

Seizoensopslag in de glastuinbouw

Studie naar de haalbaarheid van seizoensopslag in een
glastuinbouwcluster

Syntheserapport

Maart 2019

Studie uitgevoerd door:

Thomas More/Kenniscentrum energie

Met de steun van:

Provincie Antwerpen

Inhoud

1	Samenvatting	3
2	Introductie	3
3	Randvoorwaarden	3
3.1	Tuinder	3
3.2	Beleid	3
4	Omschrijving onderzochte case	4
5	Omschrijving van het warmteopslagsysteem	4
6	Probleemstelling	4
7	Model	6
8	Analyse van één site	7
9	Gevoeligheidsanalyse	7
9.1	Vergelijking met de huidige situatie	8
9.2	Opslag grootte	8
9.3	Impact van constructiefouten	9
10	Conclusies	10
11	Volgende stappen	10
11.1	Extrapolerbaarheid	10
11.2	Return on investment	11
11.3	Uitbreiding versus nieuwbouw	11
11.4	Exergie	11
11.5	Lokale opslag	11
11.6	Gasprijs op de dagmarkt	11
11.7	Toekomst	12

1 Samenvatting

In dit document wordt nagegaan welke invloed grootschalige opslag kan hebben op een site van glastuinders. Als voorbeeld werd een doorrekening gedaan op de cluster te Koekhoven, waarvan de details en profielen werden bepaald binnen de studie "Energieclustering en centrale CO₂-benutting in glastuinbouwclusters (2016)".

Het opslagsysteem moet in staat zijn om seizoensopslag te kunnen voorzien. Hierbij werd in de eerste plaats aan een Ecovat systeem gedacht, maar andere commerciële systemen kunnen hier ook gebruikt worden. Een seizoensopslagsysteem kan de warmteproductiekosten reduceren met circa 460 k€/y. De ideale grootte van het opslagsysteem is circa 50.000 m³ of 550 m³/hectare. De isolatiecapaciteit van het opslagsysteem is geen kritieke parameter (zolang de isolatie redelijke waarden heeft).

Dit document volgt een klassieke opbouw: eerst wordt de doelstelling geformuleerd, vervolgens wordt de oplossingsmethode gepresenteerd, waarna een eerste voorbeeld wordt uitgewerkt. Tot slot worden conclusies getrokken en worden de volgende stappen voorgesteld die het potentieel van seizoensopslag in de glastuinbouw verder concretiseren.

Het doel van deze studie is de impact van seizoensopslag op een site van glastuinders kwantificeren. In het bijzonder wordt nagegaan of opslag de kosten voor de verwarming van kassen kan verlagen. Eerst wordt de grootte en kwaliteit van de opslag geanalyseerd.

2 Introductie

Sinds kort is de technologie voor handen om energie voor een lange periode op te slaan. Bedrijven, zoals Ecovat bieden hier systemen voor aan. Seizoensopslag kan een nuttige aanvulling zijn in de glastuinbouw, omdat hiermee de aanmaak van warmte ontkoppeld kan worden van het verbruik. De flexibiliteit die hiermee gegenereerd wordt kan door de tuinders worden gebruikt om hun WKK's meer optimaal in te zetten. Zo zullen de WKK's meer gebruikt worden, wanneer er een interne energievraag is, bijvoorbeeld voor verlichting, of wanneer er vraag naar koolstofdioxide is.

In deze studie hebben we één site uitgekozen, waar negen grote glastuinbouwbedrijven gelegen zijn en zijn we nagegaan in welke mate seizoensopslag de operationele kosten kan verlagen.

3 Randvoorwaarden

3.1 Tuinder

De kassen dienen in de eerste plaats voor de kweek van groenten. De landbouwers dragen deze investeringen en hebben de grootste ervaring in het opvolgen en verzorgen van de gewassen. Daarom hebben we er hier niet voor gekozen om de planten en groeicondities op te nemen in de gebruikte modellen, maar de warmtevraag, koolstofdioxidevraag en energievraag als externe parameters buiten het model te houden. Hierdoor kunnen we enerzijds optimaal gebruik maken van een centraal opslagsysteem en anderzijds laten we de tuinders vrij om hun serres in alle vrijheid te beheren. Met andere woorden, dit laat de tuinder toe om in alle vrijheid de kas te beheren zonder zich veel beperkingen te laten opleggen. Anderzijds wordt de energievoorziening hier volledig geautomatiseerd en geoptimaliseerd. Dit heeft als bijkomend voordeel dat hier minder tijd en energie in gestoken moet worden.

3.2 Beleid

We hebben twee criteria gebruikt om verschillende situatieschetsen met elkaar te vergelijken: kosten en koolstofdioxide uitstoot. Óf een bepaalde investering de moeite waard is, hangt in de eerste plaats af van kostenreductie die deze teweeg kan brengen. Het eerste criterium waar dus naar gekeken wordt is de operationele kost per jaar.

Daarnaast is het voor beleidmakers steeds belangrijker aan het worden dat de koolstofdioxide uitstoot onder controle geraakt. Ongeveer 3 % van het aardgasverbruik in België is toe te schrijven aan WKK's in de tuinbouw. Initiatieven zoals deze kunnen daarom bijdragen in de reductie van koolstofdioxide uitstoot. Daarom hebben we, waar mogelijk, ook de koolstofuitstoot als criterium meegenomen.

Merk hier nog op dat de WKK's, geïnstalleerd bij tuinders, een belangrijke maatschappelijke rol hebben. Dit zijn zeer flexibele energieproducenten, die een belangrijke bijdrage leveren in het

stabiel houden van het elektriciteitsnet. Naarmate er meer hernieuwbare bronnen geïntegreerd worden, zal dit belang nog verder toenemen.

4 Omschrijving onderzochte case

De zone die werd gekozen voor deze analyse is de cluster Koekhoven, welke 9 sites in elkaars directe omgeving omvat (zie Figuur 1). De afstand tussen de verst uit elkaar gelegen sites is circa 1500 m. Iedere site bestaat uit een kas met een specifieke warmte en koolstofdioxidevraag en is uitgerust met één tot vier WKK's. Sommige sites zijn ook uitgerust met verlichting.

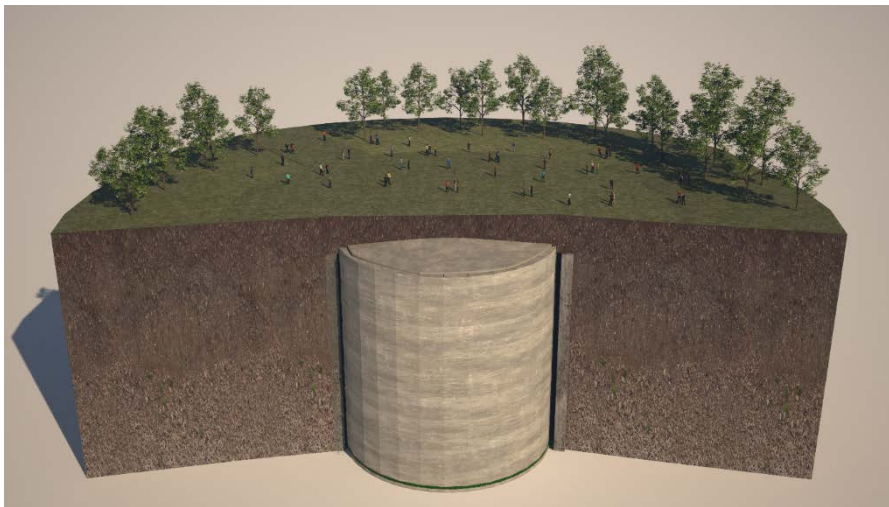
De warmte- en energievraag per site werd in kaart gebracht in de studie "Energieclustering en centrale CO₂-benutting in glastuinbouwclusters (2016)". De randvoorwaarden m.b.t. licht en warmte voor de verschillende sites, alsook de parameters per WKK en de koolstofdioxide productie per WKK, werden vanuit deze voorgaande studie overgenomen.

Omschrijving van het warmteopslagsysteem

Ecovat (zie ook <https://www.ecovat.eu>) is een commercieel bedrijf dat grootschalige warmteopslagsystemen bouwt (Figuur 2). We hebben dit type van opslagsysteem voor ogen gehouden, maar onze conclusies kunnen zonder probleem geëxtrapoleerd worden naar andere commerciële opslagsystemen van dezelfde grootte en met dezelfde efficiëntie.

Commerciële Ecovaten hebben volumes variërend tussen 20.000 en 70.000 m³. Tenzij anders vermeld, hebben wij steeds gerekend met een opslagsysteem van 50.000 m³. Dit systeem kan opgewarmd worden tot 95 °C. De minimale aanvoertemperatuur voor een serre is gekozen op 50 °C. Dit leidt tot een opslagcapaciteit van 2,6 GWh.

Uit eerste testen is gebleken dat dit type Ecovaten ongeveer 10 % van hun warmte verliezen in 6 maanden tijd. Wij hebben hier steeds gerekend met warmteverliezen van 30 % op 6 maanden tijd. Hier hebben we ook de warmteverliezen in het warmtenet meegenomen, die circa 25 kW/km bedragen (energienorm EN 13941).



Figuur 1: een Ecovat is een grootschalig thermisch opslagsysteem, waarin warmte voor enkele seizoenen bewaard kan worden.

5 Probleemstelling

Figuur 3 toont de warmtevraag, koolstofdioxide en licht behoefte van een site, alsook de maximale capaciteit. Hier vallen verschillende zaken op:

- De warmtebehoefte overschrijdt in de winter de maximale capaciteit;
- De koolstofdioxide behoefte piekt in de zomer, wanneer de warmtebehoefte minimaal is.
- Er is nauwelijks flexibiliteit over om in te spelen op opportuniteiten op de energiemarkt.

Figuur 4 toont een analyse van het energieverbruik: 63 % van de warmte wordt geproduceerd op momenten waarop het koolstofdioxide opgenomen kan worden door de kas, terwijl 33 % van de

warmte geproduceerd wordt wanneer er geen vraag naar koolstofdioxide is. In slechts 4 % wordt er enkel koolstofdioxide aangemaakt, terwijl er noch vraag naar warmte, noch naar energie is.

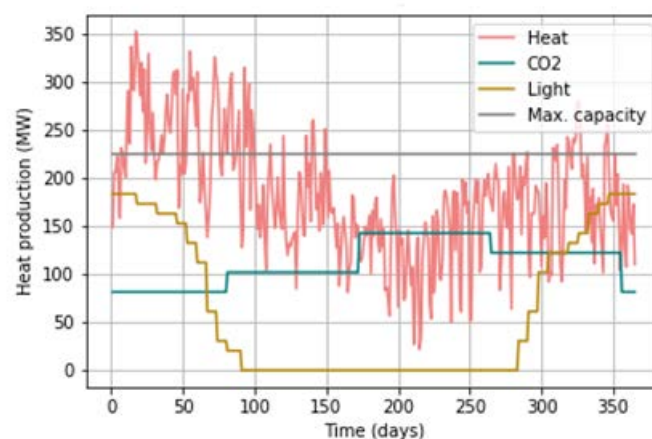
Door de WKK's aan een centraal warmteopslagsysteem te koppelen, kan geproduceerde warmte steeds opgeslagen worden en uitgewisseld worden. Dit maakt het mogelijk om de activiteiten van de WKK's veel nauwkeuriger af te stellen op de lokale energie- en koolstofdioxidevraag. Tot slot wordt er flexibiliteit gegenereerd, waardoor de energie geproduceerd kan worden op momenten van schaarste. Dit zorgt voor hogere inkomsten en dus voor lagere verwarmingskosten.

Vanuit een vergelijking van het energieverbruik van alle sites, kunnen volgende conclusies getrokken worden:

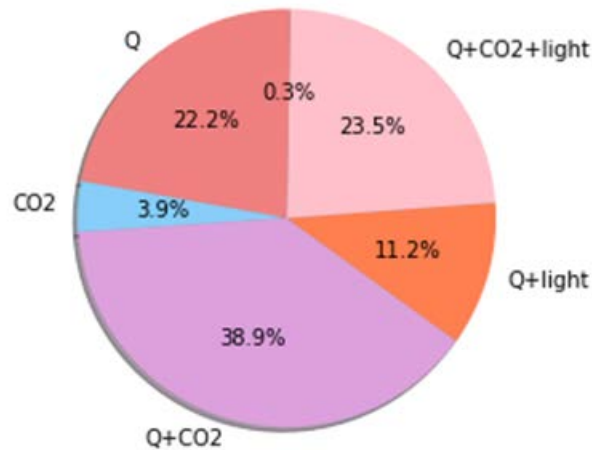
- Alle sites hebben bij momenten capaciteitsproblemen en hebben dus baat bij opslag.
- Alle sites, op één na, hebben nog verwarmingspotentieel over, waarmee ofwel op gunstigere momenten warmte geproduceerd kan worden, ofwel warmte voor derden geproduceerd kan worden. Zelfs voor deze ene site kan het voordelig zijn een deel van de warmte in te kopen van derde en zo flexibiliteit te genereren, waardoor zijn WKK's niet moeten draaien op verlieslatende momenten (wanneer de energieprijz lager is dan de productiekosten).
- De productie waarvan zowel de warmte, de koolstofdioxide als de energie intern gebruikt kan worden overlapt deels, maar niet volledig met de energieproductie waarvan enkel de energie en koolstofdioxide of de warmte gebruikt kan worden. Flexibiliteit genereren door de warmteproductie te ontkoppelen van de warmteconsumptie zal dus tot efficiënter gebruik van de installaties leiden. Dit zowel voor de verwarmingskosten als naar koolstofdioxide uitstoot.
- Door de warmteopslagsystemen van de verschillende sites te koppelen, kan de opslag veel efficiënter gebeuren. Een groter vat kan namelijk relatief goedkoper geïsoleerd worden. Daarenboven kan de koppeling ervoor zorgen dat de ene site gebruik kan maken van overtollige capaciteit van andere sites. Door deze redundantie wordt het aggregaat van deze site robuuster.

Om dit alles te kunnen kwantificeren is een simulatiemodel nodig. Het probleem dat zich hier kan stellen, is dat de laad -en ontladmomente van de buffer en de activering van de verschillende WKK's de eindresultaten sterk kan beïnvloeden. Indien er een andere controle strategie gekozen zou worden, zou dit de resultaten en conclusies erg kunnen vertekenen. Daarom is hier gekozen om een optimale controle te implementeren. Dit betekent dat het, voor deze gegeven modellen, niet mogelijk is om een controle strategie te ontwikkelen die beter werkt dan deze. In het beste mogelijke geval zal deze alternatieve strategie tot dezelfde resultaten leiden.

Het doel van deze simulatie tool is dus om alle WKK's aan te sturen, zodat de operationele kost geminimaliseerd wordt, gebruik makend van een warmteopslagsysteem.



Figuur 2: deze figuur toont de warmtebehoefte, CO₂-behoefte, licht behoefte en maximale capaciteit voor een site.



Figuur 3: analyse van het energieverbruik (Q: verbruik dat enkel een warmtevraag dekt, CO₂: verbruik dat enkel een CO₂ verbruik dekt, Q+CO₂: verbruik dat warmte en CO₂ simultaan dekt, Q+light: verbruik dat warmtevraag en een lichtvraag dekt, Q+CO₂+light: verbruik waarvan de warmte, CO₂ en energie intern verbruikt worden.

6 Model

De bedoeling van dit model is om alle WKK's zo rendabel mogelijk aan te sturen, gebruikmakend van een centraal opslagsysteem. Hiervoor wordt eerst een objectief opgesteld. Wat we willen is een objectief dat de operationele kosten minimaliseert voor alle WKK's van iedere site over alle dagen van het jaar. Daarnaast wordt de kost voor de back-up installatie in rekening gebracht, zodat het algoritme steeds kan kiezen tussen de WKK's en een klassieke gasverbranding voor de verwarming. Tot slot wordt er een strafterm aan het objectief toegevoegd dat het verspillen van warmte afstraft. Onder sommige omstandigheden kan het nodig zijn om warmte verloren te laten gaan; bijvoorbeeld, wanneer de opslag buffer compleet gevuld is en er op dat moment een vraag is naar koolstofdioxide, waardoor het systeem geen ander keuze heeft dan een of meerdere WKK's op te starten.

Dit objectief is natuurlijk niet vrij te kiezen, maar is begrensd door een aantal beperkingen:

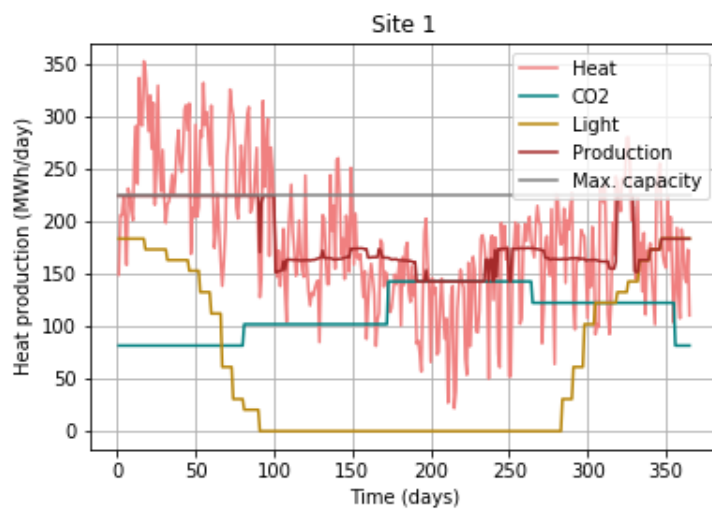
1. Op iedere dag van het jaar kan voor iedere WKK een minimum aantal draaiuren gedefinieerd worden. Dit aantal is afhankelijk van de interne vermogensvraag voor belichting en van de interne koolstofdioxidevraag.
2. Daarnaast is het maximaal aantal draaiuren per WKK beperkt. Dit maximum is gebaseerd op de persoonlijke communicatie met de tuinders.
3. Het minimum aantal draaiuren per WKK en per jaar, kan ook worden opgelegd
4. De warmte inhoud van de buffer, heeft een onder- en bovengrens. Deze worden opgesteld aan de hand van de minimum en maximum temperatuur en het volume van de buffer
5. De capaciteit van het warmtenet is begrensd door een boven- en ondergrens.
6. Als maximale capaciteit van het warmtenet hebben we gekozen voor 528 MWh/dag. Dit is de capaciteit die nodig is om de grootste site (Den Berk) op vol vermogen zijn warmte te kunnen stockeren.

Dit objectief kan worden gevonden met een 'solver' voor 'linear programming'. Wij hebben gebruik gemaakt van een 'interior point solver' binnen cvx (gespecialiseerde software). Dit probleem bestaat nu uit 25551 onbekenden, 2663 ongelijkheidsvergelijkingen en 730 gelijkheidsvergelijkingen. Deze 'solver' vindt de optimale controleacties met een precisie tot 8 cijfers na de komma in minder dan 5 seconden.

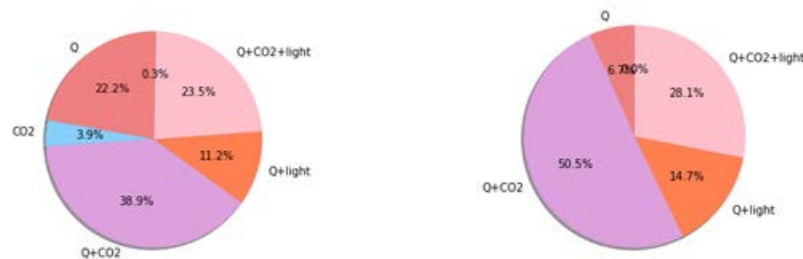
7 Analyse van één site

Om de impact van deze sturing duidelijk te maken, wordt hier één site in detail geanalyseerd. Figuur 5 toont de warmte-, koolstof en energiebehoefte voor deze site, alsook de geproduceerde warmte. In de eerste maand wordt de productie enkel beperkt door de maximale capaciteit. Dit is logisch, omdat de energieprijzen op dit moment maximaal zijn. Het grootste deel van de lente en de zomer, wordt de energieproductie ondersteund door de vraag naar koolstofdioxide. Tijdens het jaareinde is de productie opnieuw maximaal. Enkel in de laatste dagen wordt deze ondersteund door de interne energievraag voor verlichting.

Figuur 6 toont de verandering in energieproductie voor deze site. In het linker diagram wordt de analyse gemaakt voor de situatie zonder grootschalige opslag en in het rechter diagram met opslag. Wat opvalt is dat de fractie waarin enkel warmte geproduceerd wordt gereduceerd is van 22.2 % naar 6.7 %. Er wordt geen warmte meer geproduceerd, waarvoor er enkel een koolstofdioxidevraag is. De fractie waarvoor er warmte en koolstofdioxidevraag is, stijgt van 38.9 % naar 50.5 %. De fractie waarvoor er een warmte en energievraag is stijgt lichtjes van 11.2 % naar 14.7 % en de fractie waarvoor er zowel een warmte, energie als koolstofvraag is, stijgt van 23.5 % naar 28.1 %. Dus op alle vlakken scoort de situatie met opslag beter.



Figuur 4: warmteproductie voor één voorbeeldsite.



Figuur 5: analyse van de warmteproductie voor één site (met (links) en zonder opslag (rechts)).

8 Gevoeligheidsanalyse

In deze paragraaf zullen we het algoritme gebruiken om een aantal variaties uit te voeren en de gevoeligheid van het systeem t.o.v. deze variaties na te gaan. In een eerste analyse gaan we de verwarmingskosten en koolstofdioxide uitstoot vergelijken in drie situaties:

- Een situatie met opslag en een situatie zonder WKK's,
- De huidige situatie en
- Een situatie met enkel een warmtenetwerk,

In een volgende studie wordt de impact van de opslagcapaciteit op de verwarmingskosten en koolstofdioxide uitstoot in kaart brengen. Deze analyse wordt nog eens overgedaan voor de netwerkcapaciteit.

Grootschalige energieopslagsystemen worden nog niet courant gebouwd. Stel, 'worst case', dat de isolatiewaarden veel slechter zouden uitvallen dan bedoeld, waardoor het opslagsysteem meer warmte verliest dan gepland, welke impact zou dit dan hebben op de verwarmingskost en koolstofdioxide uitstoot? Dit wordt in een volgende paragraaf bekeken.

8.1 Vergelijking met de huidige situatie

De belangrijkste vraag is wellicht: opslag, wat brengt dat op? Om dit te weten zijn enkele situaties vergeleken. In een eerste situatie is de netwerkcapaciteit naar nul gebracht, waardoor er geen warmte meer naar de opslag getransporteerd kan worden. Dit komt overeen met de huidige situatie, waarin iedere site voor zichzelf moet zorgen. Alle andere condities, efficiënties, rekenwijze blijven echter identiek. Tabel 1 toont de kosten en koolstofdioxideproductie voor deze situatie. Vervolgens is de seizoensopslagcapaciteit naar nul gebracht, maar kunnen de sites wel warmte uitwisselen via het warmtenetwerk. Dit zou overeenkomen met een situatie waarin er enkel een warmtenetwerk aanwezig is. Zowel in verwarmingskosten, als in koolstofdioxide uitstoot maakt dit geen verschil met de huidige situatie. Wanneer hier een opslag aan toegevoegd wordt, wordt de kost voor verwarming van 6.65 €/m²/y (6.05 M€/y) omgezet in een kost van 6.12 €/m²/y (5.57 m€/y). Dit is een verschil van bijna 482 k€/y. Indien de kassen verwarmd zouden worden met enkel gasketels, zou de verwarmingskost zes maal hoger liggen. Daarbij komt voor sommige sites nog een energiefactuur van bijna 36 €/m²/y. Onder deze omstandigheden zou het niet langer rendabel zijn om de kas open te houden.

De koolstofdioxide uitstoot vermindert in bescheiden mate van 92.8 kg/m²/y naar 91.9 kg/m²/y of 860 g/m²/y minder. Dit is een vermindering van bijna 1 %. Om de koolstofdioxide uitstoot van een installatie zonder WKK te berekenen, veronderstellen we dat de warmte wordt aangemaakt met een efficiënte condensatieketel, met een efficiëntie van 93%. De WKK's produceren echter ook energie. Indien deze worden aangemaakt door efficiënte gascentrales, met een efficiëntie van 50 %, dan volgt hieruit dat er 133 kg koolstofdioxide per vierkante meter per jaar nodig zou zijn, indien er geen WKK's aanwezig zijn (0.18 kg/kWh gas¹). Dit is ruwweg een toename met 30 %.

Dus zowel naar kosten als naar uitstoot gaat de situatie erop vooruit.

Tabel 1: vergelijking tussen de huidige situatie, een situatie waar enkel een warmtenetwerk aanwezig is en een situatie waar een warmtenetwerk en een grootschalig opslagsysteem aanwezig zijn.

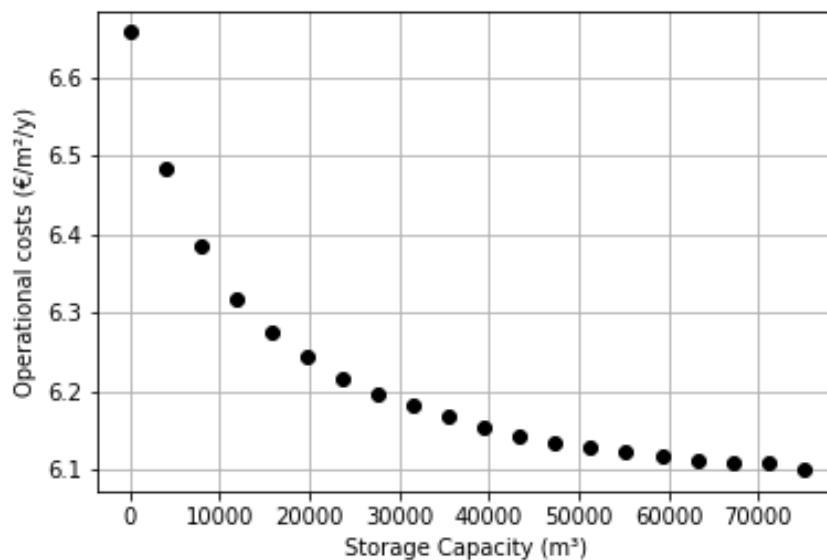
	Operational costs (€/m ² /y)	CO2 production (kg/m ² /y)
Situation without CHPs	13.7 + 35.7 ²	133
Current situation	6.65	92.8
Network	6.65	92.8
Storage + network	6.12	91.9

8.2 Opslag grootte

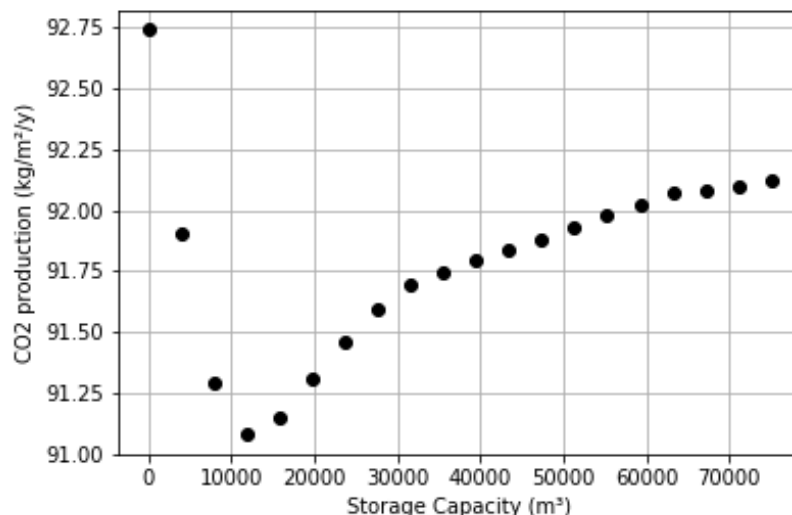
Een tweede urgente vraag is: hoe groot moet een grootschalig opslagsysteem nu eigenlijk zijn? Ecovat bouwt systemen tussen de 20.000 m³ en de 70.000 m³, maar misschien is in deze situatie 10.000 m³ voldoende? Om dit na te gaan hebben we de verwarmingskost en koolstofdioxide uitstoot uitgerekend voor verschillende opslagsystemen. Het volume varieert tussen de 0 m³ en 70.000 m³. Figuur 7 toont de verwarmingskosten per jaar in functie van de opslagcapaciteit. De acclimatisatiekosten nemen exponentieel af met toenemende opslagcapaciteit om te convergeren rond de 6.10 €/m²/y. Hieruit leiden we af dat de optimale

grootte waarschijnlijk rond de 50.000 m³ zal liggen. Voor deze volumes wordt de operationele kost verlaagd met 90% van het potentieel.

Voor de koolstofdioxide uitstoot zien we een ander verhaal (zie Figuur 8). Aanvankelijk daalt deze heel snel om een bodem te vormen rond de 10.000 m³. Daarna neemt de koolstofdioxide uitstoot weer toe. Merk hier op dat we het sturingssysteem zo gemaakt hebben zodat kosten geminimaliseerd worden en zodat er geen energie verkwist wordt. Naar koolstofdioxide uitstoot zelf wordt niet geoptimaliseerd. Merk op dat de koolstofdioxide-uitstoot steeds lager is indien er opslag aanwezig is.



Figuur 6: operationele kosten die gemaakt wordt i.f.v. opslagcapaciteit.



Figuur 7: CO₂-productie i.f.v. de opslagcapaciteit.

8.3 Impact van constructiefouten

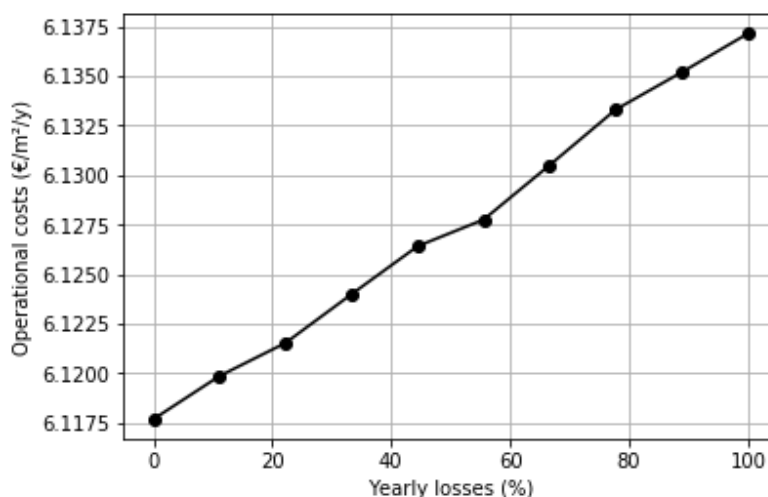
Constructiefouten hebben het potentieel om vooropgestelde terugbetaaltermijnen om zeep te helpen. Grootschalige seizoensopslag systemen worden nog niet courant gebouwd. Mocht dit systeem in Koekhoven gebouwd worden, dan zal het een van de eerste systemen in België zijn (wij hebben weet van twee systemen die momenteel in Nederland gebouwd zijn/worden). Omdat dit een prototype is, is de kans reëel dat de vooropgestelde isolatiewaarden afwijken in de praktijk. Daarom is het belangrijk om te kunnen inschatten wat de impact hiervan zou zijn op de verwarmingskosten en koolstofdioxide uitstoot. In het standaardsysteem hebben we een

warmteverlies van 30 % per 6 maanden gebruikt. Dit komt overeen met 60 % per jaar. Het allereerste prototype dat in Uden gebouwd is geworden verliest circa 40 % op 6 maanden, maar ondertussen is het design aangepast, waardoor verliezen teruglopen en dit is een klein vat van net geen 2.000 m³, waardoor de verliezen groter zijn. Het bedrijf dat dit opslagsysteem gebouwd heeft, claimt dat verliezen kleiner dan 10 % per 6 maanden gehaald kunnen worden. Kortom, alles tussen 20 % en 80 % per jaar is mogelijk. Waarschijnlijk is het mogelijk om in de buurt van de 20 % per jaar uit te komen, maar in deze analyse willen we de robuustheid in minder gunstige omstandigheden nagaan. Merk op dat

- De controleacties rekening houden met deze verliezen. Zo zullen ze bijvoorbeeld minder geneigd zijn om warmte voor lange tijd op te slaan, indien deze grotendeels verloren zal gaan.
- Deze verliezen nog steeds klein zijn. Alle warmwatervaten die in huishoudens geplaatst worden zijn hun warmte na een week bijna volledig kwijt.

Figuur 9 toont de operationele kosten in functie van deze coëfficiënt. In het geval van een perfecte isolatie, dalen deze naar 6.11 €/m²/y. Dit is een bescheiden daling t.o.v. 6.12 €/m²/y, wat dit betekent dat de marge die nog gerealiseerd kan worden door een betere isolatie te plaatsen klein is. Indien de isolatie slechter zou zijn en we bijvoorbeeld 100 % per jaar verliezen, zal de operationele kost stijgen tot slechts 6.1375 €/m²/y. Een warmtebuffer zal nog steeds 0.51 €/m²/y opbrengen. De impact van de isolatie op de operationele kost is dus relatief klein.

De relatie tussen koolstofdioxide uitstoot en isolatie is zo mogelijk nog zwakker. Het verschil tussen een perfecte isolatie en een situatie waarin 100% verloren raakt in een jaar is nauwelijks 600 kg/m²/y koolstofdioxide op een totaal van 92 kg/m²/y of minder dan 0.7 %.



Figuur 8: operationele kost i.f.v. de isolatiecapaciteit.

9 Conclusies

Hier zijn de resultaten van een simulatie getoond voor de situatie in Koekhoven, waar er een grootschalig opslagsysteem is toegevoegd. De belangrijkste conclusies zijn:

- Opslag vermindert de operationele kost met circa 480 k€/y (van 6.65 naar 6.12 €/m²/y).
- De optimale grootte van het opslagsysteem is ongeveer 50.000 m³.
- De isolatiewaarden moeten redelijk zijn, maar zijn niet kritisch voor het succes.
- Koolstofdioxide uitstoot kan met ongeveer 1 % verlaagd worden door een opslagsysteem in gebruik te nemen.

10 Volgende stappen

10.1 Extrapolatie

Een eerste vraag die zich stelt is: zijn deze resultaten extrapolatiebaar naar andere sites of zijn ze specifiek voor de situatie in Koekhoven? Hoeveel opslag moet worden voorzien per site? Wat is de maximale afstand tussen de verschillende sites, waarboven aggregatie onrendabel wordt? De beste

strategie lijkt hier om te starten van een van de meest belovende situaties, zoals Koekhoven, deze verder uit te werken en vervolgens naar vergelijkbare situaties op zoek te gaan.

10.2 Return on investment

In deze studie is nog niet gekeken naar terugbetaaltijden voor grootschalige opslagsystemen. Hoeveel kost de investering? Op welke wijze wordt ze gefinancierd? Wat zijn de terugbetaaltijden? Dit is een bouwproject, waarbij de gebruikelijke horizonten groter zijn dan deze in de industrie of tuinbouw. Een ondergronds opslagsysteem kan 50 jaar gebruikt worden. De terugbetaaltijd hiervan mag groter zijn dan deze van een WKK, die na tien jaar afgeschreven moet zijn. Deze investering moet daarom niet noodzakelijk door de tuinders gedaan worden, maar kan bijvoorbeeld, deels, gedragen worden door bv. een pensioenfonds, dat typisch denkt op tijdschalen van tientallen jaren. Zijn er bijzondere subsidies voor de bouw van dit soort prototypes?

Een luik dat hier nauw mee verband houdt, zijn de geldstromen. Indien een derde partij, deels, eigenaar is van het opslagsysteem, hoe wordt deze dan vergoed? Indien sommige tuinders netto gebruikers of leveranciers van warmte worden, hoe worden zij hiervoor gefactureerd of vergoed? Wie draait op voor warmte die verloren gaat in het opslagsysteem?

10.3 Uitbreiding versus nieuwbouw

In de uitwerking van centrale opslag moet een verschil gemaakt worden tussen bestaande systemen, waarin reeds lokale opslag aanwezig is en nieuw te bouwen systemen, waarin het complete systeem herbekeken kan worden.

Indien centrale opslag toegevoegd wordt aan een bestaande site, is er voor iedere kas reeds een lokaal opslagsysteem aanwezig. Dit opslagsysteem is ontworpen om warmte voor korte tijd op te slaan en kan gebruikt worden om de capaciteit van het warmtenetwerk te verkleinen.

Voor nieuwe systemen kan het nog steeds interessant zijn om een lokaal opslagsysteem te voorzien, dat bijvoorbeeld ingezet kan worden om piekvragen op te vangen, maar dit kan veel kleiner gedimensioneerd worden, waardoor meer warmte opgeslagen kan blijven in het centrale vat.

10.4 Exergie

Een luik, dat in deze studie genegeerd is, is exergie. Een grootschalig opslagsysteem slaat hoge temperatuur warmte op in de bovenste lagen van het vat en koudere warmte in de lager gelegen lagen. De kassen vragen niet steeds dezelfde aanvoertemperatuur. In de praktijk hangt de aanvoertemperatuur af van de buitentemperatuur. Tijdens koude dagen wordt de aanvoertemperatuur verhoogd om zo het vermogen te vergroten. Veel kassen zijn uitgerust met twee verwarmingsafgiftesystemen; een hoge temperatuur afgifte systeem en een lage temperatuur afgifte systeem. Het is mogelijk om beide systemen tegelijkertijd te bedienen vanuit een opslagvat. De hoge temperatuur wordt uit de bovenste lagen onttrokken, terwijl de lagere temperatuur uit lagere lagen onttrokken wordt. Er zijn oplossingen te bedenken om een dubbel warmtenet te vermijden. Zo kan de lage temperatuur bijvoorbeeld eerst geladen worden in de lokale opslagvaten, waarna de hoge temperatuur warmte rechtstreeks aan de kas geleverd wordt. In parallel kan het lokale vat het lage temperatuur afgifte systeem bedienen.

10.5 Lokale opslag

Op dit moment is er al opslag aanwezig in de glastuinbouwbedrijven. Er staat ongeveer 400 m³/hectare geïnstalleerd. Voor deze sites komt dit neer op circa 36.000 m³. Deze opslag wordt gebruikt om weekends of nachten te overbruggen, wanneer de energieprijzen lager zijn. Wij hebben deze buffers nog niet expliciet in rekening gebracht. Wel hebben we verondersteld dat tuinders de warmteproductie en consumptie binnen een dag vrij kunnen verschuiven. Deze geïnstalleerde capaciteit kan gebruikt worden om een deel van de gemeenschappelijke capaciteit te vervangen, maar ook om het warmtenet beter te dimensioneren. Door deze lokale opslag, kunnen pieken in warmtevraag beter worden opgevangen en kan de grootte van het warmtenet beperkt worden. Om dit te kunnen kwantificeren, zijn gedetailleerde data van deze opslagsystemen nodig. Deze 36.000 m³ staat verspreid over 9 sites, waardoor de oppervlakte veel groter is en de warmteverliezen dus aanzienlijk zijn.

10.6 Gasprijs op de dagmarkt

De eenvoudigste manier om gas aan te kopen is via de dagmarkt. Dit wordt nog veel gemeden omdat de dagprijzen voor gas sterk kunnen variëren. Indien er opslag aanwezig is, waarmee de tuinder een of enkele weken kan overbruggen, kunnen de grootste risico's op deze dagmarkt voor

gas omzeild worden. Dit zou netto neerkomen op goedkopere gasprijzen en een hogere rendabiliteit van de installaties. Dit kan in een volgend luik onderzocht worden.

10.7 Toekomst

Het is best mogelijk dat WKK's op termijn verdwijnen, bijvoorbeeld door een stijging van de gasprijs of onder maatschappelijke druk, waarbij koolstofdioxide productie geïmagineerd wordt. Indien dit scenario zich voltrekt, moet de warmte op een andere manier gegenereerd worden. Hiervoor bestaan er geen eindeloze reeks mogelijkheden. Dit kan op een klassieke manier gebeuren, waarbij de koolstofdioxide uitstoot behouden zal blijven, zoals verwarming op gas, mazout, steenkool, hout-pellets, etc. ofwel moet dit elektrisch gebeuren. Hiervoor kunnen warmtepompen of elektrische weerstanden gebruikt worden. Deze systemen hebben hun eigen voor en nadelen. Warmtepompen verliezen veel efficiëntie indien ze hoge temperaturen moeten afleveren. Daarnaast zijn warmtepompen duur indien we naar hun vermogen per euro kijken. Dit resulteert dikwijls in relatief lage vermogens voor de warmtepompen, die dan veel draaiuren moeten maken. Veel draaiuren betekent dat ze ook draaien op momenten waarop er energieschaarste is en dieselgeneratoren moeten worden ingeschakeld om deze schaarste op te vangen. Is dit beter? Weerstanden zijn goedkoop, maar weinig efficiënt. Indien ze op de juiste momenten ingeschakeld worden, kunnen ze redundante energie uit hernieuwbare energie omzetten in warmte. Deze kan worden opgeslagen om op het juiste moment aangewend te worden. Hiervoor zijn opslagsystemen nodig. Misschien zorgt een investering in grootschalige opslag nu ervoor dat de sites in Koekhoven "future proof" zijn.

Merk ten slotte op dat warmtebuffers minder interessant worden indien, op een dag, synthetisch gas op grote schaal gefabriceerd kan worden.