

Werken met Kassim

Opdrachtenboek voor het groene MBO



M. van der Arend, M. van Duijn, J. Hendriks, J. Keemink & B. van der Sande

Werken met Kassim:

Opdrachtenboek voor het groene MBO

Mark van der Arend

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Marissa van Duijn

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Jesse Hendriks

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Jelmer Keemink

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Bart van der Sande

Student Landscape and Environment Management op Hogeschool Inholland Delft

Frank van der Helm (eindredactie)

Docent Expert Tuinbouw & Agribusiness bij Hogeschool Inholland Delft

Dit opdrachtenboek is tot stand gekomen als opdracht voor het vak Green Juniors bij Inholland Hogeschool Delft in samenwerking met Wellant en Lentiz MBO en als opdracht binnen het project "HNT Gas erop!" Dit boek is tot stand gekomen met financiering van Kas als Energiebron met als uitvoeringsorganisatie SIA-RAAK.



Eerste druk: 12 januari 2021

Inholland Hogeschool

Project Het Nieuwe Telen: Gas erop!

PO box 3190; 2601 DD Delft

Rotterdamseweg 141; 2628 AL Delft

www.inholland.nl

PROJECTPARTNERS

KENNISINSTELLINGEN



TELERS



BETROKKEN PARTIJEN

Dit onderzoek is medegefinancierd door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk onderzoek.

Voorwoord

Welkom bij deze module “Werken met Kassim”. Een module waarin je op een praktijkgerichte manier kan leren over klimaatregeling in kassen met veel aandacht voor Het Nieuwe Telen.

We hebben deze module ontwikkeld als onderdeel van het vak Green juniors voor de opleiding tuinbouw & Agribusiness bij Hogeschool Inholland Delft. We zijn hierbij begeleid door Gert Engbers en Frank van der Helm. We hebben samengewerkt met Ard Zwinkels van Wellant en Roel van Heijningen van Lentiz MBO. Na oplevering heeft eindredactie plaatsgevonden door Frank van der Helm. Onze opdracht was onderdeel van het project HNT Gas erop!, dat gerealiseerd is met financiering van Kas als Energiebron via uitvoeringsorganisatie SIA-RAAK.

Het regelen van het kasklimaat (zowel via Kassim als in een echte kas) is en blijft een lastige vaardigheid, die in veel gevallen alleen met veel oefening en herhaling aangeleerd kan worden. De onderwijsmodule die voor u ligt beoogt het aanleren van deze vaardigheid te vereenvoudigen, veel succes en leerplezier toegewenst namens de auteurs van dit werkboek!

Delft 2021

Mark, Marissa, Jelmer, Jesse en Bart

“Iedereen in staat is om zijn of haar eigen handelen verder te ontwikkelen”
Geert, Dijks & Tulner (2018)

Inhoudsopgave

Inleiding	7
Niveau 1: Bestuderen van begrippen/theorie en kennismaking met Kassim	8
Opgave 1.1 Belangrijke begrippen Het Nieuw Telen.....	8
Opgave 1.2 Introductie energiebalans	9
Opgave 1.3 Introductie Vochtbalans.....	10
Opgave 1.4 Introductie CO ₂ balans	10
Opgave 1.5 Klimaatgelijkheid in de kas	12
Niveau 2: Oriëntatie Kassim	13
Opgave 2.1 Kennis maken met Kassim.....	13
Opgave 2.2 Kasbalansen	15
Opgave 2.3 Buitenstraling.....	15
Opgave 2.4 Uitstraling.....	17
Opgave 2.5 Invloed van wind	17
Opgave 2.6 Temperatuur en luchtvochtigheid	18
Niveau 3: Toepassen van begrippen/theorie binnen Kassim	19
Opgave 3.1 Introductie Psychrodiagram.....	19
Opgave 3.2 Setpoints	22
Opgave 3.3 Belichting.....	23
Opgave 3.4 Constructie van de kas	24
Opgave 3.5 Schermen	25
Opgave 3.6 De vochtbalans optimaliseren.....	26
Opgave 3.7 De assimilatenbalans optimaliseren	26
Opgave 3.8 De waterbalans optimaliseren	27
Niveau 4: Oefenen met Kassim	28
Opgave 4.1 Ventilatie	28
Opgave 4.2 Uitstraling voorkomen	30
Opgave 4.3 Enthalpie	31
Niveau 5: Werken met complexe Kassim-situaties	33
Opgave 5.1 Buitenomstandigheden.....	33
Opgave 5.2 Schermen om instraling te verminderen	34
Opgave 5.3 Schermen tegen uitstraling.....	36
Opgave 5.4 De twee tomatentelers	37
Niveau 6: Analyseren van ontstane situaties in Kassim	38
Opgave 6.1 Phalaenopsis casus.....	38
Opgave 6.2 Vochtafvoer bij schermen	39
Opgave 6.3 Vochtbeheersing volgens HNT	40

Inleiding

De onderwijsmodule 'Werken met Kassim' is gemaakt om de theorie achter het nieuwe telen op een praktische wijze duidelijk te maken aan studenten van het groene middelbaar onderwijs. In deze onderwijsmodule ga je aan de slag met het uitvoeren van diverse opdrachten en aan de praktijk gerelateerde opdrachten. Hierbij gebruik je het programma Kassim. Kassim is een online leermiddel dat door Gert Jan Swinkels van Wageningen University & research is ontwikkeld voor het groene onderwijs en de glastuinbouwsector. In Kassim kun je simulaties maken van het kasklimaat. Een simulatie van het kasklimaat wordt gemaakt met een computermodel. Dit computermodel berekent alle waarden van het kasklimaat in de kas op basis van instellingen. Dit kan het model heel goed. Kassim staat online, dus je kunt het op elke computer raadplegen via internet. Bij het uitvoeren van de opdrachten en casussen in Kassim krijg je tussendoor theorie aangeboden over Het Nieuwe Telen in tekstkaders in de module. Zo kun je kennis uit de theorie meteen toepassen bijvoorbeeld op je stagebedrijf.

Het doel van deze onderwijsmodule is:

“Leerlingen van MBO leren het toepassen van Het Nieuwe Telen (HNT) in praktijksituaties door theorie over klimaatregeling volgens HNT uit te proberen in opdrachten met het online simulatiemodel Kassim”.

De onderwijsmodule is in twee aparte delen aangeleverd. Het eerste deel is je opgavenboek. Je docent heeft ook een antwoordenboek. Bij het werken met een simulatie kunnen echter meerdere antwoorden goed zijn, omdat je net even iets anders instelt. Vooral je aanpak en het bespreken van de resultaten met elkaar en je docent is belangrijk om veel te leren.

Deze onderwijsmodule is opgebouwd in zes verschillende niveaus, waarin de moeilijkheid van de opgaven geleidelijk toeneemt. De onderwijsmodule kun je het beste in de gegeven volgorde maken. Het eindigt bij een maximaal haalbare eindniveau voor MBO. Je docent bepaalt tot welk niveau je in jouw opleiding zal gaan. Niet iedere groene MBO besteedt immers evenveel aandacht aan glastuinbouw.

Niveau 1: Bestuderen van begrippen/theorie en kennismaking met Kassim

In dit eerste niveau wordt je (voor)kennis geactiveerd. Je leert in aanvulling op kennis die je reeds bezit, doordat nieuwe kennis van Kassim wordt gekoppeld aan jouw bestaande kennis over teelt en tuinbouw (en Het Nieuwe Telen). Voor niveau 1 zijn de volgende leerdoelen opgesteld:

- Je bent bekend met de basisbegrippen afkomstig uit de theorie van Het Nieuwe Telen;
- Je bent bekend met de basisbegrippen afkomstig uit het simulatie programma Kassim;

Opgave 1.1 Belangrijke begrippen Het Nieuw Telen

Binnen het nieuwe telen zijn er een aantal belangrijke begrippen die vaak naar voren komen. In deze opgave worden die begrippen uitgelegd.

- a) Van oudsher gebruiken telers ervaring opgedaan uit het verleden en gevoel om de teelt te sturen. Hierbij worden soms fouten gemaakt of wordt er vastgehouden aan verkeerde aannames. Het nieuwe telen benadert de teelt vanuit de plant in plaats van het gevoel van de teler. Waar is het nieuwe telen op gebaseerd?



Zoek je antwoord bijvoorbeeld in [ABC-Het Nieuwe Telen](#) of bekijk deze [video](#)

- b) De benadering van HNT is gebaseerd op drie kasbalansen en drie plantbalansen. Schrijf deze balansen op en geef een definitie.



Gebruik bij het maken van deze opgave bijvoorbeeld de Wiki 'Groenkennisnet' over [Planten](#) en [Kassen](#).

Opgave 1.2 Introductie energiebalans



Gebruik bij het maken van deze opgave bijvoorbeeld de Wiki 'Groenkennisnet' over [Planten](#).

De aanvoer energie vindt plaats via straling en convectie.

- a) Wat is straling?
- b) Welke soorten straling zijn er?
- c) Wat is convectie?



Theoretisch Kader: Stappenplan 'Het Nieuwe Telen'

In het boek '[De basisprincipes van het Nieuwe Telen](#)' wordt een overzicht van speerpunten en leerpunten gegeven. Daarmee kunnen telers (en in dit geval studenten) snel een overzichtelijk beeld krijgen van wat Het Nieuwe Telen inhoudt. Speerpunten zijn die zaken waarmee inmiddels zoveel ervaring is opgedaan dat ze kunnen worden beschouwd als vaste waarden binnen het toepassen van HNT. Vier speerpunten kunnen met niet al te grote inspanning gerealiseerd worden. Deze eerste stappen naar HNT zijn:

1. Temperatuurgelijkheid in de kas:

Dit is de basis voor elke efficiënte vorm van klimaatbeheersing. De belangrijkste voordelen van temperatuurgelijkheid zijn: energiebesparing; gelijkere groei (en dus minder arbeid); minder botrytis (en dus minder uitval); voorspelbaarder klimaat (meer controle); en gezonder telen.

2. Luchtbeweging in plaats van minimum buis:

Een verhoging van de (minimum) buistemperatuur bij oplopende vochtigheid in de kas is lange tijd beschouwd als dé remedie om het vocht af te voeren. Een natuurkundige analyse laat zien dat het juist extra vochtproductie veroorzaakt en dus vaak het tegenovergestelde bereikt wordt. Wel positief is de luchtbeweging die het gevolg is van een warme buis. Luchtbeweging kan echter tegen veel lagere energiekosten worden verkregen met ventilatoren. Met verticale ventilatoren krijg je het beste luchtbeweging bij het gewas zelf.

3. Gebruik van energieschermen:

Uitstraling is afkoeling door verlies van energie aan koude voorwerpen in de omgeving, zoals het dek. Lange tijd is uitstraling een sterk onderschat fenomeen geweest en de oorzaak van diverse gewasproblemen. Ook met een enkel scherm kan er nog aanzienlijke uitstraling zijn, vandaar de aanbeveling om een dubbel scherm toe te passen. Uiteraard verhoogt dit ook de isolatiewaarde van de kas.

4. Afvoeren van vocht:

Als bij gesloten scherm en gesloten ramen de vochtafvoer door condensatie onvoldoende is, dient als eerste maatregel te worden geventileerd door het openen van de ramen boven het gesloten scherm. Veel telers ervaren het als positief door hiervoor juist (ook) de windzijde van de luchtramen te gebruiken. Pas als dit onvoldoende effect heeft is het zinvol om de vochtafvoer te stimuleren door droge lucht van buiten of van boven het scherm in de kas te brengen.

Opgave 1.3 Introductie Vochtbalans



Gebruik bij het maken van deze opgave bijvoorbeeld de Wiki 'Groenkennisnet' over [Kassen](#).

De afvoer van vocht kan worden geregeld door condensatie tegen het kasdek of met ventilatie via de luchtramen. Voor het juiste effect is de juiste maatregel onder de juiste omstandigheden nodig.

- a) Onder welke omstandigheden is vochtafvoeren via condensatie het meest effectief?
- b) Onder welke omstandigheden is vochtafvoeren via ventilatie het meest effectief?

Opgave 1.4 Introductie CO₂ balans



Zoek op [Google](#) bijvoorbeeld de term 'CO₂ concentratie' om tot je antwoorden te komen en noteer ook de bron die je gebruikt.

- a) In welke eenheid wordt CO₂-concentratie vaak uitgedrukt?
- b) Wat is de gemiddelde CO₂-buitenwaarde?
- c) CO₂ is erg belangrijk voor het gewas. Het gewas kan zowel gebruiker als producent zijn van CO₂. Vul de ontbrekende woorden ('*producent*' of '*gebruiker*') in:

Het gewas is een CO₂ ... als het licht is.

Het gewas is een CO₂ ... in het donker.

- d) Een uitzondering op de regel bij vraag 'c' zijn CAM-planten. Voorbeelden van CAM planten in onze kassen zijn de phalaenopsis en de kalanchoë.
Leg uit waarom CAM-planten verschillen wanneer er gekeken wordt naar CO₂ productie en gebruik.



Meer informatie over CAM planten vind je in deze artikelen op [Groenkennisnet](#).
Start met het bovenste artikel "*Inzicht fotosynthese belangrijk voor CO₂ doseren en belichten: CAM-planten lastig in de omgang*"



Theoretisch Kader: Stappenplan 'Het Nieuwe Telen'

In het boek '[De basisprincipes van het Nieuwe Telen](#)' wordt een overzicht van speerpunten en leerpunten gegeven. Daarmee kunnen telers (en in dit geval jullie) snel een overzicht krijgen van wat Het Nieuwe Telen inhoudt. Leerpunten voor Het Nieuwe Telen zijn zaken die kansen bieden, maar voor een brede invoering nog verder teeltspecifiek onderzoek en praktijkervaring behoeven. De vier belangrijkste leerpunten zijn:

1. **Temperatuur/lichtsom balans op dagbasis:**

Het is gebruikelijk om een gewas in balans houden door een juiste verhouding tussen de etmaaltemperatuur en de lichtsom te hanteren. Er wordt echter vaak gestuurd op een gemiddelde balans met correctie achteraf. Als het gewas te veel groei of dikke koppen laat zien, wordt de temperatuur verhoogd, als het gewas te schraal komt te staan wordt de temperatuur verlaagd. Gemiddeld is de plant dan in balans, maar in feite elke dag uit balans. De kunst is dus om licht en temperatuur altijd in balans te brengen, waarbij de plant stabiel volgens een vaste koers groeit en er dus niet of veel minder corrigerend gewerkt hoeft te worden.

2. **Beheersing van de plantbelasting:**

Onbalans geeft veel problemen in de teelt. Een belangrijke factor daarbij is een te hoge plantbelasting. Als dit eenmaal ontstaat moet de etmaaltemperatuur naar beneden worden bijgesteld om kwaliteit en groei te behouden. Echter, dan heeft de plantbelasting de neiging om nog verder op te lopen. Bij wisselende weersomstandigheden en bij afnemende lichtsommen in de nazomer is telen met een lagere plantbelasting gunstig, omdat de plant dan makkelijker evenwicht terugvindt. Bij een lage plantbelasting gaat bij diverse vruchtgroenten de snelheid van afrijpen omhoog, waardoor de productie bij lage plantbelasting niet lager is. In de praktijk wordt in een afdeling vaak ook grote variatie in plantbelasting en soms in plantgrootte of plantvorm gezien. Omdat klimaat en de plantbelasting samenhangen, is het belangrijk bij gewasbehandeling en het oogsten aandacht te hebben voor uniformiteit in de plantbelasting.

3. **Telen bij hogere temperaturen:**

Telers steven al sinds jaar en dag naar lage kastemperaturen vanwege kwaliteitsaspecten en energiebesparing. Dit blijkt echter een doodlopende weg voor wat betreft de klimaatregeling. Als er weinig verschil is tussen de kascondities en de buitenomstandigheden is het afvoeren van vocht en energie uit de kas veel lastiger dan bij een groot verschil. Anderzijds is het isoleren van de kas tegen verlies aan warmte relatief eenvoudig en goedkoop te realiseren. In de zomer veroorzaakt een lage luchtvochtigheid veel ventilatie vaker al eerder voor stress dan de temperatuur. Voor beheersing van luchtvochtigheid is het vaak effectiever en energiezuiniger om te streven naar het telen bij wat hogere kastemperaturen dan nu gebruikelijk is. In de winter om de RV wat te verlagen en in de zomer om de RV wat te verhogen.

4. **Ventileren met windzijde in combinatie met luwe zijde:**

Waar vanouds de windzijde van de luchtramen zo lang mogelijk dichtgelaten werd, is gaandeweg ontdekt dat met windzijdig ventileren hetzelfde effect kan worden bereikt met veel lagere raamstanden. Hierdoor houden telers veel meer controle over de uitwisseling van energie en vocht met buiten. Door het schoorsteeneffect dat zo ontstaat verloopt het ventileren ook gelijkmatiger.

Opgave 1.5 Klimaatgelijkheid in de kas

Waardoor kan klimaatongelijkheid in de kas ontstaan? Noem minimaal 4 punten.



Gebruik bijvoorbeeld de webpagina 'Kasgelijkheid' van de website [Kasalsenergiebron](#) om tot je antwoord te komen.

Niveau 2: Oriëntatie Kassim

Nadat je in het eerste niveau je (voor)kennis hebt geactiveerd, zul je jezelf in niveau 2 oriënteren op het programma Kassim. Dit gebeurt aan de hand van een aantal introductieopgaven. Voor niveau 2 is het volgende leerdoel opgesteld:

- Je bent bekend met de algemene werking van het simulatie programma Kassim.

Opgave 2.1 Kennis maken met Kassim

Bij de introductie van Het Nieuwe Telen hebben we het al gehad over de drie kasbalansen: energiebalans, vochtbalans en CO₂ balans. We gaan hier later verder op in aan de hand van Kassim. In dit hoofdstuk gaan we beginnen met een korte kennismaking met Kassim.

Lees nu eerst de [Studenten handleiding Kassim](#) goed door.

Open de volgende link: [Kennis maken met Kassim](#)

*Via de link kom je bij een webpagina van Wageningen University & Research. Op deze pagina staat wat we een **simulatie** noemen. Een simulatie is een virtuele kas die heel goed de werkelijkheid nadoet. Deze simulatie is gemaakt met Kassim. Kassim is een interactief computermodel die gekoppeld is aan een kasklimaatrekenmodel die het kasklimaat heel goed uit kan rekenen. Via Kassim wordt de energiebalans, vochtbalans, de CO₂-balans, de fotosynthese en de gewasverdamping van een moderne tuinbouwkas op overzichtelijke wijze in beeld gebracht. We starten nu met het in kaart brengen van de basis die je kunt gebruiken voor alle vervolgoopgaven.*

- a) Beschrijf wat je allemaal ziet op de pagina [Kennis maken met Kassim](#), wat ken je en wat ken je niet? Vul de onderstaande begrippenlijst in op jouw eigen manier. Begrippen die je nog niet (goed) kent, ga je bespreken in de klas.

Begrip	Beschrijving
Raam luw	
Raam wind	
Enthalpie	
Ventilatie	

Latent warmteverlies (Lat.)	
U waarde	
Dauwpunt	
Vochtdeficiet	
LAI	
Watt	
kJ/m^3	
RV	
AV	

- b)** Wat zijn volgens jou de belangrijkste factoren van het buitenklimaat die invloed hebben op het klimaat in de kas? Probeer het eens uit.
- c)** Welke middelen heeft de tuinder in deze simulatie om het klimaat in de kas te beïnvloeden? Dit kan apparatuur zijn, maar ook instellingen.
- d)** Op welke manieren kun je in de kas de temperatuur verhogen of verlagen? Probeer het uit.
- e)** Op welke manieren kun je in de kas de luchtvochtigheid verhogen of verlagen? Probeer het uit.
- f)** Op welke manieren kun je in de kas het lichtniveau verhogen of verlagen? Probeer het uit.



Maak bij het beantwoorden van de vragen gebruik van [De basisprincipes van het Nieuwe Telen](#), wiki [Groenkennisnet](#) en [Google](#).

Opgave 2.2 Kasbalansen

Bij de introductie van Het Nieuwe Telen hebben we het al gehad over de drie kasbalansen: energiebalans, vochtbalans en CO₂ balans. In deze opdracht ga je hier wat meer over leren met behulp van Kassim.

Open de volgende link: [Kasbalansen](#)

Alle waarden die je in een simulatie kunt zien noemen we parameters. Elke parameter heeft een eenheid. Zoals bijvoorbeeld de kastemperatuur als eenheid °C heeft. Er zijn parameters die afvoer en aanvoer bepalen in de kas. Zoals bijvoorbeeld de warmte die door de buizen wordt aangevoerd in de kas of de hoeveelheid vocht die de luchtramen afvoeren uit de kas.

- a) Welke aanvoer en afvoer parameters zijn er voor de drie kasbalansen (energie, vocht en CO₂)?

Er zijn ook parameters die een niveau aangeven van een teeltfactor in de kas. Zoals bijvoorbeeld de temperatuur van de plant of de luchtvochtigheid van de kaslucht.

- b) Beschrijf de niveau-parameters in Kassim die betrekking hebben op de drie kasbalansen (energie, vocht en CO₂).
- c) Casus: Stel in Kassim link: [Kasbalansen](#) de onderstaande waardes in die onderdeel zijn van de energiebalans, vochtbalans en CO₂ balans:

Energiebalans

Wijzig de globale straling van 400 W/m² naar 600 W/m²

- Welke parameters zie je veranderen?
- Kan je hiervoor een verklaring geven?

Vochtbalans

Wijzig de maximale verdamping van 1000 g/m²/h naar 100 g/m²/h

- Welke parameters zie je veranderen?
- Kan je hiervoor een verklaring geven?

CO₂ balans

Wijzig de toevoer van CO₂ van 180 kg/ha/h naar 80 kg/ha/h

- Welke parameters zie je veranderen?
- Kan je hiervoor een verklaring geven?

Tip: Je kunt na het veranderen van een waarde op enter drukken of op de groene knop met RUN om de simulatie opnieuw te berekenen.

Opgave 2.3 Buitenstraling

Buitenstraling is één van de belangrijkste factoren waar een teler rekening mee moet houden. De buitenstraling kan een grote invloed hebben op verschillende factoren in de kas. Een kweker moet altijd de buitenstraling in de gaten houden en bepalen hoeveel licht van buiten hij in de kas toelaat.

Open de volgende link: [Buitenstraling](#)

- a) Zet de bewolking op onbewolkt, de globale straling op 0 W/m^2 en druk op 'RUN'.
- b) Zet nu de globale straling op 200W en daarna op 400W. Welke factoren in de kas veranderen er?
Tip: Maak bij het benoemen van de veranderende factoren gebruik van screenshots.
- c) Wat is de reden dat deze factoren veranderen volgens jou? Bespreek de antwoorden in de klas of in groepsverband.
- d) Ga verder met de simulatie van vraag b. Verander de bewolking in half bewolkt en daarna op zwaar bewolkt. Welke factoren in de kas veranderen er?
- e) Wat is de reden dat deze factoren veranderen volgens jou? Bespreek de antwoorden in de klas of in groepsverband.
- f) Wat zou er met de plant kunnen gebeuren als de straling in de kas te hoog wordt voor dit gewas gedurende een langere periode?



Theoretisch Kader: Alles over Straling

Straling: Dit is energie-overdracht zonder rechtstreeks contact of via een medium. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kortgolvlige straling die wordt geleverd door hete bronnen zoals de zon of assimilatiebelichting en langgolvlige warmtestraling die wordt geleverd door warme bronnen, zoals de warme buis of een warm kasdek. Uitwisseling van langgolvlige straling tussen de plant en zijn omgeving ontstaat door temperatuurverschillen. Instraling door de zon levert verreweg de meeste energie aan de kas, maar ook lampen, verwarmingsbuizen, de kasconstructie en de bodem geven energie af door straling. Deze kasonderdelen kunnen soms ook energie ontvangen door straling, namelijk als zij koud zijn.

Buitenstraling: Dit is de natuurlijke straling van de zon die bestaat uit UV, PAR (groeilicht) en IR (infrarood) straling. Deze straling wordt uitgedrukt in W/m^2 . Midden in de zomer in Nederland is deze straling het hoogst (maximaal 1000 W/m^2). Voor de plant is met name groeilicht belangrijk (PAR in $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). PAR is alle straling met een golflengte tussen blauw en rood)

Straling van objecten: Alle objecten in de kas, zoals planten, kasbodem en kasdek, ontvangen energie door middel van straling, maar koelen ook weer af door stralingsverliezen naar koudere onderdelen van de kas of de buitenwereld. Warme buizen staan bijvoorbeeld voortdurend energie af aan de omringende kaslucht via convectie, maar ook via straling naar koudere voorwerpen in de kas.

Uitstraling: Uitstraling treedt op zodra er een temperatuurverschil is. Uitstraling is de uitwisseling van energie met een voorwerp van een lagere temperatuur. Een voorbeeld is de afkoeling van het gewas doordat langgolvlige warmtestraling wordt afgegeven aan een koud kasdek of een koud schermdoek. Op dezelfde manier kan de kas extra afkoelen door uitstraling naar de koude hemel. De hoeveelheid uitstraling naar de koude hemel is sterk afhankelijk van de bewolking.

Opgave 2.4 Uitstraling

Naast straling die van buiten in de kas komt is er ook nog uitstraling. Als uitstraling niet goed in de gaten wordt gehouden door telers dan kan dit resulteren in kwaliteits- en energieverlies.

Open de volgende link: [Uitstraling](#)

- a) Wat is de uitstraling van het kasdek op dit moment? En verandert dit als het buiten bewolkt wordt?
- b) Zet nu de tijd naar 02:00, de buitentemperatuur op 18°C, de bewolking naar onbewolkt en druk op 'RUN'.
- c) Wat is de uitstraling van het kasdek op dit moment? En verandert dit als het buiten bewolkt wordt?
- d) Wat voor middelen in de kas heeft een kweker om uitstraling van de plant naar een koud kasdek te verminderen?
- e) Wat zou er met de plant kunnen gebeuren als de uitstraling van het kasdek in de nacht groot is?

Opgave 2.5 Invloed van wind

Een andere factor van buiten die invloed kan hebben op het klimaat in de kas is de windsnelheid. Het is belangrijk dat de klimaatcomputer de ventilatie goed stuurt op de windsnelheid en de windrichting. Dit is ook de reden dat er in de klimaatcomputer een wind- en een luwe-zijde is. Ook zijn er instellingen in de klimaatcomputer dat bij harde wind de luchtramen gesloten blijven om de kas te beschermen tegen schade.

Open de volgende link: [Invloed van wind](#)


- a) Zet de windsnelheid op 0 m/s en druk op RUN.
- b) Wat zijn de klimaatomstandigheden in de kas?
- c) Wat denk je dat er gebeurt met de klimaatomstandigheden in de kas als het harder gaat waaien buiten (nu even zonder dit te proberen)?
- d) Zoek op internet naar de windschaal van Beaufort. Geef aan bij welke windsnelheden (in m/s) zich welke situatie voordoet. Zet nu de windsnelheid op matige wind en druk op RUN. Wat is er veranderd aan de klimaatomstandigheden en de raamstand?
- e) Zet nu de windsnelheid op storm en druk op RUN. Wat gebeurt er nu met de klimaatomstandigheden en de raamstand?
- f) Vergelijk nu je antwoord van de vorige vraag met het antwoord dat je hebt gegeven bij vraag 'c'. Komt dit overeen?

Opgave 2.6 Temperatuur en luchtvochtigheid

Open de volgende link: [Temperatuur en luchtvochtigheid](#)

a) Probeer het kasklimaat naar 20°C te krijgen met een RV van 80% door aanpassingen te doen aan de setpoints.

b) Beschrijf wat je hebt aangepast en waarom.

REFRESH de pagina van Kassim door linksboven in de browser op het volgende embleem te klikken. 

c) Verander het gewastype naar Alstroemeria en de LAI naar 8. Probeer het kasklimaat naar 22°C te krijgen met een RV van 85% door aanpassingen te doen aan de setpoints.

d) Beschrijf wat je hebt aangepast en waarom.



Theoretisch Kader: Temperatuur en luchtvochtigheid, weet je het nog?

Hemeltemperatuur: De hemeltemperatuur geeft aan hoe "koud" de hemel is. Bewolking is van grote invloed op de hemeltemperatuur. De kas vormt een relatief warm object tegenover een "hemel" die zeer koud kan zijn.

Temperatuur buitenlucht: Deze parameter geeft de temperatuur van de buitenlucht aan. Bij lage temperaturen en vooral in combinatie met harde wind verliest een kas veel warmte (door bijvoorbeeld een hoog isolerend kasdek te kiezen kan dit warmteverlies flink beperkt worden).

Temperatuur kasdek: Deze parameter geeft de temperatuur van het kasdek aan. Bij een enkellaags materiaal zal deze vaak ergens tussen de kasluchttemperatuur en de buitentemperatuur in zitten. Bij een dubbellaags materiaal zal de buitenzijde dicht bij de buitenluchttemperatuur liggen en de binnenzijde dicht bij de kasluchttemperatuur.

Temperatuur kaslucht: Deze parameter geeft de temperatuur van de kaslucht aan.

Temperatuur gewas: Deze parameter geeft de gemiddelde temperatuur van het gewas aan. De temperatuur van het gewas zal niet overal gelijk zijn. Bij veel instraling zal de temperatuur in de kop van het gewas hoger zijn dan onderin, 's nachts is dit vaak juist andersom.

Absolute vochtigheid buitenlucht: Dit is de hoeveelheid vocht uitgedrukt in een absolute hoeveelheid in g/m^3 . Het is de hoeveelheid water in een vastgestelde hoeveelheid lucht. Dit kan elders ook in g/kg zijn weergegeven.

Relatieve vochtigheid buitenlucht: Dit is het percentage aan waterdamp dat in de lucht zit ten opzichte van water bij de heersende temperatuur maximaal in kan zitten.

Absolute vochtigheid kaslucht: Deze parameter geeft de absolute vochtigheid van de kaslucht aan.

Relatieve vochtigheid kaslucht: Deze parameter geeft de relatieve vochtigheid van de kaslucht aan.

Relatie tussen temperatuur en luchtvochtigheid: Bij een dalende temperatuur neemt het vermogen van de lucht om waterdamp te bevatten af. Bij dezelfde hoeveelheid waterdamp *neemt de relatieve vochtigheid dan toe*. Bij een RV van 100% is de lucht verzadigd: de hoeveelheid waterdamp in de lucht is op dat moment gelijk aan de maximaal op te nemen hoeveelheid in de lucht. Bij een dalende temperatuur of toenemende hoeveelheid waterdamp, zal de waterdamp in deze lucht condenseren.

Absoluut vochtverschil buitenlucht/kaslucht: Het verschil in absoluut vochtgehalte in g/m^3 tussen de kas en buiten. Hoe groter het verschil hoe minder ventilatie nodig is om een bepaalde hoeveelheid vocht af te voeren. Als er geen verschil is in vochtgehalte kan er geen vocht worden afgevoerd door ventilatie.

Niveau 3: Toepassen van begrippen/theorie binnen Kassim

In het derde niveau worden de basisbegrippen en theorie, die je geleerd hebt in de eerste twee niveaus, in meer detail toegepast binnen Kassim. Ook krijg je nieuwe informatie en uitleg over de werking van Kassim. Voor niveau 3 zijn de volgende leerdoelen opgesteld:

- Je bent beter bekend met begrippen uit de theorie van Het Nieuwe Telen en kunt deze toepassen tijdens het uitvoeren van simulatieopdrachten in Kassim.
- Je bent in meer detail bekend met de werking van het simulatie programma Kassim.

Opgave 3.1 Introductie Psychrodiagram

Naast Kassim is het handig om gebruik te maken van een psychrodiagram voor berekeningen en inzicht in luchtvochtigheid. Hiervoor kan een psychrodiagram op papier gebruikt worden of de handige [webtool](#) van LetsGrow. Met deze tool kunnen belangrijke waarden voor vochtbeheersing automatisch uitgerekend worden. Je hoeft alleen de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid (RV) in te vullen en alle waarden die hiervan afhankelijk zijn worden uitgerekend. Het psychrodiagram zal in dit opdrachtenboek meerdere malen gebruikt worden.



Gebruik bijvoorbeeld de begrippenlijst van de wiki [groenkennisnet](#) om tot je antwoord te komen.

- a) Open de [webtool](#) van het psychrodiagram. Beschrijf wat je allemaal ziet onder het kopje buiten, wat ken je en wat ken je niet? Vul de onderstaande begrippenlijst in op je eigen manier. Het is van belang dat er dieper wordt ingegaan op de begrippen dan bij de begrippenopdracht 1.5.
Bespreek de dingen die je niet kent in de groep.

Begrip	Beschrijving
Temperatuur	
RV	
Vochtgehalte AV	

Vochtgehalte VD	
Enthalpie	
VPD	
VP	
VPsat	
Dauwpunt	

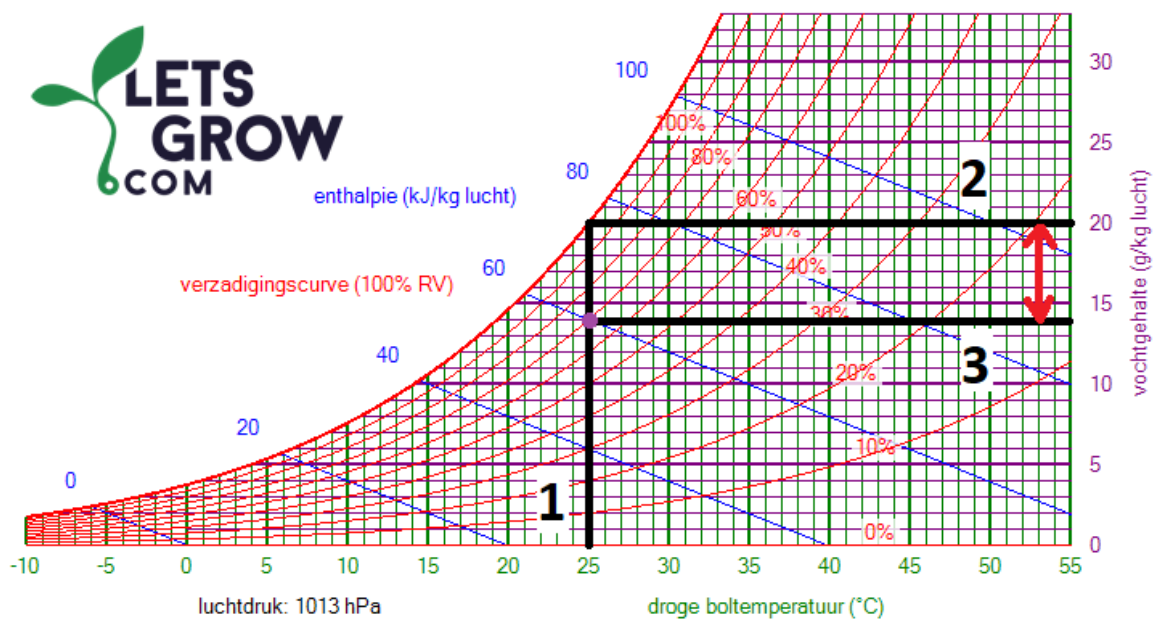
Nu je begrijpt wat alle waardes betekenen gaan we kijken hoe de waardes van elkaar afhankelijk zijn. Open de [webtool](#) en haal alle sliders naar links om het psychrodiagram leeg te maken.



Gebruik bijvoorbeeld de uitleg over het [psychrodiagram](#) bij het maken van de volgende opgaven.

- b)** Zet de buitentemperatuur van op 20°C en de RV op 80%. Noteer het AV en VD. Tel deze waardes vervolgens bij elkaar op.
- c)** Stel vervolgens de RV op 100% in. Noteer de AV en de VD. Wat valt je op?
- d)** Stel de RV weer in op 80%. Noteer het AV en het dauwpunt. Zet vervolgens de temperatuur gelijk aan het dauwpunt en de RV op 100%. Wat valt je op?

In de vorige paar opgaves is te zien dat het RV en VD afhankelijk zijn van de temperatuur en de AV. Wanneer de temperatuur stijgt kan er dus meer vocht in de lucht en wanneer deze daalt minder. Het dauwpunt is afhankelijk van de AV. Het dauwpunt is belangrijk om het nat slaan van het gewas te voorkomen. Wanneer de kas snel opwarmt kan de kaslucht meer vocht bevatten en kan er meer vocht in de lucht komen door verdamping. Hierdoor stijgt het AV. Soms zie je dat niet, want de RV kan dan gelijk blijven of zelfs dalen. De planttemperatuur neemt langzamer toe dan de kastemperatuur, op dit moment kan het risico ontstaan dat vocht condenseert op de koude plant. Vergelijk dit met de spiegel in de baskamer die beslaat als je gaat douchen. Dit noemt met dat de plant nat slaat.



In de afbeelding hierboven (bron Letsgrow.com) is de temperatuur aangegeven met lijn 1, de maximale hoeveelheid vocht met lijn 2 en de AV met lijn 3. De rode pijl geeft de VD aan en de paarse stip op lijn 1 en 3 geeft de RV aan.

- e) Lees af: de temperatuur, RV, AV en het maximale vocht. Bereken het VD met een rekenmachine en het hierboven gegeven psychrodiagram.
- f) Trek lijn 3 door naar links, wanneer deze de 100% RV bereikt is het dauwpunt te zien. Noteer het dauwpunt.

Opgave 3.2 Setpoints

In de klimaatcomputer zijn er heel veel verschillende setpoints voor heel veel verschillende instellingen. In deze opgave gaan jullie kennis maken met het setpoint 'verwarmen' en het setpoint 'ventileren'. Hiermee wordt bepaald wanneer in de kas de verwarmingsbuizen aan gaan en wanneer de luchtramen open gaan. Setpoint verwarmen wordt ook wel de 'verwarmingstemperatuur' genoemd en setpoint ventileren wordt ook wel 'ventilatietemperatuur' genoemd.

- a) Het is belangrijk dat de ventilatietemperatuur altijd hoger is dan de verwarmingstemperatuur, waarom is dit het geval?

Open de link: [Setpoints](#) en druk op RUN.

- b) Deze Anthurium kweker wil een kastemperatuur bereiken tussen 20°C tot 21°C met een luchtvochtigheid tussen 70% tot 80%.
- Welke setpoints moet deze kweker veranderen om naar de goede temperatuur en luchtvochtigheid te komen?
 - Beschrijf wat je hebt veranderd en waarom.
- c) Er staat ook een setpoint CO₂ in de simulatie.
- Waarvoor denk je dat dit setpoint gebruikt kan worden
 - Hoe ver kan de teler de CO₂ concentratie van de kaslucht verhogen?
 - Waardoor kan dit worden beperkt?
- d) In de kas is het mogelijk om een minimum- of een maximumraamstand in te stellen voor zowel de luwe- als de windzijde.
- Wat is de reden dat telers een minimum- en maximumraamstand kunnen instellen?
- e) In de kas is het mogelijk om een minimum- en maximumbuistemperatuur in te stellen.
- Waarvoor gebruiken telers een minimum buistemperatuur?
Een onderdeel van het nieuwe telen is het minimaal gebruiken en/of verlagen van de minimumbuistemperatuur.
 - Wat is hiervoor de reden volgens jullie?
 - En welke functie heeft een maximumbuistemperatuur?

Opgave 3.3 Belichting

In de kas kan de teler kiezen voor verschillende soorten belichting. De meest gebruikte soorten belichting zijn SON-T lampen of LED lampen. Toch zit er verschil in deze lampen en zijn er verschillende redenen waarom een teler voor het één of het ander kiest.

- a) Kies een gewas dat je goed kent en vul onderstaande tabel in met wat jij voordelen en nadelen vindt van LED- en SON-T-lampen voor dit gewas.

	LED	SON-T
Voordelen		
Nadelen		

Open de volgende link: [Belichting](#) en druk op RUN.

- b) Zet de topbelichting op SON-T en de intensiteit op $200\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ en druk op RUN. Verander dan het type lamp naar LED.
- Welke verschil zie je tussen de twee type lampen?
 - En wat is het verschil met en zonder belichting?
- c) Wanneer zou een teler eerder voor LED belichting kiezen en wanneer eerder voor SON-T? Bespreek dit in de klas of in groepsverband.

Opgave 3.4 Constructie van de kas

Als een teler een kas gaat bouwen dan staat hij voor veel keuzes. De constructie van de kas, het materiaal, de hoeveelheid installaties, het heeft allemaal invloed op de kosten, maar ook de energiebalans van de kas.

Open de volgende link: [Constructie van de kas](#). In de kas is het 20°C met een RV van rond de 80%.

- a)** Zet de tijd op 12:00, de buitentemperatuur op 10°C en de straling op 400W/m². Druk nu op RUN.
- Maak een schermafdruck (PrtSc) en kijk goed naar de waardes van het kasklimaat en naar de energiebalans. (als dat niet lukt: toets fn + microsofttoets + Prt SC).
 - Zet nu het kasdek materiaal op dubbel glas en druk op RUN.
 - Schrijf op wat er veranderd en waarom dit verandert.
- b)** Stel hetzelfde buitenklimaat in als bij opgave a en zorg dat er het kasdek materiaal bestaat uit enkel glas en druk op RUN.
- Maak een schermafdruck (PrtSc) en kijk goed naar de waardes van het kasklimaat en de energiebalans.
 - Zet er nu een energiescherm in met een T-waarde van 73% en druk op RUN.
 - Schrijf op wat er veranderd en waarom dit verandert.
- c)** Voeg nu een tweede energiescherm toe met een T-waarde van 73% en druk op RUN.
- Wat verandert er nu? Zijn de verschillen net zo groot als bij opgave b?
 - Licht toe hoe de waardes nu veranderen en waarom dit zo is.
- d)** Doe opgave a, b en c nog een keer, maar dan met de tijd op 02:00 A.M. (nacht), een buitentemperatuur van 5°C en een straling van 0 W/m².



Theoretisch Kader: Het belang van Schermen

Het belang van schermen: Goed isolerende schermen zijn een belangrijke factor voor zowel klimaatverbetering als voor de besparing op warmte-energie. Zodra de buitentemperatuur onder de kastemperatuur komt, kan er al worden geschermd.

Schermen overdag: Behalve gebruik in de nacht neemt ook het gebruik van een energiescherm overdag toe. Naast energiebesparing levert dat als voordeel op dat er een zeer gelijkmatig klimaat ontstaat en uitstraling voorkomen wordt.

Positie scherm: Deze parameter geeft de positie van het scherm aan. Bij 0% is het scherm volledig open en wordt er dus niet geschermd. Een waarde van 100 % geeft aan dat het scherm volledig gesloten is.

Temperatuur scherm: Deze parameter geeft de temperatuur (°C) van het scherm aan.

Condensatie scherm: Deze parameter geeft aan (droog of nat) of er condensatie optreedt bij het scherm.

Condensatie flux scherm: Deze parameter geeft aan hoeveel condensatie (g/m²/h) er ontstaat aan het scherm per uur.

Warmtestraling scherm naar kasdek: Deze parameter geeft aan hoeveel warmte (W/m²) het scherm uitstraalt naar het kasdek.

Opgave 3.5 Schermen

- a) Voor welke doeleinden kunnen schermen worden gebruikt? Noem er minimaal 3.
- b) Open de volgende link met informatie over [klimaatschermen](#). Kijk of je in de informatie op deze website nog meer doeleinden kunt vinden om een scherm te gebruiken.
- c) Een tomatenteler wil een kastemperatuur aanhouden van 20°C. De buitentemperatuur is 3°C. Kijk op de website [klimaatschermen](#). Welk scherm zou jij adviseren voor deze situatie en waarom?
- d) Een Kalanchoë gaat bloeien bij korte dag. Een Kalanchoë teler wil in de avond al het licht weg schermen om zo een korte dag te creëren voor de planten. Er mag geen licht in de kas komen van 6 uur in de avond tot 8 uur in de ochtend. Welk scherm zou jij adviseren voor deze situatie en waarom?
- e) Een Phalaenopsis teler wil in de zomer bij een hoge buitenstraling direct licht wegschermen om verbranding van de plant te voorkomen. Wel wil hij gebruik kunnen maken van zoveel mogelijk buitenstraling voor de fotosynthese/groei, daarnaast wil hij een kastemperatuur aan kunnen houden van 21°C. Welk scherm zou jij adviseren voor deze situatie en waarom?



Lees meer over schermen op de wiki [groenkennisnet](#).

Opgave 3.6 De vochtbalans optimaliseren

De vochtbalans is de balans tussen de aan- en afvoer van vocht. De aanvoer is vaak gelijk aan de gewasverdamping. De afvoer kan op twee manieren gebeuren.

- a) Noem drie manieren waarop de hoeveelheid vocht in de kas verminderd kan worden?
- b) Welke niveau parameters zijn belangrijk bij het meten van de vochtbalans?
- c) Welke meetinstrumenten zijn handig bij het op orde houden van de vochtbalans?

Open de volgende link: [De vochtbalans optimaliseren](#) en druk op RUN.

- d) Hoeveel vocht wordt er via ventileren afgevoerd en hoeveel via condensatie?

Zet de buitentemperatuur naar 5°C en het RV setpoint ventileren op vocht op 85%.

- e) Wat gebeurt er met de vochtafvoer?

Opgave 3.7 De assimilatenbalans optimaliseren

Assimilatenbalans is de verhouding tussen de aanmaak van suikers en het gebruik van suikers. De aanmaak is afhankelijk van de hoeveelheid licht en de temperatuur. Het gebruik is afhankelijk van de temperatuur.

Open de volgende link: [De assimilatiebalans optimaliseren](#).

In Kassim kun je ook grafieken maken. De tool hiervoor heet Range Run en staat onderaan de simulatie (onder de kas).

Vul onderaan de simulatie bij 'input (x)' globale straling in en zet de start waarde op 100 en de eind waarde op 1000. Vul bij 'output (y1)' temperatuur kaslucht in en bij 'output (y2)' totaal netto fotosynthese in. Klik op Range Run.

- a) Kijk in de grafiek wat valt op aan de toename van de netto fotosynthese?

De oude denkwijze was altijd dat de temperatuur niet te hoog mocht worden, omdat het verbruik van assimilaten dan groter wordt. In de vorig opdracht heb je kunnen zien dat hoewel de temperatuur in de kas toeneemt, de netto-fotosynthese ook nog blijft toenemen. Het is in deze situatie wel een vereiste dat er genoeg CO₂ en vocht in de lucht zit.

Vul bij 'output (y1)' Relatieve vochtigheid kaslucht in en bij 'Gewas type' Ficus in. Dit gewas verdampt veel minder dan een tomaten gewas.

- b) Kijk in de grafiek wat is volgens jou de verklaring dat de fotosynthese afneemt?

Opgave 3.8 De waterbalans optimaliseren

De waterhuishouding van de plant wijzigt gedurende de teelt voortdurend. Daarom is het van belang dat de teler de waterbalans probeert te optimaliseren.

- a) Waarom is een goede waterbalans belangrijk? Noem minstens 2 redenen.
- b) De waterbalans hangt sterk samen met de energiebalans van de plant. Waardoor komt dit?
- c) Welke twee manieren van plantverdamping zijn er volgens de theorie van Het Nieuwe Telen?

Open de volgende link: [De waterbalans optimaliseren](#)

- d) Wat is de verdamping van het gewas, de condensatie flux, vochtflux en verwarmingsvermogen?

Verander het setpoint ventileren naar 85%..

- e) Wat is nu de verdamping van het gewas, de condensatie flux, vochtflux en verwarmingsvermogen?
- f) Wat is de reden dat de verdamping van het gewas nu omlaag is gegaan?

Niveau 4: Oefenen met Kassim

Niveau 4 is qua opzet hetzelfde als niveau 3, waarbij je opnieuw intensief zal oefenen met de werking van Kassim. Dit gebeurt wederom door middel van het maken van opgaven. In dit vierde niveau worden er onderwerpen en setpoints behandeld die net iets ingewikkelder zijn dan die uit het voorgaande niveau. Voor niveau 4 zijn de volgende leerdoelen opgesteld:

- Je bent in staat de theorie van Het Nieuwe Telen toe te passen tijdens het uitvoeren van simulatieopdrachten;
- Je bent meer in detail bekend met de werking van het simulatie programma Kassim.

Wanneer je het derde en vierde niveau met succes hebt doorlopen, krijg je in niveau 5 en 6 de gelegenheid om zonder al te veel begeleiding aan de slag te gaan met de sturing van het klasklimaat in simulaties.



Theoretisch Kader: Laat maar waaien

Ventilatie: Dit is de uitwisseling van kaslucht en buitenlucht, waar normaal gesproken vocht en warmte mee wordt afgevoerd. De mate van warmteafvoer en vocht afvoer wordt bepaald door het verschil in luchttemperatuur en absoluut vochtgehalte binnen-buiten in combinatie met de windsnelheid.

Ventilatiesnelheid: De hoeveelheid uitgewisselde lucht in $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$. In berekeningen en vergelijkingen hoeft de kashoogte niet mee te worden genomen.

Ventilatievoud: Dit geeft aan hoe vaak de kasinhoud per uur wordt ververs, dus in $\text{m}^3/\text{m}^3 \text{ uur}$.

Ventilatie (of recirculatie) capaciteit: De hoeveelheid lucht in m^3/m^2 die per uur door een ventilatie- of recirculatiesysteem kan worden ingebracht of rondgepompt.

Natuurlijke ventilatie: Hierbij wordt de drijvende kracht voor de luchtuitwisseling geleverd door natuurlijke oorzaken: temperatuurverschil, drukverschil en wind.

Geforceerde ventilatie (buitenluchtaanzuiging): In dit geval wordt de drijvende kracht voor luchtuitwisseling geleverd door ventilatoren (en slurven).

Opgave 4.1 Ventilatie

Gangbaar is om eerst vooral met de luwe zijde te luchten en pas de windzijde er langzaam bij te zetten als luchten met de luwe zijde voor 25% tot 50% open is. Onder invloed van Het Nieuwe Telen lijkt het werken met tegenlucht (windzijde en luwzijde gelijk op open) steeds populairder te worden. De eerste stap hiervan is al gezet bij het ventileren boven het gesloten energiescherm.

- a) Welke positieve effecten heeft het gebruiken van tegenlucht? Noem er minimaal 2. Gebruik [De basisprincipes van het Nieuwe Telen](#) om tot je antwoord te komen.
- b) Wat wordt bedoeld met het setpoint naloop windzijde?

De “P-band ventilatie op temperatuur” geeft het kastemperatuurgebied [°C] boven het setpoint ventileren op temperatuur aan, waarbinnen de ramen proportioneel van dicht (0 %) naar open (100 %) gaan.



In de begrippenlijst van [groenkennisnet](https://www.groenkennisnet.nl) kan je informatie vinden over de werking van de P-band.

- c) Leg het nut van de P-band uit en leg dan de werking in je eigen woorden.
- d) Maak onderstaande berekeningen handmatig en met behulp van een rekenmachine. Laat je berekening zien.

Situatie 1

Ventilatietemperatuur: 20°C

Kastemperatuur: 23°C

Raamstand: 60%

Wat is de P-band?

Situatie 2

Ventilatietemperatuur: 22°C

Kastemperatuur: 24,5°C

P-band: 8

Wat is de raamstand?

Situatie 3


Ventilatietemperatuur: 21°C

Raamstand: 25%

P-Band: 4

Wat is de kastemperatuur?

We gaan nu verder in Kassim. Open de volgende link: [Ventilatie](#)

- e) Voer één voor één de wijzigingen 1 t/m 4 in. Druk hierna op RUN en controleer daarna de **kasttemperatuur, plant temperatuur en de raamstand**. Schrijf deze ook op! Zorg ervoor dat de simulatie telkens weer terug gezet wordt naar de oorspronkelijke waarden met 

Breng nu de wijzigingen aan en beantwoord de bijbehorende vragen.

Wijziging 1

Verander de P band ventileren op temperatuur van 5 naar 3

Welk effect heeft dit op bovengenoemde parameters? Schrijf op.

Wijziging 2

Verander de ventilatie temperatuur van 21 °C naar 18 °C

Welk effect heeft dit op bovengenoemde parameters? Schrijf op.

Wijziging 3

Verander de P-band vocht van 5 naar 3

Welk effect heeft dit op bovengenoemde parameters? Schrijf op.

Wijziging 4

Verander het setpoint vocht van 80% naar 70%

Welk effect heeft dit op bovengenoemde parameters? Schrijf op.

Wijziging 5

Verander het setpoint naloop 50% naar 10%

Welk effect heeft dit op bovengenoemde parameters? Schrijf op.

Opgave 4.2 Uitstraling voorkomen

Per graad temperatuurverschil vindt er circa 5W/m² aan uitstralingsverlies plaats tussen de plant en het kasdek of de plant en het onderste scherm.

Nu hangt de temperatuur van het kasdek af van verschillende dingen.

- Van welke factoren hangt de temperatuur van het kasdek af? Noem er minimaal 2
- Waar hangt de uitstraling van de plant naar het kasdek vanaf? Maak onderscheid tussen 'met scherm' en 'zonder scherm'
- Wat is het effect van uitstraling van het gewas op het gewas? Noem er minimaal 5

Het is belangrijk dat een teler op het juiste moment zijn doek opent of juist sluit. Om het makkelijker te maken voor de teler zijn er een paar randvoorwaarden opgesteld waarbij het doek open of dicht moet.

Maak gebruik van de PowerPoint [Het Nieuwe Telen](#) voor het onderbouwen van je antwoorden.

- Wanneer is het slim om het doek te sluiten?
- Wanneer is het slim om het doek te openen?



Enthalpie is de energie-inhoud van de lucht. Lucht kan energie bevatten als voelbare warmte en latente warmte. Latente warmte is energie die in waterdamp zit. Deze energie was nodig voor het verdampen en komt vrij met condenseren. De enthalpie telt de hoeveelheid energie van de voelbare warmte en de latente warmte op. Om de enthalpie te berekenen wordt er dus gekeken naar hoeveel energie er nodig is om de temperatuur op te warmen van 0°C tot de huidige temperatuur. Dit wordt opgeteld bij de energie die nodig is geweest om de hoeveelheid vocht in de lucht te verdampen, dit totaal geeft de enthalpie.

Opgave 4.3 Enthalpie

In opgave 1 ventileren heb je al het een en ander geleerd over het beheren van de temperatuur en vocht in de kas. In de volgende opgave gaan we kijken naar hoe vocht en de temperatuur van elkaar afhankelijk zijn in de energiebalans van de kas.

a) Uit welke twee componenten bestaat de enthalpie?

b) Hoe wordt de enthalpie-waarde berekend?



Rekenvoorbeeld

Het opwarmen van 1°C per kg lucht kost 1 KJ, dus om een temperatuur van 25°C te krijgen is er 25 KJ energie nodig. Het verdampen van 1 kg water kost 2500 KJ. We werken echter niet met kg water in de lucht, maar met grammen.

Om de energie van 5 gram vocht in de lucht te berekenen doen we $0,005 \times 2500 = 12,5$ KJ. Per g vocht per Kg lucht neemt de enthalpie dus met 2,5KJ toe. Wanneer er bij een temperatuur van 25°C dus 5 gram vocht in de lucht zit is er in totaal $25 + 12,5 = 37,5$ KJ energie in de lucht.

LET OP! De berekening klopt alleen voor absoluut vocht per g/Kg lucht. Kassim geeft absoluut vocht weer in g/m³ en dit geeft dus een iets andere berekening! Gebruik voor de omrekening het [psychrodiagram](#) van LetsGrow.com

c) Wat is de enthalpie bij de volgende situaties:

Situatie 1

Temperatuur: 15°C

Absoluut vocht: 7g/kg

Situatie 2

Temperatuur: 20°C

Absoluut vocht: 10g/kg

Situatie 3

Temperatuur: 10°C

Absoluut vocht: 5g/kg

Open de volgende link: [Enthalpie](#) en druk op RUN.

In de kas staan ficussen, dit gewas verdampt van zichzelf niet zo veel, waardoor het in de kas snel warm en droog wordt.

- d)** Wat is de temperatuur, het absoluut vocht en de enthalpie?
- e)** Reken uit welk deel van de enthalpie van het vocht komt en welk deel van de enthalpie van de temperatuur komt. Let op! Doordat Kassim AV in g/m³ berekend en niet in g/kg zal het antwoord niet helemaal overheen komen met de enthalpie uit Kassim.

Verander 'Nozzle capaciteit' onder het kopje verneveling naar 200.

- f)** Wat gebeurt er met de temperatuur, het absoluut vocht en de enthalpie? En wat valt je op?
- g)** Kijk nu naar de enthalpie binnen en buiten de kas. Bereken het verschil.
- h)** Verander 'Nozzle capaciteit' onder het kopje verneveling weer terug naar 0. Bereken het enthalpieverschil tussen binnen en buiten opnieuw. Wat valt je op?

Door het verdampen van vocht neemt de temperatuur af en neemt de enthalpie toe. Hoe groter het enthalpieverschil hoe sneller energie wordt uitgewisseld tussen binnen en buiten de kas. Er is dus minder ventilatiecapaciteit nodig bij een hoger enthalpieverschil.

- i)** Kijk ook eens naar het verschil in CO₂ en de raamstanden wanneer er wel of niet verneveld wordt. Wat valt je op?

Niveau 5: Werken met complexe Kassim-situaties

Als je voorgaande niveaus zonder al te veel moeite hebt doorlopen, ben je er nu bijna klaar voor om zelfstandig aan de slag te gaan met de sturing van het klasklimaat (binnen Kassim). Dit voorlaatste niveau is een opstapje naar het laatste niveau, waarin de moeilijkste opgaven van de onderwijsmodule te vinden zijn. Als je toch merkt dat deze opgaven nog wat lastig zijn, kun je er ook voor kiezen om eerst nog een aantal opgaven uit voorgaande niveaus opnieuw te maken of misschien heeft je docent wel zelf extra opgaven gemaakt. Voor niveau 5 is het volgende leerdoel opgesteld:

- Je bent in staat de theorie van Het Nieuwe Telen toe te passen tijdens complexe simulatieopdrachten.

Opgave 5.1 Buitenumstandigheden

Open de volgende link: [Buitenumstandigheden](#)

Neem met je docent alle setpoints door. Begrijp je ze allemaal, dan kun je verder met de vragen.

Stel de datum en tijd in op de actuele datum en tijd. Zoek op wat de huidige buitenumstandigheden zijn en vul deze ook in.

Om bloei te krijgen in een komkommer gewas is er een temperatuur nodig van rond de 18 tot 21 °C. Probeer zelf een kasklimaat te creëren met een temperatuur van 20-21 °C en een RV van tussen de 85 en 95%.

- a) Welke parameters heb je aangepast? Beschrijf ook waarom.

Behoud nu het gewas, maar verander de tijd en datum naar 8 augustus 2020 om 13:00. Zoek op wat de weersomstandigheden van deze dag waren en vul deze in. Ga hiervoor naar de volgende [website](#) en ga onder aan de pagina naar de tijdmachine.

- b) Globale instraling heeft invloed op de verschillende parameters van de kas.
- Wat is het verschil in globale straling van 8 augustus ten opzichte van de huidige weersomstandigheden?
 - Noem drie verschillende parameters waarop globale instraling een effect heeft.
 - Beschrijf ook waarom globale instraling dit effect heeft op die parameters.

Opgave 5.2 Schermen om instraling te verminderen

Open de volgende link: [Schermen tegen instraling](#)

Wanneer het te warm wordt in de kas en er een grote hoeveelheid instraling is, kan een tomatengewas onder stress komen te staan. Hierbij kan het tomatengewas schade oplopen, door bijvoorbeeld verbranding in de kop. Schermen werkt ook voor de bescherming van de bloemen, deze hebben geen huidmondjes en zullen sneller verbranden.

- a) Stel het kasklimaat in met een temperatuur van 25°C en een RV van tussen de 80% en 90%, zonder je schermen te gebruiken. Druk hierna op RUN.
- Welke parameters heb je veranderd?
 - Noteer ook op welke waardes je de parameters hebt ingesteld.

- b) Zoek informatie over schade door te hoge temperatuur of instraling bij tomaten. Is het verstandig om in deze situatie te gaan schermen? Licht je antwoord toe.

Het VPD-plant is het verschil tussen waterdampdruk in het blad en de waterdampdruk in de kaslucht. Het VPD kan alleen worden berekend als naast de kasluchttemperatuur en de RV ook de planttemperatuur wordt gemeten.

- c) Behoud je huidige simulatie. Noteer vervolgens in de tabel hieronder de VPD-plant voor bladlaag 1 t/m 3. De temperatuur loopt gedurende de dag hard op en het begint wat meer te waaien. Om 14:00 wordt er een buitentemperatuur van 34 °C, een globale instraling van 1000W/m² en een windsnelheid van 8m/s gemeten. Voer deze waardes in en druk op RUN. Noteer nu de VPD-plant voor bladlaag 1 t/m 3.

	VPD 12:00 uur	VPD 14:00 uur
Bladlaag 1	... kPa	... kPa
Bladlaag 2	... kPa	... kPa
Bladlaag 3	... kPa	... kPa

- d) Welke gevolgen hebben de buitenomstandigheden van 14:00 op de VPD-plant?

- e) Reset de simulatie door op 'REFRESH' te drukken. Stel vervolgens de volgende waardes in:

Globale straling:	900 W/m ²
Buitentemperatuur:	28 °C
Setpoint verwarmen:	18 °C
Setpoint ventileren op temperatuur:	22 °C
Setpoint ventileren op vocht:	80%

Kies vervolgens een scherm, waarvan jij vindt dat het beste werkt. Hou hierbij ook rekening met de VPD-plant. Licht toe waarom je voor dit scherm kiest.

Druk nu op RUN.

- f) Welke gevolgen heeft het inzetten van het scherm op de kas temperatuur, het RV en de temperatuur van het gewas? En wat zijn de effecten op de VPD-plant?

Opgave 5.3 Schermen tegen uitstraling

Door uitstraling naar een koud kasdek of een koud energiescherm daalt de temperatuur van de bovenste gewasdelen tot onder die van de kaslucht temperatuur. Dit heeft een aantal gevolgen.

- a) Waar kan uitstraling toe leiden? Noem minimaal 3 dingen

Open de volgende link: [Schermen tegen uitstraling](#)

Stel de datum en tijd in op 3 maart 2020, 23:00 uur. De volgende meteo omstandigheden kunnen worden ingesteld:

Bewolking	Onbewolkt
Globale instraling	0 W/m ²
Buitentemperatuur	13°C
Luchtvochtigheid	60 %
Windsnelheid	5 m/s

Druk hierna op RUN.

- b) Wat is de netto straling boven het gewas?

Zet nu een energiescherm erin met T=89 %. Druk opnieuw op RUN.

- c) Wat is nu de netto straling boven het gewas?

- d) Test verschillende schermen en noteer wat de netto straling van het gewas is. Welk scherm lijkt jou als beste om in te zetten? Motiveer waarom.

Opgave 5.4 De twee tomatentelers

Twee tomatentelers van aangrenzende bedrijven komen elkaar tegen en raken aan de praat. Een van de telers heeft zojuist de cursus Het Nieuwe Telen gevolgd en vertelt dat hij sindsdien meer schermuren is gaan maken. De andere teler, nog van de oude stempel, geeft aan dat het hebben van meer schermuren nergens voor nodig is.

Het is de maand november. De gemiddelde buitentemperatuur is zo'n negen graden Celsius en de relatieve luchtvochtigheid bedraagt 85 procent. De gemiddelde instraling deze maand is 230 Watt/m², het is halfbewolkt en de windsnelheid bedraagt vier meter per seconde.

Open de volgende link: [De twee tomatentelers](#)

Beide telers streven naar het volgende kasklimaat:

Temperatuur= 21 graden
Relatieve luchtvochtigheid: 80-90 %

- a) Realiseer door aanpassingen aan de setpoints het bovenstaande gewenste kasklimaat. Noteer welke setpoints er zijn veranderd.

De dag loopt op zijn einde met als gevolg een daling van de temperatuur naar vijf graden Celsius en een straling van 100 Watt/m². De teler die de cursus Het Nieuwe Telen heeft gevolgd gaat schermen bij een instraling < dan 150 Watt/m² dan ander pas bij < dan 30 Watt/m²

- b) Verander met uitzondering van het schermen geen setpoints. Gekeken naar de energiebalans van de kas, welke teler is er in deze situatie beter bezig en waarom?
- c) Schermen oefent ook invloed uit op de plant. Welke veranderingen zie je in de planttemperatuur en de verdamping van het gewas? Kijk hierbij goed naar de diverse plantlagen. Wat zijn de gevolgen van deze veranderingen?
- d) Gekeken naar de invloeden op het energieverbruik, het klimaat en de plant zou jij als toekomstig teler wel of niet intensief gaan schermen? Houd rekening met het feit dat het mogelijk is om schermkieren te gebruiken.
- e) Onderzoek het effect van een schermkier. Lijkt het je goed een schermkier aan te houden, zo ja, welke? Leg uit waarom schermkieren bij schermen tegen uitstraling juist wel belangrijk zijn.

Niveau 6: Analyseren van ontstane situaties in Kassim

Eenmaal aangekomen (of ingestapt) bij het 6^e en tevens laatste niveau van de onderwijsmodule, ben je toe aan het analyseren van ontstane Kassim-situaties in opgestelde casussen. Met het succesvol uitwerken van deze casussen wordt de onderwijsmodule afgerond. Daarmee mag je jezelf een heuse Kassim-expert noemen. Deze oefeningen geven je een basis om, onder begeleiding, te starten met aan de knoppen van de klimaatcomputer te mogen draaien in een echte kas. Omdat het klimaat en het gewas altijd anders is, zul je hier in de praktijk ook nog veel ervaring mee op moeten doen. De start is echter gemaakt. Voor niveau 6 is het volgende leerdoel opgesteld:

- Je bent in staat theoretisch onderbouwde verklaringen te geven voor de in de simulatieopdrachten ontstane situaties.

Opgave 6.1 Phalaenopsis casus

In deze opgave is een Phalaenopsis teelt beschreven in de opkweek fase. In de opkweek is het klimaat tropisch, met een etmaaltemperatuur van 28°C, een RV van 70-80% en er hangt 100 µmol belichting in de kas. Het natuurlijke klimaat van de Phalaenopsis is hierbij nagebootst, wat ervoor zorgt dat de plant vegetatief groeit.

- a) Wat voor installaties in de kas zou jij adviseren om deze setpoints te realiseren op een zo energiezuinig mogelijke manier?
- b) Wat is er volgens jou energiezuinig aan de door jou boven genoemde installaties? Bespreek de uitkomst van deze opgave met een klasgenoot.

Open de volgende link: [Phalaenopsis casus](#)

Ga nu naar de volgende [website](#) en ga onder aan de pagina naar de tijdmachine. Zoek het klimaat op in Monster op 10 Augustus 2020, om 4 uur in de middag. Stel dit buitenklimaat in de simulatie van Kassim in. De straling op dit moment is 750 W/m².

- c) Welke instellingen zou jij kiezen als teler om het gewenste kasklimaat te bereiken? Je mag alle beschikbare instrumenten binnen Kassim gebruiken. De RV mag niet onder de 70% komen, maar ook niet boven de 95%. De kastemperatuur mag niet hoger zijn dan 30°C en de planttemperatuur mag ook niet hoger zijn dan 28°C. In de kas zijn 2 schermdoeken aanwezig, een energiescherm met een T-waarde van 73% en een schaduw scherm met een T-waarde van 11%. Ook is er assimilatiebelichting aanwezig in de kas.

Stel dus met deze gegevens de optimale strategie in om binnen deze setpoints te blijven. Controleer hierbij de kastemperatuur, de planttemperatuur, de luchtvochtigheid, de verdamping, het VPD en de raamstand. Scherp alle instellingen aan tot je een goede strategie hebt gevonden.

- d) Beschrijf de gekozen strategie, wat zijn volgens jou de belangrijkste punten waar je op let bij het instellen van een klimaatstrategie? En waarom?

- e) Overleg de gekozen strategie met je klasgenoot. Verschillen jullie instellingen? Als dit zo is, waarom denk je dat jullie instellingen verschillen?
- f) In de kas hangt 100 μmol assimilatiebelichting. Is het nodig dat deze belichting op deze dag nog aan gaat, als er wordt gekeken naar het verloop van de dag op het gebied van instraling? Licht je antwoord toe.

Opgave 6.2 Vochtafvoer bij schermen

Wanneer je veel gebruik maakt van schermen, kan de luchtvochtigheid in de kas gemakkelijk oplopen. Door gebruik te maken van luchtinblaasinstallaties (geforceerde ventilatie) kan dit worden voorkomen. Wanneer de teler hier niet over beschikt, moet hij dit met bestaande middelen voor elkaar krijgen. Volgens Het Nieuwe Telen moet hij hierbij een logische volgorde aanhouden.

- a) Welke volgorde van maatregelen neemt een teler om vocht effectief af te voeren wanneer de teler niet beschikt over een luchtinblaasinstallatie?

Een rozenteler wilt 's ochtends het vocht in zijn kas afvoeren. Hij wil via een minimumbuis en ventileren een RV van 75% halen.

Open de volgende link: [Vochtafvoer bij schermen](#) en voer de volgende waardes in:

Buiten temperatuur	11°C
Ventilatietemperatuur	20°C
Maximum raamstand	100%
Verwarmingstemperatuur	15°C
Setpoint ventileren op vocht	75%
Minimum buistemperatuur	50°C

Druk vervolgens op RUN

Welke gevolgen heeft zijn strategie van 's ochtends stoken met een minimumbuis van 50°C voor de:

- b) Vochtbalans?
- c) Energiebalans?

Noteer de waardes van de parameters die te maken hebben met de balansen en licht deze toe.

De buurman van de teler is pas gestart met het telen van rozen. Ook hij wil ook het vocht afvoeren in de kas. Hij wil zijn energiescherm dichthouden en hij besluit om boven het scherm te luchten.

Druk op 'REFRESH' en voer de volgende waardes in:

Buiten temperatuur:	11°C
Ventilatietemperatuur:	20°C
Maximum raamstand	100%
Verwarmingstemperatuur:	15°C
Minimum buistemperatuur:	0°C
Setpoint ventileren op vocht:	80%

Kies vervolgens een energiescherm, druk daarna op RUN.

- d)** De teler ziet dat de temperatuur en de RV nu te hoog oplopen. De instraling is nog te hoog voor volledig sluiten van het scherm. Hoe kan de teler dit probleem oplossen?

Tip: Denk aan de stappen die je volgt bij vochtafvoer volgens Het Nieuwe Telen.

Welke gevolgen heeft zijn strategie met luchten boven het scherm voor de:

- e)** Vochtbalans?
f) Energiebalans?

Noteer de waarden van de parameters die te maken hebben met de balansen en licht deze toe.

- g)** Welke teler heeft volgens jou de beste keuze gemaakt? Licht ook toe waarom de keuze beter is aan de hand van de vochtbalans, de energiebalans en de theorie van Het Nieuwe Telen.

Opgave 6.3 Vochtbeheersing volgens HNT

Een traditionele tuinder stelt vaak een minimumbuistemperatuur in, en houdt een kier in het scherm om zoveel mogelijk vocht af te voeren en de verdamping te stimuleren met luchtbeweging. Door de kier in het scherm condenseert het vocht tegen het dek, als dit niet voldoende gebeurt zal de teler meer ventileren. Een RV van 75% - 80% is een veel gebruikte instelling.

Open de simulatie Workshop Kassim - schermkier:

<https://www.digigreenhouse.wur.nl/edu/kassimClient2/?token=039f33b8-0c95-424c-bbdf-def758f22348>

- a)** Plaats in scherm in de simulatie en stel het klimaat in voor de traditionele teler.
b) Maak een overzicht van de gemeten waarden Temperatuur en RV onder en boven het scherm, plant temperatuur en verdamping, ventilatie van vocht en warmte, buistemperatuur en warmteafgifte. (evt. tabelletje al maken)
c) Wat is de invloed van de grootte van de schermkier op de warmteafgifte van de buizen?

De teler die Het Nieuwe Telen hanteert houdt een andere volgorde aan: Scherm is gesloten en vocht condenseert tegen het koude dek, is dit niet genoeg dan luchten boven het scherm. De buizen worden pas warm als er warmtevrage ontstaat. De RV heeft een hoger setpoint 85-90%. Pas als dit niet haalbaar is trekt de teler een kier.

- d)** Stel nu het klimaat in volgens Het Nieuwe Telen voor het beheersen van het vochtgehalte in de kas met hoger RV setpoint en volledig gesloten scherm.
e) Maak een overzicht van de gemeten waarden Temperatuur en RV onder en boven het scherm, plant temperatuur en verdamping, ventilatie van vocht en warmte, buistemperatuur en warmteafgifte. (Tip: tabelletje al maken)

- f)** Speel nu achtereenvolgens met **de buitentemperatuur, de buiten RV en de windsnelheid** en onderzoek wat de invloed is op de haalbaarheid van het gewenste klimaat.
- g)** Bespreek de resultaten in een korte discussie. Besteed hierin ook aandacht over jouw verwachting ten aanzien van Botrytis risico.

Nawoord:

Je bent aan het einde gekomen van de onderwijsmodule “Werken met Kassim”.

In deze module heb je de basis gelegd aan het implementeren van Het Nieuwe Telen in de diverse praktijksimulaties. Wij als auteurs hopen dat je aan de hand van deze module speelsgewijs begrips- en toepassingskennis hebt opgedaan om het gebied van Het Nieuwe Telen en klimaat en sturing (Kassim). Het is nu aan jou om deze leerlijn zelfstandig voort te zetten en uiteindelijk de kloof tussen de toepassing in de praktijk en het theoretisch onderwijs te overbruggen.

Succes!

Mark van der Arend

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Marissa van Duijn

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Jesse Hendriks

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Jelmer Keemink

Student Tuinbouw & Agribusiness op Hogeschool Inholland Delft

Bart van der Sande

Student Landscape and Environment Management op Hogeschool Inholland Delft

Frank van der Helm (eindredactie)

Docent Expert Tuinbouw op Hogeschool Inholland Delft

PROJECTPARTNERS

KENNISINSTELLINGEN



TELERS

BETROKKEN PARTIJEN

Dit onderzoek is medegefinancierd door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk onderzoek.

