



Tulpen zonder Gas

Hoe ver kun je komen zonder een warmtepomp?

Jeroen Wildschut

Rapport WPR-970

Referaat

Tulpen worden gebroeid van december t/m april waarna de kas in de zomer leeg staat. Tulpen teler/broeier Sam Ruijter bedacht een eenvoudige manier om het waterbroeisysteem in de kas om te bouwen tot zonnecollectoren (elk 300 m²) en hiermee zomerse warmte te oogsten. Door dit goed geïsoleerd op te slaan en te gebruiken voor drogen & bewaren, en voor kasverwarming bij de broei zouden *tulpen zonder gas* geproduceerd kunnen worden. WUR onderzocht of dit *zonder* warmtepomp mogelijk is.

Van 15 september tot 22 oktober 2018 is de temperatuur van het water uit de zonnecollector "gefit" op de globale straling, de buitentemperatuur en het debiet. Vervolgens is met de data van het KNMI de warmteoogst van het gehele seizoen geschat.

Resultaten lieten zien dat met warmte oogsten boven 35°C voldoende energie geoogst wordt om zonder warmtepomp in de energiebehoefte van drogen & bewaren te voorzien, indien voldoende opslagcapaciteit in een tank beschikbaar is (> 2800 m³ per collector). Warmte die geoogst wordt tussen de 23 en 35°C kan in de aquifer worden opgeslagen en voor ± 70% in de energiebehoefte van de broei voorzien. Hiervoor is wel een warmtepomp noodzakelijk.

Abstract

Tulips are forced from December to April. During the summer the greenhouse is empty. Tulip farmer Sam Ruijter thought up a method to transform the tulip hydroponic forcing system into a solar heat collector in order to store the heat in water tanks. Through a heat exchanger the heat could be used for drying bulbs, for heating the bulb stores, and possibly for heating the greenhouse in the winter. WUR monitored this system to see if the use of a heat pump could be avoided.

The temperature of the solar heat collector was fitted to the global radiation, the outdoor temperature and to the waterflow from 15 September to 22 October 2018. With data from the Dutch Meteorological Institute (KNMI) the total harvested heat could be estimated.

Results showed that if water storage capacity is sufficient (> 2800 m³ per collector of 300 m²), enough ≥ 35°C water could be harvested to cover the energy needs for drying and storing the bulbs without a heat pump. Heat harvested at 23 – 35°C could be stored in an aquifer and cover the energy needs of tulip forcing in the winter for ± 70%. This latter however, requires a heat pump.

Rapportgegevens

Rapport WPR-970

Projectnummer: 3742 2692 00

DOI nummer: 10.18174/527867

Thema: Klimaat

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van min. van LNV.

Disclaimer

© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw - Bollen

Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research. Kamer van Koophandel nr.: 09098104, BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research. Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw - Bloembollen

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Werkwijze	9
	2.1 Warmtecollector Sam Ruijter	9
	2.2 Systemoverzicht	10
	2.3 Data	10
3	Resultaten	13
	3.1 Warmte oogsten & opslaan	13
	3.2 Warmtebehoefte van de productieprocessen	15
	3.3 Scenario's	16
	3.4 Systemcomponenten	21
4	Conclusies en aanbevelingen	25
	Literatuur en Bronnen	27

Samenvatting

Tulpen teler/broeiers broeien van december t/m april waarna de kas in de zomer niet meer gebruikt wordt. In die periode van mei t/m september is de totale globale instraling 2400-2500 MJ/m², equivalent aan 70 m³ gas/m². Een gemiddeld teler/broeier bedrijf met 30 ha tulpen, een kas van 6000 m² en een productie van 12 miljoen tulpen verbruikt voor het sneldrogen, nadrogen en bewaren van de bloembollen en voor de kasverwarming voor de broei in totaal 185.000 m³ gas. In de maanden mei t/m september zou met een kas van 6000 m² maximaal het equivalent van ± 420.000 m³ gas geogst kunnen worden. Omdat de kas leeg staat kan men de temperatuur hoog laten oplopen en zo met minder water meer warmte oogsten.

Door het innovatieve bedrijf Sam Ruijter Bloembollen is een eenvoudige manier bedacht om het waterbroeisysteem in de kas om te bouwen tot zonnecollectoren en hiermee met water in de zomer de warmte te oogsten. Door dit goed geïsoleerd op te slaan om het voor drogen en bewaren te gebruiken, en voor het gebruik bij de broei van de tulpen zouden *tulpen zonder gas* geproduceerd kunnen worden. Doelstelling van dit project is om dit systeem van warmte-oogsten te monitoren en om na te gaan of het efficiënt en effectief genoeg is om *zonder* warmtepomp de warmte te gebruiken bij drogen & bewaren en bij de broei van tulpen.

Op grond van de data van 15 september t/m 22 oktober 2018 is de temperatuur van het water dat uit de zonnecollector stroomt, dus de temperatuur waarop de warmte geogst wordt, "gefit" op basis van de globale straling buiten (S^b in watt/m²), de buitentemperatuur (T^b in °C) en het debiet (D in m³/uur). Hiermee is het dan mogelijk om met de data van het KNMI de warmteogst van het gehele seizoen (1 mei tot 31 oktober) te kunnen schatten. Op basis van de beschikbare data is de best geschatte functie:

$$T^{uit} = 5,63 + 0,017 S^b - 0,803 D + 1,06 T^b.$$

Hiermee kan dan geschat worden wat het maximale Debiet (m³/uur) mag zijn om bij een gegeven instraling en buitentemperatuur een temperatuur van het uitstromende water van bijvoorbeeld 35°C op te leveren:

$$D \leq (T^{uit} - 5,63 - 0,017 S^b - 1,06 T^b) / -0,803.$$

In een gunstig jaar als 2018 kan bij oogsten boven de 35°C voldoende warmte geogst worden om zonder warmtepomp in de energiebehoefte van drogen & bewaren te voorzien, indien voldoende opslagcapaciteit in tank of silo beschikbaar is.

Wanneer de warmte geogst wordt boven de 35°C en voor verbruik voor drogen & bewaren in de silo of tank opgeslagen wordt, is per collector bij een zeer ongunstig seizoen (1998) een opslagcapaciteit nodig van ruim 550 m³. Bij een zeer gunstig seizoen (2018) is dat ruim 2800 m³.

Warmte die dan geogst wordt tussen de 23 en 35°C voor opslag in de aquifer is in een gemiddeld jaar (2019) bijna het dubbele van wat in de silo op 35°C wordt opgeslagen, in een zeer ongunstig jaar ruim 3,5 keer zoveel en in een gunstig jaar ongeveer 20% meer. Bij een efficiëntieverbetering van 10% is het mogelijk meer warmte voor de silo dan voor de aquifer te oogsten.

In de energiebehoefte van de broei kan alleen gedeeltelijk worden voorzien, ongeveer 70%. Hiervoor is wel een warmtepomp noodzakelijk.

Om zowel voor drogen & bewaren *en* de broei voldoende energie te oogsten en op te kunnen slaan dient het aantal collectoren van 12 naar 18 te worden uitgebreid. De verhouding teeltareaal ↔ oppervlak kas ↔ zonnecollectoren is dan 45 ha ↔ 9000 m² ↔ 5400 m² in plaats van 45 ha ↔ 9000 m² ↔ 3600 m².

Gezien de opslagcapaciteit van de silo (350 m³) zal de geogste warmte met het huidige systeem voornamelijk in de aquifer opgeslagen moeten worden en de warmte in de silo vooral voor het drogen gebruikt worden. Bij voldoende opslagcapaciteit in silo of tank kan zonder warmtepomp in de energiebehoefte van drogen & bewaren worden voorzien. Voor de warmtebehoefte bij de broei is een warmtepomp noodzakelijk.

Het is aanbevolen om het monitoren van dit systeem voort te zetten, vooral ook na het in gebruik nemen van de aquifer. Belangrijke aandachtspunt hierbij is om volledige simultane datasets te verzamelen waarmee het systeem geoptimaliseerd kan worden en toepasbaar voor meerdere bedrijven in de bloembollensector.

1 Inleiding

De dominante bedrijfstypes in de bloembollensector zijn "Telers", dat zijn bedrijven die uitsluitend bollen telen ($\pm 48\%$ van de bedrijven), "Teler/broeiers", bedrijven die zowel telen als broeien ($\pm 40\%$), en "Broeiers", bedrijven die uitsluitend broeien ($\pm 12\%$).

Teler/broeiers broeien van december t/m april voorjaarsbloeiers, vooral tulpen, waarna de kas in de zomer niet meer gebruikt wordt. In die periode van mei t/m september is de totale globale instraling 2400-2500 MJ/m², equivalent aan 70 m³ gas/m².

Een gemiddeld teler/broeier bedrijf (gegevens Energiemonitor 2016) met 30 ha tulpen, een kas van 6000 m² en een productie van 12 miljoen tulpen verbruikt voor het sneldrogen, nadrogen en bewaren van de bloembollen en voor de kasverwarming voor de broei in totaal 185.000 m³ gas. In de maanden mei t/m september zou met een kas van 6000 m² maximaal het equivalent van ± 420.000 m³ gas geogst kunnen worden. Omdat de kas leeg staat kan men de temperatuur hoog laten oplopen en zo met minder water meer warmte oogsten.

Het sneldrogen met warme kaslucht bespaart op zo'n gemiddeld bedrijf 5000 m³ gas. Maar wanneer de kaswarmte opgeslagen kan worden voor gebruik s 'nachts wordt 10000 m³ gas bespaard. Kan de warmte langer opgeslagen worden dan kan het ook voor nadrogen en bewaren gebruikt worden en wordt nog eens 30.000 m³ bespaard. Seizoensopslag in een goed geïsoleerde tank, of een aquifer, maakt het gebruik van de zomerse warmte ook voor de broei in de winter mogelijk. Hiermee zou nog eens 145.000 m³ gas bespaard kunnen worden.

Door het bedrijf Sam Ruijter Bloembollen is een eenvoudige manier bedacht om het waterbroeisysteem in de kas om te bouwen tot zonnecollectoren en hiermee met water in de zomer de warmte te oogsten. Door dit goed geïsoleerd op te slaan om het voor drogen en bewaren te gebruiken, en om het op te slaan voor het gebruik in de winter bij de broei van de tulpen zouden *tulpen zonder gas* geproduceerd kunnen worden.

Doelstelling van dit project is om dit systeem van warmte-oogsten te testen en om na te gaan of het efficiënt en effectief genoeg is om *zonder* warmtepomp de warmte te gebruiken bij drogen, nadrogen, bewaren en bij de broei van tulpen. Als pilot worden door het bedrijf Ruijter Bloembollen in de kas zonnecollectoren gerealiseerd en wordt er een goed geïsoleerde silo voor warmteopslag geconstrueerd van ongeveer 350 m³ met een warmtewisselaar. Tevens wordt het leidingenwerk, de regeltechniek met sensoren en de koppeling aan de klimaatcomputers geïnstalleerd en in twee bewaarcellen wordt een aan laagwaardige warmte aangepaste radiator geplaatst.

Het gehele proces van warmte oogsten, - opslaan en - gebruiken bij drogen, nadrogen en bewaren wordt gemonitord (sensoren, klimaatcomputer en dataloggers) en geanalyseerd door Wageningen University & Research BU Glastuinbouw & Bloembollen. Hiermee kan het systeem geoptimaliseerd worden en geschikt gemaakt voor bredere toepassing in de bloembollensector.

Resultaat van deze pilot is zicht op gasloze productie van tulpen. Duidelijk wordt hoever men zonder een warmtepomp kan komen in het gebruik van door de kas geogste en vervolgens opgeslagen zomerse warmte bij de processen sneldrogen, nadrogen, bewaren en broei.

2 Werkwijze

2.1 Warmtecollector Sam Ruijter

De warmtecollector van Sam Ruijter is opgebouwd uit de elementen van het waterbroeisysteem: op een baan containertafels worden de prikbakken gelegd met de bodem naar boven, aan de randen 2 bakken op elkaar. Daaroverheen komt de eerste laag plastic, zie Foto 1.

Voor het onderzoek naar en het monitoren van het temperatuurverloop in de collector zijn hierin op gelijke afstand van elkaar 12 thermometers geplaatst. In deze bak met een netto oppervlakte van $6 \times 50 = 300 \text{ m}^2$ wordt een laagje water ingebracht dat met een 2^{de} laag zwart plastic afgedekt wordt, Foto 3.



Foto 1 Collector met thermometers.



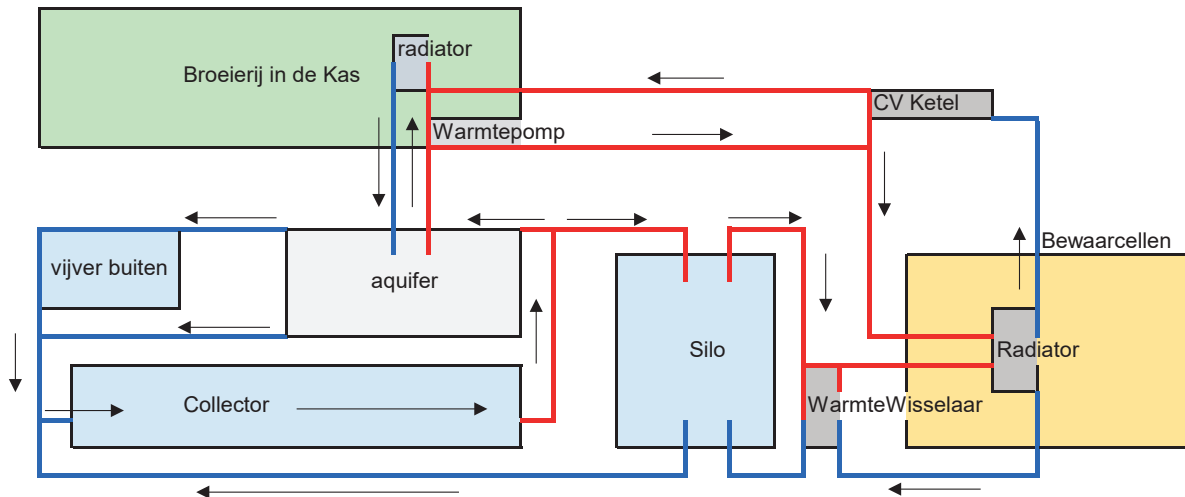
Foto 2 Silo met warmtewisselaar.



Foto 3 Overzicht van een afgedekte collector. Het water stroomt onder de afdekkende plasticfolie van achteren naar voren.

2.2 Systeemoverzicht

In 2018 was één collector geïnstalleerd die gevoed werd uit de vijver buiten. In 2019 zijn de silo en de warmtewisselaar geplaatst (zie Foto 2) en is het aantal collectoren uitgebreid naar 4. Het WKO-systeem met de aquifer als bron en de warmtepomp om in de winter de kas te verwarmen zijn gepland om in 2020 te functioneren. Het volledige systeem is samengevat in het schema hieronder, waarbij voor de overzichtelijkheid de broeierij in de kas (winter) en de warmtecollectoren in de kas (zomer) gescheiden zijn.



Figuur 1 Schematische weergave van het systeem van warmte oogsten en -opslaan (voor de overzichtelijkheid zijn aquifer en silo niet op schaal weergegeven en is de broeierij in de kas in de winter gescheiden weergegeven van de warmtecollectoren in de kas in de zomer. Ook zijn warmtewisselaars tussen aquifer, silo en collector weggelaten).

De warmtepomp haalt de warmte terug uit de aquifer en wordt ingezet wanneer de silo niet aan de warmtevraag kan voldoen. Wanneer ook de warmtepomp niet aan de warmtevraag voldoen kan wordt de CV-ketel ingezet.

2.3 Data

De verschillende data die beschikbaar zijn voor de analyse van de energieopbrengst van het systeem zijn samengevat in Tabel 1. De data zijn aangeleverd door de klimaatcomputer van het bedrijf Sam Ruijter waarop de relevante sensoren zijn aangesloten, door de dataloggers van WUR, en gedownload van de website van het KNMI.

In het seizoen 2018 is het debiet handmatig ingesteld en genoteerd. In 2019 is het debiet gemeten met een helaas zeer laat in het seizoen geïnstalleerde flowmeter. Hierdoor was de periode met volledige data te kort om het in 2018 "gefitte" verband tussen globale straling, de buitentemperatuur en het debiet enerzijds en anderzijds de temperatuur van het water dat door de collector geleverd wordt, te verifiëren.

Door de plaatsing van de thermometers in de collector, en in de silo zijn data verzameld waarmee de werking van het systeem van warmte oogsten, opslaan en verbruiken voor het verwarmen van bewaarcellen inzichtelijk gemaakt kon worden.

Met de data van het KNMI (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>) zijn verschillende scenario's doorgerekend: een voor het oogsten van warmte extreem ongunstig jaar (1998), een gemiddeld jaar in het laatste decennium (2019) en een bijzonder gunstig jaar (2018).

Tabel 1

Overzicht van de beschikbare data in de seizoenen 2018 en 2019. T = temperatuur, freq. = frequentie.

Klimaatcomputer e.a. Sam Ruijter	eenheid	freq.	periode in 2018		freq.	periode in 2019	
			van	tot		van	tot
T buitenlucht	°C	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
T kas	°C	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
T collector instromend water	°C	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
T collector uitstromend water	°C	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
Globale straling buiten	watt/m ²	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
Globale straling in de kas	watt/m ²	15 min	15-sep	22-okt	15 min	10-jun	08-sep
Debiet (waarneming)	m ³ /uur	dgn	20-sep	16-okt			
Flow (sensor)	m ³ /uur	15 min	-	-	15 min	28-aug	02-sep
Mengklep collector	%	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
Mengklep Cel4	%	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
Mengklep Cel5	%	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
T cel 4	°C	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
T cel 5	°C	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
Luchtklep cel 4	%	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
Luchtklep cel 5	%	15 min	-	-	15 min	26-jun	08-sep
Dataloggers WUR							
T collector >10 punten tussen in- en uitlaat	°C	15 sec	17-sep	07-nov	1 min	21-mei	2 aug*
T silo 8 punten van boven naar beneden	°C	-	-	-	10 min	04-jul	04-sep
T kas onder (5x) en boven (5x) de collector	°C	6 min	17-sep	02-nov	-	-	-
Globale straling in de kas niveau collector	watt/m ²	15 sec	17-sep	02-nov	1 min	21-mei	2 aug*
Globale straling 1 meter onder kasdek	watt/m ²	15 sec	17-sep	02-nov	1 min	21-mei	2 aug*
KNMI de Kooy en Berkhout							
T buiten	°C	uur	01-mei	31-okt	uur	01-mei	31-okt
Globale straling	J/cm ² /uur	uur	01-mei	31-okt	uur	01-mei	31-okt

* stroom onderbroken

3 Resultaten

3.1 Warmte oogsten & opslaan

Op grond van de data van 15 september t/m 22 oktober 2018 is de temperatuur van het water dat uit de collector stroomt, dus de temperatuur waarop de warmte geoogst wordt, "gefit" op basis van de globale straling buiten (S^b in watt/m²), de buitentemperatuur (T^b in °C) en de waterstroom (D in m³/uur). Dit, omdat dan de data van het KNMI gebruikt kunnen worden om de warmteoogst van het gehele seizoen (1 mei tot 31 oktober) te kunnen schatten. De verbanden tussen de instraling en de hoeveelheid warmte, de waterstroom en de buiten temperatuur zijn allemaal (binnen de range van de gemeten waarden) voornamelijk lineair: 2 maal zoveel instraling geeft 2 maal zoveel warmte, een 2 maal zo groot debiet (D) verdeelt de warmte over 2 maal zoveel water, enz.. Echter, op basis van de data van 15 september tot 22 oktober wordt het rendement van zonnearmte oogsten over een seizoen van 1 mei tot 15 september vermoedelijk onderschat. Immers, hoe hoger de zon staat (bv. in juni) hoe minder reflectie op het kasdek, dus per watt/m² valt in die periode een iets groter deel van de globale straling in de kas op de collectoren dan in de periode van 15 september tot 22 oktober.

Op basis van de beschikbare data is de best geschatte functie:

$$T^{uit} = 5,63 + 0,017 S^b - 0,803 D + 1,06 T^b$$

Hiermee kan dan geschat worden wat het maximale Debiet (m³/uur) mag zijn om bij een gegeven instraling en buitentemperatuur een temperatuur van het uitstromende water van bijvoorbeeld boven de 35°C op te leveren: $D \leq (T^{uit} - 5,63 - 0,017 S^b - 1,06 T^b) / -0,803$.

Met de data van het KNMI kan dan berekend worden hoeveel warmte bij een temperatuur $\geq 35^\circ\text{C}$ tussen 1 mei en 31 oktober "geoogst" kan worden.

Op grond van de geschatte warmtebehoefte van de verschillende processen: drogen en het bewaren van plantgoed en broeibollen, en van de broei in de kas, kan dan b.v. berekend worden hoe groot de silo voor warm water ongeveer moet zijn in verhouding tot het collector oppervlak. En hoeveel warmte er na 31 oktober overblijft voor de broei in de kas.

De opbrengst van het proces van warmte oogsten van één collector (300 m²) en het opslaan daarvan hangt af van de temperatuur waarop de warmte opgeslagen wordt. Bij voorkeur is die temperatuur $> 35^\circ\text{C}$ zodat zonder warmtepomp, maar met een warmtewisselaar (water/water), plus een extra grote radiator, het droogproces en de bewaring van plantgoed en leverbaar tot 31 oktober van energie voorzien kan worden. Dit is berekend op basis van bovenstaande formule en van de KNMI-data voor de periode van 1 mei t/m 31 oktober 2018, en samengevat in Figuur 2, waarin cumulatief is weergegeven:

A = De totale globale straling op het kasdek (in MJoules).

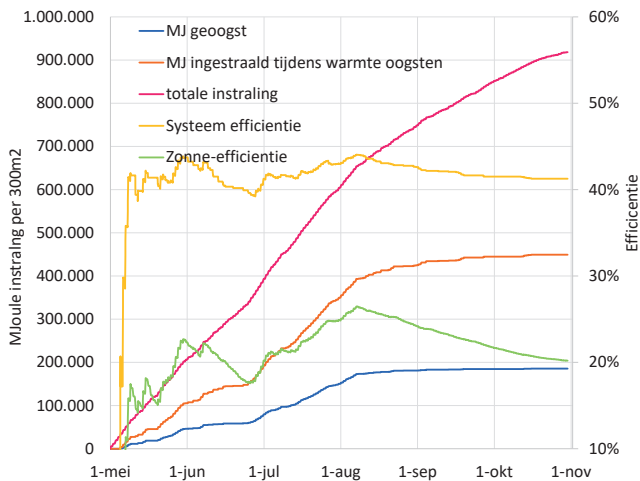
B = De totale globale straling op het kasdek op die momenten dat warmte geoogst kan worden op een i.d.g. watertemperatuur $> 35^\circ\text{C}$.

C = De hoeveelheid warmte die dan door de collector van 300 m² geoogst wordt.

D = De Systeemefficiëntie (rendement) van de collector: C/B (%).

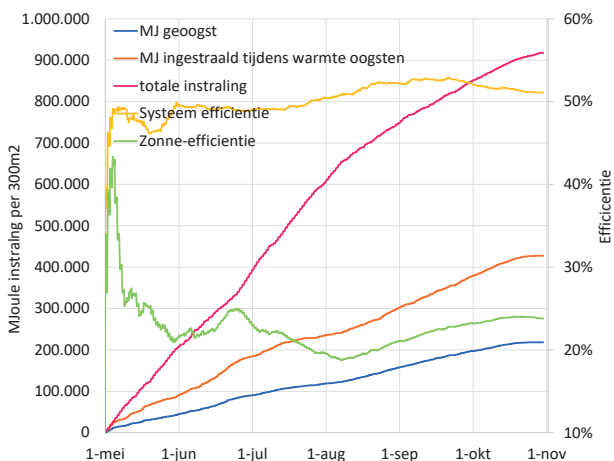
E = De Zonne-efficiëntie van het systeem: C/A (%).

Wanneer warmte geoogst wordt op een temperatuur boven de 35°C is de systeemefficiëntie boven de 40%, maar de zonne-efficiëntie is slechts 20%. De geoogste warmte per collector is dan 185.000 MJ overeenkomend met ongeveer 6200 m³ gas.



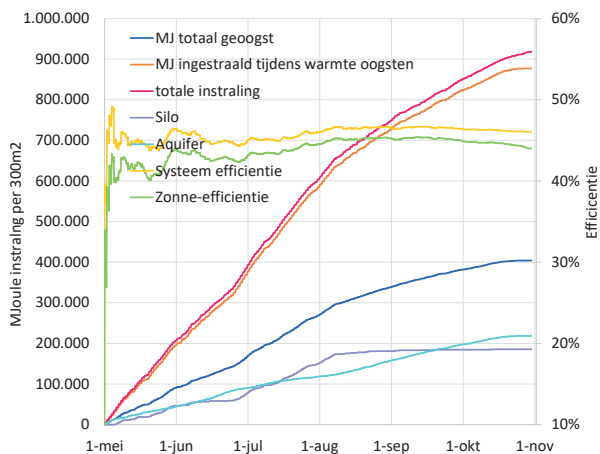
Figuur 2 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de bij > 35°C geogste warmte voor opslag in de silo, en de systeem- en zonne-efficiënties.

De warmte die niet boven de 35°C geogst wordt is niet geschikt om zonder warmtepomp voor drogen en bewaren gebruikt te worden, maar tussen de 23 en 35°C is de warmte wel geschikt om op te slaan in de aquifer. De hoeveelheid warmte/energie die dan geogst kan worden voor opslag in de aquifer is weergegeven in Figuur 3. Bij deze temperaturen wordt per collector 219.000 MJ geogst, gelijk aan ongeveer 7300 m³ gas. De zonne-efficiëntie is dan 24%, de systeem-efficiëntie ruim 50%.



Figuur 3 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de tussen 23 en 35°C geogste warmte voor opslag in de aquifer, en de systeem- en zonne-efficiënties.

De totale hoeveelheid warmte die aldus in de silo *plus* de aquifer opgeslagen kan worden is samengevat in Figuur 4. In 2018 zou dan van 1 mei tot 31 oktober 400.000 MJ per collector opgeslagen kunnen worden, overeenkomend met 13.500 m³ gas.



Figuur 4 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de bij > 35°C geogste warmte voor opslag in de silo, de tussen 23 en 35°C geogste warmte voor opslag in de aquifer, de totale geogste warmte en de systeem- en zonne-efficiënties

3.2 Warmtebehoefte van de productieprocessen

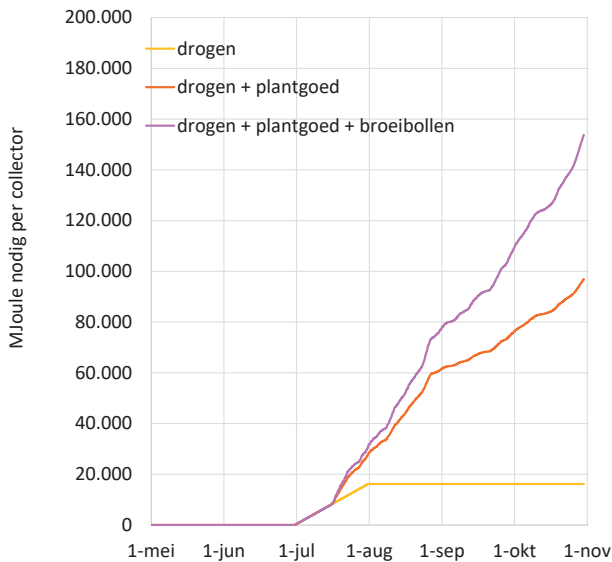
In de berekeningen voor 2018 wordt warmte geogst en opgeslagen in de silo bij een temperatuur $\geq 35^{\circ}\text{C}$ en tussen 23 – en 35°C in de aquifer voor verbruik in de broeierij. Tijdens het warmte-oogsten in de periode 1 mei tot 31 oktober wordt vanaf de oogst van de tulpenbollen vanaf 1 juli ook warmte verbruikt voor drogen en bewaren.

Op het bedrijf Sam Ruijter wordt op 45 ha tulpen geteeld. Volgens plan worden in de kas 12 zonnecollectoren van netto 300 m^2 geïnstalleerd. Per collector moet de tulpenbollenproductie van $45/12 = 3,75$ ha gedroogd en (warm) bewaard worden, en de broeibollen vervolgens in de winter gebroeid.

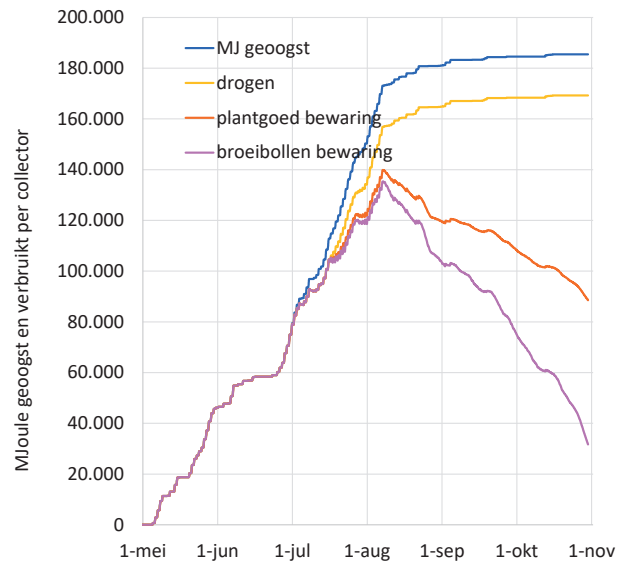
Enkele uitgangspunten bij het inschatten van de warmtebehoefte bij deze processen zijn als volgt:

- Per ha wordt 40 m^3 bollen geogst en gedroogd.
- De oogst is van 1 juli tot 1 augustus, $58\text{ m}^3/\text{dag}$.
- De bollen worden in 24 uur gedroogd met $1500\text{ m}^3/\text{uur}$ buitenlucht die 3°C is opgewarmd.
- Na verwerking resulteert dit in $17,5\text{ m}^3$ plantgoed en $17,5\text{ m}^3$ leverbaar/broeibollen.
- Het plantgoed wordt de eerste 6 weken op 25°C bewaard, daarna op 20°C .
- De broeibollen worden op 20°C bewaard.
- Tot 1 september wordt geventileerd met 100 m^3 buitenlucht per m^3 bollen, daarna met 60 m^3 .
- $3,75$ ha leveren gemiddeld $1.500.000$ broeibollen. Met 7 trekken van half december tot half april en $400\text{ bollen}/\text{m}^2/\text{trek} = 2800$ bollen per seizoen, is 536 m^2 broeioppervlak nodig.
- Met 20 m^3 gas/ $\text{m}^2/\text{seizoen}$ is voor de broei van $1.500.000$ bollen 10.700 m^3 gas nodig, overeenkomend met 320.000 MJ warmte.

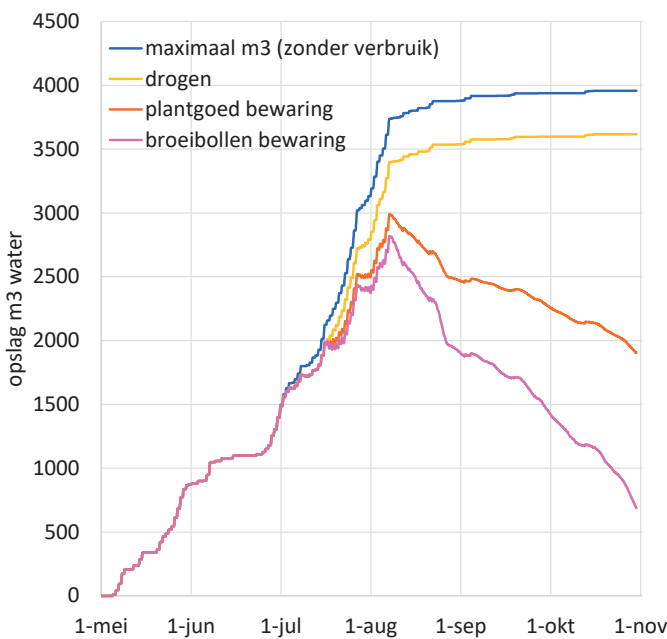
De warmtebehoefte van de productieprocessen voor de $3,75$ ha tulpen per collector is voor 2018 samengevat in Figuur 5. De cumulatieve warmte-oogst bij een temperatuur boven de 35°C die wordt opgeslagen in de silo, verrekend met de warmtebehoefte van de productieprocessen, is samengevat in Figuur 6. De geogste warmte is zoals in Figuur 2. Na het begin van de oogst op 1 juli wordt er voor het drogen warmte verbruikt en in mindering gebracht op de geogste warmte. Vervolgens wordt voor de bewaring van plantgoed en van broeibollen warmte verbruikt. Tot 8 augustus neemt de opgeslagen hoeveelheid warmte nog toe, maar daarna neemt deze snel af. Op 31 oktober is er dan nog 30.000 MJ over (gelijk aan 1000 m^3 gas). Als deze 30.000 MJ in het water van 35°C in de silo opgeslagen is (dus $10 - 15^{\circ}\text{C}$ boven de bewaartemperatuur van de bollen), is een volume nodig van 500 tot 700 m^3 , per collector. De maximale opslagcapaciteit in een silo moet dus vele malen groter zijn, Figuur 7.



Figuur 5 Het voor het drogen en bewaren berekende verloop van de cumulatieve warmtebehoefte per collector in 2018.



Figuur 6 Verloop van de cumulatieve geoogste warmte voor opslag in de silo, verrekend met de warmtebehoefte voor drogen en bewaren zoals weergegeven in Figuur 5.



Figuur 7 Maximale volume van de silo om de geoogste warmte op > 35°C in water op te slaan, verminderd met het warmteverbruik voor drogen en bewaren.

In de aquifer is 219.000 MJ warmte opgeslagen, zie Figuur 4, maar dat is niet voldoende voor de warmtebehoefte van 320.000 MJ voor de broei.

3.3 Scenario's

Met een zeer hoge gemiddelde buitentemperatuur en dito globale straling in de periode 1 mei t/m 31 oktober was het jaar 2018 uitzonderlijk gunstig voor het oogsten van warmte, zie Tabel 2. De jaren 2003, 2008 en 2019 waren min of meer gemiddeld en het jaar 1998 was zeer ongunstig.

Tabel 2

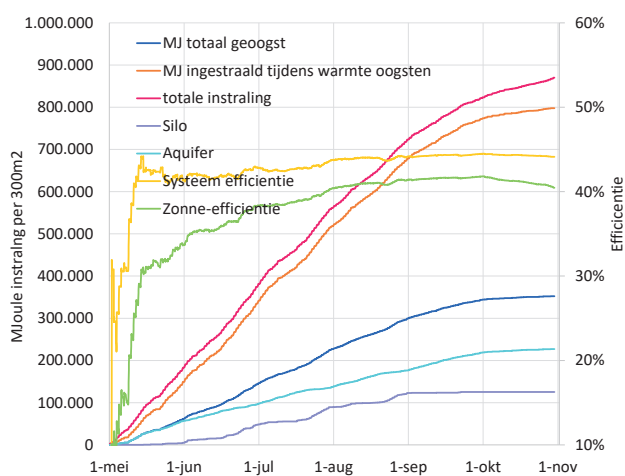
Gemiddelde temperatuur (T) en globale straling (S) voor de Kooy en Berkhout in de periode 1 mei t/m 31 oktober.

	T (°C)	S (watt/m ²)
2019	15,3	183
2018	16,2	194
2008	15,0	179
2003	15,0	188
1998*	14,4	157

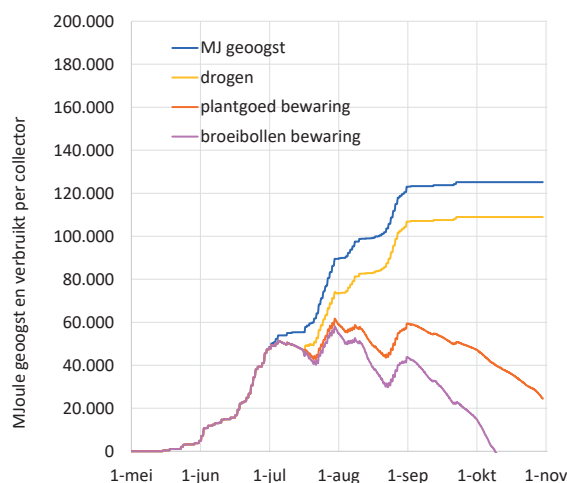
*Berkhout niet beschikbaar

De berekeningen uitgevoerd met de KNMI-data van 2019 en met die van 1998 leveren de Figuren 8 en 10. De Figuren laten zien dat naarmate de buitentemperatuur en de globale straling lager zijn, de totale geogoste warmte vermindert en dat dat deel wat voor opslag in de silo geschikt is sterk afneemt t.o.v. hetgeen in de aquifer kan worden opgeslagen. Was er in 2018 na het warmteverbruik voor drogen en bewaren op 31 oktober nog 30.000 MJ over, in 2019 is op 10 oktober de in de silo opgeslagen warmte al volledig verbruikt.

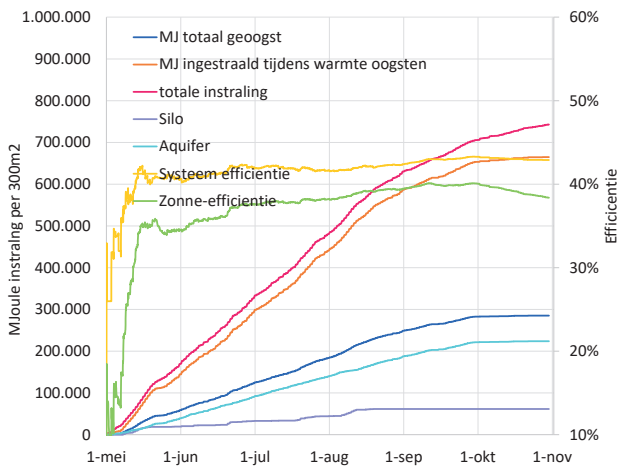
Onder de omstandigheden van een seizoen als in 1998 is op 30 juli alle warmte reeds verbruikt. Achtergrond hierbij is dat bij een lagere buitentemperatuur en minder globale straling niet alleen minder warmte geogost kan worden, maar dat tegelijkertijd ook de warmtebehoefte voor drogen en bewaren toeneemt, Figuren 9 en 11.



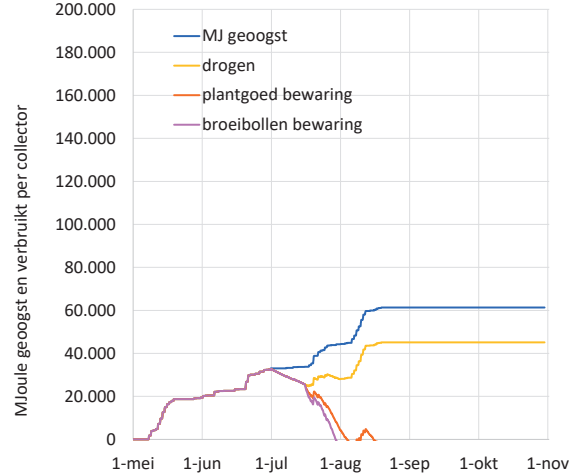
Figuur 8 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogost wordt, de bij > 35°C geogoste warmte voor opslag in de silo, de tussen 23 en 35°C geogoste warmte voor opslag in de aquifer, de totale geogoste warmte en de systeem- en zonne-efficiënties, zoals berekend met de KNMI-data van 2019.



Figuur 9 Verloop van de cumulatieve geogoste warmte voor opslag in de silo, verrekend met de warmtebehoefte voor drogen en bewaren zoals berekend met de KNMI-data van 2019.

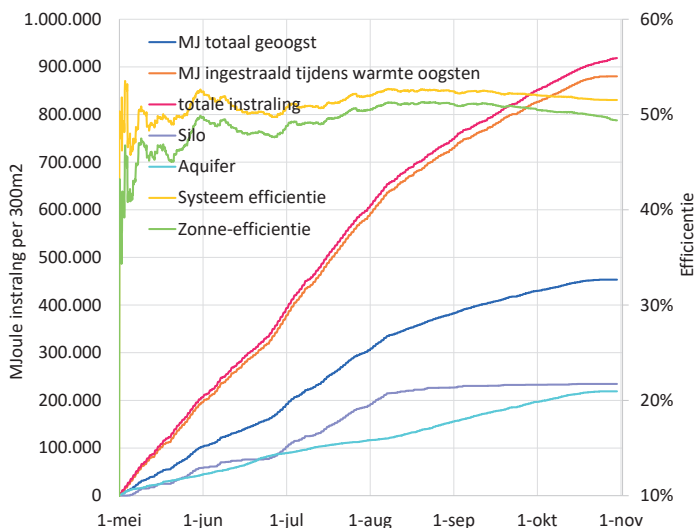


Figuur 10 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de bij > 35°C geogste warmte voor opslag in de silo, de tussen 23 en 35°C geogste warmte voor opslag in de aquifer, de totale geogste warmte en de systeem- en zonne-efficiënties, zoals berekend met de KNMI-data van 1998.

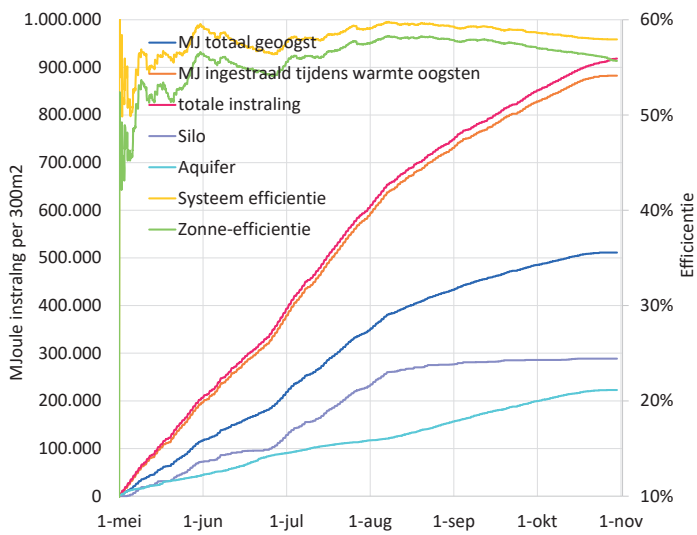


Figuur 11 Verloop van de cumulatieve geogste warmte voor opslag in de silo, verrekend met de warmtebehoefte voor drogen en bewaren zoals berekend met de KNMI-data van 1998.

Ander scenario's zijn als gerekend wordt met een hogere efficiëntie: bijv. wanneer er minder reflectie op het kasdek is, zoals te verwachten in de maanden mei, juni en juli, of wanneer in de kas door de collectoren meer warmte en straling opgenomen wordt (onderste folie van beter isolerend materiaal?), of wanneer de kas in de nacht geschermd wordt zodat de collectoren minder afkoelen. In Figuur 12 is de warmteopslag bij 10% efficiëntieverbetering weergegeven en in Figuur 13 bij 20%. In die gevallen kan een steeds groter deel in de silo opgeslagen worden en is het gunstiger om in de silo minder warmte op een hogere temperatuur op te slaan, zie Tabel 3. In deze Tabel zijn de behandelde scenario's samenvat. Een laatste scenario hierin is wanneer niet 12 maar 18 collectoren opgesteld worden, zodat per collector niet de productie van 3,75 ha van energie voorzien moet worden, maar 2,5 ha. In beide laatste scenario's wordt de warmtevraag voor drogen, bewaren en broei volledig door het systeem gedekt.



Figuur 12 Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de bij > 35°C geogste warmte voor opslag in de silo, de tussen 23 en 35°C geogste warmte voor opslag in de aquifer, de totale geogste warmte en de systeem- en zonne-efficiënties, zoals berekend met 10% efficiëntieverbetering op basis van KNMI-data van 2018.



Figuur 13: Cumulatief verloop van de totale globale straling, de globale straling op de momenten dat warmte geogst wordt, de bij > 35°C geogste warmte voor opslag in de silo, de tussen 23 en 35°C geogste warmte voor opslag in de aquifer, de totale geogste warmte en de systeem- en zonne-efficiënties, zoals berekend met 20% efficiëntieverbetering op basis van KNMI-data van 2018.

Tabel 3

Warmte oogsten en warmtevraag bij verschillende scenario's (MJoules per collector (300 m²)).

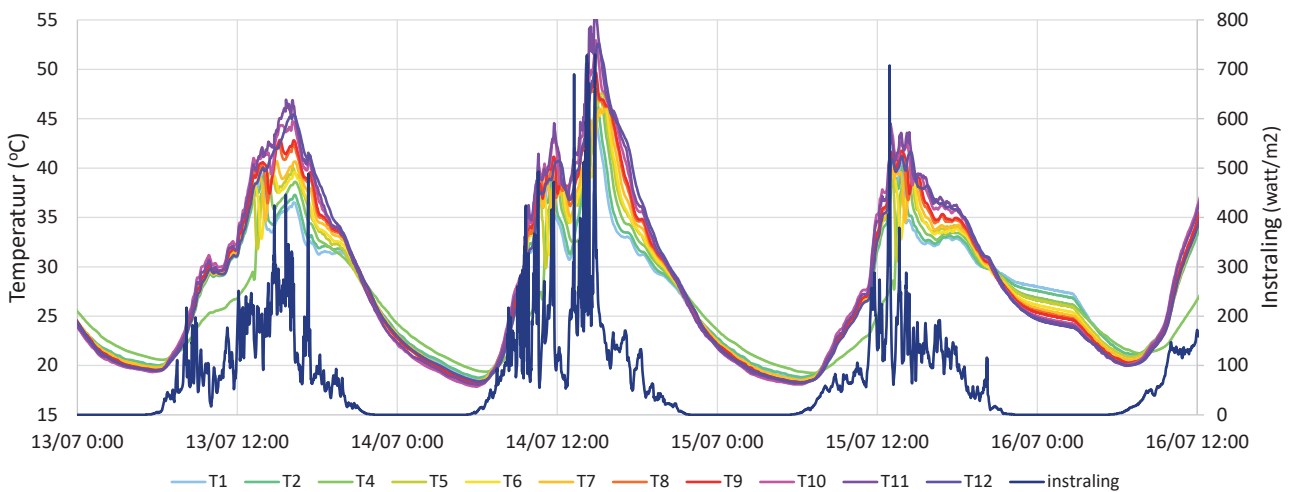
	1998	2019	2018	2018 +10%	2018 +20%	2018+18C
aantal collectoren	12	12	12	12	12	18
Totale globale straling	742.905	870.105	918.200	918.200	918.200	918.200
<i>oogsten voor silo ≥ 35 °C aquifer ≥ 23 °C</i>						
straling tijdens warmte oogsten	664.752	797.813	876.897	880.202	882.380	876.897
totale geoogste warmte	285.106	352.088	403.897	453.501	511.247	403.897
opslag in silo (35 °C)	61.355	125.171	185.438	234.495	288.546	185.438
maximale opslag in silo (m ³)	567	1.373	2.819	3.544	4.278	3.068
opslag in aquifer (23 - 35 °C)	223.752	226.917	218.459	219.006	222.701	218.459
maximale opslag in aquifer (m ³)	8.913	10.055	11.131	10.790	10.575	11.131
systeem efficiëntie	43%	44%	46%	52%	58%	46%
zonne efficiëntie	38%	40%	44%	49%	56%	44%
warmtevraag som:	199.464	159.170	153.762	153.762	153.762	102.508
drogen	16.200	16.200	16.200	16.200	16.200	10.800
bewaring plantgoed	106.804	84.555	80.739	80.739	80.739	53.826
bewaring broeibollen	76.460	58.416	56.822	56.822	56.822	37.882
levering door silo	31%	79%	121%	153%	188%	181%
warmtevraag broei	320.298	320.298	320.298	320.298	320.298	213.532
opgeslagen in aquifer	70%	71%	68%	68%	70%	102%
totaal geoogst van warmtevraag	55%	73%	85%	96%	108%	128%
<i>oogsten voor silo ≥ 38 °C aquifer ≥ 23 °C</i>						
totale geoogste warmte	301.586	346.626	372.953	422.953	477.282	372.953
opslag in silo (38 °C)	24.513	70.283	112.099	152.425	198.804	112.099
maximale opslag in silo (m ³)	220	611	1.307	1.897	2.544	1.498
levering door silo	12%	44%	73%	99%	129%	109%
opslag in aquifer (23 - 38 °C)	277.073	276.342	260.854	270.529	278.478	260.854
maximale opslag in aquifer (m ³)	11.403	12.920	14.221	14.135	14.055	14.221
opgeslagen in aquifer	87%	86%	81%	84%	87%	122%
totaal geoogst van warmtevraag	58%	72%	79%	89%	101%	118%

Met warmteverliezen in het systeem, dus tijdens opslag in de silo (vrij korte termijn), en in de aquifer (langere termijn), en in het transport van collector naar silo of aquifer, zijn nog onbekend. In de berekeningen is hiermee daarom geen rekening gehouden.

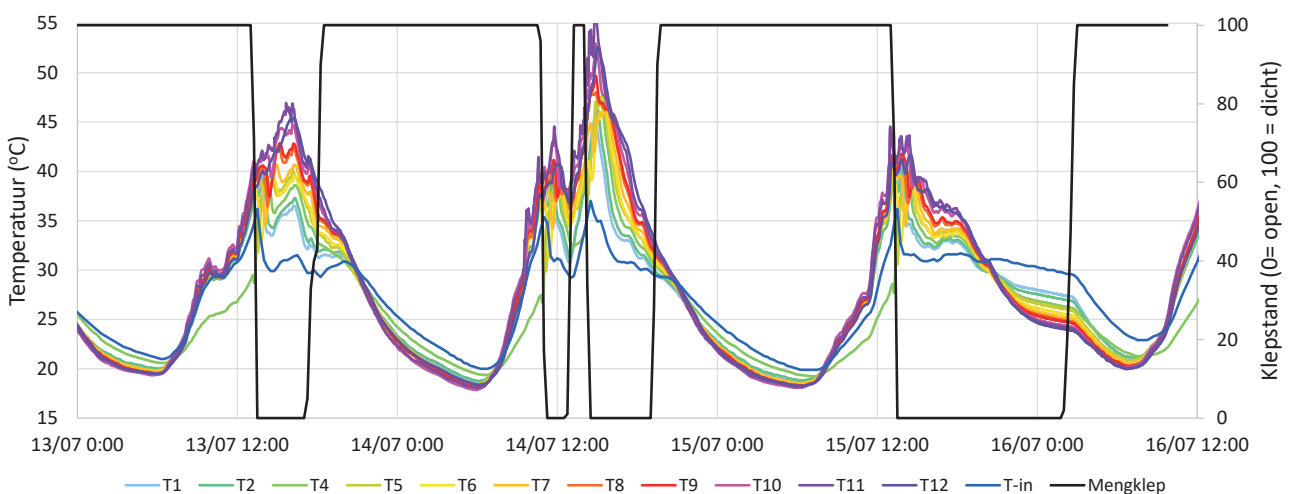
3.4 Systemcomponenten

In de zomer van 2019 is het aantal zonnecollectoren in de kas uitgebreid tot 4, is een silo van 350 m³ voor de opslag van verwarmd water geconstrueerd, en een warmtewisselaar om silo-warmte af te kunnen geven aan het verwarmingssysteem met de extra grote radiatoren voor 2 bewaarcellen. En er is een leidingensysteem aangelegd om water te transporteren van de collectoren naar de silo, de warmtewisselaar en terug naar de collectoren. Hierin zijn thermometers en (na 28 augustus) een debiet(flow)meter geplaatst. Vóór 28 augustus is wel de klepstand geregistreerd, waarbij 0 = open en 100=dicht, zie ook Tabel 1. Hoeveel het debiet is bij de verschillende standen is onbekend (maar bij klepstand = 0 tussen de 60 en 40 m³/uur).

De 12 temperatuursensoren zijn om de 2,73 m op de bodem van **de collector** geplakt, waarbij de laatste (T12) 1 meter voor het einde is geplaatst en de eerste (T1) op 19 m van de inlaat. T3 bleek niet te functioneren. De Figuren 1 en 2 illustreren de werking van de collector: Figuur 14 laat van 13 juli 0:00 uur t/m 16 juli 12:00 uur de instraling gemeten bovenin de kas zien en het temperatuurverloop in de collector. Figuur 15 laat naast dit temperatuurverloop voor die periode ook de klepstand zien (waarbij klepstand 0 = stroming, 100 = geen stroming).



Figuur 14 Temperatuurverloop in de collector (2,73 m tussen de sensoren, T1 op 19 m van de inlaat, T12 op 1 m voor de uitlaat) en de instraling bovenin de kas.



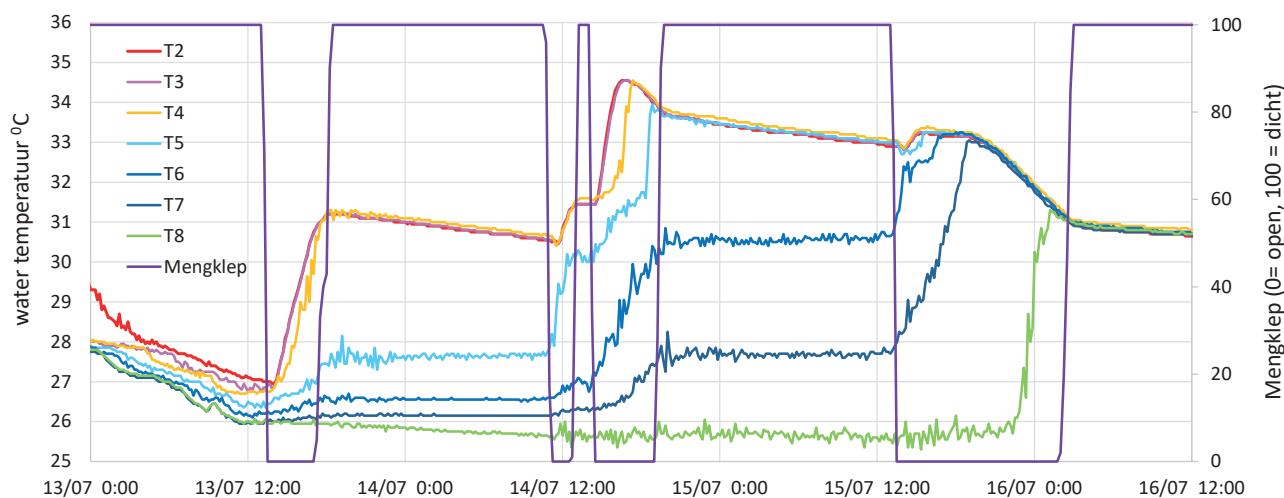
Figuur 15: Temperatuurverloop vanaf inlaat (T-in) tot bij de uitlaat (T12) en de waterstroom in de collector, aangegeven door de klepstand (0=stroming, 100 = stilstand).

Op 13 juli, gelijk met de zonsopkomst (Figuur 14) begint het water in de collector, dat dan nog niet stroomt, op te warmen. Op alle punten in de collector (op T4 na) is de temperatuur ongeveer gelijk en neemt met het toenemen van de instraling toe. Tot het water gaat stromen, dan ontstaat er een fors verschil tussen de temperatuur aan het begin van de collector en aan het eind. Meetpunt T4 ligt in de schaduw van het centrale kanaal voor de kasventilatie waar tijdens de broei de slurven aan gekoppeld worden (zie Foto 1). Op dat punt neem de temperatuur in de loop van de ochtend minder toe, omdat het alleen door warme kaslucht opgewarmd wordt en niet door instraling. Maar wanneer het water gaat stromen verdwijnt dit verschil. Wanneer de stroming stopt en daarna de instraling afneemt daalt de temperatuur en nemen de verschillen tussen de meetpunten weer af.

Op 14 juli is het temperatuurverloop vergelijkbaar, maar door de hogere instraling s'ochtends wordt de waterstroom nu eerder opgestart. De watertemperatuur daalt dan aanvankelijk, vooral aan het begin van de collector. Wanneer de instraling fors afneemt wordt rond 13:00 de waterstroom stopgezet. De temperaturen lopen nu weer op en wanneer de instraling daarna fors toeneemt wordt de stroom weer opgestart. Op punt T12 komt de watertemperatuur dan kortstondig iets boven de 55°C. De instraling neemt rond 15:30 weer flink af, maar de waterstroom wordt pas rond 19:00 gestopt, waardoor tussen 15:30 en 19:00 uur de temperaturen snel afnemen en de verschillen kleiner worden.

Op 15 juli is de instraling minder, de watertemperatuur lager en wordt de waterstroom later opgestart. Toch loopt de temperatuur bij de uitlaat nog op tot bijna 45°C. Na 14:30 nemen instraling en collectortemperatuur af en het verschil tussen T1 en T11 wordt steeds kleiner tot er rond 20:00 nauwelijks nog verschillen meer zijn. De waterstroom blijft echter doorlopen tot 02:15 s'nachts. Er vindt nu een omkering plaats in het temperatuurverloop. De temperatuur van het water dat de collector ingaat is hoger dan van het water dat de collector uitgaat. De collector is nu de kas aan het verwarmen met water uit de silo.

De temperatuurmetingen in het water in **de silo** (van boven naar beneden T2 t/m T8, 0,65 m tussen de meetpunten, T1 is net boven het waterniveau) reflecteren de stroming door het systeem, Figuur 16.



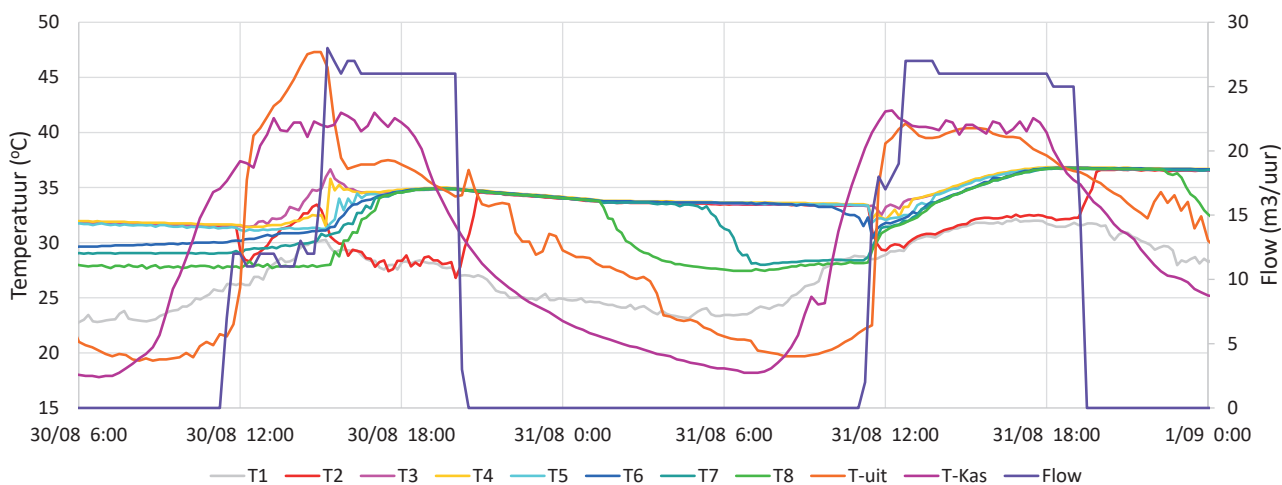
Figuur 16 Verticale temperatuurverdeling in de silo (tussen de meetpunten zit 0,65 m).

In de nacht van 12 naar 13 juli en in de ochtend van 13 juli (wanneer er geen water stroomt) is het temperatuurverschil tussen boven en onderin de silo ongeveer 1°C. Wanneer vervolgens rond 14:00 uur warm water uit de collector aangevoerd wordt neemt bovenin de silo de temperatuur snel toe, dieper in de silo gaat dat langzamer. Wanneer de waterstroom weer stopt neemt in de nacht en ochtend van 14 juli bovenin de temperatuur langzaam iets af, en helemaal onderin ook iets, maar in overige dieptes blijft de temperatuur gelijk, tot er iets voor 12:00 uur nu fors warmer water dan op 13 juli wordt aangevoerd. De temperatuur in de silo neemt nu sterker toe, ook dieper in de silo, uitgezonderd op het onderste meetpunt. Het effect van het kortstondig (1,5 uur) afsluiten van de waterstroom is in Figuur 16 duidelijk te zien.

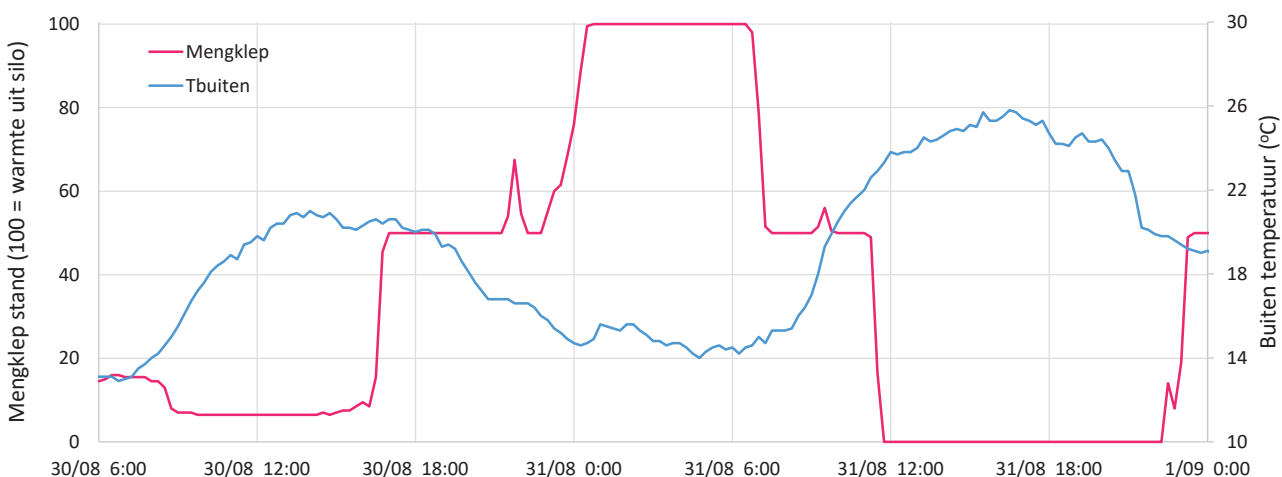
Op 15 juli komt rond 13:30 de waterstroom weer op gang en wordt weer warmer water in de silo gestort waardoor ook de diepere lagen verder opwarmen. De waterstroom stopt echter niet tegen zonsondergang, maar loopt door tot na middernacht. De temperatuur in de collector is dan al aan het zakken, waardoor minder warm water de silo instroomt en tegelijk het warmere silo water de collector kas inloopt en waardoor T-in dan groter is dan T-uit en de collector nu afkoelt en daarbij de kas opwarmt, Figuur 15.

Na de installatie van de flowmeter en de koppeling aan de klimaatcomputer zijn vanaf 28 augustus gegevens van het debiet (m^3/uur) beschikbaar, Figuur 17.

Figuur 4 laat zien hoe de temperatuur van het water dat de collectoren uitstroomt zich verhoudt tot het debiet in het systeem: wanneer op 30 augustus tegen 12:00 uur de temperatuur van de kas voldoende is opgelopen wordt de waterstroom opgestart tot $10 m^3/uur$. De temperatuur van het uitgaande water loopt na enkele uren op tot boven de $45^\circ C$. Als dan het debiet wordt opgevoerd tot $25 m^3/uur$, dan neemt de temperatuur van het uitgaande water af tot $37-38^\circ C$. Na 18:00 uur begint de kas weer af te koelen en ook de temperatuur van het uitgaande water gaat weer afnemen, de waterstroom wordt gestopt.



Figuur 17 Waterstroom door de collectoren (Flow m^3/uur), temperatuur van de kas (T-kas) en het uitgaande water (T-uit), temperatuur boven de silo (T1) en op verschillende dieptes in de silo (T2 is bovenin, T8 is diepste punt).



Figuur 18 Gemiddelde mengklepstand van de twee bewaarcellen die via de warmtewisselaar warmte onttrekken aan de silo. Een mengklepstand van 100 geeft aan dat de warmte volledig door de silo geleverd wordt. De buitentemperatuur is ook aangegeven.

Voordat op 30 augustus de waterstroom opstartte varieerde de temperatuur in de silo van 32°C bovenin tot 28°C op de bodem. De luchttemperatuur net boven het water in de silo (T1) volgt de buitentemperatuur, maar ligt hier ruim 5 graden boven. Direct na het opstarten van de waterstroom daalt temperatuur in de bovenste laag water van de silo (T2) iets omdat de temperatuur van het water uit de collector nog onder de temperatuur van het water in de silo is. Met het oplopen van de temperatuur van het water uit de collector loopt ook de temperatuur in de bovenste lagen van de silo op. Wanneer het debiet naar 25m³/uur wordt opgevoerd loopt ook de temperatuur in de onderste lagen op en wordt het silowater sterker gemengd, waardoor de temperatuur in alle lagen hetzelfde is geworden (ca. 35°C). De temperatuur in de bovenste laag (T2) loopt echter gelijk op met de luchttemperatuur boven het silowater (T1), hetgeen betekent dat het waterpeil in de silo net onder het niveau van de sensor is gezakt. Na het stoppen van de waterstroom stijgt het waterniveau in de silo kennelijk weer. De temperatuur in de silo blijft gelijkmatig (d.w.z. op alle niveaus even hoog) en daalt tot 31 augustus 01:30 uur langzaam naar iets onder 34°C. Daarna neemt de temperatuur in de onderste laag (T8) snel af naar 27°C. Om 05:30 uur neemt ook de temperatuur in de laag erboven af (T7). Achtergrond hierbij is dat rond 01:30 voor de twee **bewaarcellen** via de warmtewisselaar warmte aan de silo wordt onttrokken, Figuur 18, waarbij het afgekoelde water terug de silo in wordt gepompt. Na 11:00 uur is de temperatuur van de buitenlucht opgelopen tot 25°C en wordt geen warmte meer uit de silo onttrokken. De waterstroom door de collector wordt weer opgestart en het proces van warmte oogsten en opslaan begint weer opnieuw.

4 Conclusies en aanbevelingen

De periode dat *alle* noodzakelijke data voor de analyse van warmteopbrengst – opslag en verbruik simultaan beschikbaar zijn is beperkt: in 2018 is dat van 15 september tot 22 oktober, in 2019 van 28 augustus tot 2 september. Toch zijn voldoende data beschikbaar om een inschatting te maken van de efficiëntie en de opbrengst van dit systeem van warmte oogsten. Met warmteverliezen in het systeem is in de berekeningen geen rekening gehouden.

- In een gunstig jaar als 2018 kan bij oogsten boven de 35°C voldoende warmte geoogst worden om zonder warmtepomp in de energiebehoefte van drogen & bewaren te voorzien, indien voldoende opslagcapaciteit in tank of silo beschikbaar is.
- Wanneer de warmte geoogst wordt boven de 35°C en voor verbruik voor drogen & bewaren in de silo of tank opgeslagen wordt, is per collector bij een zeer ongunstig seizoen (1998) een opslagcapaciteit nodig van ruim 550 m³. Bij een zeer gunstig seizoen (2018) is dat ruim 2800 m³.
- Warmte die dan geoogst wordt tussen de 23 en 35°C voor opslag in de aquifer is in een gemiddeld jaar bijna het dubbele van wat in de silo op 35°C wordt opgeslagen, in een zeer ongunstig jaar ruim 3,5 keer zoveel en in een gunstig jaar ongeveer 20% meer. Bij een efficiëntieverbetering van 10% is het mogelijk meer warmte voor de silo dan voor de aquifer te oogsten.
- In de energiebehoefte van de broei kan alleen gedeeltelijk worden voorzien, ongeveer 70%. Hiervoor is wel een warmtepomp noodzakelijk.
- In 2018 zou voor 85% in de totale energiebehoefte voorzien kunnen worden, in 1998 voor 55% en in 2019 voor 73%.
- Om zowel voor drogen & bewaren *en* de broei voldoende energie te oogsten en op te kunnen slaan dient het aantal collectoren van 12 naar 18 te worden uitgebreid.
- Alleen bij een verbetering van de systeem efficiëntie van 20% zijn 12 collectoren voldoende om volledig in de energiebehoefte van drogen & bewaren *en* de broei te voorzien.
- De systeemefficiëntie van rond de 45% is redelijk hoog.
- De temperatuur in de collector piekt regelmatig boven de 50°C.
- Afhankelijk van het debiet en de instraling kan het temperatuursverschil in de collector oplopen tot maximaal 20°C.
- Er zijn in 2019 niet genoeg simultane data van debiet, instraling en temperatuursverschil in de collector om een regeling voor optimaal debiet (maximaal temperatuursverschil bij minimaal debiet) op te baseren.
- De temperatuur van het water in de silo kan bovenin tot 8°C hoger zijn dan onderin.
- Dit wordt bepaald door aanvoer van warm water uit de collector dat bovenin gestort wordt, en aanvoer onderin de silo van koel water uit de warmtewisselaar waarmee de bewaarcellen verwarmd zijn.

Gezien de opslagcapaciteit van de silo (350 m³) zal de geoogste warmte voornamelijk in de aquifer opgeslagen moeten worden en de warmte in de silo vooral voor het drogen gebruikt worden. Bij voldoende opslagcapaciteit in silo of tank kan zonder warmtepomp in de energiebehoefte van drogen & bewaren worden voorzien. Voor de warmtebehoefte bij de broei is een warmtepomp noodzakelijk.

Optimaliseren van een debietregeling om daarmee zoveel mogelijk warmte te oogsten in een zo klein mogelijk volume water blijft een belangrijke doelstelling. Verbetering van de systeemefficiëntie van rond de 45% naar meer dan 55% moet mogelijk zijn.

Al met al zou met dit systeem in ongeveer 70 – 80% van de energiebehoefte voorzien kunnen worden en bij uitbreiding van 12 naar 18 collectoren in 100%. Het is een vraag of zo'n uitbreiding praktisch realiseerbaar is. Het is aanbevolen om het monitoren van dit systeem voort te zetten, vooral ook na het in gebruik nemen van de warmtepomp en aquifer. Belangrijke aandachtspunt hierbij is om volledige simultane datasets te verzamelen waarmee het systeem geoptimaliseerd kan worden en toepasbaar voor meerdere bedrijven in de bloembollensector.

Literatuur en Bronnen

KNMI temperatuur en globale straling voor Berkhout en de Kooy:
<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw - Bloembollen
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-970

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 12.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.