beweging op de werkplek en stoppen met roken zijn nog niet eens zo lang maatschappelijke aandachtspunten. Evenzo was men zich er tot voor kort ook niet van bewust dat de natuur en de aanwezigheid planten in de directe context van alle dag de geestelijke gezondheid van mensen positief kan bevorderen.

Overigens is de conclusie ook dat de effecten weliswaar niet groot zijn, maar dat ze zich voordoen ten aanzien van een groot aantal aspecten. Lohr (2003) noemt in dit verband de opmerkelijke range van verbanden die inmiddels gedocumenteerd is: vermindering van stress, verbetering van sociale interactie, versnelling van het herstel van ziekte, vermindering van psychische vermoeidheid, verbeterde opmerkzaamheid, verbeterde productiviteit en vermindering van gewelddadig gedrag. Ook het rapport van de Gezondheidsraad (2004) meldt dat uit een groot aantal methodologisch goed uitgevoerde onderzoeken blijkt dat de natuur kan helpen bij het herstel van stress en aandachtsmoeheid. Uitzicht op de natuur en verblijf in de natuur hebben een positieve invloed op onder meer de stemming, de concentratie, de zelfdiscipline en het ontstaan van fysiologische stress. Deze gunstige effecten zijn al zichtbaar bij een kortdurende blootstelling, aldus het rapport. Kortom: er zijn veel aanknopingspunten om beleid te starten en niet te wachten op volledige zekerheid, ook al omdat het nog een hele klus is om op alle gebieden die zekerheid te verwerven en het gaat om relatief kleine effecten, die zich soms niet voordoen.

## 4.2 Naar een optimale toepassing

In de literatuurstudie is onderscheid gemaakt tussen fysiologische effecten enerzijds en psychische en gezondheidseffecten anderzijds. Dit onderscheid hangt samen met de discipline van de onderzoekers. Het onderzoek in hoofdstuk 2 naar de fysiologische effecten is uitgevoerd door onderzoekers van TNO Bouw en Ondergrond. Het onderzoek in hoofdstuk 3 naar de psychische en gezondheidskundige effecten is gedaan door onderzoekers van TNO Kwaliteit van Leven, sectie Arbeid. De discipline van de onderzoeker hangt samen met verschillen in de onderzoeksmethoden en objecten van onderzoek. Metingen op fysiologisch gebied vinden vooral plaats aan en bij de plant. Metingen op psychologisch en gezondheidskundig gebied vinden vooral plaats aan en bij de mens die werkt in de omgeving van de plant. Met deze samenstelling van het onderzoeksteam zijn in ieder geval de beide posities van de mens/plant interactie gedekt. Maar er is meer mogelijk als gekeken wordt vanuit een dynamisch interactieperspectief.

Tot nu toe zijn de onderwerpen van onderzoek namelijk vrij passief bestudeerd. Er is gekeken naar wat de plant doet en hoe de mens daarop reageert. Er is dus sprake van de plant als entiteit en de mens als entiteit, maar niet van een dynamische interactie tussen beiden. De enige interactie die plaats vond was de experimentele manipulatie van de onderzoeker die het onderzoek uitvoerde. De mensen die het betrof moesten zich nu juist niet met die manipulatie bemoeien om de effecten van de experimenten niet te verstoren. Maar hier liggen nu juist wel de kansen om de relatie tussen de natuur en de mens te optimaliseren. Dat kan plaatsvinden door zowel aan de kenmerken van de plant als aan het gedrag van de mens in de omgeving van de plant iets toe te voegen. Er worden in deze paragraaf slechts een paar voorbeelden voor verbetering van de effecten genoemd, zoals die in deze literatuurstudie besproken zijn, maar er zijn er vele. Ons advies is dus meer actie en een meer optimale toepassing.

*Dosis en effect.* Dosis en effect studies zijn bekend vanuit de medische wetenschap waar veelvuldig en zorgvuldig onderzoek gedaan wordt naar de optimale dosis van het werkende bestanddeel van een medicijn. Dosis en effect is ook een gegeven bij het plaatsen van planten in de werksituatie. Een klein plantje dat nauwelijks boven een stapel papier op het bureau uitsteekt zal weinig effect hebben, maar een kamer vol met planten is al snel te vergelijken met een overdosis. Er moet dus een optimale verhouding zijn tussen de hoeveelheid en de aard van de planten enerzijds en het volume en

de aard van de werkruimte anderzijds. Klaarblijkelijk lukte het onderzoekers als Shibata en Suzuki (2002) om met hun plant van een meter hoog het effect te bereiken dat ze bedoelden, maar hun systematische manipulatie bestond er alleen uit de plant voor of opzij van de proefpersonen te plaatsen of helmaal weg te laten. Mogelijk hadden ze met een grotere plant meer effect bereikt, maar dat is niet onderzocht. Wat de fysiologische effecten betreft laten de verschillende studies, zeker wanneer naar de luchtkwaliteit wordt gekeken, positieve resultaten zien. In de praktische situatie van alledag zijn de effecten echter duidelijk genuanceerder. Het effect van planten op het binnenmilieu kan dan ook niet los worden gezien van de ruimte (het gebouw) en, bijvoorbeeld, de mechanische ventilatie van deze ruimte. Ook hier is het dus verstandig een naar optimale dosering te zoeken, waarbij zeker ook werking van de mechanische ventilatie en de kenmerken van het gebouw betrokken moeten worden. Pas dan kan de luchtkwaliteit optimaal verbeterd worden door ook gebruik te maken van planten. Het is overigens de vraag of er in een reële situatie gesproken zal kunnen worden van een significant effect van planten. Anderzijds geldt, op basis van de beschikbare gegevens, dat een gezonde en goed onderhouden plant de werkomgeving niet zal schaden en dat ook kleine effecten een positieve bijdrage kunnen geven.

*Versterken van de effecten.* Dat kan bijvoorbeeld door het optimaal selecteren van de meest invloedrijke plantensoorten met het juiste formaat. Daarvoor is het weer nodig om na te gaan wat de kenmerken van de planten zijn die aan het effect bijdragen. Nieuw onderzoek zal zich met name daarop moeten richten. Als eenmaal bekend is welke planten het meest effectief zijn, kan vervolgens een optimale selectie gemaakt worden, waarschijnlijk per werkplek. Met een optimaal uitgekende combinatie van planten die én de lucht zuiveren én voor werknemers prettig zijn om bij te vertoeven kan gericht geëxperimenteerd worden, bijvoorbeeld door werknemers zelf mee te laten beslissen over de soort, de plaatsing en de omvang van de planten. De uiteindelijke keuze kan dan systematisch doorgevoerd worden. Moderne interieur-beplantingsbedrijven besteden hier veel aandacht aan. Er is echter meer mogelijk, namelijk door gericht versterken van kenmerken van planten, bijvoorbeeld door het selectief kweken op specifieke eigenschappen van de planten. Met name in de Verenigde Staten heeft men op dat terrein baanbrekend werk verricht.

*Samenwerking met andere disciplines.* In principe zijn er drie posities in de dynamische interactie tussen mens, plant en binnenruimte: namelijk de mens, de plant en de ruimte. In de optimale toepassing zou het plaatsen van planten dus vanuit deze drie posities plaats moeten vinden. In de dagelijkse praktijk weten beplantingsbedrijven het meest over de kenmerken van de plant. Indien niet dan beschikken zij over de mogelijkheden om hier achter te komen. Over de kenmerken van de binnenruimte is de werkgever de eerst aanspreekbare partij, maar de werkgever kan zich ook laten adviseren door bijvoorbeeld deskundigen van een arbodienst (arbeidshygiënist) of andere professionele adviesorganisaties. Tot slot is er de positie van de werker, die bestaat uit de persoon en de werkzaamheden van deze persoon. Op de werkzaamheden wordt teruggekomen in de volgende alinea. Daarnaast is er bij iedere persoon ook de behoefte om mee te kunnen praten over de eigen werkomgeving. Een vorm van interdisciplinaire samenwerking is ook een architect of vormgever te consulteren. Er zijn architecten die bewust tegenhouden dat er (teveel) planten geplaatst worden bij de oplevering van een gebouw. Na vijf jaar speelt dat geen rol meer en dan nemen de werknemers vaak zelf hun planten mee. Het resultaat is dan vaak tegengesteld aan wat de architect oorspronkelijk bedoelde, terwijl dat zou zijn tegengegaan als er een gericht beplantingsbeleid bij oplevering meegegeven zou zijn en het gebouw op een architectonisch veel meer verantwoorde wijze zou zijn voorzien van planten.



*Kenmerken van het werk.* Door na te gaan in welke werksituaties het effect bereikt kan worden kan eveneens optimalisering van de effecten bereikt worden. Uit het onderzoek van Sibata en Suzuki (2002) kwam naar voren dat er bij productiewerk geen reden is voor het plaatsen van planten in de buurt, omdat deze afleiden of omdat ze gewoonweg niet door de werknemers gezien worden, aangezien deze zich op de productietaak moeten concentreren. Toch is er ook bij productiewerkers meer mogelijk als het gaat om planten in de werksituatie. Het plaatsen van planten in de kantine kan bijvoorbeeld wel effectief zijn, omdat de werknemers hier tot rust komen en planten daaraan een bijdrage kunnen leveren. Daarnaast is het te overwegen om de gebouwen niet alleen van binnenuit door planten te laten 'ventileren', maar ook door de luchtzuivering via een plantenrijke omgeving van buiten het gebouw te laten plaats vinden. Werknemers hebben dan minder de behoefte om de ramen open te zetten, zodat de 'frisse' lucht samen met de uitlaatgassen van het verkeer binnen komt. Het is dan wel van belang dat zorgvuldig met de biologische agentia wordt omgegaan.

*Ontwikkeling van tools.* Naast fundamenteel onderzoek en voorlichtingsactiviteiten is er een derde weg die bewandeld kan worden als het gaat om het ontwikkelen van het bewustzijn van Nederlandse werkgevers en werknemers op dit gebied, namelijk praktijkgericht onderzoek. Praktijkgericht onderzoek hoeft zeker niet minder te zijn dan het strikte wetenschappelijke onderzoek, maar heeft het voordeel van een ontwikkelingsgerichte aanpak. Dit soort onderzoek kan op verschillende manieren plaats vinden. Zo kan de arbodienst bijvoorbeeld meten of de beplanting effectief is, door voor en na plaatsing van de planten een kort vragenlijstonderzoek te houden of door de arbeidshygiënist metingen te laten verrichten. Ook beschikken arbodiensten over mogelijkheden organisaties te vergelijken die wel of geen planten in de werksituatie hebben, bijvoorbeeld via het periodiek gezondheidskundig onderzoek. Dit onderzoek kan ook door de beplantingsbedrijven ontwikkeld worden, bijvoorbeeld via een 'tool' die aansluit bij de resultaatgerichte aanpak die momenteel in de meeste bedrijven wordt toegepast. Via een korte vragenlijst die uitgezet wordt onder de werknemers, bijvoorbeeld via het intranet van het bedrijf of via de internet site van het beplantingsbedrijf zelf, kan dan periodiek nagegaan worden wat de verbetering is, bijvoorbeeld door gericht met de beplanting te manipuleren. Het bedrijf kan dan de resultaten gebruiken in de eigen resultaatgerichte verbetercycli.

### 4.3 Tot besluit

Wat vinden wij nu zelf interessant aan dit soort onderzoek? We hebben ten minste drie antwoorden. De eerste is dat we gefascineerd zijn door het type onderzoek. Voor de fysiologische effecten geldt dat er zeer nauwkeurig gemeten wordt aan de planten. Dat is leuk voor ons, maar er komen ook daadwerkelijk onverwachte effecten naar voren, zoals het zuiveren van de lucht van toxische stoffen. In het psychologisch onderzoek is de dynamische relatie tussen mens en natuur een fascinerend gegeven. Meer dan een aantal jaren geleden nog gedacht werd blijkt dat de natuur een regulerende invloed heeft op de mens: degenen die gestresst zijn worden rustiger en degenen die psychisch vermoeid geraakt zijn worden juist gestimuleerd. In de tweede plaats zijn wij als arbo- en bouwdeskundigen getroffen door de mogelijkheden van dit type onderzoek. In plaats van regels en verboden, geeft dit type onderzoek nu juist mogelijkheden om de werksituatie en de werkomgeving positief te verbeteren. Comfort is een gegeven dat al weer een hele tijd in de wereld van het bouwen en de ergonomie een plaats heeft gekregen. Planten geven een extra dimensie aan het comfortdenken, niet alleen vanwege het verbeteren van het comfort, maar ook door de gunstige resultaten ten aanzien van gezondheid en welbevinden. Tot slot, door deze combinatie van fysiologie en psycho-

logie wordt ons de mogelijkheid geboden meer begrip te krijgen van het functioneren van onszelf, de mens.

## 5 Referenties

Om het zoeken gemakkelijker te maken worden de referenties van het onderzoek dat we gebruikt hebben per hoofdstuk weergegeven. Begonnen wordt met de referenties van het hoofdstuk over fysiologische effecten, daarna volgen de referenties van het hoofdstuk over de psychische en gezondheidseffecten.

### 5.1 Referenties bij hoofdstuk 2

Burchett, M. et al. (2000). *Towards Improving Capacity of indoor Plants and Potting Mix Components for Indoor Air Pollution Reduction*. Final report of HRDC No. NY98025, Sydney.

Costa, P. & James, R.W. (1995). *Constructive use of plants in office buildings*. Lecture notes for the catalogue of the symposium Plants for People. Den Haag, Netherlands.

EFA (2003). *Towards Healthy Air in Dwellings in Europe*. THADE, Final report.

Fjeld, T. et al. (1998). *The Effect of Indoor Foliage Plants on Health and Discomfort Symptoms among Office Workers*. *Indoor Built Environment*, vol. 7, pp. 204-209.

Fjeld, T. & Bonnevie, C. (2002). *The Effect of Plants and Artificial Day-Light on the Well-Being and Health of Office Workers, School Children and Health Care Personnel*. International Symposium Floriade 2002, Netherlands.

Hall, D.E. (1987). *Basic Acoustics*. John Wiley & Sons, Inc, New York.

Lohr, V.I. & Pearson-Mims, C.H. (1996). *Particulate Matter Accumulation on Horizontal Surfaces in Interiors: Influence of Foliage Plants*. *Atmospheric Environment* DI. 30, Nr. 14, pp. 2565-2568.

Luxemburg, L.C.J. van & Martin, H.J. (1984). *Jellema 7a*. Delft: uitgeverij Waltman.

Rautiala, S. et al. (1999). *Do plants in an office have any effect on indoor air microorganisms?* Proceedings of Indoor Air 99, the 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, and the Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC) 20th Annual Conference. Edinburgh (Scotland): 8-13 August 1999, Volume 2, pp 704-709.

RIVM (2004). *Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu*. RIVM-rapport 609021029/2004, Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Nederland.

Schempp, D. (2002). *Green Architecture, Plants in Building, the Cycle of Nature, Creating an Inspiring, Healthy Indoor Climate*. Key message Plants for People International Symposium Floriade, Netherlands 2002.

Stec, W.J., Paassen, A.H.C. van & Maziarz, A. (2005). *Modelling the double skin façade with plants*. *Energy and Buildings*, vol. 37, pp 419-427.

Strickler, B. (1994). *Water Evaporation of 5 Common Indoor Plants under Various Climate Conditions*. Proceedings of the Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC)

15th Annual Conference, held Buxton, Great Britain, 27-30 September 1994, Volume 1, pp 151-162.

Tarran, J. et al. (2002). *Quantification of the Capacity of Indoor Plants to remove Volatile Organic Compounds under Flow Through Conditions*. Final report of Horticulture Australia Project No NY00035, Sydney.

TNO (1991). *Oriënterend onderzoek naar de luchtzuiverende werking van potplanten in een mechanisch geventileerde proefruimte*. TNO-rapport B-91-0137, Delft.

Wolverton, B.C., Johnson, A. & Bounds, K. (1989). *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement*. *Interiorscape* 11/12, pp. 37-63.

Wolverton, B.C. (1996). *50 Verrassende kamerplanten*. Houten: Van Reemst Uitgeverij.

Wood, R. et al. (2004). *Plants to improve office air quality - How many make a difference?* Final report of Office 'On-Location' study, to Flower Council of Holland, Sydney.

## 5.2 Referenties bij hoofdstuk 3

Dortmont, A. van, Bergs, J. (2001). *Onderzoek planten en productiviteit*. Leiden: Bloemenbureau Holland.

Fjeld, T., Veiersted, B., Sandvik, L., Riise, G., Levy, F. (1998). *The Effect of Indoor Foliage Plants on Health and Discomfort Symptoms Among Office Workers*. *Indoors + Built Environment* 7:204-206.

Fjeld, T., Levy, F., Bonnevie, C., Sandvik, L., Veiersted, B., Riise, G. (1999). *Foliage plants both with and without additional fluorescent light, may reduce in-door health- and discomfort complaints*. *Proceedings Indoor Air* 4:6:16-21.

Fjeld, T. (2002). *The Effect of Interior Planting on Health and discomfort among Office Workers and School Children*. *Hort Technology* 10(1): 46-52.

Kaplan, R., Kaplan, S. (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kaplan, R., Kaplan, S. (1990). *Restorative experience: the healing power of nearby nature*. In: Francis, M., Hester, R.T. (eds). *The Meaning of Gardens; Idea, Place and Action*. Cambridge Massachusetts, London, England: The MIT Press.

Kaplan, R. (1992). *The Psychological Benefits of nearby nature*. In: Relf, D. (ed.). *The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development: A National Symposium*. Portland, Oregon: Timber press.

Lohr, V.I., Pearson-Mims, C.H., Goodwin, G.K. (1996). *Interior Plants May Improve Worker Productivity and Reduce Stress in a Windowless Environment*. *J. Environ. Hort.* 14:97-100.

Lohr, V.I. (2003). *Beyond food and fibre: the civilizing nature of plants*. Nordic Association of Agricultural Scientists, 22<sup>nd</sup> Congress. July 1-4 2003, Turku, Finland.

Shibata, S., Suzuki, N. (2002). *Effects of the foliage plant on task performance and mood*. Journal of Environmental Psychology 22: 265-272.

Shoemaker, C.A., Randall, K., Relf, P.D., Geller, E.S. (1992). *Relationships between Plants, Behaviour, and Attitudes in an Office Environment*. HortTechnology 2(2):205-206.

Ulrich, R.S. (1984). *View through a window may influence recovery from surgery*. Science 224: 420-21.

Wolverton, B.C. (1997). *How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants That Purify Your Home or Office*. Penguin Books, USA Edition. ISBN: 0140262431

Wolverton, B.C., Johnston, A., Bounds, K. (1989). *Interior landscape plants for indoor air pollution abatement*. Final Report. NASA. John C, Space Center.