

---

# GWorkS – nieuwe ontwerptool voor simulatie van arbeid in de glastuinbouw en van geautomatiseerde teeltsystemen

---

Bert van 't Ooster

Wageningen University – Farm Technology Group,

Wageningen UR Greenhouse horticulture - Technology Group



---

# Wat is GWorkS?

---

- GWorkS is acroniem voor Greenhouse Work Simulation
- Methode gebaseerd op discrete event simulatie  
bron: Cassandras & Lafortune (2010)
- Casus mobiel teeltsysteem voor roos
- Simulatie van oogst in één loop

---

# Inhoud

---

- Introductie
  - Uitdagingen project
  - Focus en missie
- Het model GWorkS
- Gesimuleerd systeem – mobiel teeltsysteem roos
- Materiaal en methoden
- Modelvalidatie
- Systeem analyse - Toegevoegde waarde van simulatie
- Discussie en conclusie
- Status van het model

---

# Introductie

---

- Arbeid en economie zijn drijvende kracht voor innovatie in the glastuinbouw
  - Productprijis vertoont een dalende trend
  - Arbeidstijd idem, maar arbeidskosten niet
- Mechanisatie en automatisering beïnvloeden
  - Arbeidsproductiviteit
  - Investeringskosten
- Een van de initiatieven van de afgelopen 10 jaar was het mobiel teeltsysteem voor rozen

---

# Introductie - Uitdagingen

---

- Arbeidskosten 30-38% van productprijs (hoogste kostenfactor)
- Schaalvergroting maakt arbeidsorganisatie complexer
- Technologische mogelijkheden groeien snel
  - Draadloze communicatie, kunstmatige intelligentie overal
  - Controle over planning, navigatie en prestatie indicatoren
  - Sensoren beschikbaar, ook voorbij de vijf menselijke zintuigen
  - Robot ontwikkeling, navigatie, en interactie met de omgeving
- Hoge markteisen incl. duurzaamheidseisen
- Kleine winstmarges
- Risico's door hoge financiële lasten en mislukken van vernieuwing

Trends maken verdere optimalisatie van processen steeds complexer

“Groeierende behoefte om voor implementatie virtueel te testen en te evalueren”

*Worry first, build later*

---

# Onderzoeksdoelen

---

- Realisatie van een beslissingsondersteunend systeem voor ontwerpen van systeemconcepten
- Ontwikkeling van een generiek, kwantitatieve methode voor analyse, simulatie en optimalisatie van automatische productiesystemen
- Focus op:
  - Planning van gewashandelingen in plaats en tijd
  - Uitvoering van gewashandelingen in plaats en tijd
  - Logistiek: Product en informatiestromen op bedrijfsniveau
- Van automatiseren op gevoel naar beslissen
- Van lokale oplossing naar systeemoplossing
- Ultieme doel: *Beoordelen van ontwerpen en scenario's door simulatie*



---

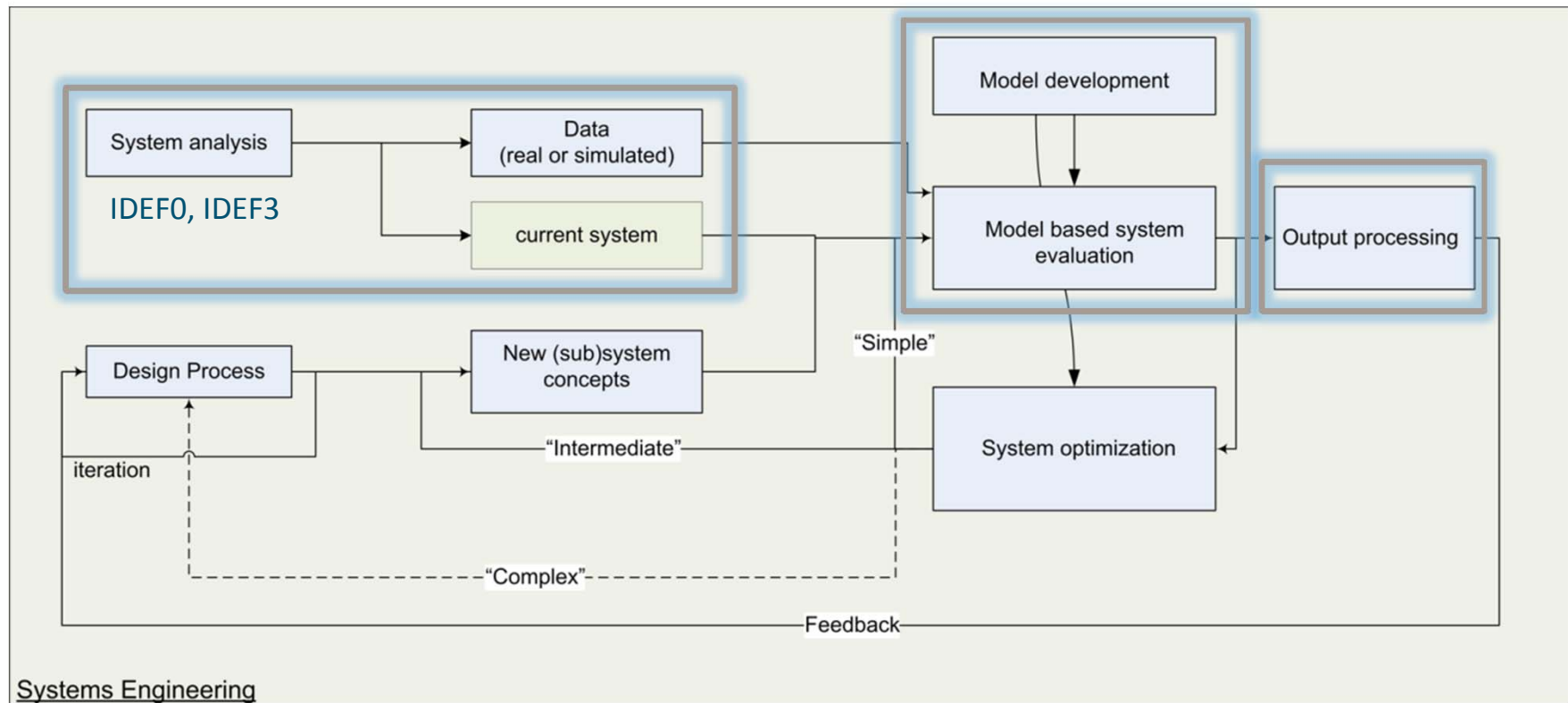
# Introductie – Wat is nieuw?

---

- Om dit doel te realiseren
  - Wordt gewerkt aan een generiek simulatie model
    - van gewashandelingen in kassen
    - van producthandelingen in kassen
- Eerste focus van het onderzoek is modelontwikkeling en betrouwbaarheid van de simulatie
  - Door vergelijking simulatie en praktijk voor referentie bedrijven
- Er zijn nauwelijks modellen van dit type beschikbaar



# Systems Engineering benadering van bedrijfsprocessen in kassen





---

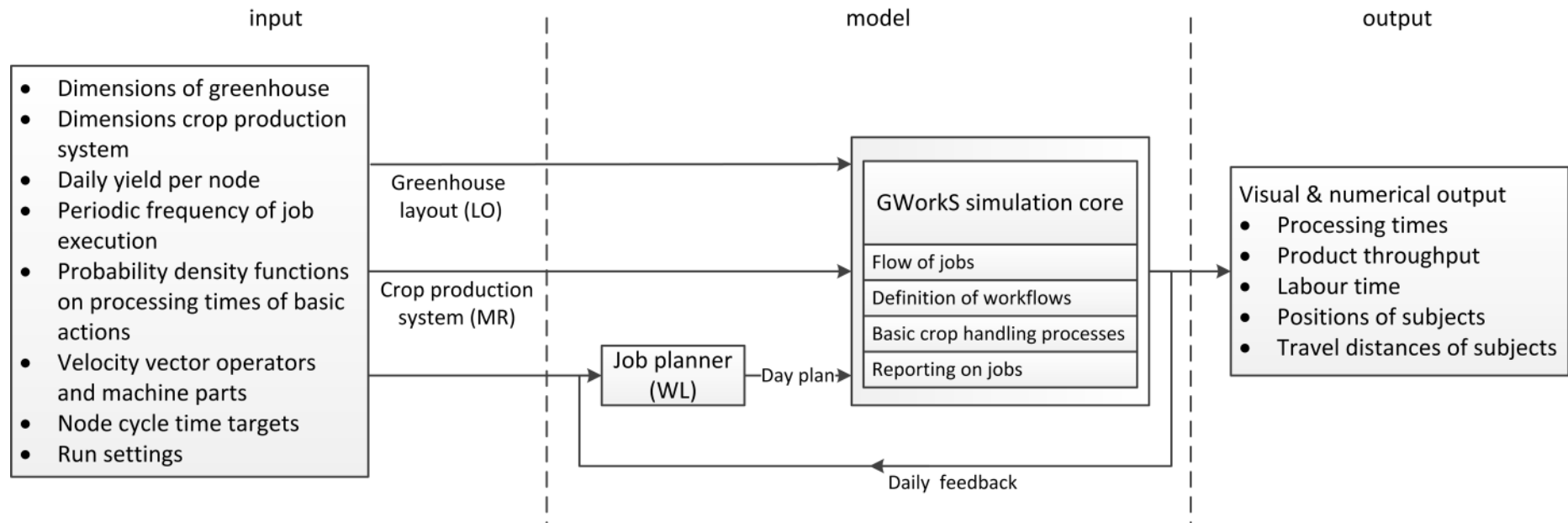
# Simulatie model GWorkS

---

- Discrete event simulatie – interne bedrijfsprocessen
- Opbouw model op bedrijfsniveau, bevat drie lagen:
  - Management – planning en toedeling van arbeid
  - Arbeidsprocessen in de kas
  - Basale handelingen
- Beoordeling van bewerkingsketens binnen een bedrijf
  - Fase 1 is simulatie van moderne referentie bedrijven
  - Fase 2 implementatie van geautomatiseerde processen
  - Fase 3 van model naar een ontwerp ondersteuningstool

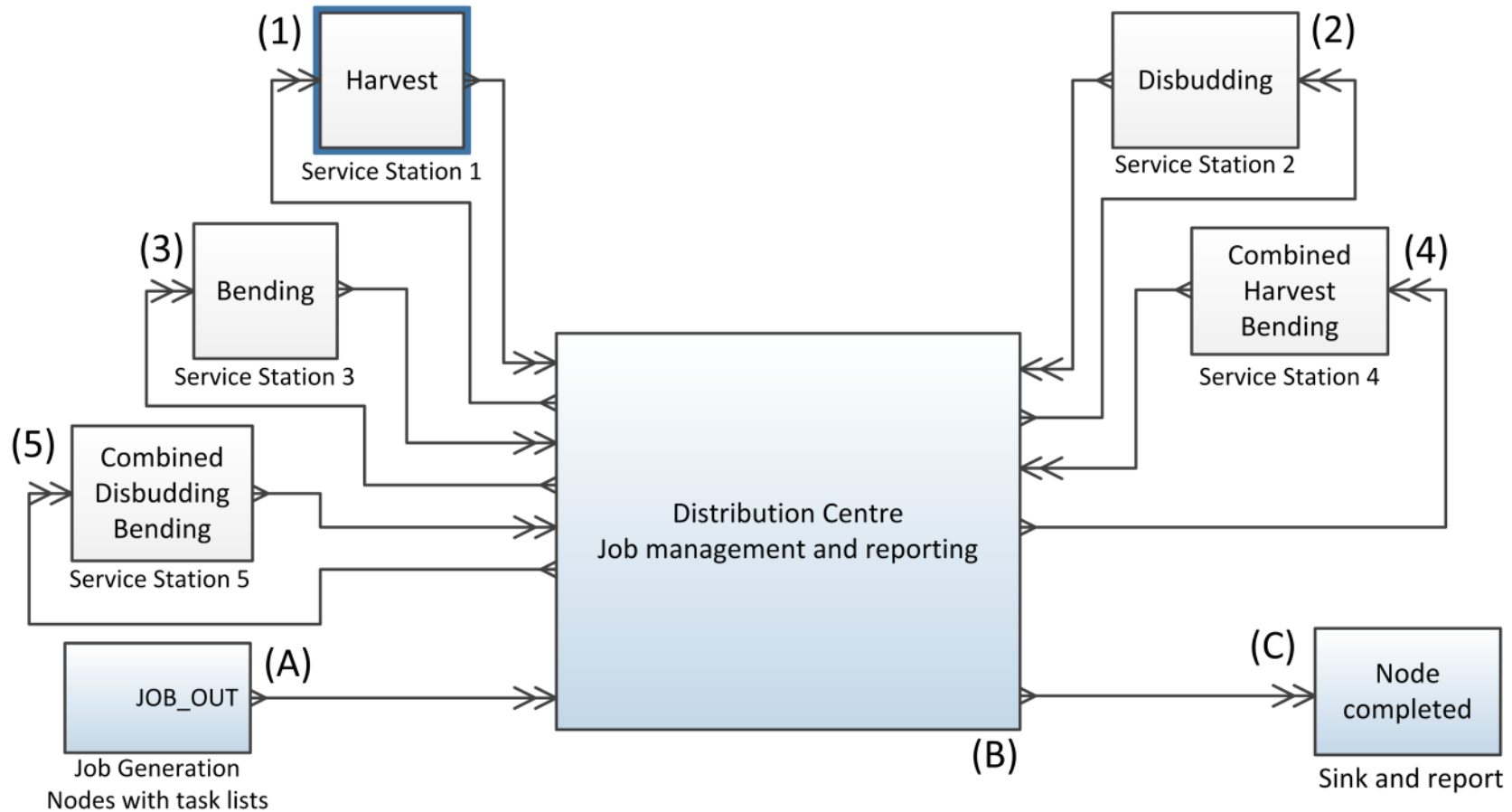


# Structuur van het model - 1

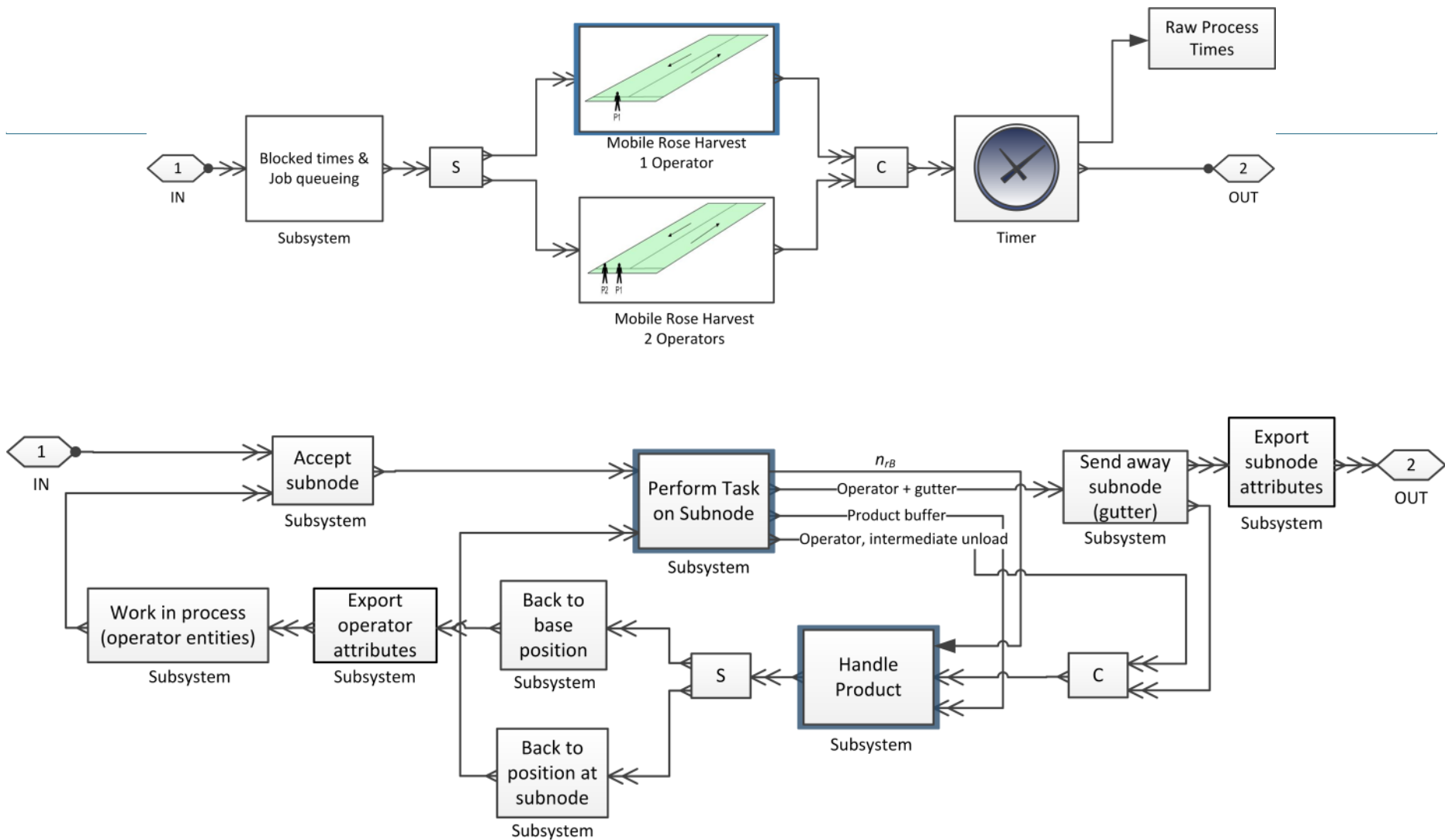


- Het model is geïmplementeerd in:  
Matlab, Simulink, SimEvents

# Structuur van het model 2 – Job management

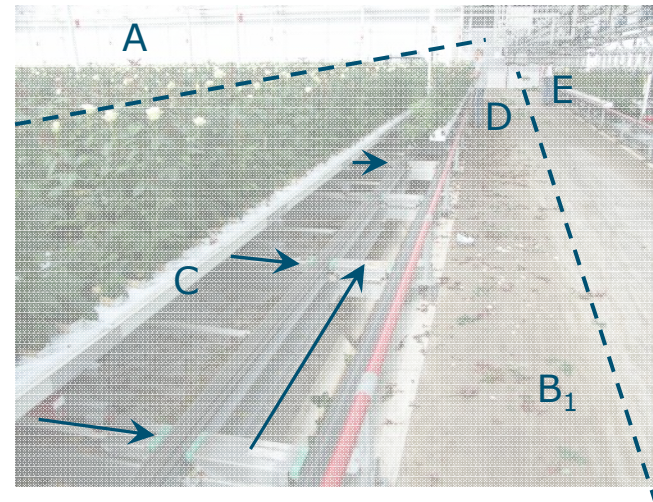
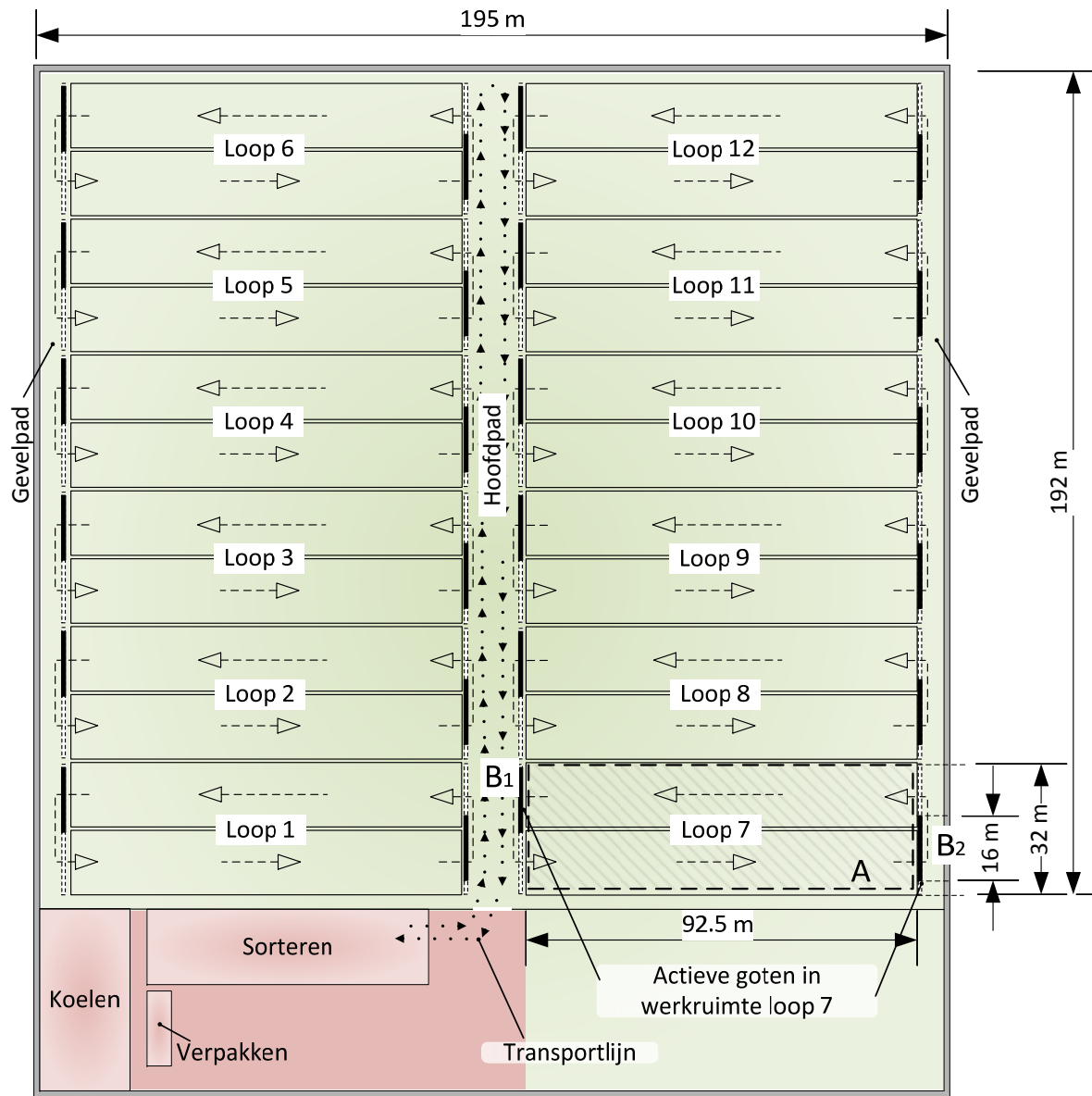


# Structuur van het model 3 – proces simulatie



# Locatie onderzoek - Ernst Olieman - Bleiswijk





- A = gewasloop
- B = Werkruimten aan een loop
- C = Eerst te bewerken goot
- D = Oogster
- E = Transportsysteem rozen
- ◁ Transport richting loop
- ▬ Gevels
- ▶ Route transportlijn

# Onderzoeklocatie - Bedrijfsgegevens

- Mobiel teeltsysteem: 3,8 ha, 12 loops, 3120 m<sup>2</sup> per loop
- 284 goten per loop, vloeroppervlak 10,4 m<sup>2</sup> per goot
- Snelheid goot 0,2 – 2 m s<sup>-1</sup>, stapgrootte 0,3 m s<sup>-1</sup>, wegzendsnelheid 2 m s<sup>-1</sup>
- Oogstwerkzaamheden in de kas, oogster stopt en start the goot
- Minimale rotatietijd van een loop 1u 10min
- Normale dagelijkse oogsttijd: ±7u tot max 14u
- Loopafstanden oogster:
  - minimum: niet langs goot lopen <500m per loop
  - maximum: goot beweegt niet ±10 km per loop

## Modelniveaus voor arbeidsprocessen en handelingen



---

# Materiaal en methoden - Data acquisitie

---

- Arbeidsregistratiesysteem
  - Geoogst product
  - Procestijd voor iedere loop
- Wekelijkse registratie door teler
- Video opnamen bij loop 7
  - 2 camera's Sony DCR-SR78E
  - Arbeidsstudie op handelingen niveau
  - Acties van mens en installatie
  - Vaststellen van modelparameters



# Materiaal en methoden - Data

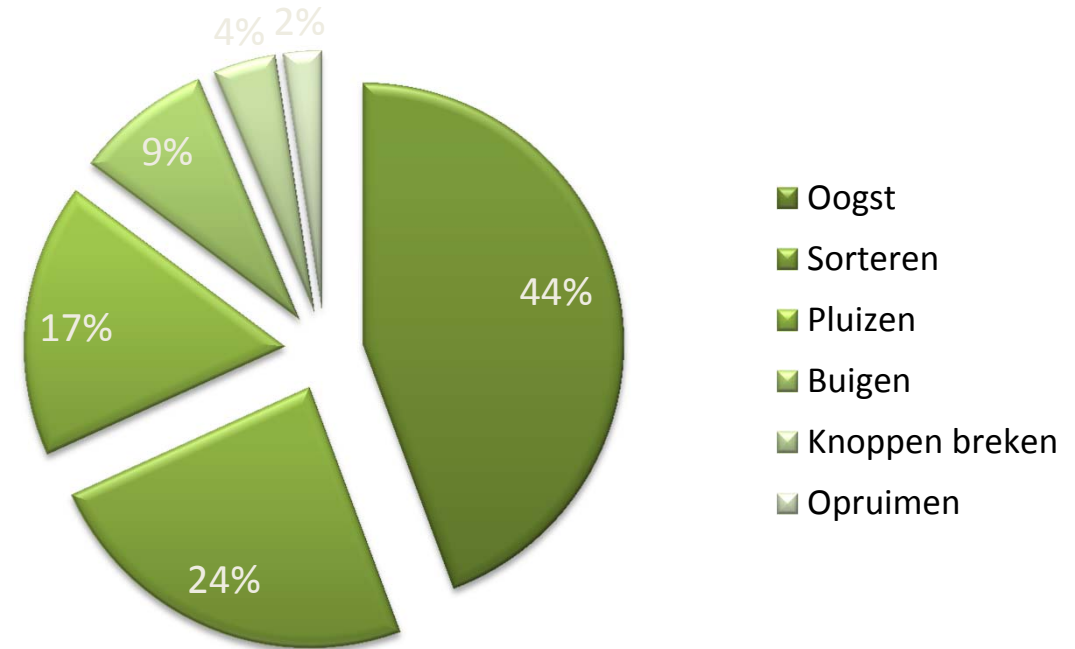
Arbeidsregistratiesysteem	S	P	Video loop 7	S	P
<b>PrivAssist</b> <sup>®</sup> (dagelijks per loop):			Opnamen oogst, dieven & buigen:		
• Productie (st en st m <sup>-2</sup> )	Y <sub>L</sub>	(i)	Data acquisitie (parameters):		
• Procestijd loop (u.mm)	T <sub>0</sub>	(v)	• Knip roos (s)	p <sub>v</sub> (T <sub>cr</sub> )	(i)
• Oogstcapaciteit (st uur <sup>-1</sup> )	TH	(v)	• Inhangen roos (s)	p <sub>v</sub> (T <sub>pd</sub> )	(i)
			• Uitwisselen goot (s)	p <sub>v</sub> (T <sub>ge</sub> )	(i)
Registratie teler (wekelijks):			• Bedienen goot (start/stop ) (s)	p <sub>v</sub> (T <sub>ts</sub> )	(i)
• Opbrengst per loop (st)	Y <sub>L</sub>	(c)	• Bedienen goot (wegsturen) (s)	p <sub>v</sub> (T <sub>tl</sub> )	(i)
• Arbeidstijd (u)	T <sub>T</sub>	(v)	• Aantal rijper rozen per goot (-)	p <sub>v</sub> (n <sub>r,L,G</sub> )	(v)
			• Gootsnelheid (m s <sup>-1</sup> )	v <sub>g</sub>	(v)
			• Gem. snelheid oogster (m s <sup>-1</sup> )	v <sub>o</sub>	(v)
			Data acquisitie prestaties:		
			• Cyclus tijd goot (oogst) (s)	CT <sub>G</sub>	(v)
			• Interval tijd snijden roos (s)	-	(v)

Reden voor acquisitie:

- (i) data voor genereren model input parameters
- (v) data gebruikt voor model validatie
- (c) data gebruikt voor controle

# Resultaat arbeidsregistratie

## ■ Alle processen:



## ■ Oogst (2009, 339d):

- Opbrengst 1,11 st m<sup>-2</sup>; 95%-bereik: 0,3 – 2,4 st m<sup>-2</sup>
- Aantal oogsters: 10-17, gem. 13,5
- Oogsttijd 7,7 s st<sup>-1</sup> , ofwel 468 st u<sup>-1</sup>
- Totaal 17,8 s st<sup>-1</sup>, ofwel 202 st u<sup>-1</sup>



# G-WorkS – Arbeidstudie middels video

The screenshot displays the Noldus Observer XT software interface. The main window shows a video of a person working in a rose field. Below the video is a playback control bar with a timeline from 00.00 to 2240.00 seconds. The timeline is divided into several colored segments representing different activities. A list of activities is shown on the left side of the timeline, including:

- Observation0062 - Results - Event: Gutter action
- Observation0062 - Results - Event: Hangin-Unit actions
- Observation0062 - Results - Event: Other activities
  - Cut roses
    - <Initial Cut roses>
    - move to target
    - wait for target
    - observe rose no action
    - cut rose
    - no action cr
    - cut out
  - Handle product
    - move back to start position at gut...
    - <Initial Handle roses>
    - rose arrival in hand buffer
    - move to Hangin-Unit



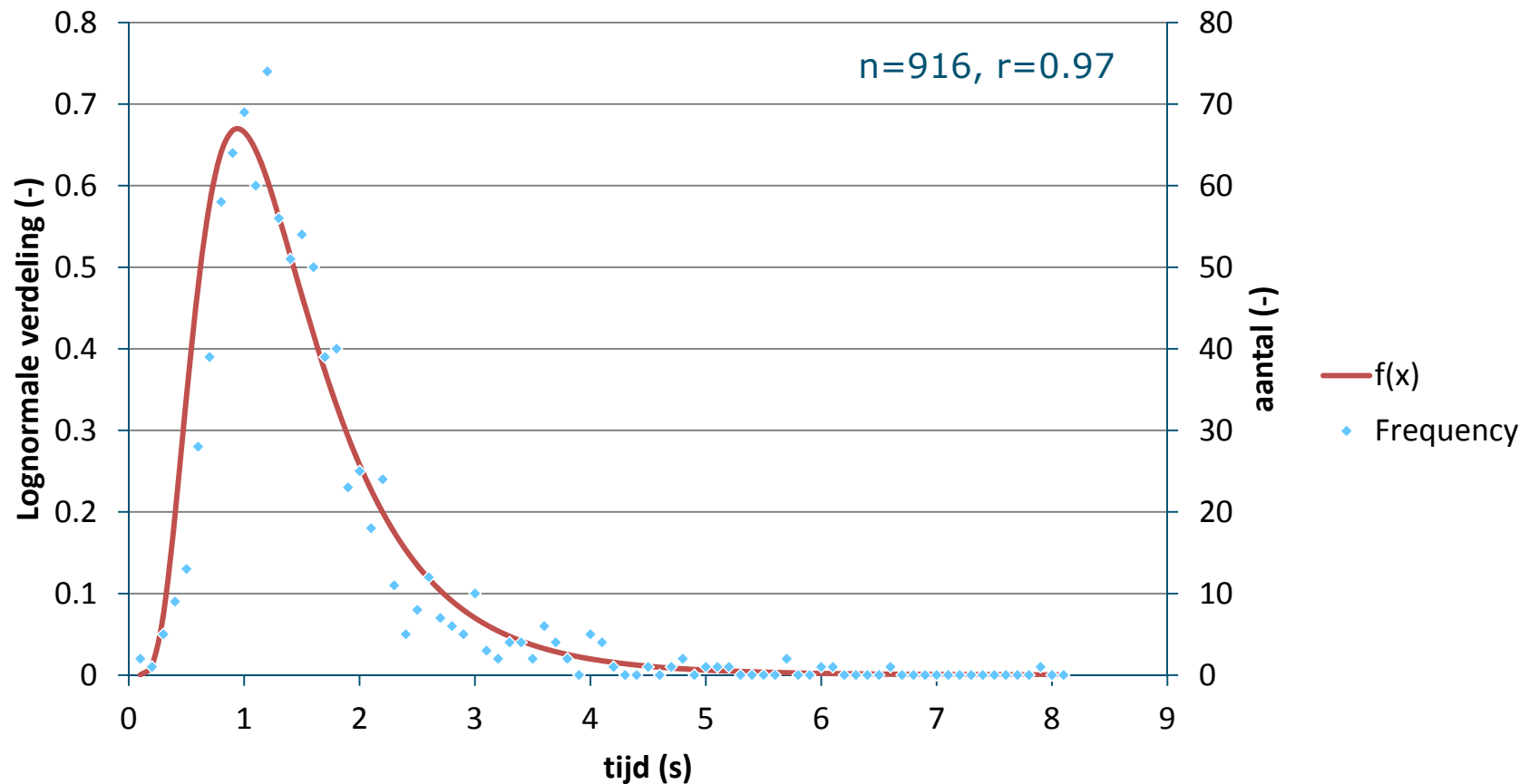


### Oogster:

- Normaal 450-500 st/uur
- Oogst procestijd < 8uur
- 1-2 oogsters per loop
- Buffer in de hand 25+2 rozen



# Een voorbeeld van een stochastische model parameter: actietijd knippen roos

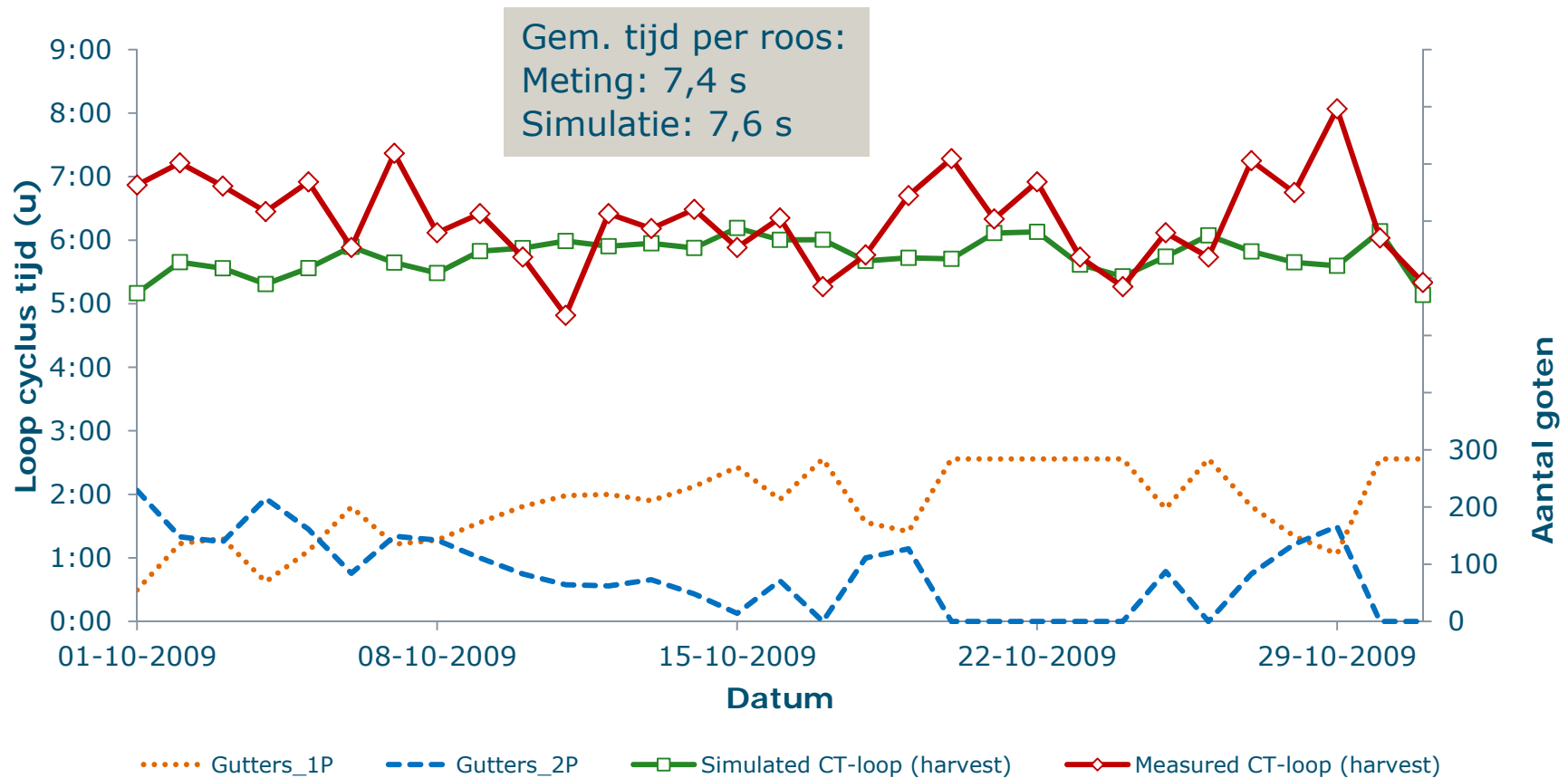


# Validatie Resultaten 1 – een dag – gebaseerd op video

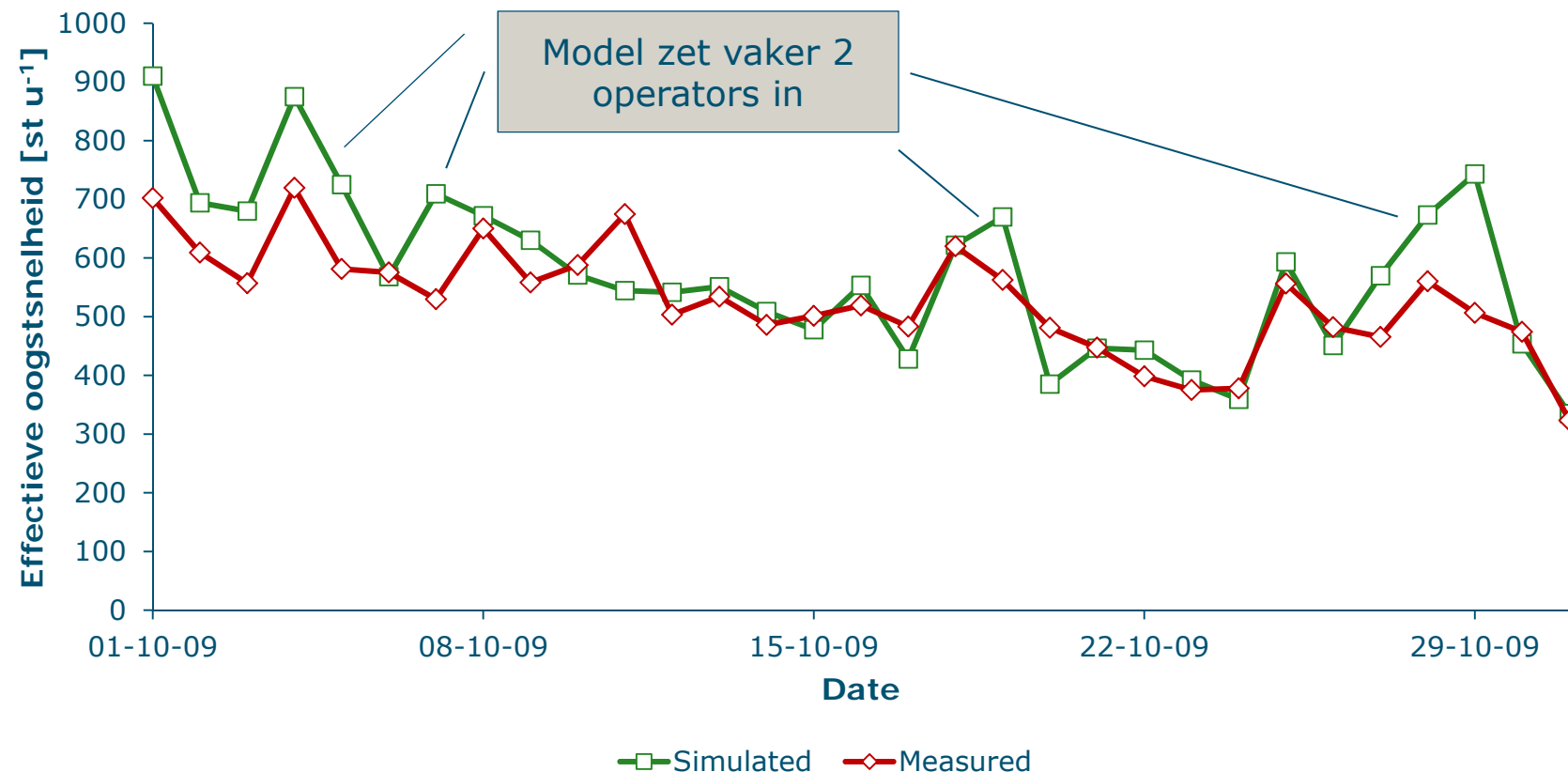
Systeem Resultaat	Meting	Simulatie (10 runs)		Nauwk.
		Gem.	s.d.	
Opbrengst (rozen)	4697	4683	(43)	99.7%
Loop cyclus tijd oogst	5:35:29	5:18:40	(0:02:12)	95.0%
Totale arbeidstijd (u)	9:22:32	8:49:55	(0:03:05)	94.2%
Goot cyclustijd (1 oogster)	n <sup>a)</sup> =68	n=65		
Gem. (s)	93.3	99.6	(1.9)	106.8%
s.d. (s)	19.6	14.6	(2.4)	74.3%
Goot cyclustijd (2 oogsters)	n=216	n=219		
Gem. (s)	61.8	57.7	(0.4)	93.5%
s.d. (s)	10.8	7.8	(0.4)	72.0%

<sup>a)</sup> n is aantal goten verwerkt in categorie

# Simulatie resultaten validatie – 1 maand gebaseerd op arbeidsregistratiesysteem



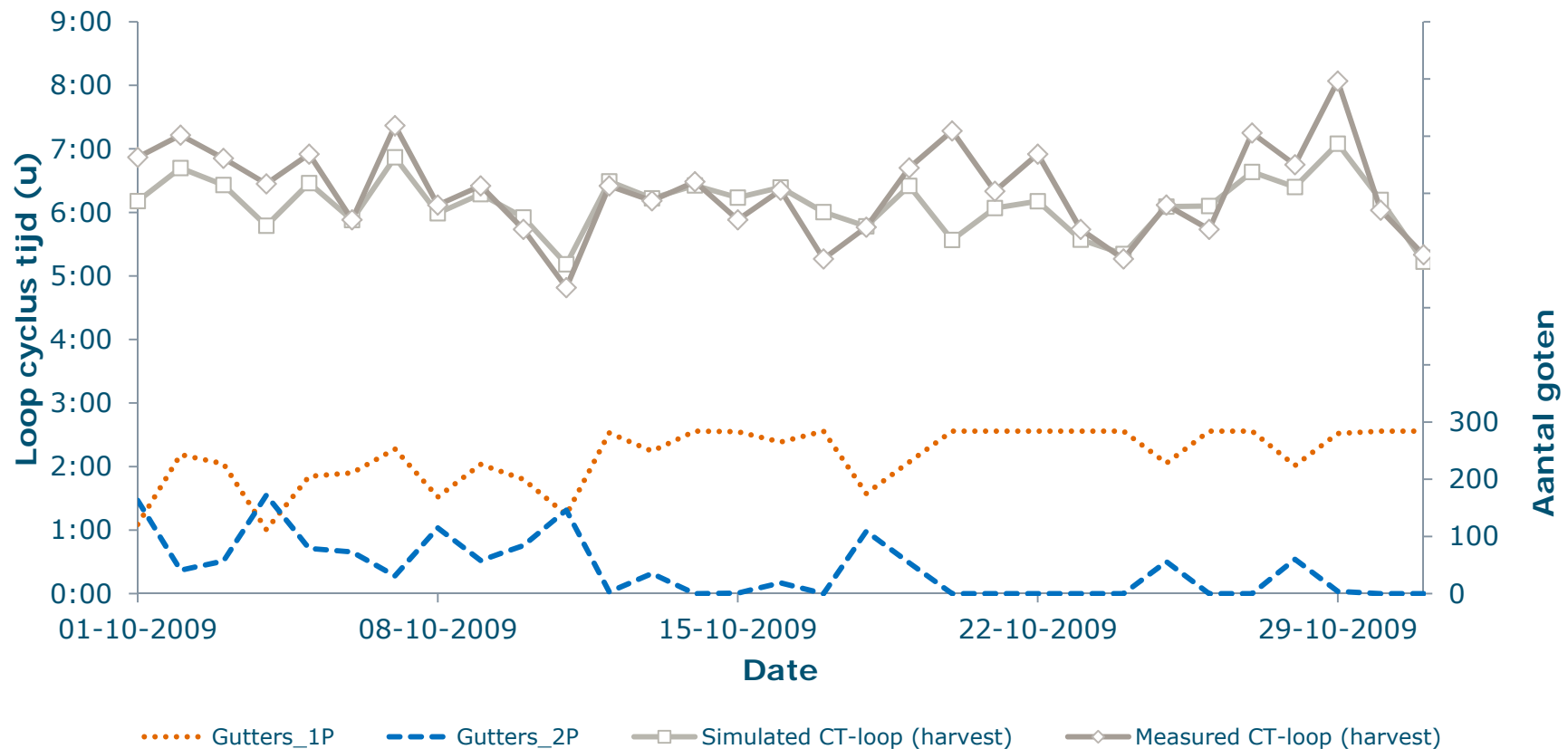
# Resultaten effectieve oogstsnelheid 1 tot 2 operators



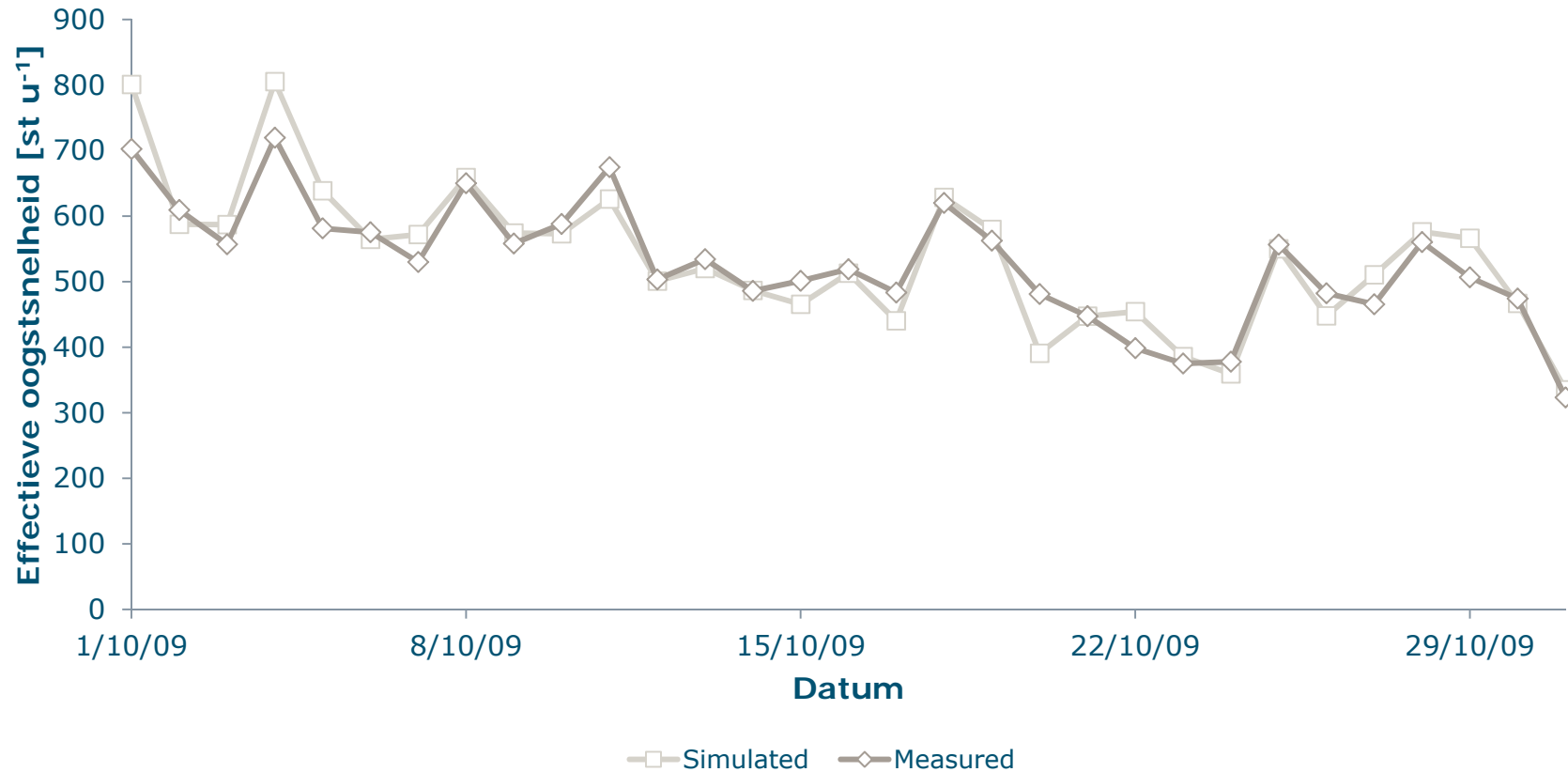
- gem. nauwkeurigheid dag 92%
- s.d. tussen dagen 12%
- RRMSE meting en simulatie: 18%



# Gebruik werkelijke CT-loop voor toewijzing van oogsters – afstemming op werkelijk management



# Gebruik werkelijke CT-loop: Resultaten effectieve oogstsnelheid 1 tot 2 operators



---

# Conclusies validatie

---

- Model toont een goede nauwkeurigheid
- Meer variatie in praktijk dan in model
- Dagelijkse verschillen effectieve oogstsnelheid -20% tot +47%
  - Dit is een gevolg van verschil in management tussen praktijk en model
- Voor het doel evaluatie van geautomatiseerde systemen fungeert het gepresenteerde model goed
- Simulatie van de volledige interne processen en logistiek is nog niet bereikt

# System analyse – 2 parameter onderzoek gootsnelheid en operator snelheid

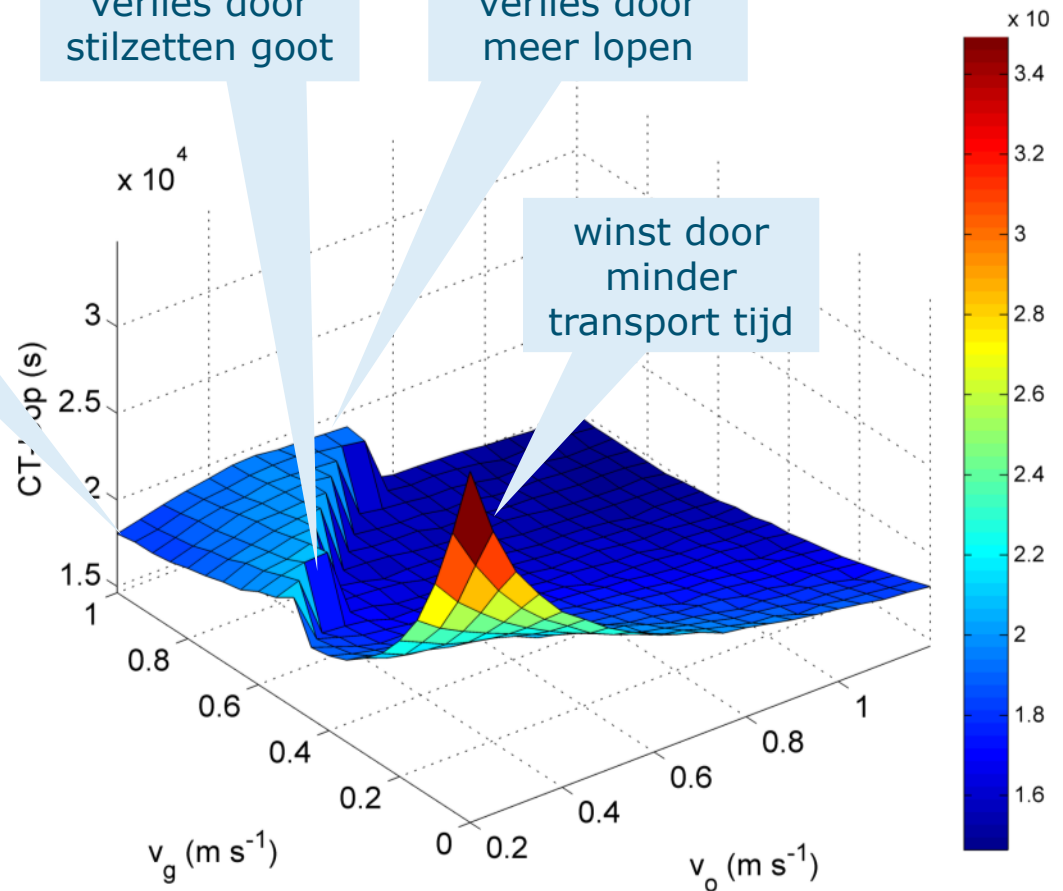
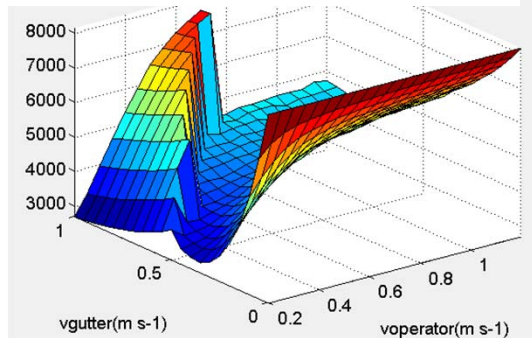
winst door minder  
lopen tijdens bewegen  
naar roos

verlies door  
stilzetten goot

verlies door  
meer lopen

winst door  
minder  
transport tijd

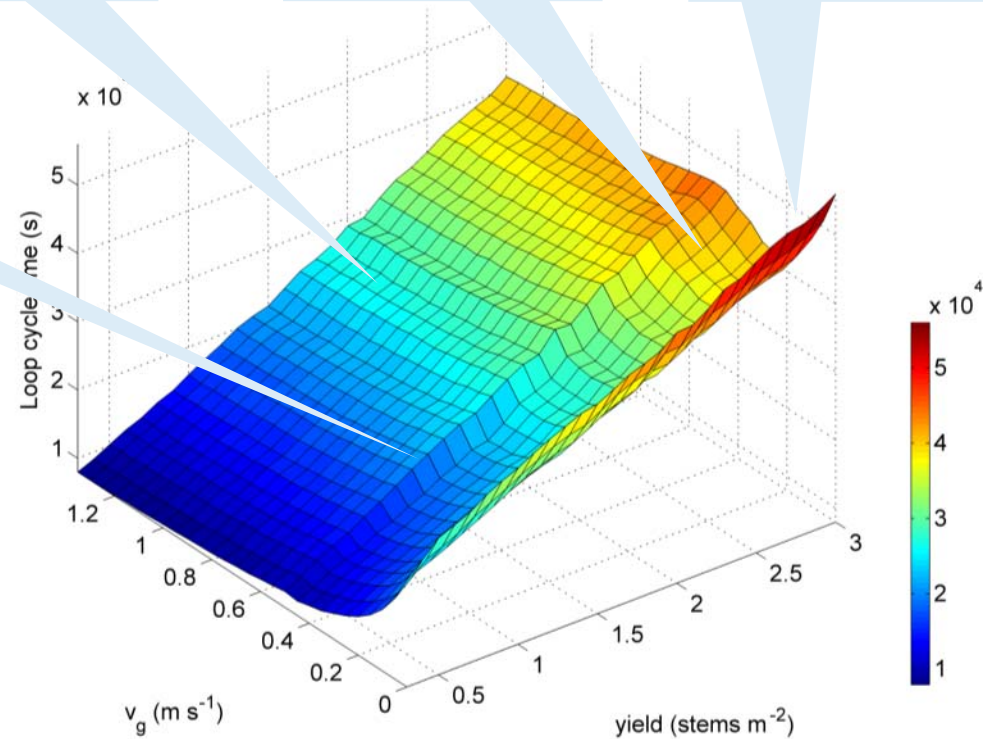
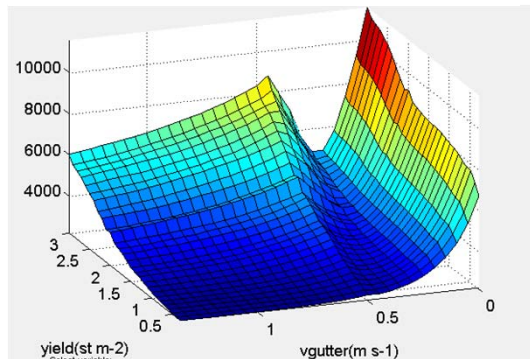
Loopafstand m per loop  
Totale gootlengte 4544m



# Stelselanalyse – 2 parameter onderzoek gootsnelheid en opbrengst

Licht aflopend plateau  
Goot loop naar eindpunt  
Voordeel van toename gootsnelheid  
Goot wordt meer stilgezet

Loopafstand m per loop  
Totale gootlengte 4544m



---

# Sterke en zwakker punten van het model

---

## Sterk:

- Generiek en flexibel
  - Plattegrond kas is parametrisch
  - Definitie ander gewas en teeltsysteem is eenvoudig
- Er wordt een werkplan berekend en uitgevoerd
- Registratie arbeidshistorie
- Werkvolgorde en transportafstanden zijn berekenbaar
- Kansrijk voor beoordeling van technische oplossingen
- Onderzoek naar interne parameters mogelijk

## Zwak:

- Nog weinig mogelijkheden om werkmethoden aan te passen
  - Taaktijden vormen een input
  - Taakfrequenties zijn input
  - Effect werkplanning op arbeidstijd is niet groot
- Logistieke problemen niet expliciet
  - Nog conditionele voorwaarden bij uitvoeren van taken
- Benodigde inspanning voor model opbouw
- Mogelijk onnauwkeuriger bij het evalueren van nieuwe systeemontwerpen



---

# Conclusies

---

- Gewashandelingen zijn goed vastgelegd m.b.v. discreet event simulatie
- Stochastische parameters beschrijven menselijke actie goed
- Nauwkeurigheid van de modelvalidatie is boven 90%
- Problemen vooral in de dynamiek van processen zijn grotendeels te verklaren
- Model laat effecten van interne, niet gemeten procesparameters zien

---

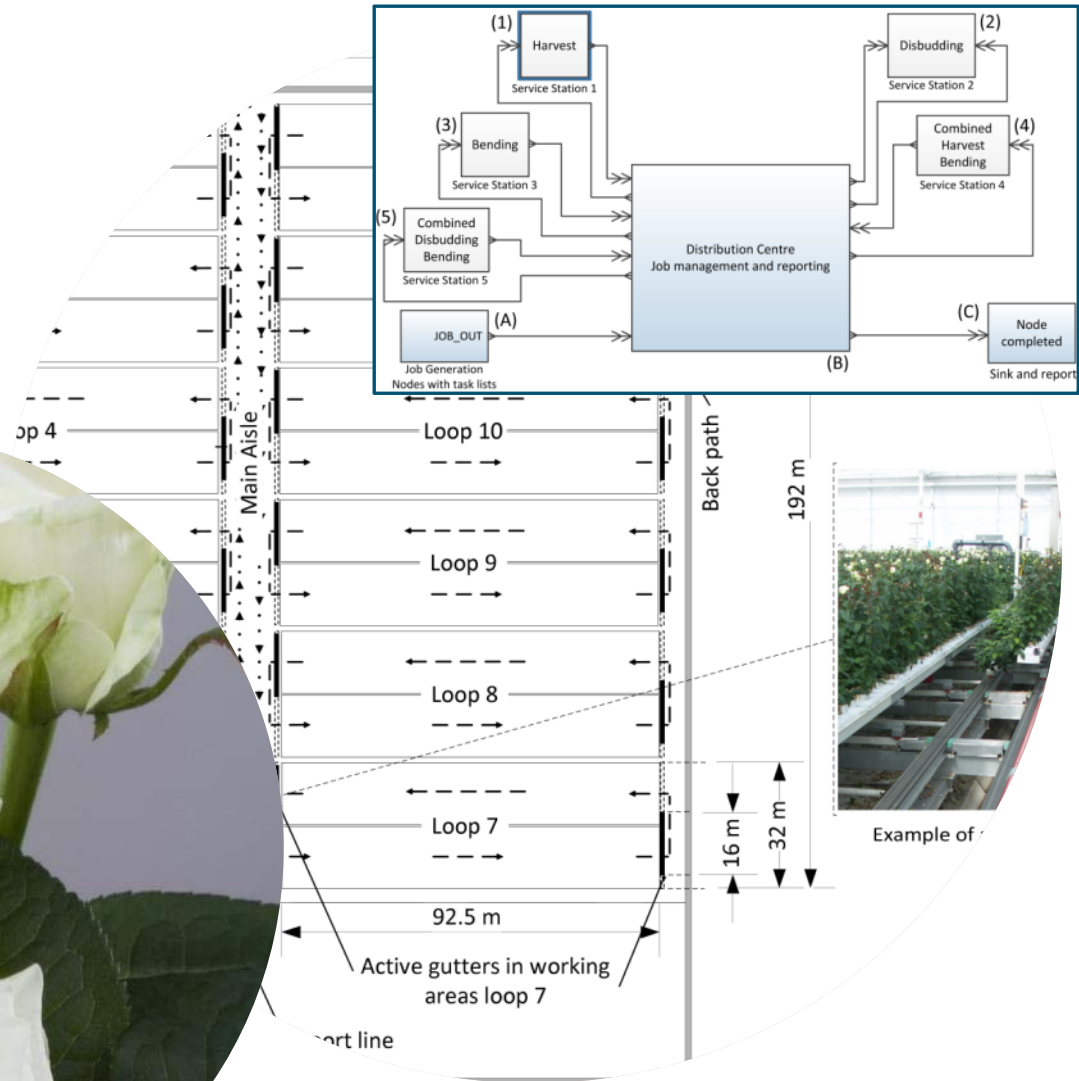
# Status van het model

---

- Model succesvol ingezet bij
  - Mobiel teeltsysteem roos
  - Stationair teeltsysteem roos
  - Werkplanning en uitvoering tomatomaat
- Subsystemen in het model zijn uitwisselbaar
- Model implementatie in SimEvents biedt goede mogelijkheden voor koppeling met klimaat en groeimodellen, bijv. *Model de adaptieve kas*



Dank voor uw  
aandacht!



Vragen en discussie!

# IDEF3 Procesmodel oogst

