

Data acquisitie voor de validatie van het GWorkS-tomato model

Tom van Zundert

Augustus 2011



WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN UR

Data acquisitie voor de validatie van het GWorkS-tomato model

Naam vak : Bachelorafsluiting Agrotechnologie
Vakcode : FTE-80812
Studiebelasting : 12 credits
Datum : 01-07-2011

Student : T.F.A. (Tom) van Zundert
Registratienummer : 871104992030
Studieprogramma : BSc Agrotechnologie (BAT)

Begeleider(s) : ir. A. van 't Ooster
Examinator : dr. ir. W.B. Hoogmoed
Leerstoelgroep : Agrarische bedrijfstechnologie
Bornse Weiland 9
6708 PD Wageningen
Tel: +31 (317) 48 29 80
Fax: +31 (317) 48 48 19
e-mail: fte@wur.nl



Disclaimer

Dit verslag het eindproduct van een bachelorafsluiting van de opleiding Agrotechnologie aan Wageningen University.

De hoofddoelstelling van het vak is dat studenten laten zien door middel van o.a. dit rapport dat ze de competenties van het bachelorprogramma beheersen.

De student werkt gedurende een beperkte tijd (netto acht weken) aan een eigen opdracht, begeleid door een van de docenten. De beperkte tijd brengt ook beperkingen mee ten aanzien van de uitvoering van het onderzoek.

De aard van het studieonderdeel brengt met zich mee dat het naar buiten brengen van resultaten en verder verspreiden van het rapport alleen kan geschieden in overleg met de verantwoordelijke docent(en).

Wageningen University is nimmer aansprakelijk voor de gevolgen die voortvloeien uit het gebruiken van de informatie uit dit rapport.

Het is niet toegestaan gegevens of resultaten uit dit onderzoeksverslag te kopiëren, te publiceren of anderszins naar buiten te brengen zonder toestemming van:

Leerstoelgroep Agrarische bedrijfstechnologie

Wageningen University

Bornse Weilanden 9

6708 WG Wageningen

Tel: (0317) 482980

Voorwoord

Deze BSc-scriptie is het resultaat van een onderzoek naar de gewashandelingsprocessen oogsten en draaien-dieven op een moderne tomatenkwekerij waarbij de handelingen welke door de medewerkers in het pad worden uitgevoerd zijn onderzocht. Dit onderzoek is een vervolg op het onderzoek van Van Beveren (2010) die de processen in kaart heeft gebracht tot op padniveau en in kaart heeft gebracht welke handelingen het meest arbeidsintensief zijn.

Deze bachelor scriptie valt onder het promotieonderzoek van ir. A. van 't Ooster getiteld: 'Systematic design of automated sustainable horticulture production systems'. Hierbinnen worden analyses gedaan om tot modelvorming te komen met als uiteindelijk doel een bijdrage te leveren aan de overgang naar geautomatiseerde duurzame productiesystemen binnen de glastuinbouw (Ooster, 2008).

De data voor dit onderzoek is verzameld bij trostomatenkwekerij C.G. van Winden te Zevenhuizen. Hier heb ik de gemaakte processchema's besproken met Oscar Snabel. De feedback hierop was zeer bruikbaar, waarvoor mijn dank.

Met deze scriptie hoop ik een bijdrage te kunnen leveren aan de tuinbouwsector. Een boeiende sector waar veel innovaties ingang krijgen en waar nog veel op het gebied van arbeid en energie gedaan moet worden.

Tot slot wil ik mijn begeleider Bert van 't Ooster bedanken voor de goede begeleiding en prettige samenwerking en hem veel succes wensen met zijn promotieonderzoek.

Tom van Zundert

Samenvatting

De hoofdvraag van dit onderzoek is: ‘Welke inzichten kunnen videobeelden van de gewashandelingsprocessen oogsten en draaien-dieven binnen de moderne tomatenteelt en de verwerking van deze beelden opleveren voor validatie van het GWorkS-tomato model tot op handelingsniveau?’. Voor het beantwoorden van deze vraag zijn van de beide bewerkingen processchema’s gemaakt waarna de bijbehorende parameters zijn vastgesteld met behulp van video-opnamen en data uit het padregistratiesysteem bij een tomatenkweker.

Dit verslag bestaat uit een kwalitatief deel met processchema’s en een kwantitatief deel met bijbehorende parameters verkregen door de analyse van video-opnamen.

Bij het oogsten worden de rijpe vruchten van de plant losgeknipt en in afzetfust geplaatst. Het oogsten gebeurt met de hand. De trossen worden door de oogster gelijk in de eindverpakking gelegd.

Het indraaien wordt in dit onderzoek tegelijk uitgevoerd met het dieven. Indraaien wordt gedaan om de tomatenplant naar boven te laten groeien en te geleiden rond een draad. Bij het dieven worden alle uitgelopen okselknoppen verwijderd. Wanneer dit niet gebeurt ontwikkelt de dief zich tot een nieuwe stengel met bladeren, bloemen, en vruchten. Van beide handelingen zijn (bedrijfsspecifieke) processchema’s opgesteld (IDEF3) welke de deelhandelingen van oogsten en draaien-dieven aangeven en definiëren als ook de volgorde van deze deelhandelingen.

Om inzicht te krijgen in de prestaties en opbrengsten van arbeid en van individuele medewerkers wordt gewerkt met padregistratie. Met deze systemen is het mogelijk arbeid, productie en gewasafwijkingen (insecten, ziekten, e.d.) per pad inzichtelijk te maken. Door gegevens, van meerdere jaren, te vergelijken is het mogelijk voorspellingen te doen omtrent de benodigde arbeid of inzicht te krijgen in productievolumes en het optreden van gewasafwijkingen.

De gemaakte video-opnamen zijn geanalyseerd met behulp van ‘The Observer XT’ van ‘Noldus Information Technology’. Met dit programma kunnen gebeurtenissen en gedragingen geïdentificeerd worden welke uiteindelijk samen het coderingsschema vormen. De te bestuderen handelingen kunnen worden ingevoerd als actie (‘state event’) met een begin- en eindtijd of als gebeurtenis (‘point event’).

Na analyse van de video-opnamen is van de meest voorkomende handelingen een gemiddelde en standaardafwijking van de duur van de handeling berekend. Hiermee kan een lognormale verdeling gevormd worden waaruit handelingstijden genomen kunnen worden. De lognormale verdelingen dienen als goede input voor het GWorkS-tomato model.

Hierbij valt op dat het losknippen van een tros tomaten gemiddeld 0,96 seconde duurt, het verwijderen van ongewenste delen duurt gemiddeld 1,04 seconde en het in een doos plaatsen van een tros duurt gemiddeld 1,09 seconde.

Bij het draaien-dieven duurt het indraaien van een plant om het touw gemiddeld 1,50 seconde, vervolgens worden één of meerdere dieven verwijderd. Per dief duurt dit gemiddeld 0,94 seconde.

In ‘The Observer XT’ is het mogelijk een tabel te vormen waarin staat hoe vaak een voorafgaande handeling wordt opgevolgd door een volgende handeling. Deze tabellen tonen grote overeenkomsten met de IDEF3-schema’s. Uit de tabel van het oogsten blijkt dat bij 65 procent van de geoogste trossen ongewenste delen van de tros verwijderd dienen te worden.

Bij het draaien-dieven valt op dat in meer dan 87 procent van de gevallen een plant na het indraaien één of meerdere dieven heeft welke verwijderd dienen te worden.

Op basis van de tijden waarop een medewerker een staander van de kasconstructie passeert is een aanname gedaan in welke bandbreedtes de gemiddelde snelheden voor oogsten en draaien-dieven liggen. Medewerkers welke op een elektrische buisrailwagen werken, rijden het liefst met een constante snelheid door het pad tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden.

Het oogsten heeft een gemiddelde snelheid van 0,11 meter per seconde, het draaien dieven wordt uitgevoerd met een gemiddeld iets hogere snelheid in het pad, 0,14 meter per seconde.

Vanuit de P-Plus padregistratie is bekend hoeveel kilogram totaal uit ieder gefilmd pad is geoogst. Het aantal geoogste trossen is geregistreerd in ‘The Observer XT’. Door deze data te combineren is een gemiddeld trosgewicht van 0,84 kilogram vastgesteld. Zes trossen in een fust levert een gemiddeld gewicht van 5.04 kg per eenheid op.

Inhoudsopgave

Disclaimer	IV
Voorwoord	V
Samenvatting	VII
Inhoudsopgave	IX
1. Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Huidige Situatie	1
1.3 Gewenste situatie	2
1.4 Probleem	2
1.5 Doel	2
1.6 Onderzoeksvragen	2
1.7 Afbakening	2
2. Literatuur	4
2.1 Bedrijfsprocessen binnen de trostomatenproductie	4
2.2 Registratie van bedrijfsprocessen	4
2.3 Analyse en simulatie van bedrijfsprocessen	5
3. Materiaal en methode	6
3.1 Processchema's	6
3.2 Verzamelen van data	7
3.3 Gegevens trostomatenkwekerij C.G. van Winden	8
3.4 Coderingsschema's	9
3.5 Parameters	11
3.6 Statistiek	12
4. Resultaten	14
4.1 Processchema's	14
4.2 Analyse van de data	17
5. Discussie	24
5.1 Literatuur	24
5.2 Processchema's	24
5.3 Parameters	24
6. Conclusie	27
6.1 Processchema's	27
6.2 Parameters	27
6.3 Hoofdvraag	28
Literatuur	29
Bezocht websites	30
Contactgegevens bezocht bedrijf	30
Bijlagen	31

Bijlage 1 IDEF3 schema's Van Beveren (Van Beveren 2010)	31
Bijlage 2 acties met beschrijving tijdens het oogsten.....	33
Bijlage 3 acties met beschrijving tijdens het draaien-dieven	34
Bijlage 4 Gegevens opgenomen video's	35
Bijlage 5 Resultaten handelingen oogsten.....	36
Bijlage 6 Resultaten handelingen draaien-dieven	40

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De Nederlandse glastuinbouw werkt de laatste jaren hard aan verbetering van de duurzaamheid. Door de toenemende concurrentie en stijgende prijzen van goederen en diensten is het van belang op een effectieve en duurzame manier bedrijfsprocessen en arbeid te organiseren.

Dit onderzoek maakt deel uit van het promotieonderzoek 'Systematic design of automated sustainable horticultural production systems' van ir A. van 't Ooster, dat als doel heeft het ontwikkelen van een generieke tool voor ontwerpers van geautomatiseerde duurzame tuinbouw productiesystemen gebaseerd op het modelleren van bedrijfsprocessen (Ooster, 2008).

1.2 Huidige Situatie

In de moderne Nederlandse tuinbouwkassen wordt de tomatomaat vrijwel altijd in een hogedraad-systeem geteeld. Door het groeipunt te verhangen en de planten te laten zakken kan er geoogst worden op werkhoogte. De planten worden gekweekt op substraatmatten in hangende goten.

De arbeidsbehoefte in de tomatensector is niet evenredig in de tijd verdeeld, gedurende de teeltcyclus is een wisselende hoeveelheid arbeid benodigd (Verspecht, Van Lierde, & Van den Bossche, 2003). Naast een veelal vast medewerkersbestand wordt er in de piekperioden gewerkt met seizoenarbeiders. De werkzaamheden binnen de teelt zijn veelal repeterend en bestaan uit oogsten, het verwijderen van dieven, het indraaien en laten zakken van de planten, het snoeien van de trossen en het verwijderen van de onderste bladeren (Oude Vrielink, Lemmen, Looije, & Vermeulen, 2006).

In 2010 is een bedrijfsprocesanalyse gemaakt bij moderne tomatenteeltbedrijven. Deze analyse bestaat zowel uit een kwalitatief deel met functiediagrammen als een kwantitatief deel met parameters uit de praktijk op basis van het P-Plus padregistratiesysteem wat gebruikt wordt op de onderzochte tomatenkwekerijen.

Uit dit onderzoek is gebleken dat wanneer puur naar het aantal uren arbeid gekeken wordt het oogsten de grootste vrager van arbeid is met 29%. Op de tweede plaats staat blad verwijderen met 26% gevolgd door dieven/draaien met 21% (Van Beveren 2010).

Per jaar is een gemiddelde arbeid van 9450 uur nodig per hectare binnen de tomatenteelt (Woerden, 2005) waarmee de kosten voor arbeid in de glastuinbouw in de range van 30 tot 38 procent van de kostprijs zitten (Pekkeriet, de Jonge, & Bruins, 2007).

Om inzicht te krijgen in de prestaties en opbrengsten van individuele medewerkers wordt, voornamelijk binnen de voedingstuinbouw, gewerkt met padregistratie.

Met deze systemen is het mogelijk arbeid, productie en gewasafwijkingen (insecten, ziekten, e.d.) per pad inzichtelijk te maken. Door gegevens, van meerdere jaren, te vergelijken is het mogelijk voorspellingen te doen omtrent de benodigde arbeid. Tevens kunnen deze systemen gebruikt worden voor loonadministratie en vastlegging van het aantal gewerkte uren of het uitgevoerde werk (betaling per plant) in interactie met uitzendbureaus en contractwerkers.

Twee voorbeelden van veel gebruikte padregistratiesystemen in de groententeelt zijn PrivAssist van Priva en P-Plus van Hortimax (Van Beveren 2010).

Gezien de hoge arbeidskosten is het een vanzelfsprekende stap dat men probeert de arbeidskosten te verlagen. Op dit moment vinden diverse onderzoeken plaats vanuit zowel het bedrijfsleven als vanuit kennisinstituten.

Priva werkt aan een kostenbesparende bladplukrobot welke in de praktijk getest wordt (Priva, 2011).

Wageningen University maakt deel uit van het CROPS-project waarbinnen onder andere een autonome paprika-oogstrobot wordt ontwikkeld. Dit project bevindt zich nog in de beginfase (CROPS, 2011).

De automatisering binnen de tuinbouw heeft vooral de werkomstandigheden verbeterd maar heeft nauwelijks geleid tot een besparing van arbeidsuren (Oude Vrielink et al., 2006).

Een voorbeeld van automatiseringen binnen de tomatenteelt is het automatisch laden en lossen van fust voor het oogsten van tomaten.

Ondanks dat automatiseringen de werklast verlicht hebben blijft er een grote vraag naar arbeiders binnen de tomatenteelt. Vanaf de jaren negentig is een stijging te zien van het aantal tijdelijke krachten binnen de glastuinbouw terwijl de totale arbeidsinzet redelijk constant is gebleven. Dit is te verklaren door twee

arbeidsontwikkelingen in Nederland. Door privatisering van de Ziektewet in de tweede helft van de jaren negentig werden werkgevers geconfronteerd met extra kosten bij ziekteverzuim en arbeidsongeschiktheid. Het aantal vaste dienstverbanden werd hierdoor zoveel mogelijk vermeden.

Door de Waadi (Wet allocatie arbeidskrachten door intermediairs) uit 1998 nam het aantal intermediairs binnen de tuinbouwsector drastisch toe. Arbeid in de tuinbouw wordt nu voornamelijk gedaan door Oost-Europese gastarbeiders welke worden ingehuurd via een uitzendbureau. (De Bakker, Frouws, Jongeneel, & Slangen, 2004)

1.3 Gewenste situatie

In de gewenste situatie is de tomatenkweker in staat een gezond bedrijf te runnen. Dit kan enerzijds door robotisering bereikt worden, anderzijds door arbeiders op een arbeidsbesparende manier te laten werken met verbeterde hulpmiddelen en of semi-automatisering.

Deze arbeidsbesparende technieken kunnen al zinvol zijn bij een heel kleine besparing per handeling door de veelal repeterende handelingen.

1.4 Probleem

Door het arbeidsonvriendelijke imago dat de tuinbouwsector heeft opgebouwd is het lastig om Nederlandse arbeiders te vinden die bereid zijn binnen deze sector te werken. Door het zware, repeterende werk hebben arbeiders een aanzienlijke kans op klachten aan de schouders of polsen (Palmer, 1996).

Op dit moment zijn er voor de meeste handelingen aan het gewas geen oplossingen die geen gebruik maken van menselijke arbeid (Van Henten, 2006). Bij sommige handelingen is de last wel verlicht door gebruik te maken van een breed scala aan hulpmiddelen, zoals een elektrische buisrailwagen, maar blijft menselijke arbeid noodzakelijk.

1.5 Doel

Binnen het onderzoeksproject 'Systematic design of automated sustainable horticultural production systems' zal een bijdrage geleverd worden aan data acquisitie ten behoeve van vaststelling van modelparameters voor het 'GWorkS-tomato model' op het niveau van gewashandelingen. Een tweede doel van data acquisitie is validatie van dit model.

Het GWorks-tomato model is ontwikkeld voor simulatie van gewashandelingsprocessen binnen een trostomaatproductiesysteem.

Het model simuleert de diverse handelingen aan de plant gedurende verschillende tijdsschalen waarbij binnen dit onderzoek gekeken wordt naar de voorlopig meest gedetailleerde schaal, de handelingen binnen de gewasbehandelingsprocessen oogsten, bladbreken, draaien-dieven en zakken.

1.6 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag: 'Welke inzichten kunnen videobeelden van de gewashandelingsprocessen oogsten en draaien-dieven binnen de moderne trostomatenteelt en de verwerking van deze beelden opleveren voor validatie van het GWorkS-tomato model tot op handelingsniveau?'

Deelvragen:

- 1) Hoe ziet het processchema eruit waarmee de handelingen aan het gewas beschreven worden op het niveau van basale handelingen?
- 2) Wat zijn de kenmerken en frequentiedistributies van de handelingstijden?

1.7 Afbakening

Dit onderzoek richt zich alleen op de teelt van trostomaten in een moderne kas. Binnen deze teelt wordt gekeken naar twee teelthandelingen aan het gewas te weten het oogsten en het draaien in combinatie met dieven van de planten. Voor deze beperking is gekozen omdat uit onderzoek (Van Beveren 2010) is gebleken dat dit twee van de drie meest arbeidsintensieve handelingen zijn en dat dit de meest complexe handelingen blijken te zijn.

Van de handeling bladbreken zullen wel video-opnames gemaakt worden, door de tijdsdruk van acht weken zullen deze beelden niet verwerkt worden.

De camerabeelden zijn gemaakt bij een tuinder welke gebruik maakt van het P-Plus padregistratiesysteem. Er wordt een vergelijking tussen het padregistratiesysteem en de camerabeelden gemaakt.

2. Literatuur

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van een korte literatuurstudie weer op de aandachtsvelden productie van de tomatomaat, registratie van de bedrijfsprocessen en analyse en simulatie van deze bedrijfsprocessen.

Voor dit literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur, vaktijdschriften en internet. Het onderzoek gaf inzicht in de huidige stand van zaken omtrent de bedrijfsprocessen binnen de tomatomaatproductie, de registratie van deze bedrijfsprocessen met bijbehorende normen en de stand van zaken omtrent analyse van de betreffende bedrijfsprocessen.

2.1 Bedrijfsprocessen binnen de tomatomaatproductie

De productiecyclus van het hoge draad systeem is als volgt samen te vatten (Heuvelink, 2005). Enkele weken voordat de tomatenplanten bij de tomatenkweker in de kas staan worden deze opgekweekt bij een plantenkweker. Bij een lengte van ongeveer 15-16 cm en een gewicht van honderd gram worden de planten bij de tomatenkweker geplant. Dit gebeurt bij onbelichte kassen in december, bij belichte kassen kan dit het gehele jaar door maar wordt vaak dezelfde periode aangehouden. In maart kan voor het eerst geoogst worden. Deze oogstperiode zal doorgaan tot november waarna de planten geruimd worden en de kas wordt klaargemaakt voor de nieuwe teeltperiode. Naast het volledig vernieuwen van de planten bestaat er ook een tussenplantsysteem waarbij planten in mei (deels) vervangen worden.

In Nederland is het gangbaar tomaten te telen in dubbele rijen voorzien van een buisrail-systeem. De afstand tussen de paden is gemiddeld 1,6 meter. De afstand tussen de planten in de rij bedraagt ongeveer 0,5 meter (Heuvelink, 2005). De buizen zorgen voor verwarming van de kas en dienen tevens als geleiderail voor oogstkarren en buisrailwagens met een hydraulisch plateau om gewashandelingen tot bij de kop van de plant te kunnen uitvoeren.

Tomatomaat worden geoogst wanneer de volledige tros gekleurd is (Hendrix, 2000). Na het losknippen van de tros wordt deze door de medewerker direct in afzetfust geplaatst waarna de volle karren met afzetfust worden afgevoerd naar de sorteerruimte middels geautomatiseerd transport (ketting- of inductiebaan) of bemand transport (trekker met karren).

Binnen de tomatenteelt dienen de volgende handelingen aan het gewas te worden uitgevoerd: draaien, laten zakken, dieven, snoeien, bladbreken, oogsten en koppen (Heuvelink, 2005). Het koppen gebeurt acht weken voor het eind van het teelt. Bij deze handeling worden de groeipunten verwijderd. Het indraaien dient eens per zeven tot tien dagen te gebeuren, afhankelijk van de groeisnelheid. Deze snelheid is het hoogst in de zomermaanden en lager in het voor- en najaar. Het indraaien wordt vaak gecombineerd met het verwijderen van de scheuten, ook wel dieven genoemd. Wanneer de vierde tros gevormd is kan begonnen worden met het laten zakken van de planten, de stam is dan krachtig genoeg om breuk te kunnen weerstaan.

Snoeien is de handeling waarbij de bloemen per tros worden teruggebracht tot een vast aantal, afhankelijk van de soort. Om de rijpende vruchten voldoende licht te geven en de handelbaarheid van plant en tros te bevorderen worden er wekelijks enkele bladeren van de plant verwijderd, het zogenaamde bladplukken (Heuvelink, 2005).

2.2 Registratie van bedrijfsprocessen

In 2004 is onderzoek gedaan naar padregistratie op glastuinbouwbedrijven (Vermeulen, van der Lans, & de Buck, 2004). Uit dit onderzoek is gebleken dat op 48 procent van de ondervraagde bedrijven gebruik wordt gemaakt van een padregistratiesysteem.

In een padregistratiesysteem kan worden bijgehouden welke arbeidshandeling door welke medewerker in welke tijd is uitgevoerd.

Wat opvalt in dit onderzoek is dat de meeste registratiesystemen te vinden zijn op groentebedrijven. Een aantal wordt hierbij niet gegeven. Op potplantenbedrijven komt padregistratie het minst vaak voor (Vermeulen et al., 2004). Sinds 2004 is de inzet van padregistratiesystemen toegenomen. Hiervan zijn echter geen directe rapportages beschikbaar.

In een toekomstvisie omtrent de glastuinbouw in Nederland in 2030 wordt het belang van een padregistratie sterk benadrukt. Omdat binnen de glastuinbouw in sterke mate gewerkt wordt met ingehuurd arbeid voor repeterende, routinematige handelingen dienen medewerkers na een korte inwerkperiode een minimale prestatienorm te behalen. Door met een padregistratiesysteem te werken is het voor de arbeidsmanager eenvoudig te zien welke medewerkers voldoen aan de minimale eisen (Pekkeriet et al., 2007).

Voor het registreren van arbeid is het belangrijk duidelijke arbeidsnormen vast te stellen. Arbeidsnormen worden gekenmerkt door objectieve en subjectieve kenmerken. Objectieve kenmerken zijn meetbaar en kunnen gereproduceerd worden. Subjectieve kenmerken zijn afhankelijk van persoon en ervaring. 'Arbeidsregistratie is het vastleggen van werktijd per dag, per bewerking en per aantal eenheden dat in die tijd be- of verwerkt is' (Hendrix, Looije, & van der Schilden, 2000).

2.3 Analyse en simulatie van bedrijfsprocessen

Door Van Beveren (2010) zijn de processen op een moderne tomatenkwekerij geanalyseerd. Deze analyse is op padniveau gedaan op basis van data uit de padregistratie. In dit onderzoek is bij twee kwekers gekeken naar de arbeidsbehoefte van de handelingen: beugelen, indraaien in combinatie met dieven, bladbreken, laten zakken, trossnoei, en oogsten.

De beide trostomatenkwekerijen hebben een omvang van respectievelijk 10 en 11,4 hectare. Door beide bedrijven is data van één jaar uit het padregistratiesysteem beschikbaar gesteld.

Om de bedrijven te kunnen vergelijken is de data genormaliseerd naar paden van 100 meter lengte en wordt er teruggerekend naar voltijdsmedewerkers met een werkdag van acht uur.

Tussen beide bedrijven zijn bij het oogsten verschillen in de werkwijze waar te nemen. Zo werkt één kweker met een geautomatiseerd transportsysteem in het hoofdpad, terwijl bij de andere kweker deze handelingen door een medewerker worden uitgevoerd inclusief plaatsing van de oogstkar in het teelpad. Doordat er wel data bekend is van het aantal uren welke deze medewerker besteed aan het transport van oogstkarren kon er toch een correcte vergelijking gemaakt worden.

Uit dit onderzoek is gebleken dat wanneer puur naar aantal uren arbeid van de zes bestudeerde handelingen gekeken wordt, het oogsten de meeste arbeidsuren vraagt met 29% van de totale tijd.

Op de tweede plaats komt bladbreken met 26% gevolgd door draaien-dieven op de derde plaats met 21%.

In 2007 is in Israël onderzoek gedaan naar de arbeidsomstandigheden binnen de trostomatenteelt (Bechar, Yosef, Netanyahu, & Edan, 2007). Dit onderzoek had als doel de werkmethoden te verbeteren om zo de hoeveelheid arbeid te beperken. Dit onderzoek is uitgevoerd op een bedrijf van 24 hectare waarbij gekeken is naar de handelingen oogsten, snoeien en draaien.

De arbeidsstudies van de diverse handelingen werden uitgevoerd door middel van directe metingen en steekproeven. In de directe meetmethode is elke gewashandeling verdeeld in elementen waarvan de prestatie en het tijdstip werd gemeten. Voor iedere handeling werden 50 tot 200 metingen gedaan voor iedere medewerker. Voor de berekening van de arbeidstijd zijn de prestaties van vier tot zeven medewerkers bij iedere handeling geanalyseerd.

De resultaten zijn gebruikt in twee modellen. Het eerste model, gemaakt in ARENA, is nauwkeurig tot op plantniveau. Deze simulatie heeft als output de totale werktijd per rij, de opbrengst per rij in gewicht, de netto werktijd en de looptijd van een medewerker.

Het tweede model, gemaakt in Visual Basic, geeft resultaten tot op padniveau en heeft als output de tijdsdistributie voor ieder werkelement, de tijd per handeling en de totale prestatie.

Beide modellen zijn vergeleken met de meetresultaten uit de kas.

Dit onderzoek bewees het nut van toepassing van geavanceerde ingenieurstechnieken waaronder werkwijze analyse en simulatie voor de verbetering van de productie in de tuinbouw. Met behulp van de simulaties is berekend dat een besparing van 32% op arbeidstijd behaald kan worden (Bechar et al., 2007).

3. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk is een toelichting gegeven op de gebruikte processchema's, de manier waarop de data verzameld wordt en specifieke kenmerken over het bedrijf waar de data verzameld wordt.

Paragraaf 3.4 bevat de coderingsschema's waarmee de films zijn geanalyseerd. De paragrafen 3.5 en 3.6 bevatten informatie over hoe de data, na analyse van de video-opnamen, verwerkt is.

3.1 Processchema's

Op basis van de processchema's gemaakt door Van Beveren (2010) welke de handelingen op padniveau analyseert is in dit onderzoek dieper op deze IDEF3 processchema's ingegaan en zijn deze aangepast tot op handelingsniveau. De IDEF3 schema's, gemaakt door Van Beveren, welke relevant zijn voor dit onderzoek zijn te vinden in bijlage 1.

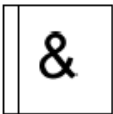
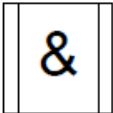
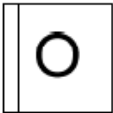
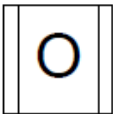
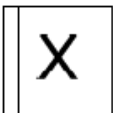
IDEF3 is een modelleringstechniek en kan gezien worden als een vervolg op IDEF0.

Een IDEF0 diagram is een functieschema waarbij een rechthoek een activiteit weergeeft. Deze processtap heeft één of meerdere ingangen en uitgangen welke door pijlen weergegeven worden (Dorador & Young, 2000).

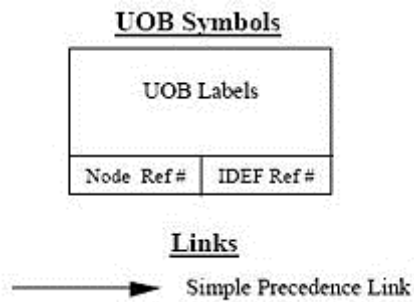
IDEF3 kan gezien worden als een processchema van een realisatie van een functiemodel (weergave van een systeem) of als een plan van realisatie. Het IDEF3 diagram wordt gebruikt voor het modelleren van processen met als doel een beschrijving te geven van de opeenvolgende handelingen. De voornaamste voordelen van deze methode zijn de eenvoud en de beschrijvende kracht (Huang & Kusiak, 1998).

In een IDEF3 diagram wordt de volgorde van handelingen en beslissingen of processtappen inzichtelijk weergegeven, dit wordt gedaan in eenheden van gedrag (UOB= Units Of Behavior). Daarbij wordt gebruik gemaakt van verschillende operatoren. Deze operatoren zijn weergegeven in Tabel 1 (Mayer, 1995).

Tabel 1 IDEF3 operatoren

<i>Junction Control</i>	<i>Name</i>	<i>Meaning in Fan-in</i>	<i>Meaning in Fan-out</i>
	Asynchronous AND	All preceding processes must be complete.	All following processes must start.
	Synchronous AND	All preceding processes complete simultaneously.	All following processes start simultaneously.
	Asynchronous OR	One or more preceding processes must be completed.	One or more following processes must start.
	Synchronous OR	One or more preceding processes complete simultaneously.	One or more following processes start simultaneously.
	XOR (Exclusive OR)	Exactly one preceding process completes.	Exactly one following process starts.

Figuur 1 laat een standaard UOB zien in combinatie met een verbinding. De naam van de UOB is vaak gebaseerd op een werkwoord. Een relatie tussen verschillende UOB's wordt gevormd door een pijl tussen de UOB's (Mayer, 1995).



Figuur 1 UOB

De processchema's zijn besproken met een tomatenkweker welke op moderne wijze produceert. De feedback van dit gesprek is meegenomen in de definitieve uitwerking van de IDEF3 modellen welke in paragraaf 4.1 behandeld worden.

3.2 Verzamelen van data

De data die nodig is voor de validatie van het GWorkS-tomato model zal bestaan uit video-opnamen en een volledig jaar aan data uit het P-Plus registratiesysteem. De video-opnamen worden hierbij gebruikt voor de invulling van de modelparameters. Deze data zal verkregen worden bij trostomatenkwekerij C.G. van Winden gevestigd te Zevenhuizen.

Voor het maken van de video-opnamen is gewerkt met een Sony DCR-SR78E camera welke met behulp van een statiefklem op een buisrailwagen met hydraulische lift gemonteerd is. Wegens het dichte gewas en de kleine ruimte op en om de railwagen is gekozen voor een aparte buisrailwagen met cameraman. Met deze buisrailwagen wordt de medewerker gevolgd en gefilmd tijdens zijn werkzaamheden.

In eerste instantie is gekeken naar de mogelijkheid om de camera op de oogstkar/buisrailwagen van de medewerker zelf te plaatsen. Helaas waren de mogelijkheden te beperkt om voldoende overzicht te krijgen. Door het dichte en hoge gewas en de dozen bij het oogsten kon niet met een camera op hoogte gewerkt worden. Het plaatsen van de camera op een uitstekend statief zou kunnen, maar levert bij het uitrijden en wisselen tussen de paden problemen op.

Om de werkzaamheden goed te kunnen filmen is er voor gekozen om bij de handelingen oogsten en bladbreken de medewerker in de rij waarin deze de werkzaamheden uitvoert te filmen. Bij de handelingen draaien-dieven is ervoor gekozen om in de rij naast de rij waarin de medewerker de handelingen uitvoert mee te rijden. Omdat deze handelingen bij de kop van de plant gedaan worden is het mogelijk met de hydraulische lift op de buisrailwagen boven de planten uit te komen en neer te kijken op de handelingen welke door de medewerker verricht worden.

Na overleg met de fabrikant van de buisrailwagens bleek dat, middels een CEE-form stekker, de accu als voeding van de HQ-INV300WU-24 omvormer benut kan worden. Deze omvormer maakt van een 24 volt gelijkspanning 230 volt wisselspanning waarna de camera met behulp van de oorspronkelijke adapter gevoed kan worden en niet meer afhankelijk is van de eigen accu. Het energieverbruik van de camera is laag (maximaal 18 Watt). Een foto van de buisrailwagen voorzien van cameraopstelling is te zien in Figuur 2.



Figuur 2 Buisrailwagen met cameraopstelling

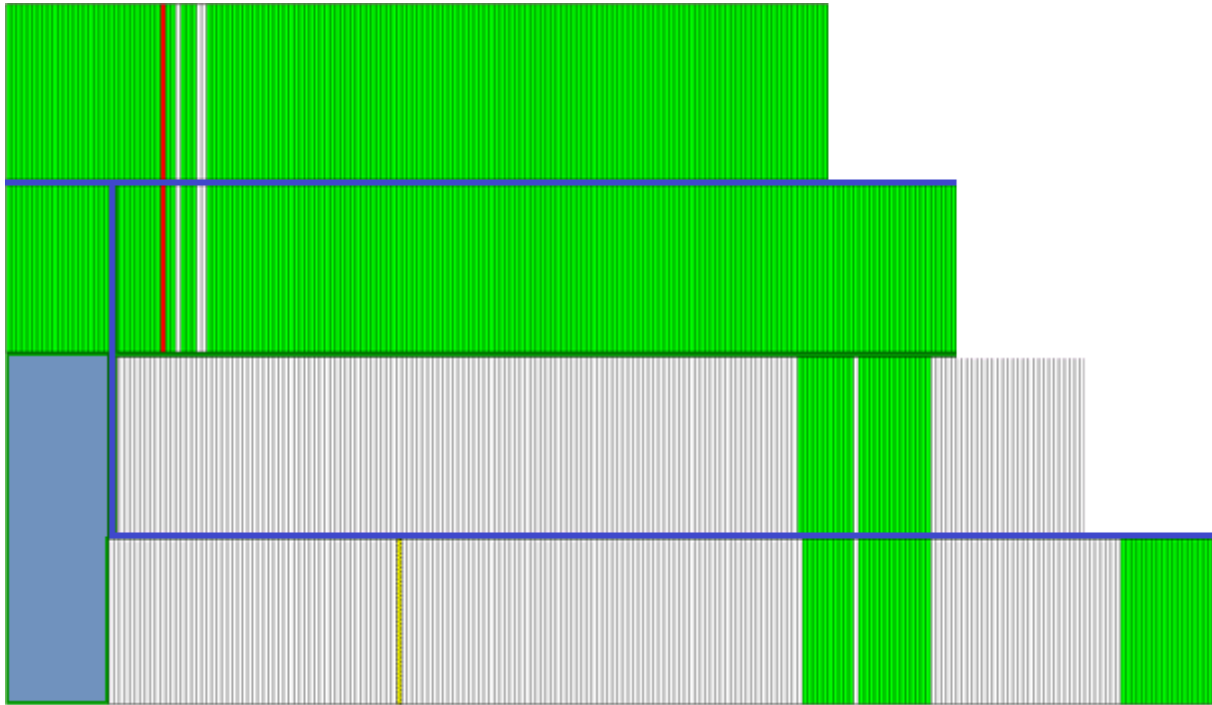
Om een indicatie te kunnen geven van de afgelegde weg in het pad is gekozen om te filmen in een zogenaamde ‘paalrij’. Deze rij is tegen een rij staanders van de kasconstructie gelegen. De afstand tussen de staanders is vijf meter. Door tijdens de analyse van de video-opnamen het passeren van een staander als markeerpunt aan te merken kan een indicatie over de afgelegde afstand, de werksnelheid, en de variatie in werksnelheid tussen staanders gegeven worden.

De gegevens van alle opgenomen video’s zijn te vinden in Bijlage 4.

3.3 Gegevens trostomatenkwekerij C.G. van Winden

Het bedrijf C.G. van Winden beschikt over twee kassen, van het type Venlo kas, welke samen een oppervlakte van 11,4 hectare beslaan. Een kas heeft een grootte van 6,2 hectare, de andere kas is 5,2 hectare groot. De kas van 6,2 hectare groot heeft paden van 96 meter, de kas van 5,2 hectare groot paden van 91 meter. Totaal zijn er 748 paden.

Op het bedrijf worden grove trostomaten geteeld. Een plattegrond van het bedrijf is te vinden in Figuur 3, de verschillende verticale lijnen geven de paden in de kas weer. Het figuur is onderdeel van het P-plus gebruikersinterface. De diverse kleuren geven de verschillende niet benoemde werkzaamheden welke in de paden zijn uitgevoerd. De dikke blauwe lijnen stellen de betonpaden voor welke dienen voor de aan- en afvoer van producten en arbeiders. Het grote grijze vlak linksonder de figuur geeft de verwerkingsruimte weer.



Figuur 3 Plattegrond tomatenkwekerij C.G. van Winden te Zevenhuizen

Specifiek voor dit bedrijf is dat indien, voor het einde van het pad, de kar van de medewerker vol is deze naar het middenpad wordt gebracht en er door deze medewerker aan een volgend pad begonnen wordt. Later wordt het onafgemaakte pad door een andere medewerker afgemaakt. Deze medewerker heeft als taak alle niet afgemaakte paden te voltooien. Niet voltooide paden zijn via het P-plus interface te traceren.

Wanneer een pad volledig geoogst is of een oogstkar vol is wordt deze naar het middenpad gebracht door de oogstmedewerker waarna de oogstkarren door een andere medewerker naar de verwerkingsruimte worden gebracht. Deze medewerker zorgt er eveneens voor dat er in de te oogsten paden lege oogstkarren geplaatst worden.

3.4 Coderingsschema's

De video-opnamen zijn geanalyseerd met behulp van 'The Observer XT' van 'Noldus Information Technology'. 'The Observer XT' is een programma waar subjecten en gebeurtenissen ingegeven kunnen worden welke uiteindelijk samen het coderingsschema vormen. Een coderingsschema maakt het mogelijk de video's te interpreteren en subjecten en gebeurtenissen aan de tijdlijn van de video te koppelen.

Op basis van deze coderingsschema's worden de te bestuderen handelingen met behulp van sneltoetsen geregistreerd tijdens het bekijken van de video-opnamen. Deze opnamen kunnen op diverse snelheden worden afgespeeld, zodat de handelingstijden nauwkeurig kunnen worden vastgesteld.

De te bestuderen handelingen kunnen worden ingevoerd als actie ('state event') met een begin- en eindtijd of als gebeurtenis ('point event') zonder registratie van de duur van de handeling maar met registratie van het tijdstip waarop de gebeurtenis plaatsvond. Deze elementen worden in groepen van gedragingen/handelingen bijeen gebracht.

Met behulp van de analyse tools in 'The Observer XT' is gekeken naar de frequentieverdeling van de duur van de geregistreerde handelingen of van de intervaltijd tussen gebeurtenissen (point events). Tevens is gekeken met welke kans een handeling wordt opgevolgd door een volgende handeling. De coderingsschema's zijn gebaseerd op de processchema's uit paragraaf 4.1.

3.4.1 Oogsten

Bij het oogsten is gelet op de handelingen die gedefinieerd zijn in Tabel 2. In deze tabel is in de kolommen 'begin' en 'einde' vermeld wanneer een betreffende handeling start dan wel afgelopen is. De kolom 'sneltoets' geeft aan met welke toets de start van een handeling kan worden aangegeven in 'The Observer XT'. Omdat alle handelingen in één coderingsschema van zich onderlinge uitsluitende handelingen zijn geplaatst, is het niet mogelijk deze handelingen gelijktijdig uit te voeren. Het starten van een volgende handeling wordt daarom

geïnterpreteerd als de einde van de voorafgaande handeling. Een nadeel is dat parallelle handelingen niet worden geregistreerd.

De afhandeling van de dozen is onderverdeeld in het verplaatsen van een volle doos, een lege doos en een stapel dozen. Om deze handeling te scoren in 'The Observer XT' moet eerst de 'b' ingetypt worden gevolgd door een sneltoets voor de betreffende dooshandeling.

Tabel 2 Coderingsschema voor de oogster tijdens het oogstproces in het pad

Sneltoets	Handeling	Begin	Einde
c	Cut truss	Vanaf het moment dat de schaar richting de tros gaat.	Het moment dat de tros vrij/los is van de plant.
q	Review truss	Het moment dat de hand richting de tros gaat (maar deze niet wordt geoogst).	Het moment waarop de tros losgelaten wordt door de medewerker en de hand het dichtst bij rustpositie is.
r	Remove unwanted parts	Het moment waarop de ongewenste delen worden losgeknipt.	De losgeknipte delen zijn weggegooid.
p	Place truss in box	Het moment dat de tros richting de oogstkar wordt bewogen.	Het moment waarop de tros op de gewenste plaats in de doos ligt.
m	Move to next truss	Het moment dat er zichtbaar richting de volgende tros gelopen wordt.	Het moment dat er naar een tros gereikt wordt.
l	Move lorry	Wanneer de medewerker de kar aan de duw-/trekstang vastpakt om de oogstkar voort te bewegen.	Het moment waarop de oogstkar door de medewerker losgelaten wordt.
b→e	Operate box → Empty box	Het moment waarop een lege doos aangeraakt wordt om deze te verplaatsen.	Het moment waarop de medewerker de lege doos loslaat.
b→f	Operate box → Full box	het moment waarop een volle doos aangeraakt wordt om deze te verplaatsen.	Het moment waarop de medewerker de volle doos loslaat.
b→s	Operate box → Set of boxes	Het moment waarop een stapel dozen wordt aangeraakt om deze te verplaatsen. Dit kan zowel tillend als rollend op de oogstkar zijn.	Het moment waarop de stapel dozen losgelaten wordt.
k	Prepare harvest of a path	Het moment dat de medewerker de oogstkar aanraakt voordat deze in het bijbehorende pad begint te oogsten.	Het moment dat naar de eerste tros bewogen wordt.
u	Undefined	Het moment waarop niet meer te zien is welke handelingen uitgevoerd worden. Hierbij worden ook handelingen geregistreerd welke onvolledig in beeld zijn.	Het moment waarop volledige handelingen zichtbaar zijn.

Naast bovenstaande 'state events' is het passeren van een staander van de kasconstructie geregistreerd als 'point event'. Van deze handeling is enkel de tijd waarop deze plaatsvond geregistreerd.

3.4.2 Draaien dieven

Voor het draaien dieven zijn voor de medewerker en de buisrailwagen een apart coderingsschema gemaakt in Tabel 3 en Tabel 4, omdat deze handelingen gelijktijdig uitgevoerd kunnen worden. In 'The Observer XT' wordt dit gerealiseerd door twee aparte onderwerpen en twee gedragsgroepen aan te maken.

Tabel 3 Coderingsschema voor de medewerker tijdens het draaien-dieven

Sneltoets	Handeling	Begin	Einde
d	Turn wire around plant	Het moment dat de medewerker het touw van de betreffende plant aanraakt	Het moment dat het touw losgelaten wordt
f	Turn plant around wire	Het moment dat de medewerker de kop van de plant aanraakt.	Het moment waarop de medewerker de kop van de plant loslaat.
g	Twist plant and wire	Het moment dat de medewerker de kop van de plant en het touw van de betreffende plant gebruikt. Eerste aanraking met touw of plant is start actie.	Het moment waarop de medewerker de kop van de plant dan wel het touw van de betreffende plant loslaat. Laatste loslaat actie markeert het einde.
j	Break shoot	Het moment waarop de medewerker de betreffende dief aanraakt of zijn mes aanraakt om de dief te verwijderen.	Het moment dat de dief los is van de plant.
c	Create new plant head	Het moment dat een nieuwe haak met draad wordt aangeraakt om een nieuwe dief in te draaien.	Het moment dat de dief volledig ingedraaid is.
k	Store shoot in hand	Het moment dat de dief los is van de plant en in de hand bewaard wordt.	Het moment dat de dief is afgegeven aan de handbuffer.
l	Empty hand buffer	Het moment dat de hand geleegd wordt.	Het moment dat er geen dieven meer in de hand aanwezig zijn.
a	Pass pole	Middels een 'state event' wordt de tijd vastgelegd waarop een medewerker een staander van de kasconstructie passeert.	-
u	Undefined	Het moment waarop niet meer te zien is welke handelingen uitgevoerd worden. Hierbij worden ook handelingen geregistreerd welke onvolledig in beeld zijn.	Het moment waarop volledige handelingen zichtbaar zijn.

Tabel 4 coderingsschema voor de buisrailwagen tijdens het draaien-dieven

Sneltoets	Handeling	Begin	Einde
i	Standing in pad in operation	Het moment dat de buisrailwagen stil staat in het pad.	Het moment dat de buisrailwagen weer gaat bewegen in het pad.
m	Moving in path in operation	Het moment dat de buisrailwagen gaat bewegen in het pad.	Het moment dat de buisrailwagen stilstaat.
h	Moving/transport in path (no crop handling operation)	Het moment dat de buisrailwagen beweegt maar er geen handelingen aan het gewas uitgevoerd worden.	Het moment dat de kar stilstaat en/of er handelingen aan het gewas uitgevoerd worden.

3.5 Parameters

Naast het maken van video-opnamen zal eveneens met data uit het P-Plus padregistratiesysteem gewerkt worden. Uit de P-Plus database kan op verschillende niveaus data opgevraagd worden bijvoorbeeld per pad, per medewerker of op aantallen bewerkte paden.

De meest gedetailleerde gegevens zullen gebruikt worden ter controle van de rijen waar video-opnamen gemaakt zijn. Voor de validatie van het model zijn globale gegevens over de periode van één jaar uit de database opgevraagd. Deze jaargegevens zijn in dit onderzoek niet gebruikt.

In de data uit P-Plus zijn de begin- en eindtijd van de handeling in het betreffende pad te zien. Bij het oogsten is ook het aantal kilo's uit de geoogste rij bekend, de geoogste producten worden namelijk gewogen tijdens het lossen van de volle dozen in de sorteerruimte.

De grove data uit de P-Plus padregistratie worden opgevraagd met een csv-extensie. Met behulp van een aantal VBa-macro's, ontwikkeld door Van Beveren en Van 't Ooster (Van Beveren 2010), zal deze data geïmplementeerd en bewerkt worden in Microsoft Excel.

De data, verkregen na analyse van de video-opnamen, is met behulp van een Excel-sheet ontwikkeld door Van 't Ooster verwerkt door een statistische verdeling aan de geregistreerde handelingstijden toe te wijzen. Deze Excel-sheet bekijkt de mogelijkheden van een lognormale verdeling. Voor deze lognormale verdeling wordt een klassengrootte van 0,1 gebruikt. Met behulp van de minimum en maximum waarde uit 'The Observer XT' zijn outliers onderzocht. Door deze outliers op te zoeken en de film nogmaals te beoordelen is gekeken of het inderdaad om realistische waarden gaat of dat het een meetfout betreft. In het laatste geval is de fout hersteld.

In de kansrekening is een lognormale verdeling, een verdeling van een willekeurige variabele, waarvan het logaritme normaal verdeeld is. Als x een willekeurige variabele met een normale verdeling is en y is gelijk aan de exponent van x , dan is y lognormaal verdeeld. Een variabele kan worden gemodelleerd als lognormaal wanneer het kan worden beschouwd als het herhaaldelijk product van vele onafhankelijke random positieve variabelen (Limpert, Stahel, & Abbt, 2001).

Op basis van de gegevens uit de P-Plus padregistratie is bekend hoeveel kilogram totaal uit ieder gefilmd pad is geoogst. Aangezien slechts een half pad gefilmd is wordt het totale gewicht gedeeld door twee. De trossen welke aan het eind van de rij, tegen de zijwand van de kas hangen, worden hierbij verdeeld tussen de beide zijden. Het aantal geoogste trossen per pad is bekend en geregistreerd in 'The Observer XT'. Wanneer de helft van het totale gewicht van de tomaten, welke geoogst zijn uit een betreffend pad, gedeeld wordt door het aantal trossen kan het gemiddeld gewicht per tros bepaald worden.

Tijdens het coderen van de video-opnamen met behulp van 'The Observer XT' is de tijd geregistreerd waarop een medewerker een staander van de kasconstructie passeert. De afstand tussen de staanders bedraagt vijf meter. Door de tijd die een medewerker nodig heeft tussen twee staanders te delen door de afstand tussen de staanders kan een aanname gedaan worden in welke bandbreedtes de gemiddelde snelheden voor oogsten en draaien-dieven liggen.

3.6 Statistiek

Voor de analyse van de data zijn een aantal standaard formules uit Excel gebruikt. Deze zijn te vinden in de Excel-bestanden bij dit verslag. Voor de berekening van het gemiddelde is handmatig formule (1) ingevoerd:

$$\mu = \ln \frac{\bar{x}^2}{\sqrt{s^2 + \bar{x}^2}} \quad (1) \text{ (Claassen et al., 2007)}$$

Waarbij μ het gemiddelde is, $\bar{x}$ het steekproefgemiddelde en s^2 de steekproefvariantie.

Evenals voor het gemiddelde is ook de formule voor de standaarddeviatie handmatig ingevoerd in Excel:

$$\sigma = \sqrt{\ln \frac{s^2}{\mu^2 + 1}} \quad (2) \text{ (Claassen et al., 2007)}$$

Hierin is σ de standaarddeviatie, s^2 de steekproefvariantie en μ het gemiddelde berekend in (1)

De in (1) en (2) berekende constanten worden vervolgens gebruikt voor de berekening van de lognormale verdeling:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3) \text{ (MathWorks, 2009)}$$

Ter controle van deze waarden is vervolgens, met gebruik van de berekende μ en σ , opnieuw het steekproefgemiddelde berekend volgens formule (4):

$$\bar{x} = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

(4) (MathWorks, 2009):

Deze uitkomst is vergeleken met het steekproefgemiddelde wat door de beschrijvende statistiek in de ‘data analysis toolbox’ in Excel berekend is. Eveneens de steekproefvariantie (5) is handmatig ingevoerd ter controle:

$$s^2 = e^{2\mu + \sigma^2} * (e(\sigma^2) - 1)$$

(5) (MathWorks, 2009)

4. Resultaten

Dit hoofdstuk laat de resultaten van het onderzoek zien. In §4.1 zijn de processchema's van de onderzochte handelingen weergegeven en §4.2 beschrijft de resultaten van de analyse van de data.

4.1 Processchema's

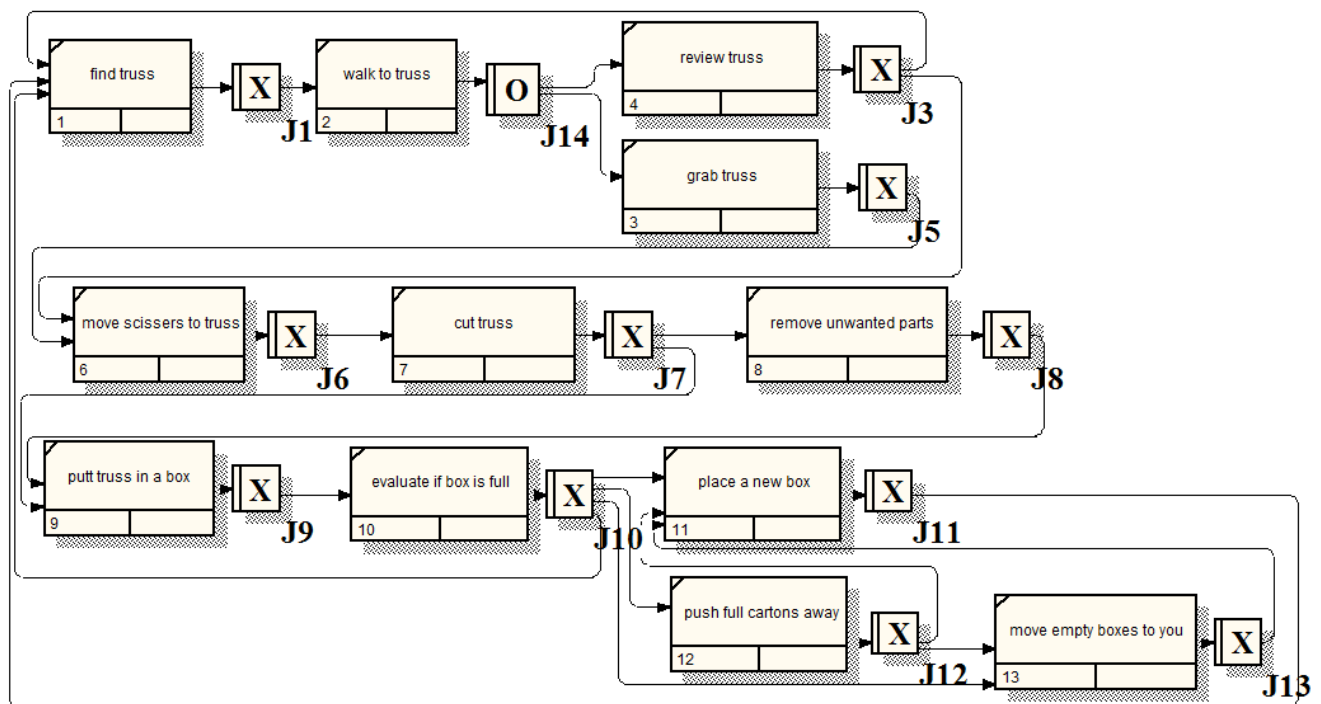
In deze paragraaf worden de processchema's van de handelingen oogsten en draaien-dieven besproken. Deze IDEF3 schema's zijn een verfijning van de schema's die door Van Beveren (2010) zijn gemaakt.

Het doel van deze modellen is in kaart te brengen welke handelingen door medewerkers gedaan worden bij de diverse werkzaamheden. Deze IDEF3 schema's zijn specifiek voor het onderzochte bedrijf door ze te baseren op video-opnamen van diverse medewerkers. Video opnamen die gemaakt zijn tijdens een oriënterend bezoek aan tomatenkwekerij C.G. van Winden zijn gebruikt om de processchema's bij te werken en om te inventariseren op welke punten gelet zal worden tijdens het analyseren van de definitieve video-opnamen.

4.1.1 Oogsten

Bij het oogsten worden de rijpe trossen van de plant losgeknipt en in afzetfust geplaatst. Het oogsten gebeurt met de hand. De trossen worden door de oogster gelijk in de eindverpakking gelegd. Dit zijn kartonnen dozen welke in de kas door de oogstmedewerkers gevuld worden. Nadat het gewicht van het geoogste product in de verwerkingsruimte bepaald is worden de dozen op een gewicht van vijf kilogram gebracht, dat wil zeggen binnen een met de afnemer overeengekomen tolerantie.

Naast de oogstmedewerkers is één medewerker verantwoordelijk voor de aanvoer van lege en de afvoer van volle oogstkarren. Deze medewerker plaatst de lege oogstkarren tevens in de paden welke geoogst dienen te worden. De handelingen van deze (extra) medewerker worden niet meegenomen in het onderstaande IDEF3 schema, omdat in dit onderzoek de nadruk ligt op handelingen in het pad.



Figuur 4 IDEF3 Oogsten – werkzaamheden in het pad

In Figuur 4 is het processchema van het oogsten van tomaten weergegeven. Het schema concentreert zich op de werkzaamheden in het pad. Het proces begint met het zoeken van een tros door de medewerker, vervolgens loopt hij naar deze tros (J1). Wanneer gekeken wordt naar het coderingsschema in Tabel 2 worden acties J1 en J14 gecombineerd tot 'Move to next truss'.

Een tros nader beoordelen (J3) en het vastpakken van een tros (J5) worden in het coderingsschema weergegeven als 'Review truss'. Een tros wordt pas geoogst wanneer alle tomaten van de tros gekleurd zijn (Hendrix, 2000). Omdat het niet voor iedere tros gelijk duidelijk is of deze aan de eisen voldoet om geoogst te worden kan een medewerker besluiten de tros vast te pakken en de tros nader te beoordelen.

Wanneer de tros niet aan de eisen voldoet gaat hij op zoek naar de volgende tros. Voldoet de tros wel aan de eisen beweegt hij de schaar naar de tros (J6) en knipt deze zo dicht mogelijk tegen de stam af (J7). Deze handelingen samen komen in Tabel 1 terug als 'Cut truss'.

Vervolgens worden de slechte tomaten van de tros verwijderd en in een aparte bak op de oogstkar geplaatst. Dit kunnen tomaten zijn welke gescheurd of beschadigd zijn. Tevens wordt de stengel van de tros zo kort mogelijk afgeknipt, in het coderingsschema wordt deze handeling weergegeven als 'Remove unwanted parts'. Hierna wordt de tros in het afzetfust geplaatst.

De medewerker beoordeelt zelf, op basis van ervaring, of de doos vol is en/of een gewicht van 5 kilo bereikt heeft. De oogstkarren zijn niet uitgerust met een weeginrichting. Wanneer dit het geval is zal hij een nieuwe doos pakken en deze, indien mogelijk, bovenop de volle doos plaatsen, in het coderingsschema 'operate box → empty box' bij verplaatsing van een lege doos en 'operate box → full box' bij verplaatsing van een volle doos. Wanneer de stapel dozen zo hoog is dat er geen nieuwe doos meer opgezet kan worden duwt de medewerker de stapel dozen naar voren op de oogstkar (J12), in het coderingsschema wordt dit weergegeven als 'operate box → set of boxes'. Omdat de oogstkar voorzien is van een rollenbaan is er weinig weerstand. De medewerker plaatst vervolgens een lege doos voor de vooruitgeduwde stapel dozen en het proces van dozen stapelen begint opnieuw.

De lege dozen staan bovenop de oogstkar opgestapeld. De medewerker begint met het afstapelen van de voorste stapel dozen. Wanneer deze stapel op is beweegt hij zich naar de zijkant van de oogstkar en duwt een stapel lege dozen naar de voorkant van de oogstkar (J13).

De medewerker voert de oogsthandelingen aan één kant van het pad tegelijk uit. In de ideale situatie kan de medewerker met één oogstkar, één pad tomaten aan beide zijden oogsten.

Een overzicht met omschrijvingen van alle acties tijdens het oogsten is te vinden in bijlage 2.

Wanneer de oogstkar vol is, wordt deze op het middenpad geplaatst en door de vaste medewerker afgevoerd naar de sorteerruimte. In de sorteerruimte worden de dozen gecontroleerd, gewogen en indien nodig op het juiste gewicht gebracht, waarna ze op pallets worden gestapeld, verpakt en naar de koeling worden verplaatst. Vandaaruit verlaten de tomaten het bedrijf. Deze laatste handelingen zijn niet meegenomen in het schema omdat deze geen directe relatie hebben met de gewashandelingen in de kas.

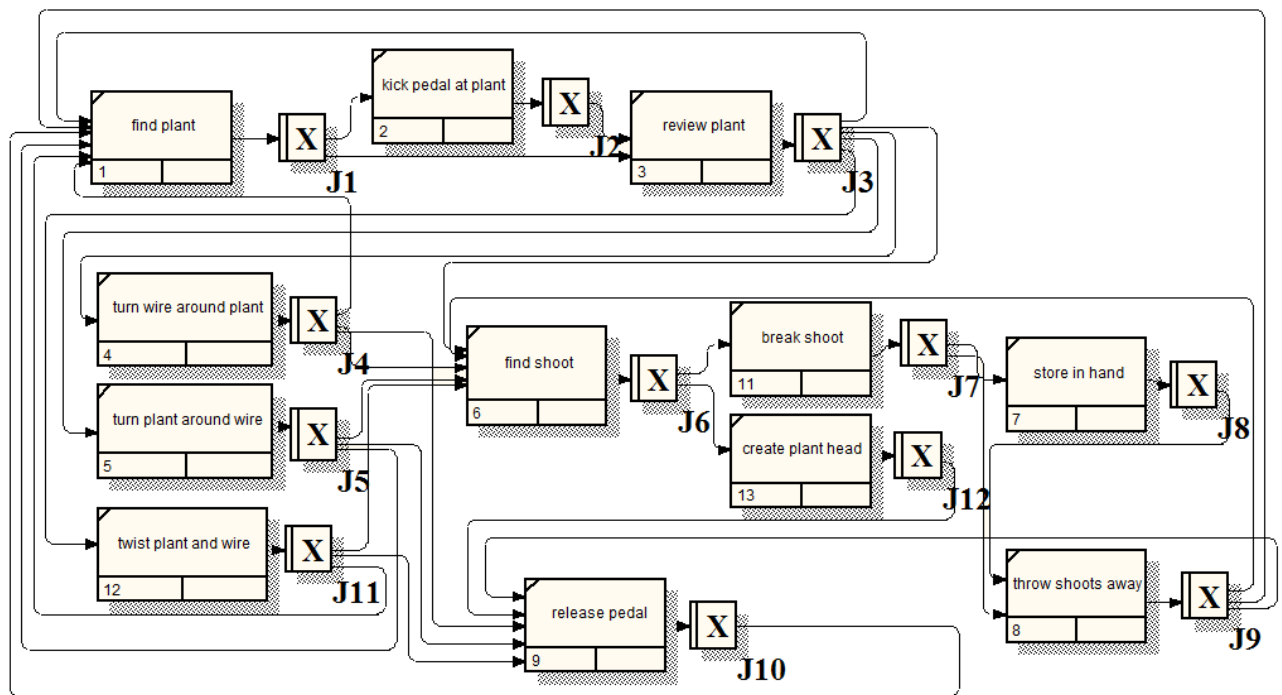
4.1.2 Draaien-dieven

Draaien-dieven is in feite een combinatie van de handelingen draaien en dieven. Omdat beide handelingen aan de kop van de plant worden uitgevoerd worden deze vaak gecombineerd uitgevoerd.

Bij het dieven worden alle uitgelopen okselknoppen verwijderd. Wanneer dit niet gebeurt, ontwikkelt de dief zich tot een nieuwe stengel met bladeren, bloemen en vruchten.

Indraaien wordt gedaan om de tomatenplant naar boven te laten groeien. De tomatenplant wordt geleid rond een draad.

Door het specialistische werk worden deze werkzaamheden vaak uitbesteed aan zelfstandigen zonder personeel die gespecialiseerd zijn in dit werk. Het bedrijf waar de video-opnamen gemaakt zijn is daarop geen uitzondering.



Figuur 5 IDEF3 draaien-dieven

Medewerkers die deze handeling uitvoeren staan op een elektrische buisrailwagen voorzien van hydraulische lift. In dit model wordt er vanuit gegaan dat deze buisrailwagen reeds in het juiste pad staat en op hoogte is gebracht. Het op hoogte brengen van de hydraulische lift is een eenmalige handeling vooraan de rij aangezien alle planten, binnen een kleine range, op dezelfde hoogte hangen. Het op hoogte brengen van de hydraulische lift wordt niet meegenomen in het processchema. Deze actie past beter op een hoger systeem niveau en wordt slechts eenmalig uitgevoerd per pad en neemt zo'n 30 seconden in beslag.

Tevens wordt er vanuit gegaan dat de medewerker de buisrailwagen met een constante snelheid automatisch laat rijden en het pedaal gebruikt om de buisrailwagen te stoppen.

Wanneer de medewerker op hoogte is gaat hij op zoek naar een plant welke ingedraaid dient te worden, zoals weergegeven is in Figuur 5. Wanneer de medewerker bij de betreffende plant aankomt dient hij te besluiten of hij de handelingen aan de plant rijdend kan uitvoeren of dat hij extra tijd nodig heeft. Bij extra tijd dient hij het voetpedaal te bedienen, waardoor de buisrailwagen tot stilstand komt, in het coderingsschema van Tabel 3 Tabel 4 wordt het stilstand in het pad weergegeven met 'Standing in pad in operation'.

In eerste instantie wordt de plant ingedraaid, na het evalueren van de camerabeelden en het onderzoek van Van Beveren (2010) is gebleken dat dit op diverse manieren gedaan kan worden. De medewerker kan de plant rond het touw draaien, het touw rond de plant of een combinatie van beide handelingen gelijktijdig uitvoeren. Na het beoordelen en indraaien van de plant (J4 & J5 & J11), dit wordt weergegeven in Tabel 3 met 'turn wire around plant', 'turn plant around wire' of 'twist plant and wire', dient de medewerker te beoordelen of er dieven aan de plant zitten welke verwijderd dienen te worden. Deze dieven worden met de hand van de plant verwijderd en kunnen direct worden weggegooid of tijdelijk worden bewaard in de handen van de medewerker, in het coderingsschema wordt dit weergegeven als 'store shoot in hand'. Dieven variëren van net uitgelopen okselknoppen (heel klein) tot zijscheuten met één of twee uitgegroeide bladeren, in het coderingsschema wordt deze handeling weergegeven als 'break shoot'.

Wanneer de medewerker hinder heeft van de dieven in de hand, dan gooit de medewerker de dieven op de grond of bewaart deze op de buisrailwagen om deze later onder de goot te gooien, in het coderingsschema wordt dit weergegeven met 'empty hand buffer'.

Na de werkzaamheden aan de plant wordt, indien ingedrukt, het pedaal losgelaten waardoor de buisrailwagen vooruit zal gaan naar de volgende plant, in het coderingsschema van Tabel 4 wordt dit weergegeven als 'moving in path in operation'.

Een beschrijving van alle acties tijdens het draaien-dieven is te vinden in bijlage 3.

4.2 Analyse van de data

Na analyse van de filmbeelden is, met behulp van 'The Observer XT' en Microsoft Excel, de hieruit voortgekomen data geanalyseerd zodat statistische data gegenereerd konden worden welke als input zullen dienen voor het GWorkS-tomato model.

4.3.1 Oogsten

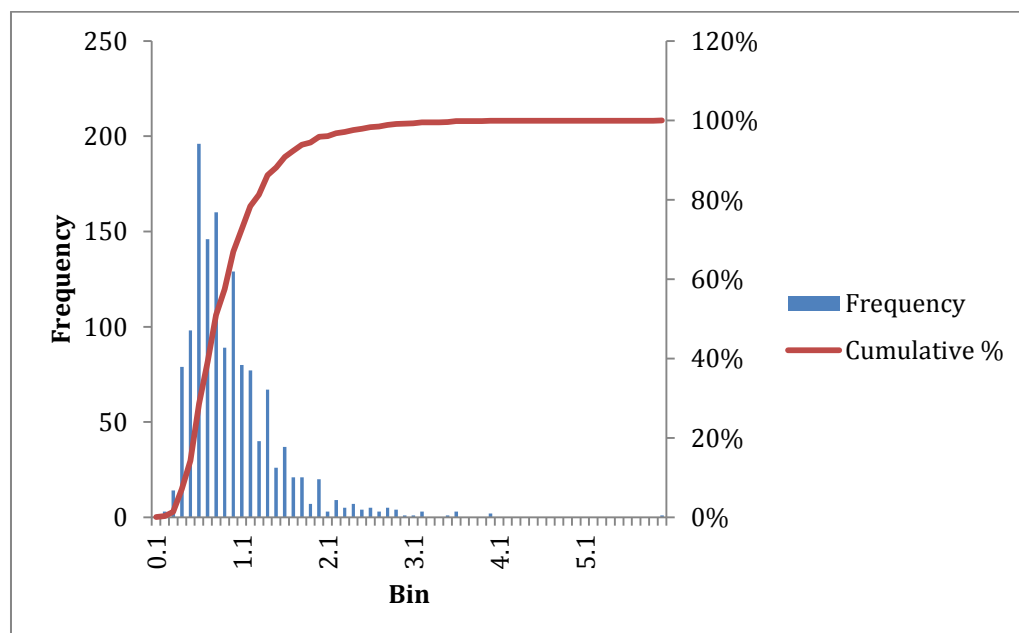
Met behulp van 'The Observer XT' is het mogelijk de handelingstijden van alle individueel geregistreerde handelingen vast te stellen waardoor een aantal statistische waarden vastgesteld kunnen worden. Een overzicht van alle gemiddeldes met bijbehorende standaarddeviatie is te vinden in Tabel 5. In deze tabel zijn enkel handelingen opgenomen welke boven het kritisch aantal van 75 individuele waarnemingen uitkomen.

Tabel 5 Overzicht statistische gegevens oogsten

Gedrag	Steekproefge middelde	Standaard deviatie	Aantal waarnemingen	μ	σ	Minimum (seconde)	Maximum (seconde)
Cut truss	0,96	0,53	1368	-0,17	0,52	0,24	5,92
Remove unwanted parts truss	1,04	0,80	952	-0,19	0,68	0,20	8,04
Review truss	0,84	0,48	87	-0,31	0,53	0,20	2,44
Move to next truss	1,17	0,74	1431	-0,01	0,58	0,08	7,2
Place truss in box	1,09	0,97	1355	-0,21	0,77	0,16	8,6

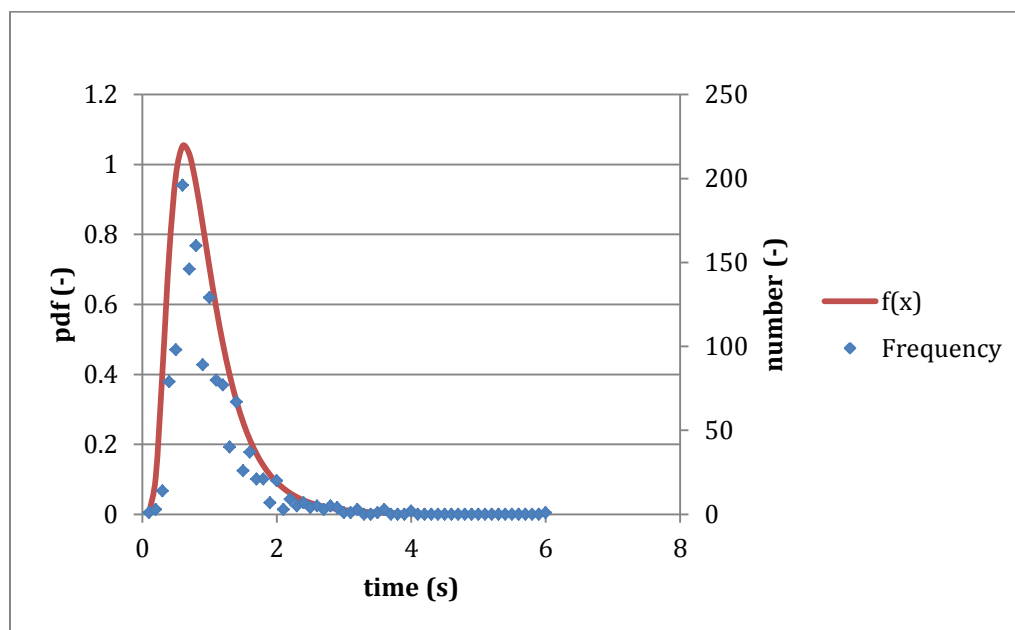
Met behulp van het gemiddelde en standaarddeviatie, welke verkregen zijn uit 'The Observer XT', kunnen de μ (vergelijking (1)) en σ (vergelijking (2)) berekend worden welke als kenmerk dienen voor de lognormale verdeling (vergelijking (3)).

Het resultaat van vergelijking (3) in combinatie met de frequentie van de diverse handelingstijden in de bin-frequentie is voor het knippen van de tros uitgezet in Figuur 6.



Figuur 6 Frequentie van oogsttijden uitgezet tegen het cumulatieve aantal

Wanneer van deze waarden een lognormale verdeling wordt gemaakt, Figuur 7, is te zien dat de maxima van de frequenties binnen de grafiek van de lognormale verdeling passen. Op deze manier kan een indicatie gegeven worden dat de verdeling juist is en dat de handelingstijden van de betreffende handeling lognormaal verdeeld zijn. Dit is eveneens getest door met Matlab enkele keren 1368 trekkingen te doen uit de verdeling van Figuur 7 wat uiteindelijk een vergelijkbare absolute frequentieverdeling als resultaat had.



Figuur 7 Lognormale verdeling van de oogsttijden uitgezet tegen het cumulatieve aantal

Omdat het hier om een steekproefgemiddelde gaat is van alle handelingen, waarvan meer dan 75 individuele waarnemingen zijn geregistreerd, getest of deze lognormaal verdeeld zijn.

Met behulp van vergelijking (4) en vergelijking (5) is vervolgens het steekproefgemiddelde en de steekproefvariantie berekend om te controleren of de lognormale verdeling deze beide kenmerken van de steekproef daadwerkelijk representeert.

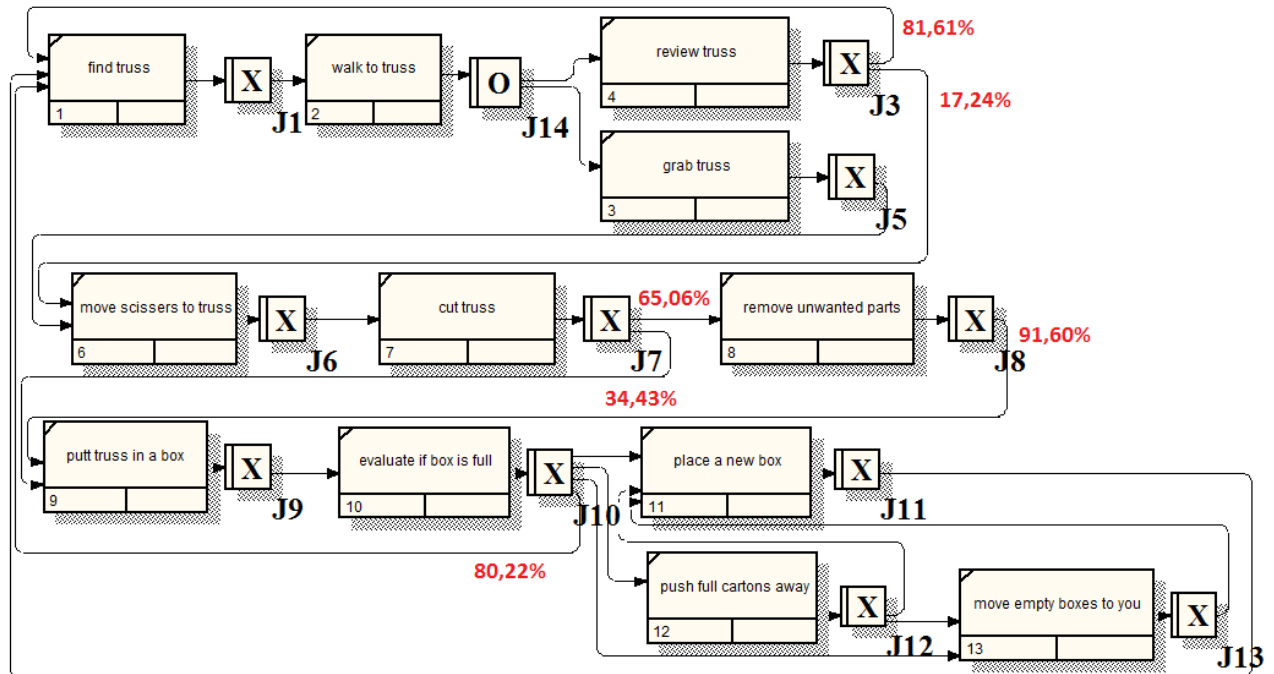
De resultaten van de overige parameters zijn te vinden in Bijlage 5.

In 'The Observer XT' is het mogelijk om van een handeling weer te geven hoe vaak deze wordt opgevolgd door een andere handeling. In een opeenvolgingsanalyse ofwel een 'lag sequential analysis', is te zien met welk percentage een handeling wordt opgevolgd door een specifieke vervolghandeling. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Lag sequentiële analyse bij oogsten

Gedragingen:	Review truss	Cut truss	Remove unwanted parts truss	Place truss in box	Operate box	Move lorry	Move to next truss	prepare lorry
Review truss	0.00%	17.24%	0.00%	0.00%	0.00%	1.15%	81.61%	0.00%
Cut truss	0.00%	0.07%	65.06%	34.43%	0.15%	0.00%	0.29%	0.00%
Remove unwanted parts truss	0.00%	0.00%	0.21%	91.60%	2.21%	0.21%	5.67%	0.00%
Place truss in box	0.30%	0.66%	3.99%	0.00%	11.73%	2.58%	80.22%	0.00%
Operate box	0.00%	2.48%	0.00%	4.13%	21.49%	2.07%	69.83%	0.00%
Move lorry	0.00%	2.27%	0.00%	2.27%	11.36%	0.00%	84.09%	0.00%
Move to next truss	5.80%	93.43%	0.42%	0.07%	0.21%	0.07%	0.00%	0.00%
prepare lorry	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%

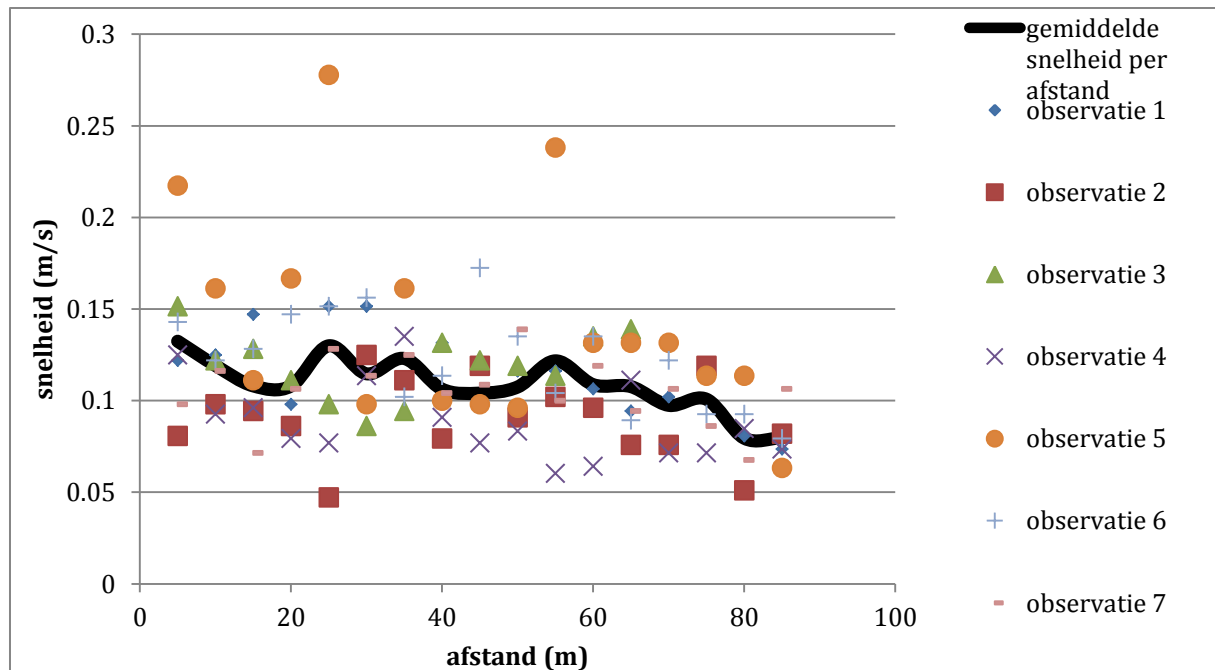
Aangezien het coderingsschema is opgesteld op basis van het IDEF3-schema van het oogsten zijn in Tabel 6 grote overeenkomsten te zien tussen de opvolgende handelingen in het IDEF3-schema van Figuur 4. Zo wordt de handeling 'cut truss' in 65,06 procent van de gevallen opgevolgd door 'remove unwanted parts' en in 34,43 procent door 'place truss in box'. Deze waarden zijn bij elkaar geen 100 procent, de overige handelingen na 'cut truss' komen sporadisch voor en zijn niet gebruikelijk. Daarom zijn deze niet opgenomen in het IDEF3 schema. Figuur 8 geeft overzichtelijk de waarden van de meest voorkomende handelingen in het IDEF3 schema weer.



Figuur 8 IDEF3 schema oogsten – werken in het pad met ingevulde percentages

Een indicatie van de snelheid waarmee gemiddeld het pad doorlopen wordt kan gedaan worden op basis van de tijdsduur die verloopt als een medewerker de afstand tussen twee staanders van de kasconstructie in het pad aflegt. Op basis van alle tussentijden van paalpassage is een gemiddelde snelheid vastgesteld van $0,11 \text{ m s}^{-1}$. Gedurende het hele pad is het verloop van de gemiddelde snelheid in ieder segment te zien in Figuur 9 waarin de verschillende kleuren verschillende medewerkers voorstellen. Per afstand van vijf meter is een gemiddelde snelheid per medewerker berekend. De zwarte lijn stelt het gemiddelde voor van alle medewerkers per afstand van vijf meter.

Uit Figuur 9 blijkt dat de over medewerkers gemiddelde snelheid per kassegment in een bandbreedte tussen $0,08$ en $0,13 \text{ m s}^{-1}$ valt.



Figuur 9 Gemiddelde snelheid van de medewerker tijdens het oogsten

Op basis van de gegevens uit de P-Plus padregistratie is bekend hoeveel kilogram totaal uit ieder gefilmd pad is geoogst, zie Tabel 7. Wanneer van alle waarden het gemiddelde genomen wordt komt men uit op een gemiddeld trossgewicht van 0,84 kilogram.

Tabel 7 Gemiddeld trossgewicht

padnummer	totaal per pad ¹ (kg)	aantal trossen ²	Gemiddeld gewicht per tros (kg)
636	295,56	182	0,811978
646	329,83	192	0,858932
656	306,46	187	0,819412
666	324,85	184	0,882745
676	296,6	175	0,847429
686	321,15	212	0,757429
641	431,36	236	0,913898

^{1.} Data uit P-Plus

^{2.} Data uit 'The Observer XT'

4.3.2 Draaien-dieven

Bij het draaien-dieven worden alle handelingen geregistreerd als 'State Event' behalve 'Empty hand buffer' en 'Pass pole'. Omdat het weggooien van de verzamelde dieven zo snel gaat is het niet relevant hier de tijd van op te nemen.

Het indraaien van de planten kan volgens meerdere methoden gedaan worden, medewerkers gebruiken verschillende methoden door elkaar heen, dit is te zien in Figuur 5. De methoden welke op de films te zien waren zijn: 'turn wire around plant', 'turn plant around wire' en 'twist plant and wire'. Bij deze laatste methode worden zowel het touw om de plant als de plant om het touw gedraaid.

Alle medewerkers welke gefilmd zijn braken, of sneden, de dieven pas af ('break shoot') nadat de plant ingedraaid was.

Met behulp van 'The Observer XT' zijn de handelingstijden van de individueel geregistreerde handelingen van het draaien dieven vastgesteld. Tabel 8 geeft de statistische gegevens na het analyseren van de video-opnamen weer.

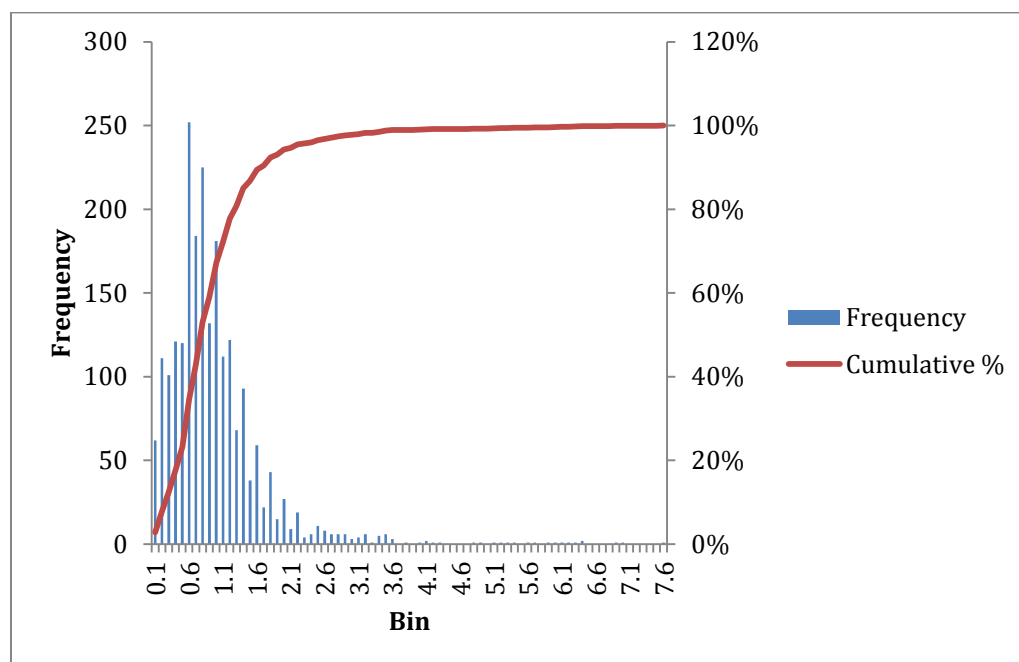
Tabel 8 Overzicht statistische gegevens draaien-dieven

Gedrag	Steekproef Gemiddelde (s)	Standaard deviatie (s)	Aantal waarnemingen	μ	σ	Minimum (s)	Maximum (s)
Turn wire around plant	2,05	1,14	206	0,58	0,52	0,24	7,04
Turn plant around wire	1,50	0,71	1311	0,30	0,45	0,04	7,0
Twist plant and wire	1,69	0,80	198	0,43	0,45	0,12	5,04
Break shoot	0,94	0,76	2215	0,31	0,71	0,04	7,6
Standing in path in operation	2,93	4,95	199	0,04	1,16	0,04	53
Moving in path in operation	13,78	17,21	265	2,15	0,97	0,04	87,64

Wat opvalt in Tabel 9 is het grote verschil tussen de minimum- en maximumwaarden van 'standing in path in operation' en 'moving in path in operation'. Dit is te verklaren doordat medewerkers zoveel mogelijk met een constante snelheid door het pad willen gaan. Wanneer de werkzaamheden niet rijdend uitgevoerd kunnen worden, wordt er gestopt. Vooral wanneer een nieuwe dief wordt opgewaardeerd tot een nieuwe vruchtdragende scheut en deze dief ingedraaid dient te worden, dan is relatief veel tijd benodigd en zal de buisrailwagen gestopt moeten worden. De minimumtijden zijn zo kort omdat medewerkers het pedaal soms intrappen maar de buisrailwagen niet tot stilstand komt. Op de filmbeelden is het intrappen van het pedaal duidelijk te horen maar blijft de buisrailwagen rijden.

Ook bij de andere handelingen vallen erg korte minimumwaarden op, dit komt doordat medewerkers meerdere handelingen tegelijkertijd kunnen uitvoeren en in de gebruikte manier van meten slechts één handeling tegelijk gemeten kan worden.

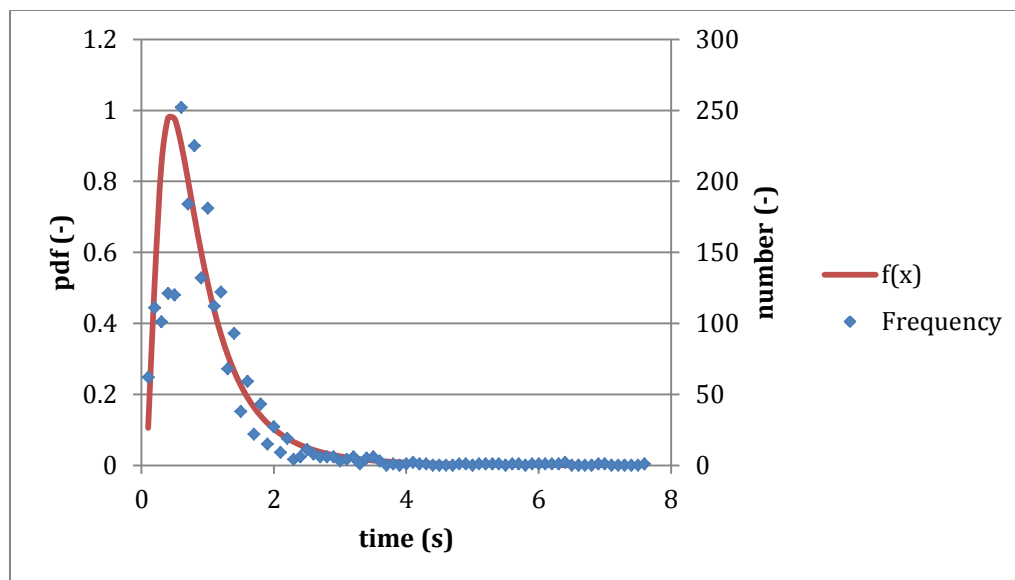
Voor de handelingen waarvan meer dan 75 individuele waarnemingen zijn gedaan is, net als bij de processen van het oogsten, gekeken of de verdeling lognormaal verdeeld zou kunnen zijn. Voor de handeling 'break shoot' is het resultaat van vergelijking (3) in combinatie met de frequentie van de diverse handelingstijden in de bin-frequentie is voor het knippen van de tros uitgezet in Figuur 10.



Figuur 10 Frequentie van het breken van dieven uitgezet tegen het cumulatieve aantal

Wanneer van deze waarden een lognormale verdeling wordt gemaakt, Figuur 11, is te zien dat de maxima van de frequenties binnen de grafiek van de lognormale verdeling passen. Op deze manier kan een indicatie gegeven

worden dat de verdeling juist is en dat de handelingstijden van de betreffende handeling lognormaal verdeeld zijn.



Figuur 11 Lognormale verdeling van het breken van dieven uitgezet tegen het cumulatieve aantal

In Bijlage 6 zijn de grafieken van de overige parameters te vinden.

Voor het gedrag van de medewerker en het gedrag van de buisrailwagen is in Tabel 9 te zien door welke handelingen de voorafgaande handelingen procentueel het meest worden opgevolgd. Hierbij zijn enkel de relevante handelingen weergegeven, de tijd dat de medewerker niet in beeld was is niet meegenomen in deze tabel waardoor niet alle totalen gelijk zijn aan honderd procent.

Tabel 9 Lag sequentiële analyse van draaien-dieven

	turn wire around plant	turn plant around wire	twist plant and wire	break shoot	create new plant head	standing in path in operation	moving in path in operation
Gedragingen:							
turn wire around plant	3.88%	7.77%	0.49%	87.38%	0.00%	-	-
turn plant around wire	0.84%	8.24%	0.76%	90.01%	0.15%	-	-
twist plant and wire	0.51%	2.53%	1.52%	95.45%	0.00%	-	-
break shoot	8.40%	53.14%	8.22%	30.07%	0.05%	-	-
create new plant head	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	-	-
standing in path in operation	-	-	-	-	-	0.00%	100.00%
moving in path in operation	-	-	-	-	-	98.46%	0.00%

Tabel 9 bestaat uit twee delen. Het eerste deel geeft de handelingen van de medewerker aan de plant weer, het tweede deel geeft de verplaatsing van de elektrische buisrailwagen weer.

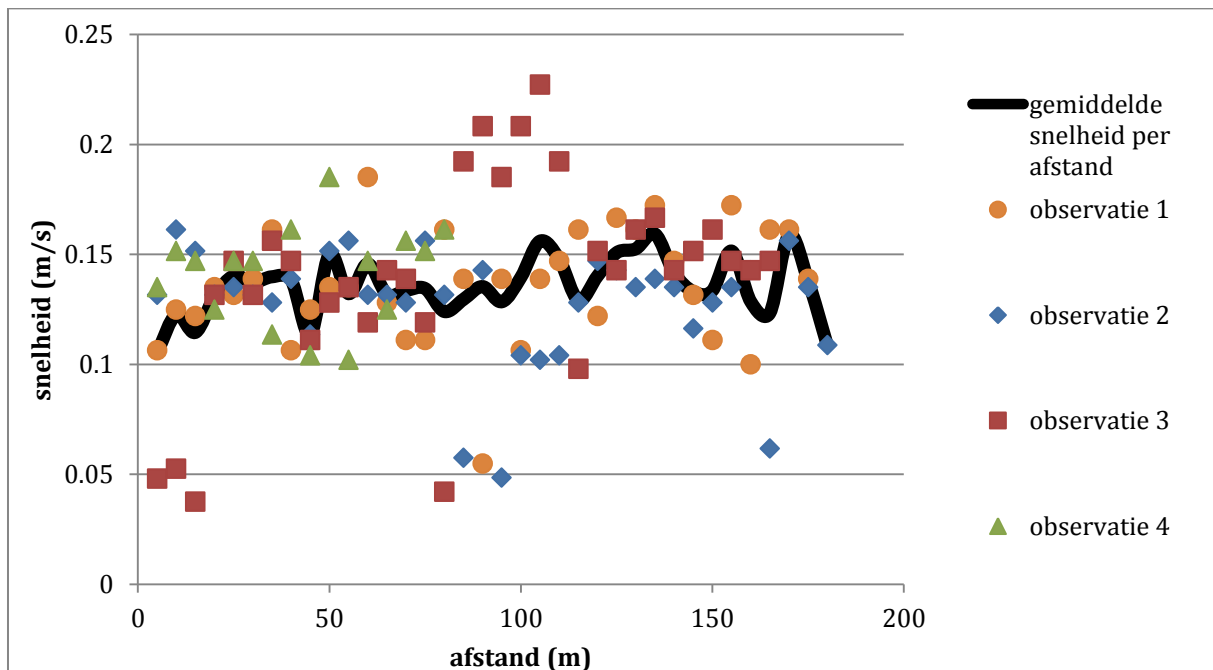
De handeling 'break shoot' wordt in 30,07 procent opgevolgd door 'break shoot', dit wil zeggen dat er aan 30,07 procent van het aantal diefhandelingen wordt opgevolgd door een tweede dief actie aan dezelfde plant. Dit betekent dat maximaal 42% van de planten meerdere dieven verwijderd dienen te worden.

Vanuit alle video opnamen van het draaien-dieven, is de gemiddelde snelheid per afstand van vijf meter berekend door bij het passeren van een staander van de kasconstructie door een medewerker de tijd te registreren, hieruit is een totaalgemiddelde snelheid van $0,14 \text{ m s}^{-1}$ berekend.

Het gemiddelde van alle waarnemingen is per afstand van vijf meter uitgezet in Figuur 12. Deze figuur laat zien dat zowel de maximale snelheid van $0,23 \text{ m s}^{-1}$ per afstand van vijf meter als de minimale snelheid van $0,04 \text{ m s}^{-1}$ per vijf meter gehaald worden in observatie drie.

Wanneer naar de gemiddelde snelheden over de alle observaties gekeken wordt is het grote snelheidsmarge van observatie drie nauwelijks merkbaar.

De gemiddelde afstand per vijf meter van alle waarnemingen samen ligt in een bandbreedte $0,11 \text{ m s}^{-1}$ tot $0,16 \text{ m s}^{-1}$.



Figuur 12 gemiddelde snelheid van een medewerker tijdens het draaien-dieven

5. Discussie

5.1 Literatuur

Padregistratie is volgens het onderzoek van Vermeulen e.a. (2004) in gebruik op 29 van de 61 ondervraagde bedrijven. Het is zeer aannemelijk dat deze data achterhaald is en dat padregistratie tegenwoordig op meerdere bedrijven gebruikt wordt. Hier is geen actueler onderzoek over gevonden, zelfs niet na navraag bij Vermeulen.

Door de verschillende manieren van produceren tussen Israël en Nederland is het onderzoek van Bechar (2007) niet goed bruikbaar om een vergelijking tussen beide resultaten te maken. Zo wordt er in Israël niet met een buisrailsysteem gewerkt waardoor medewerkers met een mand door de rijen gaan en hangen niet alle planten op werkhoogte. Er wordt namelijk niet op goten gekweekt, de planten staan op de grond en tegens laat men de planten niet zakken waardoor een oogstmedewerker zowel op zijn knieën als op een trapje moet om de volledige plant te kunnen oogsten.

Wel is dit onderzoek gebruikt om de onderzoeksmethode aan te scherpen en om een idee te krijgen van de hoeveelheid individuele metingen die nodig zijn om een statistisch correct steekproefgemiddelde te hebben.

5.2 Processchema's

De IDEF3-schema's zijn naar aanleiding van proefopnamen, gemaakt bij trostomatenkwekerij C.G. van Winden te Zevenhuizen, opgesteld en zijn vervolgens besproken met leidinggevende Oscar Snabel van trostomatenkwekerij C.G. van Winden en vervolgens aangepast. Voordat de definitieve video-opnamen gemaakt zijn was door de feedback van Oscar Snabel bekend hoe de handelingen in de gewenste situatie uitgevoerd worden.

Na het maken van de video-opnamen, die gebruikt zijn voor de daadwerkelijke metingen kwamen handelingen aan het licht welke slechts een enkele keer opgevolgd werden door een andere handeling. Deze combinaties zijn niet opgenomen in de IDEF3 schema's, omdat hier geen sprake is van een structurele vervolgactiviteit maar het een vergissing van een medewerker zou kunnen zijn zo is het niet gebruikelijk dat na het oogsten van een tros een medewerker met dozen gaat schuiven alvorens de tros neer te leggen. De medewerker had eerder moeten zien dat de doos vol was en een nieuwe doos moeten plaatsen alvorens een tros te oogsten.

5.3 Parameters

5.3.1 Oogsten

Bij het oogsten van de paden trostomaten bleek het niet mogelijk te zijn twee zijden van het pad te filmen zonder de medewerker te hinderen. Hierdoor zijn de films en bijbehorende metingen aan één zijde van de rij gedaan bij het oogsten. De achterzijde van het pad, waar eveneens planten staan, is om dezelfde reden niet meegenomen bij het registreren van de handelingen. Het gaat hierbij om 1,60 meter aan planten wat niet is meegenomen.

Tomaten welke ongeschikt zijn om in het afzetfust te plaatsen dienen te worden verwijderd van de tros en in een aparte plastic krat op de oogstkar gedeponneerd te worden. Uit analyse van de video-opnamen blijkt dat medewerkers de ongeschikte tomaten eveneens op de grond gooien. De reden hiervoor is waarschijnlijk een tijdsbesparing en een buk-actie welke uit kan blijven. Uit het aantal waarnemingen is te zien dat er niet aan iedere tros ongewenste delen zitten. Zo worden, volgens Tabel 5, 1368 trossen geoogst op de video-opnamen terwijl er bij 952 trossen ongewenste delen verwijderd worden.

Verschillen bij het oogsten zijn te zien in de logistieke afhandeling van volle en lege dozen op de oogstkar waarbij het opvalt dat ervaren medewerkers alle handelingen achter de kar uitvoeren en niet naar de zijkant van de kar hoeven om stapels dozen naar zich toe te schuiven. Opvallend bij de data uit Tabel 5 is de hoge maximumwaarde van 8,6 seconden bij 'place truss in box'. Deze hoge waarde is te verklaren doordat een medewerker de tros welke hij zojuist geoogst heeft in de doos wil plaatsen maar hiervoor eerst de reeds in de doos aanwezige trossen opnieuw moet rangschikken.

Bij het oogsten is in de snelheidsgrafiek, Figuur 9, een dalende lijn te zien vanaf 75 meter. Dit is te verklaren doordat de medewerker van kant, van de oogstkar, moet wisselen. Wanneer bij deze afstand een doos vol is en de medewerker inschat geen nieuwe doos meer vol te kunnen maken voor het einde van de zijde besluit deze naar de andere kant van de oogstkar te gaan en het laatste gedeelte achteruit te oogsten tot het einde van de zijde waarna de achterkant geoogst wordt en vervolgens weer vooruit gewerkt kan worden aan de andere zijde.

Wanneer één oogstkar onvoldoende blijkt te zijn om het complete pad te oogsten wordt bij trostomatenkwekerij C.G. van Winden het pad afgemaakt door een andere medewerker die enkel bezig is met het afmaken van de onvoltooide paden. De medewerker die het pad begon voert in P-Plus in dat hij negentig procent van het totale pad heeft gedaan, zelfs wanneer dit niet het geval is. Het overige gedeelte van het pad wordt later door een andere medewerker afgemaakt. Deze medewerker maakt meerdere paden af met één oogstkar. Zodra deze kar vol is, wordt deze afgevoerd naar de verwerkingsruimte waar alle tomaten van de diverse paden samen gewogen worden. Aan de hand van de tijd welke deze medewerker per pad heeft besteed om de totale oogstkar vol te krijgen wordt een aantal kilogram geoogste trossen geschat. Dit aantal wordt vervolgens met de hand door een leidinggevende ingevoerd in P-Plus waarna de schatting van negentig procent, van de eerste medewerker, wordt bijgesteld tot een reëler percentage op basis van de tijd die door de tweede medewerker in het pad gewerkt is. Het afmaken van deze paden gebeurt door een ervaren medewerker die door inspectie van de trossen ziet tot waar de eerste medewerker geoogst heeft. De opbrengsten van de verzamelkar, de kar waarmee meerdere paden geoogst zijn, wordt op basis van het totaal aantal kg tomaten op de kar en de tijd welke per pad besteed is procentueel verdeeld. Wordt er bijvoorbeeld tien procent van de totale tijd van de verzamelkar in pad A gewerkt zal er in P-Plus ook tien procent van het totaal aantal kg tomaten op de verzamelkar toegewezen worden aan pad A.

Omdat bij het bekijken van de videobeelden is gebleken dat alle medewerkers de kar met hun heup en/of bovenbeen vooruit duwden is de handeling ‘Move lorry’ enkel gestart wanneer er een duidelijke hand op de duw- of trekstang van de oogstkar aanwezig was. Veelal gebeurde dit achteraan de rij, wanneer de medewerker van de voor- naar de achterkant van de kar moet om de oogstwerkzaamheden voort te kunnen zetten. De handeling ‘Prepare lorry’ is enkel gebruikt vooraan het pad, voordat de medewerker begint met oogsten. Omdat iedere medewerker met een andere indeling van de dozen op de oogstkar werkt is het niet mogelijk hier een vaste tijd aan te hangen door onvoldoende individuele waarnemingen.

De aan- en afvoer van oogstkarren naar de verschillende paden zijn niet meegenomen in de berekeningen. Het is namelijk zeer aannemelijk dat deze methode per bedrijf verschillend is. In de in dit verslag besproken situatie stond er reeds in ieder pad een lege oogstkar klaar en diende de medewerker de oogstkar na voltooiën van het pad, of wanneer deze vol was, op het middenpad te zetten.

Tevens valt het op dat er bij de paden waarin geoogst is maar 85 meter aan pad wordt gescoord in ‘The Observer XT’ terwijl dit in werkelijkheid 91 meter is. Dit is te verklaren vanwege het feit dat er na één meter in het pad een staander staat waardoor de eerste meter niet meegerekend is. De andere vijf meter is de afstand vanaf de laatste staander tot aan de achterkant van de rij en tevens de kas. Omdat hier geen staander gepasseerd wordt is hier de actie ‘Pass pole’ niet gescoord.

Opvallend in de gemiddelde snelheidsgrafiek van het oogsten, Figuur 9, is het dal aan het eind van de grafiek. Dit dal is te verklaren door het feit dat de medewerker achteraan in de rij komt en een deel van beide zijkanten en de achterkant bewerkt. Hierdoor staat de medewerker in de meeste gevallen enige tijd stil.

Bij het oogsten bleken alle verdelingen lognormaal verdeeld te zijn. Bij de handeling ‘move to next truss’ is de minimumtijd van 0,08 seconde erg kort. Na het terugkijken van de video-opnamen is gebleken dat de betreffende medewerker met beide handen verschillende handelingen uitvoert. Zo wordt met de ene hand de tros weggelegd in de doos terwijl de medewerker reeds met zijn andere hand naar de volgende tros beweegt. Deze korte tijd had voorkomen kunnen worden door de handelingen per hand te registreren. Het coderen van de films had hiermee wel meer tijd in beslag genomen.

Opvallend in Tabel 7 is het lage trosgewicht dat in het pad met padnummer 686 behaald wordt. In dit pad worden op de filmbeelden wel een bovengemiddeld aantal trossen geoogst. Een mogelijke onnauwkeurigheid kan zitten in het toewijzen van het aantal kilo’s dat de tweede medewerker heeft geoogst in dit pad of een onregelmatige verdeling van de trossen tussen de linker- en rechterhelft van het pad. Helaas zijn er slechts video-opnamen van een half pad gemaakt waardoor de oorzaak van dit gemiddeld lage trosgewicht niet gevonden kan worden.

5.3.2 Draaien-dieven

Bij het draaien-dieven is gekozen om te filmen in de rij naast het pad waarin de medewerker bezig was met zijn werkzaamheden. Hierdoor is het bij draaien-dieven wel mogelijk een compleet pad te filmen.

De gefilmde paden zijn 96 meter lang, bij het filmen van de heen- en terugweg zou er in totaal 192 meter afgelegd moeten zijn. In ‘The Observer XT’ is echter maar 180 meter gescoord. Dit verschil van twaalf meter is gelijk aan twee maal zes meter per kant.

Omdat er pas na één meter in het pad een staander staat is de eerste meter van het pad niet meegenomen. Ook de laatste vijf meter is niet meegenomen aangezien achteraan het pad geen staander staat maar dit de achterzijde van de kas betreft.

Bij het draaien-dieven werd de handeling 'turn plant around wire' met 1311 keer vaker uitgevoerd dan de handelingen 'turn wire around plant' met 206 keer en 'twist plant and wire' met 198 keer, Tabel 8. Opvallend na het scoren van de video-opnamen is dat de handelingen 'twist plant and wire' en 'turn wire around plant' enkel uitgevoerd wordt wanneer er een groot deel van de stengel ingedraaid moet worden. Dit blijkt ook uit de korte tijd welke een medewerker nodig heeft voor de actie 'turn plant around wire'.

Evenals bij het oogsten was het nauwkeuriger geweest om de handelingen van iedere hand van de medewerker individueel te registreren. Ervaren medewerkers halen met twee handen tegelijk dieven weg wat de korte tijd van 0,04 seconde verklaart bij 'break shoot' in Tabel 8. Grote dieven dienen met een mes weggesneden te worden omdat de kans dat de hoofdstengel beschadigd aanzienlijk is. In de praktijk wordt dit niet door alle medewerkers zo gedaan, waarschijnlijk omdat het weghalen van een dief met een mes meer tijd kost.

Tabel 9 laat de opvolgende handeling van een voorafgaande handeling bij het draaien-dieven zien. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen handelingen van de medewerker aan de plant en handelingen van de medewerker aan de elektrische buisrailwagen. Bij de handelingen aan de buisrailwagen valt op dat de handeling 'moving in path in operation' in de tabel slechts in 98,46 procent van de gevallen wordt opgevolgd door 'standing in path in operation'. Dit is te verklaren doordat de handeling 'moving in path in operation' bij de meeste video-opnamen de laatste geregistreerde handeling is van de film is en hierdoor de opvolger niet bekend is.

In 'The Observer XT' wordt daarom een extra kolom aan de tabel toegevoegd genaamd 'Y0'. Om onduidelijkheden te voorkomen is ervoor gekozen deze kolom weg te laten in de gepresenteerde data in Tabel 9.

Opvallend in de gemiddelde snelheidsgrafiek van het draaien-dieven, Figuur 12, is het dal dat te zien is bij het draaien-dieven halverwege de grafiek. Het gaat hier om het moment dat de achterzijde van het pad bereikt wordt. Omdat hier vanaf één positie een deel van beide zijanten en de achterkant bewerkt kan worden staat de medewerker in de meeste gevallen enige tijd stil.

6. Conclusie

6.1 Processchema's

Van twee van de drie meest arbeidsintensieve handelingen (Van Beveren 2010) zijn in dit onderzoek de IDEF3-modellen opgesteld, Figuur 4 en Figuur 5, tot op het niveau van basale handelingen waarmee de eerste deelvraag van dit onderzoek beantwoord wordt. Het gaat hierbij om, twee complexe handelingen, oogsten en draaien-dieven. Na analyse van de video-opnamen met 'The Observer XT' bleken de IDEF3-modellen zeer goed overeen te komen met de werkelijkheid qua handelingsvolgorde.

Dit wordt bevestigd door de beide 'lag sequentiële analyse' tabellen (Tabel 6 en Tabel 9) waarin de meest logische opvolgende handeling worden vermeld.

6.2 Parameters

6.2.1 Oogsten

Bij het oogsten valt op dat de handelingen door iedere medewerker op dezelfde manier worden uitgevoerd bij het losknippen van de tros tot aan het in de doos leggen van de tros.

Tabel 6, welke de lag sequentiële handelingen van het oogsten weergeeft, laat zien dat wanneer een medewerker zich naar een volgende tros beweegt deze in 93,43 procent van de gevallen direct geoogst wordt zonder verdere beoordeling. Wanneer een tros wel nader bekeken dient te worden, wordt in 81,61 procent van de gevallen een tros niet geoogst nadat deze nader bekeken is door de medewerker. Dit geeft aan dat medewerkers daadwerkelijk twijfelen of een tros geoogst moet worden wanneer zij deze nader bekijken. Hierbij valt op dat minder ervaren medewerkers vaker een tros moeten evalueren door deze vast te pakken om alle zijden te kunnen bekijken. Wanneer een tros geoogst is dienen in 65,06 procent van de gevallen ongewenste delen verwijderd te worden, hierna wordt de tros in 91,60 procent van de gevallen in een doos gelegd. Sporadisch wordt met de tros in de hand dozen gemanipuleerd of al naar een volgende tros bewogen.

De tweede deelvraag van dit onderzoek: 'Wat zijn de kenmerken en frequentiedistributies van de handelingstijden?' kan voor oogsten beantwoordt worden door Tabel 5. Hierbij valt op dat alle onderzochte handelingen lognormaal verdeeld zijn.

De gemiddelde snelheid tussen de staanders van de kasconstructie past in een bandbreedte tussen 0,08 en 0,13 meter per seconde. Deze schatting van de snelheid is gebaseerd op video-opnamen van een half pad.

Door het combineren van data uit 'The Observer XT' en P-Plus is een gemiddeld trosgewicht van 0,84 kilogram gevonden.

6.2.2 Draaien-dieven

Bij het draaien-dieven bestaan verschillen tussen de manier waarop medewerkers handelingen uitvoeren. Omdat het mogelijk is de plant om het touw, het touw om de plant of een combinatie van beiden gelijktijdig uit te voeren. Na analyse van de video-opnamen is gebleken dat wanneer een lang stuk stengel ingedraaid dient te worden vaak het touw om deze stengel gedraaid wordt en dat bij een korte stengel, deze meestal om het touw gedraaid wordt.

Voor het draaien-dieven kan de tweede deelvraag van dit onderzoek beantwoordt worden door Tabel 8. Evenals bij het oogsten zijn alle onderzochte handelingen lognormaal verdeeld. Doordat het optimaal is voor medewerkers om met constante snelheid door het pad te rijden en handelingen uit te voeren aan het gewas is de maximumwaarde van 'moving in path in operation' 87,64 s.

Tabel 9 laat de opvolgende handeling van een voorafgaande handeling zien, in honderd procent van de gevallen wordt de handeling 'standing in path in operation' opgevolgd door 'moving in path in operation' en omgekeerd. 'Turn wire around plant' komt met 1311 waarnemingen het meest voor van de drie technieken om een plant om een draad te binden en duurt gemiddeld 1,50 seconde.

Aan meer dan 87 procent van de planten welke ingedraaid zijn dienen één of meerdere dieven verwijderd te worden. Aan 42 procent van de planten zelfs meer dan één dief.

Door de gemiddelde snelheden van alle observaties met elkaar in een grafiek te zetten, Figuur 12, is gebleken dat de gemiddelde snelheid in een bandbreedte ligt tussen $0,08 \text{ m s}^{-1}$ en $0,16 \text{ m s}^{-1}$. De gemiddelde snelheid in het pad ligt bij oogsten ($0,11 \text{ m s}^{-1}$) iets lager dan bij draaien dieven ($0,14 \text{ m s}^{-1}$).

6.3 Hoofdvraag

De hoofdvraag van dit onderzoek luidde: ‘Welke inzichten kunnen videobeelden van de gewashandelingsprocessen oogsten en draaien-dieven binnen de moderne trostomatenteelt en de verwerking van deze beelden opleveren voor validatie van het GWorkS-tomato model tot op handelingsniveau?’.

Na analyse van de video-opnamen kan van de meest voorkomende handelingen gesteld worden dat deze lognormaal verdeeld zijn. Doordat aan deze handelingen een lognormale verdeling met bijbehorende gemiddelde en standaardafwijking kan worden gekoppeld is dit een input voor validatie van het GWorkS-tomato model.

Literatuur

- Bechar, A., Yosef, S., Netanyahu, S., & Edan, Y. (2007). Improvement of work methods in tomato greenhouses using simulation. *Transactions of the ASABE*, 50(2), 331-338.
- Claassen, G.D.H., Hendriks, T.H.B., & Hendrix, E.M.T. (2007). *Decision Science : theory and applications*. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers., 443-460
- De Bakker, E., Frouws, J., Jongeneel, R., & Slangen, E. (2004). 'Als je te snel rijdt, weet je ook dat het niet mag' : illegale arbeid in de Westlandse glastuinbouw. Wageningen: Wetenschapswinkel Wageningen UR.
- Dorador, J.M., & Young, R.I.M. (2000). Application of IDEF0, IDEF3 and UML methodologies in the creation of information models. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13(5), 430 - 445.
- Hendrix, A.T.M. (2000). *De oogst en de verwerking van tomaten* Wageningen: Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Hendrix, A.T.M., Looije, A.A., & van der Schilden, M. (2000). *Waarnemings- en vastlegtechnieken in de arbeidskunde : intern rapport*. Wageningen: Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- Heuvelink, E. (2005). *Tomatoes*. Wallingford CABI Publishing.
- Huang, C.-C., & Kusiak, A. (1998). Manufacturing control with a push-pull approach. *International Journal of Production Research*, 36(1), 251 - 276.
- Limpert, E., Stahel, W.A., & Abbt, M. (2001). Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues. *BioScience*, 51(5), 341-352.
- MathWorks (2009). Lognormal distribution. Distribution reference. Statistics toolbox™
- Mayer, R.J., Menzel C.P., Painter, M. K., Witte, P. S. d., Blinn, T. & Perakath, B. (1995). Information integration for concurrent engineering (IICE). IDEF3 process description capture method report, 236 p.
- Ooster, A.v.t. (2008). *Systematic design of automated sustainable horticultural production systems*.
- Oude Vrielink, H.H.E., Lemmen, N., Looije, A.A.J., & Vermeulen, P. (2006). Innovaties in de glasgroenteteelt : vergelijking van verschillende methoden voor het laten zakken van tomatenplanten = Innovations in horticulture : comparison of different working methods for lowering of tomato plants. In rapport Agrotechnology & Food Sciences Group; 732; 44p. Wageningen: Agrotechnology & Food Sciences Group.
- Palmer, K.T. (1996). Musculoskeletal Problems in the Tomato Growing Industry: 'Tomato Trainer's Shoulder'? *Occupational Medicine*, 46(6), 428-431.
- Pekkeriet, E.J., de Jonge, J., & Bruins, M.A. (2007). Work is gaming : work-life balance in de glastuinbouw van 2030. In Rapport / InnovatieNetwerk; nr. 072.163; 89 p. Utrecht: InnovatieNetwerk.
- Van Beveren, P.J.M. (2010). *Bedrijfsprocesanalyse bij moderne tomatenteeltbedrijven*. Bachelorthesis / Agrotechnology & Food Sciences Group.
- Van Henten, E.J. (2006). Greenhouse mechanization: State of the art and future perspective, *Acta Horticulturae*, (ISHS) 710, 55-70.
- Vermeulen, P.C.M., van der Lans, C.J.M., & de Buck, A.J. (2004). *Personeelsmanagement en imago in de glastuinbouw*. 103 p. Naaldwijk: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit Glastuinbouw.
- Verspecht, A., Van Lierde, D., & Van den Bossche, A. (2003). *Arbeidsproblematiek in de Vlaamse glastuinbouw*. Brussel: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Centrum voor Landbouweconomie.

Woerden, S.C.v. (2005). Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw. Groenten - Snijbloemen - Potplanten, 2005-2006.

Bezocht websites

CROPS. (2011). Crops Homepage, Laatst bezocht: 06-05-2011, www.crops-robots.eu.

Priva. (2011), Kostenbesparende bladplukrobot, Laatst bezocht: 06-05-2011, <http://www.priva.nl/nl/ontdek-priva/inspiratie/2010/kostenbesparende-bladplukrobot>.

Contactgegevens bezocht bedrijf

C.G. van Winden B.V.
Knibbelweg 9d
2761 JB Zevenhuizen (Z-H)

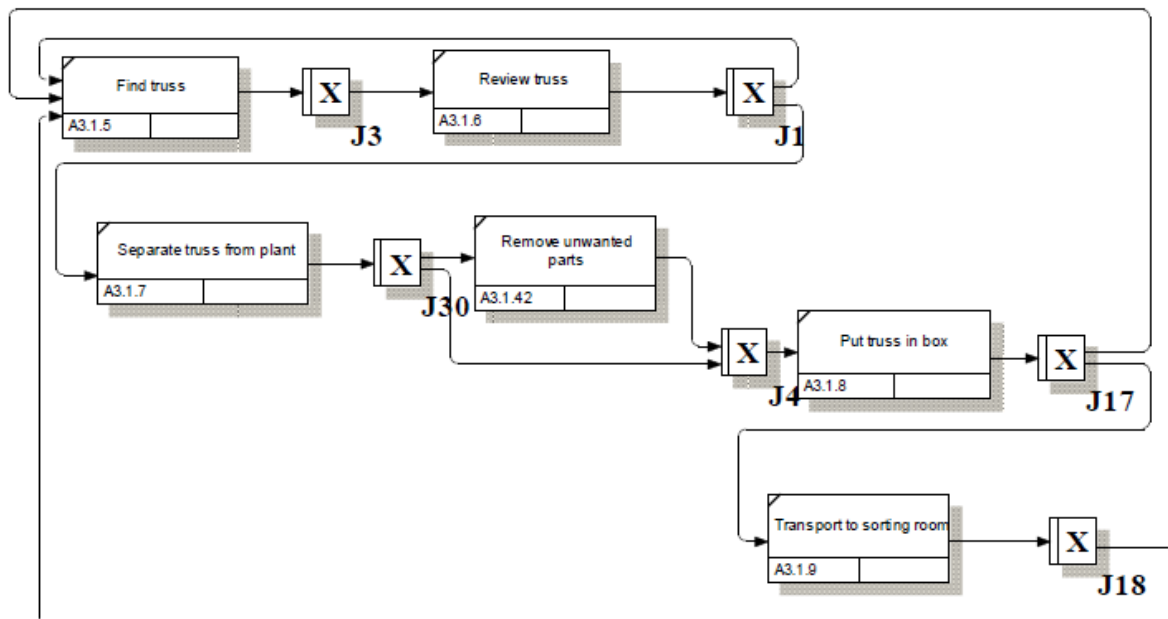
Contactpersoon: Oscar Snabel

Bijlagen

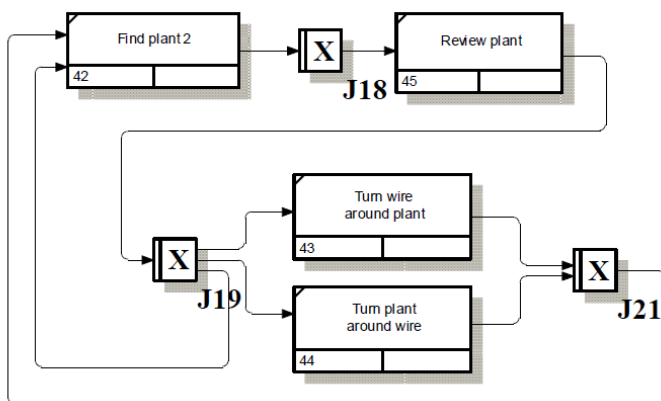
Bijlage 1 IDEF3 schema's Van Beveren (Van Beveren 2010)

Onderstaande schema's zijn gevormd naar aanleiding van een bezoek aan twee trostomatenkwekerijen in Nederland welke op moderne wijze trostomaten produceren. Na gesprekken met leidinggevenden van deze bedrijven zijn door Van Beveren onderstaande modellen opgesteld. Hierbij beslaat het model in Figuur 1 Figuur 13 het totale oogstproces.

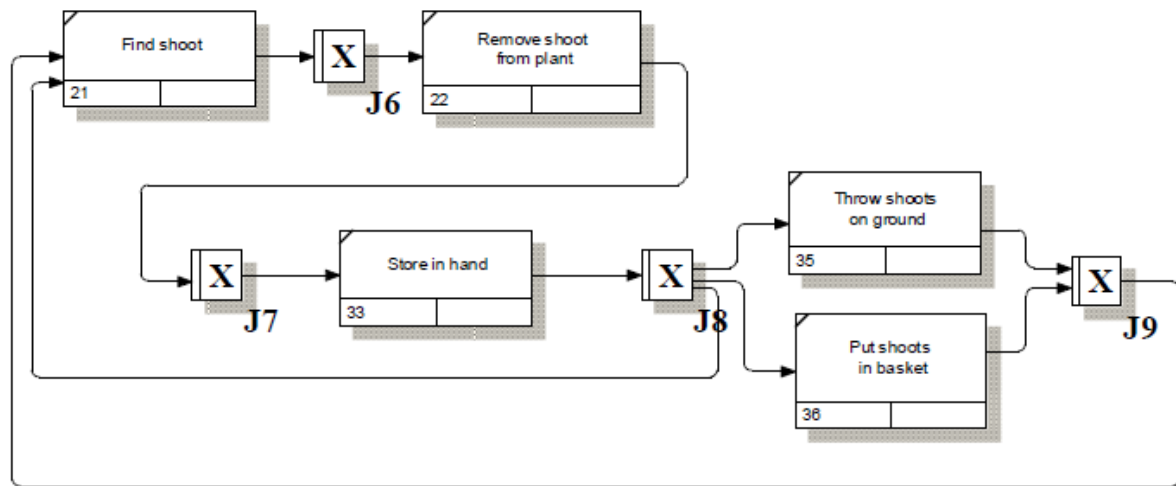
De processen in de modellen in Figuur 14 en Figuur 15 worden tegelijkertijd uitgevoerd, daarom is de basis van deze modellen gebruikt voor één model van dit verslag wat beide processen beschrijft.



Figuur 13 IDEF3 Oogsten



Figuur 14 IDEF3 Draaien



Figuur 15 IDEF3 Dieven

Bijlage 2 acties met beschrijving tijdens het oogsten.

Tabel 10 acties in IDEF-3 tijdens het oogsten

Name	Definition
cut truss against strain	De tros wordt zo dicht mogelijk tegen de stam aan afgeknipt.
evaluate if box is full	Na het neerleggen van een tros beoordeelt de medewerker of een doos vol is en/of 5 kilo tomaten bevat of dat er nog één, of meerdere, trossen bijgeplaatst kunnen worden.
find truss	Actie waarin de medewerker kijkt naar de eerstvolgende tros welke aan de eisen van een te oogsten tros zou kunnen voldoen.
grab truss for review	Wanneer een nadere beoordeling van de tros noodzakelijk is, pakt de medewerker deze vast om alle zijden van de tros te bekijken.
grab truss with one hand	Wanneer een tros aan de eisen voldoet om geoogst te worden pakt de medewerker deze vast met één hand.
move empty boxes to you	Wanneer de stapel lege dozen boven op de oogstkar, op is, dan gaat de medewerker naar de zijkant van de oogstkar om een nieuwe stapel dozen naar voren te schuiven.
move scissors to truss	De medewerker beweegt zijn andere hand, met de schaar, naar de tros toe.
place a new box	Het plaatsen van een nieuwe lege doos bovenop een volle doos of begin een nieuwe stapel.
push full cartons away	Wanneer een stapel dozen zo hoog is dat hier geen nieuwe doos meer op kan, worden de dozen door de medewerker naar voren geduwd over de rollenbaan van de kar.
put truss in a box	De geoogste tros wordt in een doos gelegd welke reeds op de oogstkar staat.
remove unwanted parts	Mochten er tomaten aan de tros zitten welke niet aan de eisen voldoen worden deze door de oogstmedewerker verwijderd. De ongewenste delen worden in een plastic bak onder de volle dozen geplaatst. De plaatsing van deze bak wordt aangegeven in Figuur 16. Tevens knipt de medewerker het steeltje van de tros zo dicht mogelijk bij de eerste tomaat af.
review truss	Beoordelen of een tros voldoet aan alle eisen om geoogst te worden.
walk to truss	Het lopen van de medewerker naar de dichtstbijzijnde tros welke aan de verwachting lijkt te voldoen om geoogst te worden



Figuur 16 plaatsing van de plastic bak voor ongewenste delen op de oogstkar

Bijlage 3 acties met beschrijving tijdens het draaien-dieven

Tabel 11 acties in IDEF-3 tijdens het draaien-dieven

Name	Definition
break shoot	Het daadwerkelijk afbreken van de dieven van de plant.
find plant	Actie waarin de medewerker kijkt naar de eerstvolgende plant welke ingedraaid en/of gedieft dient te worden.
find shoot	De medewerker beoordeelt of een plant één of meerdere dieven heeft welke verwijderd dienen te worden.
kick pedal at plant	Wanneer de medewerker meer tijd nodig heeft om de werkzaamheden aan de plant te verrichten kan deze het pedaal intrappen waardoor de buisrailwagen tot stilstand komt vanaf zijn vaste snelheid.
release pedal	Om de buisrailwagen weer in beweging te zetten laat de medewerker het pedaal op de buisrailwagen los.
review plant	De medewerker beoordeelt of er inderdaad werkzaamheden zijn aan de betreffende plant.
store in hand	De medewerker bewaart de verwijderde dieven in zijn hand.
throw shoots away	Wanneer de hand van de medewerker vol is of wanneer hij de dieven in de hand als hinderlijk ervaart, dan gooit deze de dieven weg. Dit kan zowel op de buisrailwagen als onder de goot zijn.
turn plant around wire	Draai de plant om het touw heen waaraan deze hangt in de kas.
turn wire around plant	Draai het touw, waaraan de plant hangt, om de plant heen.
twist plant and wire	Een combinatie van het draaien van de plant en het draaien van het touw tegelijkertijd.

Bijlage 4 Gegevens opgenomen video's

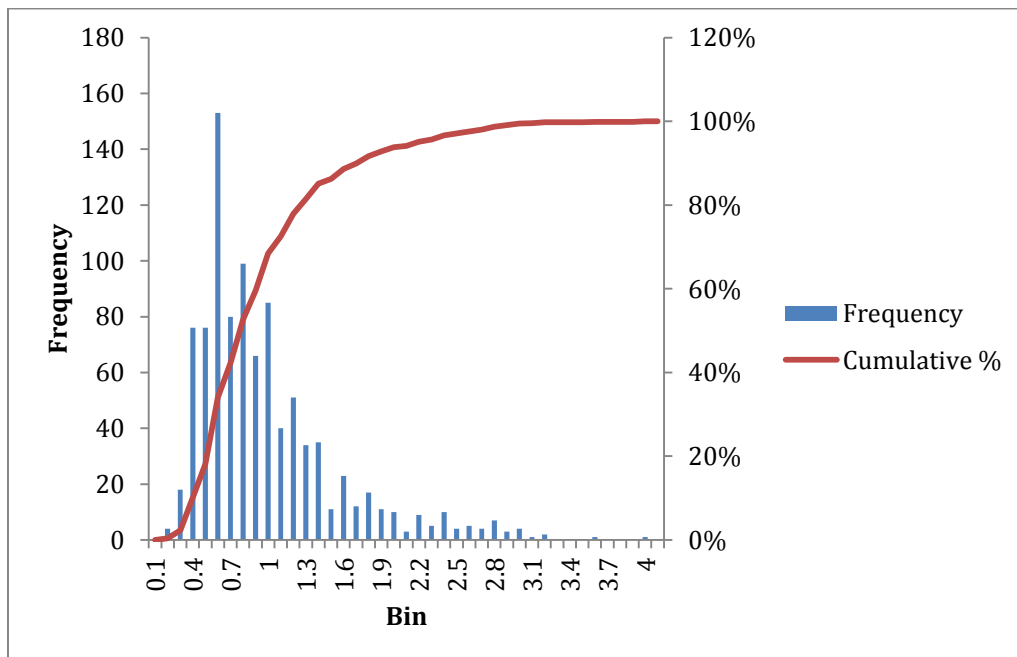
Om de analyse van de filmbeelden gestructureerd uit te voeren is onderstaande tabel gebruikt. De tijd kolom in deze tabel geeft als eerste de duur van de film aan gevolgd door de klok tijd van afsluiting van de film.

Tabel 12 Gegevens opgenomen video's

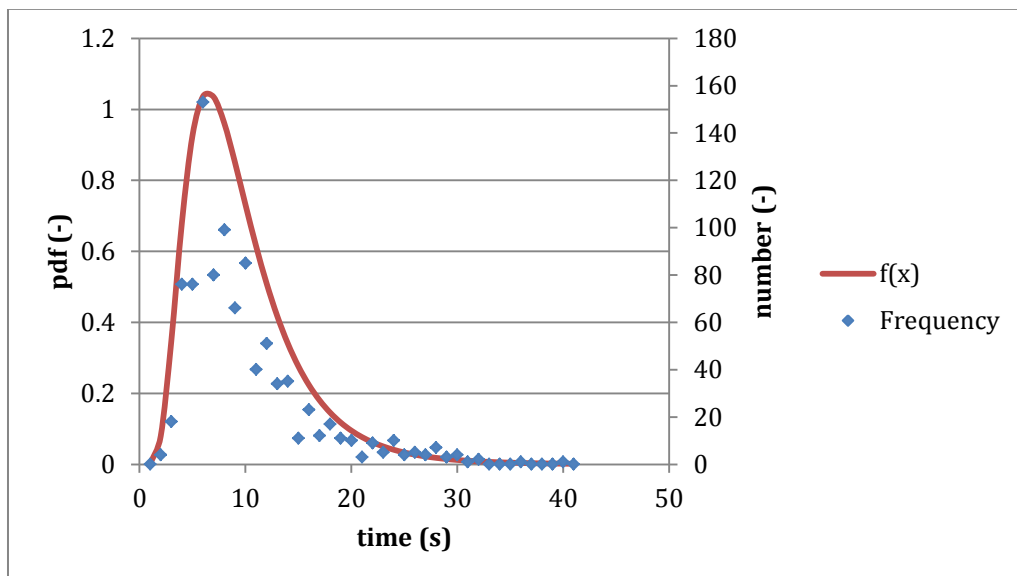
Movie	Description	Processes	Recording Duration/Time mm:ss/hh:mm	Observer XT Processed
M2U0069	Pad 636, 26-05-11 W1	Oogsten	15.12 / 08:35	y
M2U0070	Pad 646, 26-05-11 W2	Oogsten	19.08 / 09:05	y
M2U0071	Pad 656 (voor de pauze), 26-05-11 W3	Oogsten	10.47 / 09.28	y
M2U0072	Pad 656 vervolg (na de pauze), 26-05-11 W3	Oogsten	3.16 / 09.49	y
M2U0073	Pad 666, 26-05-11, W4	Oogsten	19.42 / 10.26	y
M2U0074	Pad 676, 26-05-11, W5	Oogsten	12.47 / 10.46	y
M2U0076	Pad 686, 26-05-11, W6	Oogsten	13.33 / 11.25	y
M2U0077	26-05-11, W7	Draaien/dieven	22.41 / 12.57	y
M2U0078	26-05-11, W7	Draaien/dieven	25.42 / 13.24	y
M2U0079	26,05-11, W8	Draaien/dieven	24.29 / 13.52	y
M2U0080	26-05-11, W9	Draaien/dieven	11.54 / 14.24	y
M2U0082	Pad 641, 01-06-11, W6	oogsten	15.48 / 10.11	y
M2U0083	Pad 725, 01-06-11 W10	bladbreken	15.44 / 10.41	y
M2U0084	Pad 744, 01-06-11 W11	bladbreken	15.26 / 11.16	y
M2U0086	Pad 761, 01-06-11 W12	bladbreken	16.12 / 11.40	y

Bijlage 5 Resultaten handelingen oogsten

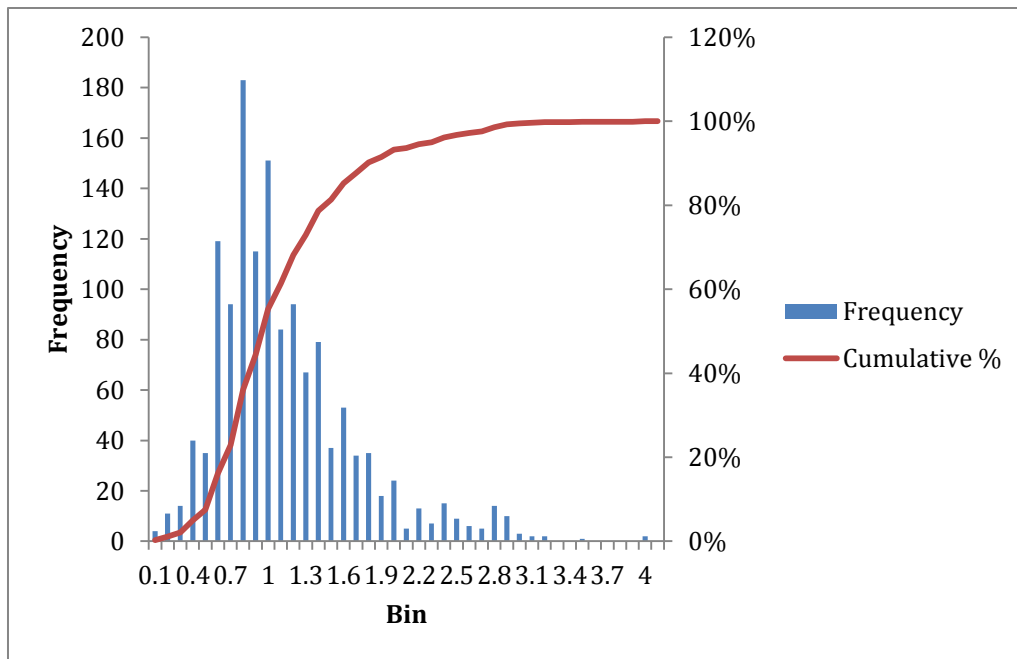
Naast de handeling ‘cut truss’ zijn ook van de andere handelingen tijdens het oogsten grafieken gemaakt om aan te tonen dat het hier om een lognormale verdeling gaat.



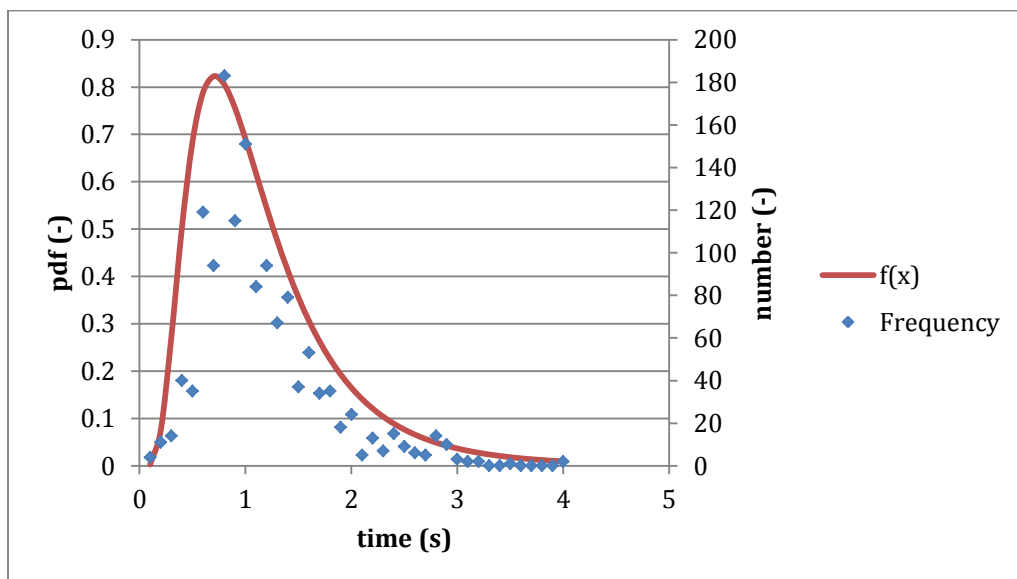
Figuur 17 Frequentie van het verwijderen van ongewenste delen van de tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



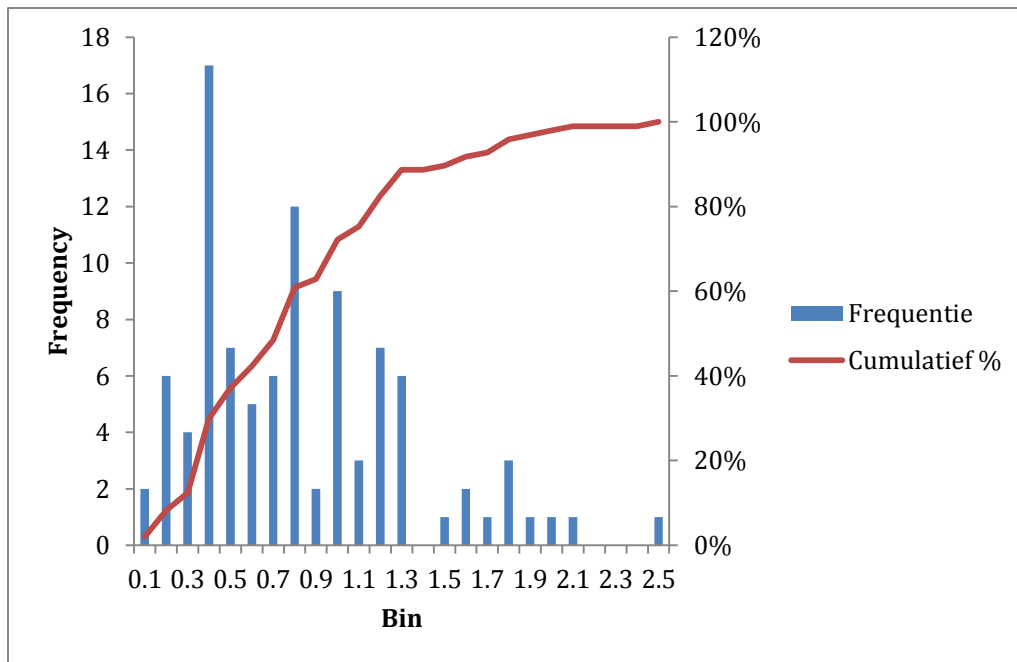
Figuur 18 Lognormale verdeling van het verwijderen van ongewenste delen van de tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



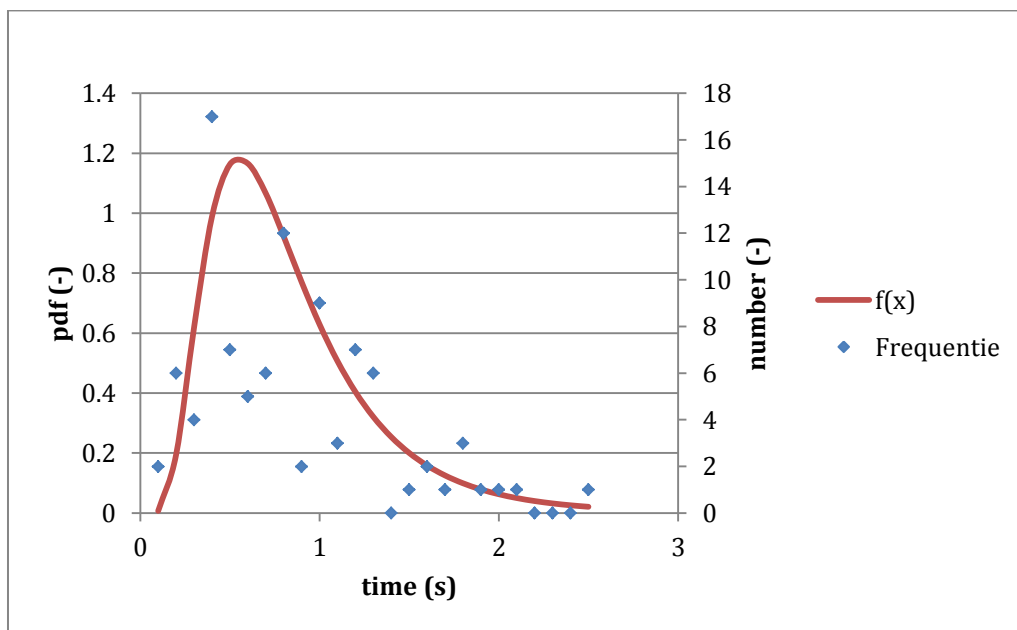
Figuur 19 Frequentie van het verplaatsen naar de volgende tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



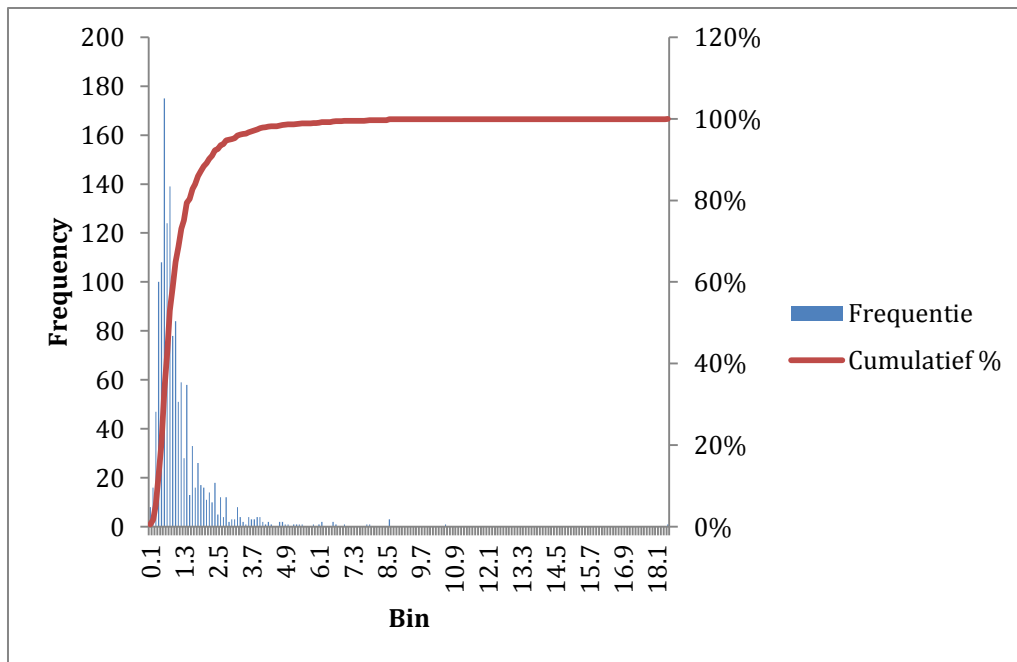
Figuur 20 Lognormale verdeling van het verplaatsen naar de volgende tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



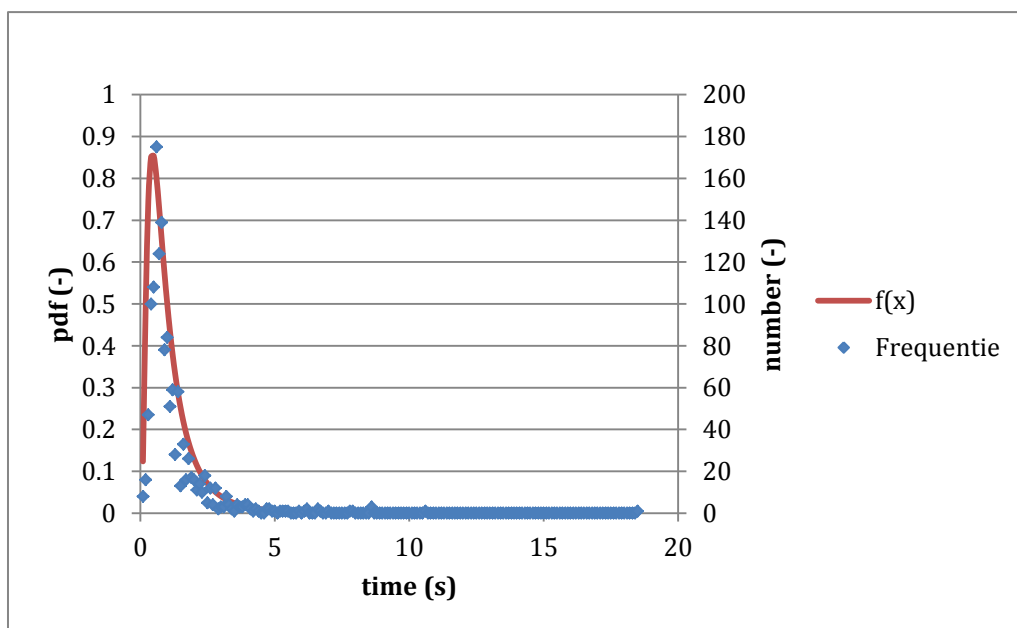
Figuur 21 Frequentie van het beoordelen van een tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



Figuur 22 Lognormale verdeling van het beoordelen van een tros uitgezet tegen het cumulatieve aantal



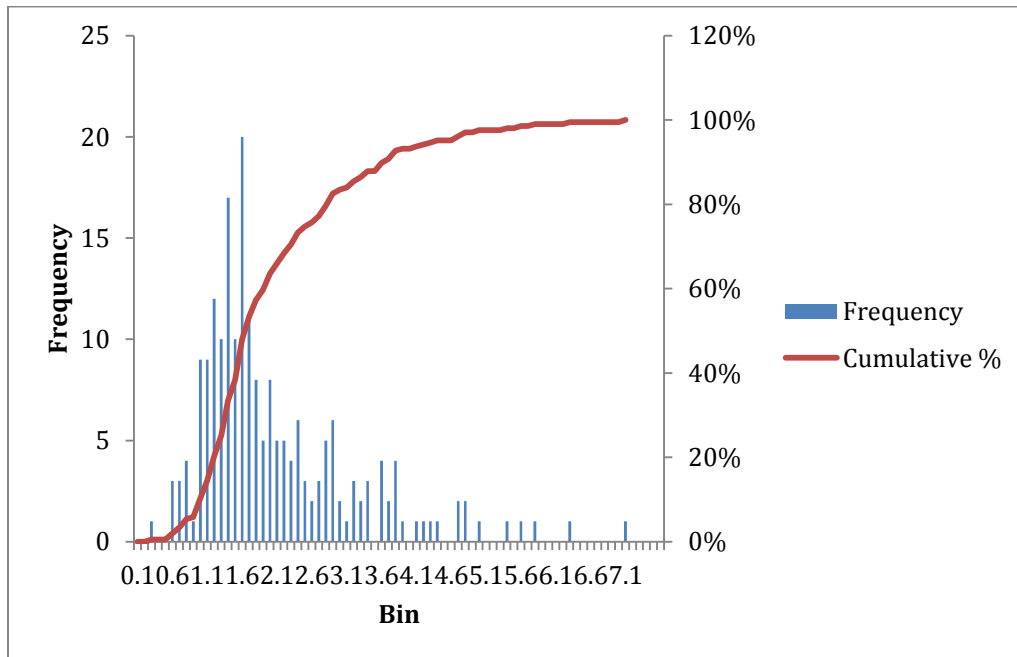
Figuur 23 Frequentie van het plaatsen van een tros in een doos uitgezet tegen het cumulatieve aantal



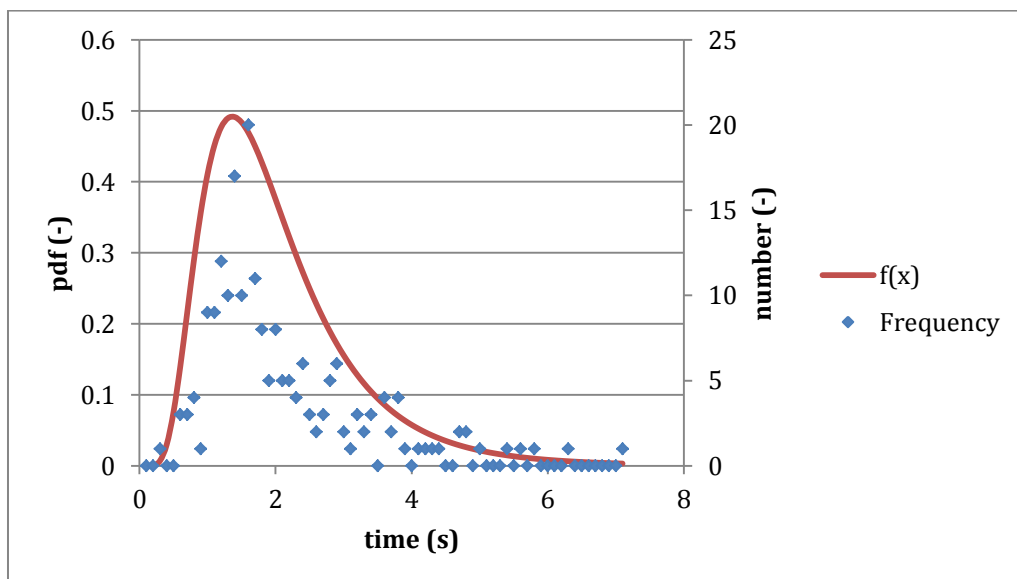
Figuur 24 Lognormale verdeling van het plaatsen van een tros in een doos uitgezet tegen het cumulatieve aantal

Bijlage 6 Resultaten handelingen draaien-dieven

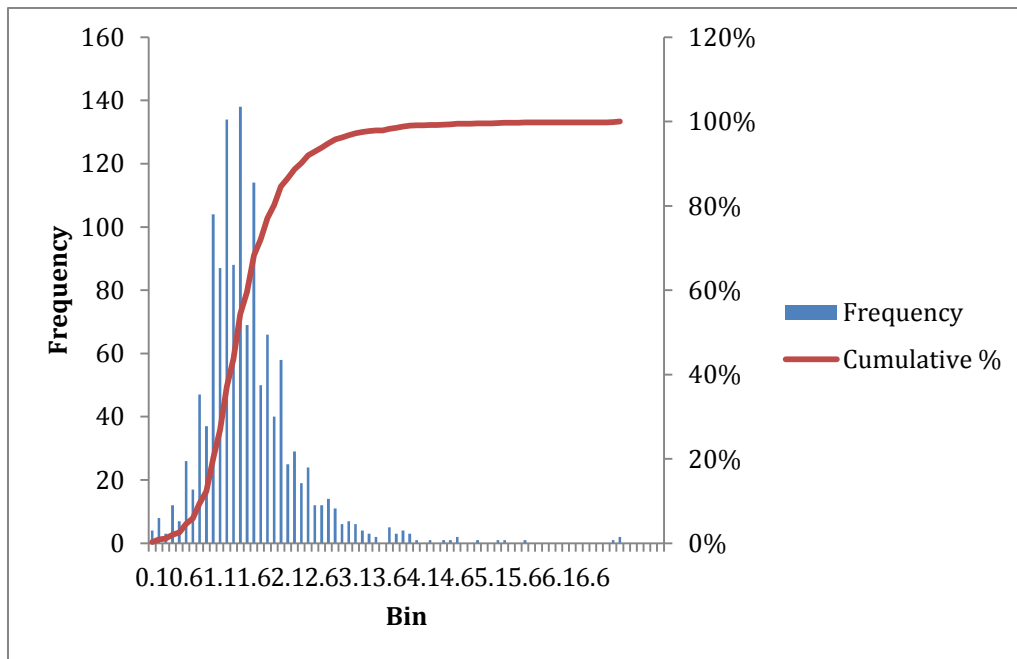
Naast de handeling 'break shoot' zijn ook van de andere handelingen tijdens het draaien-dieven grafieken gemaakt om aan te tonen dat het hier om een lognormale verdeling gaat.



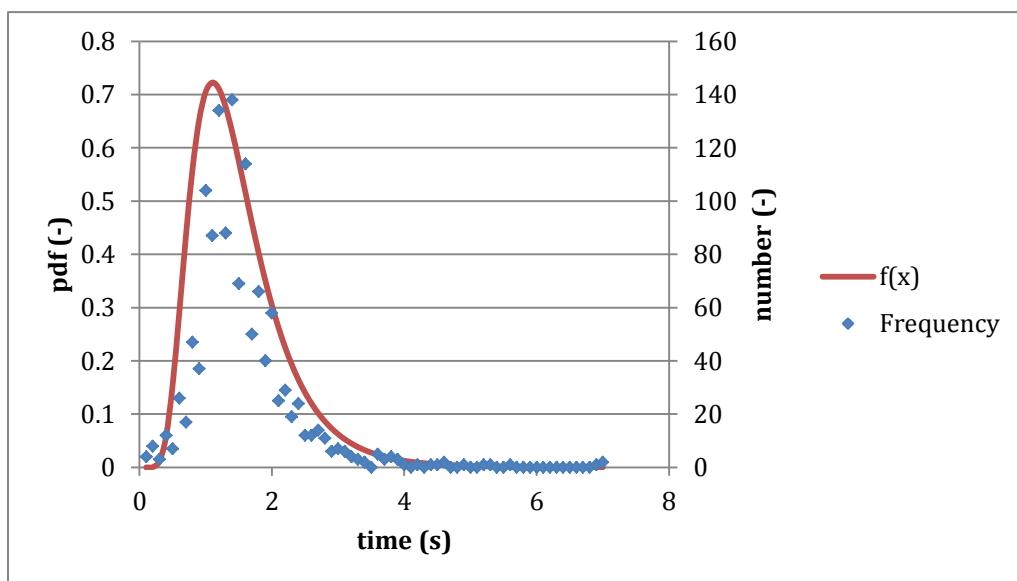
Figuur 25 Frequentie van het draaien van een touw rond de plant uitgezet tegen het cumulatieve aantal



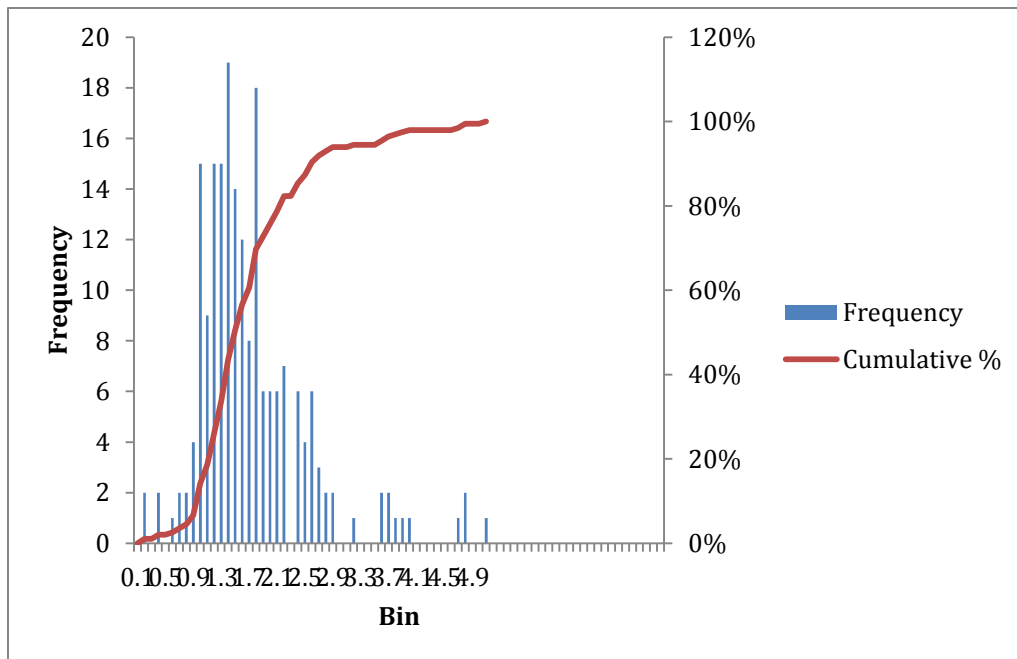
Figuur 26 Lognormale verdeling van het draaien van een touw om de plant uitgezet tegen het cumulatieve aantal



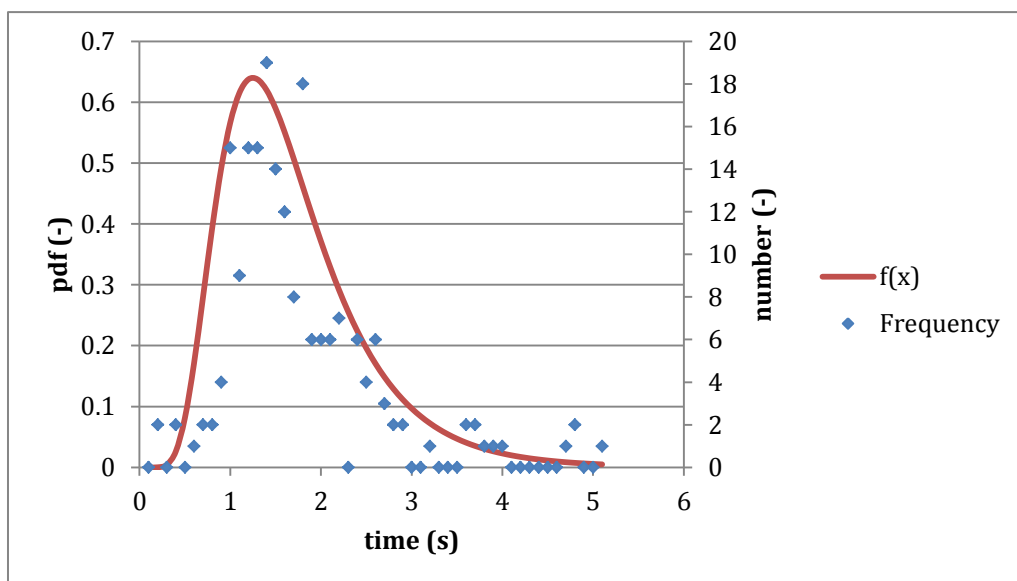
Figuur 27 Frequentie van het draaien van de plant rond een touw uitgezet tegen het cumulatieve aantal



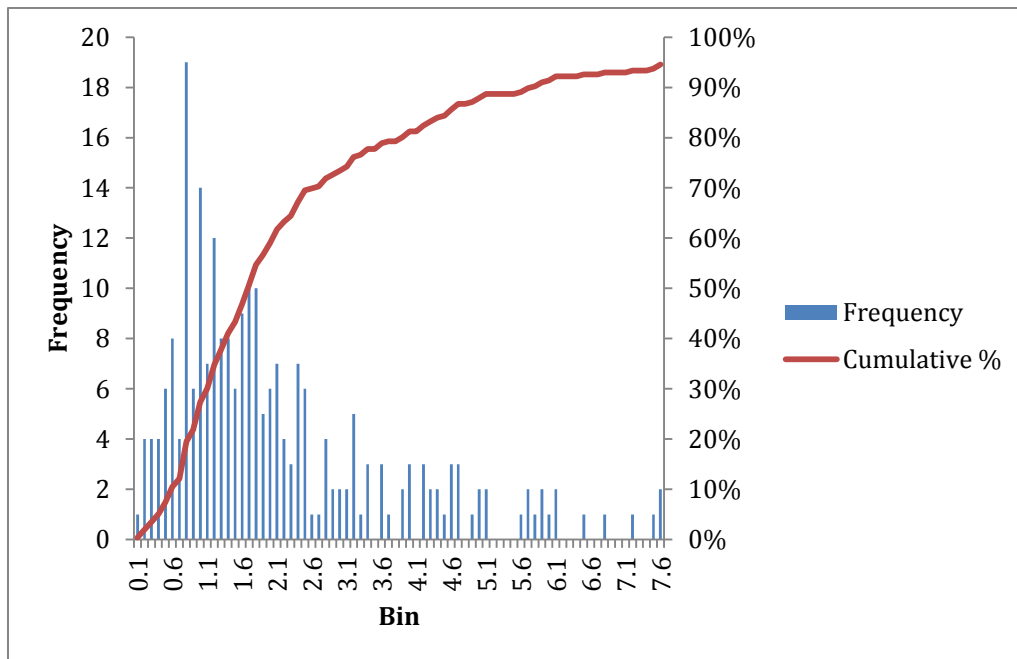
Figuur 28 Lognormale verdeling van het draaien van de plant om een touw uitgezet tegen het cumulatieve aantal



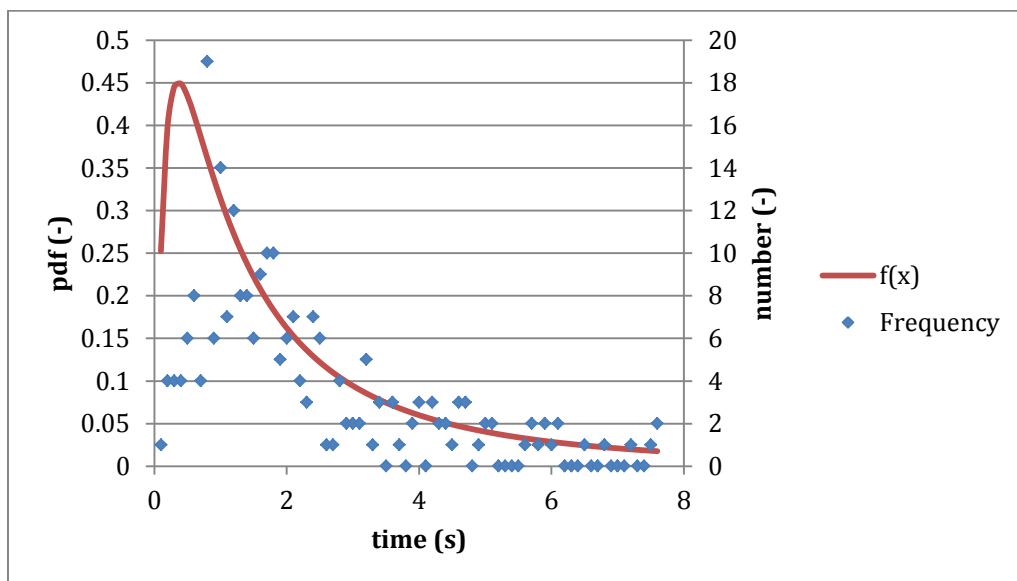
Figuur 29 Frequentie van het gelijktijdig indraaien van touw en plant uitgezet tegen het cumulatieve aantal



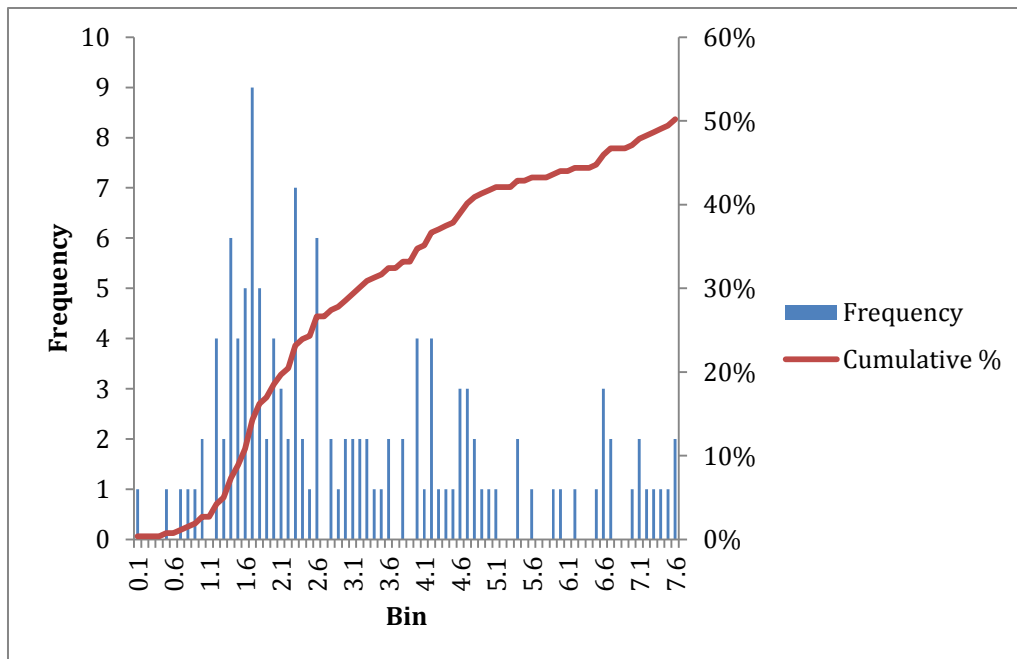
Figuur 30 Lognormale verdeling van het gelijktijdig indraaien van touw en plant uitgezet tegen het cumulatieve aantal



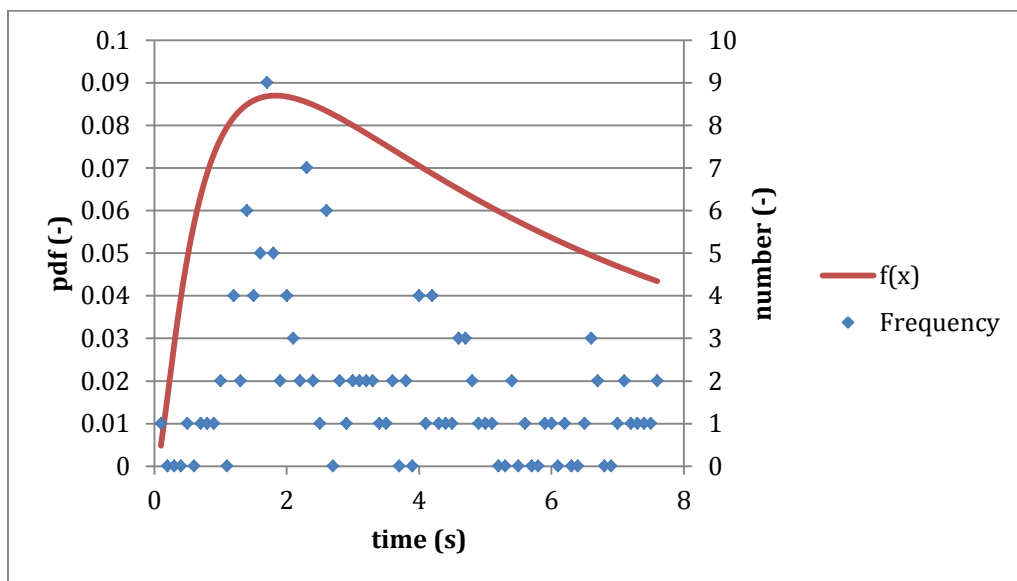
Figuur 31 Frequentie van het staan in het pad tijdens het uitvoeren van werkzaamheden uitgezet tegen het cumulatieve aantal



Figuur 32 Lognormale verdeling van het staan in het pad tijdens het uitvoeren van werkzaamheden uitgezet tegen het cumulatieve aantal



Figuur 33 Frequentie van het rijden in het pad tijdens het uitvoeren van werkzaamheden uitgezet tegen het cumulatieve aantal



Figuur 34 Lognormale verdeling van het rijden in het pad tijdens het uitvoeren van werkzaamheden uitgezet tegen het cumulatieve aantal