

# Efficiëntie van vijf ontvochtigingsmethodes doorgerekend

De efficiëntie en kost van ontvochtiging worden in belangrijke mate beïnvloed door het gewenste kasklimaat, de buitenomstandigheden waarbij ontvochtigd moet worden en de verhouding tussen de warmtekost en de elektriciteitskost. Bij constante buitencondities zien we dat in elk kasklimaat de ventilatie met warmterecuperatie het meest efficiënt is. Bij teelten met een hoge energievraag zoals tomaat heeft de actieve koeling de kleinste werkingskost maar eveneens de laagste efficiëntie.



Er zijn allerlei ontvochtigingsmethodes op de markt. Voor vijf methodes werd de efficiëntie en kostprijs doorgerekend.

In het energienummer van vorig jaar gingen we dieper in op de theorie achter ontvochtigen, waarbij de belangrijkste methodes aan bod kwamen (artikel 'Ontvochtigen van serrelucht, een theoretische benadering' in Proeftuinnieuws 15 van 8 september 2023). In dit artikel willen we dieper ingaan op de vergelijking van deze vijf methodes (zie kader) in verschillende situaties, zodat telers een gefundeerde keuze kunnen maken wanneer ze een ontvochtigingssysteem willen installeren.

## Parameters met invloed op ontvochtigingsefficiëntie en kost

Ontvochtigingsmethodes kunnen op basis van verschillende parameters worden vergeleken. De belangrijkste zijn de ontvochtigingsefficiëntie die weergeeft hoeveel gram vocht er per verplaatste kubieke meter lucht kan worden afgevoerd ( $\text{g}/\text{m}^3$ ), en de ontvochtigingskost per vierkante meter of per kilogram vocht die wordt afgevoerd ( $\text{€}/\text{m}^2$  of  $\text{€}/\text{kg}$ ). Deze parameters kunnen onder verschillende omstandigheden en op basis van de gekozen methode worden uitgerekend.

Daarnaast is het ook van belang om de factoren die invloed hebben op de efficiëntie en kost mee in rekening te brengen. Een voorbeeld hiervan is het toelaatbare absolute vochtgehalte in de serre. Hoe hoger dit vochtgehalte, hoe efficiënter en goedkoper het wordt om 1 kg vocht af te voeren. Een hoog absoluut vochtgehalte kunnen we bereiken bij een hoge RV en hoge temperatuur. Een andere factor is de buitenlucht. Deze heeft bij de meeste methodes ook een invloed, alleen bij actieve koeling is de invloed minimaal. De energieprijzen en meer bepaald de verhouding tussen de elektriciteits- en warmteprijs zijn de derde belangrijke factor. Deze bepalen mee de operationele kost van een ontvochtigingsinstallatie. Naast de omgevingsfactoren hebben ook procesparameters zoals de COP en construc-

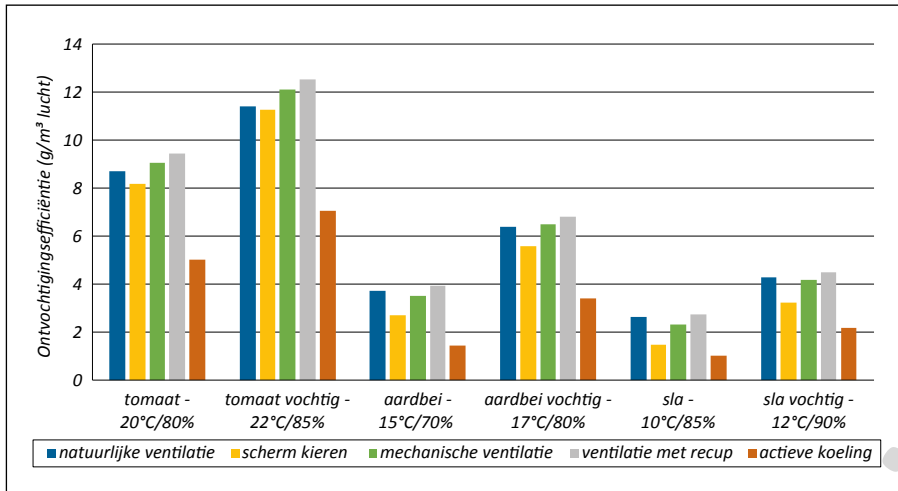
## Vijf methodes om serrelucht te ontvochtigen

1. Natuurlijke ventilatie: uitwisseling van binnen- en buitenlucht bij het openen van de ramen. Vocht en warmte worden afgevoerd.
2. Kieren & condensatie via scherm: via een schermkier komt warme lucht van onder het scherm in contact met het koude dek en treedt condensatie op. De luchttemperatuur daalt, maar minder sterk dan wanneer verse buitenlucht door de ramen infiltreert.
3. Mechanisch ventileren & condensatie via scherm: door middel van verticale ventilatoren en een schermdoorvoer wordt lucht uitgewisseld onder en boven het gesloten scherm. Koudere en drogere lucht van boven het scherm wordt zo gemengd met warme vochtige lucht onder het scherm. Boven het scherm kan het vocht condenseren tegen het koude dek.
4. Ventilatie met warmterecuperatie: vochtige en warme serrelucht wordt door middel van een ventilator naar buiten gezogen en wordt vervangen door verse buitenlucht. De warme serrelucht passeert eerst door een warmtewisselaar waar het zijn warmte overdraagt aan de verse toevoerlucht.
5. Actieve koeling: de vochtige lucht kan met behulp van een koelbatterij onder het dauwpunt (temperatuur waarbij de lucht met waterdamp verzadigd is en condensatie kan optreden) worden gebracht zonder dat buitenlucht nodig is. De koude droge lucht wordt dan met een verwarmingsbatterij weer opgewarmd (met gelijkblijvend vochtgehalte) zodat warme droge lucht weer de kas in gaat. Om de koelbatterij en verwarmingsbatterij te voorzien van de nodige warmte en koude, kan een warmtepomp worden gebruikt. ■

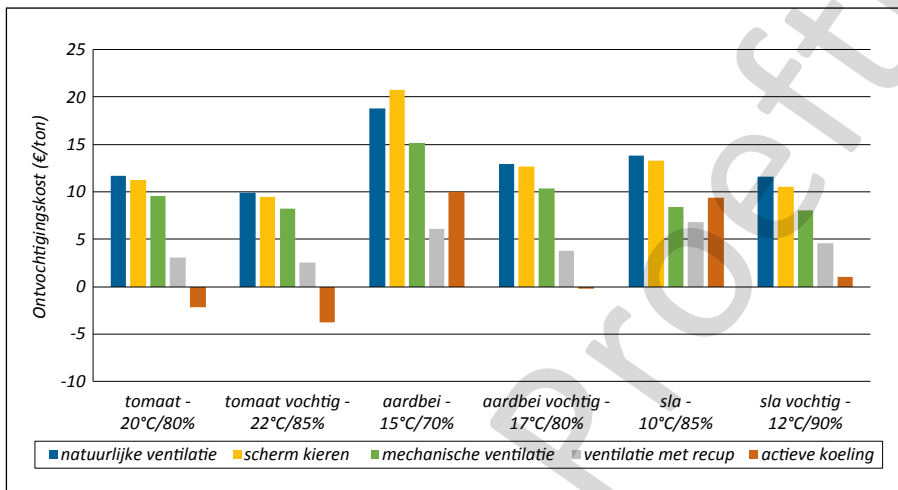
tie van de warmtewisselaars een belangrijke invloed, maar deze zijn dikwijls afhankelijk van

de gebruikte methode, en kunnen dus moeilijk onderling worden vergeleken.

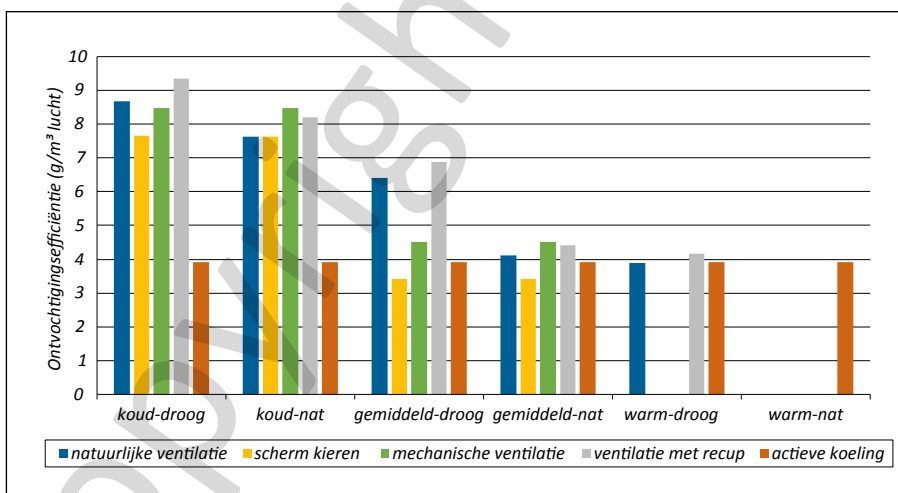
## Ventilatie met warmterecuperatie meest efficiënt in elk kasklimaat



**Figuur 1.** - Vergelijking ontvochtigingsefficiëntie bij verschillende teelten en kasklimaten onder constante buitencondities (5°C en 80% RV)



**Figuur 2.** - Vergelijking ontvochtigingskost (in euro per ton afgevoerd vocht) bij verschillende teelten en kasklimaten onder constante buitencondities (5°C en 80% RV)



**Figuur 3.** - Vergelijking ontvochtigingsefficiëntie bij verschillende buitencondities in een teelt bij 18°C en 80% RV. In sommige gevallen is de ontvochtigingsefficiëntie duidelijk ontoereikend.

Wanneer we de ontvochtigingsefficiëntie vergelijken van de verschillende methodes bij verschillende kasklimaten, maar bij constant blijvende buitencondities (5°C en 80% RV), zien we dat in elke situatie de ventilatie met warmterecuperatie als meest efficiënt systeem naar voor komt (Figuur 1). Bij de opgegeven buitencondities (5°C, 80% RV) zal voor iedere teeltsituatie de verhouding tussen de verschillende methodes gelijkaardig zijn. Tussen de verschillende teelten en methodes zien we duidelijk dat hoe warmer en vochtiger er wordt geteeld, hoe efficiënter alle methodes zijn, met andere woorden hoe meer gram vocht ze kunnen verwijderen per m<sup>3</sup> afgevoerde lucht.

Als we naar de ontvochtigingskost kijken, zien we bij teelten met een hoge energievraag zoals tomaat, dat de actieve koeling de kleinste werkingskost heeft (euro per ton afgevoerd vocht), omdat hier de latente warmte die vrijkomt kan worden hergebruikt voor verwarming (Figuur 2).

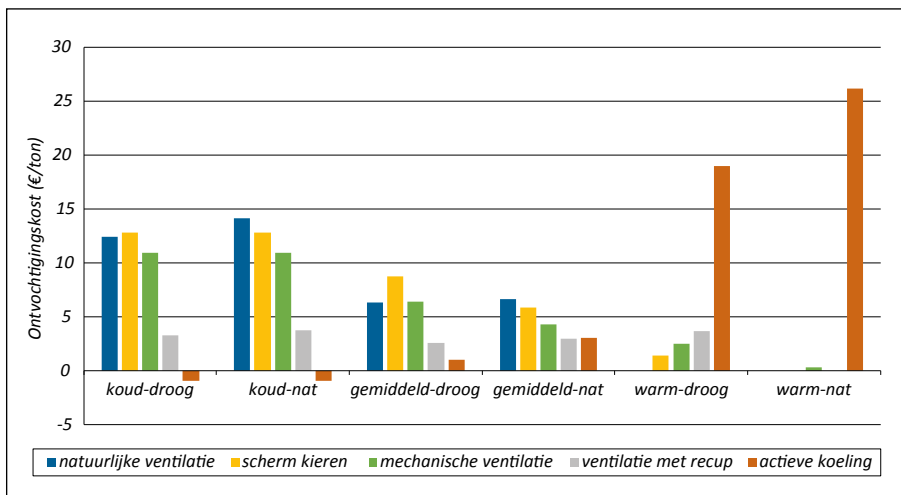
## Ook buitenomstandigheden beïnvloeden ontvochtigingsefficiëntie

Om de invloed van de buitenlucht in kaart te brengen gaan we vervolgens uit van een teelt bij 18°C en 80% RV. We vergelijken hier zes situaties (Tabel 1). Het is moeilijk om de buitentemperatuur volledig los te zien van de teelt. Bij een lage teelttemperatuur, bijvoorbeeld bij sla, zal een buitensituatie van 15°C/80% al relatief warm en nat zijn, waardoor de ontvochtigingscapaciteit van bepaalde systemen snel ontoereikend is.

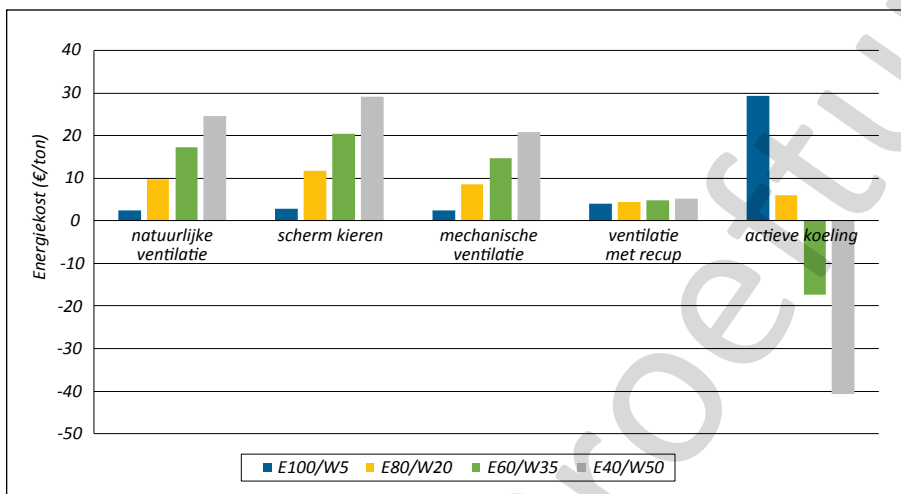
In de efficiëntie zien we dat alle systemen, met uitzondering van actieve koeling, afhankelijk zijn van de buitenluchtcondities (Figuur 3). Dit is belangrijk om in het achterhoofd te houden bij kritische teelten waar je op ieder moment controle wil hebben over de vochtigheid. Deze controle zal wel gepaard gaan met een aan-

**Tabel 1.** - Parameters van de zes doorgerekende buitensituaties (teelt 18°C en 80% RV)

Omschrijving buitensituatie	Buientemperatuur (°C)	Relatieve vochtigheid (RV) (%)	Absoluut vochtgehalte (g/kg)
Koud-droog	2	70	3
Koud-nat	2	90	4
Gemiddeld-droog	10	65	5
Gemiddeld-nat	10	90	7
Warm-droog	18	55	7
Warm-nat	18	85	11



**Figuur 4.** - Vergelijking ontvochtigingskost (in euro per ton afgevoerd vocht) bij verschillende buitencondities in een teelt bij 18°C en 80% RV



**Figuur 5.** - Vergelijking van energiekost (in euro per ton afgevoerd vocht) bij vier verschillende verhoudingen tussen de elektriciteit- en warmteprijs

zienlijke investeringskost omdat we zien dat in vele gevallen de ontvochtigingsefficiëntie van actieve koeling relatief laag is. Hierdoor zullen aanzienlijke ventilatiekosten moeten worden voorzien bij het ontwerp.

In de vergelijking van de ontvochtigingskost zien we ook hier dat ventilatie met warmterecuperatie steeds aan een lage kost kan werken (Figuur 4). Bij koude buitentemperaturen kan actieve koeling nog wel goedkoper zijn omdat hierbij ook de latente warmte kan worden gerecupereerd ter compensatie van bijvoorbeeld transmissieverliezen.

### Energieprijzen minste invloed op ventilatie met warmterecuperatie

De keuze tussen verschillende ontvochtigingsmethodes zal in belangrijke mate afhankelijk zijn van de energiekost. Hierbij is de verhou-

ding tussen de elektriciteit- en warmteprijs belangrijk. Deze zal afhankelijk zijn van de situatie op het bedrijf. Als er bijvoorbeeld een wkk aanwezig is, kan elektriciteit over het algemeen goedkoper worden opgewekt dan wanneer deze aangekocht moet worden van het net. In deze vergelijking gaan we uit van sterke variaties in de prijs. Deze zullen niet alleen toe te schrijven zijn aan het gebruik van eigen elektriciteitsproductie, maar gaan ook uit van een veranderende marktsituatie. De berekende situaties vind je terug in Tabel 2.

Figuur 5 toont duidelijk dat een variatie van de energiekost het minste invloed heeft op ventilatie met warmterecuperatie. Als we de methodes onderling vergelijken zien we dat bij lage warmteprijsen en hoge elektriciteitsprijzen de afvoer van vocht via ventilatie zonder warmterecuperatie de beste manier is. Wanneer warmte duurder wordt en/of

**Tabel 2.** - Verhouding van elektriciteits- en warmteprijs voor de vier berekende situaties

Situatie	Elektriciteitsprijs	Warmteprijs	Verhouding elektriciteit/warmte
E100/W5	100 €/MWh	5 €/MWh	20
E80/W20	80 €/MWh	20 €/MWh	4
E60/W35	60 €/MWh	35 €/MWh	1,7
E40/W50	40 €/MWh	50 €/MWh	0,8

elektriciteit goedkoper, zal warmterecuperatie interessant worden. Bij zeer hoge warmteprijsen en/of zeer lage elektriciteitsprijzen, zal met actieve koeling een aanzienlijke besparing mogelijk zijn door de recuperatie van latente warmte. Deze warmterecuperatie kan er zelfs voor zorgen dat bij goedkope elektriciteit en dure warmte de warmteverliezen van de serre door transmissie deels kunnen worden gecompenseerd.

### Ventilatie met warmterecuperatie scoort maar vraagt investering

De keuze van een geschikt ontvochtigingssysteem is afhankelijk van het gewenste binnenklimaat, de buitenomstandigheden waarbij ontvochtigd moet worden en de verhouding tussen de warmtekost en elektriciteitskost. Ventilatie met warmterecuperatie haalt bij koude-droge buitenomstandigheden goede resultaten, maar er moet nog wel rekening worden gehouden met de aanzienlijke investeringskost in een warmtewisselaar, ventilator en leidingen in de serre.

Bij kritische teelten kan ontvochtigen via actieve koeling zeker interessant zijn, maar de investeringskost is hier hoog omdat er naast de luchtbehandelingskast en leidingen ook een koelmachine/warmtepomp moet worden voorzien. Deze kan wel worden gebruikt om de warmte te recupereren en afhankelijk van de uitvoering ook extra warmte op te wekken in koude periodes, waardoor het gebruik van de warmtepomp ervoor kan zorgen dat er minder geïnvesteerd hoeft te worden in een andere technologie om warmte op te wekken zoals een wkk. In een volgende fase van het LA-traject Opti-Energie zullen we ook een economische afweging maken door rekening te houden met de investeringskosten.

B. De Schutter, J. van Roy & C. Siongers  
Thomas More – Expertisecentrum Energie, Geel

Deze berekeningen werden uitgevoerd in het kader van het LA-traject 'Opti-Energie', met steun van het Agentschap Innoveren & Ondernemen.