

19



Octrooicentrum  
Nederland

11 1024924

12 C OCTROOI<sup>6</sup>

21 Aanvraag om octrooi: 1024924

51 Int.Cl.<sup>7</sup>  
A01G9/24

22 Ingediend: 02.12.2003

41 Ingeschreven:  
06.06.2005 I.E. 2005/08

47 Dagtekening:  
06.06.2005

45 Uitgegeven:  
01.08.2005 I.E. 2005/08

73 Octrooihouder(s):  
KIWA N.V. te Nieuwegein.

72 Uitvinder(s):  
Johannes Wilhelmus Nicolaas Melchior  
Kappelhof te Nieuwegein  
Marinus Hendrik Jalink te Nieuwegein

74 Gemachtigde:  
Mr. G.L. Kooy c.s. te 2514 BB Den Haag.

54 **Werkwijze voor het produceren van zoet water door het condenseren van in een kas met planten verdampt water.**

57 De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het produceren van zoet water omvattende het kweken van planten op een medium in een kas, het toevoeren van water aan de planten, waarbij ten minste een deel van dat water door de planten opgenomen wordt, het laten condenseren van de luchtvochtigheid in de kas zodat een condensaat gevormd wordt, waarbij de luchtvochtigheid in de kas ten minste gedeeltelijk gevormd is door de verdamping van water door de planten in het medium, het verzamelen van het condensaat ter verkrijging van een stroom gezuiverd water met een lager zoutgehalte, en het regelen van het klimaat in de kas om de luchtvochtigheid en de temperatuur in de kas in te stellen.

NL C 1024924

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekeningen.

Octrooicentrum Nederland is het Bureau voor de Industriële Eigendom, een agentschap van het ministerie van Economische Zaken

5

10 WERKWIJZE VOOR HET PRODUCEREN VAN ZOET WATER DOOR HET CON-  
DENSEREN VAN IN EEN KAS MET PLANTEN VERDAMPT WATER

GEBIED VAN DE UITVINDING

Onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het produceren van zoet water door het terugwinnen via condensatie van door planten verdampt en rechtstreeks verdampt water. Naast zoet water levert de werkwijze van de uitvinding een gewasoogst op. De werkwijze van de uitvinding is bijzonder nuttig in aride gebieden, waar gebrek aan een geschikte bron voor zoet water is en irrigatie in het open veld al snel zal leiden tot een te sterke verzilting van de bodem en een significant verlies van irrigatiewater door verdamping.

25 In veel gebieden is er een tekort aan zoet water van goede kwaliteit. Organisaties als WHO, FAO en Unesco zien dit als een groot probleem. Er zijn daarom nieuwe en innovatieve oplossingen gewenst om het tekort aan zoet water te dekken, rekening houdend met de regionale en klimatologische situatie.

30 In veel droge gebieden zijn de beschikbare waterbronnen zout of brak en moet ontzouting worden toegepast.

Huidige oplossingen voor zoetwaterproductie zijn vaak gebaseerd op het gebruik van kunstmatige verdampingssyste-

men (zoals multi-stage-flash verdamping (MSF), vapour compression verdamping (VC)) en membraanprocessen (RO (omgekeerde osmose), ED (elektrodialyse)). Een belangrijk onderdeel van deze technieken is het grote energieverbruik. Bovendien vereisen veel van deze technieken hoge investeringen.

Het gebruik van hernieuwbare energiebronnen wordt gezien als een mogelijkheid om de levensvatbaarheid van waterproductieprocessen met een hoog energieverbruik te verbeteren. Door de Euro-Caribbean Island Cooperation is een uitvoerig vergelijkend onderzoek naar de beschikbare hernieuwbare energiebronnen en de toepassing daarvan bij ontzouting van water uitgevoerd [ECIC, 2000]. Recent is voorgesteld om zonne-energie toe te passen bij verdampings-technologie [Solar Dew, 2003]. Ook is een drijvende zeewater ontzoutingseenheid voorgesteld [Gebelius, 1984].

Hernieuwbare energiebronnen brengen echter vaak ook hoge investeringskosten met zich mee en veelal zijn er aanvullende energiebronnen nodig wegens de beperkte beschikbaarheid van hernieuwbare energiebronnen.

Daarnaast wordt in droge gebieden het schaarse beschikbare zoete water vaak toegepast voor irrigatie, waarbij een aanzienlijk deel ervan door verdamping verloren gaat.

Een doel van de onderhavige uitvinding is het verbeteren van de zoetwatervoorziening, met name in droge gebieden. Een ander doel van de uitvinding is het tegengaan van verlies aan zoet water bij irrigatie van gewassen.

Volgens de uitvinding worden deze doelen bereikt door planten in een kas te kweken en het door de planten verdampende en het rechtstreeks verdampende water door condensatie terug te winnen met gebruikmaking van een klimaatbeheersingssysteem.

## SAMENVATTING VAN DE UITVINDING

Aldus voorziet de uitvinding in een werkwijze voor het produceren van zoet water omvattende

5       het verschaffen van een kas,  
      het verschaffen van een medium om planten op te kweken,

      het kweken van planten op het medium in de kas,  
      het toevoeren van water aan de planten op het medium,  
10       waarbij ten minste een deel van dat water door de planten opgenomen wordt,

      het laten condenseren van de luchtvochtigheid in de kas zodat een condensaat bestaande uit gecondenseerd water gevormd wordt,

15       waarbij de luchtvochtigheid in de kas ten minste gedeeltelijk gevormd is door de verdamping van water door de planten in het medium,

      het verzamelen van het condensaat ter verkrijging van een stroom gezuiverd water met een zoutgehalte dat lager  
20       is dan dat van het aan de planten toegevoerde water, en

      het regelen van het klimaat in de kas om de luchtvochtigheid en de temperatuur in de kas in te stellen.

      Volgens een uitvoeringsvorm van de uitvinding wordt het niet door de planten opgenomen water dat uit het medium wegloopt verzameld zodat een stroom water wordt verkregen met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan  
25       de planten toegevoerde water.

      Volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding worden de in het medium gekweekte planten geoogst.

30       Volgens andere uitvoeringsvormen van de uitvinding worden het zuurstofgehalte en het koolstofdioxidegehalte in de kas ingesteld.

Volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding worden wordt de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water voor de klimaatregeling in de kas gebruikt door het te laten  
5 verdampen. De daarbij benodigde verdampingsenergie wordt onttrokken aan de lucht in de kas en zo benut voor de klimaatbeheersing van de kas.

Volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding wordt de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan  
10 dat van het aan de planten toegevoerde water als irrigatiewater gevoerd naar een kas waar de werkwijze van de uitvinding wordt uitgevoerd met een meer zoutminnend gewas dan de planten in de eerste kas.

Volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding  
15 wordt de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water met een gebruikelijke techniek eerst ontzout waarbij een stroom ontzout water en een reststroom van water met een verhoogd zoutgehalte worden verkregen en de stroom onzout water als  
20 voedingswater wordt gebruikt en de reststroom van water met een verhoogd zoutgehalte voor klimaatregeling in de kas wordt gebruikt door het water te laten verdampen.

Volgens een andere uitvoeringsvorm van de uitvinding wordt het condensaat als deel van het aan de in het medium  
25 gekweekte planten toegevoerde water gebruikt.

#### GEDETAILLEERDE BESCHRIJVING VAN DE UITVINDING

In een kas worden gewassen geteeld. De gewassen worden niet in de volle grond maar op een van de volle grond  
30 gescheiden medium geteeld. Dit kan bijvoorbeeld een substraat als steenwol zijn. Het zal de vakman duidelijk zijn dat ook andere typen substraat met succes bij de uitvinding zullen kunnen worden toegepast. Bovendien kan als me-

dium ook aarde worden toegepast. De gewassen worden van water voorzien met een gebruikelijk systeem. Dit water kan zoet, brak of zout zijn. Afhankelijk van de bron dienen minder of meer zouttolerante plantensoorten te worden geselecteerd. Aan het water kunnen zonodig nutriënten worden toegediend. Een deel van het toegevoerde water en daarin opgeloste nutriënten en mineralen zal worden opgenomen door de in het medium gekweekte planten. De plant gebruikt de opgenomen mineralen en nutriënten voor weefselopbouw en scheidt het overtollige water uit door transpiratie. De plant bewerkstelligt zo biologische zuivering en ontzouting. Naast transpiratie door planten zal een deel van het aangevoerde water direct verdampen. De luchtvochtigheid in de kas zal als gevolg van de verdamping stijgen. Ook de temperatuur in de kas zal als gevolg van de stralingswarmte van de zon overdag toenemen. Het klimaat in de kas wordt daarom met een klimaatsysteem beheerst. Hierbij worden ten minste de luchtvochtigheid en temperatuur beheerst. Een mogelijke uitvoeringsvorm hiervan is een airconditioner, bijvoorbeeld werkend door middel van absorptiekoeling, aangedreven door zonne-energie [Henkel, 2001; Hug, 2002], elektrische energie of een verbrandingsmotor. Behalve de temperatuur en de luchtvochtigheid worden bij voorkeur ook het zuurstofgehalte en het koolstofdioxidegehalte in de kas geregeld. Men kan bijvoorbeeld vochtige, zuurstofrijke lucht continu door de airconditioner circuleren. De van de airconditioner afkomstige lucht kan verrijkt worden met koolstofdioxide (bijvoorbeeld uit verbrandingsgas) om groeibeperkende omstandigheden voor de planten te voorkomen.

De temperatuur wordt, afhankelijk van het gewas, zodanig geregeld dat de planten niet doodgaan (enzymssystemen

functioneren niet meer boven circa 40 °C) en dat ze optimaal groeien en verdampen (gebruikelijk is boven 20 °C).

De luchtvochtigheid wordt geregeld, afhankelijk van het gewas en een beoogde opbrengst:

- 5 - bij opbrengst wordt gestreefd naar optimale groeiomstandigheden
- wanneer niet gestreefd wordt naar opbrengst wordt gestreefd naar de optimale verdampingssnelheid.

10 Bij te lage luchtvochtigheid (dit is sterk afhankelijk van het gewas) kunnen de planten slap gaan hangen, bij te hoge luchtvochtigheid wordt de water- en voedselopname geremd.

15 Bij de klimaatbeheersing komt gecondenseerd water (condensaat) vrij. Als gevolg van het temperatuurverschil tussen dag en nacht zal daarnaast condensatie van de vochtige lucht optreden aan de kaswand. Ook dit condensaat kan worden opgevangen.

20 Het condensaat (zowel afkomstig van condensatie op kaswand als van klimaatbeheersing) zal vrij zuiver, mineraalarm, zoet water zijn. Dit condensaat wordt gebruikt voor de watervoorziening (drinkwater, irrigatiewater of andere toepassingen van zoet water). Het zal duidelijk zijn dat de uitdrukking zoet water niet beperkt is tot drinkwater.

25 De werkwijze is niet beperkt wat betreft de bron van het water, mits het zoutgehalte van het water de zouttolerantie van de gekweekte planten niet overschrijdt. Het is zelfs mogelijk (geklaard) afvalwater te gebruiken. Ook het productiewater bij de oliewinning is een mogelijke waterbron. Ook gedeeltelijk ontzout zeewater kan worden gebruikt, evenals water uit brakke bronnen.

30

Als gevolg van de wateropname door het gewas en de verdamping van water zal de zoutconcentratie van het door

het substraat gevoerde water toenemen. Bij het overschrijden van de zouttolerantie van het geteelde gewas (of de geteelde gewassen) wordt het zoutere water afgevoerd.

Dit water kan mogelijk twee nuttige bestemmingen krijgen:

- 5       - het zoutere effluent of spui-water van de kas kan worden verdampt, waarbij de verdampingsenergie wordt benut voor de klimaatbeheersing in de kas (bijvoorbeeld via een warmtewisselaar)
- 10       - het spui-water kan met ontzoutingstechnieken worden behandeld en hergebruikt als voedingswater. Bij voorkeur worden hiervoor technieken gebruikt die selectief zijn voor natrium en chloride (zoals elektrolyse, met monovalent selectieve membranen). Het vervolgens bij deze behandeling vrijkomende brijn kan
- 15       worden verdampt, waarbij de verdampingsenergie wordt benut voor de klimaatbeheersing in de kas.

Om het condensaat als drinkwater in te zetten dient aan een aantal voorwaarden te worden voldaan:

- 20       - het condensaat moet voldoen aan de WHO-normen voor drinkwater
- het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de kas dient zoveel mogelijk te worden beperkt, om zodoende te voorkomen dat deze stoffen in het drinkwater komen
- 25       - het condensaat behoeft mogelijk een additionele zuivering (desinfectie en/of verwijdering gewasbeschermingsmiddelen)

30       Het condensaat kan ook in de kas zelf worden gebruikt. Hierdoor wordt voorkomen dat irrigatiewater als gevolg van verdamping en transpiratie verloren gaat. Met name in gebieden met waterschaarste of gebieden waar geen

zoet water beschikbaar is, kan dit een grote kostenbesparing geven.

De gewassen worden geoogst. Naarmate de zoutgehalten van het voedingswater lager worden, wordt de keuzevrijheid voor de te telen gewassen groter. Bij niet te hoge zoutconcentraties en een verder chemisch vrij goede kwaliteit (weinig toxische stoffen e.d.) kunnen voedingsgewassen worden geteeld, waar veel vraag naar is, zoals rijst, tomaten, aardappelen. Door "gewasveredeling" zijn inmiddels varianten met tolerantie voor betrekkelijk hoge zoutgehalten beschikbaar. Voedingsgewasteelt kan daardoor bij een grote variatie aan zoutgehalten plaatsvinden en levert baten op, die de kosten van het totale waterwinsysteem gedeeltelijk of geheel dekken.

Wordt het zoutgehalte te hoog of is het irrigatiewater te zeer verontreinigd, dan kunnen geen consumptiegewassen worden geteeld. De oogst heeft dan hooguit een beperkte waarde, bijvoorbeeld voor vezelindustrie of moet worden gestort. In die gevallen kan het voordelig zijn planten te kiezen met een hoge zouttolerantie gecombineerd met een sterke transpiratie.

De werkwijze zal in het algemeen uitgevoerd worden in een speciaal voor dit doel gebouwde kas. De kas kan met gebruikelijke kasbouwtechnieken en -materialen zoals ruiten van glas of kunststof en metalen profielen worden gebruikt. De kas wordt voorzien van de hiervoor besproken klimaatbeheersingsmiddelen. De planten worden op gebruikelijke wijze gekweekt, bijvoorbeeld op substraatmatten.

In de kas kunnen plantenziekten met biologische middelen bestreden worden zodat het gebruik van herbiciden-pesticiden sterk verminderd of geheel vermeden kan worden, waardoor de kwaliteit het condensaat verbeterd kan worden

en de behoefte aan nabehandeling geminimaliseerd kan worden.

De grootte van de kas wordt enerzijds bepaald door de behoefte aan zoet water. Anderzijds zal de grootte mede  
5 afhankelijk zijn van de verdamping door de planten. De verdampingssnelheid van planten varieert sterk van soort tot soort. In de literatuur zijn waarden van 3 mm/dag tot 18 mm/dag gerapporteerd [Schouwenaars, 1993; Doorenbos en Kasam, 1986].

10

## VOORBEEELD

Uitgaande van een waterconsumptie van 120 liter per persoon per dag, verdamping van 11 mm/dag, kostprijs van de kas inclusief klimaatbeheersing van 460.000 \$/ha, af-  
15 schrijving in 30 jaar (6% rente, jaarlijks), een tomatenprijs van 700 \$/ton, een aardappelprijs van 200 \$/ton, en arbeid voor 2 (tomaten), 0,5 (aardappelen) en 0,25 ('cord grass' (*Spartina pectina*)) personen per hectare en een nutriëntenbehoefte van 1 \$/m<sup>3</sup> condensaat (tomaten), 0,1 \$/ m<sup>3</sup>  
20 condensaat (aardappelen) en een verwachte oogst van 300 ton/ha (onder optimale omstandigheden 500/ha ton) tomaten en 250 ton/ha aardappelen kunnen het benodigde kasoppervlak (tabel 1) en de kosten (tabel 2) voor de bereiding van drinkwater berekend worden) Het hergebruik van het  
25 spui-water is niet berekend. De eventueel kosten voor het voedingswater en het afvoeren van het spuiwater zijn genegeerd.

TABEL 1

Verband tussen aantal inwoners, vereiste wateraanvoer en benodigd kasoppervlak,

Aantal inwoners	Vereiste wateraanvoer (m <sup>3</sup> /dag)	Verdampingsoppervlak in kas (ha)
1	0,12	1,1.10 <sup>-3</sup>
10.000	1.200	11
100.000	12.000	110
1.000.000	120.000	1.100

5

TABEL 2

Schatting van de kosten per m<sup>3</sup> geproduceerd zoet water voor het kweken van tomaten, aardappels en cord grass (*Spartina pectina*), inclusief de afschrijving op kassen en klimaatbeheersingsysteem, arbeidskosten, nutriënten, opbrengst van het gewas.

10

Gewas	Afschrijving (\$/m <sup>3</sup> )	Arbeidskosten en nutriënten (\$/m <sup>3</sup> )	Opbrengst (\$/M <sup>3</sup> )	Totale kosten (\$/m <sup>3</sup> )
Tomaten	0,83	2,00	5,23	-2,40
Aardappelen	0,83	0,35	1,25	-0,06
Cord grass	0,83	0,12	0,00	0,96

## LITERATUUR

- 15 - Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1986) : *Yield response to water*. FAO Irrigation and drainage paper 33. Food and Agriculture organization of the United Nations. Rome
- Gebelius, S. (1984). *Wind, waves and sun power floating desalter*. World water vol 7, no 8, p.36, 1984.
- 20 - Henkel E.T.(2001) *An airconditioning system using solar energy*. Article provided to NCSEA, June 22, 2001.
- Hug, R. (2002). *Cooling with solar heat: growing interest in solar airconditioning*. Solarmagazin, June 2002.

- Kathib Z., Verbeek P.(2002). *HSE horizons: water to value-produced water management for sustainable field development of mature and green fields.* Paper on the SPE international Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas E&P Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 March 2002.

**CONCLUSIES**

1. Werkwijze voor het produceren van zoet water omvattende
  - 5       het verschaffen van een kas,
  - het verschaffen van een medium om planten op te kweken,
  - het kweken van planten op het medium in de kas,
  - het toevoeren van water aan de planten op het medium,
  - 10       waarbij ten minste een deel van dat water door de planten opgenomen wordt,
  - het laten condenseren van de luchtvochtigheid in de kas zodat een condensaat bestaande uit gecondenseerd water gevormd wordt,
  - 15       waarbij de luchtvochtigheid in de kas ten minste gedeeltelijk gevormd is door de verdamping van water door de planten in het medium,
  - het verzamelen van het condensaat ter verkrijging van een stroom gezuiverd water met een zoutgehalte dat lager
  - 20       is dan dat van het aan de planten toegevoerde water,
  - het regelen van het klimaat in de kas om de luchtvochtigheid en de temperatuur in de kas in te stellen.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, waarbij het niet door de planten opgenomen water uit het medium afgevoerd
- 25       wordt en verzameld wordt, zodat een stroom water wordt verkregen met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water.
3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, waarbij de in het medium gekweekte planten worden geoogst.
- 30       4. Werkwijze volgens conclusie een van de voorgaande, waarbij het zuurstofgehalte en het koolstofdioxidegehalte in de kas worden ingesteld.

5. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, waarbij de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water voor de klimaatregeling in de kas wordt gebruikt door het te laten verdampen.

6. Werkwijze volgens een van de conclusies 1-4, waarbij de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water als irrigatiewater wordt gevoerd naar een kas waar de werkwijze van de uitvinding wordt uitgevoerd met een meer zoutminnend gewas dan de planten in de eerste kas

7. Werkwijze volgens een van de conclusies 1-4, waarbij de stroom water met een zoutgehalte dat hoger is dan dat van het aan de planten toegevoerde water met een gebruikelijke techniek eerst ontzout wordt, waarbij een stroom ontzout water en een reststroom van water met een verhoogd zoutgehalte worden verkregen en de stroom onzout water als voedingswater wordt gebruikt en de reststroom van water met een verhoogd zoutgehalte voor klimaatregeling in de kas wordt gebruikt door het water te laten verdampen.

8. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, waarbij het condensaat als deel van het aan de in het medium gekweekte planten toegevoerde water wordt gebruikt.