

# Automatisering van de meting van de stamomvang van laanbomen

Bart van der Sluis  
Ton Baltissen



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.  
Sector Bomen  
PPO nr. 32 360083 00  
Augustus 2007

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is gefinancierd door Productschap Tuinbouw



Projectnummer: 32 360083 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse

Tel. : 0252 46 21 21

Fax : 0252 46 21 00

E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)

Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

## Van



## Naar





# Inhoudsopgave

pagina

INLEIDING .....	7
1 KWALITEITSEISEN EN VOORSCHRIFTEN .....	9
1.1 Kwaliteitseisen en bundelingsvoorschriften.....	9
1.2 Kleuren .....	10
1.3 Naktuinbouw .....	10
2 DIKTEMETING IN DE PRAKTIJK, EEN INSCHATTING .....	11
3 HET PROCES VAN DIKTEMETING .....	13
3.1 Vragenlijst.....	13
3.2 Resultaten vragenlijst .....	13
3.2.1 Periode diktemeting .....	13
3.2.2 Hoeveelheid te meten bomen.....	13
3.2.3 Arbeidsinzet .....	14
3.2.4 Procesbeschrijving.....	14
3.2.5 Gegevensverzameling en verwerking .....	15
3.2.6 Meerwaarde geautomatiseerde diktemeting .....	15
3.2.7 Voorkeur voor bepaald systeem.....	16
3.2.8 Voordelen en nadelen geautomatiseerde diktemeting .....	16
4 PRODUCTUNIFORMITEIT .....	17
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VAN LABORATORIUM EXPERIMENTEN.....	19
6 CONCEPTEN .....	21
7 WORKSHOPS.....	25
7.1 Keuze concepten .....	25
7.2 Betrouwbaarheid .....	25
7.3 Conclusies workshop .....	26
8 AANBEVELING EN VERVOLG TRAJECT .....	29
9 LITERATUUR EN WEBSITES .....	31
9.1 Literatuur .....	31
9.2 Websites.....	31
BIJLAGE 1 KWALITEITSEISEN PER LAANBOOMTYPE .....	33
BIJLAGE 2 GEËNQUÊTEERDE KWEKERS.....	35
BIJLAGE 3 PROCES BESCHRIJVING DIKTEMETING.....	37
BIJLAGE 4 BESCHRIJVING DIKTE MEETSISTEMEN.....	39
BIJLAGE 5 PRESENTATIE WORKSHOP .....	41
BIJLAGE 6 ARTIKEL 'LAANBOMENBEDRIJF VAN DE TOEKOMST' .....	45



# Inleiding

## Probleemstelling

De sortering van laanbomen wordt bepaald door de omvang/diameter van de stam op 1 meter boven de grond. Deze diameter/omvang wordt jaarlijks voor de verkoop met de hand gemeten (contactmeting) en indien nodig wordt de boom gemerkt, zodat de teler weet welke voorraad hij van elke sortering heeft. De meting, het merken en de eventuele verwerking van de meetresultaten is arbeidsintensief en kan geautomatiseerd worden. Door het te automatiseren kan de betrouwbaarheid verbeterd worden (standaardisatie, kwaliteitsverbetering).

Automatisering van de diktemeting gekoppeld aan identificatie van de boom is het startpunt voor verwerking van de meetresultaten naar voorraadbeheerssystemen. Op basis hiervan kan de afzet worden vorm gegeven en evaluatie van de teelt plaatsvinden.

## Het project

Het bij het PT ingediende project 'Automatisering van de diktemeting bij de teelt van laanbomen' bestaat uit meerdere fasen en dit rapport rapporteert de resultaten van de eerste fase. Alleen voor de eerste fase is financiering aangevraagd en afgegeven. Vervolgotrajecten (fase 2 en 3) zijn mede afhankelijk van een go/nogo van de begeleidingsgroep.

Fase 1 is een technische en economische haalbaarheidsstudie met een globale uitwerking van een aantal concepten. Deze concepten zijn besproken met de begeleidingsgroep en het innovatie netwerk laanbomen en op basis van hun keuze is een verdere uitwerking als uitgangspunt voor fase 2 gemaakt.

Fase 2 in deze fase zal de nadruk liggen op de verdere ontwikkeling en testen van het gekozen concept.

Fase 3 in deze fase wordt de ontwikkeling van een marktrijp product en implementatie in de praktijk samen met toeleveranciers.

De begeleidingsgroep bestond uit:

- Jos Mouwen
- Herman Mauritz
- Anton Peeters
- Geurt Huibers

De volgende activiteiten zijn in fase 1 uitgevoerd:

- Deskstudie
- Overleg, met producenten en leveranciers, over methoden en –instrumenten voor diktemeting, mogelijkheden voor koppelen meetresultaat aan boom en automatisch merken.
- Laboratoriumtesten. Diktemeting kan contactloos (op afstand van de boom) of middels contact. In deze fase zijn in het laboratorium kleine technische haalbaarheidsonderzoeken gedaan. Enkele diktemeetsystemen zijn getest zoals bijvoorbeeld vision (zichtbaar licht), laser, ultrasoonreflectie en infraroodreflectie.
- Interviews met telers en overleg met de begeleidingsgroep voor het inventariseren op welke wijze men de diktemeting uitvoert en zou willen uitvoeren: eis voor nauwkeurigheid meting, meting middels een handapparaat met eventueel digitale opslag van resultaat en/of contactloze meetsysteem op rijdend voertuig, technieken om te merken, data transport, voorraadbeheerssysteem, etc.
- Ontwikkelen en uitwerken concepten
- Uitvoeren van een beperkte marktverkenning: economische haalbaarheid van de diverse concepten.
- Mogelijkheden voor samenwerking met potentiële leveranciers en producenten worden in beeld gebracht door gesprekken met deze groep.
- Bespreken concepten in klankbordgroep.
- Opstellen aanbeveling
- Schrijven aanzet tot projectvoorstel voor fase 2 en eventueel fase 3.

Dit rapport is zodanig opgebouwd dat de lezer op basis van dit rapport het doorlopen proces in het project goed kan volgen.

De hoofdstukken 2 t/m 5 beschrijven het proces van diktemeting en geven de resultaten van de afgenomen enquête weer.

Hoofdstuk 6 is de samenvatting en aanbeveling uit het rapport opgesteld door Jochen Hemming en Jan Bontsema van WUR-Glastuinbouw. Voor het hele verslag, zie het rapport nota 462 'Automatisering van de diktemeting bij de teelt van laanbomen. Verslag laboratoriumexperimenten'. Uitgegeven door Wageningen UR Glastuinbouw.

Hoofdstuk 7 beschrijft de ontwikkelde concepten, die besproken zijn met de klankbordgroep en in 2 workshops met een aantal laanbomenkwekers.

Hoofdstuk 8 en 9 beschrijven het gewenste systeem en de route erheen.



# 1 Kwaliteitseisen en voorschriften

De afnemer van laanbomen stelt steeds hogere eisen aan de kwaliteit van de laanbomen, waardoor het kwaliteitsbewustzijn in de sector hoog is. De Raad voor de Boomkwekerij heeft in januari 2007 de nieuwe versie van "Kwaliteitsnormen en omschrijvingen van Boomkwekerijproducten" uitgegeven.

## 1.1 Kwaliteitseisen en bundelingsvoorschriften

Kwaliteit wordt onderscheiden in uitwendige en inwendige kwaliteit. Onder uitwendige kwaliteit wordt verstaan: rechte stam, aantal, lengte en plaats van de gesteltakken, dikte-lengte verhouding, kluitvorming, veredelingsplaats. Onder inwendige kwaliteit wordt o.a. verstaan: erfelijke factoren (goede herkomst, selecties), virus status, vitaliteit (uitdrogen e.d.), juiste onderstam keuze (onverenigbaarheid).

In bijlage 1 zijn voor de diverse laanboomtypen specifiek eisen geformuleerd. De verschillende laanboomtypen zijn spillen, halfstammen, hoogstammen (laan en sierbomen), bolvormen, pyramiden en geveerde bomen. Van deze typen bestaat het grootste gedeelte uit hoogstamlaanbomen. Hierbij gelden de volgende kwaliteitsomschrijving:

- a) De stamomvang wordt gemeten 1 meter boven de wortelhals: maten 6/8, 8/10, 10/12, 12/14 enz. en 20/25, 25/30 cm enz.
- b) Zij moeten een stamhoogte hebben van minstens 180 cm, bij bomen met een stammaat van 6/8 cm mag de vertakking op 150 beginnen.

Voor uitzonderingen wordt verwezen naar bijlage 1.

Voor de kwaliteitsnormering wordt verwezen naar 'kwaliteitsnormen en omschrijvingen van de boomkwekerijproducten'.

Voor de verschillende laanboomtypen zijn specifieke bundelingsvoorschriften geformuleerd.

Tabel 1. Bundelingsvoorschriften (Bron: Raad voor de Boomkwekerij, 2007).

Type Laanboom	Maten	Bundelingsvoorschriften
Bomen	6/8	bossen van 5
	8/10	bossen van 3 of 5
	10/12	bossen van 3 of los
	12/14	bossen van 2 of los
	14/op	steeds los geleverd, waar nodig kroon opbinden
Halfstammen		bossen van 5
Spillen		vanaf 150 cm bossen van 10
		Minder dan 150 cm bossen van 10 of 25
Veren		al naar groei of mogelijkheden van het gewas bossen van 5 of 10
Piramiden		bossen van 5
Struiken		bossen van 5 of 10

De omtrek van bomen wordt met een centimeterbandmaat gemeten en niet met een schuifmaat of metalen steekmaat.

## 1.2 Kleuren

Met een kleur wordt de diktemaat aangegeven van laanbomen. Tabel 2 geeft de kleuren over de verschillende diktematen.

Tabel 2. Maat en kleur. (Bron: Raad voor de Boomkwekerij, 2007).

5- 6	Wit
6- 8	Blauw
8- 10	Geel
10- 12	Rood
12- 14	Wit
14- 16	Blauw
16- 18	Geel
18-20	Rood
20-25	Wit
25-30	Blauw
30-35	Geel
35-40	Rood
40-45	Wit

## 1.3 Naktuinbouw

Naktuinbouw voert standaard kwaliteitskeuringen uit. Van belang zijn de aspecten als: administratie, bedrijfshygiëne, eigen kwaliteitscontroles en product traceerbaarheid. Dit vindt plaats bij veredelaars, vermeerderaars, handelaren en kwekers. Door het uitvoeren van regelmatige bedrijfsbezoeken en steekproeven controleren de keurmeesters van Naktuinbouw op raszuiverheid, rasechtheid, gezondheid en uitwendige kwaliteit van het materiaal.

Daarnaast voert Naktuinbouw, onder toezicht van de Nederlandse Plantenziektkundige Dienst (PD) de fyto-sanitaire inspecties uit. Op basis van dit type keuring kan Naktuinbouw plantenpaspoorten verstrekken aan bedrijven. Een plantenpaspoort is een soort fyto-sanitaire certificaat dat geldig is binnen de gehele Europese Unie. De EU stelt vast welke gewassen plantenpaspoortplichtig zijn. Dit is vastgesteld in de EU-richtlijn 2000/29.

## 2 Diktemeting in de praktijk, een inschatting

Automatisering in de teelt wordt sneller rendabel als de handeling een substantieel deel uitmaakt van alle teelthandelingen. Ten behoeve van deze studie is een inschatting gemaakt voor hoeveel laanbomen diktemeting jaarlijks relevant is.

In 2003 was het areaal met de opkweek van laan- bos en parkbomen en vruchtbomen bijna 4600 ha. Uitgaande van 1.300 ha vruchtbomenteelt bedraagt het areaal laanbomen 3.300 ha. Van deze 3.300 ha is ca. 25% spillenteelt (825 ha) en 75 % (dus ca.2.475 ha) opzetters.

De grootte van de bedrijven met laanbomen (opzetters) loopt uiteen van 20 – 300 ha. De studie richt zich vooral op de opzetters, de spillenteelt wordt vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Volgens de begeleidingsgroep (februari 2006) is jaarlijks circa 25% van de opzetters verkoopbaar. Daarvan wordt de voorraad opgenomen en dus de dikte bepaald. De rooibare maten zijn: 14-16, 16-18, 18-20 etc.

In de teelt van opzetters is de plantafstand 175 x 90 en een gemiddelde ruimtebenutting (netto teeltoppervlakte) van 83%. Dit komt neer op 5300 bomen per hectare. Deze plantafstand is een gemiddelde. Over het algemeen wordt in Brabant/Limburg een ruimer plantverband aangehouden dan in Gelderland.

In totaal resulteert dit in een jaarlijkse voorraad van  $25\% \times 2.475 \text{ ha} \times 5300 \text{ bomen} = 3,3 \text{ miljoen bomen}$  ofwel jaarlijks vindt op ca. 620 ha een diktemeting plaats. Dit is een minimale inschatting omdat op verschillende laanboom bedrijven jaarlijks alle bomen in de voorraad worden opgenomen, behalve de opplant van het betreffende jaar (tot 12/14). Uitgaande van het gegeven dat van alle bomen de dikte wordt opgenomen bedraagt de te meten jaarlijkse voorraad  $75\% \times 2475 \text{ ha} \times 5300 \text{ bomen} = 9,8 \text{ miljoen bomen}$  (exclusief de 25% aanplant).

Dit betekent dat jaarlijks van 3,3 tot 9,8 miljoen bomen de stamomvang handmatig wordt opgemeten.



## 3 Het proces van diktemeting

### 3.1 Vragenlijst

Om een goed en actueel beeld te vormen van het huidige proces van diktemeting zijn aan een zestal laanboomkwekers (bijlage 2) de volgende vragen gesteld.

1. In welke periode valt het 'meten en merken' van de verkoopbare bomen?
2. Welk deel van het bedrijfsareaal wordt gemeten? Hoeveel bomen worden in de voorraad opgenomen? Wat is het totale bedrijfsareaal?
3. Welke arbeidsinzet vergt diktemeting (hoeveel personen, inzet in uren, etc.)?
4. Hoe gaat het meten/merken in het werk? Beschrijf het proces in de werkgang.
  - Meten (aantal personen), hoe meten?
  - Merken (aantal personen), hoe merken?
  - Lintjes, welke kleuren?
  - Tellen in dezelfde werkgang?
  - Worden er hulpmiddelen gebruikt? Zo ja welke?
  - Met welke nauwkeurigheid wordt gemeten?
  - Wordt er rekening gehouden bij merken met nagroei?
5. Welke gegevens worden tijdens meten/merken vastgelegd? Alleen boommaten of ook een kwaliteitsbeoordeling? Wat houdt een eventuele kwaliteitsbeoordeling in?
6. Hoe worden de gegevens verder verwerkt? Worden de gegevens ook verder nog gebruikt? Zo ja, waarvoor?
7. Welke extra mogelijkheden ziet de kweker indien er een geautomatiseerd systeem zou zijn ontwikkeld. Zou je vaker meten? Anders meten? Meten met een andere doelstelling?
8. Ziet de kweker andere mogelijkheden t.a.v. diktemeting dan voorraadbepaling.
9. Naar welk systeem zou de voorkeur gaan en waarom?
  - handapparaat met eventueel digitale opslag?
  - contactloos meetsysteem op rijdend voertuig?
  - een ander systeem?
10. Wat is de mening van de kweker over geautomatiseerde diktemeting.
  - Welke voordelen?
  - Welke nadelen?

### 3.2 Resultaten vragenlijst

De antwoorden op de vragen uit 3.1 zijn verwerkt en weergegeven in deze paragraaf.

#### 3.2.1 Periode diktemeting

De diktemeting vindt plaats in september. Sommige bedrijven beginnen al eind augustus, met de zwaarste maten. Alle bomen vanaf de maat 14/16 worden gemeten.

#### 3.2.2 Hoeveelheid te meten bomen

De hoeveelheid te meten bomen loopt op de bedrijven sterk uiteen. Dat heeft niet alleen te maken met de bedrijfsomvang, maar ook op welk deel van het bedrijf diktemeting plaatsvindt. Op sommige bedrijven wordt een relatief klein deel van het bedrijfsareaal gemeten. Op andere bedrijven wordt bijna de gehele kwekerij

geïnventariseerd, behalve de in hetzelfde jaar aangeplante bomen. Een en ander hangt samen met de positie van het bedrijf t.o.v. de afnemers (bijvoorbeeld doorlevering aan andere kwekers of levering aan eindgebruiker). In tabel 3 is, voor de betreffende bedrijven, weergegeven welk deel van het totale bedrijfsareaal wordt gemeten.

Tabel 3. Deel van het areaal dat gemeten wordt in relatie tot het bedrijfsareaal.

	Bedrijfsomvang (totaal) (ha)	Areaal jaarlijks gemeten (ha)	Aantal bomen (n)
Bedrijf 1	22	20	45000
Bedrijf 2	25	18	120000
Bedrijf 3	70	20	100000
Bedrijf 4	200	?	60000
Bedrijf 5	60	10	60000
Bedrijf 6	110	20	60000

### 3.2.3 Arbeidsinzet

Ook wat betreft de arbeidsbehoefte van de diktemeting lopen de antwoorden sterk uiteen (tabel 4). Het meten en merken vindt plaats in één werkgang. Het tellen van de bomen en registreren vindt veelal in een andere werkgang plaats.

Tabel 4. Arbeidsbehoefte per bedrijf.

	Metten/merken (uur/jaar)	Tellen (uur/jaar)	Registreren (uur/jaar)	Totaal (uur/jaar)
Bedrijf 1	600	40	40	680
Bedrijf 2	?	?	?	480
Bedrijf 3	200	40	10	250
Bedrijf 4	240	100	60	400
Bedrijf 5	360	20	20	400
Bedrijf 6	1600	200	100	1900

Gemiddeld vraagt de diktemeting (incl. tellen en registreren) 67 minuten per 100 bomen. De opgegeven tijd per bedrijf verschilt sterk.

In 1992 zijn door IMAG-DLO voor het laatst de taaktijden bepaald ('Taaktijden voor de boomkwekerij'). Twee bewerkingen komen sterk overeen met de procesbeschrijving in de volgende paragraaf, namelijk:

- bomen tellen en meten en
- administreren

Aanpak:

- 1 man meet, 1 man merkt met linten en 1 man schrijft op (lintmethode)
- 1 man meet, 1 man merkt met verfstippen (stipmethode)

De, volgens de IMAG methode bepaalde, menstijd (de tijd in aantal minuten die een of meerdere personen er gezamenlijk over doen) bedraagt, uitgaande van 4-jarige laanbomen, 50,6 minuten bij de lint-methode. Dit komt overeen met een capaciteit van 3 personen die gezamenlijk 356 bomen per uur bewerken. De stipmethode bedraagt 29,7 minuten per 100 bomen. Dit komt overeen met een bewerking van 404 bomen per uur door 2 personen.

### 3.2.4 Procesbeschrijving

De procesbeschrijving is een weergave van de werkzaamheden met betrekking tot de diktemeting. Zie ook bijlage 3 voor een schematische weergave.

In de meeste gevallen gaat een groep (of meerdere groepen) van 2-3 personen in de maand september de bomen meten en merken. Twee 'merkers' kunnen één 'meter' bijhouden. Op alle bedrijven vindt het meten plaats met een centimeterbandmaat. De 'meter' roept de maat of brengt een eenvoudig teken aan bij de boom. De 'merkers' volgen met de kleurlintjes. Eén van de ondervraagde bedrijven merkt de bomen met watervaste stippen (eenzijdig). Dit komt ook voor op andere bedrijven. Op de meeste bedrijven wordt met kleurlintjes gewerkt.

Het tellen van de bomen gebeurt in de meeste gevallen later. Hulpmiddelen hierbij zijn telbordjes, telklokjes etc. De aantallen bomen worden op perceelsniveau op papier gezet en later in het voorraadprogramma ingevoerd.

Er wordt met grote nauwkeurigheid gemeten (tot op de millimeter). Bij de vroege metingen, begin september, wordt een inschatting van de nagroei in september gemaakt. Daarbij wordt 2 tot 4 mm nagroei als reëel beschouwd, maar dit is ook soortafhankelijk. Bij het merken van de bomen wordt rekening gehouden met de ingeschatte nagroei.

### 3.2.5 Gegevensverzameling en verwerking

Bij de diktemeting wordt op perceelsniveau per boomsoort de stammaat (omtrek op 1 meter) genoteerd. Tijdens of voor het meten vindt echter ook een algemene kwaliteitsbeoordeling plaats. De bomen met een afwijking of onverkoopbare bomen worden apart gemerkt (of overgeslagen). Bij deze beoordeling wordt gelet op: rechte stam, beschadigingen, geen zware aantasting (ziekte/plaag) en kroonvorm.

De meetgegevens van de verkoopbare bomen worden ingevoerd in een registratieprogramma, waarin ook de aanvullende relevante gegevens staan, zoals aantal keer verplant, leeftijd, stamhoogte, onderstam, eigen wortel, boven/onderveredeld, boomvorm, aantal etages etc.

De verzamelde gegevens (overzichten op perceelsniveau) kunnen gebruikt worden door bijvoorbeeld keurmeesters van de Naktuinbouw. Ook komt het voor dat de gegevens worden overgezet naar het VARB-systeem (collectief vraag en aanbod systeem voor boomkwekerijproducten).

Over fouten in bovengenoemde procesgang is niets bekend.

### 3.2.6 Meerwaarde geautomatiseerde diktemeting

Aan de kwekers is de vraag gesteld welke extra mogelijkheden men ziet indien er een geautomatiseerd systeem zou zijn ontwikkeld.

Automatisering van de diktemeting is volgens de kwekers een snellere meetmethode. Hierdoor is het mogelijk om vaker een diktemeting uit te voeren op allerlei momenten in het seizoen. Zo kan kort voor het rooien nog een diktemeting worden uitgevoerd, zodat schatten van de nagroei niet meer van toepassing is.

Ook kan vroeger in het seizoen een meting worden uitgevoerd, zodat er een beter inzicht van de verkoopvoorraad ontstaat en er een betere afstemming met de inkoopplanning kan plaatsvinden.

Verder zal men door automatisering:

- kosten besparen
- de kwaliteit van de meting verbeteren (minder fouten)
- minder afhankelijk zijn van deskundigheid van de medewerker
- de mogelijkheid hebben om de beschikbare arbeid voor andere werkzaamheden in te zetten.

Ook wordt gedacht aan:

- evaluatie van teeltresultaten
- mogelijkheden tot sturing van de teelt (precisie bemesting, precisie bespuiting)
- beschikbaarheid van digitale gegevens, gekoppeld aan de boom, ter informatie voor partijen verderop in de keten.

### 3.2.7 Voorkeur voor bepaald systeem

Op de vraag naar welk systeem de voorkeur uitgaat, een handapparaat met digitale opslag of een contactloos meetsysteem op een rijdend voertuig, zijn de meningen verdeeld. Het blijkt dat de helft mogelijkheden ziet in de ontwikkeling van een handapparaat. De andere helft geeft de voorkeur aan een contactloos meetsysteem op een rijdend voertuig. De kwekers met een voorkeur voor het handapparaat zien teveel nadelen/problemen bij de ontwikkeling van een contactloos systeem.

Nadrukkelijk komt in de reacties naar voren dat bij een geautomatiseerd alles (meten, merken, tellen etc.) in één werkgang dient plaats te vinden.

### 3.2.8 Voordelen en nadelen geautomatiseerde diktemeting

Indien één meetsysteem ontwikkeld zou worden, zien de ondervraagden de volgende voor- en nadelen:

Voordelen:

- arbeidsbesparing (dus kostenbesparing).
- sneller inzicht in de voorraad.
- minder (tel en meet)fouten.
- minder afhankelijk van (sortiments)kennis van medewerkers.

Nadelen:

- veel storende factoren (vooral bij contactloos meten) zoals verdikkingen stam, ongelijke grond, afwijkende boomsoorten (beveerd), aanwezigheid van de stok.
- hoge ontwikkelingskosten meetapparaat.
- beperkte inzetbaarheid (afhankelijk van weer)
- structuurbederf veroorzaakt door rijdend voertuig.



Figuur 1. Tijdsbesparing.

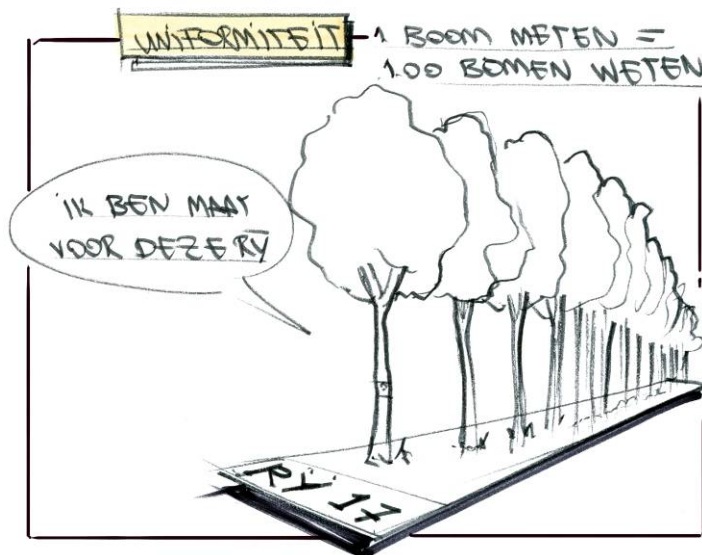


## 4 Productuniformiteit

Productuniformiteit is een kwaliteitsaspect welke in de toekomst een belangrijke randvoorwaarde zal worden voor verdere ontwikkeling van de teelt. Uniformiteit is belangrijk voor de techniek. Gelijke producten betekent immers minder afwijkingen waar de techniek rekening mee moet houden. Dit bespaart zowel kosten bij de ontwikkeling als bij de toepassing.

De variatie in afmeting (dikte en dus kwaliteit en dus prijs) op een veld, die bereikt wordt na een 3 jarige teelt is groot, hoewel men bij de opplant is uitgegaan van een bepaalde klasse, bijvoorbeeld 6-8. Deze variatie zorgt voor extra handelingen en kosten en inefficiënt gebruik van productiefactoren. Een eerste statistische oriëntatie laat zien dat versmalling van deze klasse tot een uniformer eindproduct kan leiden. Dit aspect wordt in een apart project verder onderzocht.

Bij automatisering van de diktemeting wordt nadrukkelijk naar het proces gekeken. Men kijkt hoe de handeling (diktemeting) in het teeltsysteem gemechaniseerd kan worden. Bij dit uitgangspunt blijft het teeltsysteem onveranderd.



Figuur2. Uniformiteit wat betreft dikte van de stam en 'vorm van de boom'.



## 5 Conclusies en aanbevelingen van laboratorium experimenten

Voor volledige opzet van de experimenten en resultaten wordt verwezen naar het rapport: Rapport 462 Automatisering van de diktemeting bij de teelt van laanbomen. Verslag van laboratoriumexperimenten, 2006, Jochen Hemming, Jan Bontsema; WUR-Glastuinbouw.

In dit hoofdstuk zijn, ten behoeve van de leesbaarheid van dit rapport, de conclusies en aanbeveling integraal overgenomen uit rapport 462.

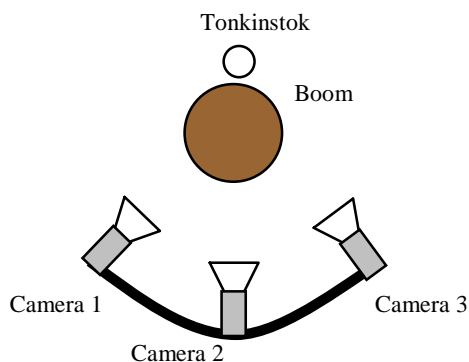
De laboratoriumexperimenten hebben het vermoeden bevestigd, dat één willekeurige tweepuntsmeting (zoals met een schuifmaat of met één individuele beeldopname) onvoldoende is om de omtrek van een boom nauwkeurig (minder dan 0.1 cm afwijking in omtrek) te bepalen. Dit heeft te maken met het feit dat de doorsnede van een boomstam geen geometrische cirkel is maar een natuurlijke gegroeide vorm die in de meeste gevallen een ellips benadert. De mate van excentriciteit van de ellips kan per boom(soort) zeer verschillend zijn.

Metingen met het Laser Meet Systeem (LMS) laser systeem zijn onvoldoende nauwkeurig. Ook geeft een dergelijke meting geen informatie over de omgeving van de meetvlakte. Hierdoor is het onmogelijk een onderscheid te maken tussen de boomstam zelf en andere objecten zoals een tonkinstok of een stamknobbel. Deze problematiek geldt ook voor alle andere eendimensionale meetmethodes.

Een opname met een camera genereert een tweedimensionale afbeelding. Van alle hier beschreven sensoren biedt een camerasysteem de meest uitgebreide mogelijkheden om foutieve metingen te voorkomen. Maar ook bij gebruik van een camera moeten opnames van meerdere kijkhoeken worden genomen. De nauwkeurigheid door het middelen van de resultaten van 5 opnames (bij 0, 15, 45, 135 en 180 graden verticale rotatie van de boomstam) is ca. 0.5 cm. Dit is nog steeds factor 5 hoger dan de gewenste nauwkeurigheid van 0.1 cm. Om deze zeer hoge nauwkeurigheid te halen zal er gebruik moeten worden gemaakt van camera's met een hogere resolutie en/of meer dan 5 opnames uit verschillende kijkhoeken per boom.

Het in Figuur3 voorgestelde meetsysteem zal in staat zijn contactloos en tijdens het 'langsrijden' een dergelijke meting uit te voeren. Het bestaat uit 3 of meer camera's, die onder verschillende hoeken naar de boom kijken. Hierdoor kunnen voor de berekening van de omtrek de afgebeelde diameters van meerdere opnames worden gemiddeld. Vanzelfsprekend moet ook een dergelijk systeem met sensoren zijn uitgerust die de afstand camera tot boom meten. Als afstandsensoren zijn verschillende sensortypen (ultrasoon, infrarood, projectie van laserlijn) beschikbaar. Gebruik van lijnprojectie op de stam is het meest perspectiefvolle principe omdat deze methode nauwkeurig is en omdat door de toch noodzakelijke analyse van het camerabeeld ook het maken van foutieve metingen als het kleinst kan worden ingeschat.

Alternatief zal ook een camera op een roterende schijf kunnen worden gemonteerd. Tijdens het bewegen van de camera langs de boom zal de camera zo moeten draaien, dat de boom altijd in zicht van de camera is. Ook op deze manier zouden opnames van meerdere kijkhoeken kunnen worden genomen.



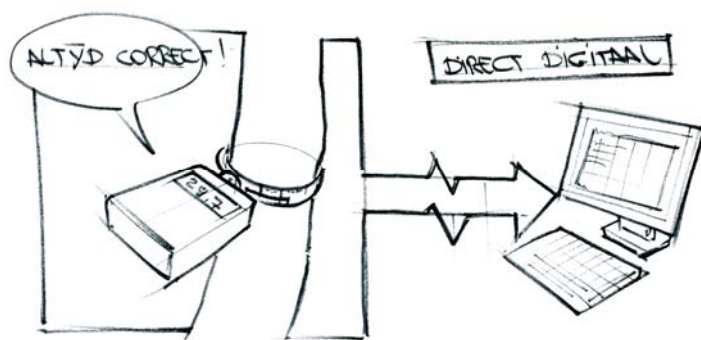
*Figuur 3. Bovenaanzicht van een mogelijk contactloos meetsysteem, gebaseerd op 3 camera's.*

Door niet alleen op één bepaalde beeldlijn de dikte van een boom te meten maar door meerdere metingen langs de gedetecteerde stam uit te voeren zal het mogelijk zijn met filtertechnieken automatisch de aanwezigheid van zijtakken en/of knobbels op de stam te herkennen zodat vervolgens bij de berekening van de dikte hiermee rekening kan worden gehouden. Hetzelfde geldt ook voor de aanwezigheid van tonkinstokken. Is het niet mogelijk de tonkinstok altijd achter de boom (dus onzichtbaar voor de camera) te plaatsen, dan zal het mogelijk kunnen zijn door het analyseren van opnames uit meerdere kijkhoeken de aanwezigheid en positie van stok te kunnen bepalen.

In het open veld zou een beeldanalysesysteem door storingen in de achtergrond (volgende boomrij, laagstaande zon) in de problemen kunnen komen. Door gebruik van actieve verlichting, bijv. hoge intensiteit flitslicht, zou het wel mogelijk moeten zijn om grip op dergelijke aspecten te krijgen.

Als de contactloze metingen niet de gewenste nauwkeurigheid geven of als de investeringskosten te hoog zijn zal de optie moeten worden onderzocht een van de contactmeters uit te breiden met een stukje elektronica om de metingen en de dataopslag c.q. verwerking te automatiseren. Zo is het goed denkbaar aan de driepuntsmeter tang (de perimeter) een potmeter te koppelen zodat de stand van de tang automatisch kan worden uitgelezen. De meetgegevens zouden vervolgens op een PDA (Personal Digital Assistant) kunnen worden opgeslagen. Dit eventueel in combinatie met een GPS positie.

Ook de Epicom zal kunnen worden voorzien met 'up-to-date' elektronica om het systeem lichter en makkelijker bedienbaar te maken. Technieken als draadloze dataoverdracht met WiFi en /of Bluetooth etc. zal de uitwisseling van gegevens met bijv. een PC in de schuur vergemakkelijken.



**Figuur 4. Geen fouten meer.**

## 6 Concepten

Op basis van de resultaten, de discussie en de literatuur kunnen de volgende “systemen” worden onderscheiden:

1. metingen tijdens de teelt met als doel het schatten van de verkoopbare voorraad (aantal en klasse). Voor deze schatting is een lagere nauwkeurigheid vereist.
2. metingen ten behoeve van de verkoop. Deze metingen moeten voldoen aan de gewenste nauwkeurigheid, om problemen bij de afzet te voorkomen. Ook is het noodzakelijk om de bomen gelijktijdig te merken.

Op basis van deze systemen zijn de volgende ‘concepten’ ontwikkeld:

### **Concept 1 handhaven huidige werkwijze**

Beschrijving in dit rapport aanwezig. Meting: lint, eenvoudige meetapparatuur zonder registratie.

Doelstelling: meting t.b.v. de verkoop.

Uitvoering: september

### **Concept 2 bestaande contactmeters moderniseren**

De huidige bestaande meetapparatuur (Epicom, Perimeter) wordt gemoderniseerd (voor beschrijving van de bestaande meters zie bijlage 5). De meetdata worden in de meter opgeslagen en de data worden gekoppeld aan de boom (RFID, GPS). Daarnaast wordt een koppeling met het bedrijfsmanagementsysteem gerealiseerd.

De bomen in het veld moeten gelijktijdig gemerkt worden. Hiervoor zouden, na aanpassing, al bestaande tapeners, die eigenlijk bedoeld zijn om planten/boompjes met een stukje plastic tape aan stokken te bevestigen, gebruikt kunnen worden. In de glastuinbouw zijn er systemen (zoals de Priva Ringmaster) om vruchtgroenten (semi)automatisch aan groeidraden te bevestigen. Mogelijk zijn deze systemen aan te passen voor het doel van merken. Ook is denkbaar met verf een bepaalde kleurstip op de boomstam te spuiten.

Doelstelling: meting t.b.v. de verkoop

Problemen, die opgelost moeten worden zijn:

- Identificatie: combinatie van tag en GPS
- Merken

Concept 2a (Epicom):

De Epicom is een meetinstrument die d.m.v. een contactmeting zeer nauwkeurig de daadwerkelijke omtrek van een boom kan bepalen.

Probleem: huidig apparaat is groot en voor langdurig gebruik te zwaar.

Mogelijke technische upgrade: de elektronica van de Epicom kan gemoderniseerd worden. Door gebruik van een nieuw type microcontroller zal de behuizing veel kleiner kunnen. Ook het gewicht zal hierdoor veel minder worden. Door gebruik te maken van draadloze technieken zoals Bluetooth kan de Epicom gekoppeld worden aan een handheld computer / Personal Digital Assistant (PDA) of zelfs aan mobiele telefoons (smart phones). PDA of telefoon kan niet alleen worden gebruikt voor dataopslag maar ook voor de bediening/configuratie van de Epicom (user interface). Deze apparaten kunnen later weer aan de bedrijfscomputer worden gekoppeld en uitgelezen of zelfs via een PC (voor)geconfigureerd worden. Een moderne PDA heeft vaak al een GPS ontvanger geïntegreerd zodat ook de GPS positie van de gemeten boom meteen mee kan worden genomen.

Concept 2b (Perimeter):

De Perimeter is een simpel mechanisch apparaat, waarmee een driepuntsmeting wordt uitgevoerd.

Probleem: huidig apparaat moet handmatig worden afgelezen, geen automatische dataverwerking mogelijk.

Mogelijke technische upgrade: door het indrukken van de handgreep wordt de wijzer van de Perimeter om de boomstam gelegd. De positie van de wijzer geeft op een kleurenschaal de klasse aan waarin de boom valt. De positie van deze wijzer zal eenvoudig elektronisch kunnen worden uitgelezen. Hiervoor dient een potentiometer aan de as te worden gekoppeld. De stand van de potentiometer kan met een simpel en goedkope microcontroller worden uitgelezen. Zoals al in concept 2a beschreven kunnen vervolgens de meetresultaten via draadloze technieken worden overgebracht en opgeslagen op een PDA.

### **Concept 3 mobiel automatisch diktemeten in veld (multi view systeem)**

De meetapparatuur is mobiel en kan bevestigd worden achter de trekker. Om een betrouwbare schatting van de dikte te genereren zijn metingen van verschillende aanzichten van de stam nodig (oorzaak: boomstam is niet perfect rond). Dit kan bijvoorbeeld een systeem zijn bestaande uit meerderde camera's of één camera op een roterende schijf. Door automatische beeldanalyse van een aantal opnames van dezelfde stam wordt de boomdikte bepaald. Naast diktemeting van de boom wordt de locatie van de boom vastgelegd (GPS), of het meetresultaat gekoppeld aan de boom (RFID). De data worden na het meetproces doorgegeven aan de centrale computer. Hieruit worden dan weer instructie voorschriften gehaald voor afhandeling van orders, voor teeltmaatregelen, voor rooien, etc.

Problemen bij dit concept:

Meetgegevens aan boom koppelen (GPS of RFID) en invoer in centraal systeem.

Voor merken dan apart systeem nodig? Of met een handheld veld in en geschikte bomen opsporen die computer al heeft aangegeven (ook wat betreft locatie).

Meting is moeizaam en vergt nog veel ontwikkeling om gewenste nauwkeurigheid te halen.

Dit systeem vergt nog een behoorlijke investering om verder ontwikkeld te worden. Mogelijkheden van meten in veld beperkt (duur, moeizaam, betrouwbaarheid, robuustheid).

Doelstelling van concept 3 is: meting t.b.v. voorraad en verkoop

### **Concept 4 eenvoudig mobiel automatisch diktemeten in veld (single view systeem)**

Ook deze meetapparatuur is mobiel en kan bevestigd worden achter de trekker. Nauwkeurigheid is minder dan in concept 3, maar is technisch eenvoudiger te realiseren. Zoals in de nota 462 "Automatisering van de diktemeting bij de teelt van laanbomen. Verslag laboratoriumexperimenten" is beschreven, bestaat een mogelijk systeem uit een combinatie van digitale camera en een laser afstandsmeter. Door automatische analyse van beeldopname en afstandsmeting wordt de boomdikte vastgesteld. Op basis van deze meting wordt de voorraad bepaald voor verkoop. Verondersteld wordt dat de meetfout naar beide kanten werkt, waardoor een goede schatting van het aantal bomen in de diverse klassen wordt gerealiseerd.

Doelstelling: voorraadbepaling (aantal en klasse).

Bij dit concept kan een nadere locatie bepaling van de boom worden meegenomen als optie. Bijvoorbeeld deel van het perceel, of de rij.

### **Concept 5 groeimodellen en telling**

Inzet van automatische diktemeting (dendrometer, foto 1 in combinatie met groeimodellen en uniformiteit). Enkele bomen worden gevolgd wat betreft diktegroei en op basis van groeimodel volgt een voorspelling voor de rest van de bomen en in het seizoen. Wel blijft telling nodig van het aantal bomen.

Doelstelling: voorraadbepaling (aantal en klasse).



Foto 1. Dendrometers.

### **Concept 6 geen dikte meting in het veld, geen maatregelen**

Kern van het concept: alle bomen gelijk rooien, kostprijs per boom is gelijk.

Dus voor de voet oprooien. Voordeel stroken komen in een keer vrij, handelingen geconcentreerd.

Wel is het noodzakelijk om de dikte te controleren. Dit kan door meten in de schuur (en kwaliteit) en dan sorteren.

Voordeel van het meten in de schuur:

- geen stokken die meting belemmeren
- stabielere omstandigheden, dus metingen makkelijker realiseerbaar
- vaste opstelling meetapparatuur.

Andere (goedkopere) meetsystemen zijn mogelijk, zoals optoControl ([www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)). Ook zouden dan andere metingen en beoordelingen makkelijker mogelijk kunnen zijn.

Een diktemeter zou men dan ook in zetten bij opplant (selectie plantmateriaal).

### **Concept 7 uniformiteitsstreven**

Kern van het concept is dat als het uitgangsmateriaal en (teelt)omstandigheden gelijk zijn, dat je dan ook 'uniforme bomen' produceert en de diktemeting beperkt kan blijven tot een enkele boom.

De haalbaarheid van dit concept wordt in een apart project uniformiteit onderzocht.

Concepten 6 en 7 worden verder niet uitgewerkt in dit project. Combinaties van concepten zijn mogelijk, vooral delen uit de concepten 6 en 7 kunnen ook bij andere concepten toegepast worden.

Uniformiteit vergemakkelijkt het benodigde systeem en verbetert de bedrijfsvoering.

### **Afweging concepten**

Afweging van bovengenoemde concepten kan plaatsvinden op basis van onder andere:

- technische haalbaarheid
- complexiteit
- ontwikkelduur
- economische haalbaarheid
- acceptatie kweker

In tabel 5 worden enkele concepten met behulp van criteria gewogen. Deze tabel geeft de waardering per criterium van het concept aan t.o.v. de meetlintmethode.

Tabel 5. Afweging van de verschillende concepten

Criteria/concepten	1 meetlint	2a epicom	2b perimeter	3 multi view	4 single view
<b>Doel meting</b>	verkoop	verkoop	verkoop	verkoop (voorraad)	voorraad
<b>Merken</b>	aparte handeling	geïntegreerd	geïntegreerd	aparte handeling?	in combinatie met 1 en 2ab
<b>Kosten van moderniseren</b>	0	++	+	+++	+(+)
<b>Kosten ontwikkelen merken (optie)</b>	0	+++	+++	GPS en/of tag geïntegreerd! Systeem	0
<b>Complexiteit ontwikkelen (risico)</b>	0	+ merken: ++	+ merken: ++	+++	+
<b>Robuustheid kwetsbaarheid</b>	0	(Zeer) robuust	Zeer robuust	kwetsbaar	robuust
<b>Gewenste nauwkeurigheid</b>	0 (0,1 cm)	Als meetlint	Als meetlint	Als meetlint	0,5 cm
<b>Onderhoud</b>	0	+(+)	+	+++	++
<b>Inzet arbeid (fte)</b>	+++	++	++	+	0(+)
<b>Toepasbaarheid</b>	Alle bedrijven	Bijna alle bedrijven	Bijna alle bedrijven	Grote bedrijven (of loonwerk?)	+(+) Grote bedrijven

Verklaring tekens: 0 n.v.t., + laag, +++ hoog



## 7 Workshops

De begeleidingsgroep bestond uit:

- Jos Mouwen
- Herman Mauritz
- Anton Peeters
- Geurt Huibers

Vanwege beperkte omvang van de begeleidingsgroep is besloten om de concepten ook te bespreken met het Innovatienetwerk laanbomen, een groep laanbomenkwekers, die op gebied van innovatie willen samenwerken. De begeleidingsgroep is 3x bij elkaar gekomen en het project diktemeting is in twee bijeenkomsten met het netwerk besproken (o.a. 14 juni 2007). Ook bij die bijeenkomsten waren leden van de begeleidingsgroep aanwezig (per bijeenkomst ca 12 laanboomkwekers).

### 7.1 Keuze concepten

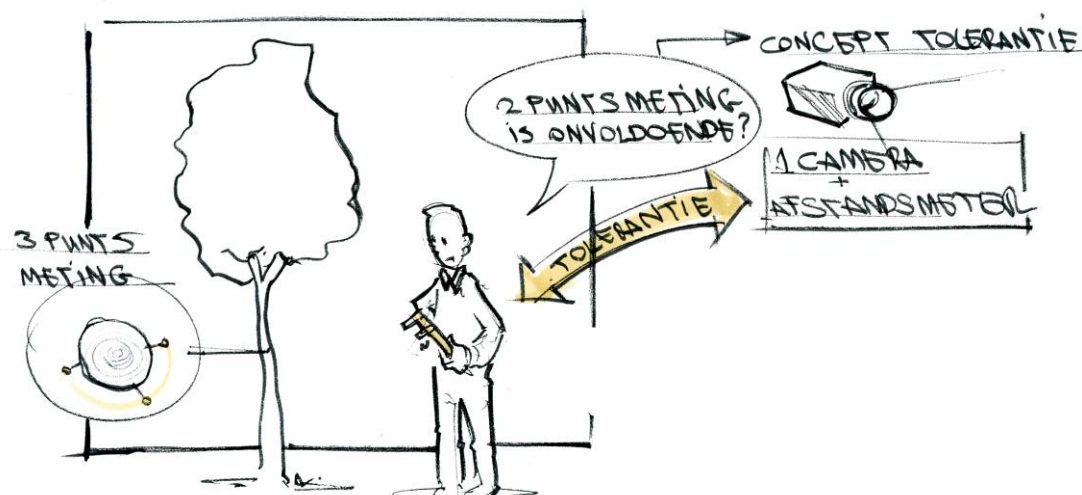
De gebruikte presentatie bij de discussie van de concepten, is weergegeven in bijlage 5.

De conclusies van de bijeenkomsten waren:

- ge-automatiseerd contactloos meten ten behoeve van de verkoop moet 100 % nauwkeurig zijn
- tellen, meten, merken en dataverwerking moeten geïntegreerd zijn
- merken moet gekoppeld worden aan de 'verkoopmeting'
- voorraad meten in mei/juni is (zeker voor de grotere bedrijven) zeer gewenst (prognose verkoop)
- diktemeting is arbeidsintensief in een drukke periode: automatisering moet voortgezet worden
- een gemoderniseerde nauwkeurige contactmeter is noodzakelijk

### 7.2 Betrouwbaarheid

Bij de start van het project is in overleg met de begeleidingsgroep de gewenste betrouwbaarheid besproken van het systeem. Die is toen vastgesteld op 0,5 cm. Bij de bespreking van het rapport 462 werd de gewenste betrouwbaarheid ter discussie gesteld. Een hogere nauwkeurigheid, zeker bij verkoop, is zeer gewenst vanwege de kwaliteitseisen, vooral rond de ondergrens van een klasse. De klant leveren, wat gevraagd wordt, is leidend.



Figuur 5. Gewenste betrouwbaarheid.

Tijdens een van de workshops is aan de aanwezigen gevraagd de dikte op te meten van een aangewezen stam. Opvallend was de afwijking tussen de meetresultaten. Deze was groter dan de gewenste nauwkeurigheid. Het juist meten met een meetlint op de voorgeschreven hoogte is dus niet gemakkelijk. Verder is niet de nauwkeurigheid van het meetresultaat leidend, maar de klasse indeling die op basis van dit meetresultaat plaatsvindt. Het is van belang om een boom niet in een verkeerde kwaliteitsklasse terecht te laten komen. Een juiste indeling is niet alleen van belang voor de klant en teler, maar ook voor de boom. Vaak wordt plantgat afgestemd op boommaat en bijbehorende kluitmaat. Afwijkingen kunnen tot uitval leiden.

Tijdens de workshop is gebruik gemaakt van een tekenaar van JAM Visueel Denken. De getekende plaatjes in dit rapport zijn van JAM afkomstig en hebben de discussie 'in beeld gebracht'.



Figuur 6. Kwaliteitsbeoordeling tijdens de diktemeting

### 7.3 Conclusies workshop

De concepten zijn uitgebreid besproken op de workshop. De deelnemers komen tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- meting bij verkoop moet 'net zo nauwkeurig zijn als het meetlint'.
- contactloos meten lijkt niet de gewenste nauwkeurigheid te halen om er een 'verkoopmeting' mee te doen
- voorraad meting op ander moment in de teelt (mei, juni) zou gebruikt kunnen worden voor verkoopprognose
- voorraadmeting in mei/juni kan met een lagere nauwkeurigheid en zou dus kunnen met een twee puntsmeting
- de handelingen meten, merken en ge-automatiseerde dataverwerking moeten geïntegreerd worden
- afweging van de haalbaarheid van diverse concepten moet plaatsvinden op technische aspecten in combinatie met de kosten
- een keuze voor de contactmeter (perimeter of Epicom) kan op basis van de gegevens nu niet gemaakt worden
- de wens bij de telers naar automatische diktemeting is groot
- de sector moet een stap zetten op gebied van automatisering, maar het multi view systeem is nu nog een stap te ver
- het project moet worden voortgezet

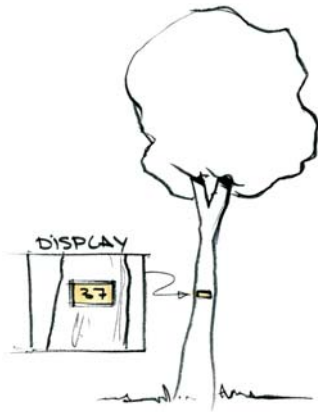
Op basis van bovenstaande wordt het volgende systeem geformuleerd:

- ***“single-view” meting voor telling en klassenindeling (voorraadbepaling).***
- ***en moderniseren van Epicom of perimeter (verkoopbepaling)***

***De meting moet gekoppeld worden aan het merksysteem en integreer in dit systeem de opties:***

- ***RFID***
- ***GPS***

Dit systeem wordt in hoofdstuk 8 verder uitgewerkt.



Figuur 7. Identificatie boom.



## 8 Aanbeveling en vervolg traject

Het diktemeten gebeurt nu met de hand. Het meetlint (centimeterband) wordt op 1 m hoogte om de boom gehouden en de dikte wordt afgelezen. Vervolgens wordt de boom voorzien van een merkteken t.b.v. de klasse indeling. Dit zal vaak een gekleurd bandje zijn, soms een stip verf. De kleur van het touwtje of stip geeft een dikte klasse aan. In een volgende werkgang worden de bomen op soort en maat geteld (voorraadbepaling). De gegevens worden op papier vastgelegd en later verwerkt. Het meten gebeurt met een snelheid van 50-70 minuten per 100 bomen (touw) of 30 minuten per 100 bomen (stip). Vanwege vele nadelen wordt stippen niet vaak toegepast.

Naast het meetlint zijn enkele alternatieven beschikbaar zoals Epicom en perimeter.

Deze systemen worden momenteel om verschillende redenen niet gebruikt. Ze zijn te zwaar, ouderwets, het merken is niet geïntegreerd en er blijft veel handwerk om data door te sluisen met een grote kans op fouten.

Op basis van laboratorium experimenten en discussie met laanboomkwekers wordt voorgesteld om een modulair meetsysteem voor diktemeting van laanbomen te ontwikkelen, waarbij de meetgegevens digitaal beschikbaar komen voor de bedrijfsmanagementsystemen t.b.v. de diverse administratieve en commerciële systemen (verkoop, voorraad, teeltresultaat).

Het modulaire meetsysteem bestaat uit de volgende onderdelen:

- \* modernisering van een bestaande contactmeter (minimaal 3-puntsmeting), danwel een nieuw ontwikkelde contactmeter. Na de keuze wordt een van deze meters gemoderniseerd door gebruik andere materialen, "up-to-date" electronica, uitleesapparatuur, opslagmedium Personal Digital Assistant (PDA) en koppeling aan identificatie boom (merken)

- \* het ontwikkelen van een single view camerasysteem ("2 puntsmeting") waarbij contactloos de dikte van de bomen vastgelegd wordt (voorraadmeting: telling en verdeling in klassen). In verband met gewenste nauwkeurigheid kan dit systeem in de toekomst de basis zijn voor uitbreiding naar een multi view systeem met de hogere gewenste nauwkeurigheid.

- \* het ontwikkelen van een merksysteem. Naast meten moeten de bomen ook gemerkt worden. De meting geeft een dikte (= omtrek) aan en op basis van deze meting wordt de boom in een klasse ingedeeld. Die klasse aanduiding wordt op dit moment visueel gemaakt met een gekleurd bandje om of gekleurde stip op de boom.

- \* het ontwikkelen van een dataprotocol (EDI), om de in het veld gemeten data op gestandaardiseerde wijze beschikbaar te laten komen voor de in de markt aanwezige Bedrijfs Management Systemen (BMS). Dit protocol is ook beschikbaar voor andere toekomstige innovaties, waarbij data vanaf het veld naar BMS systemen moeten overgedragen (sensoren bijvoorbeeld).

- \* automatisch tellen, een afgeleide doelstelling van het single view camerasysteem is dat er ook een telling plaatsvindt. Elk meetresultaat is een object (boom). Een automatisch telsysteem kan dus een vereenvoudigd van het single view afgeleid systeem worden, met bijvoorbeeld ook toepassing in de fruitteelt.

Verwacht wordt dat identificatie van de boom een mogelijke oplossing kan zijn voor een aantal te verwachten problemen (RFID, GPS). Tellen, meten en merken moet een gecombineerde handeling worden. Ook registratie moet veel eenvoudiger mogelijk zijn, waardoor bijvoorbeeld de bepaling van de hoeveelheid verkoopbaar product per klasse direct inzichtelijk is.

Door het integreren van de afzonderlijke innovaties tot een totaal innovatief systeem, wordt een meerwaarde gerealiseerd voor alle bedrijven in de sector, zowel de grote als de kleinere bedrijven. Door de integratie worden ook financiële voordelen gerealiseerd en een complementair systeem ontwikkeld, dat een uitgangspunt kan zijn voor verdere innovatieve ontwikkelingen op het bedrijf. Ook is een ketenbrede aanpak mogelijk met telers, machinefabrikanten, softwarebureau's en BMS-leveranciers om afstemming te realiseren. Software, binnen en tussen de modules, kan op elkaar worden afgestemd en voor de laanbomensector is het ontwikkelen van dit systeem een grote stap voorwaarts.

De stap van meetlint naar een systeem met nieuwe technieken als camera, laser, PDA, dGPS, RFID (tags, chip in de boom) betekent een grote verandering aan de basis. Om die stap beheersbaar te houden en toepasbaar voor kleine en grote bedrijven is gekozen voor een modulair systeem waarbij men kan kiezen op basis van de eigen bedrijfsvoering.

De nieuwe situatie heeft vele voordelen t.o.v. de oude:

- Arbeidsbesparing (kosten)
- Sneller en beter inzicht in voorraad, commerciële voordelen
- Kwaliteitsverbetering (minder tel- en meetfouten)
- Minder afhankelijk van deskundigheid medewerker (sortiment)
- Gerichtte evaluatie van teeltresultaten
- Mogelijkheden tot sturing van de teelt (precisie bemesting, precisie bespuiting)
- Beschikbaarheid van digitale gegevens als basis voor de verdere keten

Op basis van bovenstaande aanbeveling is een vervolgplan geschreven. Dit wordt verder uitgewerkt en ter financiering aan diverse partijen aangeboden.

Automatiseren van de diktemeting is slechts een van de stappen die gezet worden in de ontwikkeling naar een duurzaam laanbomen bedrijf van de toekomst. Het gezamenlijk bepalen van het beeld van dat bedrijf van de toekomst is van belang om de route erheen te bepalen. In het kader van het 75 jarig bestaan van de Kring Opheusden is een artikel geschreven voor het programmaboekje, waarin een eerste schets van dat bedrijf wordt gegeven (zie bijlage 6). De aanbevelingen in dit rapport vormen een kleine bouwsteen van dat toekomstige bedrijf.

## 9 Literatuur en websites

### 9.1 Literatuur

Hemming Jochen & Bontsema Jan, 2007. Automatisering van de diktemeting bij de teelt van laanbomen. Verslag laboratoriumexperimenten. Nota 462, Wageningen UR Glastuinbouw.

IMAG-DLO. 1992. Taaktijden voor de boomkwekerij. Deel 1 Teelt van laanbomen, Coniferen en sierheesters.

Kwaliteitsnormen en omschrijvingen van boomkwekerijproducten. 2007. Raad voor de Boomkwekerij.

Thissen J. Landbouw Hogeschool, groep landbouwwiskunde. 1990. Vergelijking meetmethoden betreffende omtrekmetingen.

Van der Wekken J.W. en Schreuder R, 2006. Kwantitatieve Informatie. Boomkwekerij 2006. PPO 422. PPO - Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit.

### 9.2 Websites

[www.micro-epsilon.de](http://www.micro-epsilon.de)

<http://home.wxs.nl/~ultravan/epicomn.html>

[www.emsbrno.cz](http://www.emsbrno.cz)





# Bijlage 1 Kwaliteitseisen per laanboomtype

## Spillen

- Moeten recht en stevig zijn.
- De lengte moet worden gemeten vanaf grondvlak (wortelhals) en hoogstens 10 cm onder de occulatie.
- Klikken dienen verwijderd en aangesmeerd te worden.
- De diktemaat van spillen met een lengtemaat van boven de 175 cm wordt gemeten op 1 meter boven de grond.

## Halfstammen

- Moeten een stamhoogte hebben van minimaal 110 cm en maximaal 120 cm met uitzondering van: Cotoneaster, Cytisus, Forsythia, Hydrangea, Ligustrum, Prunus cistena, Prunus triloba (2 oculaties, taklengte 50 cm), Viburnum opulus 'Roseum', Weigelia, waarvan de stamhoogte min. 100 cm en max. 110 cm moet zijn.

Treurbomen, zoals Caragana arb. 'Pendula', Malus 'Echtermeyer', Prunus serrulata, 'Kiku-shidare', Salix caprea 'Kilmarnock', e.a., van welke de stamhoogte minimaal 125 cm en maximaal 135 cm moet zijn.

- Moeten minstens 4 goed ontwikkelde takken hebben, uitgezonderd:

Acer negundo (bontbladig), Crataegus carrierei (C. lavalleei), Laburnum, Morus alba 'Pendula', Robinia fertilis 'Monument', Robinia slavini 'Hillieri' (R. hillieri), Robinia hispida, Robinia hispida 'Macrophylla', Robinia kelseyi, Sophora japonica 'Pendula', Sorbus aucuparia 'Pendula', waarbij 3 takken (getopt op 80 cm lengte) voldoende zijn.

## Hoogstammen (laan- en sierbomen)

- De stamomvang wordt gemeten 1 meter boven de wortelhals:  
maten 6/8, 8/10, 10/12, 12/14 enz. en 20/25, 25/30 cm enz.
- Zij moeten een stamhoogte hebben van minstens 180 cm, bij bomen met een stammaat van 6/8 cm mag de vertakking op 150 beginnen.

### Uitzondering:

Bolvormen, zoals Acer platanoides 'Globosum' en Robinia pseudoacacia 'Umbraculifera' moeten een stamhoogte hebben van minstens 180 cm of 225 cm. Zij moeten minstens 4 sterke takken hebben, bij doorgaande kronen een koptak en drie goed geplaatste zijtakken.

### Uitzonderingen:

Acer pseudoplatanus 'Brilliantissimum', Acer pseudoplatanus 'Prinz Handjery', Fraxinus exelsior 'Pendula', Laburnum alpinum 'Pendulum', Laburnum wateri 'Vossii' (Laburnum 'Vossii'), Morus alba 'Pendula', Prunus serr. 'Amanogawa', Sophora japonica 'Pendula', Sorbus aucuparia 'Pendula', Ulmus glabra 'Pendula' minstens 3 takken.

Het woordje 'verplant' bij hoogstammen betekent dat de boom als spil of als veer is verplant.

## Pyramiden

Moeten minstens hebben: één koptak en drie goed ontwikkelde gesteltakken.

## Veren

Moeten recht zijn, de stam moet regelmatig met zijtakken bezet zijn en een doorgaande kop hebben.

## Wortelgestel

Het wortelgestel moet voldoende vertakt zijn. Bij de maten tot 10 cm stamomvang moet de beworteling een doorsnede hebben van tenminste 6 maal de stamomvang; bij de maten boven 10 cm stamomvang minstens 5 maal de stamomvang.



## Bijlage 2 Geënuquëteerde kwekers

Huverba BV	Opheusden
Boomkwekerij H.W. Klanderman	Halle
Monique Jurrius Laanbomen	Landhorst
J.D. v.d. Bijl en Zn V.O.F	Lienden
Ebben Boomkwekers	Cuijk
Combinatie Mauritz B.V.	Opheusden
Boomkwekerij Westelaar V.O.F.	Wouwse Plantage



## Bijlage 3 Proces beschrijving diktemeting

Huidige  
proces

werkgang 1

meten

werkgang 1

merken  
beoordelen  
overige  
kwaliteitsken-  
merken

werkgang 1

werkgang 2

tellen  
vastleggen in  
administratief  
systeem

werkgang 3

Toekomstige  
situatie

werkgang 1

single view  
meten/  
tellen en  
vastleggen

werkgang 2

meten/merken/  
tellen en beoor-  
delen van  
overige kwali-  
teitskenmerken  
vastleggen in  
administratief  
systeem

	juli	aug	sept	okt	nov
--	------	-----	------	-----	-----

Legenda

handmatig

half  
automatisch

Geauto-  
matiseerd



## Bijlage 4 Beschrijving dikte meetsystemen

### **Huidige methode**

Werkwijze wordt beschreven dit rapport. Alle laanbomenkwekers gebruiken deze methode.



### **Moderniseren contactmeters**

#### Alternatief 1

De Epicom is een draagbaar instrument voor het meten en bewaren van de omtrek van laanbomen. De gemeten waarden kunnen op een schermje worden afgelezen en in een geheugen worden opgeslagen voor latere verwerking.

Twee half-cirkelvormige delen kunnen als de bekken van een tang ten opzichte van elkaar bewegen. Over de bekken loopt een eindloos meetlint, dat door een veermechanisme strak wordt gehouden. Het meetlint is via een mechanische overbrenging verbonden met de interne computer. Via deze mechanische overbrenging worden elektronische pulsen afgegeven. Het aantal pulsen is evenredig met de beweging van het meetlint. De pulsen worden door de interne computer bewerkt. Aan de hand daarvan wordt de omtrek bepaald.

Epicom wordt voorzien van “up-to-date” elektronica om het systeem lichter en makkelijker bedienbaar te maken. De meetgegevens zouden vervolgens op een PDA kunnen worden opgeslagen. Dit eventueel in combinatie met een (D)GPS positie. En/of een RFID chip in/aan de boom



#### Alternatief 2

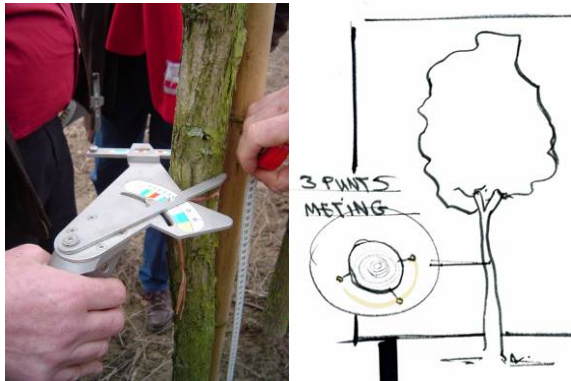
De perimeter is een door een (ex-)boomteler ontwikkeld simpel handapparaat, dat via de zogenaamde driepuntsmeting, de diameter van een laanboom nauwkeurig kan bepalen. Op de meter is een schaalverdeling met kleuren, die overeenkomen met in de sector gebruikte merklinten. Er is ook een versie, waarop codes staan (streepjes onder verschillende hoeken), waarmee de persoon de gemeten boom merkt, waarop een volgende persoon in eigen tempo de bomen met een lint kan merken. Het apparaat is eenvoudig door iedereen te bedienen. Het apparaat heeft geen algemene ingang gekregen, doordat de meerwaarde t.o.v. het gangbare meetlint gering is. De administratie (het tellen) moet nog steeds met de hand in een aparte rondgang gebeuren.

De meting kan in elektronische vorm om gezet worden. Door de constructie, de afleeswijzer scharniert, kan op dit scharnierpunt een potentiometer geplaatst worden. Het handvat van de perimeter bevat voldoende ruimte voor een microcontroller, voeding en uitleesunit. Het apparaat kan vervolgens met een kabeltje of draadloos (bijv. bluetooth) met een handheld computer (PDA) communiceren. Op de PDA, wordt dan het

aantal bomen met hun diameter vastgelegd. Indien het geheel wordt uitgerust met GPS kan ook de voorraadbeheersing op perceelniveau worden gerealiseerd. Voor verkoop moet er nog steeds gemerkt worden.

Merken kan in deze optie nog steeds met de hand, d.m.v. een lint, gebeuren. Een snelle methode is het aanbrengen van een "stip", al dan niet volledig geautomatiseerd. De sector wil tot nu dat het merkteken uit alle richtingen zichtbaar is, maar indien ongeveer de positie van de boom bekend is, doordat bij de telling de GPS coördinaten zijn vastgelegd, vervalt deze eis.

Het automatisch registreren, opslaan in een digitaal medium (PDA), wat automatisch aan het eind van de dag wordt overgezet in de centrale computer van het bedrijf is voor de boomsector uniek en baanbrekend.



### **Single view systeem**

Het single view systeem bestaat uit een digitale camera (met automatische analyse van de beeldopname) en een laser afstandsmeter, die op bijvoorbeeld een tractor kan worden gemonteerd. De bedoeling is dat op een redelijke snelle manier langs de bomen wordt gereden, terwijl de diameters en eventueel de posities volledig automatisch worden bepaald. De gegevens worden in een computer opgeslagen (in het systeem verwerkt of in de board computer van de tractor). Deze metingen kunnen ook worden gecombineerd met andere werkzaamheden, zoals frezen of spuiten. Dit systeem is voornamelijk voor een snelle voorraadbepaling (telling, verdeling in klassen). Voor verkoopdoeleinden, moet er meer aandacht aan de nauwkeurigheid worden besteed.



### **Merken:**

Merken van de bomen is noodzakelijk om het resultaat van de meting te koppelen aan de boom (identificatie).

Het merken is een onderdeel waar nog niet een uitgekristalliseerd idee voor is. Het merken is ook afhankelijk of een contactmeter (bijv. perimeter of epicom) wordt gebruikt of een contactloze meting (single view systeem). Bij de contactloze meting lijkt het voor de hand te liggen om een met meerdere nozzles uitgeruste "verf" spuit te gebruiken, die op enige afstand van het meetsysteem zit. Bij de perimeter kan ook dit principe worden gebruikt, maar dit moet dan behoorlijk geminiaturiseerd worden. Een andere mogelijk is combinatie van tangen, die nu bijvoorbeeld voor "aanbinden" van bepaalde gewassen worden gebruikt.



# Bijlage 5 Presentatie workshop



### Voordelen automatisering diktemeting

- Arbeidsbesparing (kosten)
- Sneller en beter inzicht in voorraad
- Kwaliteitsverbetering (minder tel- en meetfouten)
- Minder afhankelijk van deskundigheid medewerker (sortiment)

### Hoeveel bomen worden gemeten?

- 800 ha spullen
- 2500 ha opzetters
  - 25-75% verkoopbaar en wordt jaarlijks gemeten
  - 3,3-9,8 miljoen bomen

### Proces

- September
- Centimeterbandmaat
- Werkgang 1
  - Methode lint: 1 meter/2 merkers
  - Methode stip: 1 meter/1 merker
- Werkgang 2
  - tellen en registreren
- Registratie per perceel

### Arbeidsbehoefte

- Enquete PPO:
  - Gemiddeld 67 minuten/100 bomen
- Taaktijden IMAG:
  - Lintmethode 51 minuten/100 bomen
  - Stippenmethode 30 minuten/100 bomen
- Bedrijf 40 ha opzetters: 1.800 uur
- Werknemer effectief: 1.720 uur

### Contactmetingen: continue en puntmetingen

### Contactlose meetsystemen

- Ultrasone afstandsensoren
- Infrarood afstandsensoren
- Laser gebaseerde systemen

### Mogelijke problemen

## Lab. testen

- Laser meet systeem LMS400
- Camerasysteem
- Aantal verschillende boomstammen

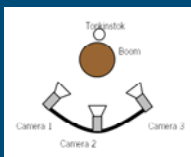


## Conclusies Labtesten

- Resolutie LMS systeem voor het meten bomen is onvoldoende
- Camerasysteem biedt de meest uitgebreide mogelijkheden om foutieve metingen te voorkomen
- Er moeten opnames van meerdere kijkhoeken worden genomen.
- De nauwkeurigheid door het middelen van de resultaten ligt dan in de order grootte van 0.5 cm.

## Conclusie: Contactloos meten

- Dit meetstelsel zal in staat zijn contactloos en in tijdens het "lansrijden" een dergelijke meting uit te kunnen voeren.
- Daarnaast ook afstandensensoren noodzakelijk
- Nauwkeurigheid voldoende?



## Concepten: een keuze maken?

© Wageningen UR



## Concept 1

- Huidige werkwijze handhaven
- Automatisch diktemeten in de ijskast



## Concept 2a moderniseren contactmeting

- Epicom wordt voorzien van "up-to-date" elektronica om het systeem lichter en makkelijker bedienbaar te maken.
- De meetgegevens zouden vervolgens op een PDA kunnen worden opgeslaan. Dit evt. in combinatie met een (D)GPS positie. En/of een RFID chip in/aan de boom
- Merken moet ontwikkeld worden



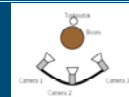
## Concept 2b moderniseren contactmeting

- Driepuntsmeter tang zal met electronica kunnen worden voorzien zodat die automatisch kan worden uitgelezen.
- De meetgegevens zouden vervolgens op een PDA kunnen worden opgeslaan. Dit evt. in combinatie met een (D)GPS positie. En/of een RFID chip in/aan de boom.
- Merken moet ontwikkeld worden




## Concept 3 multi view system

- Gegevens aan boom via tag/(d)GPS
- Merken > ander systeem
- Veel ontwikkeling nodig systeem



### Concept 4 single view system

- Digitale camera (automatische analyse van beeldopname)
- Afstandsmeting met bijv laser
- Minder nauwkeurig dan concept 3
- Technisch eenvoudiger
- Toepassing: voorraadbepaling (aantal en verdeling in klassen)
- Merken n.v.t.



PRAKTIJKONDERZOEK  
PLANT & OMGEVING  
WAGeningen UR

### Concept alternatieven

- Combinaties van eerder genoemde concepten
- Groeimodellen, dendrometers en tellen
- Combinatie met project Uniformiteit
- Meten in de 'schoor' + op voorraad rooien.
- Slim meegroeilint
- ?



PRAKTIJKONDERZOEK  
PLANT & OMGEVING  
WAGeningen UR

### Gelijktijdig meten en merken: noodzakelijk

- Verschillende tapeners verkrijgbaar
- Combineren met contactmeter?
- Stip of lint?




PRAKTIJKONDERZOEK  
PLANT & OMGEVING  
WAGeningen UR

Criteria/concepten	1 meetlint verkoop	2a episom verkoop	2b perimeter verkoop	3 multi view verkoop (voorraad)	4 single view voorraad
merken	aparte handeling	geïntegreerd	geïntegreerd	aparte handeling?	combi met 1, 2ab
Kosten modernisatie	0	++	+	+++	+(+)
Kosten ontwikkelen merken (optie)	0	+++	+++	GPS en/of tag geïntegreerd Systeem	0
Compleetheit ontwikkelen (risico)	0	+	+	+++	+
Robuustheid kwestbaarheid	0	+++	+++	+	++
Gevoelige metsbaarheid	++	++	++	+(+)	+
Gebruiksveer- dijktigheid	+++	++	++	+(+)	++
Onderhoud	0	+(+)	+	+++	++
Inzet arbeid (fte)	+++	++	++	+	0(+)
Anderen kwaliteits- kenmerken					
toepasbaarheid	+++	++	++	+	+(+)
					Grote bedrijven



# Bijlage 6 Artikel 'laanbomenbedrijf van de toekomst'

## **Waarom innoveren?**

De Nederlandse boomkwekerijsector is een traditionele tuinbouw tak waarin kwaliteit en vakmanschap voorop staan. De productiewaarde van 600 miljoen waarvan meer dan 70% geëxporteerd wordt, levert een belangrijke bijdrage aan het succes van de land- en tuinbouw. De boomkwekerij is de afgelopen jaren een van de meest succesvolle takken geweest van de Nederlandse tuinbouw en heeft een leidende rol in Europa. Zowel het areaal als de omzet zijn sterk toegenomen. Daarentegen is aantal bedrijven licht afgenomen. Er vindt, net als in andere tuinbouwsectoren, schaalvergroting plaats. Innovatie is noodzakelijk om de leidende positie op de internationale markt te behouden en zo mogelijk te versterken. Knelpunten liggen vooral op het gebied van de beschikbaarheid van goed opgeleid personeel en duurzaamheid.

## **Waarom samen innoveren?**

Samen sta je sterker en wordt het risico gedeeld. Samen kun je ontwikkelingen initiëren die een individueel bedrijf niet voor elkaar krijgt of waar je alleen het risico niet voor kunt nemen.

Initiatieven tot samenwerking zijn:

- het Innovatie Netwerk Laanbomenteelt en
- Stichting Innovatieplatform Boomteelt

Het innovatienetwerk laanbomenteelt bestaat uit laanbomenkwekers, die op gebied van innovatie willen samenwerken. De stichting innovatieplatform boomteelt beoogt hetzelfde te bereiken, maar dan sector breed (laanbomen, bos- & haagplantsoen en sierheesters, m.n. pot- en containerteelt). Beide initiatieven zijn recent zelfstandig van elkaar tot stand gekomen en samenwerking wordt nagestreefd. Zo is er vanuit beide samenwerkingsverbanden het verzoek aan PPO gericht een voorstel te schrijven voor een vervolg project automatisering van de diktemeting. Pas wanneer bedrijven in staat zijn samen te werken, zijn grote stappen op het gebied van automatisering/robotisering mogelijk.

Door het ontwikkelen van een gezamenlijk toekomstbeeld van de boomkwekerij en de route erheen vast te stellen, wordt richting gegeven aan innovatieve ontwikkelingen. Door de samenwerking verwacht men de einddoelen die beschreven worden in een toekomstbeeld sneller, efficiënter en effectiever te bereiken.

## **Laanbomenbedrijf van de toekomst**

Het duurzame laanbomen bedrijf produceert in 2030 nog steeds een grote verscheidenheid aan producten. De omvang van de bedrijven is toegenomen en er is ook meer specialisatie. Samenwerkende bedrijven leveren het gewenste sortiment aan de klant. Deze samenwerkingsverbanden zijn er niet alleen op het gebied van afzet maar ook bij de productie, inkoop en innovatie. De samenwerking bij de productie bestaat uit samenwerking in de keten (van zaadje tot laanboom), en uit horizontale samenwerking tussen de bedrijven.

Het laanbomenbedrijf 2030 is sterk gemechaniseerd en een deel van de handelingen wordt door robots verricht. Om deze robotisering mogelijk te maken is de teelt gericht op de productie van uniforme planten. De kwaliteit van de producten is afgestemd op de marktvraag. De invloed van externe factoren wordt zoveel mogelijk beperkt, door zolang mogelijk los van de grond te telen. Door de vraagsturing in de keten wordt dit principe al vanaf het zaadje toegepast. Vanaf de binnenkomst op het laanbomen bedrijf worden de planten individueel gevolgd en waar nodig bijgestuurd. Bedrijven werken in ketenverband samen om tegen concurrerende prijzen een goede en betrouwbare kwaliteit te leveren. Een goede prijsstelling, betrouwbaarheid en hoge kwaliteit zijn van belang om de leidende positie op de sterk concurrerende markt te behouden.

Naast de opgave om concurrerend te blijven, heeft de laanbomensector ook een belangrijke rol in de

maatschappij gerealiseerd. Het bedrijf levert een bijdrage aan het landschap door afwisseling in geur, kleur en diversiteit. Ook dragen de teeltbedrijven bij aan een gezondere omgeving. Bedrijven worden zo gesitueerd dat ze maximaal bijdragen aan het invangen van fijn stof.

Door hergebruik en uitwisseling met bedrijven uit andere sectoren zijn de emissies vanaf het bedrijf naar de omgeving tot het minimum haalbare teruggebracht. Het laanbomenbedrijf van de toekomst is duurzaam, zowel qua milieu als economisch.

Uitwerking van enkele aspecten van het teeltbedrijf van de toekomst

### 1. Automatisch diktemeting

Tellen, meten, merken en registreren van laanbomen zijn nu vier arbeidsintensieve handelingen. Deze handelingen worden door alle bedrijven uitgevoerd. Het meten wordt nu gedaan m.b.v. een meetlint. Gegevens worden handmatig genoteerd en in het voorraadsysteem ingevoerd. Plaatsbepaling wordt slechts globaal gedaan, namelijk op perceelsniveau.

Het systeem van diktemeting in 2030 is modulair opgebouwd zodat de keuze per bedrijf gemaakt kan worden welke modules men wenst, o.a. afhankelijk van bedrijfsgrootte.

Het systeem van diktemeting van laanbomen bestaat uit een aantal meetsystemen, waarbij de resultaten digitaal beschikbaar komen voor de bedrijfsmanagementsystemen t.b.v. de diverse administratieve en commerciële systemen (verkoop, voorraad, teeltresultaat).

Het modulaire meetsysteem bestaat uit verschillende onderdelen waarmee de dikte wordt gemeten, de boom gelijk wordt gemerkt, de locatie van de exacte groeiplaats vastgesteld en het aantal bomen geteld. Deze gegevens worden draadloos doorgegeven naar een centrale opslagmedium. Daarbij wordt gebruik gemaakt van technieken als GPS, RFID.

Het modulaire meetsysteem bestaat uit de volgende onderdelen:

- moderne hand 'contact' meter voor de snelle meting en de kleinere bedrijven
- een camerasysteem waarbij contactloos de dikte van de bomen vastgelegd wordt. Toepassing jaarrond voor telling, voorraadbepaling en exacte meting van de dikte.

Op basis van deze gegevens kan de teelt worden geëvalueerd en kunnen maatregelen genomen worden. De kostprijs per boom is bekend en er is een actueel overzicht van leverbare bomen beschikbaar.

Het camerasysteem kan optioneel worden uitgebreid met sensortechnieken om aanvullend andere kwaliteitsparameters te meten. Tijdens het langsrijden worden de aanwezige sensoren in bodem en boom uitgelezen.

### 2. Uniformiteit

Productuniformiteit is een kwaliteitsaspect welke in de toekomst een belangrijke randvoorwaarde zal worden voor verdere ontwikkeling van de teelt. Uniformiteit is niet alleen belangrijk bij samenwerking tussen bedrijven met betrekking tot afzet (uniforme kwaliteitscodering). Het is ook van belang voor de techniek. Gelijke producten betekent immers minder afwijkingen waar de techniek rekening mee moet houden. Dit bespaart zowel kosten bij de ontwikkeling als bij de toepassing.

Om dat uniforme eindproduct te realiseren moeten de parameters die tot variatie leiden worden uitgesloten, verminderd of voor elke boom gelijk worden. Dat betekent dat al in het begin van de keten (teeltproces) hiermee rekening moet worden gehouden. Dus:

- nauwkeurige selectie van het uitgangsmateriaal (zaad, bos & haagplantsoen, spil).
- gelijke groeifactoren als nutriënten, water (precisietoediening)
- gelijke standplaatscondities voor elke boom (bodemscans, toediening, substraat, gotenteelt)
- per soort advies voor locatie op het perceel, de oriëntatie van de rijen en plantafstand
- protocol voor snoeiwijze
- plaats specifieke maatregelen door GPS op trekker en werktuigen, RFID in boom en koppeling met bedrijfsmanagementsystemen
- deel van de teelt in containers voor levering het jaarrond.