State of art precisielandbouw, tracking en tracing en de toepassingsmogelijkheden in de boomteelt

J. Bontsema, A.H.M.C. Baltissen, J. Balendonck, D. Goense, P.H. Hogewerf, F.P. Scheer, A.C. Smits

Rapport 406

Colofon

Titel	State of art precisielandbouw, tracking en tracing en de toepassingsmogelijkheden in de boomteelt
Auteur(s)	J. Bontsema, A.H.M.C. Baltissen, J. Balendonck, D. Goense, P.H. Hogewerf, F.P. Scheer, A.C. Smits
A&F nummer	406
ISBN-nummer	N.v.t.
Publicatiedatum	1 april 2005
Vertrouwelijk	Ja, 1 april 2010
OPD-code	04/174
Goedgekeurd door	J.C. Bakker

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations 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, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Samenvatting

Dit rapport geeft door middel van een quickscan een inventarisatie van de state of art van de precisie landbouw en van het gebruik van tracing en tracking methoden in zowel de veeteelt als in de groente- en versketen. Er is gekeken welke technieken en methoden met meerwaarde toegepast kunnen worden in boomteeltssector.
Technieken en methoden voor geavanceerde mechanisatie uit de akkerbouw en glastuinbouw komen in aanmerking voor toepassing binnen bepaalde deelsectoren van de boomteelt. Van belang is dat deze technieken en methoden niet zonder meer worden overgenomen, maar dat de boomteeltsector zelf voor zijn problemen een programma van eisen opstelt en op grond daarvan een methode uit andere sectoren kiest en weet hoe deze aan te passen aan de boomteelt. Goede kanshebbers zijn geavanceerde mechanische onkruidbestrijding, autonome voertuigen, robotisering voor bijvoorbeeld snoeien en mobiele teelten voor de containerteelt.
Voor tracing en tracking lijken er goede mogelijkheden te zijn om bij kostbare laanbomen injectaten te gaan gebruiken. De gebruiker, zoals de gemeente hoeft deze dan niet meer aan te brengen, wat voor een meerwaarde zorgt. De teler kan met behulp van andere sensoren bijvoorbeeld gegevens over het weer of de bodemgesteldheid opslaan gedurende de hele levensloop van de boom op zijn bedrijf. Op dezelfde manier kunnen ook de transportomstandigheden worden opgeslagen en gekoppeld aan een individuele boom. Op deze manier is duidelijk waar de aansprakelijkheid ligt wanneer een boom niet aanslaat. Een invoering van injectaten staat of valt met standaardisatie. Dit moet vroegtijdig opgestart worden, zodat voorkomen wordt dat er verschillende, niet compatibele systemen in omloop komen.
Voor overige gewassen kan dit bovenstaande ook uitgevoerd worden, maar daar zal het identificatiemiddel dan bijvoorbeeld op de transportkar moeten worden aangebracht.

Verantwoording
Deze quickscan is uitgevoerd in opdracht van Het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, cluster bomen en bollen in Boskoop en is financiëel mogelijk gemaakt door het Productschap Tuinbouw.

Inhoudsopgave

Samenvatting **3**

1 Inleiding **9**

2 Technische ontwikkelingen en toepassingen van precisietechnologie in de akkerbouw en vollegronds groenteteelt **11**

2.1 Inleiding 11

2.2 Resultaten 12

2.2.1 Plaatsspecifieke bewerkingen 12

2.2.1.1 Grondbewerking 12

2.2.1.2 Zaaien en poten 12

2.2.1.3 Stikstof Bemesting 13

2.2.1.4 Onkruidbestrijding 14

2.2.1.5 Ziekte- en plaagbestrijding 15

2.2.1.6 Oogsten 15

2.2.2 Precies uitvoeren van bewerkingen. 15

2.2.2.1 Intensiteit van grondbewerking. 15

2.2.2.2 Diepte van grondbewerking. 15

2.2.2.3 Zaai- en pootdichtheid. 16

2.2.2.4 Plaatsspecifiek strooien van kunstmest. 16

2.2.2.5 Gewasafhankelijke dosering van gewasbeschermingsmiddelen. 16

2.2.2.6 Selectieve loofdoding. 16

2.2.2.7 Precies oogsten. 17

2.2.3 Meetsystemen 17

2.2.3.1 Positiebepaling 17

2.2.3.2 Bodemkaarten 18

2.2.3.3 Hoogtekaart 18

2.2.3.4 Bodemscan 18

2.2.3.5 Verkruimeling zaaibed 18

2.2.3.6 Opbrengstmeting 19

2.2.3.7 Meting biomassa 19

2.2.3.8 Remote sensing 19

2.2.3.9 Onkruid herkenning 20

2.2.3.10 Fotosynthese meting 21

2.2.3.11 Meten van kwaliteit 21

2.2.4 Methoden van het specifiek bewerken. 22

2.2.4.1 Rijpaden systeem 22

2.2.4.2 Plaats specifieke chemische onkruidbestrijding 22

2.2.4.3 Onkruidbestrijding volgens de MHLD methode. 22

2.2.4.4 Mechanische onkruidbestrijding. 22

2.2.4.5 Gewasdichtheid afhankelijk spuiten 23
2.3 Mogelijke toepassing in de boomteelt. 23
2.3.1.1 Grondbewerking 23
2.3.1.2 Variabel planten 23
2.3.1.3 Plaats specifiek N-bemesten 23
2.3.1.4 Onkruidbestrijding 24
2.3.1.5 Ziekten en plagen. 24
2.3.1.6 Oogsten. 24
2.4 Conclusies 24

3 Geavanceerde mechanisatiesystemen in de land- en tuinbouw. 27
3.1 Inleiding 27
3.2 Robotisering 27
3.3 Mobiele teeltsystemen 30
3.4 Geavanceerde mechanische onkruidbestrijding 31
3.4.1 Onkruidbestrijding tussen de rijen 31
3.4.2 Onkruidbestrijding in de rijen 33
3.5 Autonome voertuigen 34
3.5.1 Autonome voertuigen gebaseerd op conventionele landbouwvoertuigen 34
3.5.2 Kleine autonome portaalvoertuigen 35
3.5.3 Minivoertuigen ter grootte van het gewas 36
3.6 Toepassing in de boomteelt 37
3.6.1 Robotisering 37
3.6.2 Mobiele teeltsystemen 37
3.6.3 Geavanceerde mechanische onkruidbestrijding 37
3.6.4 Autonome voertuigen 37

4 Identificatietechnieken in de veehouderij: beschrijving, voorkomen, gebruikersaspecten en ervaringen. 39
4.1 Inleiding. 39
4.2 Identificatiemethoden. 39
4.2.1 Optisch. 39
4.2.1.1 Nummers en barcodes op oormerken 39
4.2.1.2 Halsband 40
4.2.1.3 Vriesbranden 40
4.2.2 Elektronisch. 41
4.2.2.1 Halsband 41
4.2.2.2 Elektronische oormerken 41
4.2.2.3 Maagbolus 42
4.2.2.4 Injectaat 43
4.2.2.5 Uitlezers. 43
4.3 Gebruiksintensiteit en gebruikservaringen 44

4.3.1 Optische identificatiemethoden 44
4.3.1.1 Oormerken 44
4.3.1.2 Halsbanden 44
4.3.1.3 Vriesbranden 44
4.3.2 Elektronische identificatiemiddelen 44
4.3.2.1 Het IDEA project 44
4.3.2.2 Elektronische oormerken 45
4.3.2.3 Maagbolussen 45
4.3.2.4 Injectaten 46
4.4 Standaardisatie 46
4.4.1 ISO standard voor Animal Identification 46
4.4.2 ICAR registratie van goedgekeurde animal identification systemen 46
4.5 Toepassingen van elektronische identificatie in de bomen en plantenteelt 47
4.6 Conclusies 47

5 Inventarisatie van gebruik van tracking en tracing methoden in de groente- en versketen 49
5.1 Inleiding. 49
5.2 Identificatiemethoden 50
5.2.1 Barcodes 50
5.2.2 RFID-technieken 51
5.2.2.1 Algemene beschrijving 51
5.2.2.2 Gebruikte frequenties 53
5.2.2.3 Energievoorziening 54
5.2.2.4 Programmeringsmogelijkheden en datacapaciteit 54
5.2.2.5 Uitleesprotocollen 55
5.2.2.6 Voor- en nadelen 56
5.2.2.7 Huidige toepassingen 56
5.2.2.8 Toekomst van de technologie 56
5.3 Methoden voor monitoring 57
5.3.1 Meetinstrumenten en sensoren 57
5.3.1.1 Meteo-stations 58
5.3.1.2 Meteo-diensten via internet 58
5.3.1.3 Phytomonitoring 59
5.3.2 Tijd-Temperatuur Indicatoren 60
5.3.2.1 Algemene beschrijving 60
5.3.2.2 Temperatuur Indicatoren (TI's) 60
5.3.2.3 Tijd-temperatuur-indicatoren (TTI's) 61
5.3.2.4 Voor- en nadelen 61
5.3.2.5 Huidige toepassingen 61
5.3.2.6 Toekomst van de technologie 61

5.3.3 Dataloggers 62
5.3.3.1 Algemene beschrijving 62
5.3.3.2 Voor- en nadelen 63
5.3.3.3 Huidige toepassingen 63
5.3.3.4 Toekomst van de technologie 64
5.4 Communicatie- en lokalisatietechnologie (netwerken) 65
5.4.1 (Data) Communicatie 65
5.4.1.1 Infrarood communicatie 65
5.4.1.2 (Mobiele) Telefonie (GSM en andere netwerken) 65
5.4.1.3 Internet 66
5.4.1.4 Blue Tooth 66
5.4.1.5 WIFI en Wireless LAN 67
5.4.1.6 Electronic Data Interchange (EDI) 67
5.4.1.7 XML 67
5.4.1.8 EDIFACT 67
5.4.2 Plaatsbepaling 67
5.4.2.1 Satelietnavigatie (GPS) 67
5.4.2.2 Plaatsbepaling via radiotelemetrie 68
5.5 Toepassingen in de bomen- en plantenteelt 68
5.5.1 Identificatie 68
5.5.1.1 Boomteelt 68
5.5.1.2 Plantenteelt 69
5.5.2 Monitoring 69
5.6 Bijlage 70
RFID – Een algemene beschrijving 70

6 Conclusies 75

7 Aanbevelingen 79
7.1 Precisielandbouw 79
7.2 Tracing en tracking 79

8 Referenties 81

1 Inleiding

Dit rapport geeft een inventarisatie via een quickscan van de state of art van de precisie landbouw, zoals toegepast in de akkerbouw en volle gronds groenteteelt en van het gebruik van tracing en tracking methoden in zowel de veeteelt als in de groente- en versketen. Deze quickscan is uitgevoerd als onderdeel van fase 2 uit het project "Thematische aanpak mechanisering, automatisering en robotisering in de boomkwekerij, vaste plantenteelt en vruchtbomenteelt", geleid door PPO, sector Bomen. Doel van deze quickscan is te kijken welke technieken en methoden van de precisielandbouw, zoals toegepast in de akkerbouw en vollegronds groenteteelt en welke tracking en tracing methoden in zowel de veeteelt als uit de groente- en versketen met meerwaarde benut zouden kunnen worden in de boomsector. Deze quickscan beoogt niet volledig te zijn, er is vooral gekeken naar methoden en technieken, waarvan aangenomen kan worden dat deze interessant zijn voor de boomsector.

In hoofdstuk 2 wordt de precisielandbouw behandeld. Precisielandbouw is van oorsprong bedoeld voor plaatsspecifieke handelingen, zoals bijvoorbeeld plaatsspecifiek bemesten afhankelijk van de bodemsituatie. Tegenwoordig wordt met precisielandbouw ook precies en/of automatisch uitvoeren van werkzaamheden bedoeld.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op geavanceerde mechanisatiesystemen in de land- en tuinbouw. De geavanceerdheid doelt op het vervangen van de menselijke arbeid door machines met een zekere intelligentie. Het hoofdstuk beperkt zich tot de robotisering in de glastuinbouw, de geavanceerde mechanische onkruidbestrijding in de akkerbouw en autonome voertuigen in de akkerbouw. Een deel van de boomsector, men name de vaste plantenteelt en de teelt in containers heeft een zekere overeenkomst met de glastuinbouw, de teelt van bomen en struiken heeft meer overeenkomsten met de akkerbouw of vollegronds groenteteelt.

Hoofdstuk 4 behandelt identificatietechnieken voor dieren in de veehouderij. De EU legt de verplichting op dat ieder rund twee oormerken draagt. Deze verplichtingen gaat ook gelden voor schapen en geiten. In dit hoofdstuk wordt zowel ingegaan op door de mens afleesbare identificatiemiddelen als middelen die elektronisch uitleesbaar zijn. In het bijzonder zal ingegaan worden op de standaardisatie van de identificatiemethoden.

Hoofdstuk 5 gaat over het gebruik van tracking en tracing methoden in de groente- en versketen. Invoering van tracking en tracing methoden in versketens houdt direct verband met de nieuwe Europese richtlijn voor voedselveiligheid, die voorschrijft dat bedrijven informatie moeten verschaffen over waar hun producten vandaan komen en waar ze naar toe gaan. Hoewel het in de boomteelt niet om voedselveiligheid gaat, kan het vanwege de aansprakelijkheid voor het geleverde product interessant zijn om het product door de hele keten te volgen.

Ieder hoofdstuk eindigt met conclusies met betrekking tot toepassing in de boomteelt. In hoofdstuk 6 zijn deze conclusies samengevat en worden enkele aanbevelingen gedaan.

2 Technische ontwikkelingen en toepassingen van precisietechnologie in de akkerbouw en vollegronds groenteteelt

2.1 Inleiding

De huidige term precisielandbouw staat voor en ontwikkeling die begin jaren 90 van de vorige eeuw is ingezet met een term als "Farming by soil". De doelstelling was om in de teelt rekening te houden met de te onderscheiden bodemeenheden die zich binnen de percelen voordoen en daarmee tot efficiënter gebruik van grondstoffen, voornamelijk nutriënten, te komen.
Deze ontwikkeling was mogelijk door het beschikbaar komen van de noodzakelijke technische hulpmiddelen. Het belangrijkste is het Global Positioning System, GPS, voor de positiebepaling, maar zonder sensoren, actoren en elektronica voor de verwerking zouden nauwkeurige plaatsspecifieke acties niet mogelijk.
Op dit moment zijn eigenlijk twee belangrijke ontwikkelingen te onderscheiden in wat algemeen als precisielandbouw wordt aangeduid.
De eerste is de focus op **plaatsspecifieke handelingen**, waarbij (plaats specifieke) optimalisatie van de teelt voorop staat. Management software met beslissings ondersteunende systemen vormen de centrale spil in deze benadering en de technologie maakt het makkelijker de gegevens te verzamelen en mogelijk om bewerkingen met de gewenste nauwkeurigheid uit te voeren. Deze benadering komt slechts langzaam op gang, omdat informatie van vele bronnen noodzakelijk is om een teeltoptimalisatie te realiseren.
Een tweede benadering is die van het **precies en/of automatisch uitvoeren van werkzaamheden**. GPS geleide schoffels zijn daarvan een voorbeeld. De verschillen binnen een perceel zijn hierin ondergeschikt of spelen niet mee, tenzij de maatregelen afgestemd zijn op individuele planten en er op die manier indirect plaats specifiek wordt gewerkt. Het gaat hier om technologische oplossingen die vrij zelfstandig kunnen worden opgezet/gerealiseerd.
Een combinatie van de twee benaderingen voert uiteindelijk tot een individuele plant behandeling, maar vraagt als bij de eerste benadering om een relatief complexe, geïntegreerde aanpak.
Het doel van dit hoofdstuk is om ontwikkelingen op het gebied van precisielandbouw te beschrijven en hieruit de voor de boomteelt interessante ontwikkelingen aan te geven.
Aan de hand van opgedane ervaringen in onderzoek naar precisielandbouw en literatuuronderzoek wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen op het gebied van zowel plaatsspecifieke bewerkingen, als van precisie bewerkingen. Daarnaast wordt ingegaan op meetmethoden om gegevens over gewas en bodem te verzamelen en op werktuigen om bewerkingen (plaats) specifiek uit te kunnen voeren.

2.2 Resultaten

2.2.1 Plaatsspecifieke bewerkingen

2.2.1.1 Grondbewerking

Bij de primaire grondbewerking wordt de diepte aangepast aan het in kaart gebrachte bodemprofiel en in sommige gevallen wordt de mate van inwerken van gewasresten gevarieerd. Een belangrijk doel is energie besparing en daartoe wordt diepe bewerking beperkt tot die gebieden waar dat nodig is. In Duitsland (Sommer and Vosshenrich, 2002) wordt in principe ondiep (0.08-0.10 m) bewerkt, behalve op stukken die structureel natter blijven door verslemping. Vaak zijn dat de laagtes op geaccidenteerde percelen. Ook stukken met een laag kleigehalte (12%) worden diep bewerkt, omdat daar het organische stofgehalte lager blijft.
Energie kostende diepe grondbewerking om verdichte lagen op te heffen kan met precisielandbouw worden beperkt door alleen die gebieden te kiezen waar, op basis van opbrengstkaarten en remote-sensing beelden, aanwezigheid van verdichte lagen wordt vermoed (Wells, et al., 2000).
In de secundaire grondbewerking, de zaaibedbereiding, wordt de bewerkingsintensiteit gevarieerd, door het toerental van een werktuig of de rijsnelheid van de trekker te variëren. Duidelijke criteria op basis van ruimtelijke gegevens zijn hiervoor echter nog niet vastgesteld (Sommer and Vosshenrich, 2002). In combinatie met meetinstrumenten wordt er afhankelijk van de gemeten verkruimeling gestuurd.(Zie 2.2.3.5)
Een systeem van rijpadenteelt gebruikt precisietechnologie om verdichting door het rijden zoveel mogelijk te beperken. (Zie 2.2.4.1)

2.2.1.2 Zaaien en poten

Een van de belangrijkste te variëren grootheden is de zaai- of pootdichtheid. Daarnaast is variatie in zaai- of pootdiepte mogelijk en in enkele gevallen wordt van variëteit gewisseld binnen een perceel.
De zaaizaadhoeveelheid in granen wordt verhoogd op die stukken waar meer organisch materiaal aan het oppervlak is gebleven. Dat zijn die stukken waar een ondiepere grondbewerking heeft plaats gevonden (Sommer and Vosshenrich, 2002).
In de meeste situaties wordt de plantdichtheid afgestemd op een te verwachten vochtvoorziening, die op zijn beurt wordt bepaald door de samenstelling van het bodemprofiel. Daar waar vocht tekorten zijn te verwachten wordt minder dicht geplant.
Het wisselen van variëteiten gebeurd bijvoorbeeld in gebieden met duidelijke plaatselijke droogteschade, bij verzilting door daar tolerantere variëteiten te planten (Steinert) en waar sprake is van grote pH verschillen.
In het Spin-off project in Friesland wordt, net zoals door een landbouwbedrijf in Schotland, de pootdichtheid van aardappelen gevarieerd. Aan beide projecten ligt nog geen onderzoek ten grondslag aan de parameters waarop de plantdichtheid wordt bepaald. Van beide projecten zijn tot op heden geen resultaten gepubliceerd.

2.2.1.3 Stikstof Bemesting

Specifieke stikstof bemesting is een van de eerste toepassingen van precisielandbouw. Hierbij zijn een drietal benaderingen te onderscheiden:

1. bemesting op basis van opbrengstpotentieel,
2. bemesting gebaseerd op bemonstering
3. bemesting op basis van modellen

N-Bemesting op basis van opbrengstpotentieel.

De gedachte achter deze benadering is dat de stikstofbemesting moet worden afgestemd op het opbrengstniveau. De gedachte achter dit, op zich logische, uitgangspunt is dat de opbrengstniveaus uit het verleden een goede indicatie zijn van wat te verwachten is. De opbrengstniveaus uit het verleden worden opgemaakt aan de hand van opbrengstkaarten die met yield mapping zijn gerealiseerd.
Een viertal tarwe opbrengstkaarten over een periode van negen jaar hebben op het bedrijf van van Bergeijk in Zuidland geen duidelijke ruimtelijke structuur laten zien in opbrengst. Onder Nederlandse omstandigheden blijkt de temporele dynamiek in de stikstofhuishouding zeker zo belangrijk te zijn als de ruimtelijke.

N-bemesting op basis van bemonstering.

Aan het temporele aspect van de stikstofbemesting wordt aan het begin van het groeiseizoen tegemoet gekomen door het stikstofgehalte van de bodem via bemonstering te analyseren. Het plaatselijke aspect wordt er in gebracht door te bemonsteren binnen een systematisch raster of binnen bodemeenheden die op basis van andere informatie zijn vastgesteld.

N-bemesting op basis van modelberekeningen.

Uitgangspunt voor deze benadering is een ruimtelijke kartering van de fysische bodemeigenschappen. In een systematisch raster of binnen bodemeenheden die op basis van andere informatie zijn vastgesteld, wordt het profiel beschreven in de vorm van functionele bodemlagen.
Gewasgroeimodellen die naast factoren als temperatuur en zonneschijn ook rekening houden met de waterhuishouding en het nutriëntenverloop binnen de bodemprofielen, worden gebruikt om de stikstofhuishouding en de gewasontwikkeling te berekenen onder verschillende bemestingsregiems en mogelijke weersontwikkelingen. In een experiment uitgevoerd op een akkerbouwbedrijf in Zuidland werden deze modellen gebruikt om aan te geven wanneer het stikstofgehalte in het bewortelde profiel beneden een kritisch niveau kwam en werd aan de hand daarvan het tijdstip van bemesten bepaald. Voor de laatste gift werd het niveau bepaald aan de hand van het te verwachten opbrengsteffect bij verschillende bemestingsniveaus onder historische weerregiems. Hiermee werden stikstof besparingen van 23% gerealiseerd bij iets hogere opbrengsten (Van Alphen and Stoorvogel, 2000).

Bemesting van andere nutriënten dan stikstof.
Plaats specifiek bemesten met **fosfaat** en **kali** vind plaats op basis van opbrengstkaarten of bodembemonstering.
Bij opbrengstkaarten is het uitgangspunt dat de bemesting de onttrekking moet compenseren. De gemeten opbrengsten met een standaard gehalte geven een indicatie voor de omvang van die onttrekking.
Bij bemonstering wordt er in een raster of per bodemeenheid bemonsterd. Een aspect dat aandacht krijgt is het vaststellen van de kritische drempelwaardes die voor de binnen precisielandbouw te onderscheiden bodemeenheden gehanteerd zouden moeten worden (NN1, 2003).
In suikerbieten zijn duidelijke effecten van verschillen in pH niveau gevonden (Van Bergeijk, Medema and Goense, 2000). Op dit moment zijn geen bruikbare systemen bekend om de pH ruimtelijk te meten en op basis daarvan tot plaats specifiek bekalken over te gaan.

2.2.1.4 Onkruidbestrijding

Bij onkruidbestrijding is ook een duidelijk onderscheid te maken tussen een aanpak die gebaseerd is op ruimtelijke informatie en één die zich baseert op het herkennen van onkruidplanten. Een derde methode gaat uit van het toedienen van suboptimale doseringen en zorgvuldig volgen van het effect hiervan. Hier wordt op de benadering vanuit ruimtelijke informatie ingegaan, de twee andere methoden komen in 2.2.3.9 en 2.2.4.4 aan bod.
Bodemkundige verschillen hebben mogelijk invloed op onkruidbezetting en -soorten. De algemene indruk is dat kamille voorkomt op de zanderige delen van een perceel of daar waar de structuur slecht is. Als een bodemkaart beschikbaar is kan deze mede voor de onkruidbestrijding worden ingezet. In het algemeen wordt de relatie bodem en onkruidbezetting echter overschat. Een andere mogelijkheid is om de onkruidbezetting door middel van scouting in kaart te brengen, maar dat vraagt veel arbeid.
Er wordt ook aan systemen gewerkt om de onkruidbezetting door middel van herkenningsystemen (zie 2.2.3.9) in kaart te brengen en deze informatie op een geschikt moment te gebruiken. De herkenningssystemen worden niet volledig veld dekkend ingezet, maar er wordt gemeten op een beperkt aantal stroken, soms beperkt tot de rijsporen.
De vereiste dosering van herbiciden hangt af van bodemeigenschappen zoals kleigehalte, pH en organische stof gehalte. Aanpassen van de dosering aan de hand van een digitale bodemkaart maakt middelenbesparing mogelijk en/of kan gewasschade voorkomen, ook wanneer het gehele perceel wordt behandeld.
Als plaatsen met een bepaalde mate van onkruidbezetting zijn geïdentificeerd doet zich noch de discussie voor of deze plekken met de volle dosering, of met een aan de mate van bezetting aangepaste dosering moeten worden bestreden. Ook de aan te houden ruimtelijke marge rondom deze locaties is punt van discussie. Hier speelt de populatie dynamica van onkruiden een rol en zijn de te volgen strategieën nog niet volledig uitgekristalliseerd. Simulaties van (Paice and Day, 1997) geven aan dat er een risico is bij onvoldoende behandelde bufferruimte rondom plekken met onkruid.

2.2.1.5 Ziekte- en plaagbestrijding

De mogelijkheid om ziekten en plagen plaatsspecifiek te bestrijden en daarmee gebruik van chemische middelen te beperken zijn nog in het experimentele stadium. De huidige landbouwspuiten maken selectief spuiten en plaats specifiek doseren mogelijk, maar het ontbreken van betrouwbare, arbeidsextensieve detectiemethoden voor ziekten en plagen vormen het knelpunt. Kennis over de omstandigheden waaronder ziekten en of plagen optreden zijn een bruikbaar aanknopingspunt. Naast het vastleggen van de weersomstandigheden zijn metingen van de ontwikkeling van het gewas (zie 2.2.3.7 en 2.2.3.8) een belangrijke basis voor modelmatige benaderingen om het voorkomen van ziekten te voorspellen.
Nematoden zijn over het algemeen niet uniform over een perceel verdeeld maar komen pluksgewijs voor (Rupe, et al., 2003). In Nederland zijn er aanwijzingen dat het voorkomen van bepaalde soorten aaltjes sterk samenhangt met de bodemsamenstelling. Het scannen van de bodem (zie 2.2.3.4) wordt daarom als een instrument gebruikt om verschillen binnen het perceel in kaart te brengen en op basis daarvan al of niet te handelen. Enige onzekerheid in vertaling van bodemscan naar specifieke bodemeigenschappen wordt gezien als een risico, dat om nader onderzoek vraagt.
Er zijn mogelijkheden om bij de toediening op gewassen te besparen op het middelengebruik door rekening te houden met de ontwikkeling van het gewas zoals besproken wordt in 2.2.4.5.

2.2.1.6 Oogsten

Voor zover bekend komt het plaats specifiek oogsten, of het op basis van locatie gescheiden houden van het geoogste product in de open teelt alleen voor in de wijnbouw.

2.2.2 Precies uitvoeren van bewerkingen.

2.2.2.1 Intensiteit van grondbewerking.

Meetsystemen voor het inschatten van de verkruimeling van een zaaibed vormen input om de rijsnelheid van de trekker of het toerental van het aangedreven grondbewerkingswerktuig te variëren tot dat niveau dat de gewenste verkruimeling realiseert.
Dergelijke meetsystemen zijn ontwikkeld (Scarlett, Lowe and Semple, 1997) en besproken in 2.2.3.5.
Moderne trekkers beschikken over traploze transmissies en als die categorie III van de trekker elektronica volgens ISO11783 hebben geïmplementeerd, is het mogelijk om de rijsnelheid en of het toerental van de motor van buitenaf aan te sturen. De werktuigelektronica of de centrale boordcomputer kan dit op basis van het meetsignaal realiseren.

2.2.2.2 Diepte van grondbewerking.

Met moderne trekkers die zijn uitgevoerd als ISO11783 klasse III is het mogelijk om vanuit het werktuig of op basis van een perceelskaart een gewenste bewerkingsdiepte automatisch in te stellen. Een terugkoppeling in de vorm van een dieptemeter is dan wel vereist.

2.2.2.3 Zaai- en pootdichtheid.

Zaai- en pootdichtheid laat zich op basis van sensormetingen van b.v. verkruimeling van het zaaibed of op basis van een kaart realiseren. Concrete toepassingen zijn er al in het Spin-off project in Friesland.

2.2.2.4 Plaatsspecifiek strooien van kunstmest.

Dit is een van de eerste toepassingen van precisielandbouw. Bij het nauwkeurig toedienen speelt vooral de nauwkeurigheid als gevolg van werkbreedte van de strooiers. Dit varieert nu van centrifugaal strooiers met een werkbreedte van 45 m tot pneumatische strooiers die in secties van 6 m zijn aan te sturen. Onderzoek (Goense, 1997) toont aan dat de toe te passen resolutie van de strooier vooral wordt bepaald door de dichtheid van informatie. Als vuistregel kan gelden dat de strooier dezelfde resolutie hoort te hebben als de dichtheid aan informatie.

2.2.2.5 Gewasafhankelijke dosering van gewasbeschermingsmiddelen.

Een van de eenvoudigste uitgangspunten is om niet te spuiten waar geen gewas staat. In bepaalde beddenteelten zoals bij bloembollen wordt dit al toegepast door spuitdoppen boven de wielsporen uit te schakelen. In een jong stadium van het gewas kan het spuiten beperkt worden door alleen doppen te activeren die boven de rij staan, zoals ook al langer bij het verspuiten van herbiciden wordt toegepast.
Een bijzondere vorm van gewasafhankelijk spuiten wordt toegepast in de fruitteelt. In het PreciSpray project (Van de Zande, et al., 2001) wordt op basis van stereo luchtfoto's een 3D kaart van een boomgaard gemaakt, waarin de contouren van de bomen in een resolutie van 5 cm zijn beschreven. Deze informatie wordt ook gebruikt om een inschatting van de bladdichtheid te maken. Een alternatieve methode is het Lidar systeem ontwikkeld door (Miller, 2003). De informatie wordt gebruikt om, voor een aantal onafhankelijk van elkaar te regelen secties van een boomgaardspuit, deze sectie ten opzichte van de boomcontour te positioneren, de sectie alleen daar aan te schakelen waar zich takken en bladeren bevinden en de dosering van zowel spuitvloeistof als de hoeveelheid lucht aan te passen aan de bladdichtheid. Volgens (Miller, 2003) zijn er besparingen tot 75% mogelijk bij toepassing van hier omschreven systemen.
Op basis van een schatting van de biomassa van het gewas (zie 2.2.3.7 en 2.2.3.8) is het mogelijk de dosering en of de luchtondersteuning aan te passen aan de hoeveelheid biomassa voor specifieke gewassen. De grondslag op basis waarvan de dosering wordt aangepast is nog onderwerp van onderzoek. De technieken voor variëren van de dosis worden besproken in paragraaf 2.2.4.5.

2.2.2.6 Selectieve loofdoding.

Tot op heden wordt een uniforme dosering gebruikt om aardappelloof chemisch te doden, terwijl er zich binnen percelen behoorlijke verschillen in reeds opgetreden afsterving voordoen. Aanpassen van de dosering in die zin, dat op plaatsen waar het loof nog groen is meer wordt gespoten dan op plaatsen waar het al dood is, spreekt voor zich. Met de remote sensing

technologie zoals beschreven in 2.2.3.8 zijn de verschillen in afsterving op te sporen en met moderne landbouwspuiten kan hier op worden ingespeeld. (zie 2.2.4.2 en 2.2.4.5)

2.2.2.7 Precies oogsten.

In de graanteelt wordt de rijsnelheid van de maaidorsers aangepast aan de op basis van een kaart beschikbare informatie over de te verwachten opbrengst. Hierdoor kunnen dorsverliezen worden beperkt.
Bij het rooien van aardappelen zijn er systemen beproefd om een schatting te maken van de hoeveelheid tarra die op het laatste stukje van de zeefketting nog wordt afgescheiden. Op basis van deze meting wordt de rijsnelheid en de mate van agitatie van de zeefketting bepaald.

2.2.3 Meetsystemen

2.2.3.1 Positiebepaling

Positie bepaling is de basis voor alle plaatsspecifieke bewerkingen en voor een groot aantal nauwkeurig uit te voeren bewerkingen.
Het Global Positioning System, GPS, is het algemeen gebuikte instrument voor positie bepaling. GPS ontvangers kunnen in een aantal categorieën worden ingedeeld, ieder me hun eigen nauwkeurigheid.

- Standaard GPS ontvangers. Dit zijn ontvangers die de positie bepalen op basis van de informatie van een aantal satellieten (4 tot 12). Deze ontvangers hebben een nauwkeurigheid van 3-7 meter en zijn afhankelijk van de uitvoering voor 150-1000 € te koop. Voor logistieke doeleinden is deze nauwkeurigheid voldoende, maar voor andere landbouwkundige bewerkingen is een hogere nauwkeurigheid gewenst.
- Differentiële GPS ontvangers gebruiken informatie van een stationair basisstation ter correctie van fouten. Tegenwoordig wordt informatie van virtuele basisstations via geostationaire satellieten beschikbaar gesteld. In de USA is dit WAAS en in Europa EGNOS. De nauwkeurigheid komt hiermee in de orde van grote van één meter en de meerprijs ten opzichte van gewone ontvangers is te verwaarlozen. Voor plaats specifieke bewerkingen, die bepaald worden door bodemkundige verschillen binnen percelen is deze nauwkeurigheid ruim voldoende.
- Verbeterde differentiële ontvangers gebruiken geavanceerde software om volgens het hierboven omschreven principe de positie te bepalen. Door meer rekenkracht wordt de nauwkeurigheid verbeterd tot een orde van grootte van 0,1 meter. De prijs van dergelijke systemen was eind 2003 in de orde van grootte van 10k€. Doordat de grootte van de fout over een langere periode optreedt, is een dergelijk systeem in te zetten voor rechtgeleiding bij bewerkingen waar de eisen beperkt zijn.
- RTK GPS ontvangers maken gebruik van de draaggolf van het satelliet signaal en kunnen daarmee een nauwkeurigheid van 0.01-0.02 m bereiken. Hier staat een aanschafprijs van ca 30 k€ tegenover, welke voor sommige gebruikers verdubbeld moet worden omdat het

referentie station niet te ver weg mag staan en soms zelf aangeschaft moet worden. Deze systemen worden gebruikt voor rechtgeleiding.

2.2.3.2 Bodemkaarten

Een éénduidige manier om bodemkaarten op te stellen is door karteren, wat ten behoeve van precisielandbouw in een relatief nauw raster wordt uitgevoerd. Op een akkerbouwbedrijf in Zuidland is in een raster van 24 x 24 meter gekarteerd. Bij de klassieke kartering gaat het om identificatie van de taxonomische bodemlagen, bij precisielandbouw beperkt men zich tot de functionele bodemlagen. Dit zijn die lagen waarbinnen de hydrologische eigenschappen als poriënvolume en permeabiliteit hetzelfde zijn.
Kartering kan volledig in handwerk worden uitgevoerd, maar voertuigen zoals een Quad met installaties om monsters te nemen vormen een behoorlijke verbetering van arbeidsomstandigheden. Desondanks blijft het arbeidsintensief en daarmee duur. Daartegenover staat dat een goede fysische kartering een éénmalige investering is.
In de onderzoekssfeer wordt gewerkt aan kartering met een penetrograaf met ingebouwde camera.

2.2.3.3 Hoogtekaart

Kleine hoogteverschillen zijn ook onder Nederlandse omstandigheden heel bepalend voor opbrengstverschillen. Verschil in afstand tot de grondwaterspiegel heeft veel invloed op de vochtvoorziening en daarmee samenhangende nutriëntenstromen.
Het is mogelijk de hoogte met GPS ontvangers te meten, maar in het verticale vlak is de onnauwkeurigheid ongeveer het dubbele van die in het horizontale vlak. Dit betekent dat hooguit RTK GPS ontvangers (zie 2.2.3.1) daarvoor zijn in te zetten. Mogelijk dat het consequent vastleggen van de hoogte met de 10 cm GPS ontvangers gedurende een aantal jaren een betrouwbare schatting oplevert na het uitmiddelen van deze metingen.

2.2.3.4 Bodemscan

Er zijn een tweetal principes om verschillen in het bodemprofiel te meten, namelijk meten van geleidbaarheid en het meten van radio actieve achtergrondstraling.
Voor beide methoden geldt dat er één of enkele fysische grootheden worden gemeten, die door meerdere factoren wordt bepaald. Er wordt dus geprobeerd met een beperkt aantal (één) vergelijkingen een groter aantal onbekenden op te lossen. De praktische uitvoering bestaat er uit dat er daadwerkelijke bodembemonstering plaats vindt en dat de schatting voor andere locaties gemaakt wordt door interpolatie, waarbij de bodemscan als co-variable wordt gebruikt.

2.2.3.5 Verkruimeling zaaibed

Het meten van de mate van verkruimeling van een zaaibed wordt voor onderzoek vanuit een stationaire opstelling met een laserscan uitgevoerd, maar hiervoor zijn geen systemen bekend die op werktuigen werken. In de onderzoekssfeer is ook wel met beeldverwerkingtechnieken geëxperimenteerd.

Een hele praktische oplossing is ontwikkeld door (Scarlett, Lowe and Semple, 1997) op basis van een standaard ultrasone afstandsmeter. De spreiding van de gereflecteerde geluidsgolf is een goede maat voor de mate van verkruimeling.

2.2.3.6 Opbrengstmeting

Op maaidorsers wordt de opbrengst in kaart gebracht door de graanstroom te meten. Dat gebeurt in een aantal systemen door de kracht te meten die de graanstroom bij afbuiging uitoefent op een drukplaat. Er is ook een systeem dat de uitdemping van een gamma stralingsbron bepaald.
Voor bieten en aardappelen wordt gebruik gemaakt van weegcellen onder afvoerkettingen. In beide gevallen is een complicatie dat tarra wordt meegewogen. Mede om deze reden wordt er in onderzoek gewerkt aan systemen op basis van beeldverwerking.

2.2.3.7 Meting biomassa

Naast remote sensing (zie 2.2.3.8) zijn er ook mechanische methoden om biomassa in te schatten. Bekend zijn een methode om de gewashoogte van gras te meten met een plaat. Voor het schatten van de biomassa van gras worden ook wel capacitatieve meters gebruikt.
Een recente ontwikkeling is de pendel van (Ehlert, Hammen and Adamek, 2003). De biomassa wordt afgeleid van de mate waarin een pendel wordt uitgezwaaid als die op een specifieke hoogte door het gewas door een trekker wordt voortbewogen. Een andere belangrijke techniek, remote sensing wordt hierna besproken.

2.2.3.8 Remote sensing

Remote sensing staat letterlijk voor het op afstand meten, maar in de praktijk komt het er op neer om de reflectie van het zonlicht, en soms kunstlicht, van een gewas te meten. Bij remote sensing kan het gaan om twee aspecten;

1) het kennen van de ruimtelijke variabiliteit en
2) het inschatten van de actuele conditie van het gewas.
3) (Remote sensing als techniek voor onkruid herkenning wordt elders besproken.)

Voor het eerste doel zijn opnamen, die het gehele perceel volledig dekken het meest waardevol, en is het tijdstip van beschikbaar komen van de opnamen en een relatie met exacte gewas condities minder kritisch.
Het inschatten van de actuele conditie van het gewas vraagt om directe beschikbaarheid van de meetresultaten en vraagt ook om een goede relatie (ijking) van reflectie naar de gewaseigenschappen, die van belang zijn. Het volledig velddekkend zijn is hier minder kritisch.

Opnamen voor remote-sensing kunnen worden gemaakt vanuit satellieten, vanuit vliegtuigen, vanaf voertuigen (trekkers en werktuigen) of handmatig. De eerste twee vragen om wolkenloze condities, die zich in Noord West Europa niet betrouwbaar voordoen. Vandaar dat op zich succesvolle ervaringen met vliegtuigopnamen zich in de praktijk niet doorzetten.

Een bekende toepassing vanaf trekkers is de Hydro-Agri sensor, die een tweetal stroken van ca. 7.5 m breed aan weerszijden van de trekker meet en als een gemiddelde meetwaarde vastlegt. In de U.S.A. is een variant in de vorm van de GreenSeeker ontwikkeld, die een veel kleiner gebied (1 x 1 m) meet, maar waarvoor meerdere sensoren op een (spuit)boom nodig zijn om een redelijk oppervlak te kunnen meten.
Voor onderzoeksdoeleinden wordt vaak met de cropscan gewerkt, maar dergelijk handwerk zal in de praktijk niet doorzetten.
Het oorspronkelijke doel van remote-sensing is met name het inschatten van de totale hoeveelheid biomassa. Projecten waarin vormen van remote sensing worden toegepast zijn dat van de beleidscommissie remote sensing, dat in Zuidland heeft gelopen, een project dat eind 2004 afloopt in Vredepeel. Door de firma Agrifirm worden experimenten uitgevoerd in brouwgerst.

2.2.3.9 Onkruid herkenning

Bij het herkennen van onkruiden zijn er de volgende benaderingen:
1. Herkenning van onkruiden op basis van vorm
2. Herkenning op basis van reflectie spectrum
3. Een combinatie van vorm en spectrum
4. Herkenning of afleiding van plant positie.

<u>Herkenning op basis van vorm.</u>
Het herkennen van onkruiden op basis van vorm vindt plaats door opnamen van delen van het veld te maken en binnen die opname de individuele planten te isoleren. Van de individuele planten worden de vormkenmerken vastgeld en vergeleken met kenmerken die specifiek zijn voor bepaalde onkruid soorten.
Eén van de methoden is om de contouren via een reeks van punten te beschrijven. (Sogaard and Heisel, 2002).

<u>Herkenning op basis van spectrum.</u>
Herkenning op basis van reflectie vind plaats door met een spectrometer of lijn-camera voorzien van een prisma, een meting van een punt/vlak uit te voeren in meerdere golflengtebanden. Met een 2D camera en een prisma kan in één keer een opname in meerdere spectra van een lijn worden gemaakt. Door de camera voort te bewegen of stilstaand te roteren kan uit meerdere opnames een 2D beeld worden gereconstrueerd. Ook kan voor de lens van een zwart wit 2D camera afwisselend een aantal filters worden gewisseld, waarmee in een keer een 2D opname in een aantal golflengtes ontstaat. (Vioix, Douzals and Truchetet, 2004). Ook kan een kleurencamera worden ingezet waaruit het spectrum wordt afgeleid.
Uit deze spectrale informatie wordt, meestal na een filterende bewerking, afgeleid of er sprake is van onkruiden of cultuurplanten. (Vioix, Douzals and Truchetet, 2004) gebruiken hiervoor neurale netwerken. Het voordeel van het gebruik van lijn of 2D beelden t.o.v vlakwaarneming is

dat de niet relevante informatie kan worden weggelaten en spectrumanalyse op de relevante objecten betrekking heeft.

Combinatie van vorm en spectrum.
Als spectrumanalyse plaats vindt op basis van informatie in 2D vorm kan ook een combinatie van spectrum en vorm gerealiseerd worden (Goretta, et al., 2004).

Herkenning of afleiding van plant positie.
In een benadering waar overal een onkruid bestrijdende bewerking wordt uitgevoerd, behalve daar waar cultuurplanten staan, is de bedoeling om de cultuurplanten te herkennen.
Hiervoor kunnen dezelfde technieken als voor het herkennen van onkruiden worden gebruikt, met als hulpmiddel de kennis, dat cultuurplanten op een rij staan.
Een algoritme ontwikkeld door (Bontsema, Van Asselt and Vermeulen, 2000) maakt gebruik van het gegeven dat cultuurplanten op een specifieke afstand in de rij zijn gezaaid. Op basis van deze kennis wordt uit de onderbreking van een aantal lichtbundels door cultuurplanten en eventuele onkruidplanten de positie van de cultuurplanten afgeleid.

2.2.3.10 Fotosynthese meting
Lichtenergie wordt opgenomen door elektronen en het chlorofyl van bladeren. De elektronen worden in deze toestand zeer beweeglijk en kunnen zorgen voor een elektrisch stroompje dat de fotosynthese bewerkstelligt. Daarnaast ontstaat warmte of wordt licht uitgezonden (fluorescentie). De Fotosynthesemeter meet deze fluorescentie. Eerst wordt de fluorescentie in het omgevingslicht gemeten. Daarna wordt verzadigend licht toegediend, dat de fluorescentie doet stijgen tot zijn maximale waarde. Uit deze twee metingen wordt vervolgens berekend welk deel van het omgevingslicht voor fotosynthese wordt gebruikt, het zgn. fotosynthetisch rendement.
Dit rendement is een goede indicatie voor activiteit van de plant en wordt gebruikt om te controleren of lage doseringen herbiciden effectief hebben gewerkt. Het rendement is dan terug gelopen tot 10-15%.

2.2.3.11 Meten van kwaliteit
Kwaliteit is een belangrijke productie doelstelling en voor een goede sturing hierop is het belangrijk dat het resultaat bepaald kan worden.
Een eenvoudige vorm van kwaliteitsmeting is die van het vochtgehalte van granen. Dit gebeurt in veel gevallen op basis van meting van de elektrische capaciteit.
In maaidorsers en hakselaars wordt ook het eiwitgehalte van graan, respectievelijk ruwvoer gemeten op basis van Near Infra Red. Het vinden van prijstechnisch gunstige instrumenten is anno 2004 nog een probleem.
Het meten van suikergehalte in te oogsten bieten (of suikerriet) is in een experimenteel stadium.
Het meten van de sortering van aardappelen lukt op laboratoriumschaal op basis van beeldverwerking.

2.2.4 Methoden van het specifiek bewerken.

2.2.4.1 Rijpaden systeem

Het strikt aanhouden van rijpaden is een manier om verdichting van de bodem te voorkomen, of beter gezegd, te beperken tot de wielsporen. Als het noodzakelijk is de verdichting in de rijsporen op te heffen kan die bewerking worden beperkt tot de stroken van deze sporen.
Basis van het rijpadensysteem is een nauwkeurige positiebepaling zoals besproken in 2.2.3.1.

2.2.4.2 Plaats specifieke chemische onkruidbestrijding

Het aanpassen van het spuitvolume aan de hand van de rijsnelheid is tegenwoordig standaard, en de moderne regelaars zijn zo aan te sturen dat de dosering per hectare al werkende, handmatig of op basis van een digitale kaart, kan worden bijgesteld.
Het spuitvolume per dop kan buiten de ranges komen die voor die dop een goed spuitbeeld opleveren. Daarom wordt tegenwoordig ook gewerkt met intermitterende spuitdoppen, of met meerdere spuitleidingen aan de boom die stapsgewijs aan en uitgeschakeld worden. De eerste oplossing is ook een basis om over de volle breedte van de spuitboom te variëren met de dosering.

2.2.4.3 Onkruidbestrijding volgens de MHLD methode.

MLHD staat voor Minimum Letale Herbicide Dosering. Aan de hand van de grootte van onkruiden wordt voor de specifieke herbiciden de minimale dosering bepaald, die tot 75% lager kan zijn dan de aanbevolen dosering. Deze lage dosering wordt normaal, uniform over het perceel verspoten. Twee dagen na spuiten worden metingen uitgevoerd met een fotosynthesemeter. Als blijkt dat de activiteit van onkruidplanten niet voldoende is afgenomen wordt een bespuiting herhaald.

2.2.4.4 Mechanische onkruidbestrijding.

De meeste aandacht bij mechanische onkruidbestrijding gaat uit naar het gewas suikerbieten.
Bij mechanische onkruidbestrijding zijn vanuit optiek van precisiebewerkingen twee principes te onderscheiden.
Het eerste is het nauwkeurig geleiden van schoffels voor een bewerking tussen de rijen. Hiervoor wordt in de praktijk gebruik gemaakt van beeldverwerking, waarmee de positie van de gewas rij wordt bepaald. In theorie kan ook RTK GPS worden ingezet, maar hiermee is nog geen praktijkervaring opgedaan.
Tweede principe is het bestrijden van onkruiden in de rij. De basis hiervoor zijn methoden om de positie van de cultuurplanten te herkennen. Dat kan op basis van verschillende vormen van beeldverwerking, met al of niet meenemen van kennis over de plantafstand.
De methoden om selectief in de rij te wieden variëren van een mechanisch ingebracht mes, (Frans systeem), een roterende schijf waaraan messen al of niet geactiveerd worden door het toerental te variëren (Wageningen UR systeem) en een ronddraaiende freeskop, waarvan de

individuele tanden door aanpassen van het toerental in of uit de rij worden gepositioneerd. (systeem van Amazone).

2.2.4.5 Gewasdichtheid afhankelijk spuiten

Naast aansturing op basis van een digitale kaart kan op basis van real-time gemeten gewaseigenschappen (zie 2.2.3.7 en 2.2.3.8) het spuitvolume of bijvoorbeeld de mate van luchtondersteuning worden aangepast.
De mogelijkheid om het te verspuiten volume per oppervlakte eenheid van een constant mengsel van water en gewasbeschermingsmiddel te variëren is beperkt omdat de kans groot is dat er buiten de range van de gebruikte spuitdoppen wordt gewerkt. (Bovendien wordt controle op het toepassen van lage druk om drift te bewerken praktisch onmogelijk).
Een techniek die wordt toegepast is om een spuitboom met twee parallelle leidingen uit te voeren. Door op één leiding doppen te plaatsen die een twee keer zo groot volume kunnen verspuiten als die op de andere leiding is het mogelijk om door middel van aan en uitschakelen bij een constante druk, naast een nul dosering, drie verschillende doseringen toe te dienen. (1, 2, 1+2).
Aanpassen van de dosering van het middel door injectiesystemen is ook mogelijk, maar de tijdconstante tussen moment van injectie en het verlaten van de spuitdop is erg groot (Frost, 1990). Bovendien kan men zich de vraag stellen of bij sterk variërende biomassa's naast volume aan gewasbeschermingsmiddel niet ook het volume aan water moet worden gevarieerd.
In de fruitteelt zijn op experimentele schaal systemen ontwikkeld, die op basis van informatie over de vorm en volume van elke individuele boom, zowel de positie van de spuitdop t.o.v. de boom, als het spuitvolume, als de luchthoeveelheid variëren (Van de Zande, et al., 2001).

2.3 Mogelijke toepassing in de boomteelt.

2.3.1.1 Grondbewerking

Gezien de diepte waarop plantgaten worden aangemaakt lijkt het variëren van de bewerkingsdiepte voor boomteelt niet relevant, net zo min als variatie van bewerkingsintensiteit.

2.3.1.2 Variabel planten

Voor de boomteelt is goed denkbaar dat wanneer er binnen één perceel meerdere boomsoorten en of variëteiten worden aangeplant, de locaties waar die worden geplant worden afgestemd op bodemkaart die volgens een van de genoemde manieren wordt samengesteld.
Als er grote verschillen in de vochtvoorziening binnen een perceel te verwachten zijn, dan is het aan te bevelen om op de drogere plaatsen een ruimere plantafstand te hanteren.

2.3.1.3 Plaats specifiek N-bemesten

Gezien de geldelijke omzet per hectare in de boomteelt, wordt een zorgvuldige stikstofbemesting ingegeven door milieu overwegingen, die binnenkort via regelgeving zal worden afgedwongen. Vooral stikstof huishouding is een lastig te sturen proces, waarbij fouten in een modelmatige benadering over de wat langere perioden die in de boomteelt gelden behoorlijk kunnen oplopen.

Het meten van de stikstof voorziening met remote sensing technieken zoals cropscan of greenseeker lijkt daarom een eerder aangewezen benadering. Er moet wel worden opgemerkt dat voor zover bekend voor bomen geen relaties tussen gemeten reflectie en stikstofvoorziening zijn vastgelegd. De wat specifiekere kleuren van sommige boomsoorten maken het nodig dat elke soort, zo niet variëteit zijn eigen calibratie curve zal moeten hebben.

2.3.1.4 Onkruidbestrijding

Voor chemische onkruidbestrijding biedt het herkennen van onkruiden goede perspectieven omdat de stam van de bomen zich goed onderscheidt van groen omkruid. Vermoedelijk dat apparatuur dat is ontwikkeld voor selectieve bestijding op bestratingen met enige aanpassingen goed is in te zetten.
Bestrijding tussen de rijen kan nauwkeurig met vormen van rechtgeleiding. GPS zal onder natte omstandigheden wat problemen opleveren in geval van hoge bomen, maar beeldverwerkingtechnieken of andere methoden uit de "field Robot" wereld kunnen dit compenseren. Methoden van mechanische onkruidbestrijding in de rij zoals die zijn beschreven zijn in principe goed toe te passen, waarbij de Wageningse constructie alleen toepasbaar is bij kleine struikjes of planten en niet bij grote laanbomen.

2.3.1.5 Ziekten en plagen.

Het PreciSpray principe om spuitvolume aan te passen aan de structuur van de boom biedt goede mogelijkheden voor middelen besparing. Het inmeten van de boomstructuur door middel van luchtfotografie zal gezien de plantdichtheid niet voldoende onderscheidend zijn. Het Lidar principe, of vormen van beeldverwerking kunnen worden toegepast om de boomstructuur te karakteriseren.

2.3.1.6 Oogsten.

Opbrengstmeting tijdens de oogst van bomen lijkt in eerste instantie niet erg relevant omdat er vanaf dan niet meer te sturen is. De waarde hiervan is, los van een goede omschrijving van de boom voor de klant, de terugkoppeling naar in het verleden uitgevoerde teelthandelingen. De kennis over de teelt wordt hiermee op basis van kwantitatieve gegevens verbeterd. Een techniek voor opbrengstmeting van bomen zou het wegen kunnen zijn, maar omvang van de wortelkluit speelt hierin een probleem.
De onder ziekten en plagen genoemde technieken om de boomstructuur te karakteriseren kunnen hiervoor worden gebruikt. Deze bieden ook een goede mogelijkheid om al in veel eerdere stadia van de teelt een terugkoppeling te realiseren.

2.4 Conclusies

Variabel planten, plaats specifieke stikstof bemesting, precisie onkruid bestrijding, precisie bespuiting voor gewasbescherming en karakteriseren van de boomstructuur tijdens de ontwikkeling lijken toepassingen uit precisielandbouw die kunnen bijdragen aan een duurzame boomteelt.

Omdat technieken zijn ontwikkeld voor akkerbouw zal ontwikkeling en ondersteunend onderzoek noodzakelijk zijn. Hierbij kan een gedetailleerdere literatuurstudie naar technieken uit de (buitenlandse) fruitteelt en wijnbouw mogelijk nieuwe aanwijzingen opleveren.

3 Geavanceerde mechanisatiesystemen in de land- en tuinbouw.

3.1 Inleiding

In dit hoofstuk wordt door middel van een quickscan een inventarisatie gegeven van geavanceerde mechanisatie in de land- en tuinbouw. Dit hoofdstuk is niet volledig en de nadruk is gelegd op die technieken die ook interessant voor de boomteelt zouden kunnen zijn. Met geavanceerde mechanisatie wordt hier in grote lijnen bedoeld het werk van mensen te vervangen door machines met een zekere intelligentie. In de volgende paragrafen worden achtereenvolgens robotisering, mobiele teeltsystemen, geavanceerde mechanische onkruidbestrijding en autonome voertuigen behandeld.

3.2 Robotisering

Bij robotisering kan men onderscheid maken tussen industriële automatisering en wat men zou kunnen noemen bio-robotisering. De industriële automatisering kenmerkt zich door 'eenvoudige handelingen', weinig flexibiliteit ten aanzien van variatie in objecten en werkomgeving, weinig gebruik van sensoren, weinig 'intelligentie' en veelal mechanische oplossingen.



Figuur 3.2.1. Enkele voorbeelden van industriële robotisering.

Uit figuur 3.2.1 is te zien dat ook in de tuinbouwsector de industriële automatisering is opgerukt, bijv. voor oppotten. Kijkt men goed naar dit systeem, dat is het duidelijk waarom dit met industriële robotisering is op te lossen. De pot is eenduidig en daarop wordt de hele handeling op gericht. Met de plant wordt weinig tot niets gedaan. Het merendeel van de huidige 750.000 wereldwijd in gebruik zijnde robots is actief bij assemblage van auto's, constructies en consumentenelektronica, d.w.z. een goed gedefinieerde taak in een goed gedefinieerde omgeving. Zelfs de melkrobot moet men tot de industriële robotisering rekenen. Voor een impressie zie figuur 3.2.2.



Figuur 3.2.2. Melkrobot.

De koe wordt min of meer gefixeerd en men weet dan ongeveer waar de uier en de spenen zijn. Omdat de koe nog enigszins kan bewegen en niet iedere koe hetzelfde is, worden er wel sensoren gebruikt om de exacte locatie van de spenen te vinden. Het melkstel wordt vervolgens met een industriële robotarm naar de uier gebracht. Koeien die niet geschikt zijn voor een melkrobot, bijvoorbeeld omdat ze niet spontaan naar de robot toegaan of omdat hun uier of spenen niet geschikt zijn, worden uit de kudde verwijderd.
De bio-robotisering kenmerkt zich door meerdere complexe handelingen, flexibiliteit t.a.v. variatie in objecten of werkomgeving, veel sensoren, veel 'intelligentie' en de oplossing is mix van mechanica en elektronica (mechatronica).
Als voorbeeld voor variatie in objecten of werkomgeving kijken we naar de rozenteelt:



Figuur 3.2.3. Teelt van rozen op bedden (links) en teelt van rozen in individuele potten op mobiele goten (rechts).

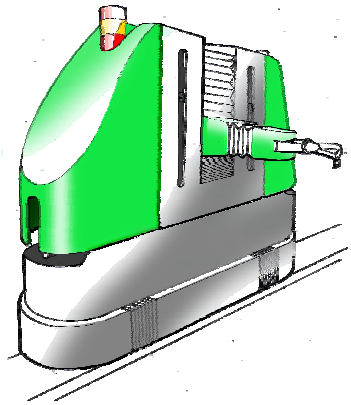
In het linkse systeem is de werkomgeving voor een robot zeer complex en zeer gevarieerd. Uit deze complexe en onoverzichtelijke omgeving moet de robot instaat zijn om één individuele roos te vinden, op rijpheid te beoordelen en te plukken. In het rechtse systeem hoeft de robot zich geen zorgen te maken over de omgeving, de omgeving wordt nu beperkt tot één plant, die per pot nog steeds behoorlijk kunnen variëren. De behoefte aan bijvoorbeeld goede visionsystemen blijft daarom ook in het rechtse systeem bestaan.
Een aantal voorbeelden van in het Nederlandse onderzoek ontwikkelde robots zijn weergegeven in figuur 3.2.4.





Figuur 3.2.4. Een oogstrobot voor komkommers (links) en een bladplukrobot voor een hoge draad komkommerteelt (rechts).

Beide robots zijn ontwikkeld door Agrotechnology and Food Innovations B.V. in Wageningen. Voor details zie (van Henten, et al., 2002; Van Henten, et al., 2003). Soortgelijke ontwikkelingen zijn er ook bekend uit andere landen en vooral uit Japan. Uitgebreide veldproeven onder (semi-) praktijkomstandigheden zijn alleen beschreven in (Van Henten, et al., 2003). In (Hayashi, et al., 2002) wordt weliswaar een proef met uitkomsten beschreven, maar de proef in alleen in het laboratorium uitgevoerd.
In Nederland zijn er momenteel een tweetal commerciële ontwikkelingstrajecten voor een volledig autonome robot in de glastuinbouw. Één voor het bladplukken bij de teelt van tomaten en één voor het oogsten van rozen. Het interessante aan beide ontwikkelingstrajecten is dat het grootste gedeelte van het risicodragend kapitaal voor de ontwikkeling van de robots is opgebracht door telers, die in ruil daarvoor aandelen hebben gekregen in het consortium, die de ontwikkeling uitvoert. Het consortium voor de bladbreekrobot bestaat uit Priva B.V., Berg Products en telers, het consortium voor de rozenplukrobot bestaat uit Jentjes B.V., Agrotechnology and Food Innovations B.V. en telers. Een impressie van beide trajecten is gegeven in :





Figuur 3.2.5. Tomatenbladplukrobot (links) en rozenplukrobot (rechts).

Een commercieel verkrijgbare robot voor het maken van rozenstek is de Rombomatic, weergegeven in figuur 3.2.6.



Figuur 3.2.6.. De Rombomatic, een rozenstekrobot.

De robot is niet volledig autonoom, er zijn mensen nodig om de individuele rozentakken vanuit een bundel in te hangen in de invoerlijn van de robot. Vervolgens gaat alles automatisch, de tak wordt beoordeeld op hoeveel stekjes eruit gemaakt kunnen worden en wat de snijpunten zijn. Vervolgens wordt automatisch de stek gemaakt, voorzien van stekpoeder en in een potje gepoot. De Rombomatic wordt gemaakt door Machinefabriek Jentjes.

3.3 Mobiele teeltsystemen

In de sierteelt onder glas zijn er naast de gangbare roltafels (figuur 3.3.1), momenteel een aantal interessante ontwikkelingen, voornamelijk gebaseerd om de logistiek in de kas eenvoudiger te maken en de arbeid efficiënter. Bij rozen en gerbera's zijn er nu mobiele teeltsystemen (figuur 3.3.2. en 3.3.3), waarbij of containers of hele goten zich voortdurend door de kas bewegen. De planten worden voor de verzorging (snoeien en oogsten van bloemen) nu naar een werkplek gebracht in plaats dat een medewerker langs alle planten loopt. Dit levert een aanzienlijke arbeidsbesparing op (tot 15%), verdere voordelen zijn dat men betere werkomstandigheden kan creëren, geconditioneerde gewasbescherming is mogelijk en de geoogste producten kunnen sneller getransporteerd worden naar de verwerkingeenheden, wat leidt tot een hogere kwaliteit.



Figuur 3.3.1. Roltafels.



Figuur 3.3.2. Mobiele rozen.



Figuur 3.3.3. Mobiele gerbera's.

Bij bepaalde potplanten, zoals ficussen is het gedurende de teelt noodzakelijk om de planten wijder te zetten. In het walking plant system (WPS Hortisystems, De Lier), zie figuur 3.3.4. is de hele teelt na het oppotten tot het inhoezen volledig geautomatiseerd. De potten met planten staan in goten, waarin zich een lopende band bevindt. Op de kopse zijde van de goten aan het middenpad bevindt zich ook een centrale lopende band. In het middenpad loopt een shuttle, die van iedere goot de lopende band kan laten bewegen met een variabele snelheid. De potten worden bijvoorbeeld uit een goot op de centrale band getransporteerd en vervolgend in een andere goot teruggezet met meer afstand tussen de potten.



Figuur 3.3.4. Het Walking Plant System.

3.4 Geavanceerde mechanische onkruidbestrijding

3.4.1 Onkruidbestrijding tussen de rijen

Mechanische onkruidbestrijding tussen de rijen gebeurt onder andere met schoffelmachines. Om goed en efficiënt te kunnen werken dient de chauffeur nauwkeurig te sturen bij een redelijke

snelheid. Dit is belastend werk en ook niet goed mogelijk. Om het gewas niet te beschadigen wordt daarom niet de vollen breedte van de ruimte tussen de rijen bewerkt. De afgelopen jaren zijn er enkele aanpassingen aan schoffelmachines op de markt gekomen waardoor het mogelijk is met een redelijke snelheid dicht langs de gewas rijen te schoffelen. Deze schoffelmachines hebben mechanismen aan boord om de nauwkeurig te positie van de rij te bepalen en vervolgens de positie van de schoffelmachine aan te passen. De Mutsaerts QI, geleverd door Homburg Machinehandel in Stiens, maakt gebruik van een vizier die de chauffeur van de tractor op de rij houdt, de machine past zijn positie aan op de veranderingen van de stand van het vizier (figuur 3.4.1.). De Rosko schoffelmachine (Dijk Innovatie) corrigeert automatisch, doordat er geleiders langs de gewasrij lopen, die ervoor zorgen dat de schoffelelementen de rij volgen, figuur 3.4.2, zie ook (Sikken, 2003). Zowel de Ecodan (Steketee), figuur 3.4.3. en de Garford, figuur 3.4.4. gebruiken een camerasysteem om de rij te volgen en met die informatie de schoffelmachine bij te sturen.



Figuur 3.4.1. Mutsaerts QI300.



Figuur 3.4.2. Rosko schoffelmachine.



Figuur 3.4.3. Ecodan.



Figuur 3.4.4. Garford.

3.4.2 Onkruidbestrijding in de rijen

Voor de onkruidbestrijding in de rij bij rijenteelten zijn nog niet zo lang oplossingen voorhanden. Er zijn twee groepen van oplossingen te onderscheiden. De eerste groep maakt gebruik van het feit dat het cultuurgewas sterker is dan onkruid, de tweede groep bepaalt waar het cultuurgewas staat en zorgt ervoor, dat daar niet wordt geschoffeld.
In de eerste groep heeft men onder andere vingerwieders (zie figuur 3.4.5), torsiewieders, etc. Daarnaast zijn er ook machines die bijvoorbeeld met perslucht het onkruid ontwortelen (figuur 3.4.6.)



Figuur 3.4.5. Vingerwieder.



Figuur 3.4.6. Pneumat.

In de tweede groep zijn er nog niet veel oplossingen. Voor bijvoorbeeld slateelt is er een machine van Radis, Frankrijk, die door middel van lichtcellen bepaald waar de cultuurplant staat. Een pneumatisch aangedreven schoffel gaat in en uit de rij, afhankelijk of niet of wel een cultuurplant is gedetecteerd. Indien er tussen twee cultuurplanten een grote onkruid staat (bijv. een opslag aardappel), dan wordt deze niet weggeschoffeld. Bij deze machine wordt alleen gedetecteerd op een behaalde hoogte en breedte. De machine wordt geïmporteerd door Inventicon B.V., Schagen. (zie figuur 3.4.7).
Een ander ontwerp is afkomstig van Wageningen Universiteit (Bontsema, Van Asselt and Groot, 2002) . Ook hier wordt door middel van een lichtsluis de cultuurplanten gedetecteerd, maar het gemeten signaal ondergaat een bepaalde bewerking waardoor onkruid, wat tussen twee cultuurplanten staat, in principe wordt weggeschoffeld. Het is verder zo, dat de breedte van de cultuurplant niet al te belangrijk is. Ook de onderlinge afstand tussen de planten hoeft niet constant te zijn. Het schoffelen gebeurt met messen, die aan een roterende schijf zijn bevestigd. Door het toerental te variëren kunnen de messen zeer snel in- en uitklappen, zie figuur 3.4.8. Deze methode wordt door Inventicion B.V. doorontwikkeld en op de markt gebracht. De roterende schoffel wordt daarbij vervangen door een schoffel, die in en uit de rij gaat.



Figuur 3.4.7. Schoffelmachine Radis.



Figuur 3.4.8. Schoffelement WU.

3.5 Autonome voertuigen

Voor autonome voertuigen kan men onderscheid maken in de verschillende afmetingen van de voertuigen (Bakker, 2003):

- Autonome voertuigen gebaseerd op conventionele landbouwvoertuigen
- Kleine autonome portaalvoertuigen
- Minivoertuigen ter grootte van het gewas

3.5.1 Autonome voertuigen gebaseerd op conventionele landbouwvoertuigen

Traditionele tractors kunnen zo worden aangepast, dat ze autonoom op het veld kunnen bewegen. Het voordeel van het gebruik van een traditionele tractor is dat men geen speciale werktuigen nodig heeft.
In figuur 3.5.1. worden enkele voorbeelden van autonome tractoren getoond.



Figuur 3.5.1. De John Deere autonome boomgaard tractor (links) en de Hakotractor met een AGRO NAV automatisch besturingssysteem.

De tractor van John Deere is ontwikkeld in samenwerking met Autonomous Solutions Inc. Het laatste bedrijf houdt zich voornamelijk bezig met militaire toepassingen. De Hakotractor wordt gebruikt door de Universiteit van Kopenhagen. Het AGRO NAV besturingssysteem is van Geo-

Tec. Dit zelfde besturingssysteem is toegepast op een Fendt 916 tractor, in gebruik bij Korteweg, een biologische boer uit Zevenbergen (Figuur 3.5.2.). Bij Korteweg wordt het systeem gebruikt om de tractor goed op een zogenaamd rijpadensysteem te houden.



Figuur 3.5.2. Fendt 916 tractor, uitgerust met een AGRO NAV besturingssysteem.

3.5.2 Kleine autonome portaalvoertuigen

Recentelijk zijn er een aantal ontwikkelingen van kleinere voertuigen geweest, die autonoom, lichtere werkzaamheden kunnen uitvoeren, zoals bijvoorbeeld schoffelen.
In figuur 3.5.3. zijn twee buitenlandse voorbeelden weergegeven.



Figuur 3.5.3. Voertuig ontwikkeld door Silsoe Research Institute (SRI), UK (links) en voertuig (API) ontwikkeld door de Technische Universiteit in Alborg, Denemarken (rechts).

Het voertuig van SRI wordt aangedreven door een dieselmotor, die op zijn beurt twee hydraulische motoren voor de voorwielen aandrijft. Het voertuig wordt bestuurd, door de onderlinge snelheid van de voorwielen te variëren. Het voertuig uit Alborg wordt elektrisch aangedreven en gestuurd. Het voertuig is vierwiel aangedreven en vierwiel gestuurd. Het Deense voertuig is eigenlijk alleen geschikt als inspectievoertuig, er is te weinig vermogen om bijvoorbeeld te kunnen schoffelen.
In Nederland is door JOZ, in samenwerking met Agrotechnology and Food Innovations B.V., ook een autonoom voertuig ontwikkeld, het zogenaamde Automaatje, dat inmiddels door JOZ

commercieel op de markt wordt gebracht. In het Nederlandse onderzoek wordt door Wageningen Universiteit, in samenwerking met Agrotechnology and Food Innovations B.V een autonome wiedrobot ontwikkeld. Beide voertuigen worden getoond in figuur 3.5.4.



Figuur 3.5.4. Het Automaatje van JOZ (links) en de wiedrobot van Wageningen Universiteit (rechts).

3.5.3 Minivoertuigen ter grootte van het gewas

In sommige gevallen wil je niet over het gewas heenrijden, omdat je voertuig dan te hoog wordt. Een voorbeeld is bijvoorbeeld het schoffelen in een veld met kerstbomen. Je wilt dan liever een voertuig(je), die onder de bomen doorkan. Een commercieel voorbeeld is de grasmaaier van Husqvarna. De grasmaaier blijft binnen het perceel, door middel van een draad, die om het perceel in de grond ligt. Verder wordt een simpele algoritme gebruikt om te zorgen dat de grasmaaier uiteindelijk het hele perceel maait. Een voorbeeld uit het onderzoek is de Cropscout®, ontwikkeld door Agrotechnology and Food Innovations B.V..



Figuur 3.5.5. De cropscout (links) en het maisveld (rechts) waar de cropscout tussen de rijen door navigeert.

De cropscout is uitgerust met meerdere soorten sensoren, omdat blijkt dat de zogenaamde één sensor optie te vaak faalt. De cropscout heeft de field robot event 2004, georganiseerd door Wageningen Universiteit gewonnen. Interessant is om op te merken, dat de besturing en de beeldverwerking gebeurde op een zogenaamde PDA, een minicomputer.

3.6 Toepassing in de boomteelt

3.6.1 Robotisering

Robots kunnen ingezet worden bij snoeien, dit gebeurt al in de praktijk, o.a. bij buxus en laurierboom. Met kan denken aan stekmachines analoog aan de Rombomatic of bijvoorbeeld aan stoksteekmachines. Bij de laanbomen kan men denken aan bijvoorbeeld machines voor het aanbinden van bomen (hier is onderzoek naar gedaan). Ook het oogsten zou geautomatiseerd kunnen worden. Van belang hierbij is dat niet zozeer de oplossingen uit andere sectoren direct worden overgenomen, maar dat de kennis en ideeën in de boomteelt worden toegepast.

3.6.2 Mobiele teeltsystemen

In de boomteelt kunnen mobiele teeltsystemen worden toegepast voor bijvoorbeeld de container teelt. Van belang hierbij is dat men op een evenwichtige manier arbeid gaat besparen.

3.6.3 Geavanceerde mechanische onkruidbestrijding

De methodes uit de akkerbouw kunnen in principe, misschien met enkele aanpassingen, in bepaalde delen van de boomteelt worden toegepast, zie ook (Sikken, 2003).

3.6.4 Autonome voertuigen

Autonome voertuigen in allerlei vormen kunnen op dezelfde manier worden toegepast als in de akkerbouw.

4 Identificatietechnieken in de veehouderij: beschrijving, voorkomen, gebruikersaspecten en ervaringen.

4.1 Inleiding.

Ieder rund in de Europese Unie (EU) is verplicht om twee oormerken te dragen. Eigen bedrijfsgegevens zoals vriesbranden, transponder, tatoeage etc. kunnen identificatie & registratie gegevens (I&R) ondersteunen. In de melkveehouderij zijn volgens de huidige I&R- regeling al twee identificatieoormerken verplicht. In 2006 geldt dit ook voor schapen en geiten.
Dit overzicht geeft een beeld van anno 2004 gebruikte identificatiemiddelen voor rundvee, schapen en geiten. Met identificatiemiddelen worden die identificatiemiddelen bedoelt, die of direct door de mens zijn 'af te lezen' of indirect door middel van elektronische apparatuur zijn 'uit te lezen'. Daarbij zijn de volgende aspecten geïnventariseerd:

- Methode (technische beschrijving en beeldmateriaal)
- Gebruiksintensiteit (mate van voorkomen)
- Functioneel technische zaken
- Gebruikservaringen
- Standaardisatie en validatie

4.2 Identificatiemethoden.

De identificatiemethoden kunnen worden ingedeeld in optische en elektronische methoden. Optische methoden zijn identificatiemethoden die direct door de mens met de ogen zijn 'af te lezen'. Dit kunnen zichtbare nummers of tekens zijn of methoden die gebruik maken van biometrische kenmerken van het dier. Deze biometrische kenmerken kunnen door optische technieken (b.v. een camerasysteem) opgenomen worden waarna deze door een computersysteem naar numerieke kenmerken vertaalt worden.
Elektronische methoden zijn methoden waarbij een informatiedrager (b.v. een chip) een elektronische identificatiecode bevat. Deze code is alleen door elektronische apparatuur "uit te lezen".

4.2.1 Optisch.

4.2.1.1 Nummers en barcodes op oormerken

Ieder rund in de EU is verplicht om twee oormerken te dragen met daarop een unieke Identificatie Code (ID-code). In Nederland vinden deze regelingen hun basis in de ministeriële regeling van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV), (NN, 2000).



uitgifte vanaf juli 1999 (aangepast aan de EG-richtlijn)
ID-code = NL 123 456 814
levensnummer = 123 456 814
werknummer = 5681
III II I IIII II = barcode

Figuur 4.2.1. Gele oormerken voor runderen (NN, 2000).

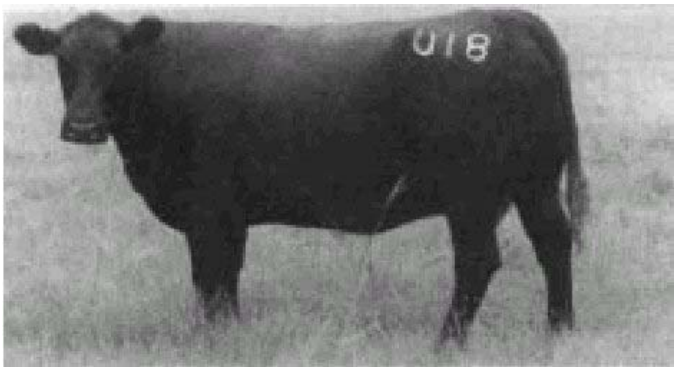
Bij runderen worden de oormerken door het oor aangebracht met een speciale tang. De ID-code op de oormerken bestaat uit een landcode plus een uniek levensnummer (zie figuur 4.2.1). De ID-code wordt ook als barcode op het oormerk weergegeven. De barcode kan door geschikte handapparatuur automatisch uitgelezen worden. Voor Nederland worden alle gegevens in één centrale database bijgehouden. Vier cijfers van het nummer op het oormerk worden in een groot lettertype weergegeven. De veehouder kan dit werknummer gebruiken om zijn eigen koeien snel te herkennen. Er zijn diverse modellen en lay-outs, deze voldoen aan de EU-eisen en ze komen zoveel mogelijk tegemoet aan de wensen van de veehouders.

4.2.1.2 Halsband

Melkkoeien dragen vaak een halsband met op afstand afleesbare nummers. Een halsband wordt veel in combinatie met een transponder gebruikt. Onder het kopje "halsbanden" wordt verder ingegaan op het gebruik van halsbanden.

4.2.1.3 Vriesbranden

Bij vriesbranden worden de pigmentcellen in de huid door een koelvloeistof afgebroken en verschijnen er na verloop van tijd witte haren op de behandelde plaats. Bij het aanbrengen van het vriesbrandmerk op jonge leeftijd neemt de grootte van het merk met de leeftijd toe. Een voorbeeld van vriesbrand kenmerken wordt in figuur 4.2.2 getoond.



Figuur 4.2.2. Op afstand afleesbare nummer aangebracht d.m.v. vriesbranden.

4.2.2 Elektronisch.

Normaliter worden transponders in elektronische identificatie middelen (EIM) toegepast. Een transponder bevat een chip waarin een unieke identificatiecode is weggeschreven. Daarnaast bevat de transponder een zend- en ontvangstantenne. Door een uitleesapparaat wordt de transponder voorzien van energie, de transponder zelf heeft dus geen eigen energiebron, en geactiveerd, waarna de ID-code wordt teruggezonden door de zendantenne. De ID-code kan dan door een uitleesapparaat gelezen worden. De transponders werken door middel van de Radio Frequency Identification techniek (RFID). De communicatie tussen transponder en reader kan zowel half-duplex (HDX) als full-duplex (FDX) zijn. ISO standaarden (ISO 11784 en ISO 11785) leggen vast hoe gecommuniceerd wordt tussen EIM en reader. Voor het automatisch uitlezen bestaan handreaders en statische uitleesapparatuur. De EIM kunnen op verschillende manier aan het dier gekoppeld worden. RFID heeft als voordeel dat geen 'zichtcontact' nodig is voor identificatie. Radiosignalen dringen namelijk door niet-geleidende materialen als asfalt, hout, cement, kunststof e.d. heen. Ook vuil en vet hebben geen invloed op de leesbaarheid.
De bekende methoden gebruikt voor dieridentificatie zijn: halsband, oormerken, maagbolus en injectaten.

4.2.2.1 Halsband

In de veehouderij voorziet men melkkoeien vaak van een halsband met transponder (figuur 4.2.3). Hierdoor wordt een basis gecreëerd voor optimale begeleiding van het dier. Zo kan worden overgegaan op geprogrammeerde en automatische, individuele verstrekking van krachtvoer (automatisch uitlezen bij de voerbak) en bijvoorbeeld een individuele melkgiftregistratie. Identificatie door een halsband is niet als fraudebestendig te beschouwen omdat de halsband makkelijk uit te wisselen is.

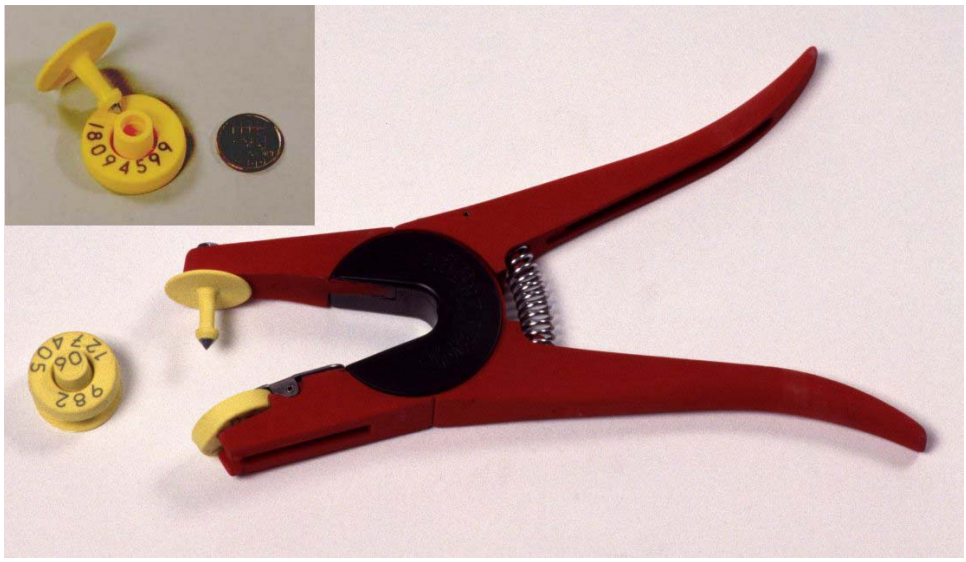


Figuur 4.2.3. Halsband met transponder.

4.2.2.2 Elektronische oormerken

Elektronische oormerken bevatten een transponder en zijn additioneel van een afleesbaar nummer voorzien. Zoals de gangbare oormerken worden de elektronische oormerken met een

speciale tang door het oor aangebracht. Figuur 4.2.4 toont een elektronisch oormerk en een aanbrengtang.



Figuur 4.2.4. Elektronisch oormerk en aanbrengtang.

4.2.2.3 Maagbolus

In de maagbolus zit een transponder opgesloten. Het werkprincipe is verder gelijk aan dat van andere elektronische identificatiemiddelen. Figuur 4.2.5 toont verschillende typen van maagbolussen. De verschillen zitten in het totaalgewicht, de dichtheid en het wel of niet voorhanden zijn van een zwaar en een licht eind aan de bolus. De bolus wordt door de bek ingebracht in de netmaag van het rund.



Figuur 4.2.5. Verschillende typen van maagbolussen.

4.2.2.4 Injectaat

Injectaten kunnen bij het rund door een injector b.v. in het kraakbeen van het oor worden ingebracht. Injectaten worden veel gebruikt voor het labelen van huisdieren (honden en katten) en zijn in diverse afmetingen verkrijgbaar.



Figuur 4.2.6. Inbrengen van het injectaat.

4.2.2.5 Uitlezers.

Bij de invoering van een elektronisch oormerknummer bij landbouwhuisdieren wordt het mogelijk de I&R nummers zonder menselijke interventie automatisch uit te lezen. De uitgelezen nummers kunnen vervolgens worden gebruik voor de procesbesturing op het veehouderijbedrijf, het bedrijfsmanagement van het bedrijf en koppeling van registratiegegevens naar een I&R database. Voor een praktische bruikbaarheid van dergelijke systemen is het noodzakelijk dat er een hoge uitleesbetrouwbaarheid is. Daarnaast moeten er routines of systemen beschikbaar zijn waarmee niet herkende dieren worden afgezonderd, aangemerkt of tegengehouden. Er kunnen bij deze niet herkende dieren dan gepaste maatregelen worden genomen zodat deze dieren weer worden voorzien van een identiteit.
In het IDEA project werd ervaring opgedaan met het toepassen van stationaire reader opstellingen bij het uitlezen van I&R oormerken.
Het onderzoek richtte zich voornamelijk op identificatie bij het slachtproces. Voor toepassing bij het transport is er uitgegaan van een transportable stationaire reader unit die met een vrachtwagen kan worden meegenomen. Bij het inladen van de dieren op veehouderijbedrijven en verzamelplaatsen kan een dergelijke unit worden toegepast. Bij de slachthuizen wordt er uitgegaan van plaatsing van een permanente reader. Omdat op de veehouderij bedrijven over het algemeen steeds kleine groepjes dieren worden afgeleverd is er besloten om de uitlezingen op verzamelplaatsen en slachthuizen te doen plaatsvinden.

Er staan in de slachtlijn op verschillende plaatsen elektrotechnische installaties die de uitleesperformance van de reader negatief kunnen beïnvloeden. Hier moet bij de installatie van de apparatuur rekening mee worden gehouden.
Bij de transponder is het vanuit het dierwelzijn aspect wenselijk dat een transponder compact en licht is. Voor de elektronische performance is het echter wenselijk dat een transponder zo groot mogelijk is. Tevens is het gewenst dat er een flinke spoel in de transponder zit waardoor de transponder zwaarder wordt.
De performance van de stationaire uitleesapparatuur is sterk afhankelijk van de performance van de oormerken. Als de oormerken maar een gering elektromagnetisch veld op kunnen wekken dan is de afstand waarop de informatie kan worden uitgelezen gering.
De uitleeskwaliteit van de reader/transponders is een combinatie van de kwaliteit van de reader en de kwaliteit van de transponder.

4.3 Gebruiksintensiteit en gebruikservaringen

4.3.1 Optische identificatiemethoden

4.3.1.1 Oormerken

Na enige weerstand bij de introductie van de oormerken is het systeem door het grootste deel van de veehouders nu geaccepteerd. Veelal wordt alleen het werknummer door de veehouder gebruikt voor de identificatie van het dier. Het verlies van de oormerken heeft zich gestabiliseerd door de jaren heen. Dit komt deels door de grotere ervaring van de veehouders met betrekking tot de plaats van inbrengen en anderzijds hebben fabrikanten van oormerken hun producten ook verbeterd.

4.3.1.2 Halsbanden

Halsbanden worden gebruikt als hulpmiddel om een transponder en/of nummer van een dier aan te bevestigen. Het verlies en vervanging van halsbanden wordt ingeschat op zo'n 10 % per jaar.

4.3.1.3 Vriesbranden

Uit een oriënterend onderzoek bij veehouders blijkt dat in Nederland ruim 15 procent van de bedrijven vriesbranden als identificatiemethode toepast. Hierbij gaat het vooral om de grote melkveebedrijven.

4.3.2 Elektronische identificatiemiddelen

4.3.2.1 Het IDEA project

In een grootschalige praktijkproef 'IDEA' genaamd (**ID**entification **E**lectronique des **A**nimaux), zijn totaal in de EU circa één miljoen dieren uitgerust met elektronische identificatiemiddelen. Het IDEA-project omvat grootschalige proeven met transponders bij runderen, schapen en geiten in Nederland, Duitsland, Frankrijk, Italië, Spanje en Portugal. Bij runderen zijn drie methodes getest: het injectaat in het kraakbeen van het oor, het oormerk waarin een chip zit

opgesloten en de bolus, waarin een chip zit opgesloten, via een sonde ingebracht in de netmaag. In Nederland werkten ca. 400 melkvee-, vleesvee-, en zoogkoeienbedrijven mee waar in totaal 34.000 oormerken, 34.000 bolussen en 12.000 injectaten zijn getest. Het doel van het IDEA project was om de bruikbaarheid van elektronische identificatie van runderen te testen als systeem om automatisch dieren te identificeren en te traceren.
De resultaten uit het grootschalige project zijn erg positief. De verwachting van de deelnemende partijen is, dat de volgende stap de EU-brede implementatie van een elektronisch dieridentificatie systeem is.
Fabrikanten van elektronische oormerken zijn in staat oormerken te maken die voldoende fraudebestendig zijn.
Bij gebruik van een bolus of injectaat is een extern oormerk nodig om, in situaties waarin elektronisch aflezen niet gaat, de identiteit van het dier altijd vast te kunnen stellen.
Injectaten raken in het slachtproces beschadigd, waardoor de injectaten niet meer elektronisch uit te lezen zijn.
Alleen de elektronische oormerken kunnen probleemloos bij 100% van de dieren op jonge leeftijd worden aangebracht. De mogelijkheid om het identificatiemiddel handmatig af te kunnen lezen in situaties waarin elektronisch aflezen niet gaat is een groot voordeel van de elektronische oormerken. De identificatie met elektronische oormerken sluit goed aan bij de huidige identificatiepraktijk.
De gebruikservaringen binnen het IDEA project, ingedeeld naar de verschillenden typen van EIM worden in de volgende hoofdstukken samengevat. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de gedetailleerde eindrapporten over het project (Smits, et al., 2002).

4.3.2.2 Elektronische oormerken

Oormerken met transponders gaven geen problemen met het aanbrengen, tenslotte brengen de veehouders al jaren de I&R oormerken zelf bij hun dieren aan. De oormerken zijn in de slachtlijn gemakkelijk te verwijderen en uit te lezen en vragen geen extra werk. Het uitlezen van oormerken met transponders op de veebedrijven en slachterijen gaat goed, het is bekend waar deze middelen in het dier zitten.

4.3.2.3 Maagbolussen

Het inbrengen van bolussen gaat de meeste veehouders goed af. Het is een aantal keren voorgekomen dat een bolus in de slokdarm bleef steken en dat een dierenarts er aan te pas moest komen om de bolus in de pens te brengen. Het verlies van de bolussen is beperkt, circa 1%. Het terugwinnen van bolussen in de kalverenslachterijen is goed uit te voeren, maar vraagt een aantal extra handelingen bij de verwerking van de magen. Bij de grote runderen worden de pensen steeds minder verwerkt en komen de bolussen in het destructie proces terecht. In hoeverre ze daar problemen opleveren is nog niet bekend.

4.3.2.4 Injectaten

Het inbrengen van injectaten bij jonge kalveren door veehouders blijkt in de praktijk moeizaam te gaan. Bij jonge kalveren, zijn twee personen nodig om een injectaat correct aan te brengen. In de eerste weken gaat circa 4% van de ingebrachte injectaten verloren. Het is niet geheel duidelijk waardoor dit wordt veroorzaakt. Het terugwinnen van de injectaten in het slachthuis is problematisch. Enerzijds komt dit doordat het injectaat op een onbekende plek in het oor zit, anderzijds kan door het te diep inbrengen het injectaat zich buiten het oor bevinden. Het uitlezen van injectaten op de veebedrijven en slachterijen gaat goed.

4.4 Standaardisatie

4.4.1 ISO standard voor Animal Identification

Begin jaren 90 was men ervan overtuigd dat de elektronische identificatie voor dieren een grote vlucht zou nemen. De verwachting was dat binnen enkele jaren alle dieren zouden zijn voorzien van een elektronisch identificatie middel. Op dat moment waren er al enkele verschillende systemen in omloop en in enkele landen werd er dan ook terecht geconstateerd dat men er voor moest waken dat er een wildgroei van verschillende technieken zou ontstaan. Een en ander zou tot gevolg kunnen hebben dat iedere groep dieren met een eigen identificatie systeem zou worden uitgerust en dat elke organisatie zijn eigen type uitleesapparatuur zou hebben. Dit zou betekenen dat bijvoorbeeld dierenartsen in het ongunstigste geval een groot aantal verschillende readers beschikbaar zouden moeten hebben om al de verschillende technologieën te kunnen lezen. Er werd daarom besloten een ISO standaardisatie commissie Animal Identification in het leven te roepen. De opdracht van deze commissie was standaarden af te spreken voor de elektronische identificatie van alle dieren (landbouwhuisdieren, huisdieren, wild life, vissen enzovoort).
De verwachtingen met betrekking tot de toepassing van elektronische identificatie bleken nadien wat overtrokken, want de elektronische identificatie van dieren wordt op dit moment alleen breed toegepast bij huisdieren en de verwachting is dat pas tegen het eind van dit decennium in een groot aantal landen ook de landbouwhuisdieren zullen zijn voorzien van elektronische identificatie middelen. Het voordeel van de voortvarendheid destijds is geweest dat er in 1996 twee ISO standaarden voor animal identification zijn gepubliceerd en dat daarmee is de wildgroei van verschillende systemen voorkomen.

4.4.2 ICAR registratie van goedgekeurde animal identification systemen

Het bestaan van ISO standaarden is nog geen garantie dat deze standaarden ook door alle fabrikanten gerespecteerd worden. En het is voor de leek moeilijk te beoordelen of een systeem al dan niet conform de internationale standaarden werkt. Om hierbij de gebruiker van elektronische identificatie middelen behulpzaam te zijn is de hulp ingeschakeld van het International Committee for Animal Recording (ICAR). Het ICAR bied fabrikanten aan om ICAR testen te laten uitvoeren bij één van de ICAR test laboratoria. Bij deze testen wordt gecontroleerd of de identificatie middelen (transponders en readers) inderdaad conform de

standaarden functioneren. Ook hebben de ICAR test laboratoria testen voorhanden waarmee de performance van de systemen gekwantificeerd kan worden.
Als door de testen is aangetoond dat de aangeboden elektronische identificatie middelen inderdaad conform de standaarden functioneren en als de fabrikant er voor tekent dat hij zich aan de spelregels (code of conduct) houdt die er internationaal zijn afgesproken wordt er een zogenaamde fabrikantencode toegekend. Vanaf dat moment is het de fabrikant toegestaan deze code toe te passen in de identificatie middelen die het bedrijf produceert. In de code of conduct wordt onder andere uniciteit van de identificatie code gegarandeerd (in combinatie met de genoemde fabrikantencode) en belooft de fabrikant er alles aan te doen om een traceerbaarheid systeem te hebben tot aan de uiteindelijke gebruiker van het identificatie middel. ICAR houdt op een internet site (www.icar.org) een overzicht bij van de fabrikanten met een fabrikantencode en tevens wordt een overzicht gegeven van de geteste apparatuur. In een aantal landen is het toegestaan een landencode in de identificatie middelen toe te passen in plaats van een fabrikantencode. In deze landen is er een centrale organisatie verantwoordelijk voor de uitgifte van nummerreeksen. Deze reeksen kunnen worden toegekend aan organisaties die op hun beurt (samen met de leverancier van de identificatie middelen) verantwoordelijk zijn voor de uniciteit en traceerbaarheid.

4.5 Toepassingen van elektronische identificatie in de bomen en plantenteelt

Bekende optische identificatie technieken in de bomen en plantenteelt zijn labels al of niet voorzien van barcodes. Daarnaast is het denkbaar dat er labels met elektronische identificatie technieken gebruikt kunnen worden die op bedrijfsniveau ingezet worden in het kader van verzorging of voorraadbeheer. Deze labels kunnen op afstand gelezen worden b.v. vanaf de trekker. Bij het verlaten van de bomen c.q. plantenmateriaal kunnen de labels verwijderd worden en opnieuw ingezet worden. Een goede data base is daarbij een vereiste.
Daarnaast is het mogelijk om met behulp van injectaten met transponders unieke identificatie aan te brengen in bomen om zo een sluitend tracing en tracking systeem te garanderen.
Voor de plantenteelt kan men denken aan partijen of verpakt plantmateriaal elektronisch te identificeren om zo een sluitend systeem te garanderen. Een valkuil bij de introductie van elektronische identificatie systemen is het grote scala aanbieders van allerlei systemen op deze markt. Standaardisatie is een vereiste voor het welslagen van elektronische identificatie bij de toepassing van een sluitend tracing en tracking systeem in de bomen en plantenteelt.

4.6 Conclusies

In de praktijk moeten bij runderen gele oormerken met nummers worden aangebracht, sommige bedrijven passen vriesbranden als ondersteunende bedrijfsinterne identificatiemethode toe. Halsbanden voorzien van een transponder worden veel gebruikt voor het bedrijfsmanagement, zoals individuele verstrekking van krachtvoer en geregistreerde melkproductie. Andere EIM (b.v. elektronische oormerken) worden op dit moment in Europa alleen maar op proefschaal getest. Andere visuele identificatiemethoden voor melkvee, jongvee, vleesvee en vleeskalveren worden niet meer toegepast.

Visuele identificatietechnieken kunnen wel worden gebruikt als fraudebestendige identificatie validatie. Voor de identificatie van runderen zijn naast deze methodes recentelijk ook ontwikkelingen zoals DNA-analysetechnieken.
Standaardisatie van identificatietechnieken is een must om betrouwbaar en fraude bestendig I&R systeem te kunnen waarborgen. Door deze standaardisatie voorkomt men wildgroei van systemen welke op den duur kostenverhogend werkt.

5 Inventarisatie van gebruik van tracking en tracing methoden in de groente- en versketen

5.1 Inleiding.

Dit hoofdstuk geeft een inventarisatie via een quickscan van het gebruik van tracking en tracing methoden welke toegepast worden in groente- en versketens. De invoering van tracking en tracing methoden in versketens houdt direct verband met de nieuwe Europese richtlijn voor voedselveiligheid (General Food Law) die voorschrijft dat bedrijven informatie moeten verschaffen over waar hun producten vandaan komen en waar ze naar toe gaan. Omdat het in de boomteelt niet om voedingsproducten gaat hoeft deze sector niet aan deze richtlijnen te voldoen. De technieken die daarvoor toegepast worden kunnen echter wel degelijk een positieve bijdrage leveren aan de verbetering van de kwaliteit de producten in deze ketens. Vandaar dat versketens mogelijk als voorbeeld kunnen dienen voor de boomsector.
Bij de opzet van een tracking en tracing systeem is de allereerste vraag die beantwoord moet worden: "welke informatie wil de gebruiker beschikbaar hebben". Daarna volgt de vraag: "Welke technologie kan daarbij het beste toegepast worden?". In groente- en versketens zijn de relevante vragen:

A. Om welke productnummer gaat het en waar bevind zich dit?
B. Welke ketencondities heersen er?
C. Wat is de kwaliteit van het product?

De eerste vraag heeft betrekking op identificatie, de andere twee vragen gaan over monitoring van omgevingscondities en productkwaliteit. Omdat kwaliteit (ad C) vaak niet rechtstreeks te meten is, worden ketencondities (ad B) gemeten welke met behulp van een kwaliteitsverloopmodel een relatie hebben tot de productkwaliteit. Barcodes en RFID worden primair ingezet voor identificatie. Dataloggers en Tijd-Temperatuur Indicatoren (TTI's) kunnen gebruikt worden voor monitoring doeleinden. Dataloggers hebben soms ook identificatie mogelijkheden en m.b.t. RFID zien we ontwikkelingen, die het mogelijk maken dat ook RFID-tags metingen kunnen gaan uitvoeren. Onderstaande tabel geeft in het kort aan welke technologie voor welk doel ingezet kan worden.

	Identificatie	Condities
Barcodes	X	-
RFID	X	(X)
Dataloggers	(X)	X
TTI's	-	X

Tabel 5.1.1. Technologieoverzicht voor identificatie en monitoring.

In de volgende paragrafen zullen we deze technologieën de revue laten passeren. Waar mogelijk zullen voorbeelden gegeven worden. Kwaliteitsmodellen zullen niet aan de orde komen, omdat deze altijd specifiek voor een bepaald product zijn.

5.2 Identificatiemethoden

5.2.1 Barcodes

Barcodes (streepjes codes) zijn door scanners visueel leesbare gestandaardiseerde etiketten. Het is zodoende eigenlijk een vervolg op de numeriek dan wel alfabetisch geschreven etiketten die niet of slechts beperkt machinaal leesbaar zijn. We kennen een aantal barcodestandaarden. Met name wordt gebruik gemaakt van de EAN-UCC (UCC= Uniform Code Council) standaard. The GTIN (Global Trade Item Number, EAN 13) vormt de basis voor de wereldwijde identificatie door middel van barcodes. De meer geavanceerde EAN 128 code (symbology and application identifier standard) maakt het mogelijk om ook additionele informatie zoals houdbaarheidsdatum of serieel nummer door opname van zogenaamde Application Identifiers. In de eerste code zijn 13 en in de tweede 128 karakters verwerkt, vandaar de naamgeving. Door gebruik van een zogenaamd SSCC (Serial Shipping Container Code) kunnen transport eenheden, zoals pallets of containers units wereldwijd, geïdentificeerd worden gebruik makend van EAN 128.



Figuur 5.2.1. Standaard barcodes, EAN 13 (links) en EAN 128 (rechts).

Algemeen gezien wordt een internationaal en eenduidig EAN-UCC nummer toegekend aan elke handelseenheid (vb. een tros tomaten bestemd voor een verkooppunt) of aan een standaard groepsverpakking van handelseenheden (vb. een pallet met meerdere kisten tomaten die vervoerd wordt van een voorraadruimte naar een detailhandelswinkel). Dit nummer bevat zelf geen informatie over het product; het is enkel een sleutel die toegang geeft tot informatie opgeslagen in databanken. Er zijn vier GTIN nummeringstructuren beschikbaar voor de identificatie van handelseenheden: EAN/UCC-14, EAN/UCC-13, UCC-12 en EAN/UCC-8. De keuze van de nummeringstructuur hangt af van de aard van het product en van de toepassing. Zo kennen we in de AGF sector speciale toepassingen voor producten met een vast of een variabel gewicht. EAN International en UCC hebben een geheel nieuwe lineaire barcode ontwikkeld (RSS, Reduced Space Symbology) welke dezelfde informatie op een kleiner oppervlakte kan herbergen. Er zijn verschillende varianten, die zich van elkaar onderscheiden in capaciteit en formaat.



Figuur 5.2.2. Voorbeeld van een RSS-14-symbool.

Naast deze RSS-barcode bestaat er een 'familie' samengestelde barcodes (Composite Symbologies). Dit type barcode bestaat uit een lineaire en een tweedimensionale barcode die

samen één geheel vormen. Dit tweedimensionale Composite Component kan niet alleen worden gebruikt met een RSS-symbool, maar ook met een EAN13-, een UPC-A- en een EAN128-symbool.

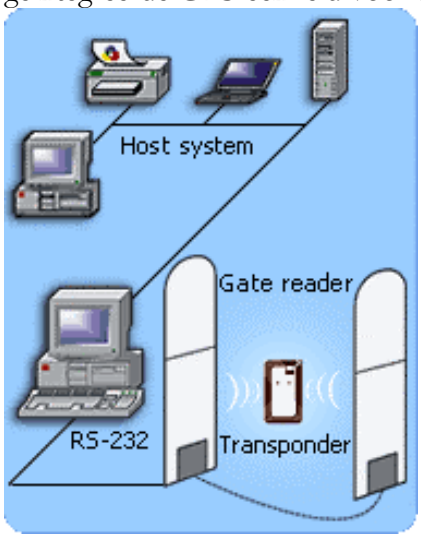


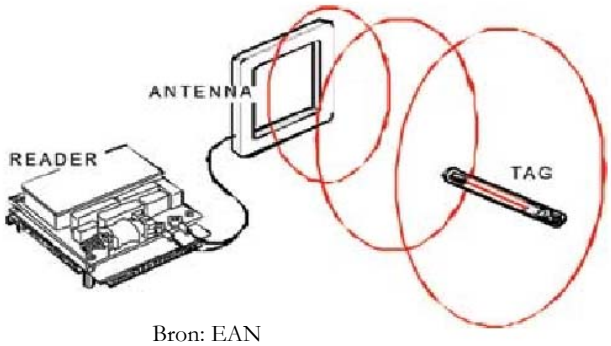
Figuur 5.2.3. Voorbeeld van een EAN128-barcode met 2D-component.

5.2.2 RFID-technieken

5.2.2.1 Algemene beschrijving

Radio Frequency Identificatie, kortweg RFID genoemd, is gebaseerd op het gebruik van labels met een microchip waarin informatie in digitale vorm is opgeslagen. Deze elektronische informatiedragers worden op het te identificeren object (pallet, container, vaten etc.) bevestigd en kunnen op afstand radiografisch worden 'gelezen'. Er zijn zelfs transponders met een geïntegreerde GPS-eenheid voor exacte lokalisering van objecten.



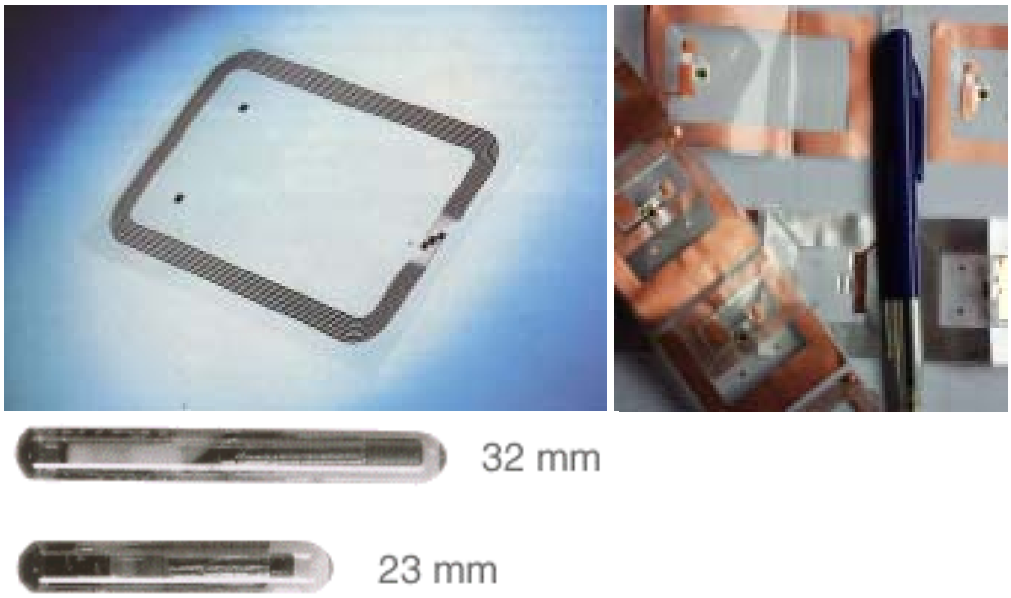


Bron: EAN

Figuur 5.2.4. Componenten van een RFID systeem.

In principe bestaat een RFID systeem uit de volgende elementen:

- **Transponder:** de informatiedrager met de gecodeerde informatie
- **Antenna:** de antenne of scanner is meestal in één behuizing samengebouwd met de leeseenheid
- **Controllers:** het systeem dat zorgt voor de communicatie tussen de antenna en de PC, netwerk, etc.



Figuur 5.2.5. Voorbeelden van RFID-tags.

De **transponders** (tag, label of PCB = Printed Circuit Boards) bevatten een microchip waarin de informatie in digitale vorm is opgeslagen, een kleine antenne voor verzending van de signalen en nog enkele andere componenten. In sommige gevallen hebben de transponders een batterij. Zodra de transponder binnen bereik van de leeseenheid komt, wordt deze geactiveerd door radiosignalen, die de antenne of scanner uitzendt. Op het moment dat de transponder geactiveerd wordt, stuurt deze zijn gegevens naar de leeseenheid, die ze moduleert, decodeert en bekrachtigd voor transmissie via een kabelverbinding naar de hoofdcomputer. De mogelijkheid bestaat ook om via GPS/GPRS de informatie direct op Internet te plaatsen. Actieve transponders (met een batterij) zenden continu een signaal. Om de batterij te sparen zijn er echter ook typen die alleen zenden als daarom gevraagd is door middel van een activatie via een scanner of reader. De tag-afmeting wordt bepaald door de grootte van de antenne die afhangt van frequentie, bereik en snelheid. Bij een klein bereik kan de tag worden gereduceerd tot minuscule tabletjes.

Antennes (leeseenheden) zijn er in alle maten en uitvoeringen. De vorm en afmeting zijn afhankelijk van de toepassing. Ze variëren van draden in het wegdek tot leeskoppen die in een poortje (bijv. zoals in kledingzaken) zijn aangebracht.

De **Controllers** zorgen voor de communicatie tussen de antenna en de PC, PLC, server of netwerk. Ook hier zijn verschillende IT- infrastructuren te gebruiken, afhankelijk van de toepassing.

RFID heeft als voordeel dat geen 'zichtcontact' nodig is voor identificatie. Radiosignalen dringen namelijk door niet-geleidende materialen als asfalt, hout, cement, kunststof e.d. heen. Ook vuil en vet hebben beperkt invloed op de leesbaarheid. RF-tags zijn daardoor ideaal voor identificatie van palletlasten, producten in een productielijn e.d., op die plaatsen waar optisch identificeren faalt. Bijvoorbeeld bij grote afstanden en in situaties waar sprake is van extreme procescondities (hitte, kou, spuitcabines etc.).

Er bestaan verschillende soorten RFID tags die kunnen worden onderverdeeld al naar gelang de toegepaste technieken voor de gebruikte frequentie, de energievoorziening, de programmeringmogelijkheden en de toegepaste uitleesprotocollen.

5.2.2.2 Gebruikte frequenties

De frequentiegebieden voor transponders zijn onder te verdelen in de gebieden **laag** (tot 3 MHZ), **midden** (3 tot 300 MHz) en **hoog** (boven 300 MHz). Naarmate de frequentie hoger is kan de uitleesafstand groter worden. Deze kan variëren van 10 cm in het lage gebied tot enkele honderden meters bij gebruik van het hoge gebied. Over het algemeen neemt de prijs van de technologie ook toe naarmate een hogere frequentie wordt gebruikt. De toepasbare frequenties zijn veelal gestandaardiseerd (125 kHz; 13.56, 433, 868 en 915 MHz; 2.45, en 5.8 GHz).

RFID-gebied	**Radio**	**benaming**	**golflengtes**	**frequenties**	**RFID typen**
LAAG (tot 3 MHz)	Lange golf	Low Frequency (LF)	10 – 1km	30 – 300 kHz	125 KHz
		Medium Frequency (MF)	1km – 100m	**300 kHz – 3 MHz**	
MIDDEN (3–300 MHz)	Lange golf	High Frequency (HF)	100 – 10m	3 – 30 MHz	13.56 MHz
		Very High Frequency (VHF)	10 – 1m	30 – 300 MHz	
HOOG (>300 MHz)		Ultra High Frequency (UHF)	1m – 10 cm	300 MHz – 3 GHz	433, 868 (865-875.4) , 915 (902-928) MHz, 2.45 GHz
	Micro waves	Super High Frequency (SHF)	10 - 1cm	3 – 30 GHz	5.8 GHz
	Milli-meter waves	IR, VIS, UV	<1 cm	> 30 GHz	

Tabel 5.2.6. Indeling elektromagnetisch spectrum en RFID-frequentiegebieden.

Lage frequenties: tot 3 MHz

In de laag frequentie bereik is de 125-134 kHz de meest gebruikte frequentie. Deze tags zijn passief en relatief beperkt wat functionaliteit betreft, maar zijn goedkoop. Dit type tags worden

gebruikt voor dieridentificatie, toegangscontrole en anti-diefstalsystemen. Het gebruik bij frequenties onder de 300 kHz kenmerkt zich door: korte afstanden, beperkte datasnelheden, ongevoeligheid voor oriëntatie, leesmogelijkheid door niet-metalen voorwerpen, laag energieniveau, goedkoop en niet storingsgevoeligheid.

Medium frequenties: 3- 300 MHz

In het medium bereik is de 13.56 MHz frequentie de meest gebruikte en internationaal erkende voor RFID toepassingen. Wereldwijd zijn er zowel veel producenten van deze tags/labels als leveranciers van leesapparatuur en system-integrators. De meeste tags in dit frequentiebereik zijn passief. De leesafstand varieert tussen de 10 cm tot 1,5 m. Deze frequentie wordt toegepast in de zogenoemd smartcards en smart labels. In Europa wordt ook de frequentie range tussen 430 en 460 MHz gebruikt voor ISM (Industrial, Scientific, Medical) toepassingen. Het gebruik van frequenties boven 3 MHz kenmerken zich door middelmatige tot lange afstanden, hoge datasnelheden, oriëntatiegevoeligheid, minder doordringbaar in producten, hoge energie niveaus, duur en storingsgevoeliger.

Hoge frequenties: > 300 MHz

In de hoge frequentie is de range 865 tot 875.4 MHz gebruikt in Europa en de range 902 tot 928 in Noord Amerika (VS en Canada) en Australië. Deze systemen wodern ook UHF (Ultra High Frequency) RFID genoemd. De 2.45 GHz frequentie is wel wereldwijd beschikbaar en daardoor geschikt voor tracking & tracing in internationaal ketens. Deze technologie wordt ook wel microwave RFID genoemd omdat microgolf ovens ook gebruik maken van de 2.45 MHz band. Micro-wave RFID heeft wel een kleiner bereik dan de UHF. De 5.8 GHz standaard wordt o.a. gebruikt voor tolpoorten.

5.2.2.3 Energievoorziening

In principe kan een keus gemaakt worden voor transponders zonder batterij (**passief**) of met een interne batterij (**actief**). Bij passieve transponders wordt de energie uit het elektromagnetische signaal van het uitleesapparaat gehaald via een oppikspoel. Passieve transponders werken veelal in het lage of midden frequent gebied. De *actieve* tags bevatten een batterij, waardoor deze doorgaans groter zijn dan passieve tags. De levensduur van deze tags is beperkt en afhankelijk van de batterij zelf. Daartegenover bieden actieve tags meer mogelijkheden zoals grotere leesafstanden en het gebruik van ingebouwde sensoren. Actieve transponders gebruiken het midden of hoog frequent gebied. Er zijn actieve transponders die op regelmatige tijdstippen uitzenden en er zijn die pas zenden wanneer ze daartoe opgeroepen worden. Hierdoor kan de levensduur van de batterij aanzienlijk worden verlengd.

5.2.2.4 Programmeringsmogelijkheden en datacapaciteit

Wat de programmeringmogelijkheid betreft kunnen RFID systemen onderverdeeld worden in de volgende types:

Read-Only
Dit is de simpelste vorm en een directe vervanging van de barcode technologie. Voordeel is de hoge leesnauwkeurigheid ten opzichte van barcodes. Verder zijn er meer mogelijkheden voor snel uitlezen van de data.
Write Once/Read Many (WORM)
Deze systemen mogen eenmalig geprogrammeerd worden door de gebruiker en vervolgens worden ze meermalig uitgelezen.
Read/Write (Reusable)
In dit geavanceerdere systeem bestaat de mogelijkheid om zowel data op te slaan als data uit te lezen en zodoende uit te wisselen.
Read/Write (Disposable)
Hierbij wordt een RFID-tag aan producten bevestigd, dat door de hele keten heen tot aan de consument informatie draagt en dynamisch beschikbaar stelt voor verschillende doelen. Dit type tags maakt 'smart products' mogelijk, die met hun omgeving kunnen communiceren.
De leesafstand van de verschillende types RFID wordt met name bepaald door de volgende factoren:

- grootte van de antenne zowel op de transponder als op ook de reader
- zendvermogen van de transponder
- frequentie en frequentiebreedte van de transponder

Read Only tags bevatten 20 bits aan informatie, Actieve Read/Write tags kunnen variërend van 64 bytes tot 32 KB bevatten (ofwel meerdere pagina's tekst) en passieve Read/Write tags kunnen van 48 bytes tot 736 bytes aan informatie opslaan.

5.2.2.5 Uitleesprotocollen

Half Duplex (HDX)
Het uitleesapparaat straalt gedurende korte tijd, vaak 50 ms, veldenergie in de transponder. De in de transponder ontvangen energie wordt tijdelijk opgeslagen in een condensator. Zodra de energiepuls is gestopt zendt de nu geactiveerde transponder zijn code uit naar het uitleesapparaat.
Full Duplex (FDX)
In onderscheid met het HDX protocol zendt de transponder zijn code terug naar het uitleesapparaat tijdens het instralen van veldenergie. Dit maakt de toevoeging van een relatief volumineuze condensator voor opslag van energie overbodig. FDX transponders kunnen dan ook kleiner worden gemaakt dan vergelijkbare HDX transponders.
Multiple read protocol (anti-collision)
Indien meerdere transponders zich in het bereik van een uitleesapparaat bevinden, zorgt een z.g. anti-collision protocol dat de transponders één voor één worden uitgelezen. In een logistieke omgeving met grote aantallen artikelen met transponderlabels, bijvoorbeeld in pallets bij elkaar, is dit protocol zonder meer noodzakelijk.

5.2.2.6 Voor- en nadelen

De RFID-technologie biedt vele voordelen ten opzichte van barcodes. Zo bestaat er de mogelijkheid tot lezen en schrijven van informatie en behoeven objecten niet zichtbaar te zijn om uitgelezen te worden. Er kunnen meerdere tags gelijktijdig uitgelezen worden (anti-collision). De hoeveelheid, die opgeslagen kan worden is vele mate groter dan bij barcodes. Tags kunnen hergebruikt worden en vaak onzichtbaar en beschermd aan of in een productverpakking geplaatst worden. Er zijn mogelijkheden voor beveiliging en de uitgifte van ID's kan automatisch gebeuren.
Daarnaast zijn er ook wel wat nadelen. Metalen voorwerpen kunnen de leesbaarheid van tags negatief beïnvloeden. Aanwezigheid van vloeistoffen in het product of in de omgeving kunnen de leesbaarheid van de tags negatief beïnvloeden. RFID systemen zijn gevoelig voor interacties met andere draadloze systemen en dienen hierop getest te worden. Beperkingen ten aanzien van de anti-collision methodes. Onduidelijkheid in hoeverre RF schadelijk is voor mensen. Probleem dat men niet zeker is dat alle tags gelezen zijn.

5.2.2.7 Huidige toepassingen

RFID kan en wordt reeds voor veel verschillende doeleinden gebruikt, zoals de volgende voorbeelden aantonen:

- handsfree toegangscontrole, voor arbeidstijdregistratie en voor bewakingsdoeleinden;
- identificatie voor producten in een geautomatiseerde productielijn (automobielindustrie bijv.);
- identificatie in ongunstige omgevingen (ovens, spuitcabines etc.);
- voor tracking van voertuigen bij de in- en uitgang van parkeerplaatsen, tolwegen, bruggen en tunnels.

Bij dieren wordt een minuscule cilindrische tag onder de huid aangebracht, bijv. voor individueel gedoseerd voederen of voor het bijhouden van melkquota.

5.2.2.8 Toekomst van de technologie

De RFID technologie ontwikkelt zich met name in de volgende aspecten:

- groter geheugen capaciteit, zodat er meer informatie kan worden opgeslagen
- grotere leesafstanden
- sneller uitlezen van data en data verwerking
- Het aantal en de breedte van de toepassingen neemt duidelijk toe, met name in de hoog frequentie RFID.

De prijs van de technologie zal ook de nodige ontwikkeling ondergaan. Met de momenteel beschikbare technologie voor de productie van deze technologie is het niet mogelijk om de kostprijs van de tags te verlagen. Nieuwe ontwikkeling in het productieproces van de tags zijn gaande. De verwachting is dat deze ontwikkelingen tot een verlaging van de productiekosten zullen leiden en op deze manier het gebruik van deze technologie aanzienlijk zal toenemen.
Eén van de grootste problemen in de toepassing van RFID technologie is het gebrek aan wereldwijde standaardisatie. De toegestane frequenties, bandbreedte en zendvermogens zijn

afhankelijk van het werelddeel. Één van de belangrijkste ontwikkelingen wat de toekomst van deze technologie betreft, is daarom de standaardisatie en afstemming van wetgeving wereldwijd. Ter illustratie: de entreekaarten voor bet Wereldkampioenschap Voetbal in 2006 in Duitsland zullen met RFID-etiketten beveiligd zijn. Het organisatiecomité van het Wereldkampioenschap ontwikkelt dit samen met Philips Semiconductors. Zij zetten de chips in om de entreekaarten persoonsgebonden te maken, om vervalsingen van de kaarten te beperken. De kosten van de chips per entreekaartje liggen tussen 20 en 30 eurocent.

5.3 Methoden voor monitoring

5.3.1 Meetinstrumenten en sensoren

Versketens (van productie tot aflevering bij de klant) is bij uitstek de sector waar veel gemeten wordt, om juist kwaliteit van het product te kunnen sturen (tijdens de teelt), bewaken (tijdens het transport) en garanderen (bij de klant). De toepassing van meetinstrumenten en sensoren is dan ook zeer breed verspreid en kan variëren van monstername, labanalyse en enkelvoudige metingen tot on-line monitoring van allerhande parameters. Het onlangs gehouden sensoren symposium kwam tot de volgende conclusie:

"De Nederlandse tuinbouw is een zeer innovatieve sector en staat open voor technologische vernieuwing. Zo heeft de laatste jaren het gebruik van meet- en regelsystemen een grote vlucht genomen. Metingen van het klimaat [temperatuur en lichtintensiteit], de voedingsoplossing [pH, EC] en kwaliteit [gewicht, grootte] zijn al jaren gemeengoed. Sinds enkele jaren doen ook steeds meer metingen van onder meer watergehalte in het substraat en metingen aan de planten hun intrede. Waarneembare trends zijn het lezen en sturen op afstand en de trend tot meer en intelligenter meten. In de toekomst verwacht men ontwikkelingen op het gebied van: biologische sensoren, verpakkingssensoren, genomics, infrarood sensoren en visualisatie (beeldverwerking), phytomonitorsensoren en gassensoren"

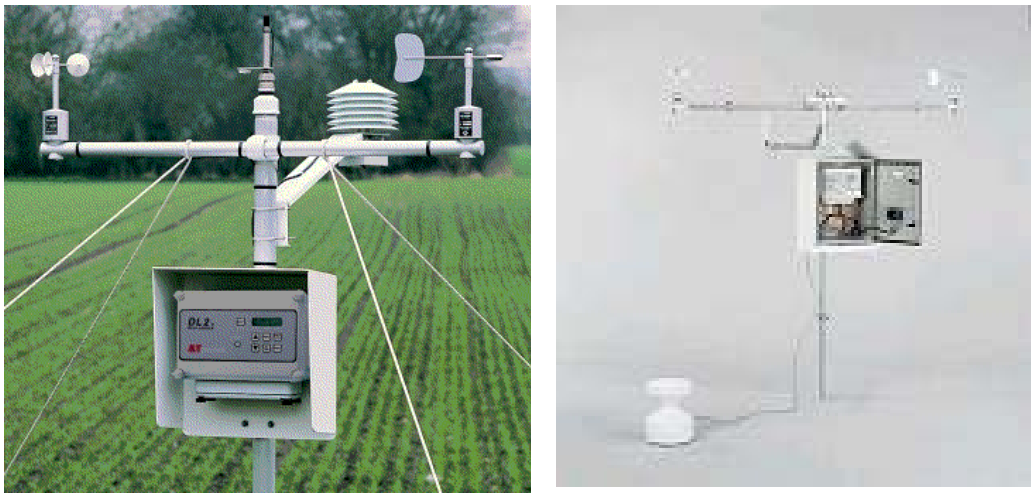


Figuur 5.3.1. Voorbeelden van sensoren: de WET-sensor voor watergehalte, EC en temperatuur in bodems en substraten (links), 3D-komkommerdetectie voor een oogstrobot (rechts).

Het zou voor deze quickscan te ver voeren om een uitgebreid overzicht van mogelijkheden te geven, maar een aantal voor de boomteelt belangrijke zaken zullen we er uit lichten.

5.3.1.1 Meteo-stations

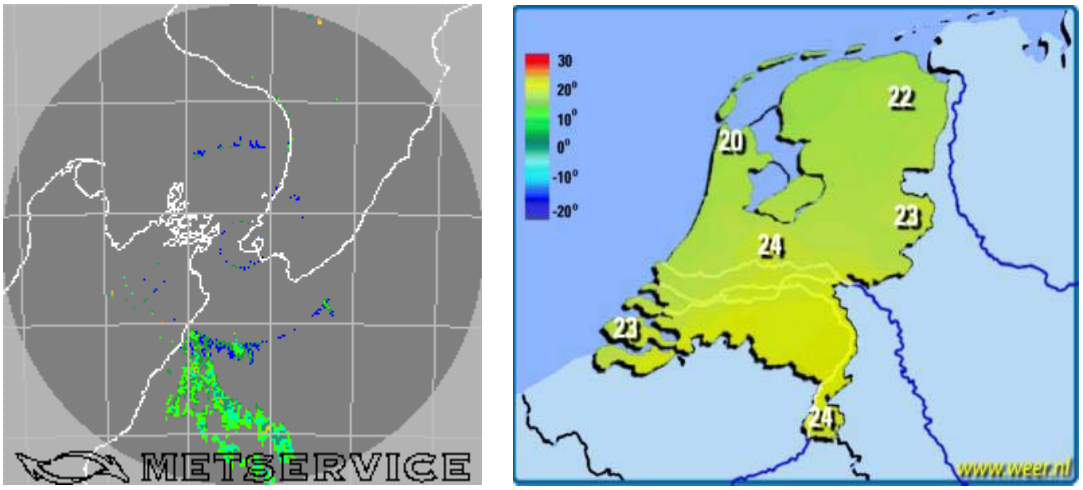
Voor monitoring van weersomstandigheden en bodemcondities voor een groot gebied of oppervlakte worden veelvuldig meteo-stations toegepast. Parameters die gemeten worden zijn o.a.: windsnelheid en –richting, luchtvochtigheid (RV), lucht- en bodemtemperatuur, netto straling, Photo Active Radiation (PAR), regenval, bodemvochtgehalte e.d. Moderne meteo-stations kunnen op afstand uitgelezen worden d.m.v. GSM of internetachtige applicaties.



Figuur 5.3.2. Voorbeeld van een meteo-station.

5.3.1.2 Meteo-diensten via internet

Het is mogelijk om via een abonnement en via internet allerhande meteo-informatie beschikbaar te krijgen. Aanbieder van deze data is bijvoorbeeld Meteo-consult. Veelal wordt hier de weersvoorspelling gegeven, maar ook historische data, bijv. voor een regio, zijn opvraagbaar.



Figuur 5.3.3. Weerinformatie via internet (Metservice en Meteoconsult).

5.3.1.3 Phytomonitoring

Phytomonitoring omvat de inzet van combinaties van sensoren en computerprogramma's met als doel teeltprocessen beheersbaar te maken. Er worden voortdurend metingen verricht op en rond de plant. De metingen worden verricht door integratie en koppeling van CO2 sensoren, temperatuursensoren, infrarood en PAR om de lichtdoorval te meten. Ook sensoren voor meting aan het EC-gehalte, substraattemperatuur, stengeldikte, sapstroom en RV worden geïntegreerd. De sensoren worden gekoppeld aan een klimaatcomputer. Voortdurend worden rendementsberekeningen gemaakt en wordt automatisch bijgestuurd. Alle gegevens kunnen via een databank worden opgevraagd en automatisch verwerkt tot managementinformatie. Inmiddels behoren ISFET sensoren voor het meten van individuele nutriënten in het substraat retourwater ook tot de mogelijkheden. Vooruitstrevende telers kijken ook naar apparatuur voor het bepalen van transpiratie via huidmondjes (porometers), de fotosynthese en chlorophylfluorescentie.

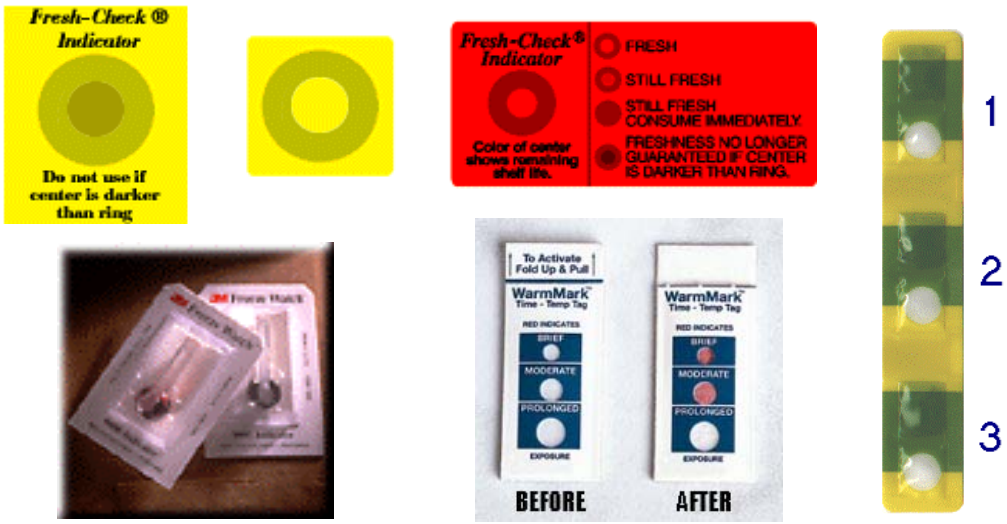


Figuur 5.3.4. Voorbeelden van sensoren voor (individuele) plantmonitoring voor zowel boven- als ondergrondsmilieu: nettostraling, sapstroom, bodemvochtgehalte, substraat vocht- en EC-gehalte, chlorophylfluorescentie, en een Phytomonitor.

5.3.2 Tijd-Temperatuur Indicatoren

5.3.2.1 Algemene beschrijving

Tijd-Temperatuur-Indicatoren (TTI's) zijn stickers, die de mogelijkheid bieden om temperatuurmisbruik zichtbaar te maken: wordt een vooraf bepaalde grenswaarde voor temperatuurmisbruik overschreden, dan verkleurt de temperatuur indicator.
De tijd-temperatuur indicatoren werken op basis van een reactie die afhankelijk is van de temperatuur. Verandert de omgevingstemperatuur, dan verandert de snelheid van deze reactie volgens de Arrhenius kinetiek. Deze reactie kan fysisch, chemisch of enzymatisch van aard zijn. Het effect van de temperatuur is zichtbaar door een verkleuring of verschuiving van een gekleurde stof. Hoe hoger de omgevingstemperatuur wordt, des te sneller de reactiesnelheid is en hoe sneller de kleurverandering of verschuiving is.
Een optimale TTI moet op dezelfde wijze reageren op temperatuurveranderingen als de productkwaliteit: beide hebben dezelfde gevoeligheid voor temperatuurmisbruik. De zichtbare reactie van de TTI op het temperatuurmisbruik kan daarom worden gebruikt om de productkwaliteit te monitoren gedurende de distributie door de keten.



Figuur 5.3.5. Voorbeelden van enkele TI's en TTI's.

Temperatuur indicatoren kunnen in twee types worden verdeeld: de *temperatuur indicatoren (TI)* en de *tijd-temperatuur indicatoren (TTI).*

5.3.2.2 Temperatuur Indicatoren (TI's)

De *TI's* laten zien of de producttemperatuur boven of onder een vooraf gedefinieerde grenstemperatuur is geweest. Deze indicatoren reageren op het moment, dat de grenstemperatuur is bereikt en houden geen rekening met de tijdsduur waarin het product onder of boven die grenstemperatuur is geweest. Daarnaast is de reactie van deze indicatoren niet afhankelijk van de mate van temperatuurmisbruik (hoever is de producttemperatuur boven of onder de grenstemperatuur geweest). Een voorbeeld hiervan zijn de indicatoren gebruikt voor diepvries producten die aangeven of de 0°C grenstemperatuur is overschreden.

5.3.2.3 Tijd-temperatuur-indicatoren (TTI's)

De *TTI's* verkleuren indien het product gedurende een bepaalde tijd de grenstemperatuur heeft bereikt. Deze indicatoren integreren zowel het temperatuurniveau als de tijd dat het product bij een bepaald temperatuurniveau is geweest.

5.3.2.4 Voor- en nadelen

Het toepassen van TTI's draagt bij aan het consumenten vertrouwen en kan gebruikt worden voor het vaststellen van aansprakelijkheden. Verder kunnen ze de geschiktheid van de keten in kaart brengen, daar waar problemen zich voordoen. Met behulp van TTI's kan in principe een variabele "tenminste houdbaar tot datum" verkregen worden. TTI's zullen met name daar goed functioneren waar producten een homogene beginkwaliteit en gevoeligheid hebben en de kwaliteit alleen af hangt van de temperatuur. De kosten zijn relatief laag per TTI (in de orde grootte van € 1,-).
Het gebruik van TTI's heeft ook nadelen. Allereerst de gevoeligheid voor variaties in de beginkwaliteit. Verder neemt de betrouwbaarheid van TTI's af naarmate de houdbaarheid van het product afhangt van andere factoren, dan temperatuur (bijv. luchtvochtigheid of trillingen). Tevens is de visuele beoordeling van de kleurvariatie nogal subjectief. Verder is er ook geen automatische registratie mogelijk. Daarbij komt ook dat voor ieder product en elke verpakking een TTI met een andere karakteristiek gewenst is. Dit maakt het beheer van TTI's in de praktijk vaak lastig.

5.3.2.5 Huidige toepassingen

Momenteel worden TI's en TTI's hoofdzakelijk ingezet in de farmaceutische en medische wereld bij het transport van vaccins, bloedproducten en diagnostiek kits. In de voedingsector zijn een beperkt aantal toepassingen in de vlees-, vis- en chocoladesector bekend.

5.3.2.6 Toekomst van de technologie

Er zijn geen grote ontwikkelingen te noemen rond TI's en TTI's. Het aantonen van temperatuurmisbruik op een eenvoudige en goedkope manier blijft wel een interessante wetenschappelijke uitdaging. In wetenschappelijke literatuur worden dan ook vaak ideeën, principes en studies genoemd. Een aantal van deze worden zelfs gepatenteerd. De commercialisering van dit type ontwikkelingen blijkt in de praktijk een langdurig en duur proces te zijn waardoor uiteindelijke niet veel van deze patenten worden gecommercialiseerd.
De zo genoemde elektronische temperatuur indicators vormen een alternatief voor TTI's. Dit zijn kleine, lichte sensoren die door een LCD scherm aangeven wanneer bepaalde grenstemperaturen (alarm) zijn bereikt en voor hoelang, gedurende een traject. Het grootste voordeel van deze sensoren is dat ze niet alleen aangeven dat er temperatuurmisbruik is geweest maar ook op welk moment in de keten dat precies gebeurt. Daarnaast geven ze ook de tijdsduur aan waarin de temperatuur boven de grenstemperatuur is geweest. Duidelijk zal zijn dat voor elk te bewaken product de grenswaarden wel bekend moeten zijn.

5.3.3 Dataloggers

5.3.3.1 Algemene beschrijving

Een datalogger is een apparaat dat periodiek gemeten waarden opslaat in een intern geheugen. Er zijn dataloggers voor uiteenlopende typen waarden, zoals snelheid, druk, uitlaatgassen, binnenluchtkwaliteit, licht en geluid. Voor de groente-, fruit- en sierteelt zijn vooral de waarden temperatuur, tijd, relatieve luchtvochtigheid (en eventueel dauwpuntmeting) belangrijk. Sommige Dataloggers kunnen (op verschillende kanalen) gecombineerd meerdere typen waarden tegelijk 'loggen'.

Om de Datalogger te starten worden de starttijd en meetintervallen geprogrammeerd, meestal gebeurt dit vanuit een PC (soms al standaard bij de producent). Op de geprogrammeerde starttijd meet de datalogger de eerste waarde (bijvoorbeeld 17,1 graad om 12:00 uur) en logt deze naar het interne geheugen. Na het eerste meetinterval wordt er opnieuw gemeten en gelogd totdat het interne geheugen vol is (of het eindtijdstip is bereikt), waarna het loggen stopt, of (bij een cyclische instelling) de eerste waarde wordt overschreven.

De capaciteit van een datalogger geheugen kan uiteenlopen van enkele tientallen waarden tot vele duizenden. Afhankelijk van capaciteit, geprogrammeerd meetinterval en batterij kan een datalogger tot enkele jaren actief zijn. Om de gelogde waarden uit te lezen dient de datalogger middels een snoer (en eventueel een docking station) aangesloten te worden op een pc. Het uitlezen van de data wordt aangestuurd vanuit een bijbehorend softwareprogramma. Vaak is hierin reeds een (basis) grafiekfunctie aanwezig, in ieder geval is het mogelijk om data over te lezen naar Excel.



Figuur 5.3.6. Voorbeelden van dataloggers.

Er bestaan zeer veel verschillende dataloggers, er is geen duidelijke "standaard" te onderscheiden. De typen onderscheiden zich op verschillende aspecten zoals het type meetwaarde (temperatuur, tijd, relatieve luchtvochtigheid, dauwpuntmeting, schokken, windsnelheden, enz.); afmetingen en gewicht; mobiel of vast gebruik; manueel of automatisch gebruik; en de uitleesmogelijkheden. Sommige dataloggers zijn (vanuit de software) te kalibreren, anderen kennen een standaard instelling. Daarnaast zijn er altijd verschillen in nauwkeurigheid van de datameting. Vooral in lange (eenmalige) ketens blijkt het vaak lastig om te organiseren dat een datalogger wordt teruggestuurd, in deze gevallen wordt een goedkope datalogger ingezet die na het proces kan worden weggegooid.
Een speciale (kleine) vorm van een datalogger is het "contact memory" of ook wel i-Button® genoemd. Dit is een ingebouwde 1-Wire chip in een 16 mm roestvrijstalen behuizing (ter grootte van een knoopcel). Dankzij deze unieke en robuuste behuizing is het mogelijk om 'up to date' informatie veilig te transporteren via personen, goederen of objecten. Door zijn duurzaamheid is deze datalogger bij uitstek geschikt om gebruikt te worden onder de meest zware omstandigheden (waterdicht). Er zijn verschillende versies beschikbaar, elk voorzien van een gegarandeerd uniek serienummer die wordt vastgelegd tijdens de productie. Daarnaast zijn versies beschikbaar die naast identificatie ook temperatuur kunnen meten en loggen.
De dataloggers kunnen op een eenvoudige manier uitgelezen worden. Men dient fysiek contact te maken tussen de button en de uitlezer en door inductie wordt de informatie overgedragen. Er is veel vrij toegankelijke detailinformatie beschikbaar over deze technologie, een nadeel is echter dat iButtons niet als wettig bewijsmiddel gebruikt kunnen worden omdat deze niet de benodigde kwaliteitskwalificaties en goedkeuringen schijnen te hebben.

5.3.3.2 Voor- en nadelen

Dataloggers kennen relatief lage kosten (in de orde grootte van € 10 – 200 per logger). Een Datalogger leent zich goed om voor een (eenmalige) steekproef te worden ingezet, omdat de operationele processen niet of nauwelijks behoeven te worden aangepast (in vergelijking tot bijvoorbeeld RFID). Middels speciale uitleesapparatuur is het mogelijk om meerdere dataloggers uit te lezen en deze gegevens over te brengen naar een (vaste) PC. Voordeel is dat de datalogger bij het product kan blijven en dat de medewerker niet iedere datalogger afzonderlijk mee hoeft te nemen naar de PC om de waarden uit te kunnen lezen. De gelogde data zijn relatief eenvoudig verder te bewerken in een spreadsheetprogramma. Dataloggers die met goederen worden meegestuurd naar de klant moeten worden teruggestuurd om uit te kunnen lezen. Dit proces verloopt vaak moeizaam tot slecht.

5.3.3.3 Huidige toepassingen

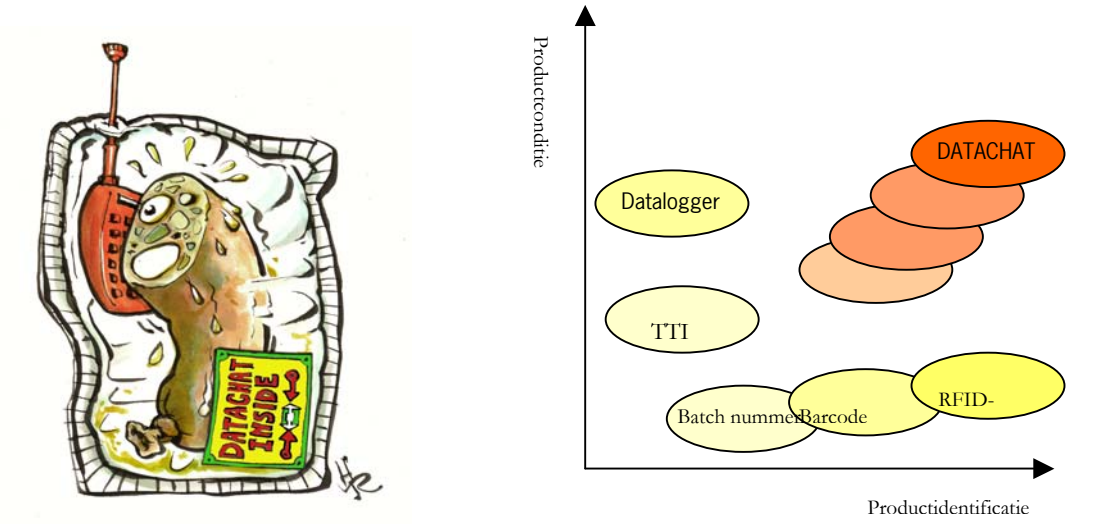
Het bedrijfskundige doel, dat met dataloggers wordt gediend is meestal "het kunnen toewijzen van aansprakelijkheid in het geval van claims bij productuitval". Praktisch gezien worden de meeste dataloggers nu toegepast op vaste kritische punten in de (koel)keten, zoals koelcellen. In speciale ketens waar herhaaldelijk (kwaliteits-) problemen zijn voorgekomen, wordt vaak als steekproef een datalogger met een partij goederen mee de keten doorgestuurd. In verschillende

exporttrajecten worden zelfs standaard dataloggers ingezet, bijvoorbeeld bij bederfelijke producten (zoals pharma en (verse) voeding). Op dit moment is een toepassing van de i-Button technologie bekend voor zeetransport die waarschuwingen bij overschrijdingen van kritieke temperatuurtrajecten zelfs per SMS verstuurd naar betrokken partijen.

5.3.3.4 Toekomst van de technologie

RFID en monitoring (Datachat)

De tot nu toe besproken RFID kan alleen de identiteit aangeven en deels informatie vastleggen. Zelf aanvullende informatie vastleggen behoort niet tot de standaard. Deze standaard is wel in ontwikkeling. Dataloggertechnologie bestaat al vele jaren, ontwikkelingen richten zich dan ook vooral op de optimalisatie van de technologie ten behoeve van het sneller uitlezen, kleinere formaten, een hogere datacapaciteit en goedkopere materialen. Er zijn nu nog nauwelijks dataloggers beschikbaar waarvan de data draadloos (in de zin van op afstand) kunnen worden uitgelezen. Een enkele datalogger werkt wel via een infra-rood communicatie. Binnenkort zullen we de RFID- en dataloggertechnologie langzaam zien integreren tot kleinere dataloggende RFID-tags. De term die daarvoor wordt gebruikt is ook wel "Datachat". In het ultieme geval zullen individuele verpakkingen zelf gaan aangeven of de inhoud nog aan de kwailiteitseisen voldoet.



Figuur 5.3.7. Een verpakking met "datachat" en een groeipad voor de technologie van RFID-tags met ingebouwde sensor en datalogger.

Een aantal bedrijven hebben een systeem ontwikkeld waarmee temperatuur gemeten en op afstand doorgeven kan worden. Daarnaast heeft een Nederlandse bedrijf voor de veesector een kleine transponder ontwikkeld (60x7 mm), welke naast een identificatiecode ook temperatuur en beweging kan meten en opslaan. Deze transponder heeft een kleine batterij, een levensduur van 1 tot 2 jaar en een uitleesafstand van maximaal een halve meter.

Autonoom metende en zendende sensoren

Hier zien we een recente ontwikkeling uit Amerika voor de verssector (FreshLoc). Dit systeem is gebaseerd op kleine draadloze sensoren die autonoom uitzenden. Ze kunnen continue en

automatisch informatie over temperatuur en vochtigheid meten, verzamelen en versturen via een beveiligde internet verbinding. De afstand die overbrugt kan worden naar een gateway kan oplopen tot 100 m. Nadeel bij deze technologie is dat die niet voldoet aan de Europese regelgeving en de Amerikaanse leverancier geen aspiraties heeft om het systeem aan te passen.

Sensor netwerken (zenden en ontvangen)

Een betrekkelijk nieuwe technologie waar veel van verwacht wordt zijn de draadloze sensor netwerken. We kennen die technologie ook wel onder de naam "Sensor dust", "zaaibare sensoren" of Personal Area Networks (PAN). Het betreft miniatuur sensoren die tevens draadloze communicatie apparatuur aan boord hebben om met naburige sensoren te kunnen praten (zenden én ontvangen). De sensoren hebben zelf een kleine energievoorziening aan boord. Daardoor zijn de afstanden die overbrugd kunnen worden beperkt. Het verkrijgen van de data van een enkele sensor verloopt daarom via andere sensoren die de informatie alleen maar doorsturen. Er kunnen zo hele sensornetwerken opgebouwd worden. Kenmerkend is het lage energieverbruik en de lage kostprijs per sensor-node. Er is inmiddels al technologie op de markt. Een van de eerst beschikbare is het ZigBee-concept (werkend op 868/900 MHz), dat ontwikkeld en beheert wordt door de ZigBee Alliance. Standaarden voor deze technologie, zeker voor de landbouw, zijn nog in ontwikkeling. A&F werkt binnen het LOFAR-project aan deze standaardisatie voor landbouwkundige toepassingen.

5.4 Communicatie- en lokalisatietechnologie (netwerken)

Naast de technologie voor identificatie en monitoring zal een systeem, voor tracking en tracing ook een inrastructuur moeten hebben om informatie te verzamelen, te communiceren en vast te leggen. Binnen deze quickscan voert het te ver om alle systemen die daarvoor voorhanden zijn de revue te laten passeren. Wel zullen een aantal communicatiestandaarden en methoden genoemd worden. Verder is het soms belangrijk om daarnaast de locatie te kennen van het product op het moment dat een data-uitwiseling plaats heeft. Voor uitleesstations met een bekende positie is de plaats bekend, maar met name voor producten die van plaats kunnen wisselen in de keten kan het wel essentieel zijn om een plaatsbepaling uit te voeren.

5.4.1 (Data) Communicatie

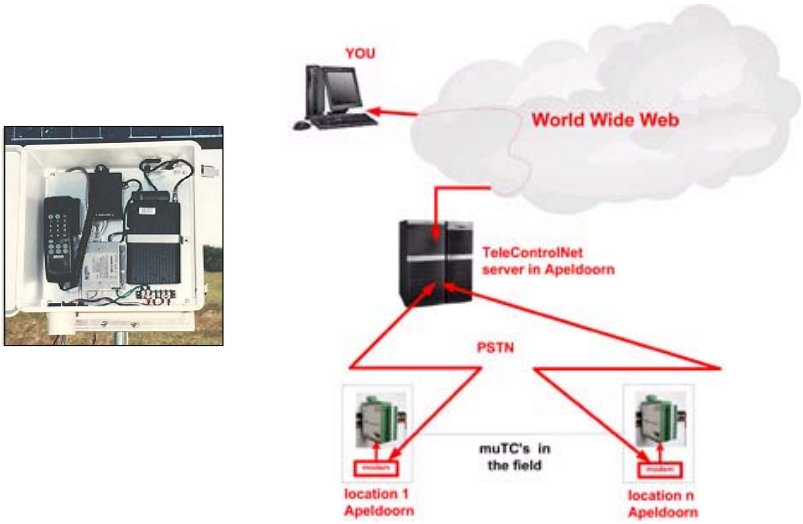
5.4.1.1 Infrarood communicatie

Voor het draadloos overzenden van data kan een optische infra-link dienst doen. We kennen deze technologie van bijvoorbeeld onze TV-afstandsbediening. Een aantal dataloggers werkt ook volgens dit concept.

5.4.1.2 (Mobiele) Telefonie (GSM en andere netwerken)

De telefoonlijn kan gebruikt worden om via een modem digitale informatie uit te wisselen tussen verschillende computersystemen. Steeds vaker wordt ook de mobiele telefoon (GSM) voor dit doel gebruikt eventueel gekoppeld aan een laptop computer. Verbindingen kunnen automatisch tot stand worden gebracht en een centrale computer kan zo een remote datalogger op bellen om

die uit te lezen. Herprogrammeren van de datalogger of complete computersystemen is zelfs mogelijk. Vaak gebruiken deze systemen ook het SMS-protocol daarvoor, wat de dataoverdracht snel en goedkoop maakt. In de tuinbouw kennen we dergelijke systemen ook van de weerstations die remote uitgelezen kunnen worden.



Figuur 5.4.1. Voorbeeld van remote logging en uitlezing via GSM (links). Internet Applicaties voor remote besturing (Telecontrol Net en InterAct, Apeldoorn).

5.4.1.3 Internet

Internet (een globale koppeling van alle mogelijke computersystemen) maakt het mogelijk voor gebruikers om op afstand de voorraad te beheren, te raadplegen en orderinformatie in te zien. Internet kan er bestaan voor lokale toepassingen (intranet) of ook voor een beperkte hoeveelheid groep gebruikers (leveranciers en afnemers) welk dan extranet genoemd wordt. Zaken die nu mogelijk zijn met internet is bijvoorbeeld E-commerce. Internet zelf kan gebruik maken van allerhande communicatie media (ADSL, telefoon, ISDN e.d.). Moderne mobiele telefoons maken gebruik van "i-mode" een technologie om via de GSM toegang te krijgen tot internet voor het surfen en e-mailen. Op deze manier krijgt een gebruiker toegang tot wereldwijde informatie op ieder plek die maar denkbaar is. Als voorbeeld kunnen we noemen, dat Groeinet samen met het Productschap Tuinbouw ten behoeve van de standaardisatie van gegevensuitwisseling in de tuinbouw het concept "Datatuin" heeft opgezet.

5.4.1.4 Blue Tooth

Dit is een standaard welke het mogelijk maakt om computers en computerrandapparatuur draadloos met elkaar te laten communiceren. Via een blue tooth verbinding kunnen we een draagbare computer of Personal Digital Assitant (PDA) data uit laten wisselen met een PC of een printer aan laten sturen. Blue tooth is bedoeld voor bijvoorbeeld kantooromgevingen of daar waar de te overbruggen afstanden beperkt zijn.

5.4.1.5 WIFI en Wireless LAN

Een wireless LAN is een draadloos lokaal netwerk. Via deze methode kunnen computers met elkaar communiceren zonder dat daar draden bij aan te pas komen. De afstanden die overbrugt kunnen worden liggen in de orde van enkele tientallen meters tot meerdere kilometers. WIFI staat voor wireless fidility en geeft aan dat apparatuur aan hoge standaard eisen voldoet voor communicatie, gevoeligheid en veiligheid. De techniek stelt ons bijvoorbeeld in staat om zittend in het park met onze laptop te surfen. Ook het aanleggen van een thuisnetwerk zonder kabels behoort tot de mogelijkheden.

5.4.1.6 Electronic Data Interchange (EDI)

Dit is de eerste aanzet om communicatie over een globaal netwerk te gebruiken.

5.4.1.7 XML

e-Centre is nu bezig met de ontwikkeling van een vereenvoudigde vorm van EDI: "Simple-EDI". Deze standaard produceert XML (extensible mark-up-language) wat een nauwe verwant is van HTML dat alom gebruikt wordt voor internet toepassingen. XML is een eenvoudige manier van datauitwisseling. Berichten bevatten voor ieder element naast de data ook een beschrijving van die data. XML werkt via internet, is interactief (voor kleinere gebruikers) en werkt 1 op n. Microsoft heeft een vooraanstaande positie bij de promotie van deze standaard (Biztalk). Waarschijnlijk zal deze standaard wereldwijd gebruikt gaan worden. Aan de andere kant zijn er ook andere standaarden welke daarnaast in gebruik zullen zijn.

5.4.1.8 EDIFACT

EDIFACT werkt via een telefoonverbinding, is batchgewijs, voor grotere gebruikers en werkt 1 op 1. Er zijn syntaxverschillen met XML. EAN kiest duidelijk voor EDIFACT, en het algemene idee is dat EDIFACT en XML naast elkaar zullen blijven bestaan.

5.4.2 Plaatsbepaling

5.4.2.1 Satelietnavigatie (GPS)

GPS staat voor Global Positioning System en is in het leven geroepen en wordt onderhouden door de Amerikaanse overheid. In eerste instantie met name bedoeld voor militaire doeleinden. Het systeem bestaat uit een netwerk van 24 satellieten, die rond de aarde draaien. Ieder van deze satellieten draait twee keer per dag in een vaste baan om de aarde en zendt een uniek signaal uit. Met een GPS-ontvanger kunnen deze unieke signalen worden opgevangen en verwerkt. Met behulp van deze informatie en een in de ontvanger ingebouwde almanak kan de GPS-ontvanger de positie berekenen en de verplaatsing registreren.
De GPS ontvanger ziet alleen de satellieten die op dat moment boven de horizon staan, meestal zijn dat er een stuk of zes. Overal ter wereld zijn deze te ontvangen. Het weer speelt hierbij geen rol. Het GPS systeem vertelt je dus altijd tot op enkele (15) meters nauwkeurig waar je op aarde bent. Steeds wordt de positie opnieuw berekend waardoor het mogelijk is om snelheid, richting en hoogte exact te bepalen. Verder wordt informatie gegeven over de exacte tijd, de

zonsopkomst en ondergang. GPS is bij een breder publiek nu bekend door de toepassing als navigatie hulpmiddel voor in de auto.
GPS is verkrijgbaar in verschillende nauwkeurigheidsvarianten. Toepassingen op centimeter niveau voor bijvoorbeeld precisielandbouw kosten al gauw enkele 10-duizenden euro's. Er is een ontwikkeling gaande waarbij de combinatie van een RFID-tag met draadloze communicatie en positiebepaling wordt nagestreefd. Apparatuur welke leverbaar is, is op dit moment echter nog redelijk duur en groot qua uitvoering.



Figuur 5.4.2. Voorbeeld van een palmtop PC met GPS antenne, een GPS antenne werkend via bluetooth protocol, en een handheld GPS ontvanger.

5.4.2.2 Plaatsbepaling via radiotelemetrie

Er bestaan *GPS-tags* die gebruikt worden om de positie van objecten vast te stellen en te volgen, met een zendbereik van 150 à 300 meter. Dat werkt echter niet op het Global Postioning System (GPS) via satelliet, maar via een infrastructuur van radioantennes die het bedrijf zelf moet plaatsen. Bovendien kost zo één GPS-tag ongeveer 100 euro. Sommige autoconstructeurs gebruiken het om hun wagenpark te bewaken. Als een auto buiten een bepaalde grens gedetecteerd wordt, gaat er een alarm af. Dure GPS-tags worden zorgvuldig hergebruikt.

5.5 Toepassingen in de bomen- en plantenteelt

Doel van deze quickscan is te kijken welke technieken en methoden uit de groenten- en verssector met meerwaarde benut zouden kunnen worden in de boom- en plantensector. Vanuit de verzamelde informatie zal nu een doorkijk gegeven worden voor mogelijkheden voor identificatie en monitoring.

5.5.1 Identificatie

5.5.1.1 Boomteelt

Ten aanzien van identificatie kunnen we zeggen dat de eerste stappen van de toepassing van RFID tags al gezet zijn. In de gemeente Bloemendaal (Haarlem-Noord) is twee jaar geleden een proef met RFID tags gestart (zie bijlage). RFID tags werden daarbij onder de boomschors geplaatst met het doel beter onderhoud en kostenbesparing. Hier werden de tags pas bij de afnemer (de gemeente) geplaatst. RFID-tags kunnen in principe al bij de kweker ingebracht

worden bij jonge bomen, en de gehele levensduur van de boom meegaan door de hele leveringsketen heen.
Alle informatie over de individuele boom die tijdens de teelt, het transport en het onderhoud verzameld is, kan zo bijgehouden worden in een database. De tag zelf bevat alleen een id-code welke uitgelezen wordt op die momenten dat er handelingen aan of rond de boom gepleegd worden. De database wordt op dat moment met de id-code en de extra informatie over de behandeling gevuld. Gedacht kan daarbij worden aan verplanten, verladen, water geven, enten, snoeien, etc. Een systeem kan bestaan uit tags die in iedere boom geplaatst worden, een (hand) uitleesapparaat met mogelijkheid tot invoeren van de handelingen, een GPS-faciliteit voor het lokaliseren van de handelingsplaats (mogelijk gecombineerd met de palmtop PC), een centrale computer (PC) welke via internet verbonden is met een centrale database en die de handcomputers kan uitlezen. Alle schakels uit de keten (producent, transporteur, onderhoudsbedrijven, gemeenten) moeten deze faciliteiten hebben, en ook (beveiligde) toegang tot de centrale database. De centrale database zou beheerd kunnen worden door een onafhankelijk bureau of bedrijf. Daarvoor dienen zich al partijen in andere markten aan.
Een van de belangrijke voordelen van RFID-tags ten opzichte van barcodes is dat deze onlosmakelijk (door injectie) in de boom gebracht worden. Barcodes zijn toe te passen maar hebben het nadeel dat deze optisch uitleesbaar zullen moeten blijven en via een drager (plastic schijfje) met de boom gekoppeld moeten zijn, en eerder beschadigd raken dan RFID-tags.

5.5.1.2 Plantenteelt

Bij de plantenteelt ligt e.e.a. anders. Planten hebben een andere fysieke vorm en zijn van zachter, flexibeler en meer variabel materiaal gemaakt. Het vastmaken van een label (barcode of RFID) ligt hier wat moeilijker. Het injecteren van RFID-tags is nauwelijks mogelijk omdat takken te dun zijn (overigens: Wat te doen als een tak met de tag bijvoorbeeld gesnoeid wordt?) Een mogelijkheid zou een visueel, of wellicht een RFID, label kunnen zijn dat onlosmakelijk aan de onderstam van de plant of struik bevestigd kan worden.
Individuele planten of struiken vertegenwoordigen een lagere waarde dan bijvoorbeeld een (zeldzame) laanboom. Investering in RFID-technologie zal dan vaak niet opwegen tegen de voordelen van elektronische tags. Het labelen van individuele planten zelf ligt dan ook niet zo voor de hand. Hier zal qua identificatie eerder gedacht worden aan het labelen van potten of containers met barcodes of pallets en grotere batches met RFID-tags. In eerste instantie zal dit voor logistieke doeleinden gebeuren, in navolging wat in andere logistieke ketens gebeurt. Wel biedt deze labeling natuurlijk mogelijkheden om ook monitoring toe te laten en ook behandelingen van batches planten te registreren in navolging wat bij bomen gedaan kan worden.

5.5.2 Monitoring

Bij monitoring komen we aan bij het bewaken van de kwaliteit van bomen en planten. De kwaliteit die hier bedoeld wordt is de levensverwachting van de boom bij de eindgebruiker. Een boom die tijdens transport bevroren is geweest zal bijvoorbeeld het eerste jaar redelijk uitzien,

maar na verloop van tijd toch afsterven. Het garanderen van deze kwaliteit door de teler is dan ook een belangrijk gegeven, en aansprakelijkheid bij calamiteiten speelt daarbij een grote rol.
In navolging bij versketens waarbij kwaliteit, houdbaarheid en voedselveiligheid een rol spelen kunnen we bij bomen en planten kwaliteit koppelen aan directe metingen van het product maar ook aan indirecte metingen van de omgeving via kwaliteitsverloopmodellen. Het monitoren van de condities van temperatuur, lucht en bodemvochtigheid en nutriëntengift komen daarbij in aanmerking. Aan het ontwikkelen van de modellen zal aandacht besteed moeten worden.
Het monitoren van deze parameters bij individuele bomen en planten lijkt in eerste instantie wat te hoog gegrepen, maar is zeker niet ondenkbaar. Zowel bij de teler als de eindgebruiker zijn daar mogelijkheden. Er dienen zich al technologieën aan die temperatuur en luchtvochtigheid in een kleine tag meten en loggen.
Het volgen van batches, groepen bomen of planten (tijdens teelt, vervoer, opslag en bij eindgebruiker) is in eerste instantie mogelijk met losse apparatuur zoals de beschreven dataloggers (RV en Temp), weerstations of bodemvochtmeters. Deze metingen kunnen dan telkens elektronisch gekoppeld worden in de database met gegevens van individuele bomen. Vorstschade tijdens een transport in de winter kan zo opgemerkt worden voor alle bomen die in de vrachtauto opgeslagen werden. Ook kan het wortelmilieu (watergehalte en geleidbaarheid) op regelmatige tijdstippen gemeten worden en vastgelegd.

Bronnen:
Van den Assem, 2004. RFID in Duitsland: kansen en bedreigingen, TWA nieuws, jaargang 43- nr 2.
Federatie Agrotechniek, Productschap Tuinbouw, Senter en DLV-Plant, 2004. Resultaat van studie en sensorensymposium.
AIM Nederland
EAN Nederland
http://www.ean.nl
Workshop T&T, verslagen Interactieve Sessies

5.6 Bijlage

RFID – Een algemene beschrijving

(Integraal overgenomen uit: Van Assem, 2004)

RFID houdt de gemoederen bezig. Het is de technologie die onze huidige streepjescode zal gaan vervangen. Het zal klanten, leveranciers en producenten van veel meer informatie kunnen voorzien dan nu mogelijk is. RFID is een stap naar de real-time onderneming, waarin alle benodigde informatie "a la minute" beschikbaar is. Men hoopt op deze manier beslissingen sneller te kunnen nomen. RFID-technologie kan veel informatie opslaan en beschikbaar maken, of juist deze beschikbaarheid is ook het knelpunt bij het invoeren van deze technologie op de markt.

RFID staat voor Radio Frequency Identification. RFID is een chip die voor de opslag van data benut wordt. De data kunnen op de chip geschreven worden, om vervolgens weer van de chip worden gelezen. Met behulp van een geïntegreerde antenne kan de

chip contact krijgen met een zender-ontvanger in de directe omgeving. De afstand waarover de data kunnen worden overdragen is afhankelijk van de bouwwijze van de chip, en kan variëren van tientallen centimeters tot enkele tientallen meters.
Een batterij is niet nodig. De chip wordt geactiveerd door het magneetveld afkomstig van het lees- en schrijfapparaat, en dat via de antenne een spanning in de chip opwekt. Hierdoor kan de data- uitwisseling plaatsvinden. De informatie wordt via hoge frequentie-radiostraling draadloos overgedragen. Het lees-schrijfapparaat kan de informatie die op de chip opgeslagen is lezen, maar kan ook nieuwe informatie op de chip schrijven. Het lees-schrijfapparaat kan een mobiele handheld computer zijn, of een vaste computer. De opgevangen data worden den via deze computer naar een centraal systeem geleid.
De RFID-techniek is mogelijk geworden door de voortgang van de miniaturisering -op dit het moment hebben de chips de grootte van een fruitvliegje- en door een goedkope productie van de RFID-etiketten (of tags) zelf. Door deze kostenreductie kunnen de etiketten veelvuldig worden ingezet zonder de kosten in de productie of van het eindproduct duidelijk zichtbaar te verhogen. Een groot voordeel is ook dot microchips robuust zijn en goed tegen hoge temperaturen en vervuiling bestand.
De verwachtingen van deze nieuwe technologie zijn groot. Toepassingen zullen vooral te vinden zijn in productieprocessen, logistiek en handel. Toepassingen in productieprocessen liggen bijvoorbeeld in de mogelijkheid om de status van productie ten alle tijden afroepbaar te maken. De chips kunnen informatie afgeven die invloed kan hebben op de aansturing van de materiaalstromen. Daarnaast kunnen de etiketten ook op onderdelen van hoogwaardige apparatuur ingezet worden, die zo gemonitord kan worden ten behoeve van onderhoud en vervanging.
In de logistiek is het doel om de positie en toestand van productie vanaf het begin van het productieproces tot de aflevering in de supermarkt te kunnen volgen. Het organisatieadviesbureau A.T. Kearny heeft berekend dat bij een volledige inzet van de RFID-technologie in de logistiek van handelsketens de kosten wereldwijd met ongeveer €6 miljard verlaagd kunnen warden. Aangezien ladingen kunnen worden gevolgd, zal er "minder van de vrachtwagen vallen". RFID kan op deze manier een beveiliging zijn tegen diefstal.
In de toekomst zal een klant met een winkelwagentje een zone met een RFID-leesapparaat kunnen binnenrijden, en binnen enkele seconden het te betalen bedrag op het scherm kunnen zien. Winkelen wordt zodoende efficiënter voor de klant, maar ook voor de winkel. Door te weten wat de klant allemaal gekocht heeft, heeft de winkel bovendien zicht op zijn voorraad.
RFID biedt nog meer opties: de chip kan aan sensoren gekoppeld worden, waardoor de toestand van het product gemeten kan worden en doorgegeven aan de leverancier of de ontvangende partij.
Het Duitse bedrijf Microsensys heeft zo een combinatie tot stand gebracht, waarbij een chip met een temperatuursensor ingezet kan worden bij het transport van bederfelijke waren als fruit, melk, vlees, diepvriesproducten, bloemen of zelfs bloed. De chips geven het temperatuurverloop tijdens transport weer en kunnen onbegrensd worden ingezet. Na ontvangst van de bestelde goederen kan de ontvangende partij de chips, inclusief sensor, gewoon weer per post naar de leverancier opsturen. De sensoren van dit bedrijf hebben een meetbereik van -30 graden tot 85 graden Celsius, en zijn niet alleen toepasbaar voor consumentenproducten maar ook in de industriële sector. Dit bedrijf is wereldwijd hot enige bedrijf dat een vergunning heeft om vliegtuigonderdelen met RFID te documenteren.
RFID wordt gezien als de technologie voor de handel van de toekomst: de goederen zijn sneller op de eindlocatie, foute leveringen kunnen worden vermeden, het beheer van de opslag wordt makkelijker en eenvoudiger, en er is minder opslagruimte nodig. Het gaat lijken op just-in-time bevoorrading voor veel meer gebieden dan waar we het tot nu toe toegepast wordt.
Op het moment is de vraag wanneer de chips voor verschillende soorten producten beschikbaar zullen zijn. Op het moment zijn de kosten van de etiketten nog te hoog voor bijvoorbeeld het gebruik in kleine verpakkingen. Dit laat onverlet dat de eerste proeven met deze nieuwe technologie al van start zijn gegaan, omdat voor de toekomst een verdere prijsdaling wordt verwacht, zodat de etiketten ook interessant zijn voor gebruik met individueel verpakte producten.

In de Verenigde Staten is de winkelketen Wall-Mart gestart met het toepassen van RFID-etiketten in enkele van haar supermarkten. Met behulp van RFID-etiketten kan productinformatie draadloos aan een centraal voorraadsysteem overgedragen warden. Hierdoor kunnen pallets en dozen met goederen gevolgd warden gedurende bet hele distributieproces. Het grootste supermarkt- en handelsconcern in Duitsland, Metro, is ook bezig met het testen van de etiketten in de distributieketen van een van haar winkels.

Het klinkt allemaal erg veelbelovend en dat is het waarschijnlijk ook. Maar er zijn ook bezwaren tegen de technologie opgeworpen. In Duitsland zijn de RFID-etiketten bij consumenten en gegevensbeschermers zeer omstreden, zodat consumentenverenigingen ertegen in opstand zijn gekomen. De chips geven informatie vrij over klantengedrag, en winkels krijgen zodoende inkijk in individueel koopgedrag, dat ook behoort tot de privé-sfeer van de klant. In Duitsland wordt ook wel gesproken van de 'transparante' klant. De weerstand tegen het gebruik van deze chips neemt dan ook toe, wat weer stuit op onbegrip van de industrie.

Het Metroconcern heeft in zijn testwinkel Future-Store bijvoorbeeld RFID-chips op klantenkaarten gezet, maar vervolgens weer moeten intrekken. Bij de huidige klantenkaarten, de zogeheten payback-kaarten, kunnen de klanten zelf bepalen of zij de winkel informatie over zichzelf willen verstrekken of niet. Bij gebruik van RFID wordt deze informatie automatisch verstrekt, en zonder dat de klant zich daar bewust van is. Hier ligt zeker nog de uitdaging voor onderzoekers en industrie een manier te vinden om met deze bezwaren om te gaan.

Een ander, ook voor de industrie zeer zorgelijk, probleem is bedrijfsspionage. RFID-chips kunnen door ieder RFID- leesapparaat geactiveerd en zodoende gelezen worden. Met de gelezen informatie kan de spion erachter komen wanneer en waar welk (tussen)product is geproduceerd en voor wie dit bedoeld is. Belangrijke gegevens over bedrijfsorganisatie kunnen op deze manier bloot gelegd worden. Het schijnt dat ook hier nog veel werk te doen is aan de RFID-chips met al hun mogelijkheden af te schermen van ongewenste gebruikers. Een probleem waar sinds kort aan wordt gewerkt is de ontwikkeling van standaarden voor RFID-technologie. Tot op heden hebben de ontwikkelaars en gebruikers van de technologie verzuimd om die te bepalen. Derhalve werken Metro, Wal-Mart, het Britse supermarktconcern Tesco, de Franse supermarktketen Carrefour en chipsproducent Intel samen aan een gestandaardiseerde Electronic Product Code(EPC).

De problemen ten spijt staat RFID-technologie op het punt om breed ingevoerd te worden. De verwachting is dat deze technologie wereldwijd en op grote schaal toegepast kan worden. Dit betekent voor de komende jaren nog veel werk voor testlaboratoria. Het onderzoeksinstituut Fraunhofer lnstitut für Fabriekbetrieb und -automatisierung (FhG-IFF) heeft in samenwerking met Siemens Business Services in Maagdenburg een RFID-testlaboratorium ingericht. Hier wordt onder andere getest tot welke snelheid materialen en goederen langs een RFID-leesapparaat kunnen worden getransporteerd zonder dat de gegevens onleesbaar worden. Ook onderzoekt FHG-IFF hoe de etiketten reageren op bijvoorbeeld temperatuurveranderingen, trillingen, schokken of chemische substanties. Het instituut is ook van plan om in de toekomst RFID-systemen op locatie in de logistieke organisatie van een bedrijf te integreren. Indien dat dan succesvol verloopt, zal een industriële partner de verdere begeleiding op zich kunnen nemen.

De introductie van RFID op de markt zal binnen de komende twee á drie jaar plaatsvinden. De vraag blijft of de invoering soepel en goed zal verlopen, of dat de bezwaren van consumentenverenigingen en de gevaren van bedrijfsspionage de overhand zullen krijgen. Gelukkig is er nog tijd om technische en maatschappelijke oplossingen te vinden voor deze problemen.

V.T.A. onderzoek in Haarlem

(http://www.haarlem.nl/smartsite21709.htm)

Een V.T.A. (Visual Trees Assesment) onderzoek is een onderzoek bij bomen. Tijdens het onderzoek worden de bomen bekeken op de veiligheid voor de omgeving. Bomen die een gevaar vormen voor de omgeving, zoals een verhoogd risico op afbreken van takken of het omwaaien van de boom, krijgen een aparte status. Deze status is onder te verdelen in drie categorieën de A – B – en C bomen. Dit houdt in dat een A - boom het meeste risico met zich meebrengt. Bomen langs drukke gebieden, langs hoofdwegen en in de buurt van schoolpleinen of kinderspeelplekken krijgen de status als A - boom. De B - bomen staan op wat minder drukke plekken en de C - bomen staan meestal in windsingels of afgelegen gebieden. Vanuit deze inspectie worden er selecties gemaakt van wat in de toekomst met de boom gaat gebeuren. Dit kan zijn: controle om de 5 jaar, controle om de 3 jaar, controle om het jaar, jaarlijkse controle, nader onderzoek, op de rooilijst plaatsen, noodkap, snoeien.

Een boom die het predikaat 'nader onderzoek' krijgt, daar voert een specialist een onderzoek uit met bepaalde gereedschappen om te kijken of de boom geen gevaar oplevert voor de omgeving. Bomen met het predikaat 'jaarlijks onderzoek' worden elke jaar gecontroleerd. De bomen die het predikaat 'op de rooilijst plaatsen' krijgen, daar wordt een kapvergunning voor afgegeven. Deze bomen worden op de jaarlijkse rooilijst geplaatst en worden in de periode van december tot februari gekapt. Bomen die het predikaat 'noodkap' krijgen worden binnen enkele dagen gekapt. Bij deze bomen hoeft niet gewacht te worden op een kapvergunning, daar wordt een mondelinge toezegging van een kapvergunning op voorhand al verleend in verband met de veiligheid. Achteraf wordt nog eens een schriftelijke toestemming verleend.

In 2003 is een start gemaakt met het V.T.A. onderzoek. In elke boom die onderzocht is, wordt een chip met een code geplaatst. In de chip staan alle gegevens van de boom die tijdens het onderzoek verzameld zijn. De gegevens

6 Conclusies

Variabel planten, plaats specifieke stikstof bemesting, precisie onkruid bestrijding, precisie bespuiting voor gewasbescherming en karakteriseren van de boomstructuur tijdens de ontwikkeling lijken toepassingen uit precisielandbouw die kunnen bijdragen aan een duurzame boomteelt. Omdat technieken zijn ontwikkeld voor akkerbouw zal ontwikkeling en ondersteunend onderzoek noodzakelijk zijn. Hierbij kan een gedetailleerdere literatuurstudie naar technieken uit de (buitenlandse) fruitteelt en wijnbouw mogelijk nieuwe aanwijzingen opleveren.

Robots kunnen ingezet worden bij snoeien, dit gebeurt al in de praktijk, o.a. bij buxus en laurierboom. Met kan denken aan stekmachines analoog aan de Rombomatic of bijvoorbeeld aan stoksteekmachines. Bij de laanbomen kan men denken aan bijvoorbeeld machines voor het aanbinden van bomen (hier is onderzoek naar gedaan). Voor vaste planten kan men denken aan mobiele teeltsystemen, zoals voor rozen en gerbera's. Ook het oogsten zou geautomatiseerd kunnen worden. Van belang hierbij is dat niet zozeer de oplossingen uit andere sectoren direct worden overgenomen, maar dat deze kennis en deze ideeën in de boomteelt worden toegepast. In de boomteelt kunnen mobiele teeltsystemen worden toegepast voor bijvoorbeeld de container teelt. Van belang hierbij is dat men op een evenwichtige manier arbeid gaat besparen.
De methodes voor geavanceerde mechanische onkruidbestrijding uit de akkerbouw kunnen in principe, misschien met enkele aanpassingen in bepaalde delen van de boomteelt worden toegepast. Autonome voertuigen in allerlei vormen kunnen op dezelfde manier worden toegepast als in de akkerbouw.

Bekende optische identificatie technieken in de bomen en plantenteelt zijn de labels al of niet voorzien van barcodes. Daarnaast is het denkbaar dat er labels met elektronische identificatie technieken gebruikt kunnen worden, die op bedrijfsniveau ingezet worden in het kader van verzorging of voorraadbeheer. Deze labels kunnen op afstand gelezen worden b.v. vanaf de trekker. Bij het verlaten van de bomen c.q. plantenmateriaal van het bedrijf, kunnen de labels verwijderd worden en opnieuw ingezet worden. Een goede data base is daarbij een vereiste. Daarnaast is het mogelijk om met behulp van injectaten met transponders unieke identificatie aan te brengen in bomen om zo een sluitend tracing en tracking systeem te garanderen.
Voor de plantenteelt kan men denken aan partijen of verpakt plantmateriaal elektronisch te identificeren om zo een sluitend systeem te garanderen. Een valkuil bij de introductie van elektronische identificatie systemen is het grote scala aanbieders van allerlei systemen op deze markt. Standaardisatie is een vereiste voor het welslagen van elektronische identificatie bij de toepassing van een sluitend tracing en tracking systeem in de bomen en plantenteelt.

Ten aanzien van identificatie kunnen we zeggen dat de eerste stappen van de toepassing van RFID tags al gezet zijn. In de gemeente Bloemendaal (Haarlem-Noord) is twee jaar geleden een proef met RFID tags gestart. RFID tags werden daarbij onder de boomschors geplaatst met het doel beter onderhoud en kostenbesparing. Hier werden de tags pas bij de afnemer (de gemeente)

geplaatst. RFID-tags kunnen in principe al bij de kweker ingebracht worden bij jonge bomen, en de gehele levensduur van de boom meegaan door de hele leveringsketen heen.
Alle informatie over de individuele boom die tijdens de teelt, het transport en het onderhoud verzameld is, kan zo bijgehouden worden in een database. De tag zelf bevat alleen een id-code welke uitgelezen wordt op die momenten, dat er handelingen aan of rond de boom gepleegd worden. De database wordt op dat moment met de id-code en de extra informatie over de behandeling gevuld. Gedacht kan daarbij worden aan verplanten, verladen, water geven, enten, snoeien, etc. Een systeem kan bestaan uit tags die in iedere boom geplaatst worden, een (hand) uitleesapparaat met mogelijkheid tot invoeren van de handelingen, een GPS-faciliteit voor het lokaliseren van de handelingsplaats (mogelijk gecombineerd met de palmtop PC), een centrale computer (PC) welke via internet verbonden is met een centrale database en die de handcomputers kan uitlezen. Alle schakels uit de keten (producent, transporteur, onderhoudsbedrijven, gemeenten) moeten deze faciliteiten hebben, en ook (beveiligde) toegang tot de centrale database. De centrale database zou beheerd kunnen worden door een onafhankelijk bureau of bedrijf. Daarvoor dienen zich al partijen in andere markten aan.
Een van de belangrijke voordelen van RFID-tags ten opzichte van barcodes is dat deze onlosmakelijk (door injectie) in de boom gebracht worden. Barcodes zijn toe te passen maar hebben het nadeel dat deze optisch uitleesbaar zullen moeten blijven en via een drager (plastic schijfje) met de boom gekoppeld moeten zijn, en eerder beschadigd raken dan RFID-tags.
Bij de plantenteelt ligt e.e.a. anders. Planten hebben een andere fysieke vorm en zijn van zachter, flexibeler en meer variabel materiaal gemaakt. Het vastmaken van een label (barcode of RFID) ligt hier wat moeilijker. Het injecteren van RFID-tags is nauwelijks mogelijk omdat takken te dun zijn (overigens: Wat te doen als een tak met de tag bijvoorbeeld gesnoeid wordt?) Een mogelijkheid zou een visueel, of wellicht een RFID, label kunnen zijn dat onlosmakelijk aan de onderstam van de plant of struik bevestigd kan worden.
Individuele planten of struiken vertegenwoordigen een lagere waarde dan bijvoorbeeld een (zeldzame) laanboom. Investering in RFID-technologie zal dan vaak niet opwegen tegen de voordelen van elektronische tags. Het labelen van individuele planten zelf ligt dan ook niet zo voor de hand. Hier zal qua identificatie eerder gedacht worden aan het labelen van potten of containers met barcodes of pallets en grotere batches met RFID-tags. In eerste instantie zal dit voor logistieke doeleinden gebeuren, in navolging wat in andere logistieke ketens gebeurt. Wel biedt deze labeling natuurlijk mogelijkheden om ook monitoring toe te laten en ook behandelingen van batches planten te registreren in navolging wat bij bomen gedaan kan worden.
Bij monitoring komen we aan bij het bewaken van de kwaliteit van bomen en planten. De kwaliteit die hier bedoeld wordt is de levensverwachting van de boom bij de eindgebruiker. Een boom die tijdens transport bevroren is geweest zal bijvoorbeeld het eerste jaar redelijk uitzien, maar na verloop van tijd toch afsterven. Het garanderen van deze kwaliteit door de teler is dan ook een belangrijk gegeven, en aansprakelijkheid bij calamiteiten speelt daarbij een grote rol.
In navolging bij versketens waarbij kwaliteit, houdbaarheid en voedselveiligheid een rol spelen kunnen we bij bomen en planten kwaliteit koppelen aan directe metingen van het product maar

ook aan indirecte metingen van de omgeving via kwaliteitsverloopmodellen. Het monitoren van de condities van temperatuur, lucht en bodemvochtigheid en nutriëntengift komen daarbij in aanmerking. Aan het ontwikkelen van de modellen zal aandacht besteed moeten worden.
Het monitoren van deze parameters bij individuele bomen en planten lijkt in eerste instantie wat te hoog gegrepen, maar is zeker niet ondenkbaar. Zowel bij de teler als de eindgebruiker zijn daar mogelijkheden. Er dienen zich al technologieën aan die temperatuur en luchtvochtigheid in een kleine tag meten en loggen.
Het volgen van batches, groepen bomen of planten (tijdens teelt, vervoer, opslag en bij eindgebruiker) is in eerste instantie mogelijk met losse apparatuur zoals de beschreven dataloggers (RV en Temp), weerstations of bodemvochtmeters. Deze metingen kunnen dan telkens elektronisch gekoppeld worden in de database met gegevens van individuele bomen. Vorstschade tijdens een transport in de winter kan zo opgemerkt worden voor alle bomen die in de vrachtauto opgeslagen werden. Ook kan het wortelmilieu (watergehalte en geleidbaarheid) op regelmatige tijdstippen gemeten worden en vastgelegd.

7 Aanbevelingen

7.1 Precisielandbouw

Voor wat betreft precisielandbouw zijn de toepassingen binnen de boomteelt beperkt tot geavanceerde mechanisatie. Verschillende deelsectoren binnen de boomteelt sector kunnen technieken gebruiken uit de akkerbouw en tuinbouw. Goede kanshebbers zijn geavanceerde mechanische onkruidbestrijding, autonome voertuigen, robotisering voor bijvoorbeeld snoeien en mobiele teelten voor de containerteelt. Van belang is wel om de specifieke problemen van de boomteeltsector te erkennen en niet zondermeer technieken uit andere sectoren over te nemen. Ook belangrijk is om de arbeidsbehoefte goed in kaart te brengen en arbeidsreductie evenwichtig en efficiënt te doen. Voor een nieuwe methodiek te ontwikkelen, of uit een andere sector met aanpassingen over te nemen, is het belangrijk om eerst een goed programma van eisen op te stellen.

7.2 Tracing en tracking

Voor tracing en tracking lijken er goede mogelijkheden te zijn om bij kostbare laanbomen injectaten te gaan gebruiken. De gebruiker, zoals de gemeente hoeft deze dan niet meer aan te brengen, wat voor een meerwaarde zorgt. De teler kan met behulp van andere sensoren bijvoorbeeld gegevens over het weer of de bodemgesteldheid opslaan gedurende de hele levensloop van de boom op zijn bedrijf. Op dezelfde manier kunnen ook de transportomstandigheden worden opgeslagen en gekoppeld aan een individuele boom. Op deze manier is duidelijk waar de aansprakelijkheid ligt wanneer een boom niet aanslaat. Een invoering van injectaten staat of valt met standaardisatie. Dit moet vroegtijdig opgestart worden, zodat voorkomen wordt dat er verschillende, niet compatibele systemen in omloop komen.
Voor overige gewassen kan dit bovenstaande ook uitgevoerd worden, maar daar zal het identificatiemiddel dan bijvoorbeeld op de transportkar worden aangebracht.

 ©Agrotechnology & Food Innovations B.V. Lid van Wageningen UR

8 Referenties

Bakker, T. (2003). Autonomous Weeding: Literature review. In: (Ed)), pp. 43. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.

Bontsema, J., C. J. Van Asselt and G. D. Vermeulen (2000). Intra-row weed control. In: *Proceedings 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control* (Ed)). Elspeet, The Netherlands.

Bontsema, J., K. Van Asselt and T. Groot (2002). Intra-row weed control. *Bornimer Agrartechnische Berichte,* **Heft 31,** 64-72.

Ehlert, D., V. Hammen and R. Adamek (2003). On-line sensor pendulum-meter for determination of plant mass. *Precision Agriculture. 2003;,* **4,** 139-148.

Frost, A. R. (1990). A Pesticide Injection Metering System for Use on Agricultural Spraying Machines. *Journal of Agricultural Engineering Research,* **46,** 55-70.

Goense, D. (1997). The accuracy of farm machinery for precision agriculture: a case for fertilizer application. *Netherlands Journal of Agricultural Science,* **45,** 199-215.

Goretta, N., et al. (2004). A region/contour based approach for segmenting complex scenes - application to cabbage/weed discrimination. In: *EurAgEng* (Ed)). Leuven.

Hayashi, S., et al. (2002). Robotic harvesting system for eggplants. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly,* **36,** 163-168.

Miller, P. C. H. (2003). Patch spraying: future role of electronics in limiting pesticide use. *Pest Management Science,* **59,** 566-574.

NN1 (2003). Soil-specific phosphoris and potassium recommendations - critical values, 2003. (http://www.ppi-ppic.org/far/farguide.nsf/$webindex/article=456B929786256E75005F4F79972E8856)

NN (2000). Programma van Eisen, te stellen aan Oormerken, Oormerktangen en Logistiek. (I&R- Bureau - LNV 2002)

Paice, M. E. R. and W. Day (1997). Using computer simulation to compare patch spraying strategies. *Precision agriculture '97 papers presented at the first European Conference on Precision Agriculture, Warwick University Conference Centre, UK, 7 10 September 1997 / European Conference on Precision Agriculture,* **Herndon, VA,** BIOS Scientific Pub., c1997.. p. 1421-1428.

Rupe, J., et al. (2003). Application of precision agriculture technology to define and manage nematodes and diseases of soybean. In: (Ed)), pp. Report of the University of Arkansas and the Arkansas Cooperative Extension Service, Arkansas, USA.

Scarlett, A. J., J. C. Lowe and D. A. Semple (1997). Precision tillage: in-field, real-time control of seedbed quality. *Precision agriculture '97 papers presented at the first European Conference on Precision Agriculture, Warwick University Conference Centre, UK, 7 10 September 1997 / European Conference on Precision Agriculture,* **Herndon, VA,** BIOS Scientific Pub., c1997.. p. 1503-1510.

Sikken, K. (2003). Mechanisatie stiefkind in boomteelt. *OOGST Tuinbouw,* **16,** 40-41.

Smits, A. C., et al. (2002). *IDEA project in Nederland: elektronische dieridentificatie*, Imag, Wageningen.

Sogaard, H. T. and T. Heisel (2002). Weed classification by active shape models. In: *EurAgEng* (Ed)).

Sommer, C. and H. H. Vosshenrich (2002). Bodenbearbeitung. In: *Precision Agriculture - Herausforderung an integrative Forschung, Entwicklung und Anwendung in der Praxis.* (Werner, A. (Ed)), pp. Darmstadt.

Steinert, M. Variable rate seeding technologies. (http://soil4213.okstate.edu/Student_Presentations/Variable%20Rate%20Seeding1.ppt)

Van Alphen, B. J. and J. J. Stoorvogel (2000). A methodology for precision nitrogen fertilization in high-input farming systems. *Precis agric. Boston : Kluwer Academic, [1999 . Dec 2000,* **2,** 319-332.

Van Bergeijk, J., D. J. Medema and D. Goense (2000). Spatial variability of sugar beet yield and quality and their relation with soil properties. In: *Fifth International Conference on Precision Agriculture* (Ed)). Bloomington, Minnesota, USA.

Van de Zande, J. C., et al. (2001). Tree shape and foliage volume map guided precision orchard sprayer: PRECISPRAY. In: *Workshop on "Spray Apllication Techniques in Fruit Growing* (Ed)). Leuven, Belgium.

van Henten, E. J., et al. (2002). An autonomous robot for harvesting cucumbers in greenhouses. *Autonomous Robots,* **13,** 241-258.

Van Henten, E. J., et al. (2003). Field test of an autonomous cucumber picking robot. *Biosystems Engineering. 2003;,* **86,** 305-313.

Vioix, J. B., J. P. L. Douzals and F. Truchetet (2004). Aerial detection and localization of weed by using multispectral and spatial approaches. In: *EurAgEng* (Ed)). Leuven, Belgium.

Wells, L. G., et al. (2000). Assessment of remote sensing for implementation of precision tillage. In: (Ed)). St Joseph, USA: American Society of Agricultural Engineers.,