# De rol van digitalisering in “Feeding and Greening the Megacities”

## *Digitaliseringsvisie glastuinbouw*

Foto: Pats Indoor Drone Solutions

Innovation Quarter

GREENPORT West-Holland

CONCEPT

# *De rol van digitalisering in "Feeding and Greening the Megacities"*

## Digitaliseringsvisie tuinbouw

CONCEPT

februari 2021

Colinda de Beer (InnovationQuarter)
Mario van Vliet (Greenport West-Holland)
Peter van der Sar (World Horti Center, Topsector T&U)
Woody Maijers (Greenport West-Holland)

# Inhoudsopgave


Inhoudsopgave ..... 4

Voorwoord door Martin van Gogh ..... 7

Samenvatting ..... 9

1 Inleiding ..... 11

2 Waarom deze visie? ..... 12

3 De opgaven voor de Nederlandse tuinbouw ..... 14

3.1 Kengetallen van de Nederlandse tuinbouw ..... 14

3.2 De strategie ‘Feeding and Greening the Megacities’ ..... 15

3.2.1 Nummer 1 in kennis & innovatie ..... 16

3.2.2 Produceren voor de West-Europese markt ..... 17

3.2.3 Kennis internationaal vermarkten ..... 17

3.3 Tuinbouwscenario’s ..... 18

3.3.1 Mondiaal concurreren ..... 18

3.3.2 Internationaal verantwoord ondernemen ..... 19

3.3.3 Individueel nationaal opereren ..... 19

3.3.4 Regionaal samenwerken ..... 20

4 Digitaliseringsvisie voor de tuinbouw ..... 21

4.1 Digitalisering: 3 niveaus ..... 21

4.2 Digitalisering in de tuinbouw: stand van zaken ..... 22

4.3 Digitalisering in de tuinbouw: de keten ..... 24

4.3.1 Veredeling ..... 24

4.3.2 Vermeerdering ..... 24

4.3.3 (Technische) toeleveringsbedrijven ..... 24

4.3.4 Projectontwikkelaars en kassenbouwers ..... 24

4.3.5 Productiebedrijven ..... 25

4.3.6 Handel, transport, verpakkingsbedrijven en afzet ..... 25

4.3.7 Retail ..... 25

4.3.8 Consument ..... 25


CONCEPT

4.4 Uitdagingen voor de Nederlandse tuinbouw ..... 26
4.4.1 Groene kennis ..... 26
4.4.2 Internationalisering ..... 27
4.4.3 Korte ketens ..... 28
4.4.4 Inspelen op consumentenwensen ..... 28
4.4.5 Afzet optimaliseren ..... 29
4.4.6 Efficiënter omgaan met resources ..... 29
4.4.7 Duurzaamheid ..... 30
4.4.8 Unmanned growing ..... 31
4.4.9 Mensen ..... 32
5 De toekomst van digitalisering in de tuinbouw ..... 33
5.1 Digitization ..... 33
5.2 Digitalisation ..... 33
5.2.1 Decision support ..... 34
5.2.2 Hardware & mechanisatie ..... 35
5.2.3 Sensing ..... 35
5.2.4 Afzet/consument: Traceerbaarheid & transparantie ..... 35
5.2.5 Benodigde acties ..... 35
5.3 Digital transformation ..... 37
5.3.1 Benodigde acties ..... 38
Conclusie ..... 41
Bronnen ..... 44
Bijlage ..... 46
Overzicht van technieken ..... 46
Artificial Intelligence (AI) ..... 46
Augmented Reality en Virtual Reality ..... 47
Big data ..... 47
Blockchain ..... 47
Connectivity ..... 48
Decision Support ..... 48
Digital Twins ..... 48
Drones ..... 48

CONCEPT

Internet of Things ..... 49
Robots ..... 49
Sensoren ..... 50
Sequencing Technology ..... 50
Vision Technology ..... 50
3D-printing ..... 50

CONCEPT

# Voorwoord door Martin van Gogh

**Groene Qubits**

In deze Digitaliseringsvisie Tuinbouw wordt helder beschreven hoe wij met digitalisering wereldwijd (weer) toonaangevend kunnen worden in de markt van groenten en groene sierproducten. Dat is de kern van de strategie “Feeding and Greening the Megacities”, die ik een paar jaar geleden mocht ontwikkelen en samenvatten in de veelgebruikte infographic. Die strategie bestaat uit de pijlers Kennis & innovatie, Producten en diensten verkopen aan (inwoners van) West-Europese megasteden en het Internationaal verkopen van zulke concepten. Om dit te bereiken is nieuwe technologie nodig. Maar het is vooral essentieel dat we anders denken én dat we ons realiseren dat digitalisering veel meer is dan een kans: het is een noodzaak om te overleven.

Neem bijvoorbeeld ‘quantum computing’, een technologie die lijkt te zijn weggelopen uit een science fiction-film, maar waar wij in Nederland (met name in Delft) vooroplopen op de rest van de wereld. Het nieuwe internet zou wel eens ‘made in Delft’ kunnen worden.
Om het verschil tussen traditionele en quantumcomputers te verduidelijken gebruikt onderzoeksbureau Gartner het voorbeeld van een bibliotheek. Een klassieke computer leest al die boeken stuk voor stuk achter elkaar. Een quantumcomputer begint meteen miljoenen boeken tegelijk te lezen en is ook eens nog sneller klaar.
Quantumcomputers werken dus totaal anders dan klassieke computers. Zij maken gebruik van de eigenaardigheden van deeltjes die kleiner zijn dan atomen. Gewone computers werken met bits. Ze kunnen slechts twee verschillende waarden aannemen: een eentje of een nulletje.
Quantumcomputers werken met ‘quantumbits’, kortweg ‘qubits’ genaamd. Die kunnen beide mogelijke staten tegelijk aannemen: aan én uit. Ze kunnen op een één, nul of allebei tegelijk staan.

‘Quantum computing’ is bijna voorbij het experimentele stadium, de eerste praktijktesten zijn gestart en er moet nog veel gebeuren. Als de technologie eenmaal goed werkt, dan kunnen de gevolgen immens zijn. De impact op tuinbouwapplicaties op gebied van kunstmatige intelligentie, ‘machine learning’ en datawetenschappen zou enorm zijn. Dat geldt ook voor de farmaceutische industrie, gezondheidszorg, security-industrie en energie. Verwacht wordt dat hele nieuwe producten, zoals superkrachtige batterijen, sterke vezels en roestbestendige verfsoorten, dankzij ‘quantum computing’ het licht zien. Denk ook aan klimaatsimulaties en slimme robots.
Quantumcomputers laten traditionele computers ver achter zich. Daarmee vormen zijn ze ook een ernstige bedreiging voor de cryptografie. Hun rekenkracht is zo groot dat versleutelde gegevens niet meer veilig zijn. Zelfs geavanceerde encryptie kan worden gekraakt. Wat dat betekent kunnen we ons amper voorstellen.

Er is geen twijfel over mogelijk dat onze tuinbouw op weg is naar een gedigitaliseerde toekomst. Om de productiviteit te verhogen en het concurrentievermogen te behouden, is digitalisering daarom onvermijdelijk. Deze fantastische ontwikkelingen creëren belangrijke kansen voor bedrijven in de tuinbouw, zowel in de primaire sector als in de toelevering.

De weg naar digitalisering zit echter ook vol uitdagingen. Met deze Digitaliseringsvisie Tuinbouw, die gaat over de rol van digitalisering in “Feeding and Greening the Megacities”, kan de sector kan zich wél voorbereiden op de digital transformatie, bijvoorbeeld door te werken aan het breed toegankelijk maken van data, het ontwikkelen van bewustwording en een open houding bij ondernemers. Want hoe digitaal de toekomst ook is, de mens blijft aan het roer en daarvoor heeft de mens – dus de ondernemer of medewerker – wel de juiste competenties nodig. Robotisering voorkomt gelukkig niet dat wij, de mensen in de sector moeten blijven nadenken, zeker over digitalisering.

---

*Martin van Gogh*
*Directeur Batenburg Techniek, lid Economic Board Zuid-Holland*

---

CONCEPT

# Samenvatting

Digitalisering biedt de Nederlandse glastuinbouw de kans wereldwijd (weer) toonaangevend te worden in groenten en sierproducten. Dat is de kern van de strategie 'Feeding and Greening the Megacities', die bestaat uit de pijlers Kennis & innovatie, Producten en diensten verkopen aan (inwoners van) West-Europese megasteden en het Internationaal vermarkten van zulke concepten.
Deze pijlers kunnen voor een groot deel gerealiseerd worden met de inzet van nieuwe technologieën. Zo kan de sector invulling geven aan uitdagingen op het gebied van bijvoorbeeld het vastleggen van groene kennis, het inrichten van korte ketens en het inspelen op consumentenwensen.
Nu is de sector niet vreemd met de inzet van digitale technologieën. De Nederlandse glastuinbouw heeft de afgelopen decennia al grote stappen gezet. Zo is al veel informatie gedigitaliseerd (bijvoorbeeld veilingbrieven), en zijn ook bedrijfsprocessen (zoals het regelen van het klimaat) al vele jaren volledig geautomatiseerd.
Dat betekent dat de sector al ver in de eerste twee niveaus van digitalisering actief is, namelijk digitization (het omzetten van informatie van een fysiek formaat in een digitaal formaat) en digitalisation (het inzetten van digitale informatie om processen in te richten).
Op het gebied van het tweede niveau zijn nog wel concrete opgaven. Zo is er in verschillende schakels van de keten ruimte voor beslissingsondersteunende systemen. Een duidelijk voorbeeld daarvan is autonoom telen. Dit is dus het domein van onder meer robots, kunstmatige intelligentie (AI), sensoren, vision technology en mechatronica.
De verdere ontwikkeling van deze technologieën gebeurt autonoom in de markt: hiervoor zijn geen gezamenlijke, coöperatieve acties nodig. Maar de sector zou wel moeten zorgen voor de randvoorwaarden voor het slagen van deze technologieën. Deze randvoorwaarden zijn een goed ecosysteem, het digitaliseren van groene kennis en het creëren van bewustzijn en kennis van de gebruikers, zoals de productiebedrijven.
Digitalisering heeft een derde niveau: digital transformation ('digitale transformatie'): het gaat hierbij om een fundamentele verandering van businessmodel, keten- en bedrijfsprocessen en de medewerkers door het toepassen en accepteren van technologische innovaties. Hiervoor wordt ook wel de term 'tuinbouw 4.0' genoemd. Digital transformation is namelijk de volgende industriële revolutie.
De digital transformation is niet voor de korte termijn, en gebeurt ook niet van vandaag op morgen. Hoe de digital transformation van de sector eruit komt te zien, is moeilijk te voorspellen. De eerste contouren zijn wel zichtbaar. Zo is te verwachten dat Growing as a service zal opkomen.

CONCEPT

Dit derde niveau laat zich dus enerzijds moeilijk voorspellen. Maar de sector kan zich wel voorbereiden op de digital transformation, bijvoorbeeld door te werken aan het breed toegankelijk maken van data, het ontwikkelen van datastandaarden en door te werken aan bewustwording en een open houding bij ondernemers. Want hoe digitaal de toekomst ook is, de mens blijft aan het roer, en daarvoor heeft de mens – dus de ondernemer of medewerker – wel de juiste competenties nodig. Digitalisering stelt dus ook eisen aan de mensen in de sector.

CONCEPT

# 1 Inleiding

Van handgeschreven veilingbrieven naar unmanned growing en e-commerce platforms: de Nederlandse tuinbouw heeft zich de laatste jaren enorm ontwikkeld. Digitalisering speelde bij nagenoeg alle ontwikkelingen een hoofdrol. En die rol zal de komende decennia groter worden. Zo is de verwachting dat onder meer sensoren, robots, kunstmatige intelligentie, big data en vision technology aan de vooravond van hun echte doorbraak staan.
Een vraag die vaak gesteld wordt is: wat betekent die doorbraak voor de toekomst van de tuinbouw? Maar minstens zo belangrijke vragen zijn: welke doorbraken wil de tuinbouw, en hoe gaat de sector die doorbraken regisseren? Digitalisering is immers niet iets wat de tuinbouw overkomt; digitalisering is óók een kwestie van zelf een doel en een visie stellen. Dat doel en die visie zijn er tot heden niet. Of in ieder geval niet voor het gehele tuinbouwcluster. Verschillende organisaties binnen de sector hebben visies opgesteld over de toekomst van digitalisering, maar die visies hebben vaak betrekking op de eigen deelsector of organisatie. Terwijl juist een van de eigenschappen van digitalisering is dat het effecten heeft over de grenzen van (deel)sectoren heen.
Hoog tijd dus voor een gezamenlijk doel en een gezamenlijke visie oor het tuinbouwcluster over digitalisering. Daarmee weten stakeholders binnen het cluster wat de richting is, waarom, wie wat doet, wie niet en welke stappen in gezamenlijkheid gezet moeten of kunnen worden. Bovendien zorgt een gezamenlijke visie voor verbinding met regionale en landelijke initiatieven op het gebied van economische ontwikkeling.
Die visie vindt u in dit document, dat is samengesteld dankzij de hulp van veel knappe koppen binnen en buiten de tuinbouw. Het is dus een document van ons allemaal. En het is tevens – zoals dat heet – een ‘levend document’. Digitalisering staat namelijk niet stil. Het is aan de tuinbouw de ontwikkelingen binnen de digitalisering bij te benen, of beter nog: voor te blijven, te sturen, te bedenken en te benutten.

CONCEPT

# 2 Waarom deze visie?

Digitalisering heeft geen visie nodig; die gaat bijna als vanzelf. Ook zonder lijvig document met bespiegelingen, vooruitzichten en adviezen zullen robots, sensoren en AI-apparaten ontwikkeld worden door kennisinstellingen en de tech-industrie en gebruikt worden in de tuinbouw. Dus waarom dan toch een visie?
Digitalisering is veel meer dan de opkomst van een nieuwe technologieën. Het is een revolutie, vergelijkbaar met de industriële revolutie. “De digitale revolutie heeft sinds het begin van de twintigste eeuw bijna alle gebieden van het leven getransformeerd en heeft geleid tot een digitale wereld, net zoals de industriële revolutie 200 jaar eerder leidde tot de industriële samenleving”, zo schrijft Wikipedia.
Het effect van digitalisering zal groot zijn, en is nu al zichtbaar. Winkelstraten hebben concurrentie van webshops, een hotel boeken doe je via een website en met vrienden houd je contact via social media.
Ook in de tuinbouw is digitalisering al lange tijd zichtbaar. Sinds decennia wordt het kasklimaat geregeld door computers, veilingbrieven zijn elektronisch en in kassen hangen sensoren voor het monitoren van bijvoorbeeld de temperatuur of de luchtvochtigheid. En dat is nog maar het begin.
Robots, drones, AI, big data, blockchain: nieuwe technieken doen de laatste jaren voorzichtig hun intrede in de sector. Dat ze nog niet gemeengoed zijn, heeft meer oorzaken, waarover verderop in dit document meer. Maar dát ze in de nabije toekomst doorbreken staat als een paal boven water.
De digitalisering staat niet stil en zal leiden tot een digitale revolutie, verwachten de opstellers van dit document. Ofwel: de digitalisering zal niet alleen een effect hebben op de dagelijkse praktijk van individuele bedrijven, maar op verdienmodellen van die bedrijven en op de hele sector.
Een eenvoudig voorbeeld. Door een digitale marktplaats kunnen productiebedrijven direct contact krijgen met afnemers en kostbare marktinformatie verwerven. Daardoor krijgen die bedrijven een andere positie in de keten. Maar dat vraagt wel veel van de bedrijfsvoering, onder meer op het gebied van logistiek en kwaliteit. En daarop zal bijvoorbeeld ook het onderwijs moeten inspringen.
Iets dergelijks gebeurde ook tijdens de eerste Industriële Revolutie. Econoom Jeremy Rifkin beschrijft hoe de opkomst van de stoommachine zorgde voor de groei van de spoorwegen in Amerika. Dat leidde tot het ontstaan van reusachtige aannemingsbedrijven en zelfs van grote kruideniersketens en merkproducten. Om de treinen te laten reizen waren veel kolen nodig, dus werden mijnen opgekocht. En voor het bemannen van de stations hadden de spoorwegen goed opgeleid personeel nodig. Dat had een enorm effect op het onderwijs: alle Amerikaanse leerlingen moesten ongeveer dezelfde competenties hebben, zoals goed kunnen rekenen.

De impact van digitalisering op de sector zal ook historisch zijn. De keten zoals we die nu kennen zal veranderen: machtsverhoudingen kunnen op de kop komen te staan. En misschien komen er nieuwe toetreders, net zoals Airbnb en Uber de hotelbranche en het vervoer van taxi veranderd hebben.
De tuinbouw moet hiervoor dus een visie ontwikkelen, om te voorkomen dat de sector wordt ‘overvallen’ door de ontwikkelingen. Een proactieve houding is meer dan ooit nodig. Dit stuk kan gelezen worden als een vervolg en verdere uitwerking van de rol van digitalisering in de strategie ’Feeding and Greening Megacities'.
Hoe de gevolgen van digitalisering er precies uit komen te zien, is niet precies te voorspellen. Het verloop is van veel factoren afhankelijk. En een belangrijke factor daarbij zijn de bedrijven zelf. Zij kunnen hoofdrolspeler worden in de ontwikkelingen naar de toekomst. Voorwaarde is wel dat ze nu al nadenken over hun rol. Willen ze bijvoorbeeld vooraan staan bij de ontwikkeling van digitale innovaties, of willen ze alleen eindgebruiker van die innovaties zijn?
Ondernemers moeten dus nadenken over hun rol in de keten, nu en in de toekomst. Dat is een ingewikkelde opgave. Om dat te kunnen doen, is meer kennis nodig over wat digitalisering is en mogelijke effecten, kansen en uitdagingen. Dat is dan ook de belangrijkste reden voor een digitaliseringsvisie: ondernemers inzicht geven zodat ze keuzes kunnen maken.
Dat inzicht verschaffen is een collectieve taak. Digitalisering is te groot, te complex en te veelomvattend voor een individuele ondernemer. Hij of zij heeft daarbij ondersteuning nodig: strategisch, maar ook bijvoorbeeld vanuit onderwijs en overheden. Ook die partijen zijn dus gebaat bij een digitaliseringsvisie. Zodat we allemaal weten waarheen de toekomst leidt, en vooral: welke toekomst we willen.

CONCEPT

# 3 De opgaven voor de Nederlandse tuinbouw

## 3.1 Kengetallen van de Nederlandse tuinbouw

De Nederlandse glastuinbouwsector is een economische krachtpatser. De kern van de sector zijn de duizenden productiebedrijven, met een totaal areaal van 9.693 hectare kassen. Jaarlijks wordt daarvan een deel vervangen voor nieuwe kassen. Uitgaande van de technische levensduur van de opstanden (van 20 - 25 jaar) zou jaarlijks 400 hectare vervangen moeten worden, maar in werkelijkheid ligt dat aantal hoger. Door technologische ontwikkelingen hebben installaties en kassen namelijk een kortere technische (en economische) levensduur.
De kracht van de sector blijkt ook uit de werkgelegenheid. Er werken 146 duizend personen in de keten, inclusief ondernemers en eigenaren. De totale werkgelegenheid komt uit op bijna 254.000 arbeidsjaareenheden. Circa 58 procent werkt bij productiebedrijven, de andere banen zijn te vinden bij toeleverende bedrijven en de distributie.
De productiewaarde van de sector bedraagt 27,9 miljard euro. Daarmee is de tuinbouw de grootste sector is binnen primaire land- en tuinbouw. De gehele tuinbouwketen draagt 2,7 procent bij aan het Nederlandse bruto binnenlands product (bbp). De uitvoerwaarde bedraagt circa 24,5 miljard euro. Daarmee neemt de sector 4,7 procent van de totale Nederlandse goederenexport voor haar rekening. Bedrijven in de techniek (zoals kassenbouwers) en diensten (zoals zadenveredelaars) zorgen voor relatief veel exportwaarde.

Nederland is dan ook een wereldspeler als het gaat om kassenbouw. Jaarlijks wordt wereldwijd voor circa 1,4 miljard euro geïnvesteerd in de bouw van nieuwe kassen. Nederlandse bedrijven nemen daarvan 900 miljoen euro voor hun rekening. Die nieuwbouw betreft steeds vaker hightech kassen en vertical farming: die arealen stijgen sneller dan de oppervlakte van de lowtech kassen.

*Tabel 1 Overzicht areaal bedekte teelt wereldwijd*

| Type bedekte teelt wereldwijd | Areaal 2018 | Groeiraming | Areaal 2025 |
|---|---|---|---|
| Lowtech kassen | 550.000 ha | 4% per jaar | + 700.000 ha |
| Hightech kassen | 50.000 ha | 7% per jaar | + 80.000 ha |
| Vertical farming | 40 ha | 15% per jaar | + 100 ha |

*(Bron: Een goed klimaat voor tuinbouwtechniek. Toeleveranciers groeien en veranderen)*

In 2017 besteedde de sector 765 miljoen euro aan research & development. Dat komt neer op ongeveer 4,5 procent van alle investeringen in Nederland op het gebied van R&D. Ruim drie kwart betreft uitgaven aan eigen activiteiten of ingeleende activiteiten. Circa twee derde van de investeringen in R&D kwam voor rekening van bedrijven buiten de primaire sector, met name bedrijven in de veredeling en vermeerdering van zaden en jonge planten. Hoeveel de sector jaarlijks investeert in digitalisering, en hoeveel bedrijven hierin investeren is niet bekend. Om die vraag te beantwoorden moet bovendien eerst worden gedefinieerd wat onder digitalisering wordt verstaan. Deze visie vormt een bijdrage aan deze definitie.

## 3.2 De strategie 'Feeding and Greening the Megacities'

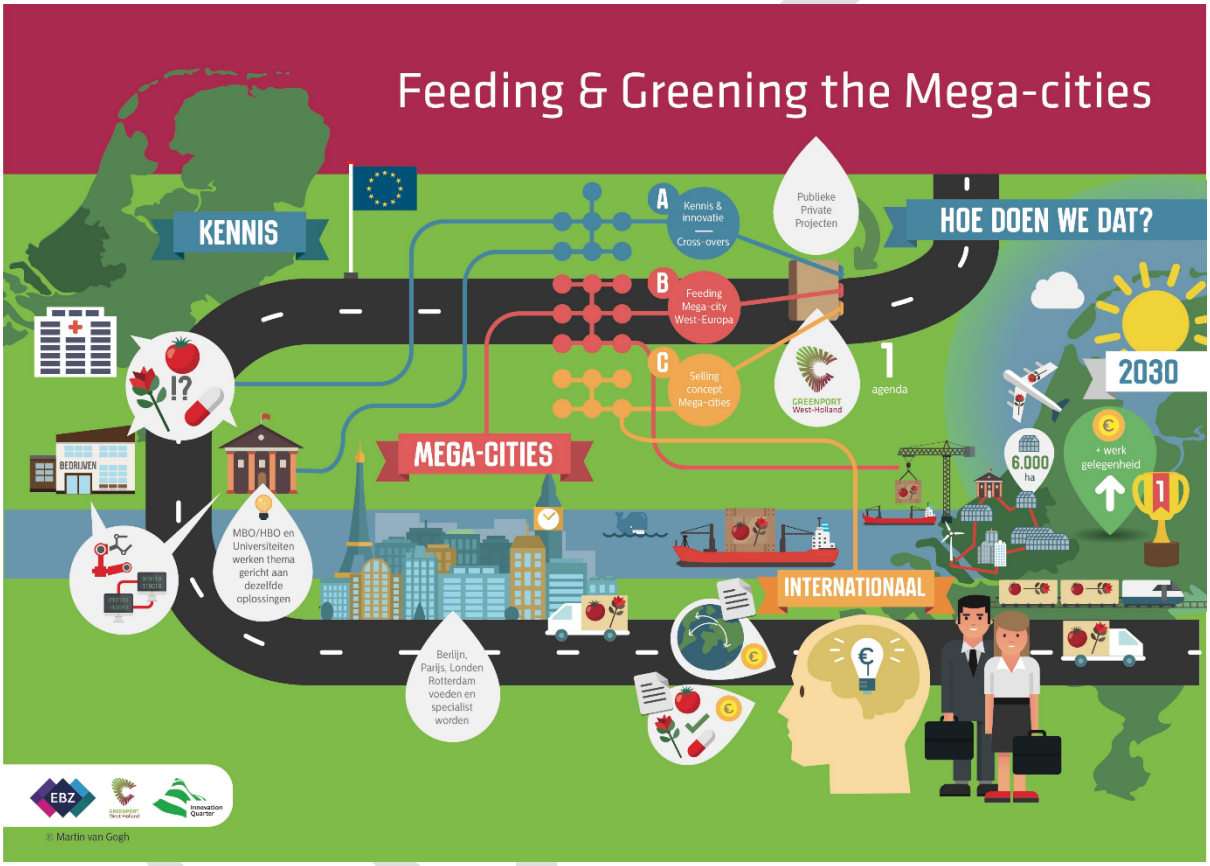
De Nederlandse glastuinbouw blinkt uit op een aantal, samenhangende terreinen. Zo heeft de sector de kennis en de kunde om zeer efficiënt grote producties te realiseren. Daardoor vliegen Nederlandse bloemen de hele wereld over, en reizen Nederlandse groenten door heel Europa. Tegelijk is de Nederlandse groene kennis en tuinbouwtechnologie zeer gewild. 'Made in Holland' is op het gebied van glastuinbouw een kwaliteitskeurmerk.
Maar die toppositie is niet langer vanzelfsprekend. Het produceren voor verre markten is uit duurzaamheidsoverwegingen niet meer van deze tijd. Bovendien is er steeds meer kennis in andere producerende landen, en kunnen die landen dus ook prima zelf grote producties realiseren.
'Feeding and Greening the Megacities' is het antwoord op de nieuwe situatie. Idee achter deze door Martin van Gogh (Batenburg Techniek, Economic Board Zuid-Holland, Greenport West-Holland) ontwikkelde strategie is dat de Nederlandse glastuinbouw sterk inzet op kennis en innovatie. De sector moet nummer 1 blijven (of worden) op onderwerpen als voeding & gezondheid, plantinhoudstoffen en technische systemen. Met die kennis kunnen megasteden in West-Europa (het gebied binnen een straal van circa 500 kilometer rond Nederland) gevoed worden. Daarnaast kan die kennis geëxporteerd worden naar megasteden in andere delen van de wereld. Veelal gebeurt dit in zogenaamde turnkey oplossingen waarbij zowel de kasconstructie als de volledige outillage en zelf de teeltkennis wordt geleverd vanuit Nederland. Zo draagt het tuinbouwcluster bij aan de ambitie 'Voldoende en veilige voeding op de wereld voor iedereen'.
In 'Feeding and Greening the Megacities' visie moet de Nederlandse glastuinbouw dus de focus verleggen van veel groenten, bloemen en planten produceren naar veel kennis produceren. Voor het ontwikkelen, vastleggen en gebruiken van die kennis en innovatie is verregaande digitalisering in de sector en op bedrijven nodig.

CONCEPT

‘Feeding and Greening the Megacities’ bestaat uit drie lijnen:

- nummer één in kennis & innovatie
- produceren voor de West-Europese markt
- kennis internationaal vermarkten

Samen zorgen ze voor een vitale, gezonde en duurzame toekomst voor het Nederlandse glastuinbouwcluster.




*Figuur 1 Feeding and Greening the Megacities*

### 3.2.1 Nummer 1 in kennis & innovatie

De eerste lijn van ‘Feeding and Greening the Megacities’ is nummer 1 in kennis & innovatie. Beter gezegd: wéér nummer 1. Halverwege de twintigste eeuw wist de Nederland uit te groeien tot internationaal toonaangevend tuinbouwland. Dat kwam vooral doordat partijen samenwerkten aan de ontwikkeling van nieuwe kennis op het gebied van met name teelt en gewas. Die kennis wist de sector tegelijk om te zetten in talrijke innovaties.
Lang was Nederland daardoor een gidsland voor sectoren in andere landen. Wat uit Nederland kwam was goed, want alleen in Nederland werd veel en serieus onderzoek gedaan. Maar die positie dreigt Nederland kwijt te raken, of is ons land volgens sommigen al kwijt. De oorzaken zijn divers, zoals versnippering binnen de sector, overheidsbeleid en

meer aandacht voor kennis en innovatie in andere landen. Op gebied van bijvoorbeeld vertical farming lopen andere landen inmiddels voor op Nederland, en uit steeds meer verre landen komen innovatieve tuinbouwoplossingen. Zo heeft de Amerikaanse tech-industrie ook de productie van voeding in gecontroleerde omgevingen ontdekt als mogelijk verdienmodel.
De toonaangevende positie betekende decennialang een economische waarde voor de Nederlandse sector, en dus niet alleen een symbolische. Voor een gezonde toekomst zou de sector dus weer vol in moeten zetten op kennis en innovatie.

### 3.2.2 Produceren voor de West-Europese markt

Produceren voor de West-Europese markt lijkt eenvoudig te realiseren. Dat doet de Nederlandse tuinbouw immers al decennia. Maar schijn bedriegt. Er zijn namelijk nieuwe omstandigheden die een andere aanpak vergen.
Allereerst is de sector veranderd. Bedrijven hebben steeds meer moeite medewerkers met groene vingers en groene kennis te vinden, en de verwachting is dat deze trend doorzet. Voor een gezonde bedrijfsvoering worden tuinbouwbedrijven dus steeds afhankelijker van groene kennis die ‘ergens’ is opgeslagen, bijvoorbeeld in slimme apparaten.
Daar komt bij dat de markt veranderd is. Alleen produceren voor de klok is verleden tijd; bedrijven moeten voor hun voortbestaan goede kennis hebben van hun markt en hun producten. Daarmee kunnen ze beter produceren, nieuwe producten ontwikkelen, of zelfs nieuwe verdienmodellen. Deze data verwerven én toepassen is geen mensenwerk: de hoeveelheid data is te groot en de mogelijke verbindingen zijn te complex.
Ook de wereld is veranderd. Afnemers, consumenten en burgers stellen eisen aan de duurzaamheid van een product. Ze willen dat transparant zichtbaar is dat een product veilig en schoon geproduceerd is, en bij voorkeur door een lokale, betrouwbare producent. Digitalisering speelt ook hier een rol. Want met slimme oplossingen is duurzamer te produceren, kan de productie transparant worden én kunnen nieuwe verdienmodellen ontwikkeld worden.
Samengevat is digitalisering dus essentieel om de moderne West-Europese markt te kunnen blijven voorzien van gezonde en mooie Nederlandse producten. Met slimme, verbonden oplossingen kan de Nederlandse tuinbouw blijven produceren en afzetten, tegen betere condities en met een betere marktpositie.

### 3.2.3 Kennis internationaal vermarkten

De derde lijn uit ‘Feeding and Greening the Megacities’ is kennis internationaal vermarkten. Met internationaal wordt met name bedoeld: landen en regio’s buiten West-Europa. Een deel van deze landen en regio’s waren voorheen belangrijke afzetgebieden voor de Nederlandse glastuinbouw, maar die positie staat onder druk.

Lokale productie heeft een groot aantal voordelen voor landen en regio's. Zo zorgt lokale productie voor minder reiskilometers, wordt een land minder afhankelijk voor de voedselvoorziening van derde landen en kunnen beschikbare resources (zoals geld, arbeid, grondstoffen) beter worden ingezet.
Voor lokale productie is groene kennis nodig. Die is er vaak nog onvoldoende. Met grote interesse wordt daarom gekeken naar de groene kennis van de Nederlandse glastuinbouw. Niet voor niets worden Nederlandse bedrijven én jonge talenten met open armen ontvangen in verre landen.
Daardoor is er ook een groeiende markt voor oplossingen waarmee Nederlandse kennis over onder meer teelt kan worden toegepast voor lokale productie. Die kennis kan in hoofden zitten, maar als eerder aangegeven heeft Nederland die hoofden zelf hard nodig. Digitalisering is dus een beter antwoord, en beter te vermarkten.

## 3.3 Tuinbouwscenario's

In 2020 ontwikkelde de crisisorganisatie Coronacrisis Tuinbouw vier scenario's voor de toekomst van de tuinbouw (www.tuinbouwscenarios.nl). De scenario's zijn handvatten voor individuele ondernemers in de tuinbouw: ze zijn bedoeld om na te denken over de toekomst van ieders bedrijf en om keuzes te maken voor de bedrijfsstrategie. De opstellers - waaronder ondernemers, kennisinstellingen en overheden - noemen het 'extreme, en toch plausibele, toekomsten voor het tuinbouwcluster'.
In elk van de vier scenario's kan de strategie 'Feeding and Greening the Megacities' een plek krijgen, alleen de exacte rol van Nederland en de uitvoering zal per scenario verschillen.
De vier scenario's zijn:

### 3.3.1 Mondiaal concurreren

In het scenario 'Mondiaal concurreren' hebben landen wereldwijd besloten de bestaande invoerheffingen en -belemmeringen af te schaffen om de mondiale vrijhandel te stimuleren. Hierdoor ontstaat een kleine groep extreem rijke consumenten. In opkomende markten (Azië, Afrika) groeit de middenklasse in de steden. De wereld kent daarnaast een toegenomen onderklasse die rond het bestaansminimum balanceert.
Mondiale klimaatakkoorden zijn een gepasseerd station. Duurzaamheid staat nauwelijks nog op de politieke agenda. Grote bedrijven zijn verwikkeld in een moordende mondiale concurrentiestrijd. Sturend voor de ontwikkelingen is de bloei van mondiaal opererende digitale platforms, die een flink deel van de afzet voor hun rekening nemen. Deze platforms vormen de directe schakel tussen grote producenten en afnemers, zowel consumenten als verwerkende bedrijven.
Overheden richten zich nu dan ook volledig op het realiseren van een mondiaal level playing field. Ook de Nederlandse overheid draagt haar steentje bij door het bedrijfsleven op die manier te faciliteren. Alle aandacht is gericht op ondersteunen van de economische groei.

Als dit scenario werkelijkheid wordt, dan heeft dat de volgende gevolgen voor tuinbouwbedrijven:

- Voedingstuinbouw: Groot, snel, hard
- Siergewassen: Nummer 1 van de wereld
- Uitgangsmaterialen: Multinationals leidend
- Techniek & Toelevering: Maximaal internationaal

### 3.3.2 Internationaal verantwoord ondernemen

In het scenario 'Internationaal verantwoord ondernemen' is er veel internationale samenwerking voor complexe grensoverschrijdende opgaven. Maar de coronacrisis heeft de bestaande ideologische en culturele breuklijn tussen Europa, de Verenigde Staten en China verdiept. Overheden hebben massaal ingezet op herverdeling van middelen (via een speciale belasting voor rijken en op vermogen).
De overheid faciliteert een duurzame houding van bedrijven via belastingprikkels, subsidies en gewaarborgde keurmerken. Bedrijven gaan strategische samenwerkingen aan en door fusies en joint ventures is kapitaal te mobiliseren voor groei. De strenge eisen aan de werkomstandigheden en beloning voor arbeidsmigranten leiden tot een impuls op het terrein van robotisering en automatisering. Dit wordt versterkt door het afnemend aanbod van arbeidsmigranten, omdat die in eigen regio ook aan de slag kunnen.
Als dit scenario werkelijkheid wordt, dan heeft dat de volgende gevolgen voor tuinbouwbedrijven:

- Voedingstuinbouw: Groenste aardbei van Europa
- Siergewassen: Samen voor gezond en duurzaam
- Uitgangsmaterialen: Natuurlijke apothekers
- Techniek & Toelevering: Concurrerende innovatiecentra

### 3.3.3 Individueel nationaal opereren

In het scenario 'Individueel nationaal opereren' is de wereldeconomie in een depressie. Doordat landen zich nog dieper in de schulden staken, ontstond een nieuwe schuldencrisis. De solidariteit in de Europese Unie heeft geen standgehouden en de unie is gedesintegreerd in een Noordelijke en Zuidelijke Unie. De middenklasse in het westen staat onder grote druk, de koopkracht daalt.
De winst- en vennootschapsbelasting is verlaagd om zo het vestigingsklimaat en de internationale concurrentiepositie van Nederland te verbeteren. Om te overleven, kiezen veel bedrijven ervoor om in het buitenland vestigingen te openen en te produceren voor lokale markten, veelal onder lokale branding. De internationale handel beperkt zich hoofdzakelijk tot omliggende landen, afzetmarkten zijn kleiner, productieketens zijn minder efficiënt en de economische groei ligt lager. Een gezamenlijke aanpak van duurzaamheid ontbreekt. Het gebrek aan schaalgrootte leidt ertoe dat minder gespecialiseerde technologieën beschikbaar zijn. Bedrijven zijn gericht op de korte termijn. Langetermijninvesteringen zijn te risicovol en nemen af.

Als dit scenario werkelijkheid wordt, dan heeft dat de volgende gevolgen voor tuinbouwbedrijven:

- Voedingstuinbouw: Duitser onder de Duitsers
- Siergewassen: Ieder voor zich
- Uitgangsmaterialen: Lokale kennisontwikkeling
- Techniek & Toelevering: Op korte termijn nog internationale afzet

### 3.3.4 Regionaal samenwerken

In het scenario 'Regionaal samenwerken' zijn overheden en consumenten wars van mondiale handelsstromen. Niet het bezit telt, maar de beleving van het authentieke product. Een schone leefomgeving is dominant.
Het zijn vooral regio's die de politieke en economische macht naar zich toe hebben getrokken. Zij richten zich op een betrouwbare voorziening van strategische goederen en diensten aan hun burgers, zoals water, energie, onderwijs, vervoer en transport en ook voedsel. Er is een kern-EU ontstaan als een samenwerkingsverband van regio's uit Nederland, Duitsland, Vlaanderen en Denemarken, landen met gelijkluidende ambities en belangen. De geregionaliseerde markten zorgen voor een forse verschuiving van business-to-business naar business-to-consumer. Consumenten eisen transparantie. Bedrijven worden dan ook gedwongen om regionale samenwerkingsverbanden aan te gaan die controleerbaar bijdragen aan een regionale stabiele sociale structuur en kringloopeconomie. In deze wereld voltrekken zich zeer diverse technologische ontwikkelingen die elk zijn aangepast op de regionale behoeften en normatieve voorkeuren. Dit vormt een hindernis voor verdere mondialisering en de daarbij behorende grote tech-bedrijven. In plaats daarvan neemt het principe van open source een grote vlucht, vrij toegankelijke kennis die collectief wordt ontwikkeld.
Als dit scenario werkelijkheid wordt, dan heeft dat de volgende gevolgen voor tuinbouwbedrijven:

- Voedingstuinbouw: Hightech of hightouch
- Siergewassen: Hightouch of hightech
- Uitgangsmaterialen: Veredeling wordt politiek
- Techniek & Toelevering: Samenwerken voor internationalisering

CONCEPT

# 4 Digitaliseringsvisie voor de tuinbouw

## 4.1 Digitalisering: 3 niveaus

Vraag honderd deskundigen om een definitie van digitalisering, en je krijgt honderd verschillende definities. De een zal het zien als een verzameling technieken als AI en processoren, de ander als een serie bedrijfsprocessen die gestuurd worden door computers, en weer een ander denkt dat robots de wereld overnemen. Wat al die interpretaties in ieder geval duidelijk maken: digitalisering is veel.
Voor een gezamenlijk doel en een gezamenlijke visie s het belangrijk dat we allemaal hetzelfde verstaan onder digitalisering.
Digitalisering kan worden beschreven op verschillende niveaus. Hierbij wordt als eerste de Engelse term gebruikt omdat er voor zowel het eerste als tweede niveau in het algemeen over digitalisering wordt gesproken.

1. **Digitization** is het omzetten van informatie van een fysiek formaat in een digitaal formaat. Hierbij gaat het om het omzetten van iets fysieks naar een digitale vorm dus ‘nullen en enen’.
2. **Digitalisation** is het inzetten van digitale informatie om processen in te richten. Hierbij worden (stappen in) het bestaande proces gedigitaliseerd of geautomatiseerd.
3. **Digital transformation (‘digitale transformatie’)** draait het om een fundamentele verandering van businessmodellen, keten- en bedrijfsprocessen en de benodigde skills van en soort medewerkers door het toepassen van technologische innovaties.

Ook in de tuinbouw zijn de drie niveaus van digitalisering aanwijsbaar. In de inleiding van dit document wordt al gesproken over de handgeschreven veilingbrief. Die is inmiddels verleden tijd. Informatie over partijen bloemen of groenten worden niet meer op een carbonpapier geschreven, maar digitaal opgeslagen en verstuurd. Niveau 1dus.
Het digitaliseren van de informatie over bijvoorbeeld een kar met rozen maakte nieuwe processen mogelijk. Zo is het voor de veiling mogelijk om een partij digitaal te volgen en automatisch facturen te sturen. En de teler kan de handelsinformatie eenvoudig importeren in het boekhoudsysteem én analyseren in welke periode welke rozen het meeste opleveren. Dit is een voorbeeld van niveau 2.
Maar daarmee stopte de ontwikkeling niet. Zo zijn er steeds meer bedrijven die zich richten op e-business. De meest eenvoudige voorbeelden daarvan zijn webshops met bloemen, die op basis van marktinformatie processen als inkoop en distributie volledig hebben geautomatiseerd. Ze steken daarbij de grenzen van hun eigen deelsector over, en kijken zelfs naar hoe met veredeling producten met een langere houdbaarheid ontwikkeld kunnen worden. Dit is dus een voorbeeld van digitale transformatie.

Op de verschillende niveaus heeft het tuinbouwcluster zeker nog uitdagingen, en die uitdagingen verschillen in aard. Zo gaat het bij de uitdagingen op het niveau van digitalisering om de ontwikkeling van de juiste technieken, bijvoorbeeld: hoe kan een camera losse bloemen in een kas herkennen? Op het niveau van digitale transformatie gaan de vragen meer over ketens, verdienmodellen, internationalisering en kennisontwikkeling. Bijvoorbeeld: hoe kan het Nederlandse tuinbouwcluster kennis over een gezonde teelt te gelde maken?
Verderop in dit document gaan we nader in op de verschillende uitdagingen. Hierbij zal het woord 'digitalisering' gebruikt worden in de betekenis van alle drie bovengenoemde definities (tenzij anders aangegeven).

*Kate is vorig jaar aangenomen bij een middelgrote rozenkwekerij. Ze werkt daar als IT-medewerker. Tenminste, zo stond de functie omschreven in de vacatureadvertentie. Maar ze ziet zichzelf veel meer als 'digital transformer'. Niet omdat dat hipper klinkt, maar omdat haar werk eigenlijk niks met IT te maken heeft. Oké, ze werkt veel met computers. Maar onder IT verstaat Kate zaken als systeembeheer en applicatiemanagement. Terwijl de rozenkwekerij voor heel andere uitdagingen staat.*
*Zo is er nog veel papierwerk op het bedrijf. Verlofbriefjes, ziekteregistratie, dat kan toch allemaal digitaal? En dat maakt de volgende stap ook een stuk makkelijker: het nóg beter verwerken van informatie binnen het bedrijf, zoals het maken van planningen en prognoses. Haar droom: dat de rozenkwekerij een e-kwekerij wordt. Dat er niet alleen meer grote partijen rozen worden verkocht aan anonieme kopers, maar dat het bedrijf zich ook stort op de evenementenbranche. Dat zijn kleinere partijen, maar met grotere marges waarbij alleen geteeld wordt wat de klant besteld heeft. En dat vraagt een andere ketensamenwerking, bijvoorbeeld met een evenementenbureau en een transportbedrijf. Juist daarin is digitalisering cruciaal, aldus Kate.*

## 4.2 Digitalisering in de tuinbouw: stand van zaken

De tuinbouw startte al vroeg met digitaliseren. Zo werden in de jaren '70 de eerste klimaatcomputers gelanceerd. Daarmee konden – en kunnen – telers het klimaat in de kas sturen. Daarvoor zijn klimaatcomputers verbonden met onder meer sensoren (voor de input van bijvoorbeeld temperatuur en windsnelheid) en met klimaatinstallaties (zoals de verwarmingsketel en de ramen). De tuinbouw bereikte daardoor al zeer snel het tweede niveau van digitalisatie.
De klimaatcomputers werden en worden gebruikt door slechts één schakel in de keten: de productiebedrijven. Maar digitalisering kan ook over de grenzen van schakels heen gaan. 'Silo's verdwijnen dankzij digitalisering', wordt wel eens gezegd. Voor een goede samenwerking en afstemming tussen schakels is uitwisseling van informatie essentieel. Zo wil een vervoerder liefst zo vroeg mogelijk weten hoeveel tomaten worden aangevoerd of zijn verkocht: met die informatie zijn immers betere planningen te maken, wat zorgt voor lagere kosten en een betere service.

Digitalisering is dus een randvoorwaarde voor bijvoorbeeld ketenintegratie en korte ketens. En ook op dit gebied is de tuinbouw al sinds decennia gedigitaliseerd. Zo verving de Elektronische Aanvoerbrief de oude papieren veilingbrieven (waarmee telers en handelskanaal informatie uitwisselden), en kunnen handelaren al sinds jaren vanaf de eigen werkplek bloemen inkopen voor de klok via Kopen Op Afstand (waarbij handelskanaal en handel informatie uitwisselen en transacties mogelijk maken).
Het feit dat het tuinbouwcluster al vroeg startte met digitalisering, zorgt er overigens voor dat de tuinbouw een moeilijk te betreden sector is voor andere bedrijven. Immers, veel oplossingen zijn al ontwikkeld, getest en doorontwikkeld. Een tuinder heeft al heel veel 'apparaten' en processen op zijn bedrijf die data verzamelen. Een schatting is dat een gemiddelde tuinder minimaal 80-100 verschillende digitale databronnen heeft. Van klimaatcomputer (die op zicht al vele honderden gegevens opslaat, vaak iedere 5 minuten) tot verschillende sensoren, modellen, veiling- en verkoopgegevens, grond- en gewasmonsters, arbeidsregistratie, gewasbeschermingsmiddelen, gewasmetingen en oogstgegevens. Koppelingen tussen die apparaten zijn er maar beperkt. Dit betekent dat de tuinder de vele databronnen, vaak met de hand of met Excel-exports en -imports, met elkaar moet combineren.
Maar juist de laatste jaren groeit het aantal toetreders: zij hebben gespecialiseerde kennis op gebied van bijvoorbeeld een van de digitale technieken (zoals drones), en kunnen daardoor toch toegevoegde waarde leveren aan het tuinbouwcluster.

*Het bedrijf LetsGrow.com is in 1999 opgericht als een joint-venture tussen WUR en Hoogendoorn Growth management met als doel om (teelt)data op te slaan en te vergelijken. In de beginjaren ging het hierbij vooral om datavergelijking binnen teeltgroepen. Tuinders binnen een teeltgroep geven hierbij toegang aan collega-telers en consultants, zodat ze op afstand de data konden bekijken. Ook werd er in deze periode gewerkt aan het ontwikkelen van modellen voor onder andere oogstprognose van tomaten en groei van pot chrysanten en poinsettia.*
*Inmiddels heeft het bedrijf al jaren een API (application programming interface) waarmee het zeer eenvoudig is om data uit verschillende bronnen op te slaan en te combineren. Dit maakt het voor de tuinder mogelijk om veel gegevens op een eenvoudige manier te combineren, bijvoorbeeld data uit verschillende sensoren. Verder kunnen ontwikkelaars, met toestemming van de eigenaar (de teler) makkelijk nieuwe modellen maken en testen.*

CONCEPT

## 4.3 Digitalisering in de tuinbouw: de keten

Hieronder behandelen we enkele schakels in de tuinbouwketen met de vraag: welke rol speelt digitalisering bij deze bedrijven?

### 4.3.1 Veredeling

De belangrijkste klanten van veredelingsbedrijven zijn productiebedrijven in binnen- en buitenland. Daarom is digitalisering voor een belangrijk deel gericht op het ontwikkelen van zaden en het opkweken van plantmateriaal dat het beste aansluit bij de wensen van de telers, en bij hun klanten. Het gaat hierbij dus om zaken als marktinformatie (dus het zo goed mogelijk analyseren van ontwikkelingen op de markt) en producteigenschappen (phenotyping), zoals uiterlijke kenmerken, ziektebestendigheid, betrouwbaarheid en gebruik van belangrijke resources (zoals energie, gewasbeschermingsmiddelen en arbeid). Daarnaast is digitalisering vanzelfsprekend belangrijk voor de interne processen, zoals arbeidsplanning, energie en logistiek.

### 4.3.2 Vermeerdering

Vermeerderingsbedrijven (ofwel: plantenkwekers/opkwekers) kweken zaadjes of stekken op tot plantmateriaal. Logistiek, planning, betrouwbaarheid en een gezond gewas zijn hierbij essentieel. Daarom is digitalisering bij deze bedrijven vooral gericht op zo goed mogelijke interne processen en het opslaan van de gegevens tijdens de teelt om die door te kunnen geven aan de volgende stappen in de keten.

### 4.3.3 (Technische) toeleveringsbedrijven

(Technische) toeleveringsbedrijven, zoals leveranciers van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en ontwikkelaars van klimaatcomputers, zijn vooral gericht op het ontwikkelen van een zo goed mogelijk aanbod voor teeltbedrijven, en op het verkopen van dat assortiment. Daarom zijn inkoop, logistiek/distributie en verkoop essentieel. Voor de technische toeleveranciers speelt digitalisering een belangrijke rol in hun R&D-proces.

### 4.3.4 Projectontwikkelaars en kassenbouwers

Kassenbouwers hebben zich de laatste jaren steeds meer ontwikkeld tot projectontwikkelaars. Hun kassen zijn niet alleen meer stalen constructies met glas, maar ook plastic kassen en hightech gebouwen (indoor farms) die ervoor zorgen dat telers optimaal kunnen produceren. Voor deze bedrijven is digitalisering dus onderdeel van het productenpakket én een tool om nieuwe projecten te ontwikkelen.

*De stichting Hortivation richt zich op technische innovaties en kennismanagement in de glastuinbouw. Hortivation, een samenwerking tussen AVAG en TNO, ontwikkelde een rekentool voor het ontwerpen van kassen: CASTA. Daarmee kunnen ontwerpers en*

CONCEPT

*bouwers van kassen berekeningen aan de kasconstructie uitvoeren, bijvoorbeeld als het gaat om veiligheid en lichttransmissie. Met CASTA kunnen berekeningen worden gedaan die ervoor zorgen dat het kasontwerp voldoet aan de Nederlandse normen voor ontwerpen en bouwen van kassen. Deze berekeningen houden rekening met de klimaatomstandigheden op de plek van de wereld waar de kas wordt gebouwd en het gewas dat gaat worden geteeld. Het telen in de woestijn van Saoedi-Arabië vraagt om een ander soort constructie dan het telen in een gematigd Nederlands klimaat.*

### 4.3.5 Productiebedrijven

Door verschillende ontwikkelingen en trends zijn productiebedrijven de laatste jaren steeds meer ketenpartners geworden. Zo hebben ze zich verenigd tot telersverenigingen, waarmee ze een handelspartij werden. Of ze maakten zelfs gezamenlijk prijsafspraken met retailers. Daardoor is het voor productiebedrijven (dus: telers) steeds belangrijker geworden een betrouwbaar product volgens een betrouwbare planning te kunnen leveren. Tegelijk blijft voor productiebedrijven de kostprijs belangrijk. Efficiënte inzet van beschikbare middelen (zoals energie, arbeid en water) is daarbij essentieel. De telersverenigingen maken ook stappen in het gezamenlijk onderzoeken van mogelijkheden op het gebied van digitalisering zoals robotisering van de oogst.

### 4.3.6 Handel, transport, verpakkingsbedrijven en afzet

Voor bedrijven in de handel en transport en verpakkingsbedrijven is planning en betrouwbaarheid essentieel. Daarom is digitalisering bij deze bedrijven vooral hierop gericht. Bij verpakkingsbedrijven in de afzet speelt digitalisering een rol als het gaat om onder meer marktinformatie.

### 4.3.7 Retail

De retail is het belangrijkste afzetkanaal voor de Nederlandse glastuinbouw. Deze bedrijven zijn gespecialiseerd in het zo veel mogelijk consumenten voorzien van een zo groot mogelijk assortiment. Focus bij retailbedrijven heeft dus onder meer marktinformatie, logistiek en distributie en leveringsbetrouwbaarheid.

### 4.3.8 Consument

Lang had de tuinbouw geen directe zakelijke relatie met de consument, maar de laatste jaren zijn er steeds meer initiatieven waarbij consument en teler wél direct samenwerken en zakendoen. Zo zijn er steeds meer telers met een eigen webshop of professionele winkel langs de weg. De coronacrisis van 2020 heeft dat effect versterkt: veel consumenten kochten uit sympathie bloemen en groenten direct bij de producent.
Een belangrijke trend is dat de consument wil weten hoe een product is geproduceerd en vervoerd tijdens de gehele keten.

## 4.4 Uitdagingen voor de Nederlandse tuinbouw

Welke gevolgen hebben de veranderende wereld en de strategie 'Feeding and Greening the Megacities' op de praktijk van de tuinbouw, en dan met name op onderwerpen waar digitalisering mogelijk een grote(re) rol kan spelen?

### 4.4.1 Groene kennis

Digitalisering in de tuinbouw is op te delen in 'groene' en 'grijze' digitalisering. Onder groene digitalisering wordt verstaan het digitaliseren van alles wat met het gewas zelf te maken heeft. Denk hierbij aan lengte van het gewas, bladoppervlakte, aantal bloemen en hoogte van eerste bloeiende tros. Deze metingen worden veelal nog met de hand gedaan. Grijze digitalisering slaat op alle randvoorwaardelijke installaties daaromheen. De klimaatcomputer, sorteermachine en de installatie voor intern transport van teelttafels in de kas.

Op het gebied van de groene digitalisering zijn nog grote stappen te zetten. Dat mag opvallend genoemd worden: een teelt begint immers met een groen product, en dus kennis over plantfysiologische processen. Er is steeds minder groene kennis (het aantal 'groene studenten 'daalt), terwijl er zeker internationaal meer vraag naar is.

Een oplossing daarvoor is datagestuurd telen. In dat geval worden teeltmaatregelen geadviseerd op basis van observaties, data, prognoses en interpretaties. Zo'n systeem heeft bovendien als voordeel dat de observaties en interpretaties telkens op dezelfde manier worden uitgevoerd. Datagestuurd telen kan de basis zijn voor autonoom telen, waarbij de teeltmaatregelen en mogelijk andere acties (vrijwel) volledig zonder tussenkomst van mensen worden aangestuurd en uitgevoerd. In plaats van zich met iedere actie en beslissing bezig te houden kan de ondernemer of zijn medewerker zich richten op de uitzonderingen. Daar zal nog lang groene kennis nodig zijn om de beslissingen te nemen, maar als de standaardzaken automatisch worden geregeld, dan kan er met minder mensen met kennis worden gewerkt. Ook wordt het hierdoor makkelijke om 'op afstand' te gaan telen, waarbij een bedrijf bijvoorbeeld ook zijn teeltlocatie in Marokko of Spanje vanuit Nederland aanstuurt.

Datagestuurd telen vraagt dus - het woord zegt het al - om data. Meer specifiek: om data over het gewas, de omgeving waar hetin geteeld wordt, maar ook om zaken als vraag, prijs en arbeidsbehoefte. Ofwel: hoe reageert het gewas op veranderde omstandigheden, bijvoorbeeld doordat het weer verandert of omdat het water krijgt? Die data moet vervolgens worden vastgelegd en vormen dan de basis voor een gewasmodel, dat voortaan kan voorspellen hoe het gewas reageert. Door die data van het gewas te combineren met eerdergenoemde data uit arbeid, prijsvorming, (voorspelde)vraag en klimaatmetingen kan er een model worden gemaakt dat de ondernemer helpt bij het maken van ingewikkelde keuzen. Hierin kan AI een grote rol spelen: het gaat immersom het combineren van veel

data en veel verschillende factoren die allen van invloed zijn op het resultaat van de bedrijfsvoering.
De data verwerven is een kwestie van signaleren en registreren. Soms gebeurt het signaleren en registreren geautomatiseerd en binnen een korte tijdspanne, bijvoorbeeld 5 minuten gegevens bij klimaatgegevens.  Andere metingen worden nog volledig handmatig uitgevoerd in de praktijk. Een voorbeeld hiervan zijn de gewasmetingen als aantal trossen, bloeihoogte, kopdikte enzovoort. Dit is dus zeer arbeidsintensief en heeft tot gevolg dat er maar een beperkt aantal planten wordt gemeten.
Inzet van digitale technologie kan hierbij een oplossing bieden. Mogelijkheden daarvoor zijn sensoren, beeldherkenning, kunstmatige intelligentie, digital twins en blockchain.
Belangrijke randvoorwaarden hierbij zijn: de behoefte aan non-invasieve methodes, veilige opslag, eigendomsrecht van data en privacy.
Het vastleggen van data maakt ook nieuwe producten en concepten mogelijk, en dus nieuwe verdienmodellen. Daarbij valt te denken aan nieuwe onderwijsvormen en adviestrajecten.

### 4.4.2 Internationalisering

Nederland is niet het enige land waar tuinbouwproducten worden geteeld. In Europa is bijvoorbeeld Spanje al langer een belangrijk productiegebied. Daarmee is Spanje niet direct een rechtstreekse concurrent. Dat komt onder meer doordat het aanbod van beide landen aanvullend kan zijn: in de supermarkten liggen in de winter bijvoorbeeld Spaanse tomaten en de rest van het jaar Nederlandse. Steeds vaker kiezen Nederlandse teeltbedrijven er dan ook voor om in Spanje een teeltlocatie te starten of over te nemen. Dit is dus letterlijk telen op afstand.
Iets soortgelijks speelt als gekeken wordt naar verre bestemmingen. De laatste decennia is bijvoorbeeld een flink Nederlandse bedrijven gestart met de teelt in bijvoorbeeld China of Mexico. De producten daar zijn niet aanvullend op het Nederlandse assortiment; ze bedienen een andere markt. En ook daar is behoefte aan Nederlandse teeltkennis. Zo opende enkele jaren geleden de Chinese kas in Bleiswijk; een project om in Nederland meer kennis op te doen over produceren onder Chinese teeltomstandigheden.
Voor het telen op afstand moet informatie (over de teelt en over teeltmaatregelen) snel, betrouwbaar en veilig verzonden worden. Daarnaast is meer kennis nodig over de lokale teeltomstandigheden, zodat bijvoorbeeld gewasmodellen aangepast kunnen worden.

CONCEPT

### 4.4.3 Korte ketens

De eerste bedenkers van internet zagen het medium als de verwezenlijking van de democratie: met een internetverbinding heeft iedereen toegang tot kennis, en kan iedereen publiceren.
Of dat dat idee werkelijkheid is geworden, laten we hier buiten beschouwing. Maar feit is dat dankzij digitale oplossingen producenten rechtstreeks contact kunnen leggen met afnemers. Dit leidde tot nieuwe toetreders tot bijvoorbeeld de hotelbranche (Airbnb), de taxibranche (Uber) en de muziekindustrie (Spotify). Daarnaast kunnen aanbieders zien welke andere partijen in de regio actief zijn.
In de tuinbouw zijn de laatste jaren verschillende initiatieven ontstaan. Zo gebruikt Koppert Cress foto's op Instagram om – met hulp van beeldherkenning - te zien bij welk restaurant cressen op het bord liggen.
Daarnaast zijn er steeds meer digitale marktplaatsen. Vaak zijn dit kleinschalige, lokale initiatieven. Dit terwijl een e-commerce-platform voor de aanbieders grote voordelen heeft, zoals betere inzichten in prijsvorming, customer journey, waardering en kansen biedt voor (product)innovatie. Er wordt op dit moment voorzichtig gewerkt aan het opschalen van dit soort mogelijkheden.

*Jongeren en starters halen graag planten in huis, maar trekken niet zo snel een halve dag uit om een tuincentrum af te speuren naar de geschikte plant. Want wat kies je dan? En wat komt er kijken bij het verzorgen van planten? Juist met jongere, onervaren plantenliefhebbers in het achterhoofd kwam Axel Persoon, zoon van een plantenkweker op het idee voor Plantsome.*
*Plantsome is een combinatie tussen webwinkel en een app die de aankoop en verzorging van huiskamerplanten zo makkelijk, toegankelijk en leuk mogelijk moet maken. Opgericht in 2017 is het bedrijf nu naast Nederland onder andere actief in België, Duitsland en Canada.*

Bij de realisatie van zulke digitale marktplaatsen spelen digitale technieken vanzelfsprekend een grote rol, zoals data uitwisseling, algoritmen, block chain, data management/warehouse systemen en koppeling naar teeltsystemen.

### 4.4.4 Inspelen op consumentenwensen

Autofabrikant Henry Ford schijnt ooit gezegd te hebben: "Je kunt hem bij ons in alle kleuren kopen, als het maar zwart is." Door massaproductie konden producten betaalbaar worden voor het grote publiek. En door massaproductie groeide ook de Nederlandse tuinbouw. Maar de consument is veranderd. Die wil niet meer alleen de keuze uit zwart, zwart en zwart, maar wil een op maat gemaakt product dat past bij de individuele behoeften en wensen. Tegelijk is het in het belang van de aanbiedende partij om véél producten te maken en verkopen.

Daardoor is een nieuw fenomeen ontstaan: massa-individualisering, een combinatie van maatwerk en massaproductie. Zo kunnen klanten een op maat vormgegeven blikje Coca Cola kopen, of een Nike-sportschoen zelf ontwerpen.
De tuinbouw heeft de laatste decennia de productie steeds meer gesegmenteerd. Zo heeft de consument de keuze uit talloze vormen en smaken tomaten. Echte massa-individualisering is op het gebied van producten nu nog economisch niet rendabel, maar de veranderingen in de (afzet)keten bieden wel mogelijkheden. Met bijvoorbeeld e-commerce-toepassingen zou een consument kunnen kiezen uit producten van verschillende aanbieders, en dus niet meer alleen afhankelijk zijn van het aanbod in het schap van de supermarkt.

### 4.4.5 Afzet optimaliseren

Het is voor producenten van tuinbouwproducten de laatste decennia steeds belangrijker geworden om te produceren wat de markt vraagt (of aankan). Dat is een cultuuromslag vergeleken met de tijd dat de veilingen nog sturend en corrigerend konden optreden op de markt.
Om marktgericht te kunnen produceren is een aantal zaken nodig. Allereerst vanzelfsprekend toegang tot de markt en kennis van de markt. Die toegang verloopt tot heden vooral via handelspartijen. Datzelfde geldt voor een belangrijk deel voor kennis; handelspartijen houden kennis over de vraag vaak bij zich. Met bijvoorbeeld korte ketens zou dit systeem (deels) doorbroken kunnen worden.
Marktgericht produceren betekent ook het kunnen sturen en voorspellen van de productie. Hierin zijn al grote stappen gezet. Zo voorspellen gewasmodellen hoe een gewas reageert op teeltmaatregelen. Op basis hiervan is dus de productie te voorspellen en kunnen teeltmaatregelen gekozen worden om de productie te versnellen of vertragen. Deze gewasmodellen staan echter nog in de kinderschoenen. Het sturen van de productie kan vanzelfsprekend met de bestaande teeltcomputers. Daarnaast kan bijvoorbeeld met beeldherkenning het juiste moment gevonden worden waarop bloemen bestoven of geoogst moeten worden om te zorgen voor de optimale houdbaarheid.
Afnemers en de maatschappij stellen steeds strengere eisen aan producten en de productie. Die eisen hebben betrekking op onder meer duurzaamheid, veiligheid, voedselverspilling, en transparantie. Ook hierbij kan digitalisering een grote rol spelen, onder meer door het borgen van processen en informatie, het realiseren van efficiëntere productie en het ontwikkelen van nieuwe verdienmodellen.

### 4.4.6 Efficiënter omgaan met resources

Een hoge productie betekende lang een hoge winst. Daarom was de Nederlandse tuinbouw lang gefocust op het verhogen van de productie. Het plafond lijkt echter bereikt met de

huidige middelen: de producties die Nederlandse bedrijven realiseren zijn al van topniveau. Bovendien: als meer geproduceerd, dan moeten de producten wel geoogst worden. Daarvoor zijn medewerkers nodig, en dat betekent extra kosten. Nu al zijn arbeidskosten de belangrijkste kostenpost voor productiebedrijven, en dit kan de internationale positie van de Nederlandse tuinbouw bedreigen. Een hoge productie betekent dus niet meer automatisch een hoge winst. Tenzij een robot de producten kan oogsten. Maar daarover later meer.
Een hoge productie an sich is dus niet het doel: het gaat ook om de verhouding product - resources. Ofwel: efficiënt telen met een zo laag mogelijk gebruik van bijvoorbeeld water, meststoffen, energie of gewasbeschermingsmiddelen. Zo heeft het tuinbouwcluster in West-Holland afgesproken in 2040 30% minder energie te gebruiken. Zulke besparingen vragen om inzet van data en modellen, zodat de teelt beter gemanaged kan worden. Bovendien zal de opkomst van AI ervoor zorgen dat er nog beter rekening wordt gehouden met de optimale inzet van resources. Op het moment dat de algoritmes beter worden en met veel meer factoren rekening kunnen houden dan de teler nu in zijn 'hoofd' aankan zal de productie (uitgedrukt in bijvoorbeeld kilo per gebruikte eenheid water of energie) nog verder stijgen.

### 4.4.7 Duurzaamheid

De Nederlandse tuinbouw wil in 2040 klimaatneutraal zijn, en dus de $CO_2$-footprint tot 0 terugbrengen. Daarvoor wordt onder meer ingezet op regionale warmtenetten en de beschikbaarheid van CO2. In een zogenoemd Multi Commodity Smart Grid is een goede vraag- en aanbodsturing het uitgangspunt. Zowel op elektra als op warmte is dit noodzakelijk om meer te kunnen doen met de beschikbare duurzame bronnen van energie en om de infrastructuur optimaal te benutten.
Bij duurzaamheid gaat het niet alleen om het gebruik van resources. Er is bijvoorbeeld steeds meer aandacht voor biodiversiteit. Door een gezond ecosysteem in en rond de kas profiteert het gewas én kan de tuinbouw werken aan het imago. Een van de manieren om de biodiversiteit te verbeteren is het monitoren van bijvoorbeeld insecten. Dit monitoren is vooralsnog mensenwerk, en dus arbeidsintensief. De metingen hebben veel functies: allereerst natuurlijk het eventueel bijsturen, daarnaast kunnen ze gedeeld worden met publieke partijen. Dit delen van informatie kan op veel manieren, bijvoorbeeld door een digitale kaart van een groter gebied.
Met digitale technieken kunnen meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen gerichter toegediend worden. Zo kan bijvoorbeeld uit beeldherkenning (bijvoorbeeld door een oogstrobot) blijken op welke plek in de kas er een plaag is. Die kan bestreden worden door bijvoorbeeld een robot of een drone. Zo vliegen bij Koppert Cress drones tussen de gewassen en laten zo nodig 'mottenconfetti' achter.

### 4.4.8 Unmanned growing

Een van de uitdagingen voor Nederlandse telers is de beschikbaarheid van mensen met groene kennis. Maar ook andere landen kampen met een tekort. In Nederland zijn die mensen en hun kennis nodig om nummer één te blijven, in andere delen van de wereld zijn die mensen en hun kennis nodig om beter, meer en veiliger te kunnen produceren.
Een van de richtingen van digitalisering draait dus om het kunnen telen met de inzet van zo min mogelijk mensen. Oftewel mensen met benodigde (groene) kennis zo efficiënt mogelijk in te kunnen zetten.
Arbeids- en tijdsintensieve activiteiten moeten hiervoor zo veel mogelijk worden ondersteund of waar mogelijk overgenomen door digitale oplossingen, die bovendien die activiteiten vaak meer consistent, sneller en goedkoper kunnen uitvoeren. Het gaat hierbij dus onder meer om 'unmanned growing'.
Hierbij kunnen twee belangrijke delen worden onderscheiden. Als eerste de ondersteuning van beslissingen in het teelt- en productieproces. Dit is wat nu vaak 'autonoom telen' wordt genoemd en waar het met name gaat om inzet van software en modellen om bijvoorbeeld de klimaatcomputer aan te sturen op basis van waarnemingen in de kas met sensoren. De tweede component is het uitvoeren van het fysieke werk. Denk hierbij aan het plukken van tomaten en rozen en het doen van gewaswaarnemingen. Alleen als beide onderdelen samenkomen kan er gesproken worden van 'unmanned growing'.
'Unmanned growing' betekent niet dat er geen mensen meer betrokken zijn bij de teelt in Nederland of daarbuiten. Er bestaan namelijk verschillende niveaus. Zo is het mogelijk dat alleen 'simpele' repeterende taken worden geautomatiseerd: dit kan gezien worden als het begin van 'unmanned growing'. Dat systeem kan stapsgewijs worden uitgebreid met steeds meer, complexe taken. In het uiterste geval is de teelt wel volledig 'unmanned'. Het is voorstelbaar dat Nederlandse telers nog niet een volledig 'unmanned' teelt willen. In sommige buitenlanden is die behoefte er juist wél: daar is immers minder groene kennis voorhanden.
Dat levert een opvallend spanningsveld op. Het kennisniveau van Nederlandse telers is hoog. De telers stellen dus hoge eisen aan nieuwe oplossingen en willen deze alleen toepassen als ze naar hun gevoel en inzicht beter presteren dan wat ze nu zelf doen. Daardoor is het voor toeleveranciers moeilijk om nieuwe oplossingen te ontwikkelen voor de Nederlandse markt. De ontwikkelingen gaan daardoor minder snel dan ze zouden kunnen gaan.
Tegelijk is in het buitenland de honger naar nieuwe kennis en toepassingen groot. Om die klanten te kunnen bedienen moet de innovatie in Nederland op een hoog niveau blijven zodat we hier kunnen blijven ontwikkelen en testen om daarna onze producten te introduceren in het buitenland.

CONCEPT

### 4.4.9 Mensen

Voor een succesvolle digitale transformatie zijn niet alleen geschikte technologieën nodig, maar ook mensen met de juiste competenties. Het gaat hierbij om zowel de competenties van huidige ondernemers en medewerkers, als om de instroom van nieuwe medewerkers met de geschikte competenties. Het gaat hierbij om medewerkers op verschillende opleidingsniveaus, van (v)mbo-medewerkers die met de nieuwe technologie werken tot wo-opgeleide mensen die de robots, AI of nieuwe verdienmodellen ontwerpen.

In alle gevallen is het essentieel dat bekend is welke competenties nodig zijn voor de techniek van de toekomst, en hoe die competenties verworven kunnen worden. Dit vraagt dus om een nauwe samenwerking tussen bijvoorbeeld bedrijven en onderwijsinstellingen. Bovendien moet er bewustzijn gecreëerd worden over de gevolgen van die nieuwe competenties. Zo zal ook de interne organisatie van bijvoorbeeld een bedrijf aangepast moeten worden. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat er gewerkt wordt met zowel de ‘voorlopers’ als het ‘peloton’. Beiden vragen een andere aanpak.

Belangrijk is verder om te beseffen is dat er door digitalisering niet noodzakelijkerwijs minder banen komen, maar vooral andere banen. Voor de tuinbouwsector en de maatschappij in het algemeen is het belangrijk om aandacht te besteden aan mensen in de oude banen die verdwijnen en die niet zomaar ‘vanzelf’ voldoende skills hebben om in de nieuwe banden aan de slag te gaan.

CONCEPT

# 5 De toekomst van digitalisering in de tuinbouw

Zoals eerder beschreven in dit document: digitalisering zal grote gevolgen hebben voor de tuinbouw. Niet alleen op het vlak van losse bedrijfsprocessen, maar ook op het gebied van verdienmodellen en ketens. Een deel van de gevolgen heeft de sector zelf in de hand. Bijvoorbeeld het al dan niet kopen van een oogstrobot is immers een beslissing van een individuele ondernemer. Maar bij andere gevolgen is het belangrijk dat de sector zelf de regie houdt, om zo wereldwijd nummer één te blijven.
Om dit inzichtelijk te maken bekijken we de eerder beschreven drie niveaus van digitalisering (zie 4.1): Digitization, Digitalisation en Digital transformation, met per niveau relevante ontwikkelingen en gezamenlijke acties. Deze indeling volgen we nu ook bij het schetsen van aandachtsgebieden.

## 5.1 Digitization

Digitization is het omzetten van informatie van een fysiek formaat in een digitaal formaat. Dit is in de tuinbouw al in grote mate gebeurd: veilbrieven worden al sinds decennia digitaal aangeleverd, van rijpe bloemen zijn digitale afbeeldingen beschikbaar en van het kasklimaat kan neen teler keurig tabellen en grafieken uitdraaien.
Dit eerste niveau van digitalisering is een belangrijke randvoorwaarde voor de andere niveaus. Maar onder meer door de slagkracht van de sector, de laagdrempeligheid van digitale toepassingen en vragen van afnemers is op dit niveau geen gezamenlijke aanpak nodig.

## 5.2 Digitalisation

Het tweede niveau van digitalisering is digitalisation. Dit is het inzetten van digitale informatie om processen in te richten. Hierbij worden (stappen in) het bestaande proces gedigitaliseerd of geautomatiseerd.
Kenmerk hiervan is dat nieuwe of bestaande technieken worden gecombineerd. Een oogstrobot voor komkommers maakt dat duidelijk. De robot gebruikt onder andere sensoren, vision technology, mechatronica, kunstmatige intelligentie en cloudopslag om rijpe vruchten te herkennen en te beoordelen. Met mechatronica (een combinatie van mechanisatie en elektronica), een 3D-geprinte gripper en een lasermes wordt de vrucht geoogst. Voor het vervoer van de robot en de vrucht zijn technieken als automated guided vehicle (AGV), accu- en laadtechnologie en positiebepalingstechnologie nodig.

*De GearVision van Gearbox Innovations is een sterk staaltje van het combineren van technieken. Met hulp van onder meer vision technology, big data en kunstmatige intelligentie analyseert de GearVision producten op een sorteerband. Van elke vrucht wordt onder meer de vochtigheid, de lengte, de kleur, mogelijke schades en groeivervormingen gemeten. Die informatie kan het apparaat bovendien herleiden tot de*

*locatie in de kas. Om in de woorden van Gearbox Innovations te spreken: 'Het geoogste product; een tomaat, komkommer, paprika, maar ook een kalanchoë, gerbera of roos is een sensor'.*

Daarnaast zijn de technologieën met elkaar verweven. Technologie ontwikkeld voor de ene toepassing kan weer worden ingezet in een andere toepassing. Een kleinere, goedkopere en energiezuinigere temperatuursensor kan worden ingezet in een kas voor veredeling, teelt of in een indoor farm. Een verbeterde camera kan worden toegepast op verschillende plaatsen waar gewaskenmerken worden bepaald.
Dit maakt slimme toepassingen mogelijk. Zo gebruikt WUR de term 'Smart Horticulture' in plaats van 'digitalisering'. 'Smart' komt oorspronkelijk van 'Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology', maar wordt algemeen bekend als 'smart' vanwege het idee dat voorheen levenloze objecten met ons kunnen praten en zelfs ons gedrag sturen. Intelligent dus. Maar belangrijker voor smart technologieën is dat de betreffende apparaten verbonden zijn, bijvoorbeeld met elkaar of met internet.

*Richard teelt komkommers op een oppervlakte van 5 hectare. Een mooie teelt, maar arbeidsintensief. Komkommers groeien namelijk snel, en er zijn veel gewashandelingen. Het zou al een flinke slok op een borrel schelen als een robot de komkommers zou oogsten. Daarom kijkt Richard met interesse naar de ontwikkeling van de oogstrobot. Die maakt met een camera een opname van het gewas, herkent of er komkommers hangen en beoordeelt vervolgens welke komkommers groot en zwaar genoeg zijn om te oogsten. Vruchten die nog niet rijp zijn, worden onthouden voor een volgende keer én voor het maken van een oogstprognose.*
*Met stereo vision berekent de robot vervolgens de afstand tot de rijpe vrucht én een route zonder obstakels. Een thermisch mes snijdt de komkommer dan op de juiste plek af. De robot legt de komkommer vervolgens op een oogstkar, die automatisch naar de schuur rijdt. Ook die oogstkar (een zogenoemd 'automated guide vehicle') laadt zichzelf op, weet de route naar de schuur en ontwijkt onderweg mensen en mogelijk objecten.*

Op dit tweede niveau zijn al veel ontwikkelingen binnen de tuinbouw, zoals de eerdergenoemde oogstrobot. Tegelijk heeft de sector de mogelijkheden van dit tweede niveau nog niet volledig benut: er zijn meer technologische mogelijkheden om de eerdergenoemde uitdagingen voor de Nederlandse tuinbouw in te vullen. Belangrijk hierbij zijn de volgende thema's:

### 5.2.1 Decision support

Als eerder beschreven is door een gebrek aan kennis en gekwalificeerde arbeidskrachten ruimte voor beslissingsondersteunende systemen. Een bekend voorbeeld daarvan is Autonoom telen, waarbij digitalisering gebaseerd op de groene kennis van de teler teeltbeslissingen neemt.
Ook bij het plannen van de teelt op basis van de verwachte (toekomstige) vraag kan decision

support nog veel bijdragen. Neem als voorbeeld een potplantenbedrijf dat veel verschillende soorten gewassen, potmaten (en daarmee teeltduur) en klanten met net andere wensen heeft. Het goed op elkaar afstemmen van oppotdatum, levering en wijder zetten zijn geen simpele uitdagingen, zeker als bedacht wordt dat er ook teelten zijn met een duur van enkele weken en ook vele maanden tot soms anderhalf jaar. Ook hier kunnen de mogelijkheden van decision support nog veel beter worden ingezet. Marktgericht produceren is afhankelijk van de juiste informatie en de juiste beslissingen. Er is inmiddels zo veel data beschikbaar – en er komt nóg meer – dat de mens ondersteund moet worden in het nemen van de juiste beslissingen.

### 5.2.2 Hardware & mechanisatie

Digitalisering biedt de mogelijkheid tot vergaande mensondersteunende technieken. De oogstrobot is daarvan een duidelijk voorbeeld. Dit maakt 'unmanned growing' mogelijk, waarbij niet alleen de kennis, maar ook de (fysieke) arbeid is geautomatiseerd.
Net als in de teelt kan hardware en mechanisatie mensondersteunend werken in transport en afzet, bijvoorbeeld bij sorteer en inpakwerkzaamheden.

### 5.2.3 Sensing

Veel wordt gemeten in de tuinbouw. Het gaat daarbij echter meestal om het meten van de omstandigheden waarin het gewas groeit (zogenoemde 'grijze' digitalisering). Het meten van het gewas zelf ('groene' digitalisering) staat nog in de kinderschoenen. Ontwikkelingen als digital twins zouden hier een grote bijdrage aan kunnen leveren. Ook het toepassen van nieuwe en slimmere sensoren en de interpretatie en toepassing van de resultaten hiervan valt onder het thema sensing. Denk hierbij aan nieuwe meetmogelijkheden, maar ook bijvoorbeeld het kleiner maken van huidige sensoren, zodat ze ook 'in' een plant kunnen worden ingebracht om te meten.
Ook in logistiek en afzet is sensing een belangrijk thema. Door het bijhouden van onder andere transportduur, temperatuur, relatieve vochtigheid en ethyleen kunnen betere voorspellingen worden gedaan over de houdbaarheid en kwaliteit van de producten.

### 5.2.4 Afzet/consument: Traceerbaarheid & transparantie

Consumenten willen weten wat de herkomst van een product is. Daarvoor is verdere ontwikkeling nodig van goede tracking & tracing-mogelijkheden. Belangrijk daarbij zij de gegevens die tijdens de 'reis' door de gehele keten zijn vastgelegd.

### 5.2.5 Benodigde acties

Om op de bovengenoemde thema's te versnellen is in de komende jaren aandacht nodig voor de volgende acties:

CONCEPT

#### 5.2.5.1 Groene kennis digitaliseren

Als eerder aangegeven is er nog onvoldoende groene kennis vastgelegd. Dit is essentieel voor het goed kunnen benutten van met name decision support-systemen in de teelt.

#### 5.2.5.2 Bewustwording creëren

Tuinbouwondernemers zouden zich meer bewust moeten zijn dat niveau 2 van digitalisering veel onbenutte mogelijkheden biedt voor een beter rendement. Door dat bewustzijn worden ondernemers betere gesprekspartners van branchevreemde en/of technologische bedrijven met mogelijke oplossingen. Daarnaast weten ze daardoor beter wat consequenties van technologieën zijn voor hun bedrijf, wat een passend risicoprofiel is, en met wie samenwerkt zou kunnen worden.

#### 5.2.5.3 Samenwerking creëren

Een goed ecosysteem is een randvoorwaarde voor de ontwikkeling én de implementatie van nieuwe technieken. Daarom zou meer aandacht moeten zijn voor het bij elkaar brengen van partijen (bedrijven, organisaties) die samen de schouders onder een technologie kunnen zetten.

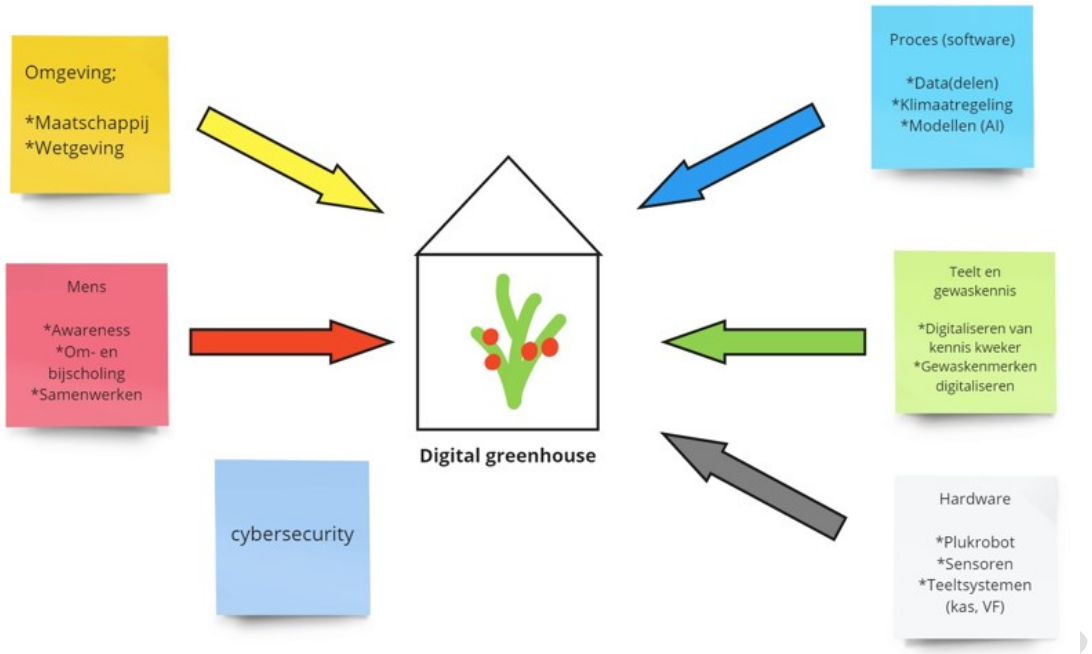
#### 5.2.5.4 Kennis uit andere sectoren beter benutten

Veel zaken die in de glastuinbouw spelen zijn niet uniek voor deze sector. Het is belangrijk om te onderzoeken op welke andere plekken dezelfde vraagstukken spelen en mogelijk al opgelost zijn. Belangrijk hierbij is te realiseren dat het soms gaat om een simpele çopy-paste en de oplossing direct toepasbaar is. Vaak zal er echter op basis van de voorbeelden in andere sectoren een copy-adapt-paste-actie moeten plaatsvinden. Met andere woorden: gebruik de voorbeelden als inspiratie, aanpassen aan de behoeften in de tuinbouw en pas dan toe.
Hiervoor is het belangrijk om een overzicht te hebben van wat er plaatsvindt in bedrijven in andere sectoren maar ook dat er gebruik gemaakt wordt van (fundamentele) kennis, zoals ontwikkeld door kennisinstellingen buiten de tuinbouw.

#### 5.2.5.5 Integratie

Belangrijk om te realiseren is dat nieuwe technologie en kennis moet worden gebruikt in een totaalsysteem. En sensor kan los van alle andere onderdelen hele interessante informatie geven, maar er moet iets worden gedaan om deze informatie relevant te maken. Een voorbeeld: als de sensor een getal meet dat hoger is dan ‘x’, dan moet parameter ‘y’ in de klimaatcomputer worden verhoogd met 0,5 graden Celsius. Bij een afwijking van meer dan ‘z’ moet de teler worden gealarmeerd om actie te ondernemen. Het figuur hieronder geeft een overzicht van de verschillende factoren die nodig zijn om te komen tot een digital greenhouse.

CONCEPT




## 5.3 Digital transformation

Het derde niveau van digitalisering is digital transformation (‘digitale transformatie’). Waarbij het op niveau 2 gaat om acties die de komende 5-8 jaar gaan plaatsvinden, gaat hetbij digitale transformatie vooral ook naar zaken die een langere tijdshorizon hebben. Hierbij draait het om een fundamentele verandering van businessmodelenl, keten- en bedrijfsprocessen en de skills en soort benodigde medewerkers door het toepassen en accepteren van technologische innovaties.

Digital transformation zou de volgende industriële revolutie genoemd kunnen worden. Daarom wordt ook wel de term ‘Tuinbouw 4.0’ gebruikt (vergelijkbaar met Industry 4.0). Het getal 4 verwijst hier naar de vierde industriële revolutie. In de eerste industriële revolutie (in de 18e eeuw) maakten stoommachines massaproductie mogelijk. In de tweede industriële revolutie (in de 19e eeuw) werd het productieproces opgeknipt in losse stukken, onder meer met inzet van lopende banden. In de derde industriële (jaren ‘70 van de 20e eeuw) werd productie geautomatiseerd dankzij computers. In de vierde industriële revolutie worden productieprocessen slim, onder meer doordat verschillende processen en locaties verbonden zijn (zie ook onder Smart). Bovendien is ‘mass customization’ mogelijk, ofwel flexibele inzet van massaproductie, zodat tegen lage kosten producten in kleine hoeveelheden kunnen worden gemaakt.

Waar bij niveau 2 de digitalisering wordt gebruikt in de bestaande omgeving (dus: de huidige kassen, gewassen en mensen), is de kans groot dat in niveau 3 de omgeving volledig

verandert of veranderd is. Daarbij kan gedacht worden aan compleet nieuwe teeltsystemen met bijhorende nieuwe rassen, en werk dat verricht wordt door drones en robots. Hoe dat er exact uit komt te zien, weten we nog niet precies. Wel zijn er enkele ontwikkelingen die zeer kansrijk zijn. Een voorbeeld daarvan is Growing as a Service, waarbij partijen onderling afspraken maken over onderdelen van het teelt- en oogstproces, en taken duidelijk onderverdeeld worden. Er wordt geen project of een kas meer verkocht, maar bijvoorbeeld een gegarandeerde hoeveelheid tomaten van kwaliteit x per week.
Een heel ander voorbeeld is de ontwikkeling van digitale marktplaats(en). Waar in de vorige eeuw de afzetcoöperaties zijn ontstaan door het oprichten van grote logistieke infrastructuren rondom de klok als prijsvormingsmechanisme, ontstaan nu compleet nieuwe afzetstructuren gebaseerd op digitaliseringstechnologie waarin toegang tot data het verschil maakt. Directe verkoop naar eindgebruikers, nieuwe prijsvormingsmechanismen uit de financiële wereld, andere samenwerkingsvormen tussen telers onderling, maar ook met boeren uit andere sectoren, intreden van grote logistieke dienstverleners van buiten de tuinbouw, dataplatforms, niet traditionele investeerders etc.. Waar dit alles toe leidt is nog onduidelijk, maar dat er veel gaat veranderen staat vast.

### 5.3.1 Benodigde acties

Juist doordat het nog niet zeker is hoe niveau 3 eruit komt te zien is het belangrijk dat de sector zich daarop voorbereidt. Klaar zijn voor de toekomst is dan ook de belangrijkste boodschap van dit document. Met elkaar verkennen wat de mogelijkheden zijn draagt bij aan een versnelling van de toepassing. Daarbij is het belangrijk dat niet alleen de bedrijven uit de keten meewerken, maar ook kennisinstellingen en de regionale overheden. De verwachting is dat digitale transformatie voor alle betrokkenen gevolgen heeft en kansen biedt voor vernieuwing van de diensten en manieren van (samen)werken. Dit voorbereiden zal bestaan uit onder andere de volgende aandachtspunten:

#### *5.3.1.1 Data toegankelijk maken en standaardiseren*

Kern van digitale transformatie is de toepassing van data voor het ontwikkelen van nieuwe producten, diensten en processen. Zoals eerder aangegeven is de hoeveelheid beschikbare data enorm. De dataficatie is op gang gekomen. De hoeveelheid data wordt alleen maar groter. Echter, die data ligt nu nog verspreid bij verschillende aanbieders, die elk hun eigen methode daarvoor gebruiken. Dat is een begrijpelijke ontwikkeling. Maar het belemmert wel een goede doorbraak naar niveau 3. Want voor de volgende stap – de stap naar tuinbouw 4.0 – is het belangrijk dat data in voldoende mate beschikbaar en bruikbaar zijn. Dit vraagt dus om standaardisering van relevante data (bijvoorbeeld over gewassen). Onder toegankelijkheid valt verder het hebben van een goede en betrouwbare infrastructuur, zodat data snel en veilig vervoerd kunnen worden.

#### 5.3.1.2 *(Data)infrastructuur in orde*

Als er steeds meer data wordt verzameld en realtime informatie wordt gebruikt, dan is het belangrijk dat de infrastructuur op orde is. Hierbij spelen edge computing en 5G een belangrijke rol.

Edge computing houdt in dat de informatie aan de ‘rand’ (edge) van het netwerk wordt verwerkt. In plaats van het verzenden van de data naar een centrale server waar de verwerking plaatsvindt, gebeurt de verwerking vlakbij of ‘in’ de sensor die waarneemt. Voordelen van edge computing zijn tijdwinst en minder beslag op bandbreedte in het netwerk. Verder is de snelheid belangrijk. Hoe korter de ‘weg’, des te sneller kan worden gereageerd. Bij een systeem met realtime toepassingen - als het bepalen van een tomaat die wel of niet oogstbaar is of een toepassing voor het sorteren van individuele zaden - kunnen de milliseconden die (niet) nodig zijn voor het verzenden van data en verwerking via de Cloud een groot verschil maken. Het gaat daarbij ook om data in de keten.
Beschikbaarheid van 5G gaat de grote boost aan het gebruik van edge computing geven. Het 5G-netwerk maakt het mogelijk per vierkante kilometer één miljoen apparaten te verbinden. Bovendien kunnen snel grote hoeveelheden data worden uitgewisseld

#### 5.3.1.3 *Ontwikkelen microservices en onafhankelijk componenten.*

Omdat we niet precies weten wat er in de toekomst allemaal gaat veranderen op technisch, teelt- en bedrijfskundig vlak op de teeltbedrijven en bij de bedrijven in de afzetketen is het belangrijk dat het bewustzijn ontstaat dat voorbereid zijn op de toekomst betekent: flexibel kunnen zijn. Onderdeel van die flexibiliteit is bedrijfsprocessen en IT-oplossingen in losse, uitwisselbare componenten in te richten.
Er wordt hierbij in de ontwikkeling van software vaak gesproken over microservices. Bij microservices komt het erop neer dat software in kleinere blokken wordt ontwikkeld.
Dit kan bijvoorbeeld een waarneming van de kleur van een tomaat zijn of een meting van de kopdikte van een plant. Ook bij de ontwikkeling van hardware kan gewerkt worden met kleine componenten die als een blokkendoos kunnen worden gebruikt. Eigenschap van een 'blok’ is dat deze eenduidige functionaliteit bevat, en onafhankelijk kan schalen en getest kan worden. Als de teeltsystemen en de rassen in de toekomst anders zijn zullen de blokken hardware en software op een andere manier worden samengesteld en hoeft niet het hele product weer vanaf nul te worden ontwikkeld.

CONCEPT

#### 5.3.1.4 Security by Design

Bij het werken volgens Security by Design wordt al bij de start van het ontwerpen van een product of dienst rekening gehouden met de veiligheid. Bijvoorbeeld op het gebeid van data kan dat zijn om al na te denken over de noodzaak van het opslaan: welke gegevens zijn echt nodig en welke niet? Ook moet rekening worden gehouden met de hele levenscyclus van de data: opslag, eigensom, wijziging en verwijdering van gegevens.
Naast de technische aspecten spelen ook menselijke en organisatorische aspecten een rol. Vooraf wordt nagedacht over hoe een werkwijze past in een organisatie en de manier waarop mensen werken met producten en diensten.
Door al vooraf na te denken in plaats van alleen achteraf te proberen de producten 'veilig' te maken kunnen kosten worden bespaard en zal er bij de beveiliging beter zijn nagedacht over de risico's bij de eindgebruiker. Overigens is het belangrijk dat niet alleen de ontwikkelaars van het product maar ook de eindgebruikers gedurende de hele levensduur van het product na blijven denken over de veiligheid om dat de omstandigheden kunnen veranderen.
Veel producten gebruikt in de tuinbouw zijn oorspronkelijk gemaakt voor stand alone-toepassing. Op dit moment worden meer en meer producten en diensten aan elkaar en aan het internet gekoppeld. Op het moment dat dat gebeurt moet opnieuw worden nagedacht over wat de implicaties zijn voor de beveiliging.
Overigens is het belangrijk te beseffen dat het bij security niet alleen gaat om de risico's van bijvoorbeeld hackers, maar ook het 'simpele' beschadigen van een glasvezelnetwerk bij graafwerkzaamheden kan grote gevolgen met zich meebrengen.

#### 5.3.1.5 Bewustwording en opleiding

Het zou goed zijn als binnen de tuinbouw gewerkt wordt aan bewustwording en kennis- en vaardighedenontwikkeling. Ondernemers, maar ook andere partijen binnen de tuinbouw, zouden geholpen moeten worden zich voor te bereiden op de digitale transformatie. Daarvoor bestaan veel mogelijkheden: van IT-opleidingen en –cursussen tot campagnes. Maar ook het aantrekken van talent, ontwikkelen van nieuwe functies en beroepsbeelden. De gevolgen van digitalisering, zeker op niveau 3, zijn aanzienlijk voor zowel de ondernemers in de keten als de medewerkers. Het verder verkennen en verdiepen van de gevolgen is nog nodig. Verbinding met de Human Capital Agenda van de Greenport West-Holland en de daarbij betrokken partners is daarbij logisch.

CONCEPT

# Conclusie

In deze digitaliseringsvisie hebben de opstellers getracht uiteen te zetten hoe de tuinbouwketen eruitziet en wat de belangrijkste uitdagingen zijn. Daarnaast is er beschreven wat de huidige stand van digitalisering is in de tuinbouw, welke ontwikkelingen op het gebied van digitalisering te verwachten zijn, en welke acties de sector zelf zou moeten of kunnen nemen. Deze visie is opgesteld op basis van veel schriftelijke en gesproken bronnen, binnen en buiten de tuinbouw.
Met deze visie willen de initiatiefnemers - Greenport West-Holland, InnovationQuarter en Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen - ervoor zorgen dat het tuinbouwcluster zich op de juiste wijze voorbereidt op een toekomst waarbinnen digitalisering een hoofdrol zal spelen.
Veel ontwikkelingen op het gebied van digitalisering gebeuren autonoom. Daarmee wordt bedoeld: binnen de markt of de sector worden technologische toepassingen ontwikkeld en toegepast, zonder dat daarvoor een gezamenlijke visie voor hoeft te worden opgesteld. Voorbeelden daarvan zijn er te over. Zo werd ‘Kopen op afstand’ al decennia geleden ingevoerd in de sierteelt en zijn er op tal van bedrijven logistieke systemen die volautomatisch groenten of bloemen naar de verwerkingsruimte brengen. Digitalisering is dus al een eind onderweg.
Maar voor de ontwikkeling en/of doorbraak van veel andere technologieën is gezamenlijke inspanning nodig. Een voorbeeld daarvan is ‘unmanned growing’. Hiervoor is het onder meer essentieel dat de groene kennis van de telers wordt gedigitaliseerd. Alleen daarmee is een goed systeem voor ‘decision support’ te ontwikkelen. En de behoefte aan dergelijke systemen groeit, niet alleen in Nederland, maar ook daarbuiten. Groene kennis wordt namelijk steeds schaarser.
Het automatiseren van bedrijfsprocessen - zoals telen of intern transport – zijn voorbeelden van niveau 2 van digitalisering. Dit niveau zal een grote invloed hebben op de toekomst van de tuinbouw. Randvoorwaarde daarvoor is dat het eerste niveau van digitalisering (het digitaliseren van gegevens) op orde is, en daarvan is zeker sprake in de tuinbouw.
Wat een nóg grotere invloed zal hebben op de toekomst van de tuinbouw is niveau 3 van digitalisering. Dit niveau wordt digitale transformatie of Tuinbouw 4.0 genoemd. Hierbij is sprake van een fundamentele verandering van businessmodellen, keten- en bedrijfsprocessen en de medewerkers door het toepassen en accepteren van technologische innovaties.
Dat technologie complete sectoren kan veranderen is de afgelopen decennia duidelijk geworden in tal van andere sectoren, zoals de distributie van muziek of het boeken van een hotelkamer. Nieuwe bedrijven ontstonden, bestaande bedrijven moesten zich aanpassen of verdwenen.

CONCEPT

In de tuinbouw is daarvan nog geen sprake. Maar dat de sector transformeert is al wel zichtbaar. Zo wordt al gesproken over het concept van 'Growing as a Service', waarbij schakels in de keten middels een 'abonnement' met elkaar zijn verbonden (in plaats van alleen als koper/verkoper). En in toenemende mate kijken grote tech-bedrijven, met name in Amerika, naar de productie van verse voeding.
Hoe de digitale transformatie er precies uit komt te zien, laat zich moeilijk voorspellen, realiseren de opstellers van deze visie. Maar wat wél mogelijk is, is de sector voorbereiden op die nieuwe werkelijkheid. En die voorbereiding is voor een deel technisch en voor een deel op het gebied van 'human ware'.
Om met de 'human ware' te beginnen: het is absoluut essentieel dat de tuinbouw zich inzet in het creëren van bewustzijn bij ondernemers en werknemers over de digitalisering. Het derde niveau vraagt namelijk veel van mensen. Ze moeten misschien hun kennis bijspijkeren, op zoek naar een nieuwe functie, afscheid nemen van hun bedrijf, of juist een nieuw bedrijf beginnen. Al die keuzes beginnen bij bewustzijn dat de wereld zal veranderen. De grootste verandering zal misschien niet de techniek zijn, maar een compleet nieuwe structuur van de sector. De huidige structuur ontstond gaandeweg enkele decennia geleden, met een fijnmazig netwerk van ondernemers (zowel productiebedrijven als toeleveringsbedrijven) die gezamenlijk zaken als voorlichting, afzet en onderzoek organiseerden. Als bijvoorbeeld tech-reuzen van buiten de sectoren, zoals Amazon en Tencen, hun intrede doen, of als bijvoorbeeld het concept 'Growing as a service' inderdaad gerealiseerd wordt, dan heeft dat grote consequenties voor de gehele sector teelt en afzet. En dan zijn dit nog maar voorbeelden de anno nu te bedenken zijn.
Verdergaande digitalisering zal dus een veel breder effect hebben dan alleen op individuele bedrijven. Bestaande afspraken en structuren zullen op een bepaald moment losgelaten moeten worden. Maar hoe? Wat komt ervoor in de plaats? Wie organiseert dat? Wie neemt welk risico?
Die vragen moeten gesteld worden, en daarvoor is de eerste stap: bewustzijn. Ondernemers zouden meegenomen moeten worden in de vraag: welke rol wil ik nemen in die nieuwe werkelijkheid? En welke skills heb ik daarvoor nodig? Maar ook de kennisinstellingen, financiers en overheden hebben een belangrijke rol in deze ontwikkeling. Zowel faciliterend maar ook vanuit de inrichting van infrastructuur en regelgeving.
Als gezegd: de voorbereiding is deels ook technisch van aard. Want hoe de toekomst van digitalisering er ook uitziet, het is hoe dan ook belangrijk dat er standaarden komen voor de opslag van data, zodat ondernemers en onderzoeksinstellingen met die data nieuwe technologische concepten kunnen ontwikkelen. Uitdagend is op welke kennisthema's zullen we als glastuinbouwcluster zelf moeten investeren in onderzoek en waar gaan we gebruik maken van ontwikkelingen uit andere sectoren? Vanzelfsprekend staat digitale veiligheid bij alle ontwikkelingen voorop, maar ook hiervoor zullen we nog flinke stappen moeten zetten.

Deze visie doet dus geen voorstellen voor plukrobots of algoritmes die ontwikkeld moeten worden. Zulke producten ontstaan ook zónder lijvig document. Wat deze visie wél voorstelt is dat verantwoordelijke en betrokken partners in de regio ondernemers bij de hand nemen, en samen op reis gaan naar de toekomst. Aan de uitvoer van de hier bovengenoemde punten moeten we samen aan de slag gaan. Een eerste stap hierin is de opvolging die gaat plaatsvinden via onder andere het thema digitalisering binnen het Innovatiepact II van Greenport West-Holland in samenwerking met de partners.
Die toekomst wordt mooi en digitaal, en de Nederlandse tuinbouw kan er tevens voor zorgen dat de toekomst vers, gezond en mooi is.

CONCEPT

# Bronnen

**Schriftelijke en digitale bronnen**


- AgentschapNL, 2010. IOP Photonic Devices. Tweede Meerjarenplan
- Gregory Astill, Agnes Perez en Suzanne Thornsbury (United States Department of Agriculture), 2020. Developing Automation and Mechanization for Specialty Crops: A Review of U.S. Department of Agriculture Programs. A Report to Congress
- AVAG. Toelichting op Roadmap Greenhouse Technology
- Nico Bondt, Robbert Robbemond, Lan Ge, Linda Puister en Cor Verdouw (Wageningen Economic Research), 2016. Nut van ICT-gebruik voor tuinbouwondernemers
- Shane Bryan, David Fiocco, Mena Issler, Mallya Perdur, Michael Taksyak (McKinsey & Company), 2020. Creating value in digital-farming solutions
- CBS, 2019. Tuinbouwcijfers 2019
- FoodSwitchNL. Extra verdienvermogen voor Nederland door wereldwijde duurzame voedselproductie
- Greenport West-Holland, 2018. Innovatiepact Greenport West-Holland
- Lambert van Horen, René Gomersbach (RaboResearch), 2020. Een goed klimaat voor tuinbouwtechniek. Toeleveranciers groeien en veranderen
- Robert Hoste, Hyun Suh en Harry Kortstee (Wageningen University & Research), 2017. An inventory in the Netherlands. Smart farming in pig production and greenhouse horticulture
- N.J.J.P. Koenderink, J.L. Top, P. Goethals, A. Nieuwenhuizen (Wageningen University & Research), 2019. Programmeringsstudie Smart Technology in Agro-Horti-Water-Food
- LEI Wageningen, 2016. Nieuwe waardeproposities ontdekken. Hoe agrarische ondernemers kunnen co-creëren en experimenteren
- Charlotte Lelieveld,Charlotte de Wit en Bart Devoldere (TNO), 2019. Samen innoveren in de glastuinbouw
- Rob Morren (ABN Amro), 2018. True cost accounting, de werkelijke kosten van ons voedsel
- Erik Pekkeriet en Gerben Splinter (Wageningen University & Research), 2020. Arbeid in de toekomst; Inzicht in arbeid en goed werkgeverschap in de tuinbouw
- Krijn Poppe (Wageningen University & Research), 2020. Het Nederlandse voedselsysteem na corona
- Provincie Zuid-Holland, gemeente Pijnacker-Nootdorp, gemeente Zuidplas, gemeente Lansingerland, gemeente Waddinxveen, Rebel, Wageningen University & Research, Van Bergen Kolpa Architecten, Sweco, 2020. Werkboek Oostland (presentatie)
- Marc Ruijs, Gerben Splinter (Wageningen Economic Research). De kracht van glas. Hoe ziet het productassortiment voor de bedekte teelt er in 2050 in Nederland uit?
-

- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2020. Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2020
- Topsector Agri & Food, Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, Topsector Water & Maritiem, 2019. Kennis- en Innovatieagenda Landbouw, Water, Voedsel
- Tuinbouwscenario's, https://tuinbouwscenarios.nl
-
- Olga van der Valk en Gerben Splinter (Wageningen University & Research), 2016. Nieuwe waarde proposities ontdekken. Hoe agrarische ondernemers kunnen co-creëren en experimenteren


**Gesproken bronnen:**

- Aad van den Berg
- Amelia Oei
- Colinda de Beer
- Eric Poot
- Erik Persoon
- Evelien Stilma
- Jan van der Ende
- Maarten Hermus
- Marga Vintges
- Margreet Schoenmakers
- Mart Valstar
- Mike Poodt
- Peter van der Sar
- Rob Baan
- Woody Maijers
- Diverse telers en toeleveringsbedrijven tijdens speciaal georganiseerde sessies over de digitaliseringsvisie

CONCEPT

# Bijlage

## Overzicht van technieken

Hieronder staan enkele technieken die vallen onder de term Smart Horticulture. De indeling is alfabetisch. Meer toelichting per technologie vindt u in de bijlage.

- Artificial Intelligence
- Augmented Reality en Virtual Reality
- Big data
- Blockchain
- Connectivity
- Decision Support
- Digital Twins
- Drones
- Internet of Things
- Quantum computing
- Robots
- Sensoren
- Sequencing Technology
- Vision Technology
- 3D-printing

### Artificial Intelligence (AI)

Artificial Intelligence (AI) is erop gericht functies van intelligentie te ontwikkelen buiten het menselijke brein. Machine Learning (ML) houdt zich bezig met de ontwikkeling van algoritmes en technieken om AI toe te passen. Bij ML wordt met behulp van grote hoeveelheden data de machine getraind om taken uit te voeren. Deep Learning (DL) is een ML-methode gebaseerd op ingewikkelde neurale netwerken; het algoritme bepaalt (al dan niet gecontroleerd/zelfstandig) een relatie tussen de invoer en uitvoer van gegevens. Dit wordt in de tuinbouw onder andere toegepast in ontwikkeling van modellen voor autonoom telen en vormt een belangrijk bouwblok van de ontwikkeling van bijvoorbeeld oogstrobots.

CONCEPT

In 2020 vond de tweede editie van de Autonomous Greenhouse Challenge plaats. De wedstrijd ‘tomaten telen op afstand’ werd gewonnen door ‘The Automatoes’. Opvallend: het team behaalde een vergelijkbare productie met een referentieteam bestaand uit telers, maar tegen minder kosten. De grote winnaar was echter: de glastuinbouw. Want de teelt kan dus efficiënter. De Nederlandse tuinbouw kan vooroplopen in die ontwikkeling, vindt tomatenteler Ted Duijvestijn, die in het referentieteam zat: “Deze ontwikkeling houd je niet tegen. Je kunt hem wel bespoedigen door er gericht in te investeren. Om wildgroei te voorkomen, zou je dat vooralsnog collectief kunnen oppakken.”
*(Bron: Onder Glas, 11 juni 2020)*

### Augmented Reality en Virtual Reality

Augmented Reality (AR) is de techniek waarbij informatie en beelden aan de werkelijkheid worden toegevoegd. Hiermee kunnen bijvoorbeeld medewerkers geholpen worden bij het herkennen van situaties, bijvoorbeeld in een kas. Bij Virtual Reality (VR) wordt een nieuwe omgeving gecreëerd, los van de bestaande omgeving: dit wordt vooral gebruikt in ontwerpprocessen, simulaties, games en trainingen. Het combineren van Augmented Reality en Virtual Reality leidt tot Mixed Reality.

### Big data

Big data is een verzamelnaam voor grote hoeveelheden data. Het gaat daarbij om een combinatie van verschillende databronnen met gestructureerde of ongestructureerde data. De term big data wordt vaak onterecht gebruikt. Er zijn verschillende definities, maar een veel gebruikte is die van het onderzoeksbureau Gartner. Als eerste deel van hun definitie gaat het om big data als we te maken hebben met: “high-volume, high-velocity and/or high-variety information”. Met andere woorden een combinatie van volume, snelheid en variëteit. Bij volume gaat het om heel veel data. Bij snelheid gaat het niet alleen om ‘realtime-informatie’, maar kan er ook sprake zijn van data die niet op een gelijkmatig tempo binnenkomt maar dat er telkens op verschillend tempo en momenten data binnenkomt. Bij variëteit gaat het om veel verschillende soorten data. Denk hierbij aan input die bestaat uit een combinatie van ‘getypte’ tekst, beelden en geluiden.

### Blockchain

Blockchain is een methode om data op een veilige manier te registreren én te delen met belanghebbenden. Bij blockchain worden identieke kopieën van dataverzamelingen verspreid over het internet; elke toevoeging of mutatie wordt direct in elke kopie geregistreerd als een nieuwe transactie in een soort digitaal grootboek. Dit zorgt voor transparantie en dus betrouwbaarheid van de data. Voorbeelden van blockchain zijn digitale

CONCEPT

valuta (zoals Bitcoin) en keteninformatiesystemen (bijvoorbeeld voor het registreren van bijvoorbeeld teelt, verwerking, transport en handel in agrarische producten).

### Connectivity

Connectivity betekent dat snelle breedbandverbindingen nodig zijn voor betrouwbare, efficiënte en robuuste uitwisseling van data. Op het gebied van connectivity speelt onder meer de ontwikkeling van 5G en de behoefte aan standaardisering en integratie van technische oplossingen en tools in een netwerk.

### Decision Support

Decision Support betekent helpt gebruikers data te modelleren, simuleren, interpreteren en op basis van de data en de context een beslissing te nemen. Decision Support komt op verschillende niveaus voor: operationeel (bijvoorbeeld machinesturing, oogst-keurmeesterondersteuning), tactisch (bijvoorbeeld het maken van planningen en rapporten) en strategisch (zoals investeringsbeslissingen).

> De groene vingers van Nederlandse telers zijn uniek. Ze zorgen voor de beste resultaten in de kas. Het idee van autonoom telen is dat die vingers in een computer worden gestopt, zodat ook in andere delen van de wereld goede groenten en bloemen geteeld kunnen worden. Zo heeft het bedrijf Blue Radix de Crop Controller: die kan beslissingen nemen op basis van lokale informatie (over bijvoorbeeld het weer en het kasklimaat) en bestaande groene kennis. Een operator kijkt vanaf afstand mee. Afhankelijk van het gekozen niveau kan de teler ter plaatse zelf nog aan de knoppen draaien (waarbij de Crop Controller ondersteunend werkt). In het hoogste niveau van Crop Controller hoeft de teler ter plaatse alleen nog maar vanaf zijn of haar bureau toe te kijken en in te grijpen bij uitzonderlijke situaties.

### Digital Twins

Een Digital Twin is een digitale representatie van een fysiek object, maar ook van een compleet proces of organisme (zoals organen, planten, dieren of zelfs mensen). Een Digital Twin kan worden gebruikt in bijvoorbeeld procesontwerp, realtimemonitoring en -voorspelling (van bijvoorbeeld onderhoudsmomenten). Voorbeelden van Digital Twins zijn digitale planten (om een plukrobot te testen) of een digitale vriestunnel (om het optimale ontwerp te maken én te testen voor deze fysiek gebouwd wordt).

### Drones

Drones of Unmanned Aerial Vehicles (UAV's) zijn onbemande luchtvaartuigen. Ze worden op afstand bestuurd of reizen volgens een specifieke, voorgeprogrammeerde route. Vaak worden drones gebruikt voor aardobservaties ('remote sensing'), maar ook voor

bijvoorbeeld transport of het uitvoeren van gewasverzorging. Naast drones voor in de lucht zijn er ook drones voor onbemande waarnemingen in het water.

Pleksgewijze gewasbescherming is efficiënter én beter voor het gewas. En pleksgewijs werken, dat is precies wat drones heel goed kunnen. Als een plaag wordt geconstateerd door het basisstation van PATS, dan komt een drone in actie. ‘De drone wordt achter het insect aangestuurd en elimineert het mechanisch in de lucht, wanneer ze het kwetsbaarst zijn’, zo staat te lezen op de website van PATS. ‘Dit voorkomt verdere verspreiding van het ongedierte door de kas.’

### Internet of Things

Internet of Things betekent dat dat steeds meer sensoren, apparaten en gebruiksvoorwerpen direct gekoppeld worden aan het internet. Ze wisselen data uit met andere gekoppelde apparaten en met andere gebruikers. Hierdoor kunnen processen geautomatiseerd en realtime bestuurd worden (met of zonder tussenkomst van mensen). Voorbeelden van Internet of Things zijn slimme koelkasten die zelf bijhouden welke voorraad er nog is en eventueel zelfstandig bestellingen kunnen doen bij de supermarkt en bodemvochtsensoren die draadloos de vochttoestand van de bodem kunnen monitoren.

### Quantum computing

Quantumcomputers zijn intelligente en krachtige computers die informatie op een nieuwe manier verwerken. Een quantumcomputer kan een miljard berekeningen maken in de tijd waarin een klassieke computer er één maakt. Daardoor kunnen grote en belangrijke doorbraken geforceerd worden. Quantumcomputers zullen vooral ingezet worden op plekken waar heel veel berekeningen moeten worden gemaakt. Hierbij wordt de cybersecurity vaak als voorbeeld genomen. In de tuinbouw zou de veredeling mogelijk een eerste toepassingsgebied kunnen zijn. Om gerichte uitkomsten van kruisingen te voorspellen en versnellen in bijvoorbeeld het veredelen op ziekteresistentie zijn heel veel berekeningen nodig.

### Robots

Robots zijn toepassingen die in meer of mindere mate intelligent zijn. Ze werken volgens een paradigma: sense-think-act (constateren, berekenen, uitvoeren). Robots zijn betrouwbaar, snel, goed in repetitief werk en bestand tegen moeilijke omstandigheden. In de tuinbouw zijn al veel robots te vinden, bijvoorbeeld in verpakkingslijnen. Op korte termijn zullen robots niet alleen mensen vervangen maar ze vooral ook ondersteunen in de werkzaamheden.

CONCEPT

### Sensoren

Sensoren zijn kleine toepassingen om data te verzamelen, bijvoorbeeld over de toestand van een product, proces of de omgeving. Voorbeelden van sensoren zijn temperatuurloggers, camera's, NIR-sensoren, lab-on-a-chip (een aantal laboratoriumfuncties verzameld op één chip) en biochemische sensoren. Veel voorkomende toepassingen zijn kwaliteitsbewaking, herkomstinformatie, optimalisatie en transparantie. Wireless sensoren en smart sensoren (die data meten/opslaan en processen kunnen aansturen) zijn bezig aan een opmars.

### Sequencing Technology

Sequencing Technology is het bepalen van de DNA of RNA van een monster. Hiermee kan met hulp van software geanalyseerd worden welke organismen in een monster aanwezig zijn, en welke functie ze hebben. Dit levert snel informatie op over voedselzekerheid en voedselveiligheid.

### Vision Technology

Vision Technology is de techniek waarbij een computer visuele informatie (bijvoorbeeld foto's of realtimebeelden) interpreteert. Vaak wordt hierbij ook gebruikgemaakt van Artificial Intelligence en Big Data.

### 3D-printing

3D-printing (of: Additive Manufacturing), is een productietechniek waarmee op basis van een digitaal ontwerp een product laag voor laag wordt opgebouwd. Dit kan met bijvoorbeeld kunststoffen en metalen, maar ook met voeding. In dat geval vindt een ontkoppeling plaats van de productie van de grondstoffen en de productie van het uiteindelijke voedselproduct. Daarnaast maakt 3D-printing het mogelijk gepersonaliseerde voeding te produceren op basis van bijvoorbeeld genotype, fenotype, gedrag en voorkeuren.

CONCEPT