

Vergelijking van een gasturbine in de glastuinbouw

Ook u kunt groene parels oogsten met duurzame energie, als rendement van onze ketenoplossingen.

Architects of the sustainable chain

Ekwadraat initieert, ontwikkelt en begeleidt projecten op het gebied van duurzame energie. Zie ons als 'de architecten van de duurzame keten'. Want net als architecten werken wij vanuit een visie en 'bouwen' wij aan de toekomst.

Onze adviseurs hebben ieder hun eigen specialiteit in duurzame energie. Onze kennis en ervaring, maar ook ons enthousiasme, delen we graag met onze opdrachtgevers en relaties uit ons netwerk. Ondernemen is voor ons delen, durven en doen.



Projectnr : 100726

Status : eindrapport
Datum : 30-06-2011

Uitvoering : dhr. Rik Heijman & dhr. Adri Kuyper
Coördinatie : dhr. Folkert Linnemans

E kwadraat advies BV : Legedijk 4
: 8935 DG Leeuwarden

Telefoon : 088-4000 500
Fax : 088-4000 509



SAMENVATTING

EECT ontwikkelt, produceert en levert gasturbines die door middel van een brandstof elektriciteit opwekken. Aan de basis van de technologie staat de zogenaamde Heron cyclus. Deze gasturbines hebben een elektrisch rendement van ca. 40%. Dit is vergelijkbaar met de conventionele gasmotoren. Er is behoefte om het financieel rendement over langere periode inzichtelijk te krijgen.

In onderliggende rapportage is een vergelijking getrokken tussen de toepassing van een gasmotor(WKK) versus een gasturbine in de glastuinbouw. De vergelijking is gemaakt voor een tomatenteelt(onbelicht) en rozenteelt (belicht).

Tevens is de vergelijking nog verder uitgewerkt naar de conceptuele toepassing van een gasturbine met een geïntegreerde brandstofcel. Deze combinatie kenmerkt zich door een erg hoog elektrisch rendement maar is nog niet markt gereed.

In dit onderzoek is een belichtings-, warmte-, elektriciteits- en CO₂-balans opgesteld voor zowel de tomatenteelt als de rozenteelt. Voor de inzet van de turbine of WKK is gedurende de winterperiode de warmtevraag leidend. In de zomerperiode is de CO₂-vraag leidend waardoor noodgedwongen warmte vernietigd wordt. Alle aannames zijn uitgebreid besproken en vastgesteld aan de hand van diverse gesprekken met EECT, Productgroep Tuinbouw en diverse tuinders. Als resultaat is gekeken naar het gemiddelde bruto rendement per m² over een periode van 15 jaar.

Om tot een juiste vergelijking te komen is de business case zodanig opgesteld dat een bedrijf met WKK of turbine de leverancier is van elektriciteit, warmte en CO₂ aan het tomaten- of rozenbedrijf. De benutte warmte, elektriciteit en CO₂ worden gewaardeerd als inkomsten uit levering. Daarnaast is een gevoeligheidsanalyse toegepast op de meest belangrijke parameters zoals; energieprijzen, rendementen, investering en levensduur.

Gemiddeld bruto resultaat over 15 jaar		Rozenteelt	Tomatenteelt
WKK	[€/m ² /jr]	€ 0,90	€ 2,21
Gasturbine	[€/m ² /jr]	€ 1,64	€ 2,13
Gasturbine + brandstofcel	[€/m ² /jr]	€ -1,91	€ -1,37

In bovenstaande tabel zijn de resultaten van dit onderzoek weergegeven. Hieruit blijkt dat de gasturbine in de rozenteelt een beter rendement haalt dan de WKK. Dit wordt veroorzaakt door een hoger aantal draaiuren en lagere onderhoudskosten.

In de tomatenteelt ontlopen de WKK en de gasturbine elkaar weinig qua rendement.

De gasturbine met brandstofcel is, zoals verwacht, nog niet marktrijp. In zowel de tomaten- als de rozenteelt is het rendement negatief. Toekomstige ontwikkelingen zullen naar verwachting leiden tot lagere productiekosten en lagere onderhoudskosten wat de gasturbine met brandstofcel in de toekomst wellicht interessant zullen maken.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de sparkspread een zeer grote invloed heeft op de financiële resultaten van zowel de WKK als de gasturbine. Daarnaast heeft een wijziging van het elektrisch rendement een grote invloed op de resultaten. De aanschafkosten, levensduur en onderhoud hebben een beperkte invloed op het financieel resultaat.

Door Energy Matters is een forecast voor de energieprijzen in 2018 gedaan. Deze forecast is gebaseerd op een hoog en een laag scenario. Gebaseerd op een hoog scenario blijkt dat de resultaten vrijwel gelijk blijven. Gebaseerd op een laag scenario blijkt dat de resultaten een stuk negatiever uitvallen.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Doelstelling	6
1.2	Organisatorische opzet	6
2	DE TECHNIEKEN	7
2.1	Warmte-krachtkoppeling(WKK)	7
2.1.1	<i>Uitgangspunten WKK</i>	8
2.2	Rookgasreiniger (RGR)	9
2.3	Gasturbine Heron H1	10
2.3.1	<i>Uitgangspunten</i>	11
2.4	Gasturbine met brandstofcel Heron H3	11
2.4.1	<i>Uitgangspunten</i>	11
2.5	Aardgasketel	12
2.6	Overzicht uitgangspunten	12
3	GLASTUINBOUW	13
3.1	Tomatenteelt	13
3.1.1	<i>Warmtevraag</i>	13
3.1.2	<i>Elektriciteitsvraag</i>	13
3.1.3	<i>CO₂-vraag</i>	14
3.2	Rozenteelt	15
3.2.1	<i>Warmtevraag</i>	15
3.2.2	<i>Elektriciteitsvraag</i>	15
3.2.3	<i>Warmteproductie verlichting</i>	16
3.2.4	<i>CO₂-vraag</i>	16
4	SCENARIO'S	17
4.1	WKK bij een rozenteler	17
4.2	Gasturbine bij een rozenteler	20
4.3	Gasturbine en brandstofcel bij een rozenteler	23
4.4	WKK bij een tomatenkweker	26
4.5	Gasturbine bij een tomatenteler	28
4.6	Gasturbine en brandstofcel bij een rozenteler	29
5	FINANCIIEEL	32
5.1	Uitgangspunten	32
5.2	Rozenteelt	33
5.3	Tomatenteelt	34
6	GEVOELIGHEIDSANALYSE	35
6.1	Algemeen	35
6.2	Rozenteelt	36
6.3	Tomatenteelt	38
6.4	Sparksread	39



7	CONCLUSIE EN AANBEVELING	41
7.1	Conclusies:.....	41
7.2	Aanbevelingen:.....	42
8	BIJLAGEN.....	43



1 Inleiding

EECT ontwikkelt, produceert en levert gasturbines die door middel van een brandstof elektriciteit opwekken. Aan de basis van de technologie staat de zogenaamde Heron cyclus. Deze gasturbines hebben een elektrisch rendement van ca. 40%. Dit is vergelijkbaar met de conventionele gasmotoren (WKK). Er is behoefte om het financieel rendement over langere periode inzichtelijk te krijgen.

1.1 Doelstelling

Het doel van het project is om een vergelijking te trekken tussen de toepassing van een gasmotor(WKK) versus een gasturbine in de glastuinbouw. De vergelijking is gemaakt voor een tomatenteelt(onbelicht) en rozenteelt(belicht).

Tevens is de vergelijking nog verder uitgewerkt naar de conceptuele toepassing van een gasturbine met een geïntegreerde brandstofcel. Deze combinatie kenmerkt zich door een erg hoog elektrisch rendement maar is nog niet markt gereed.

1.2 Organisatorische opzet

In opdracht van: J. R. van Arent
Bedrijf: EECT turbines N.V.
Contactpersoon: J.R. van Arent
Bezoekadres: Blokmakersweg 10
Postcode en plaats: 1786 RC Den Helder
Postadres: Blokmakersweg 10
Postcode en plaats: 1786 RC Den Helder
Telefoonnummer: 0223-746011
Faxnummer: 0223-746015
Internetadres: <http://www.eect.nl>

Uitgevoerd door:
Bedrijf: E kwadraat advies BV
Contactpersoon: Adri Kuyper
Postadres: Postbus 827
Postcode en plaats: 8901 AA Leeuwarden
Bezoekadres: Legedijk 4
Postcode en plaats: 8935 DG Leeuwarden
Telefoonnummer: 088-4000 500
Faxnummer: 088-4000 509
E-Mail adres: info@ekwadraat.com
Internet: www.ekwadraat.com
KvK nummer: 010998558 (Leeuwarden)



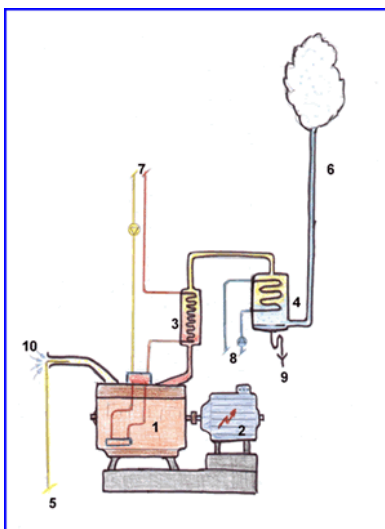


2 De technieken

2.1 Warmte-krachtkoppeling(WKK)

Een energetisch fraai alternatief is warmte-krachtkoppeling ofwel WKK. Bij WKK worden elektriciteit en warmte tegelijkertijd bij de verbruiker opgewekt. Daarmee worden de verliezen voor transport van warmte en elektriciteit vrijwel geëlimineerd. De warmtevraag staat normaal gesproken voorop bij WKK, zodat vernietiging van warmte nauwelijks voorkomt. Het brandstofverbruik voor de gecombineerde productie van elektriciteit en warmte in een WKK is daardoor een stuk lager dan het verbruik voor de productie van eenzelfde aantal eenheden elektriciteit en warmte afzonderlijk in elektriciteitscentrale en CV-ketel. Het totaalrendement voor omzetting van brandstof in elektriciteit en warmte ligt bij een WKK gewoonlijk op 85%. Hogere rendementen zijn mogelijk door ook restwarmte op lage temperatuur te benutten. Als ook de condensatiewarmte van de waterdamp in de rookgassen wordt benut kan het rendement zelfs de 100% benaderen. Dan kun je naar analogie van de hr-ketel spreken van hr-WKK.

Als brandstof voor de WKK wordt in Nederland meestal aardgas gebruikt, maar ook biogas en stortgas worden wel gebruikt. De WKK levert dan duurzame energie. In principe is elke brandstof mogelijk. De keuze van de krachtbron, die de generator in de WKK aandrijft, hangt samen met de beschikbare brandstof, het gewenste vermogen en de vorm waarin de warmte geleverd moet worden.



Schema van een hr-WKK:

1. gasmotor
2. generator
3. rookgaskoeler
4. rookgascondensator
5. aardgastoevoer
6. rookgasafvoer 45 °C
7. C.V.-water 70-85 °C
8. lagetemperatuursverwarming 30-35 °C
9. condenswaterafvoer
10. verbrandingslucht

Warmte/kracht is op dit moment een van de belangrijkste technieken om de glastuinder op een energetisch én economisch efficiënte manier van elektriciteit en warmte te voorzien.

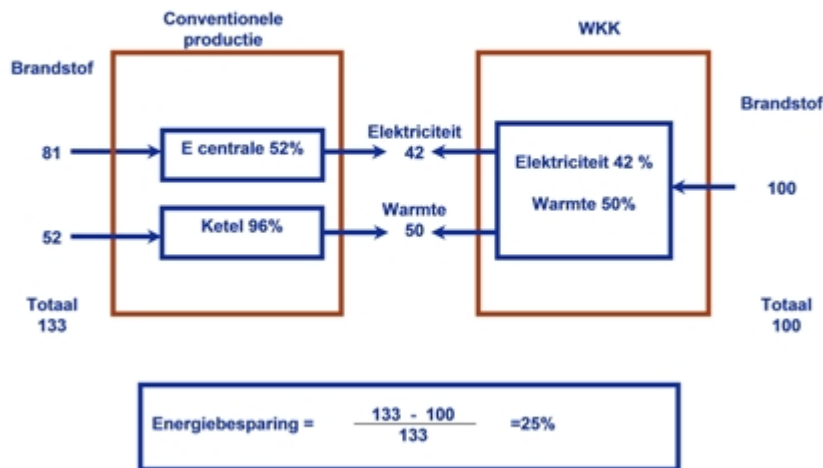
In het verleden werd de elektriciteit doorgaans gebruikt ten behoeve van belichting. De laatste paar jaren is er een trend waarbij de WKK ook steeds meer voor netlevering wordt benut.

Dit WKK vermogen heeft tot nu toe een belangrijke bijdrage geleverd aan het verminderen van het primaire energieverbruik in de glastuinbouw. De energiebesparing met WKK wordt berekend door te vergelijken met gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit. Dit is geïllustreerd in de onderstaande figuur. Hierin wordt een WKK met 42% elektrisch en 50% thermisch rendement vergeleken met gemiddelde rendement van de elektriciteitsopwekking (52% elektrisch) in Nederland waarbij de warmte niet nuttig gebruikt wordt en opwekking van warmte met een ketel (thermisch rendement 95% op onderwaarde). Voor de geschetste situatie wordt een brandstofbesparing bereikt van 25%. Deze besparing geldt uiteraard alleen voor het gedeelte waar warmte/kracht in kan voorzien. Als de WKK te groot is wordt er warmte vernietigd en daalt de energiebesparing.



Energiebesparing met WKK

Uitgedrukt in eenheden primaire energie (gas)



2.1.1 Uitgangspunten WKK

Om een juiste vergelijking te maken is gebruik gemaakt van op de praktijk gebaseerde gegevens. Deze gegevens zijn verkregen uit diverse gesprekken met tuinders en voorgelegd aan EECT.

De aanschafkosten van een dergelijke Warmtekrachtkoppeling zijn inclusief de kosten voor de rookgasreiniging. Er is uitgegaan van een prijs van € 600,- per kW elektrisch. De kosten voor de piek ketels zijn hierin niet meegenomen. Het eigen verbruik van de warmtekrachtkoppeling moet in mindering gebracht worden met het elektrisch vermogen. Dit maakt het netto rendement lager.

De onderhoudskosten bedragen € 10,- per geproduceerde MWh. Dit is inclusief onderhoud voor rookgasreiniging en het groot-onderhoud na 30.000 draaiuren.

Uitgangspunten WKK		
Aanschaf:	€ 840.000,-	(incl. montage en RGR)
Vermogen	1.406	kWe
Rendement elektrisch	41%	
Vermogen thermisch	1.715	KWth
Rendement thermisch	50%	
Aardgasvraag	390 m ³ /h	m ³ /h
Afschrijving	10 jaar	Jaar
Eigen verbruik	14 kW	
Onderhoud	€ 10,-	Per MWh

Tabel 1 Uitgangspunten WKK



2.2 Rookgasreiniger (RGR)

Als de WKK wordt voorzien van een rookgasreiniger kunnen ook de rookgassen van de WKK ingezet worden voor CO₂-bemesting in de kas.

In de ongereinigde rookgassen van de WKK-installatie zitten groeiremmende stoffen zoals NO_x, CO en het voor het gewas zeer schadelijke C₂H₄ (etheen).

Bij de gangbare rookgasreiniger worden schadelijke stoffen verwijderd doordat ureum reageert met etheen en NO tot stikstof, CO₂ en water.

In de glastuinbouw is CO₂ niet meer weg te denken. CO₂ is van essentieel belang ter bevordering van groei en kwaliteit. Steeds meer tuinbouwbedrijven zien voordeel in WKK CO₂ bemesting.



WKK CO₂ biedt voordelen ten opzichte van aardgasgestookte ketel CO₂ voor zowel belichte als niet belichte gewassen in zowel de bloemen als groenteteelt. De WKK gaat meer draaiuren maken en dit resulteert in een grotere energiebesparing en hogere rentabiliteit. De WKK produceert minder warmte per kg geproduceerde CO₂, waardoor er minder snel een warmteoverschot optreedt. Met WKK CO₂ zijn hogere concentraties CO₂ in de kas mogelijk. Zeker in de zomer met een hoge ventilatievoud is dit van groot belang. De concentraties van schadelijke stoffen zijn beduidend lager.

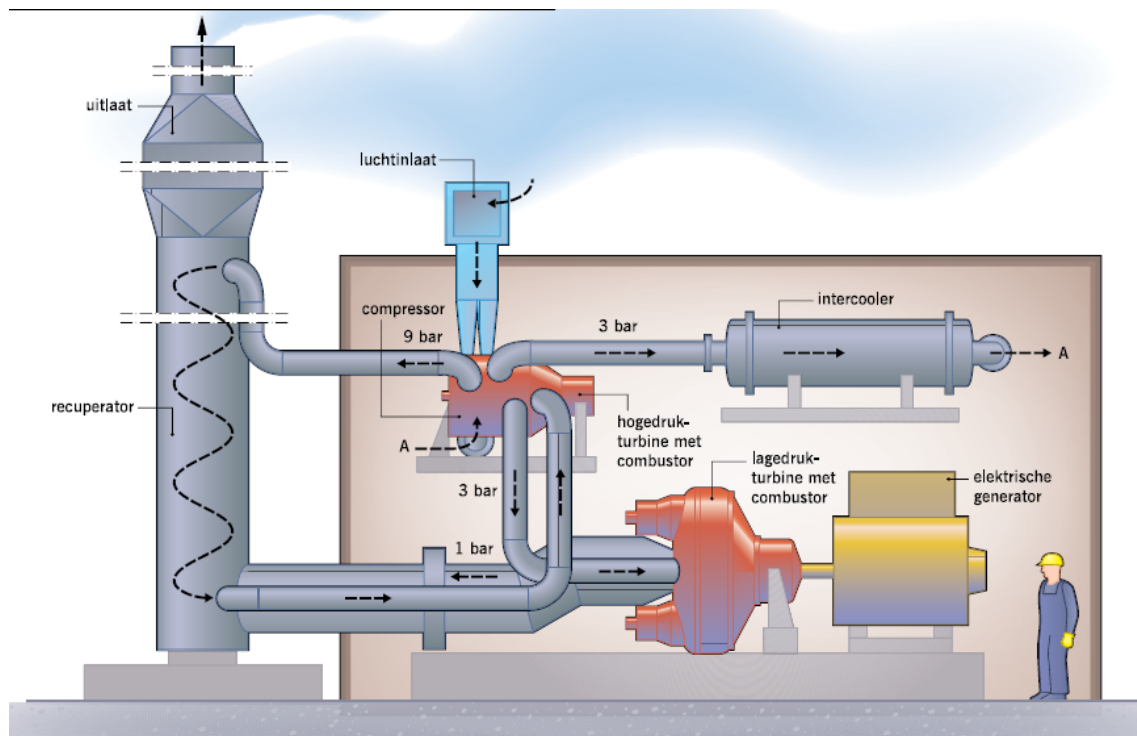
Naast de economische aspecten biedt rookgasreiniging ook voordelen voor het milieu, zoals een beperking van de uitstoot van schadelijke stoffen en een grotere energiebesparing.

Een bewaking op C₂H₄ (etheen), naast NO_x en CO is tegenwoordig een standaard faciliteit. Het meetinstrument is in een separaat paneel ondergebracht en kan op elk gewenst tijdstip of interval een meting uitvoeren.



2.3 Gasturbine Heron H1

De door EECT ontwikkelde gasturbine(H1) is een twee-assige turbine met tweetrapscompressie. De rendementen van de gasturbine zijn vergelijkbaar met die van een WKK. Doordat de turbine modulair is opgebouwd is het vervangen van onderdelen eenvoudig. Hierdoor kan een hoge beschikbaarheid gerealiseerd worden. Daarnaast kenmerkt de gasturbine zich door een lage onderhoudskosten.



Figuur 1 Schematische weergave werking Heron H1 gasturbine

De H1 bestaat uit een twee-assige turbine. De inkomende lucht wordt gecomprimeerd in een lagedruk compressor en een hogedrukcompressor waartussen het door middel van een intercooler wordt teruggekoeld. Hierdoor loopt de druk op tot ca. 9 bar. Daarna wordt de stroom verder opgewarmd door een recuperator, aangedreven door de uitlaatgassen. De proceslucht treedt de hogedruk verbrandingskamer binnen waarna het expandeert over het hogedruk turbinewiel. Deze drijft beide compressoren aan. De proceslucht wordt vervolgens over twee lagedruk verbrandingskamers geleid waarna het de lagedruk turbinewiel aandrijft. Deze drijft de generator aan.



2.3.1 Uitgangspunten

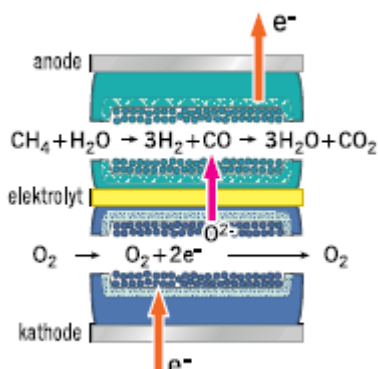
De uitgangspunten van de gasturbine zijn gebaseerd op de informatie verkregen van EECT. Hierbij is rekening gehouden met de verwachte ontwikkeling en prijsdaling wanneer de productie toeneemt. De investeringskosten zijn inclusief montagekosten en exclusief eventuele piekketels. Het eigen verbruik van de turbine wordt in mindering gebracht op het elektrisch vermogen waardoor de netto elektriciteitslevering lager uitvalt. De onderhoudskosten zijn vastgesteld op € 36.000,- per jaar. Doordat de draaiuren verschillen bij de tomatenteelt en rozenteelt verschillen de kosten per draaiuur.

Uitgangspunten H1 gasturbine:		
Aanschaf	€ 1.560.000	
Vermogen	1.407	kWe
Rendement el	42%	
Vermogen th	1.501	kWth
Rendement th	44,8%	
Aardgasvraag	380	m ³ /h
Afschrijving:	15	Jaar
Eigen verbruik	25	kW
Onderhoud	€ 3,70 - € 4,40	Per MWh

Tabel 2 Uitgangspunten Gasturbine

2.4 *Gasturbine met brandstofcel Heron H3*

SOFC-BRANDSTOFCEL



Figuur 2 Werkingsprincipe brandstofcel

Een recente ontwikkeling van EECT betreft een gasturbine gecombineerd met een brandstofcel. Hierbij wordt aardgas behandeld met stoom waardoor dit reageert naar koolstofmonoxide en waterstof. Aan de andere zijde van het elektrolyt komt zuurstof in contact met de kathode. Het zuurstofmolecuul neemt 4 elektronen op waarbij het zich splitst in 2 zuurstofionen. De zuurstofionen stromen door het elektrolyt en vormen water en koolstofdioxide. Hierbij staan zij de elektronen weer af. De reactie levert warmte die nuttig in het proces ingezet kan worden. De verplaatsende elektronen tussen de anode en kathode leveren de gewenste energie. Door middel van deze toevoeging haalt de Heron turbine een elektrisch rendement van ca. 74,6%. In de toekomst kan dit mogelijk hoger liggen wanneer interne reforming toegepast kan worden. Hierbij wordt het gas in de brandstofcel met stoom behandeld.

2.4.1 Uitgangspunten

De uitgangspunten voor de gasturbine met brandstofcellen zijn gebaseerd op schattingen wat in de toekomst mogelijk zou zijn. Doordat de productiekosten voor brandstofcellen de komende jaren zullen dalen is een inschatting gemaakt voor zowel het brandstof als het turbine gedeelte. Voor beide gedeelten geldt een andere levensduur waardoor de brandstofcellen binnen 5 jaar worden afgeschreven en het relatief onderhoudsvriendelijke turbinegedeelte in 15 jaar.

Het eigen verbruik van de H3 turbine bedraagt ca. 75 kW. De onderhoudskosten worden mede door de gevoelige brandstofcellen geschat op € 10,- per geproduceerde MWh.



Uitgangspunten H3 gasturbine met brandstofcellen		
Aanschaf	€ 3.000.000,- € 4.000.000,-	Turbine Brandstofcellen
Vermogen Elektrisch	5.056	kWe
Rendement Elektrisch	74,6%	
Vermogen Thermisch	334	kWth
Rendement Thermisch	4,9%	
Aardgasvraag	770	m ³ /h
Afschrijving	5 jaar 15 jaar	Brandstofcel Turbinegedeelte
Eigen verbruik	75	kW
Onderhoud	€ 10,-	Per MWh

Tabel 3 Uitgangspunten gasturbine met brandstofcellen

2.5 Aardgasketel

Naast een WKK, gasturbine of gasturbine met brandstofcel blijft een piekketel noodzakelijk. In de regel wordt door tuinders aangehouden dat er ca. 0,8 MW aan thermisch opgesteld vermogen per hectare aanwezig moet zijn.

Doordat de gasturbine met brandstofcel een laag thermisch rendement heeft dient een groter deel opgevangen te worden door piekketels.

In deze vergelijkingsstudie is uitgegaan van een aanschaf van € 72.500,- voor een piekketel met een thermisch vermogen van 2 MW. Een piekketel met een thermisch vermogen van 600 kW is de prijs vastgesteld op € 30.000,-.

Een gasketel heeft een thermisch rendement van ca. 95% en wordt afgeschreven binnen 15 jaar.

Uitgangspunten Gasketel		
Investering	€ 30.000,- € 72.500,-	600 kW ketel 2.000 kW ketel
Rendement	95%	
Afschrijving	15	Jaar

Tabel 4 Uitgangspunten piekketel

2.6 Overzicht uitgangspunten

		WKK	Gasturbine	Gasturbine+ brandstofcel
Aanschaf	[€]	840.000	1.560.000	7.000.000
Vermogen (el.)	[kW]	1.406	1.404	5.056
Vermogen (th.)	[kW]	1715	1.498	334
Rendement (el.)	[%]	41	42	74,6
Rendement (th.)	[%]	50	44,8	4,9
Aardgasvraag	[m ³ /uur]	390	380	770
Afschrijving	[jaar]	12	15	5 (brandstofcel) 15 (turbine)
Eigen verbruik	[kW]	14	25	75
Onderhoud	[€/MWh]	€ 10,-	€ 3,70 - € 4,40	€ 10,-

Tabel 5 Overzicht van de uitgangspunten



3 Glastuinbouw

In de vergelijking is er onderscheid gemaakt tussen twee soorten glastuinbouwteelten:

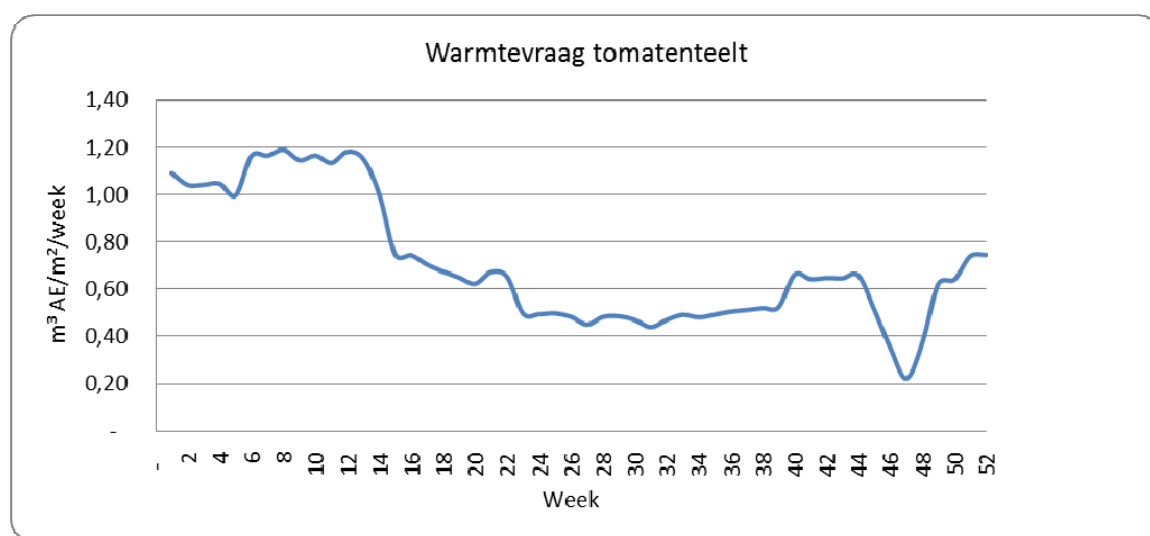
- Een tomatenteelt (onbelicht) met voornamelijk een warmtevraag en weinig elektriciteitsdraad.
- Een rozenteelt (belicht) met veel elektriciteitsvraag en een warmtevraag die min of meer gelijk is aan de tomatenteelt.

Het eigen elektriciteitsverbruik op deze glastuinbouwbedrijven (exclusief verlichting) bedraagt ca. 7-8 kWh/m² per jaar. Doordat dit voor zowel rozenteelt als tomatenteelt vrijwel gelijk is, is dat in deze vergelijking niet meegenomen.

3.1 Tomatenteelt

3.1.1 Warmtevraag

De warmtevraag berust op gemiddelde verbruiksgegevens van drie tomatentelers waarmee E kwadraat eerder mee gerekend heeft. Op basis van deze gegevens is een jaarlijks warmteprofiel gemaakt. De jaarlijkse warmtevraag bedraagt gemiddeld ca. 36,7 m³ AE/m²/jaar.



Figuur 3 Wekelijkse warmtevraag van een gemiddelde tomatenteelt

3.1.2 Elektriciteitsvraag

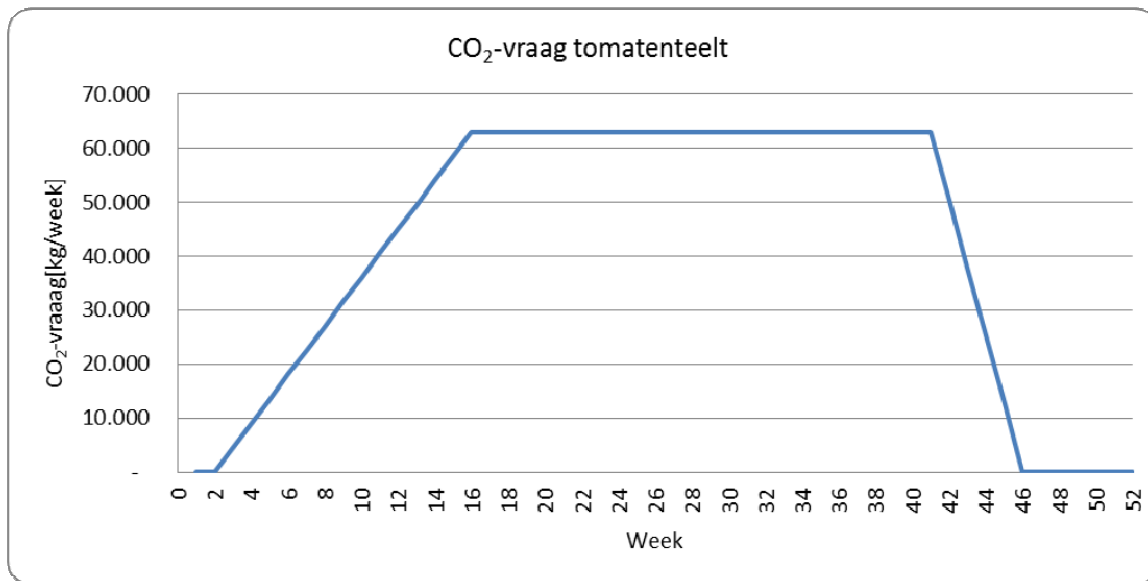
In de vergelijking tussen rozenteelt en tomatenteelt is uitgegaan van onbelichte tomatenteelt. Hierdoor is de elektriciteitsvraag bij tomatenteelt niet van belang. Iedere geproduceerde kilowattuur wordt terug geleverd aan het net.



3.1.3 CO₂-vraag

De CO₂-vraag berust op de opname van koolstofdioxide door de gewassen en de verliezen als gevolg van ventilatie.

Onder invloed van (zon)licht wordt CO₂ en water omgezet in koolhydraten zoals glucose. Uiteraard zal tijdens de zomermaanden de CO₂-opname van de gewassen hoger zijn dan tijdens de wintermaanden. De CO₂-dosering is vastgesteld op 250 kg/ha/uur met een dosering van 12 uren per dag in de zomer.



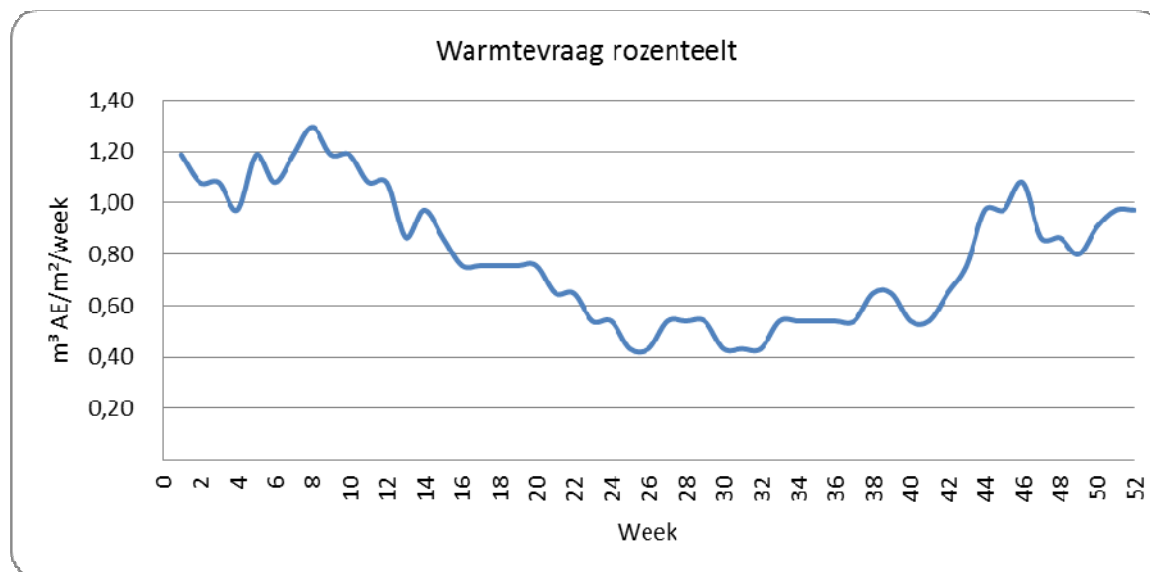
Figuur 4 Wekelijkse CO₂-vraag van gemiddelde tomatenteelt bij 3,0 ha.



3.2 Rozenteelt

3.2.1 Warmtevraag

De warmtevraag van de rozenteelt berust op gegevens van Energy Matters . De jaarlijkse warmtevraag bedraagt ca. 41,1 m³ AE/m²/jaar. Het warmteprofiel is in onderstaande figuur weergegeven.

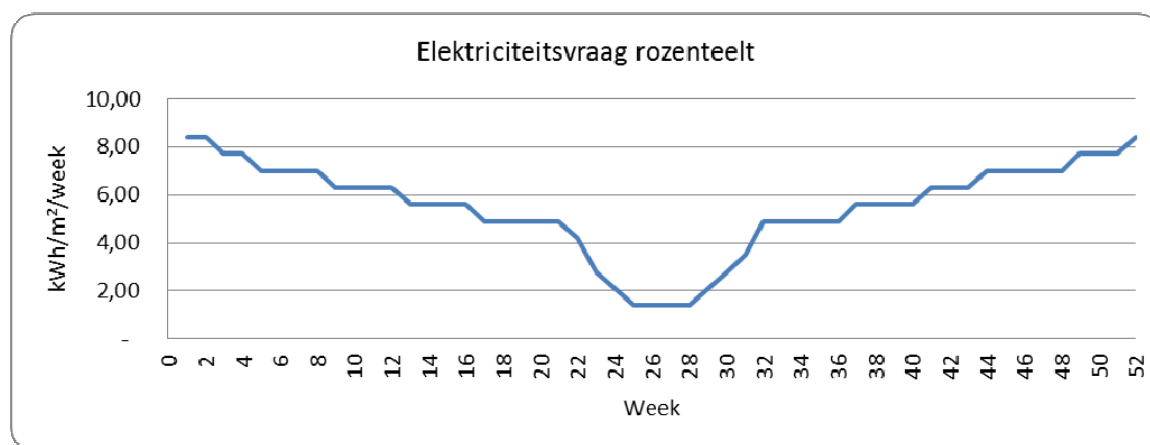


Figuur 5 Wekelijkse warmtevraag gemiddelde rozenteelt

3.2.2 Elektriciteitsvraag

De elektriciteitsvraag is bepaald aan de hand van het aantal belichtingsuren. Er is uitgegaan van een verlichtingsvermogen van 110 Watt/m². Gedurende de zomerperiode neemt de belichtingsduur verder af. Dit is terug te zien in het elektriciteitsprofiel. De elektriciteitsvraag bedraagt voor rozenteelt ca. 288 kWh/m² per jaar.

Het belichtingsprofiel is in onderstaand figuur weergegeven.

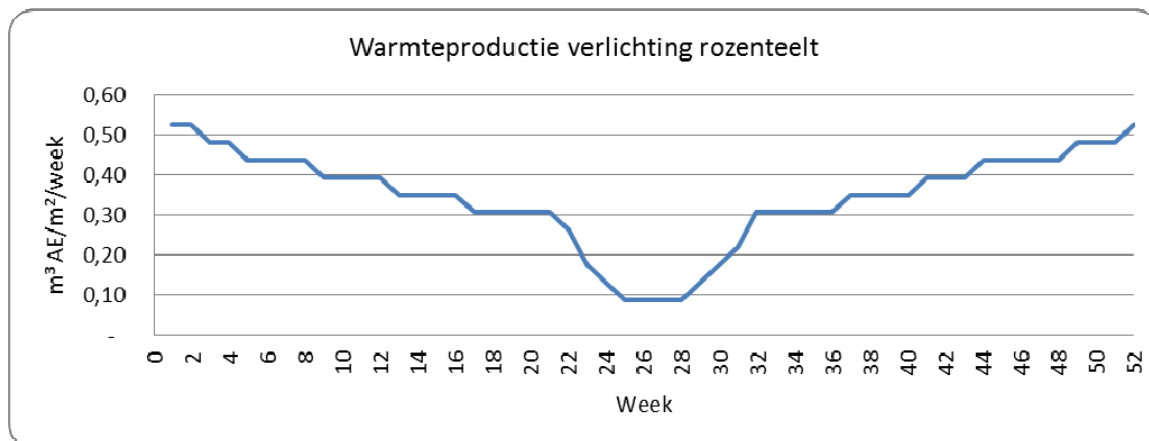


Figuur 6 Wekelijkse elektriciteitsvraag van een gemiddelde rozenteelt ten behoeve van de verlichting.



3.2.3 Warmteproductie verlichting

De intensieve verlichting produceert naast licht ook warmte. Uit de gegevens van Energy Matters is bepaald dat ca. 55% van de energievraag van de verlichting toegerekend kan worden aan direct warmteproductie. Uit deze gegevens blijkt dat de verlichting ca. 18 m³ AE/m²/jaar aan warmte produceert.

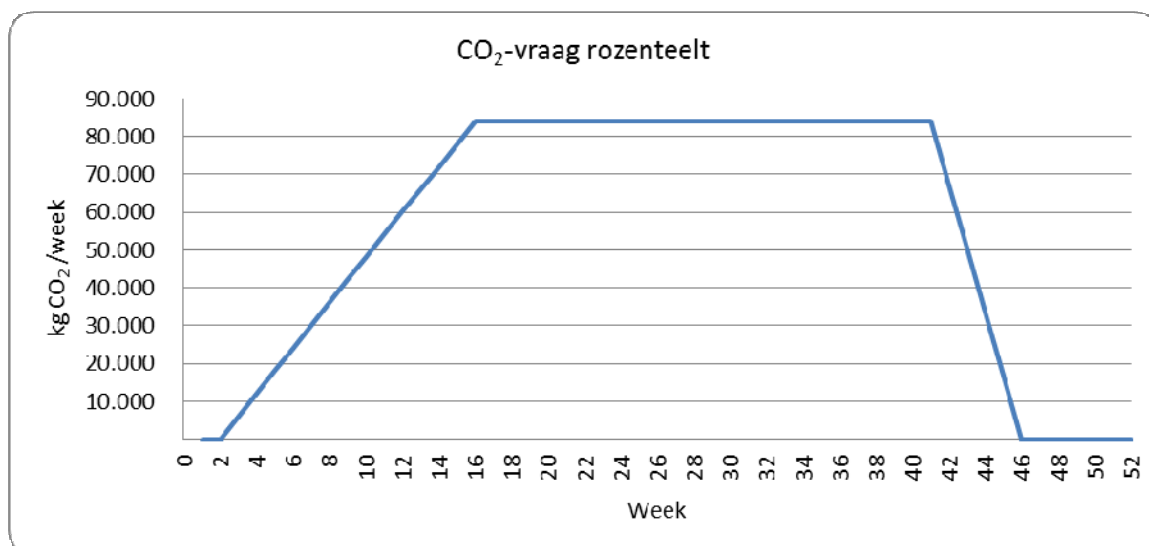


Figuur 7 Warmteproductie ten behoeve van verlichting

3.2.4 CO₂-vraag

De CO₂-vraag berust op de opname van koolstofdioxide van de gewassen en de verliezen als gevolg van ventilatie.

Onder invloed van (zon)licht wordt CO₂ en water omgezet in koolhydraten zoals glucose. Tijdens de zomermaanden zal de CO₂-opname van de gewassen hoger zijn dan tijdens de wintermaanden. De CO₂-dosering is vastgesteld op 250 kg/ha/uur met een dosering van maximaal 12 uren per dag in de zomer.



Figuur 8 Wekelijkse CO₂-vraag bij een gemiddelde rozenteelt bij 4,0 ha.



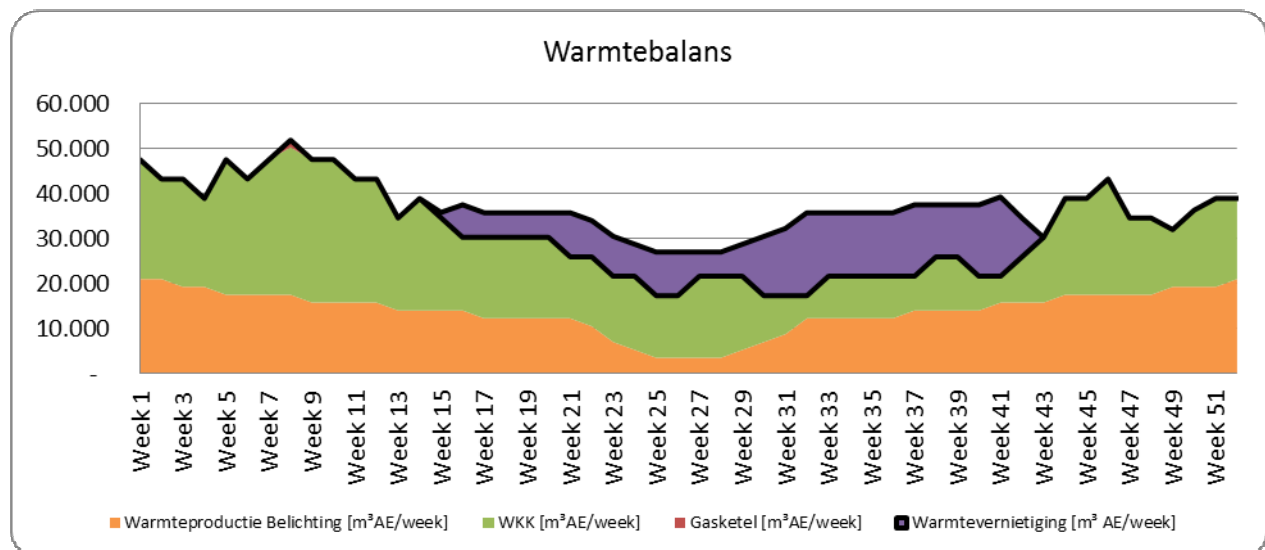
4 Scenario's

4.1 WKK bij een rozenteler

Bij de rozenteelt wordt intensief belicht. Hierdoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, ook interessant om de WKK aan te zetten. Hierdoor kan de WKK bij rozenteelt 7 dagen per week ingezet worden. Daarnaast wordt er in de zomerperiode voor gekozen om de WKK's te sturen op de CO₂-vraag. Hierdoor wordt een deel van de elektriciteit verkocht en gedeeltelijk de warmte vernietigd. Dit is vaak goedkoper dan het inkopen van CO₂.

In onderstaande figuur is de inzet van de WKK en de gasketel afgebeeld. Daarnaast is de warmteproductie van de verlichting met oranje weergegeven.

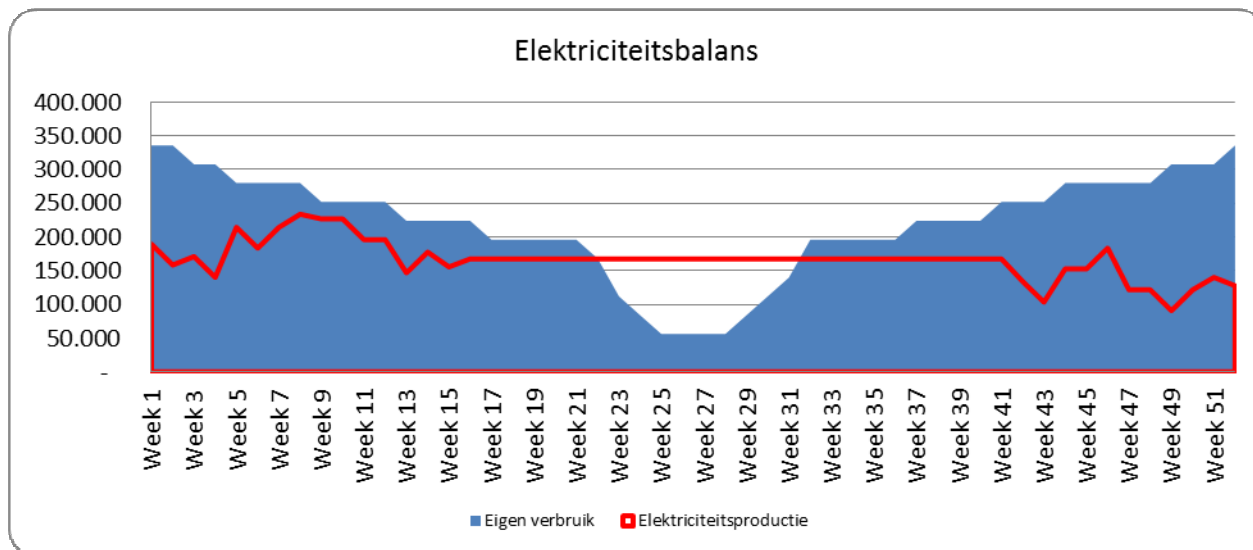
Hieruit blijkt dat de gasketel (op weekniveau) heel weinig ingezet wordt. Het is goed mogelijk dat de gasketel op piekmomenten wel bij moet stoken. In het paars de warmtevernietiging weergegeven ten behoeve van de CO₂-productie.



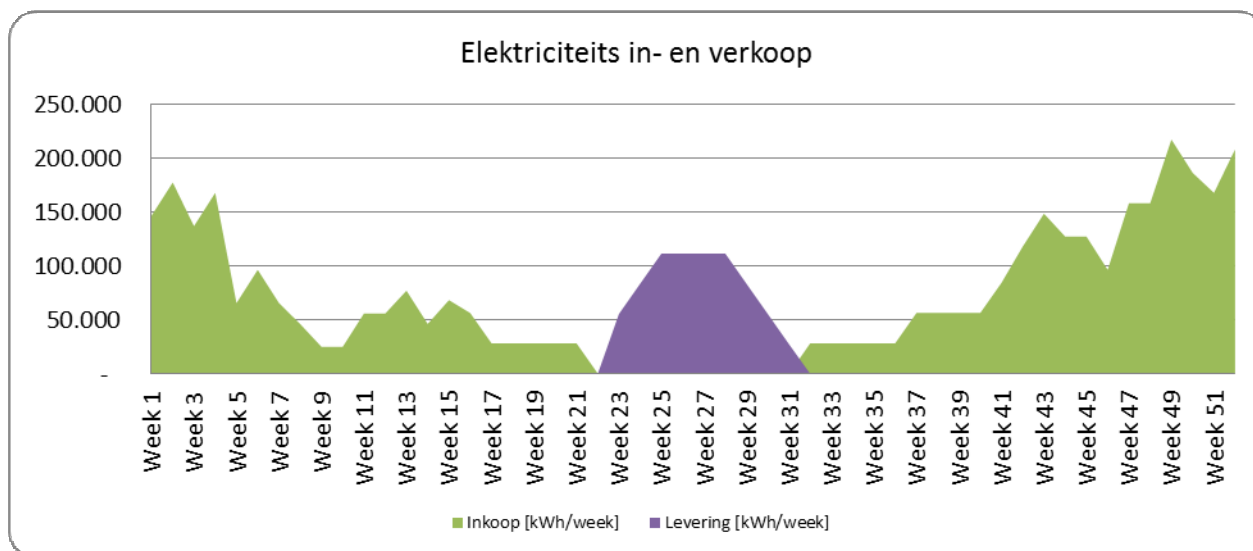
Figuur 9 Verdeling inpassing warmtevraag in m³ aardgas equivalenten.



In Figuur 10 is de elektriciteitsproductie uitgezet tegen de elektriciteitsvraag ten behoeve van de asimilatieverlichting. Hieruit valt op dat de elektriciteitsproductie voor het overgrote deel intern ingezet kan worden. Alleen in de zomermaanden heerst er een overschot. In Figuur 11 is de inkoop en verkoop van weergegeven.



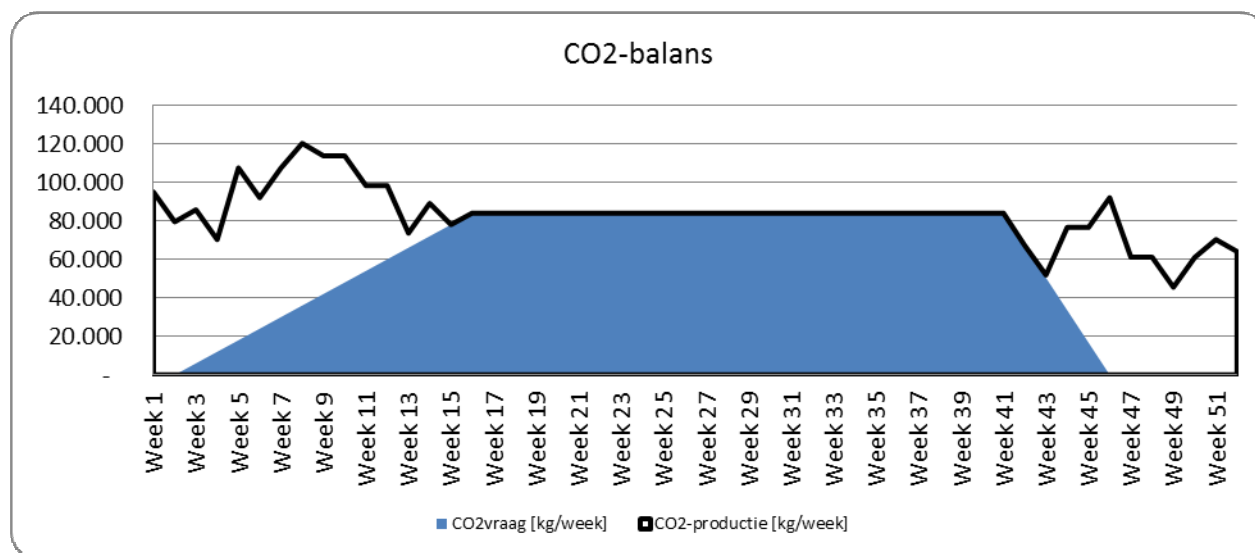
Figuur 10 Elektriciteitsproductie en eigen verbruik ten behoeve van verlichting



Figuur 11 Inkoop en levering van elektriciteit



In Figuur 12 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de WKK en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. In de zomermaanden is de WKK gestuurd op de CO₂-behoefte waardoor inkoop van CO₂ vermeden wordt.



Figuur 12 CO₂-productie en vraag

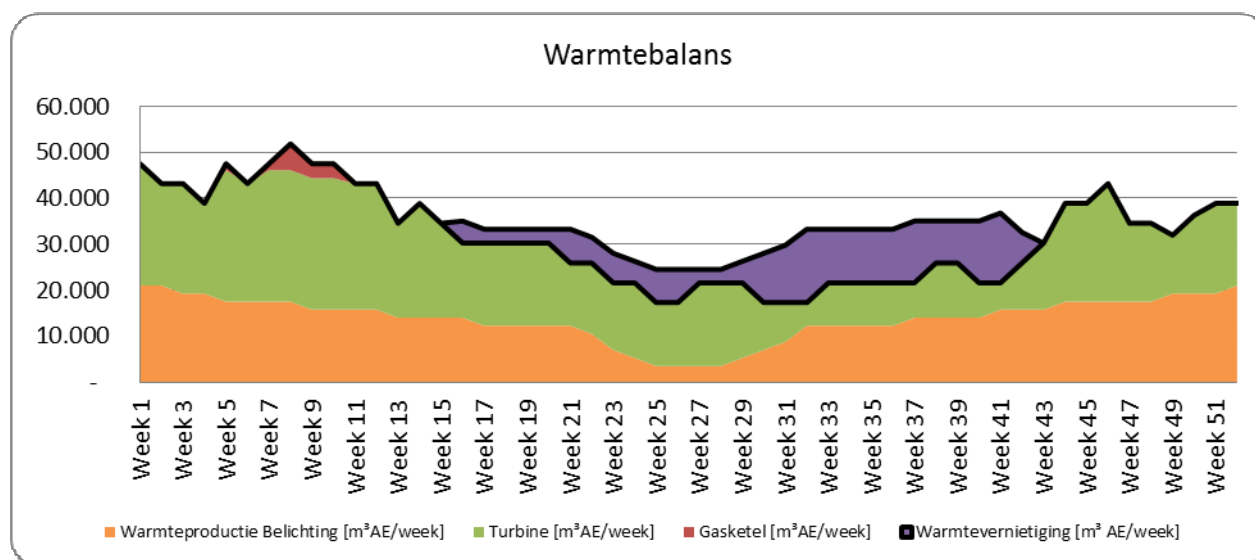


4.2 Gasturbine bij een rozenteler

Bij de rozenteelt wordt intensief belicht. Hierdoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, ook interessant om de gasturbine aan te zetten. Hierdoor kan de gasturbine bij rozenteelt 7 dagen per week ingezet worden. Daarnaast wordt er in de zomerperiode voor gekozen om de gasturbine te sturen op de CO₂-vraag. Hierdoor wordt een deel van de elektriciteit verkocht en de warmte gedeeltelijk vernietigd. Dit is vaak goedkoper dan het inkopen van CO₂.

In onderstaande figuur is de inzet van de gasturbine en de gasketel afgebeeld. Met de kleur oranje is de warmteproductie van de verlichting weergegeven.

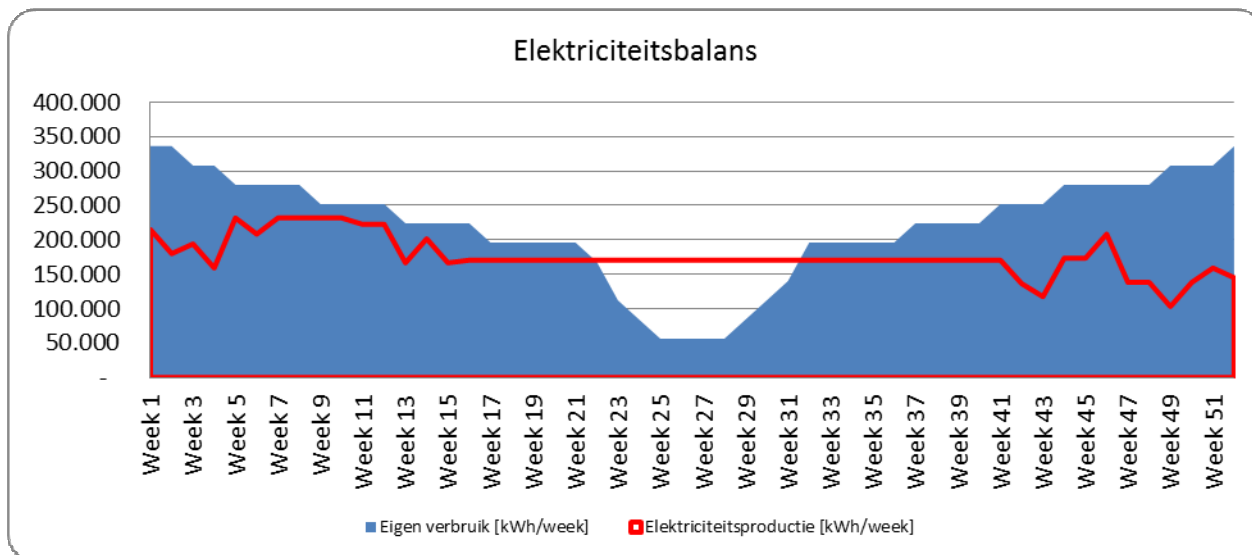
Hieruit blijkt dat de gasketel (op weekniveau) heel weinig ingezet wordt. Het is goed mogelijk dat de gasketel op piekmomenten wel bij moet stoken. In paars is de warmtevernietiging weergegeven ten behoeve van de CO₂-productie.



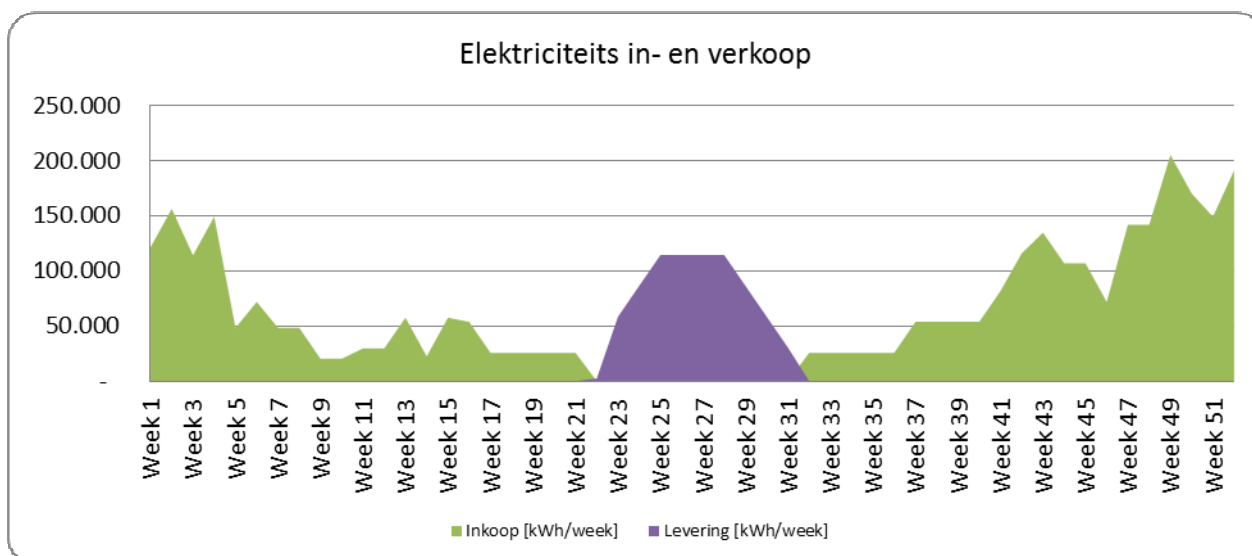
Figuur 13 Verdeling inpassing warmtevraag in m³ aardgas equivalenten.



In Figuur 14 is de elektriciteitsproductie uitgezet tegen de elektriciteitsvraag ten behoeve van de verlichting. Hieruit valt op dat de elektriciteitsproductie voor het overgrote deel intern ingezet kan worden. Alleen in de zomermaanden heerst er een overschot. In Figuur 15 is de inkoop en verkoop van weergegeven.



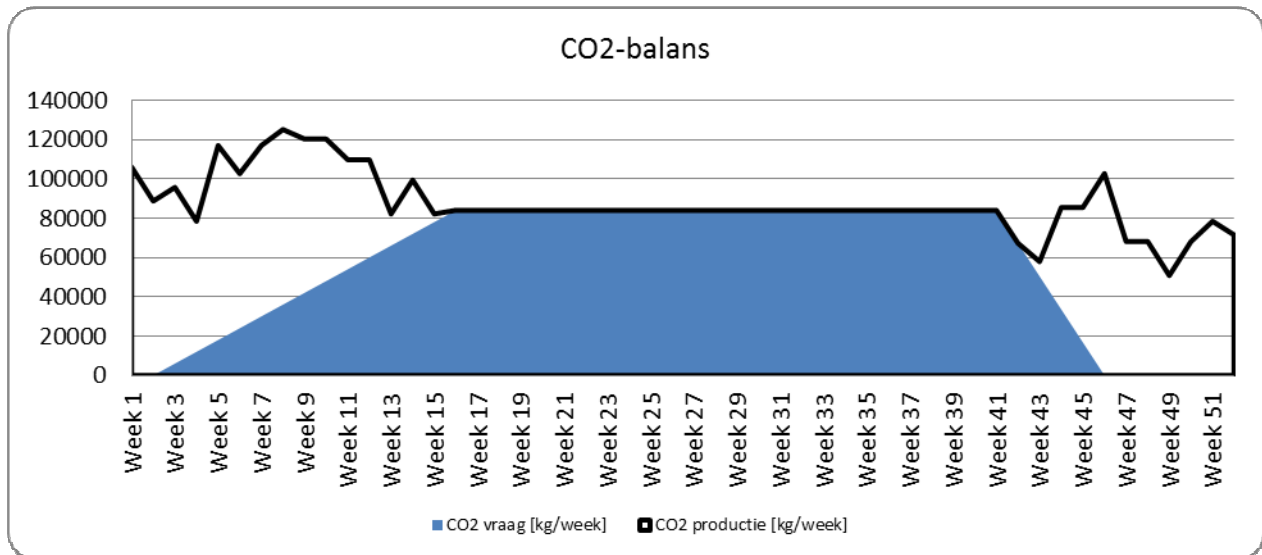
Figuur 14 Elektriciteitsproductie en eigen verbruik ten behoeve van verlichting



Figuur 15 Elektriciteit inkoop en levering



In Figuur 16 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de gasturbine en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. In de zomermaanden is de turbine gestuurd op de CO₂-behoefte waardoor inkoop van CO₂ vermeden wordt.



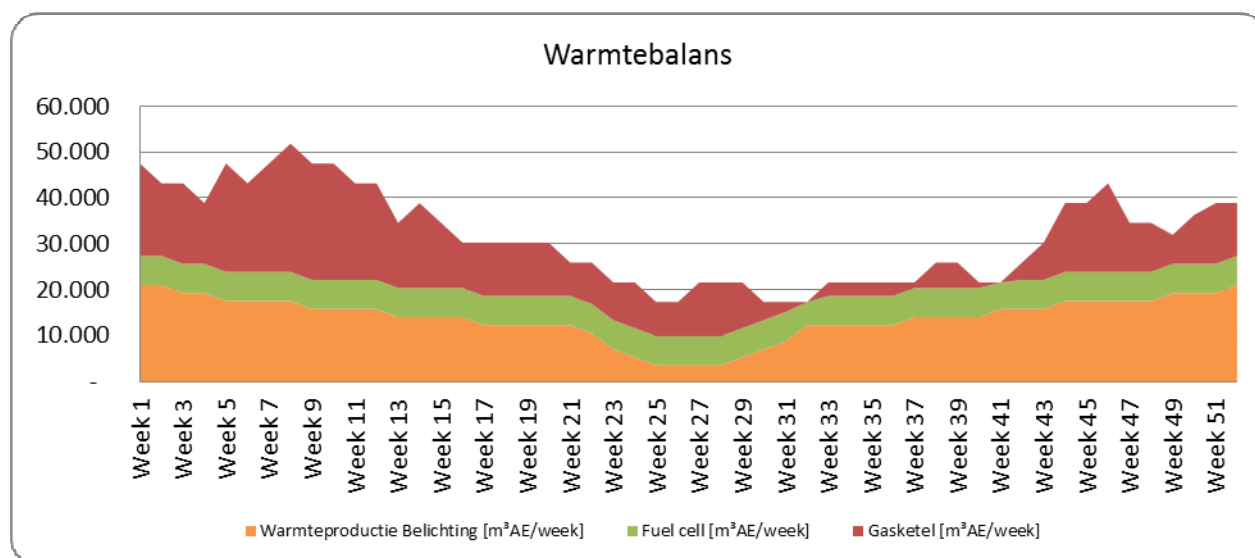
Figuur 16 CO₂ -productie en tekort



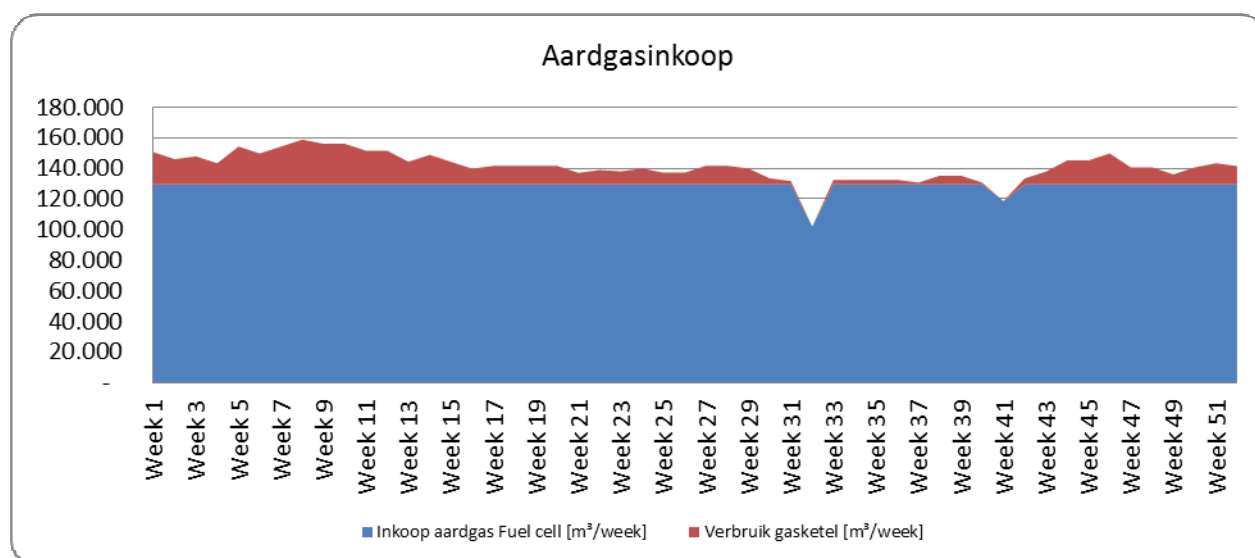
4.3 Gasturbine en brandstofcel bij een rozenteeler

Bij de rozenteelt wordt intensief belicht. Hierdoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, ook interessant om de gasturbine aan te zetten. Hierdoor kan de gasturbine bij rozenteelt 7 dagen per week ingezet worden. In onderstaande figuur is de inzet van de gasturbine en de gasketel afgebeeld.

Hieruit blijkt dat de gasketel veel ingezet moet worden door het lage thermische rendement van de gasturbine met brandstofcel. In Figuur 18 is de verhouding in aardgasgebruik weergegeven tussen de gasturbine en gasketel.



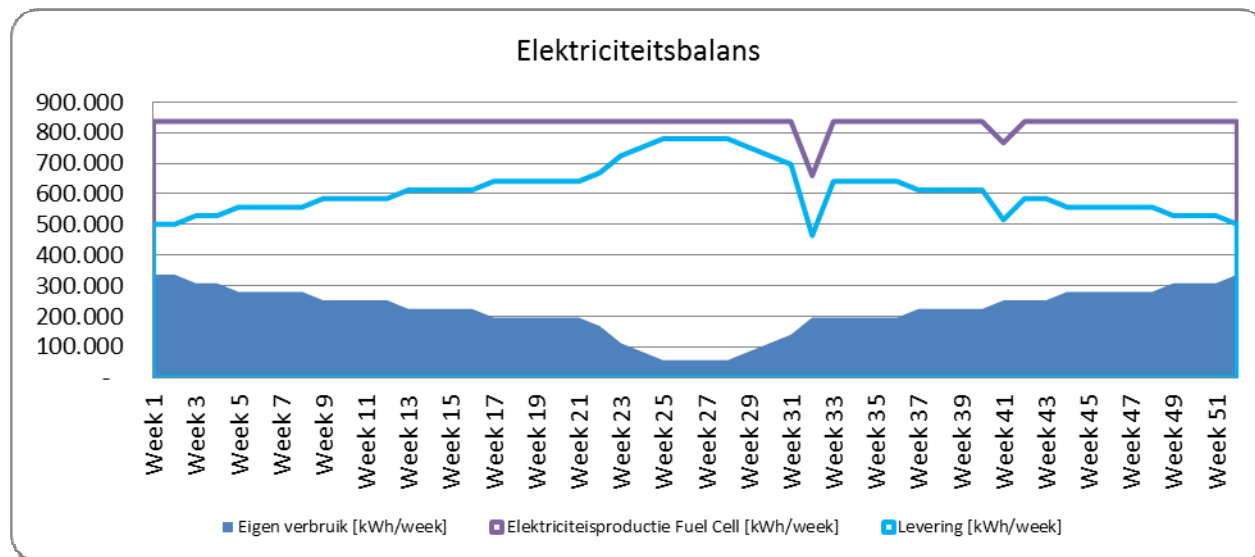
Figuur 17 Verdeling inpassing warmtevraag in m³ aardgas equivalenten.



Figuur 18 Verhouding aardgasinkoop gasketel en turbine met brandstofcel



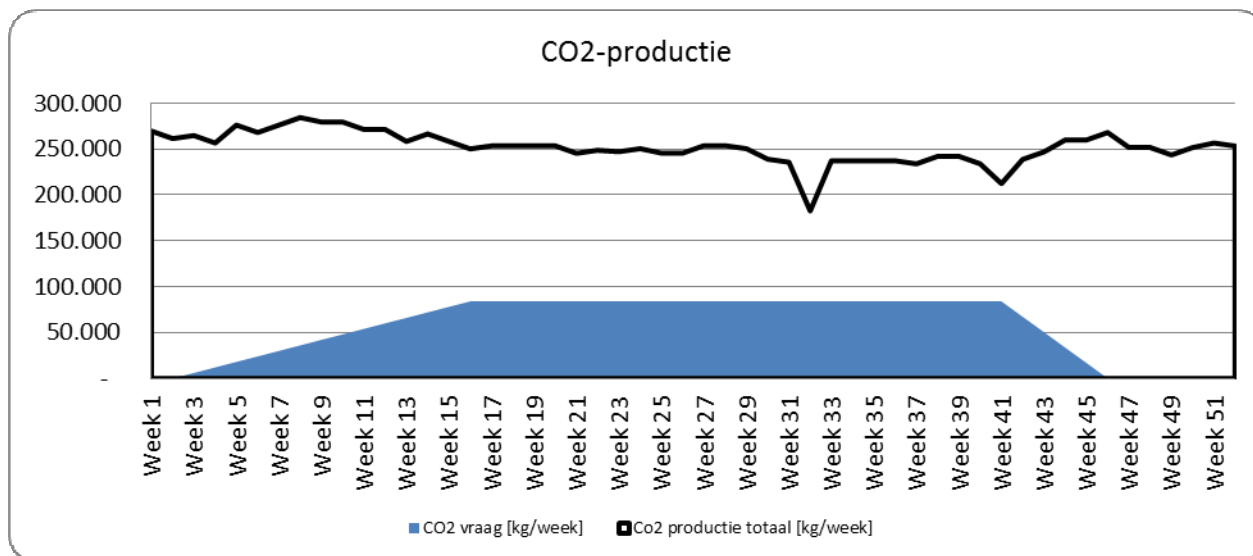
In Figuur 19 is de elektriciteitsproductie uitgezet tegen de elektriciteitsvraag ten behoeve van de verlichting. Daarnaast is de elektriciteitslevering weergegeven. Door het lage thermische rendement kan de gasturbine met brandstofcel continu aan staan. Door het hoge elektrische rendement wordt ruim voorzien in de elektriciteitsvraag.



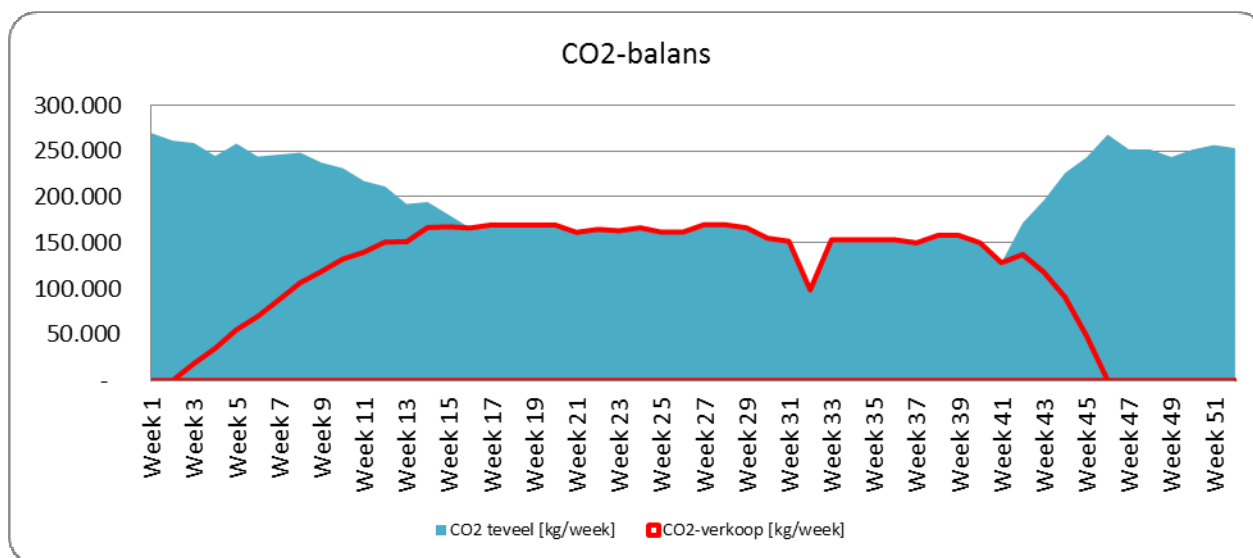
Figuur 19 Elektriciteitsproductie, eigen verbruik en levering



In Figuur 20 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de gasturbine en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. Doordat er een ruim overschot aan CO₂ ontstaat is er voor gekozen om de overtollige zuivere CO₂ te verkopen. Doordat tuinders in de zomer meer doseren dan in de winter, is het CO₂-profiel aangehouden voor de verkoop van CO₂. Deze verhouding is in Figuur 21 weergegeven.



Figuur 20 CO₂-productie en vraag



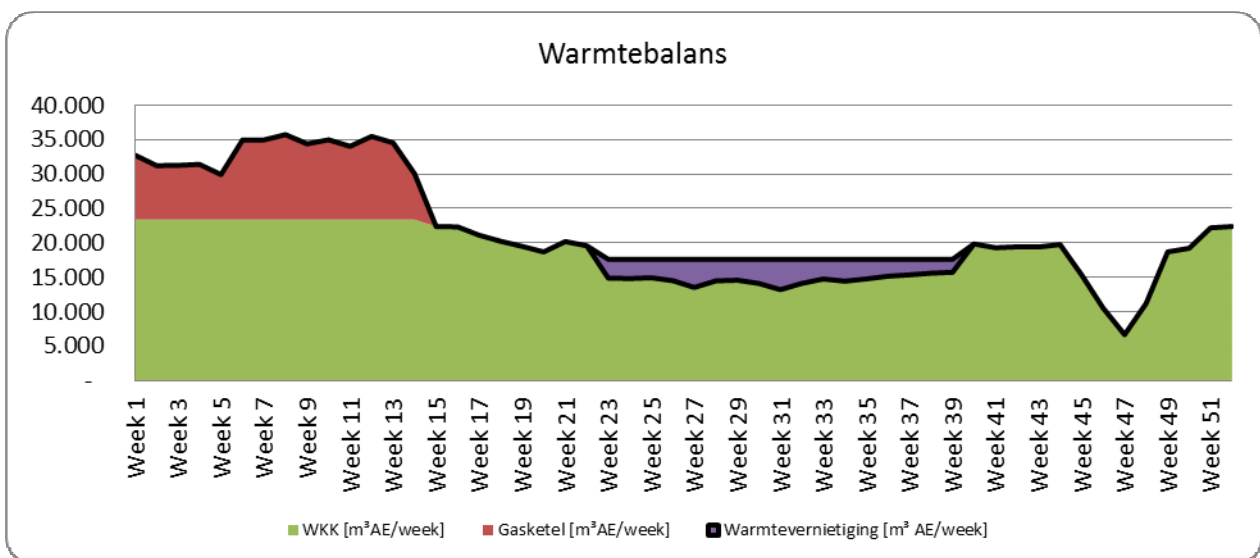
Figuur 21 CO₂ overschot en verkoop



4.4 WKK bij een tomatenkweker

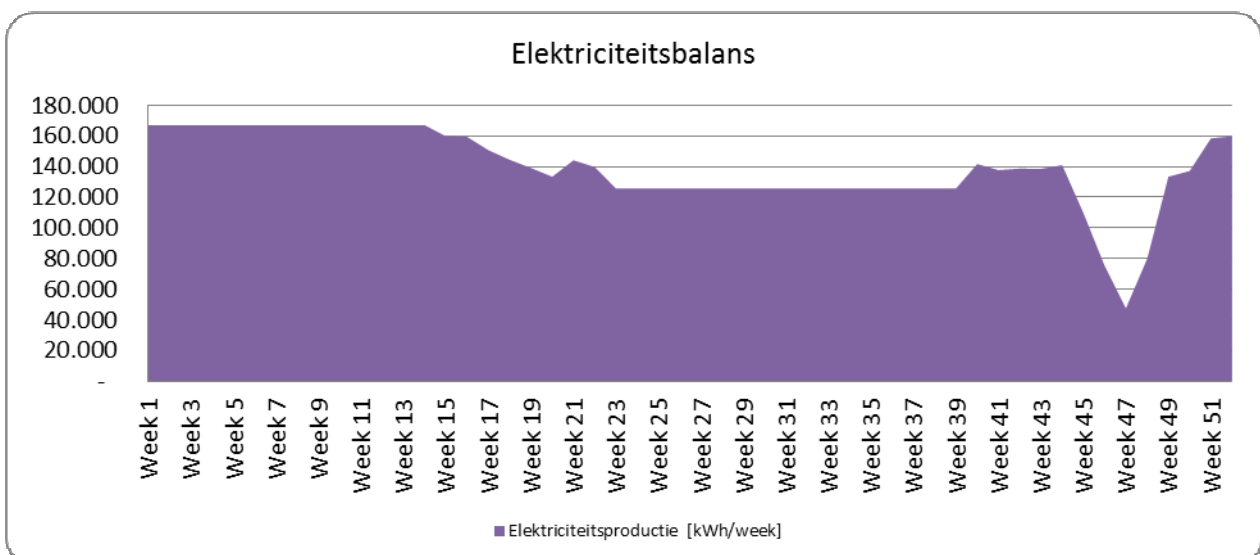
De tomatenteelt is onbelicht. Daardoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, niet interessant om de WKK aan te zetten. Hierdoor kan de WKK bij tomatenteelt 5 dagen per week ingezet worden. Daarnaast wordt er in de zomerperiode voor gekozen om de WKK's te sturen op de CO₂-vraag. Hierdoor wordt een deel van de elektriciteit verkocht en de warmte gedeeltelijk vernietigd. Dit is vaak goedkoper dan het inkopen van CO₂.

In onderstaande figuur is de inzet van de WKK en de gasketel afgebeeld. Hieruit blijkt dat de gasketel vooral aan het begin van het jaar wordt ingezet. Het is goed mogelijk dat de gasketel ook op piekmomenten bij moet stoken. In paars is de warmtevernietiging ten behoeve van de CO₂-productie weergegeven.



Figuur 22 Verdeling inpassing warmtevrage in m³ aardgas equivalenten.

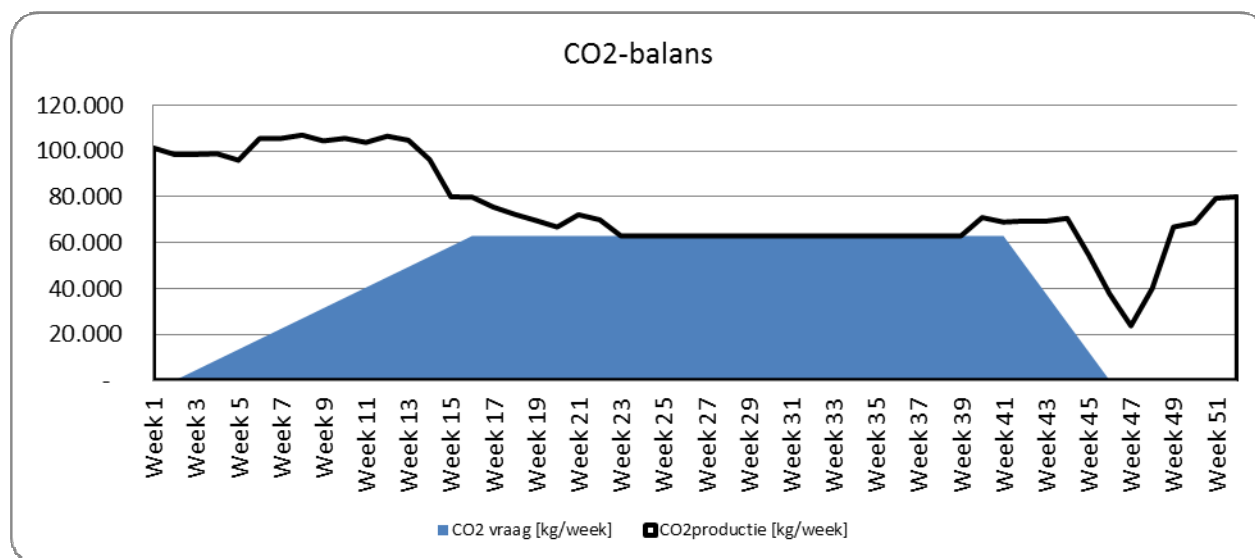
In Figuur 23 is de elektriciteitsproductie gedurende het jaar weergegeven. Doordat er geen rekening wordt gehouden met eigen verbruik wordt alle geproduceerde elektriciteit op het net geleverd.



Figuur 23 Elektriciteitsproductie



In Figuur 24 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de WKK en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. In de zomermaanden is de WKK gestuurd op de CO₂-behoefte waardoor inkoop van CO₂ vermeden wordt.



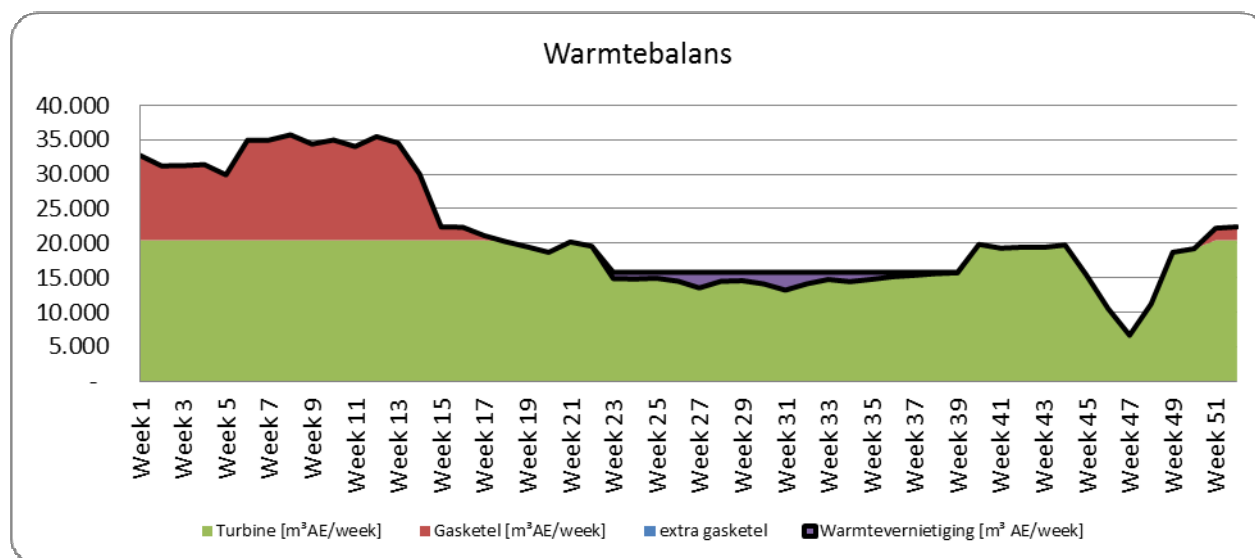
Figuur 24 CO₂-productie en vraag



4.5 Gasturbine bij een tomatenteler

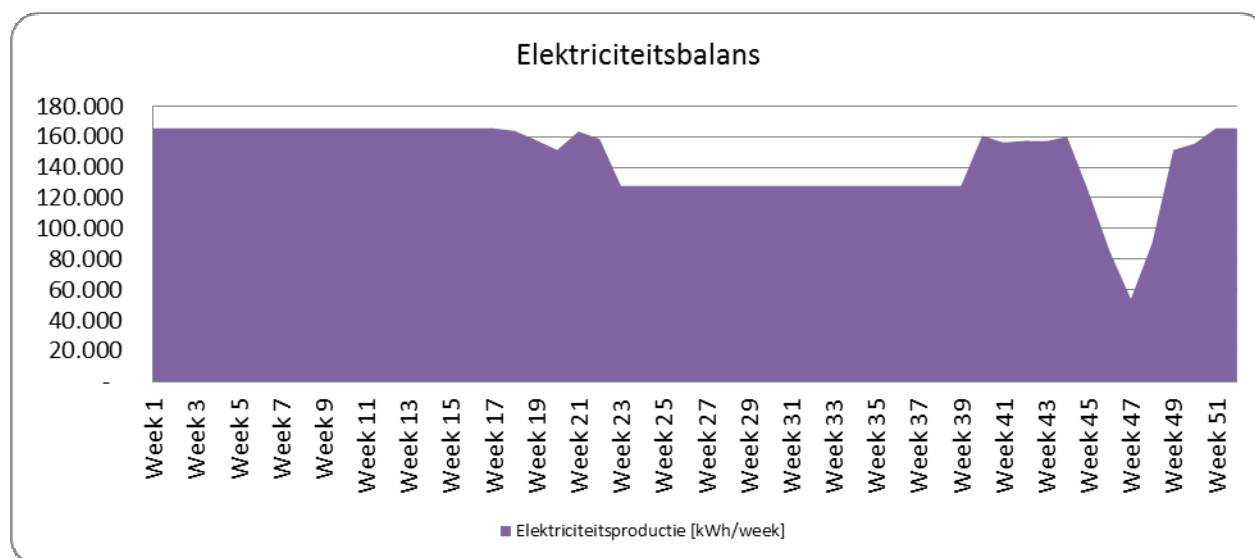
De tomatenteelt is onbelicht. Daardoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, niet interessant om de gasturbine aan te zetten. Hierdoor kan de gasturbine bij tomatenteelt 5 dagen per week ingezet worden. Daarnaast wordt er in de zomerperiode voor gekozen om de gasturbine te sturen op de CO₂-vraag. Hierdoor wordt een deel van de elektriciteit verkocht en de warmte gedeeltelijk vernietigd. Dit is vaak goedkoper dan het inkopen van CO₂.

In onderstaande figuur is de inzet van de gasturbine en de gasketel afgebeeld. Hieruit blijkt dat de gasketel alleen in het begin van het jaar ingezet wordt. Het is goed mogelijk dat de gasketel op piekmomenten bij moet stoken. In paars is de warmtevernietiging ten behoeve van de CO₂-productie weergegeven.



Figuur 25 Verdeling inpassing warmtevraag in m³ aardgas equivalenten.

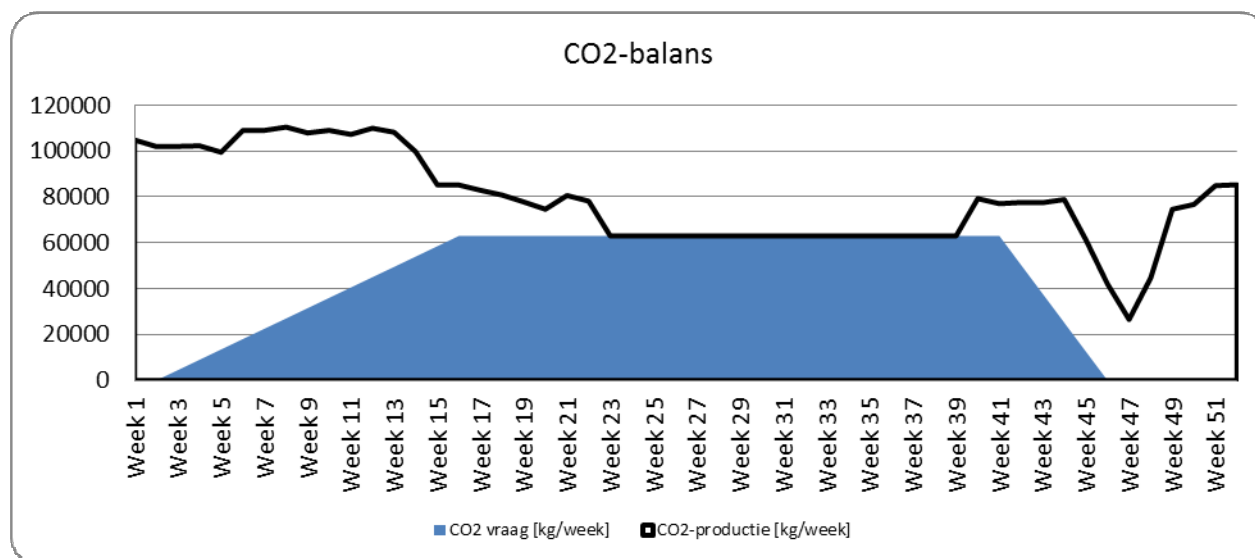
In Figuur 26 is de elektriciteitsproductie gedurende het jaar weergegeven. Doordat er geen rekening wordt gehouden met eigen verbruik, wordt alle geproduceerde elektriciteit op het net geleverd.



Figuur 26 Elektriciteitsproductie



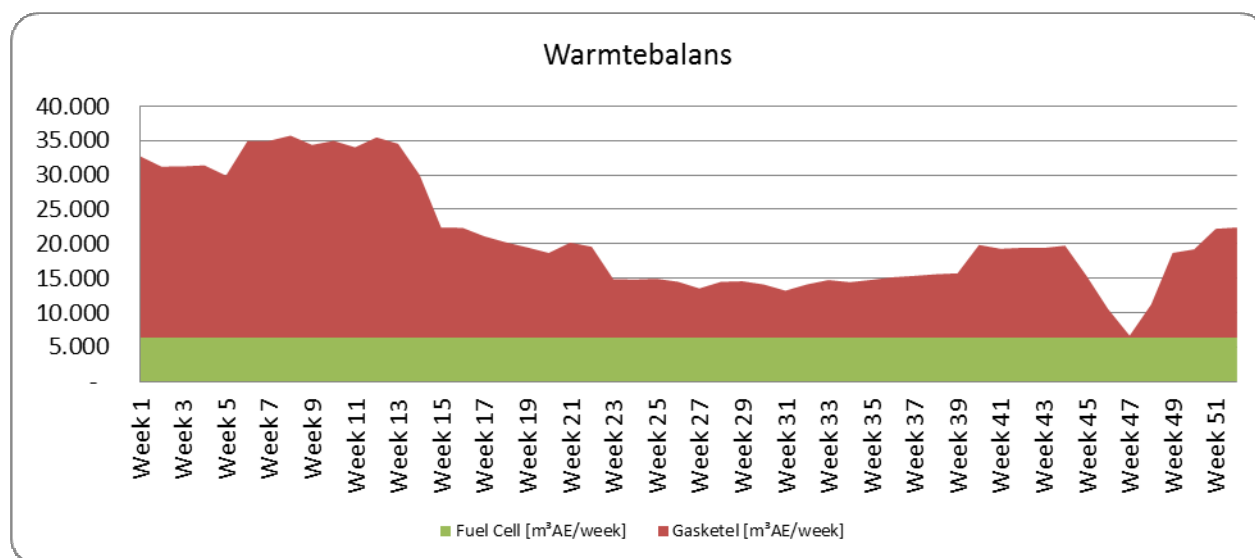
In Figuur 27 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de gasturbine en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. In de zomermaanden is de turbine gestuurd op de CO₂-behoefte waardoor inkoop van CO₂ vermeden wordt.



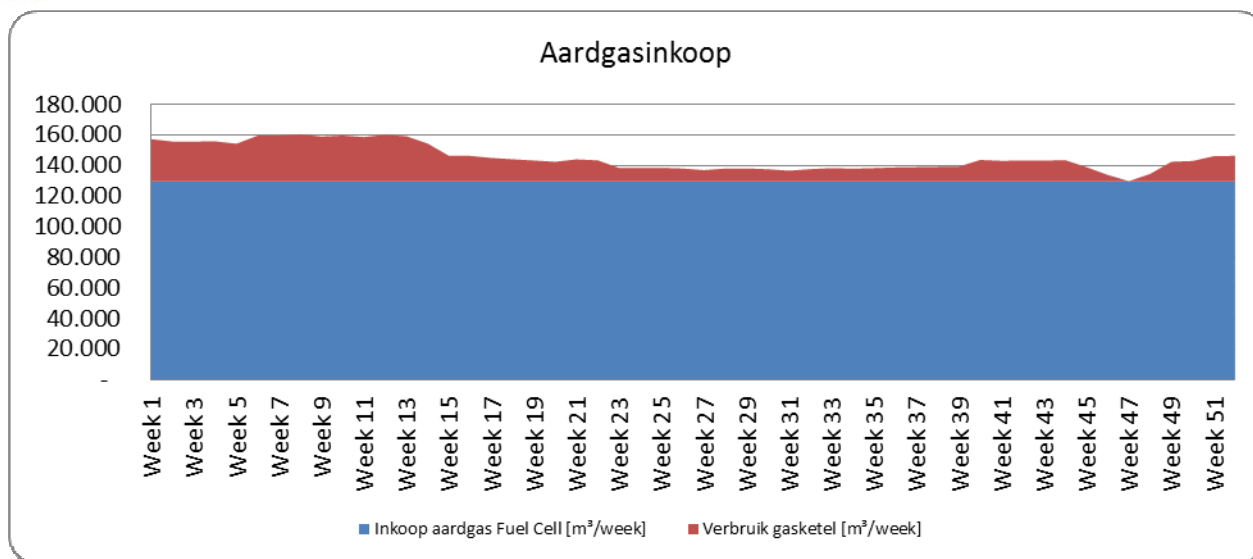
Figuur 27 CO₂-productie en tekort

4.6 Gasturbine en brandstofcel bij een rozenteler

Bij de tomatenteelt wordt niet intensief belicht. Hierdoor is het in het weekend, wanneer de verkoopprijs van elektriciteit laag is, niet interessant om de gasturbine aan te zetten. Hierdoor kan de gasturbine bij tomatenteelt 5 dagen per week ingezet worden. In onderstaande figuur is de inzet van de gasturbine en de gasketel afgebeeld. Hieruit blijkt dat de gasketel veel ingezet moet worden door het lage thermische rendement van de gasturbine met brandstofcel. In Figuur 29 is de verhouding in aardgasgebruik weergegeven tussen de gasturbine en gasketel.

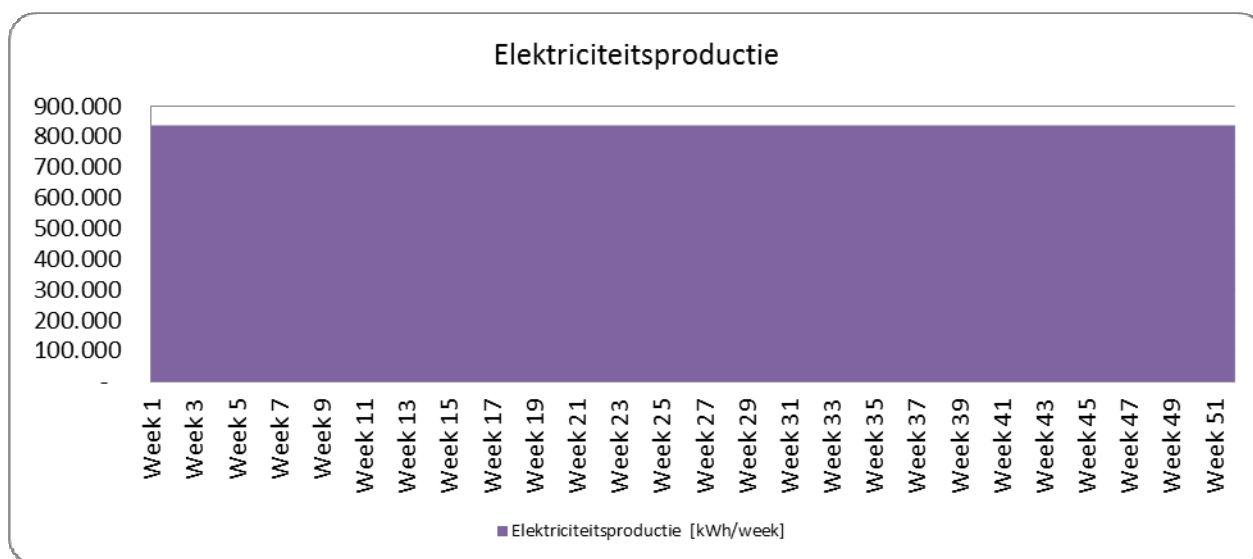


Figuur 28 Verdeling inpassing warmtevraag in m³ aardgas equivalenten.



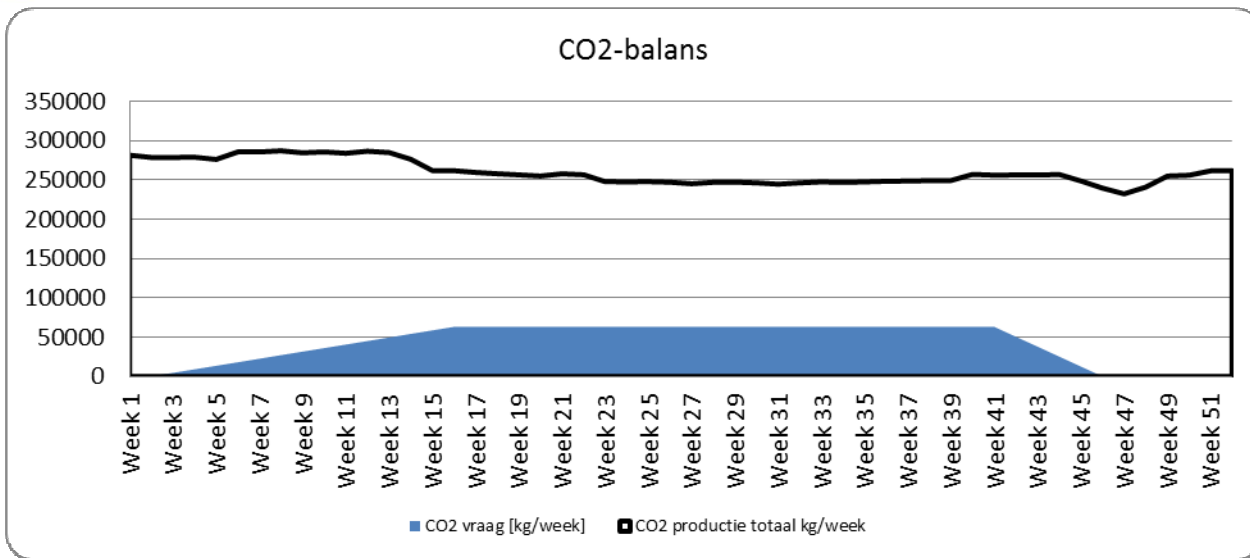
Figuur 29 Verhouding aardgasinkoop gasketel en turbine met brandstofcel

In Figuur 30 is de elektriciteitsproductie gedurende het jaar weergegeven. Doordat er geen rekening wordt gehouden met eigen verbruik, wordt alle geproduceerde elektriciteit op het net geleverd.

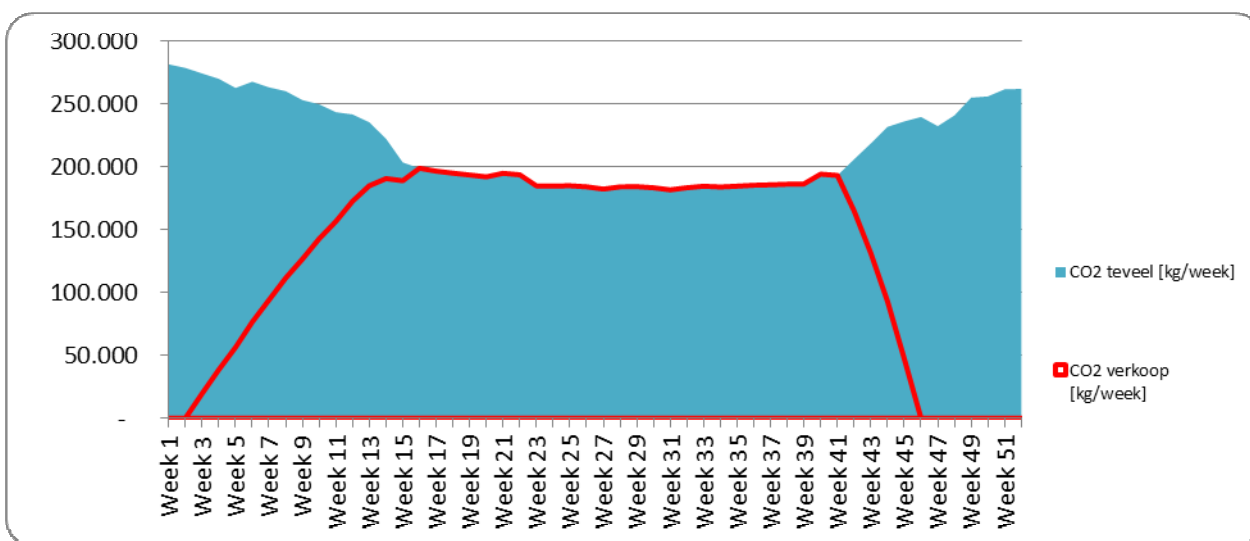


Figuur 30 Elektriciteitsproductie

In Figuur 31 is de CO₂-productie weergegeven die vrijkomt bij de verbranding in de gasturbine en de gasketel. Daarnaast is de CO₂-vraag weergegeven die bepaald is aan de hand van een maximale dosering van 250 kg/ha/uur. Doordat er een ruim overschot aan CO₂ ontstaat is er voor gekozen om de overtollige CO₂ te verkopen. Doordat tuinders in de zomer meer doseren dan in de winter, is dit CO₂-profiel aangehouden voor de verkoop van CO₂. Deze verhouding is in Figuur 32 weergegeven.



Figuur 31 CO₂-productie en vraag



Figuur 32 CO₂ overschot en verkoop



5 Financieel

5.1 Uitgangspunten

Om de vergelijking financieel door te berekenen zijn er een aantal uitgangspunten vastgesteld. Doordat iedere tuinder op een andere manier energie inkoop en verkoopt en er per regio diverse tarieven gehanteerd kunnen worden is dit in overleg vastgesteld zodat de vergelijking correct blijft. Er is gerekend met een verwachte prijsstijging voor aardgas, elektriciteit en een algemene inflatie. Daarnaast is er onderscheid gemaakt tussen de inkoop van elektra, gas en CO₂, de verkoop van elektra en CO₂ en de benutte elektriciteit en warmte.

Uitgangspunten: Financieel algemeen		
Rentevoet	6,0%	Per jaar
Onvoorziene investeringen	5,0%	van de investeringen
Onvoorziene operationele kosten	2,0%	van de operationele kosten
Prijsstijging aardgas	4,0%	Per jaar
Prijsstijging elektriciteit	4,0%	Per jaar
Inflatie	2,0%	Per jaar
Inkoop Elektra	0,07	€/kWh
Verkoop Elektra	0,07	€/kWh
Benutte Elektra	0,07	€/kWh
Inkoop Gas	0,30	€/m ³ (incl. transport +netwerkkosten)
Benutte warmte	0,32	€/m ³
Verkoop CO ₂	0,03	€/kg
Inkoop CO ₂	0,07	€/kg
Benutte CO ₂	0,02	€/kg
Oppervlakte rozenteelt	40.000	m ²
Oppervlakte tomatenteelt	30.000	m ²



5.2 Rozenteelt

In het onderzoek is onderscheid gemaakt tussen de tomatenteelt en de rozenteelt. In deze paragraaf worden de resultaten van de rozenteelt besproken. In Tabel 6 zijn de resultaten weergegeven. Uit deze resultaten vallen de volgende zaken op:

- De investeringskosten van de gasturbine zijn hoger ten opzichte van de WKK.
- Het gasverbruik van de turbine ligt hoger dan van de WKK. Dit wordt veroorzaakt door het lagere thermische rendement. Omdat primair gestuurd wordt op de warmtevraag zal de turbine meer draaiuren maken en dus meer gas verbruiken.
- De elektriciteitsproductie van de gasturbine is hoger dan van de WKK omdat er meer draaiuren worden gemaakt.
- De operationele kosten van de gasturbine zijn lager. Dit wordt veroorzaakt door de lagere onderhoudskosten. Daarnaast is het gebruik van ureum niet noodzakelijk.
- Het gemiddelde bruto resultaat over 15 jaar, waarbij rekening is gehouden met prijsindex, is voor de gasturbine hoger dan de WKK.
- De gasturbine heeft een negatief bruto resultaat na 15 jaar.

Rozenteelt		WKK	Gasturbine	Gasturbine met Brandstofcel
Warmtevraag	[m ³ AE/jaar]	1.644.841	1.644.841	1.644.841
Elektriciteitsvraag	[kWh/jaar]	11.508.000	11.508.000	11.508.000
CO ₂ -vraag	[kg/jaar]	2.898.000	2.898.000	2.898.000
Inkoop aardgas	[m ³ /jaar]	2.420.583	2.536.961	7.317.749
Inkoop elektra	[kWh/jaar]	3.621.048	3.135.294	-
Verkoop Elektra	[kWh/jaar]	752.462	779.421	31.759.155
Inkoop CO ₂	[kg/jaar]	-	-	-
Verkoop CO ₂	[kg/jaar]	-	-	5.885.058
Investeringskosten	[€]	€ 913.500	€1.669.500	€ 7.426.150
Operationele kosten	[€/jaar]	€ 1.091.671	€ 1.034.442	€ 2.680.556
Opbrengsten	[€/jaar]	€ 1.208.465	€ 1.210.352	€ 3.555.486
Bruto resultaat	[€/m ²]	€ -0,12	€ 0,28	€ -10,18
Bruto resultaat(gemiddeld over 15 jaar)	[€/m ²]	€ 0,90	€ 1,64	€ -1,91
Draaiuren	[uur/jaar]	6.207	6.634	8.686

Tabel 6 Resultaten vergelijking WKK versus Gasturbine in de rozenteelt



5.3 Tomatenteelt

In Tabel 7 zijn de resultaten van de tomatenteelt weergegeven. Hieruit vallen de volgende dingen op.

- Het bruto resultaat van de WKK en de gasturbine is vrijwel gelijk.
- De gasturbine maakt meer draaiuren en produceert daardoor meer elektriciteit.
- De operationele kosten van beide technieken ontlopen elkaar weinig.
- De gasturbine heeft een negatief bruto resultaat na 15 jaar.

Tomatenteelt		WKK	Gasturbine	Gasturbine met Brandstofcel
Warmtevraag	[m ³ AE/jaar]	1.101.919	1.101.919	1.101.919
Elektriciteitsvraag	[kWh/jaar]	-	-	-
CO ₂ -vraag	[kg/jaar]	2.173.500	2.173.500	2.173.500
Inkoop aardgas	[m ³ /jaar]	2.173.886	2.281.461	7.539.613
Inkoop elektra	[kWh/jaar]	-	-	-
Verkoop Elektra	[kWh/jaar]	7.244.915	7.564.374	43.514.016
Inkoop CO ₂	[kg/jaar]	-	-	-
Verkoop CO ₂	[kg/jaar]	-	-	6.874.127
Investeringen	[€]	€ 913.500	€ 1.669.500	€ 7.426.150
Investeringskosten	[€/jaar]	€ 121.496	€ 164.724	€ 1.282.047
Operationele kosten	[€/jaar]	€ 742.719	€ 732.399	€ 2.750.965
Opbrengsten	[€/jaar]	€ 898.588	€ 920.950	€ 3.643.649
Bruto resultaat	[€/m ²]	€ 0,86	€ 0,60	€ -9,73
Bruto resultaat(gemiddeld over 15 jaar)	[€/m ²]	€ 2,21	€ 2,13	€ -1,38
Draaiuren	[uur/jaar]	5.205	5.483	8.736

Tabel 7 Resultaten vergelijking van de WKK en de Gasturbine in e tomatenteelt



6 Gevoeligheidsanalyse

6.1 Algemeen

Om de gevoeligheid van essentiële parameters in kaart te brengen is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

De volgende parameters zijn meegenomen.

- Investering;
- Onderhoud;
- Aardgasprijs;
- Elektriciteitsprijs;
- Afschrijving;
- Elektrisch Rendement.

Voor elk van de parameters is een variatie van 10% toegepast en daarvan is de absolute invloed berekend. In de onderstaande figuren zijn de resultaten per case op het gemiddelde rendement per m² over 15 jaar weergegeven.

De bepaalde gevoeligheid maakt geen onderscheid in een positief of negatief effect.

Voorbeeld

De gasprijs kan 10% stijgen of 10% dalen. Wanneer de gasprijs stijgt, heeft dit een negatief effect op de business case. Een daling van de gasprijs daarentegen heeft een positief effect op de business case. De helft van het verschil tussen beide situaties is de gevoeligheid. Deze gevoeligheid geeft aan hoe sterk afhankelijk de business case is van de betreffende parameter.

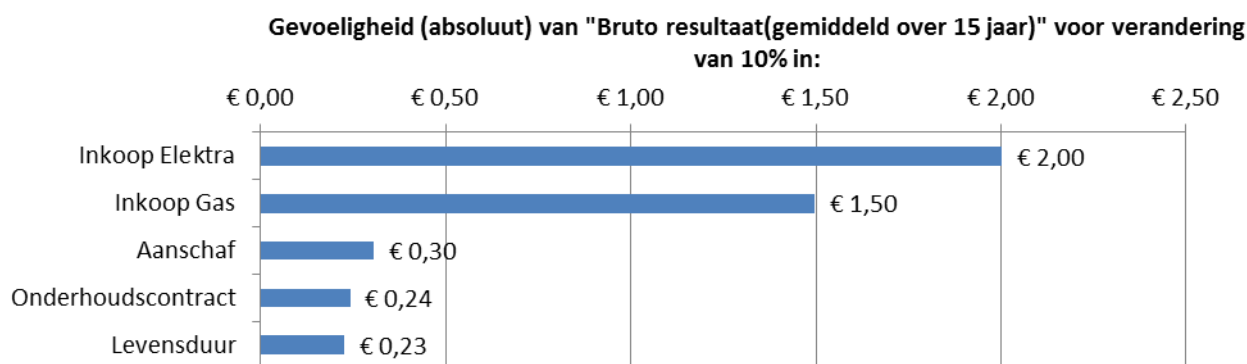


6.2 Rozenteelt

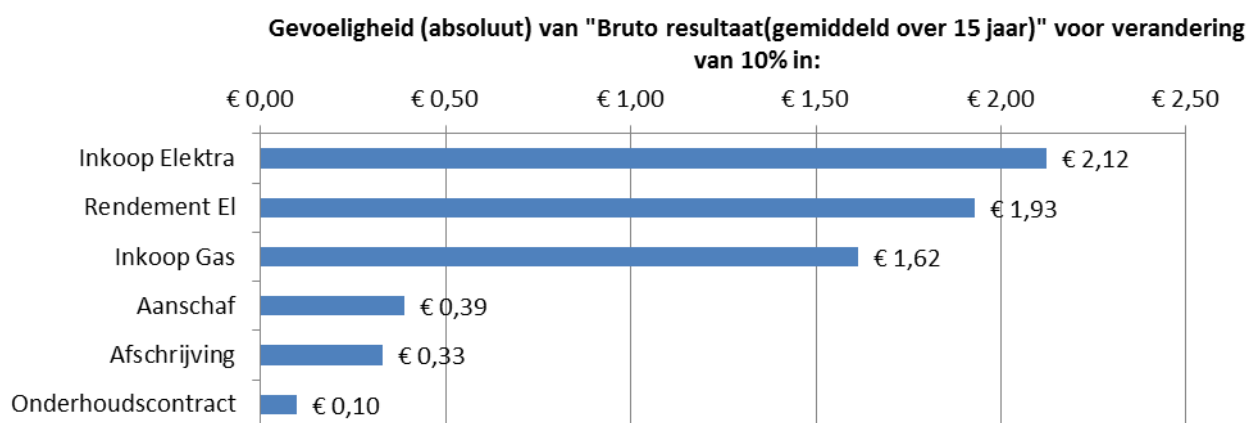
In Figuur 33, Figuur 34 en Figuur 35 is het resultaat van de gevoeligheidsanalyse weergegeven bij de rozenteelt. Bij de gehanteerde uitgangspunten heeft een WKK in de rozenteelt een gemiddeld bruto resultaat over 15 jaar van € 0,90/m²/jaar. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende prijsstijgingsindexen. Voor de gasturbine en de gasturbine met brandstofcel is het gemiddelde bruto resultaat respectievelijk en € 1,64 en € -1,91 /m²/jaar.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de gasprijs en de elektriciteitsprijs bij alle drie de scenario's de meeste invloed hebben op het bruto resultaat. Voor alle scenario's geldt dat de investering, onderhoudskosten en afschrijving een kleine invloed hebben.

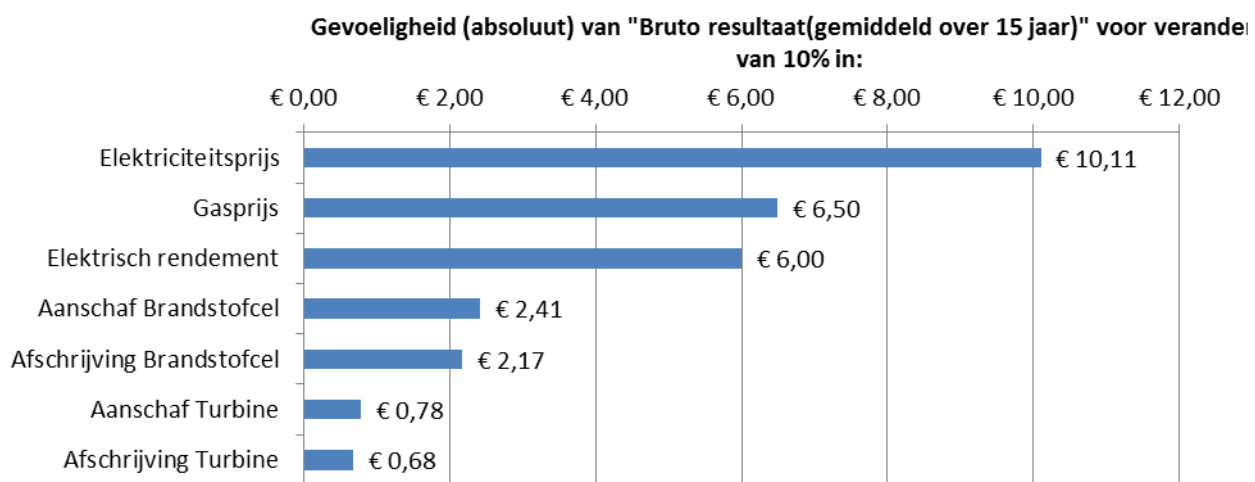
De investering en afschrijving van de brandstofcel heeft nog wel een grote invloed op het bruto resultaat. Dit komt door de betrekkelijk korte afschrijvingsperiode. Een gedetailleerde weergaven van de invloeden op het gemiddelde bruto resultaat is in de bijlagen weergegeven.



Figuur 33 Gevoeligheidsanalyse WKK in de rozenteelt



Figuur 34 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de rozenteelt



Figuur 35 Gevoeligheidsanalyse gasturbine met brandstofcel in de rozenteelt



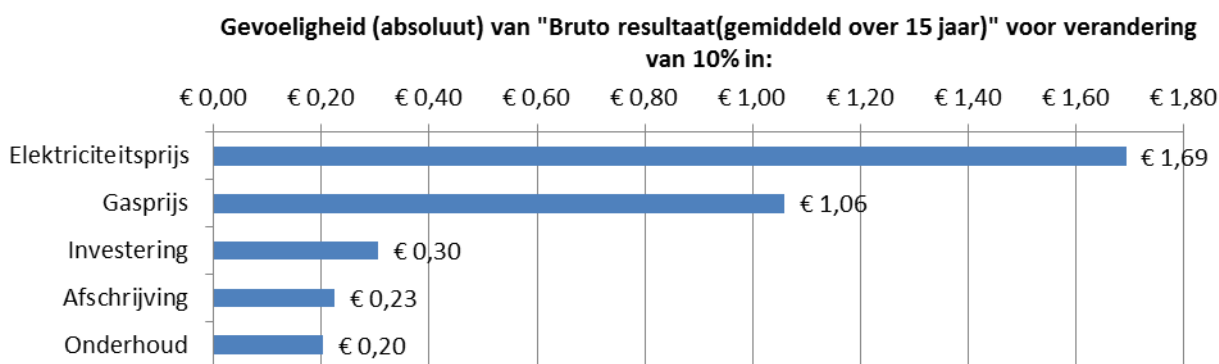
6.3 Tomatenteelt

In Figuur 36, Figuur 37 en Figuur 38 is het resultaat van de gevoeligheidsanalyse weergegeven bij de tomatenteelt. Bij de gehanteerde uitgangspunten heeft een WKK in de tomatenteelt een gemiddeld bruto resultaat over 15 jaar van € 2,21 /m²/jaar. Hierbij is rekening gehouden met de verschillende prijsstijgingsindexen. Voor de gasturbine en de gasturbine met brandstofcel is het gemiddelde bruto resultaat respectievelijk € 2,13 en : € -1,37 /m²/jaar.

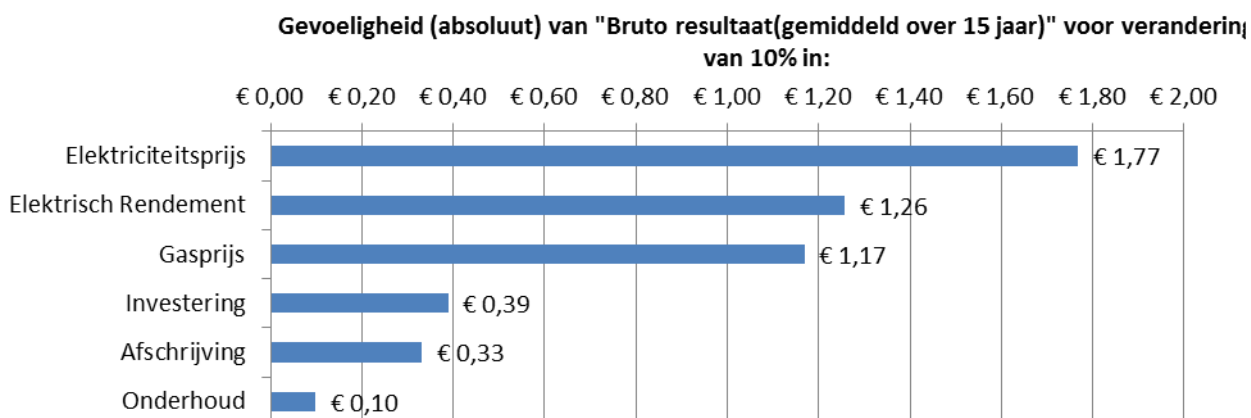
Uit de figuren valt op te maken dat de gasprijs en de elektriciteitsprijs de meeste invloed hebben op het bruto resultaat. Voor beide scenario's geldt dat een stijging van de aardgasprijs van 10% resulteert in een negatief bruto resultaat.

De investering, afschrijving en onderhoud hebben een zeer klein effect op het resultaat.

Een gedetailleerde weergave van de invloeden op het gemiddelde bruto resultaat is in de bijlagen weergegeven.



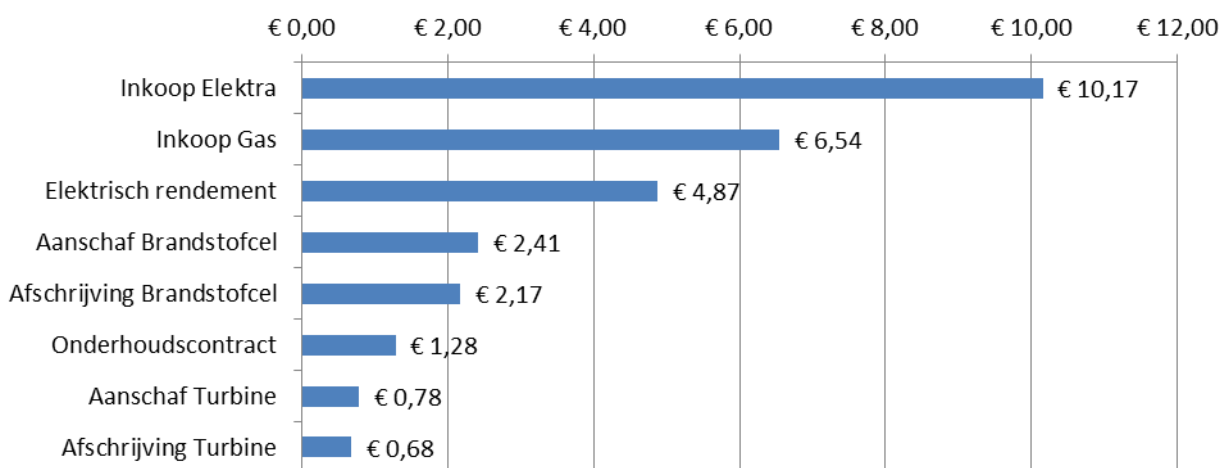
Figuur 36 Gevoeligheidsanalyse WKK in de tomatenteelt



Figuur 37 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de tomatenteelt



Gevoeligheid (absoluut) van "Bruto resultaat(gemiddeld over 15 jaar)" voor verandering van 10% in:



Figuur 38 Gevoeligheidsanalyse gasturbine en brandstofcel in de tomatenteelt

6.4 Sparksread

Een verandering van de sparksread heeft grote gevolgen voor het financieel rendement van zowel de WKK als de turbine. Om een voorspelling te doen over het financieel rendement in de toekomst is door Energy Matters een forecast gedaan over de energieprijzen in 2018. Voor de elektriciteitsprijs is uitgegaan van een hoog en een laag scenario waarbij voor het hoge scenario de STEG aardgas prijszettend is en voor het lage scenario de kolencentrale en WKK-aardgas prijszettend zijn.

Factor		2011	2018
Elektriciteit forward plateau	[€/MWh]	71	65-75
Elektriciteit forward base	[€/MWh]	58	65
Gasprijs	[€/MWh]	27	30

Tabel 8 Energieprijzen 2018; EnergyMatters

Deze energieprijzen zijn afwijkend van degene die gehanteerd zijn in dit rapport en afgestemd met praktijkgegevens. In de rapportage is uitgegaan van een endex prijs voor gas van € 0,26 per m³ met 4 ct. transport-, service- en overige netwerkkosten. Om tot een vergelijkbaar resultaat te komen is de percentuele toename tussen 2012 en 2018 vermenigvuldigd met de gehanteerde endexprijs en vermeerderd met de 4 ct overige kosten. De elektriciteitsprijzen, zoals bepaald door Energy Matters, komen goed overeen met de gehanteerde prijzen. In Tabel 9 zijn de energieprijzen weergegeven zoals meegenomen in het bepalen van de twee scenario's in 2018.

Energieprijzen		2011	2018
Elektriciteitsprijs	[€/kWh]	0,07	0,65-0,75
Gasprijs	[€/m ³]	0,30	0,329

Tabel 9 Energieprijzen sparksread bepaling



Voor beide scenario's is het gemiddelde bruto resultaat bepaald zoals weergegeven in Tabel 10.

Gebaseerd op deze gegevens zal een mogelijke ontwikkeling van de energieprijzen voor het 'hoge' scenario zowel voor de turbine als de WKK een soortgelijk resultaat scoren.

Het gemiddelde bruto resultaat voor de turbine met brandstofcel zal in het 'hoge' scenario licht verbeteren maar is nog altijd negatief.

Een 'laag' scenario leidt voor alle berekende technieken tot een slechtere business case.

Gem. Bruto Resultaat over 15 jr.		2011	2018(hoog)	2018(laag)
WKK Roos	[€/m ² /jr]	€ 0,90	€ 0,89	€ -1,97
Turbine Roos	[€/m ² /jr]	€ 1,64	€ 1,60	€ -1,43
Turbine+brandstofcel Roos	[€/m ² /jr]	€ -1,91	€ -0,97	€ -15,41
WKK Tomaat	[€/m ² /jr]	€ 2,21	€ 2,39	€ -0,03
Turbine Tomaat	[€/m ² /jr]	€ 2,13	€ 2,27	€ -0,26
Turbine+brandstofcel Tomaat	[€/m ² /jr]	€ -1,37	€ -0,43	€ -14,96

Tabel 10 Effect forecast energieprijzen



7 Conclusie en aanbeveling

7.1 Conclusies:

- Voor zowel de gasturbine als de WKK geldt dat de sparkspread het financiële resultaat bepaalt. Hierdoor liggen winst en verlies dicht bij elkaar en is het werkelijke financiële rendement erg moeilijk te voorspellen.
- De energieprijzen fluctueren en laten zich moeilijk voorspellen. Een kleine schommeling in de energieprijzen kunnen een grote invloed hebben op de rentabiliteit.
- Het totaal rendement van de WKK is ca. 92%. Voor de gasturbine en de gasturbine met brandstofcel is dit respectievelijk 86,8% en 79,5%.
- De WKK is “proven technology”. Hierdoor is het mogelijk de gegevens van de WKK te baseren op praktijkgegevens. De gegevens van de gasturbine zijn aangeleverd door EECT. Hiervan zijn nog geen praktijk gegevens vanuit de tuinbouwsector beschikbaar.
- De gasturbine is duurder in aanschaf dan een WKK. Hierdoor liggen de investeringskosten voor een gasturbine hoger.
- De onderhoudskosten van een WKK liggen hoger dan van de gasturbine. Daarnaast is het gebruik van een rookgasreiniger noodzakelijk. Hiervoor wordt ureum gebruikt.
- De onderhoudskosten van de gasturbine betreft een vast bedrag per jaar. Hierdoor zijn de onderhoudskosten, zeker naarmate de draaiuren toenemen, relatief lager.
- De onderhoudskosten, investeringskosten en afschrijving hebben een kleine invloed op het gemiddelde bruto resultaat.
- De intensieve belichting in het rozenteeltbedrijf produceert warmte. Hierdoor hebben zowel de WKK als de gasturbine een hoger bruto resultaat bij de tomatenteelt. Wel moet er tijdens de zomermaanden warmte vernietigd worden om voldoende CO₂ in de kas te brengen.
- Het bruto resultaat van de gasturbine is in de rozenteelt hoger dan de WKK. Dit wordt veroorzaakt door een hoger aantal draaiuren dan in de onbelichte tomatenteelt. Terwijl bij de gasturbine de onderhoudskosten gelijk blijven stijgen de onderhoudskosten en het ureumgebruik bij de WKK mee met het aantal draaiuren.
- Doordat het lagere aantal draaiuren van de gasturbine en WKK in de tomatenteelt, worden de onderhouds- en operationele kosten van de WKK ook lager, terwijl de onderhoudskosten bij de gasturbine gelijk blijven. Hierdoor is het gemiddelde bruto resultaat van de WKK en de gasturbine in de tomatenteelt vrijwel gelijk.
- De brandstofcel is een (nog) dure techniek. Daarnaast is de levensduur van een brandstofcel nog beperkt. De investeringskosten van de brandstofcel drukken erg op het financiële resultaat, waardoor deze met de huidige prijs en levensduur in beide teelten niet rendabel is.
- Het elektrisch rendement van de brandstofcel, in combinatie met de gasturbine, is gebaseerd op theoretische modellen. Hierdoor is er nog veel onzekerheid omtrent de geclaimde resultaten.
- De brandstofcel heeft een erg hoog elektrisch rendement. Om te voldoen aan de warmtevraag van de rozen- en tomatenteelt, moeten er veel draaiuren gemaakt worden. Er moet veel aardgas ingekocht worden en er wordt continue elektriciteit geproduceerd. Schommelingen in de elektriciteitsprijs hebben dan een grote invloed.
- Omtrent de kwaliteit van de uitlaatgassen van de gasturbine is nog veel onbekend. Tevens is het nog onduidelijk wat het vochtgehalte inhoudt.
- De gasturbine een groot luchtdebiet. Hierdoor is de CO₂-concentratie lager. Het is onbekend of de huidige doseersystemen in de kassen dergelijke luchtdebieten aankunnen. Daarnaast is het onduidelijk of een dergelijke luchtdebiet een (te grote) overdruk in de kas kan veroorzaken.



7.2 Aanbevelingen:

- Het is aan te raden om een analyse uit te voeren op de kwaliteit van de rookgassen uit de gasturbine. Dit om uit te sluiten dat er bij de CO₂-dosering in de kas schadelijke stoffen meekomen.
- Onderzoeken wat de beste methode is om het vocht te verwijderen uit de rookgassen van gasturbine.
- Onderzoeken wat de overdruk in de kas wordt door het luchtdebiet van de gasturbine.
- Onderzoek doen om het huidige CO₂-doseersysteem in de kas geschikt te maken voor de rookgassen van de gasturbine.
- Monitoring van praktijkgegevens bij een pilot: “Inzet van een gasturbine op een glastuinbouwbedrijf”.
- Inzetten van de gasturbine bij biogasprojecten.
- Businesscasus van de gasturbine verbeteren t.o.v. de huidige WKK in de glastuinbouw.

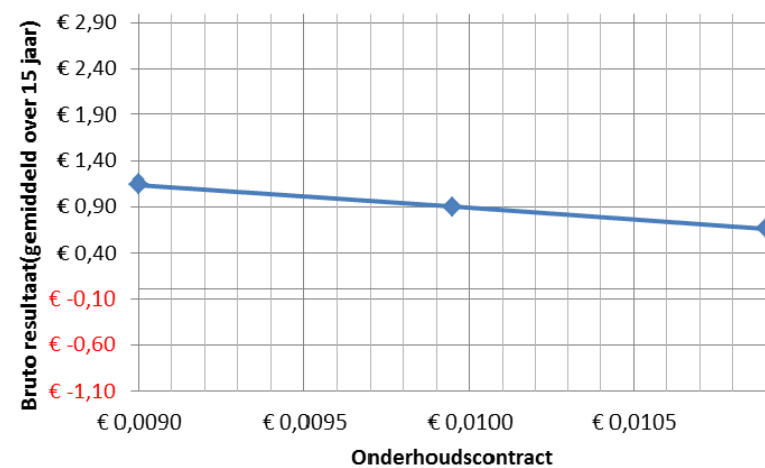
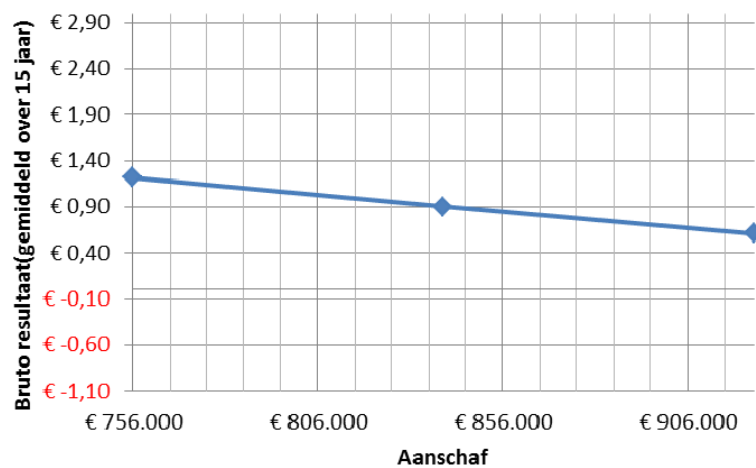
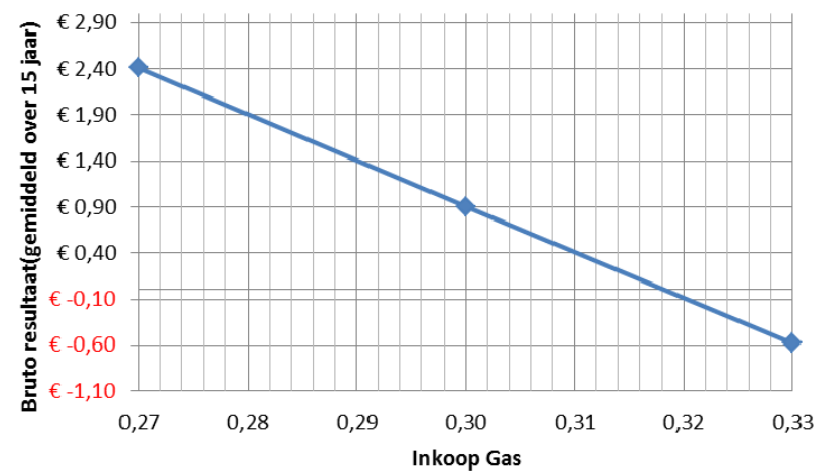
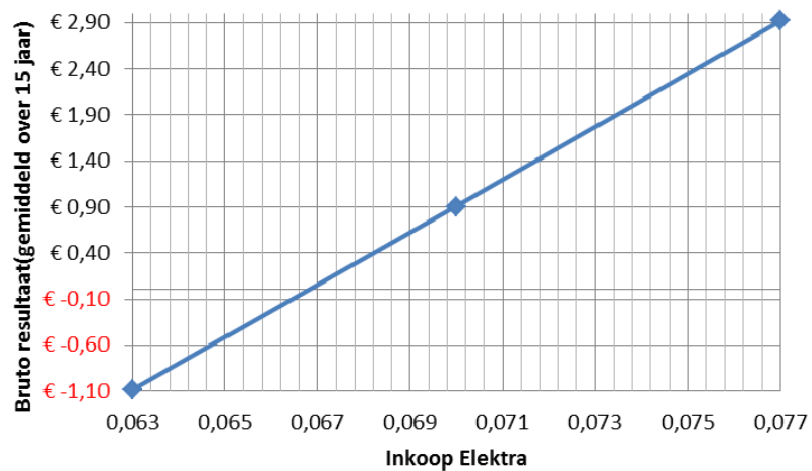


8 Bijlagen

Bijlage 1 Gevoeligheidsanalyse WKK in de rozenteelt	44
Bijlage 2 Gevoeligheidsanalyse WKK in de tomatenteelt	45
Bijlage 3 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de rozenteelt	46
Bijlage 4 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de tomatenteelt.....	47
Bijlage 5 Gevoeligheidsanalyse gasturbine met brandstofcel.....	48
Bijlage 6 Gevoeligheidsanalyse gasturbine met brandstofcel.....	49

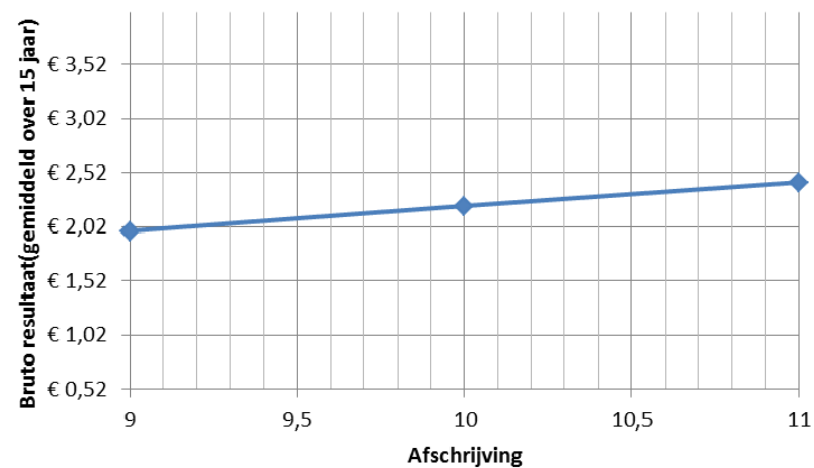
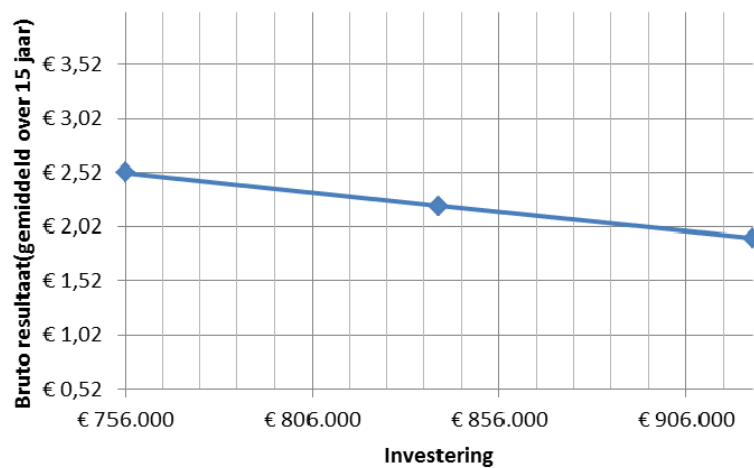
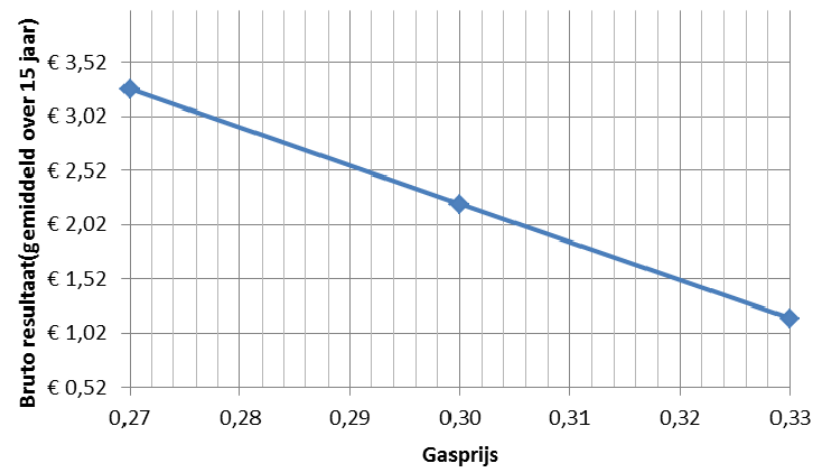
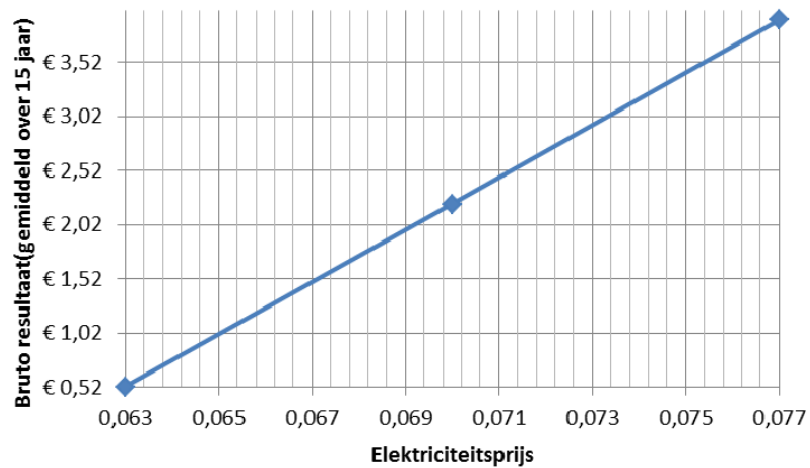


Bijlage 1 Gevoeligheidsanalyse WKK in de rozenteelt



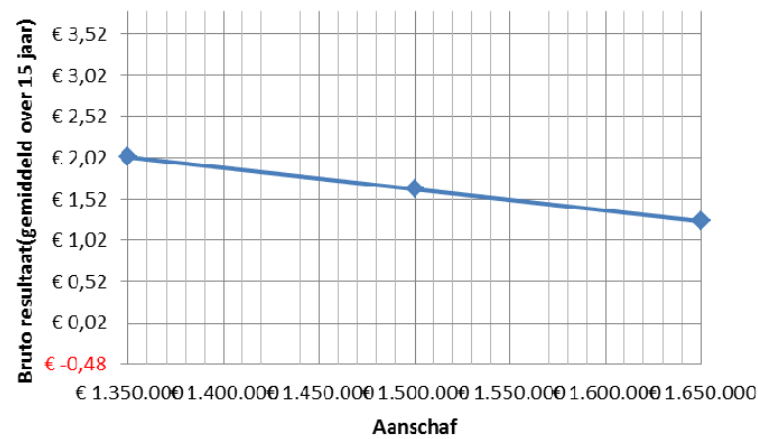
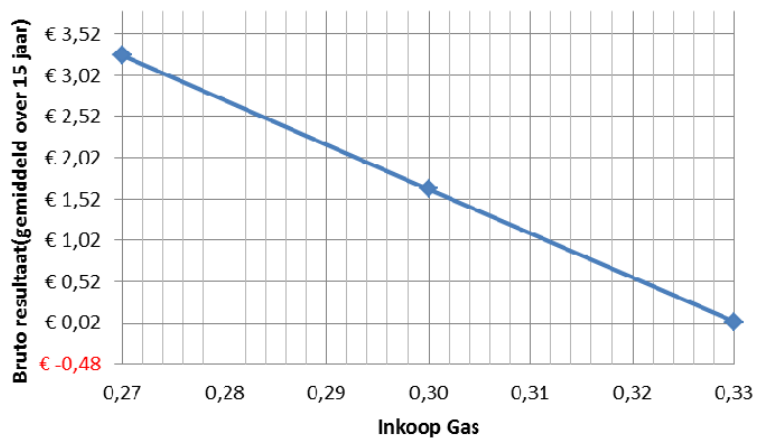
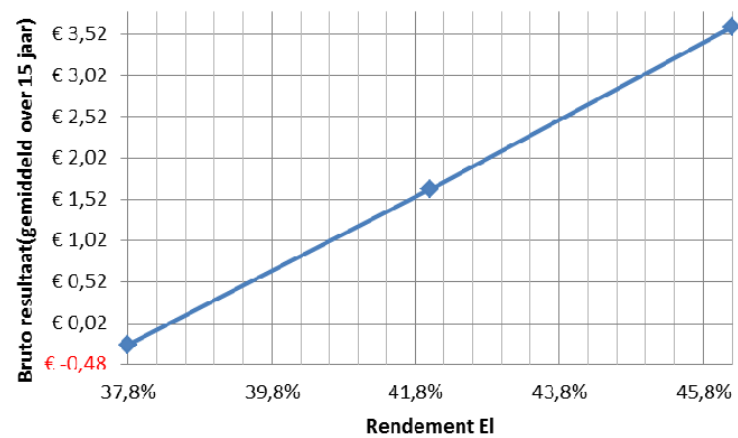
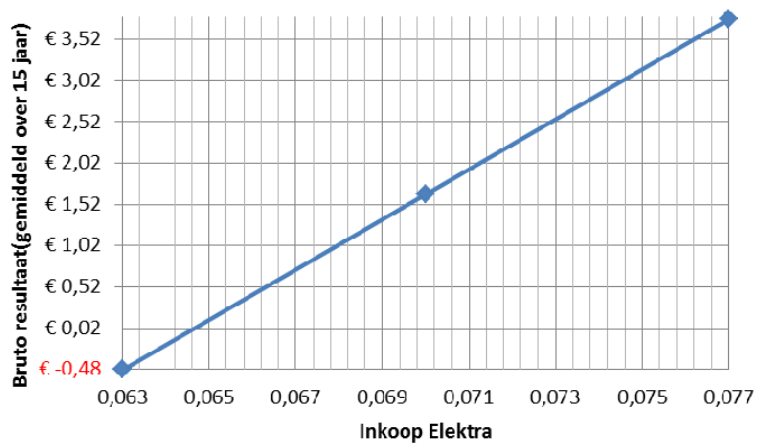


Bijlage 2 Gevoeligheidsanalyse WKK in de tomatenteelt



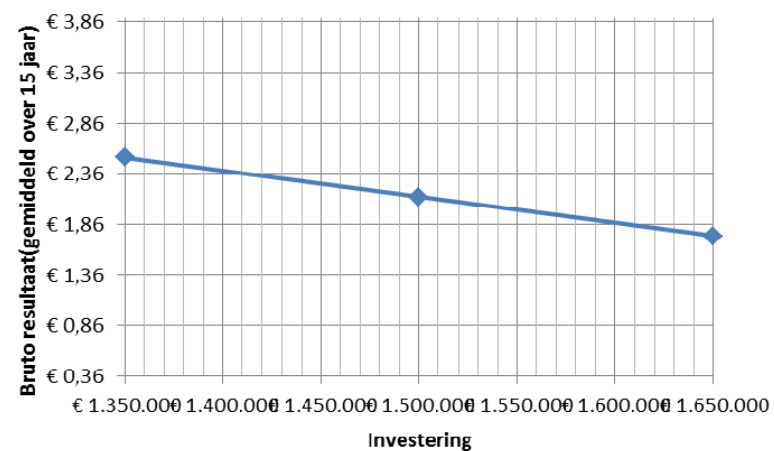
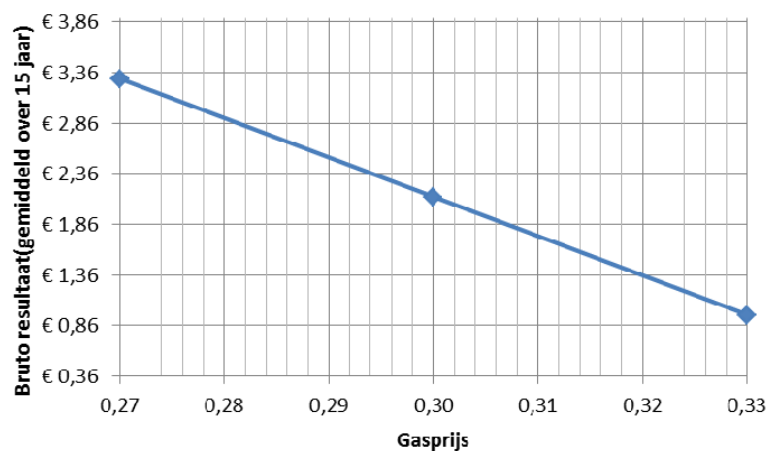
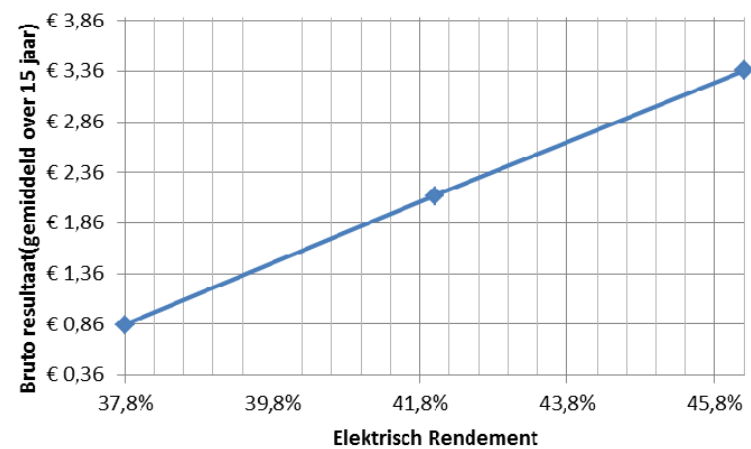
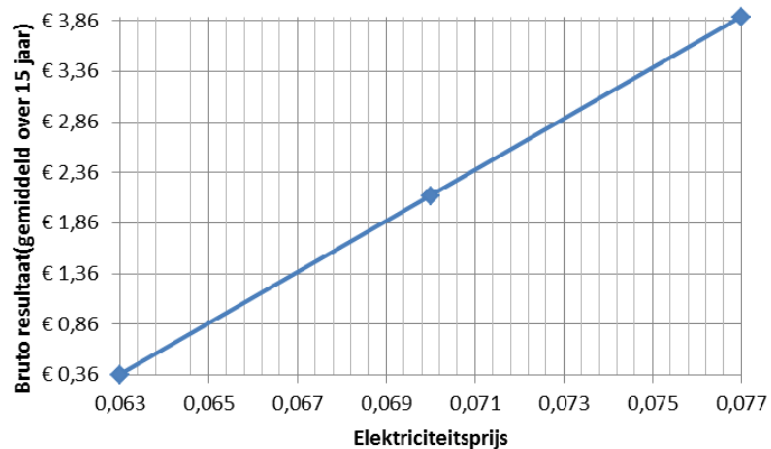


Bijlage 3 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de rozenteelt



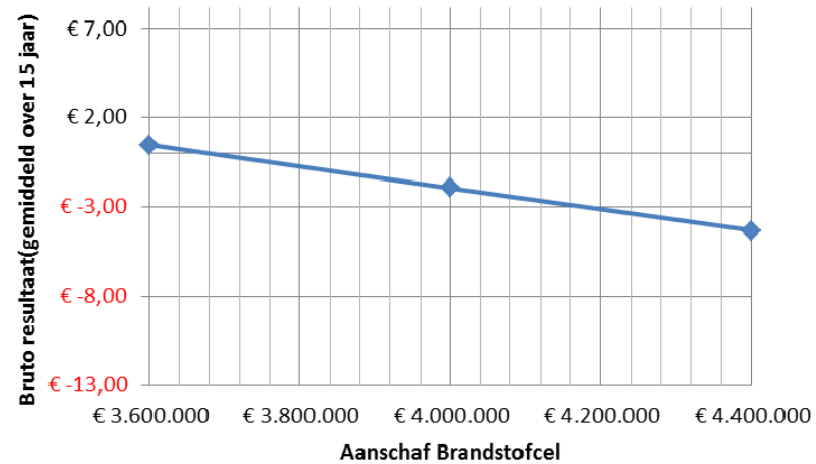
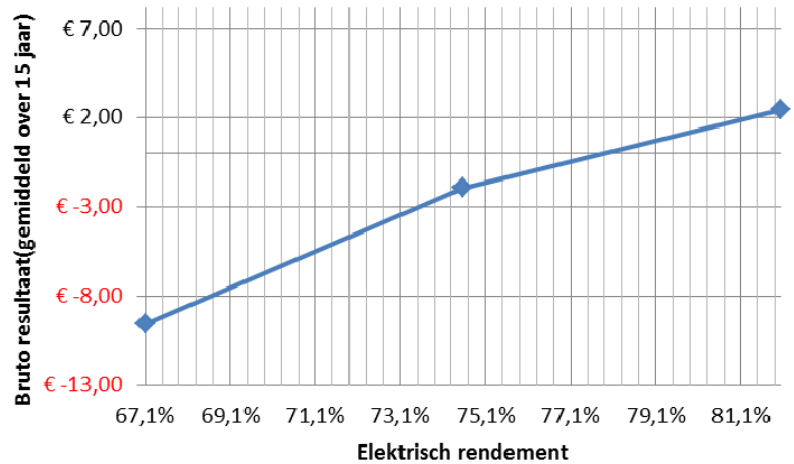
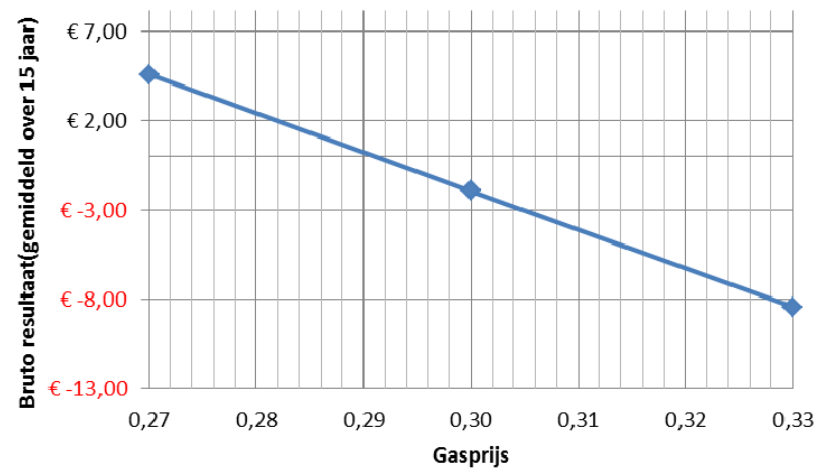
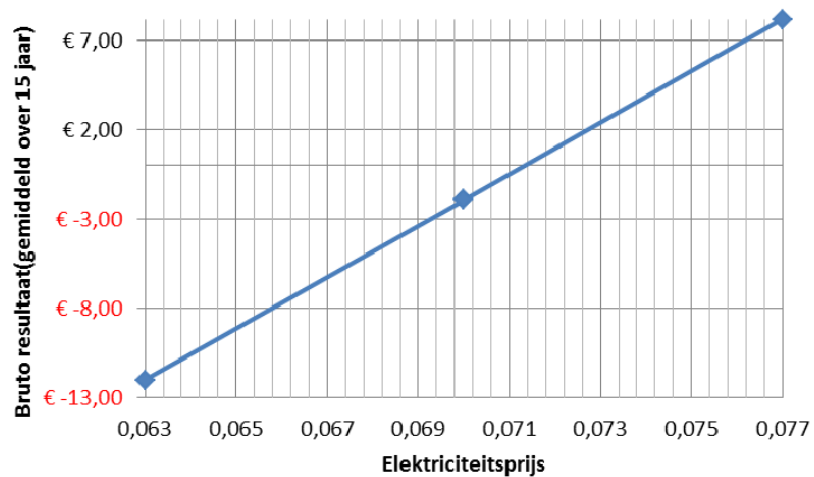


Bijlage 4 Gevoeligheidsanalyse gasturbine in de tomatenteelt





Bijlage 5 Gevoeligheidsanalyse gasturbine met brandstofcel in de rozenteelt





Bijlage 6 Gevoeligheidsanalyse gasturbine met brandstofcel in de tomatenteelt

