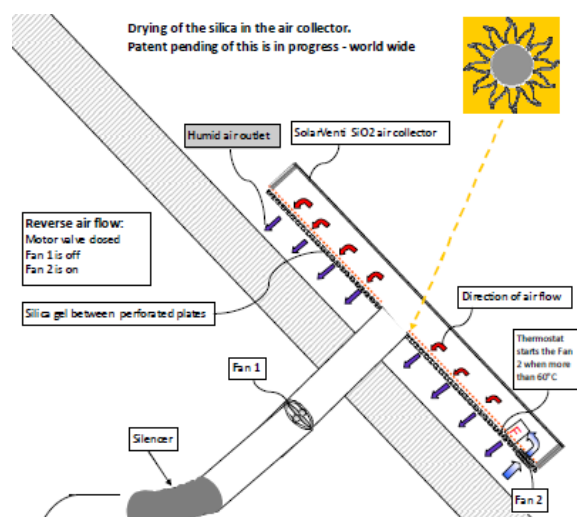


Slutrapport EUDP-projekt Solaffugter



Indholdsfortegnelse:

1.	Projekt detaljer	1
2.	Short description of project objective and results	2
2.1	Kort beskrivelse af projektmål og resultater	2
3.	Sammendrag	2
3.1	Projektmål	2
4.	Projekt resultater og formidling	3
4.1	Styring og sensorer	3
5.	Anvendelse af projektresultaterne	4
5.1	Udviklingspotentialer	4
6.	Projekt konklusion og perspektiv	5
	Bilag 1. Funktion SiO ₂ med SV14	6
	Bilag 2. Billeder fra tests og projektgruppen.	9

Til afrapporteringen høre også "Solaffugter, Elsa Andersen og Simon Furbo, Teknisk rapport, DTU Byg Rapport-368 (DK), Marts 2017"

1. Projekt detaljer

Project title	Solaffugter
Project identification (program abbreviation and file)	64015-0054
Name of the programme which has funded the project	EUDP
Project managing company/institution (name and address)	SolarVenti A/S, Fabriksvej 8, 8881 Thorsø
Project partners	ArosTeknik, DTU-BYG, Cenergia/KubenManagement, Den Jyske Haandværkerskole og Energy-21(Tyskland)
CVR (central business register)	87100618
Date for submission	Den 13/6 2017

2. Short description of project objective and results

The solar dehumidifier is a new patented technology developed, where solar-driven air drying is combined with the use of "Silica gel" (SiO_2). There is an extra layer built into SolarVenti's standard solar collector. Here, SiO_2 is placed between 2 extra perforated plates.

During the night, air can be blown through the SiO_2 layer, which absorbs moisture and sends dry air into the building. During daytime sunshine, airflow is reversed through the solar collector and the solar heat will dry out the layer with SiO_2 . This will save "dryness" for next night operation where airflow through SiO_2 is reversed.

This new technology has recently been developed and measured in a DTU-Byg test facility. The developed solar dehumidifier can remove 3 liters of water per m^2 of solar collectors per day with sun in Denmark.

2.1 Kort beskrivelse af projektmål og resultater

Solaffugteren er en ny udviklet patenteret teknologi, hvor solvarme-drevne tørring af luft kombineres med brug af "Silica gel" (SiO_2). Der er indbygget et ekstra lag i SolarVentis standard solfanger. Her er placeret SiO_2 mellem 2 ekstra perforerede plader.

Om natten kan der blæses luft gennem SiO_2 -laget, der opsuger fugt og sender tør luft ind i bygningen. I dagtimer med sol vendes luftstrømmen gennem solfangeren og solvarmen vil udtørre laget med SiO_2 . Herved gemmes "tørhed" til næste nats drift hvor luftstrømmes gennem SiO_2 -lages vendes igen.

Denne nye teknologi er senest blevet færdigudviklet og målt på i DTU-Bygs test-stand. Den udviklede solaffugter kan fjerne 3 liter vand per m^2 solfanger per dag med sol i Danmark.

3. Sammendrag

Der er udviklet en ny patenteret teknologi, hvor den solvarme-drevne udtørring kan kombineres med brug af "Silica gel" (SiO_2), der er indbygget i solfangeren mellem 2 perforerede plader. Dette sker ved at man lader solvarmen udtørre et volumen med Silica gel om dagen, hvorefter tør luft, der er ført gennem Silica gelen, kan sendes ind i en bygning om natten.

Denne nye teknologi er senest blevet færdigudviklet og målt på i DTU-Bygs test-stand. Resultaterne fra målingerne bekræftede den effektive udtørringseffekt, når der bruges en temperaturføler, der viser ca. 60°C for at starte solvarme udtørring af Silica gelen.

Den udviklede solaffugter kan fjerne 3 liter vand per m^2 solfanger per dag med sol i Danmark. I troper eller blot Sydeuropa, kan den formodentlig fjerne mere fugt, fx ved at anbringe solfangere på et i forvejen varmt tag – og øge SiO_2 laget.

I den oprindelige SolarVenti solfanger trækkes al luft gennem bagplade og filt i solfangeren. Det giver en effektiv luftrensning for partikler mv. I solaffugteren skifter luftretningen i solfangeren og der er behov for et luftfilter for at undgå at få støv ind i huset. Dette kan løses med en ekstra solfanger i standard udgave, som virker som luftfilter og forvarmning i forbindelse med udtørring af silica-gel om dagen. Silica-gel solfangeren kan derfor udstyres med et lidt tykkere lag af silica-gel og ydelsen kan øges. Se bilag 1: "Funktion SiO_2 Ver.3 med SV14". Her er beskrevet 3 driftstilstande med anlægget med dobbelt-solfangere.

Der er udviklet en styring, der har mulighed for at lagre driftsmålinger i "skyen" når der er forbindelse til internettet. Ud over at følge driften af anlæggene, kan styringen også opdateres via nettet.

3.1 Projektmål

Projektets formål var at vise at det grundlæggende princip med sol-drevet affugtning virker. Dette er blevet testet i en prøvestand hos DTU og der er en klar effekt af prototypen. På dage med solskin kan anlægget fjerne 3 liter vand per m^2 solfanger per dag. Resultaterne i prøvestanden viser også at der er en række styringsmæssige overvejelser i forhold til de konkrete driftsforhold som produktet kan finde anvendelse i. Der vil være en forskel på at affugte en dansk kælder og så affugte en bygning i et tropisk klima, hvor der kan være en høj luftfugtighed samt en større effekt af solen. Det vil have indflydelse på designet af solfangeren, bl.a. tykkelsen af SiO_2 -laget og de styringsparametre der regulerer ventilatorerne.

Projektet er således kommet langt med at forberede et produktionsklart produkt, men der mangler stadig et stykke arbejde omkring sensorer og styringen. Som en første test af solaf-

fugteren i en sommerperiode, er der sendt 2 SiO₂ solfangere til Massey University på New Zealand, hvor man ønsker at måle videre på disse. Resultater herfra er endnu ikke kommet. Her i Danmark har vi valgt at fortsætte tests på SolarVentis fabrik, da det ikke på nuværende tidspunkt har givet mening at "field-teste" anlæg i vinterperioden. De første egentlige anlæg(0-serien) vil blive testet på bygninger nu i denne sommer 2017(efter projektets formelle afslutning).

4. Projekt resultater og formidling

På DTU er der udført tests af en prototype af solaffugteren. Se delrapporten; "Solaffugter, Elsa Andersen og Simon Furbo, Teknisk rapport, DTU Byg Rapport-368 (DK), Marts 2017". Her er konklusionen gengivet:

"En solaffugter med et solfangerareal på 1,4 m² er afprøvet udendørs på DTU Byg. Solaffugteren er baseret på den velkendte luftsolfanger fra SolarVenti A/S udbygget med et lag af det fugtabsorberende materiale, silikagel.

Under afprøvningen er solaffugteren monteret i en prøvestand orienteret mod syd og med en hældning på 45°. Afprøvningen er foregået i perioden juni – december 2016. Solaffugteren har i perioden været afprøvet ved forskellige vejrforhold og driftsbetingelser. Solaffugterens evne til at afgive og optage fugt er vurderet på baggrund af ændringerne af solaffugterens totale vægt igennem dag og nat.

Om dagen hvor solen skinner, udtørres silikagelen i solaffugteren således at den udtørrede silikagel kan anvendes til at affugte ventilationsluft i nattetimerne.

De eksperimentelle undersøgelser viser at silikagelen i solaffugteren med solaffugterens nuværende design udtørres bedst når:

- luftflowet om dagen er omkring 100 m³/h
- luftflowet om dagen startes når solbestrålingsstyrken på solaffugteren er større end 600 W/m²
- luftflowet om dagen stoppes når solbestrålingsstyrken på solaffugteren er mindre end 500 W/m²

De eksperimentelle undersøgelser viser at silikagelen i solaffugteren med solaffugterens nuværende design opfugtes bedst når:

- luftflowet om natten er omkring 100 m³/h
- luftflowet om natten er i perioden fra solnedgang til solopgang

Undersøgelserne viser også at solaffugteren lige efter at den var installeret kunne afgive og optage omkring 3,5 kg fugt i henholdsvis dags- og natdrift. Herefter kunne solaffugteren afgive og optage omkring 2 kg fugt frem til slutningen af september hvorefter fugtoptagelsen og fugtafgivelsen faldt til omkring 0,5 kg.

Den lavere virkningsgrad af solaffugteren i efteråret skyldes at solbestrålingsstyrken på solaffugteren er lav og driftstiden i dagtimerne hvor silikagelen i solaffugteren udtørres derfor er sparsom."

4.1 Styring og sensorer

Der er udviklet en styring, der har mulighed for at lagre driftsmålinger i "skyen" når der er forbindelse til internettet. Ud over at følge driften af anlæggene, kan styringen også opdateres via nettet.

Styringen prioriterer de tre grundlæggende driftsstande, der er beskrevet i bilag 1. Desuden skal styringen sikre, at den luft, der blæses ind i huset, altid er mindre fugtig i forhold til den aktuelle luftfugtighed i huset.

Styringen er opbygget med en mikrocontroller, der er udstyret med 4 temperatursensorer og 3 fugtighedsfølere.

- Udendørs: luftfugtighed og temperatur (DHT11).
- Indendørs: luftfugtighed og temperatur (DHT11).
- Kanal: fugtighed og temperatur (DHT11).
- SiO₂ panel: Temperatur (PT1000)

Der måles på temperaturen i SiO₂-panelet. Denne temperatur og fugtigheden i udeluften afgør om SiO₂-laget skal udtørres.

Føleren i kanalen måler fugt og temperatur i den luft der blæses ind i bygningen om natten, og anvendes til at evaluere effektiviteten af affugteren.

Den indendørs sensor bruges til at vurdere den ønskede temperatur og / eller fugtighed i bygningen. Hvis den absolutte fugtighed i kanalen er højere end fugtigheden inde i bygningen vil indblæsningen stoppe.

I en typisk drift vil SiO₂-laget blive affugtet af solen i løbet af dagtimerne. Om aftenen kan indblæsningen af tør luft starte på et fastsat tidspunkt, og denne drift vil stoppe på det tidspunkt i løbet af natten hvor "tørheden" i SiO₂-laget er opbrugt.

Når enheden er i drift, vil styringen tage 5 aflæsninger af alle dens sensorer og uploade gennemsnittet for hver sensor til en permanent oplagringsløsning hver 15. minut. Opbevaringsopløsningen består af et PHP-script, der indsætter dataene i en MariaDB-instans.

For øjeblikket findes oplagringsløsningen som et prototypeværktøj. Se:

<http://dehumidifier.arosteknik.dk> I det lange løb er det hensigten at gøre tjenesten tilgængelig for de data, der genereres af brugen. Det planlægges også at tilføje parametring til produktet, således at brugeren kan vælge deres ønskede målfugtighed og temperatur.

Det var oprindeligt planlagt at anvende Arduino som mikrocontroller, men der er midlertidigt skiftet til produktet "Photon". Se: <https://docs.particle.io/guide/getting-started/intro/photon/>. Denne leveres med en komplet cloud infrastruktur, der gør det muligt nemt at sende data til database løsningen. Det vigtigste er, at Photon giver mulighed for at sende OTA-softwareopdateringer, hvilket er meget bekvemt, da affugteren ellers ofte ikke er let tilgængelig.

På længere sigt er det planen at skifte tilbage til Arduino, når det er sikret, at konceptet virker. Årsagen er, at Photon-infrastrukturen er meget dyr, når den skaleres til mange enheder.

5. Anvendelse af projektresultaterne

Solaffugteren skal markedsføres på linje med de øvrige produkter fra SolarVenti, hvor der allerede er en forhandlernetværk i primært Europa.

Vanskelige bygningsdele med risiko for råd / skimmelsvamp; kældre, krybekældre og tagrum.

Den fysiske placering og integration af absorbereren kan være en udfordring. Der er dog flere gode eksempler på føring af kanal fra et tag til kælderen.

Solaffugteren beskrives i rapport fra Miljø- og Fødevarestyrelsen som en realistisk løsning på at affugte efterisolerede krybekældre, som nok er den vanskeligste opgave. Rapporten er udfærdiget af Teknologisk Inst. i Taastrup:

<http://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2016/jun/forbedring-af-energi-og-fugtforhold-i-krybekaeldre/>

<http://ecoinnovation.dk/mudp-indsats-og-tilskud/resultater-og-cases/resultater-af-indsatsen/afsluttede-projekter-baeredygtigt-byggeri/>

Indeklima; styring af fugt, varme og ventilation betyder meget i både boliger, skoler, institutioner og arbejdspladser i øvrigt. Menneskers trivsel afhænger af frisk luft og med solaffugteren kan vi i lang højere grad styre ventilations luftens konditioner.

Der er mange, typisk ældre bygninger, som har problemer med fugt. Ud over de sundhedsmæssige aspekter vil fugt i bygninger også "stjæle" rumvarme til fordampning. Ejendomme med normale fugtforhold vil være nemmere og billigere at varme op. Der er således et væsentligt energisparepotentiale i at gøre en indsats om fugt i bygninger.

Med solaffugteren vil man kunne afhjælpe en række fugtproblemer med en driftsudgift meget tæt på 0 kr. Også i de tilfælde hvor solen ikke kan klare hele problemet, vil en delvis solaffugtning suppleret med el stadig kunne spare meget el.

5.1 Udviklingspotentialer

Tørring / køling af frugt og afgrøder; I bl.a. Afrika er der et stor behov for tørring og køling af frugt og andre afgrøder. Op til 45% af de producerede fødevarer går til spilde pga dårlig opbevaring og konservering. Tørring med solaffugteren kan være en billig og skånsom måde at bevare frugters næringsindhold og holdbarhed. Der er etableret et samarbejde med en kaffeproducent i Nicaragua – i første omgang med standard solfangeren, men den kan suppleres med SiO₂-udgaven. Ligeledes kan teknologien anvendes ved lettere køling af frugt og grønt og her er et samarbejde vedr. Østafrika igangsat.

Driftssikkerhed; El-supplement giver en sikkerhed for ydelser også på dage uden sol.

Smartgrid; modellen med el-supplement giver mulighed for at lagre tørhed i samspil mellem elpriser, solindstråling og behov for affugtning.

Luftrensning; SiO₂-laget kan evt. udbygges med at tilføre aktivt kul så det kan optage megen forurening fra luften.

6. Projekt konklusion og perspektiv

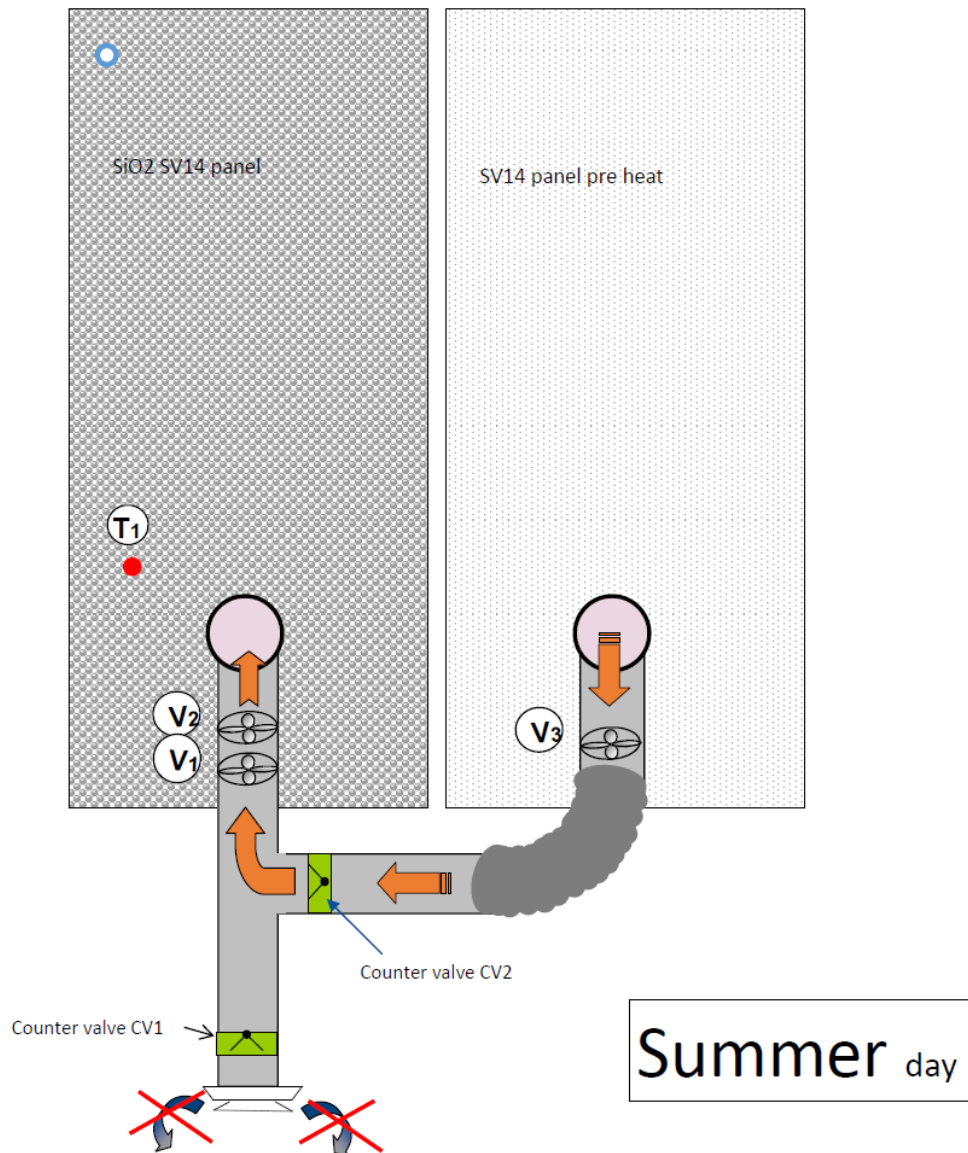
I dette projekt er det påvist at teknologien virker og formodentlig har et stort potentiale på verdensplan.

Kort oplyst kan solaffugteren med SiO₂:

- 1) sænke absolutte fugtindhold i luft med ren solenergi
- 2) anvendes til svære affugtningsopgaver i alt fra troper til krybekældre i Norden
- 3) forbedre indeklimate, reducere sygdom osv. (hindre mug, skimmel, rust, tæring m.v.)
- 4) anvendes til fx containere med ekstra krav til tørring af fx elektronik – sendestationer, vindmøller.
- 5) tørre mellemrum i flade tagkonstruktioner, hvor kondens ophobes
- 6) køre på eltilslutning til net – eller helt på solcelle og batteristrøm. Minimalt forbrug.
- 7) udbygges med et el-kabel i selve solfanger, så SiO₂ kan udtørres uden sol om nødvendigt.
- 8) reducere andre giftige gasarter i fx kældre som Radon
- 9) let serviceres idet SiO₂ kan aftappes og nyt påfyldes efter en årrække. (billigt i indkøb)
- 10) køle huse i Syden om sommeren ved tør luft blæst ind om natten (= fordampnings køling)
- 11) skaffe mange arbejdspladser i flere lande – særligt i Danmark
- 12) reducere CO₂ udledning (erstatte mange millioner el - affugtere i kældre m.v.)

Bilag 1. Funktion SiO₂ med SV14

SiO₂ collector. Combined with standard SV 3. version—proposal HJC 20.03.2017



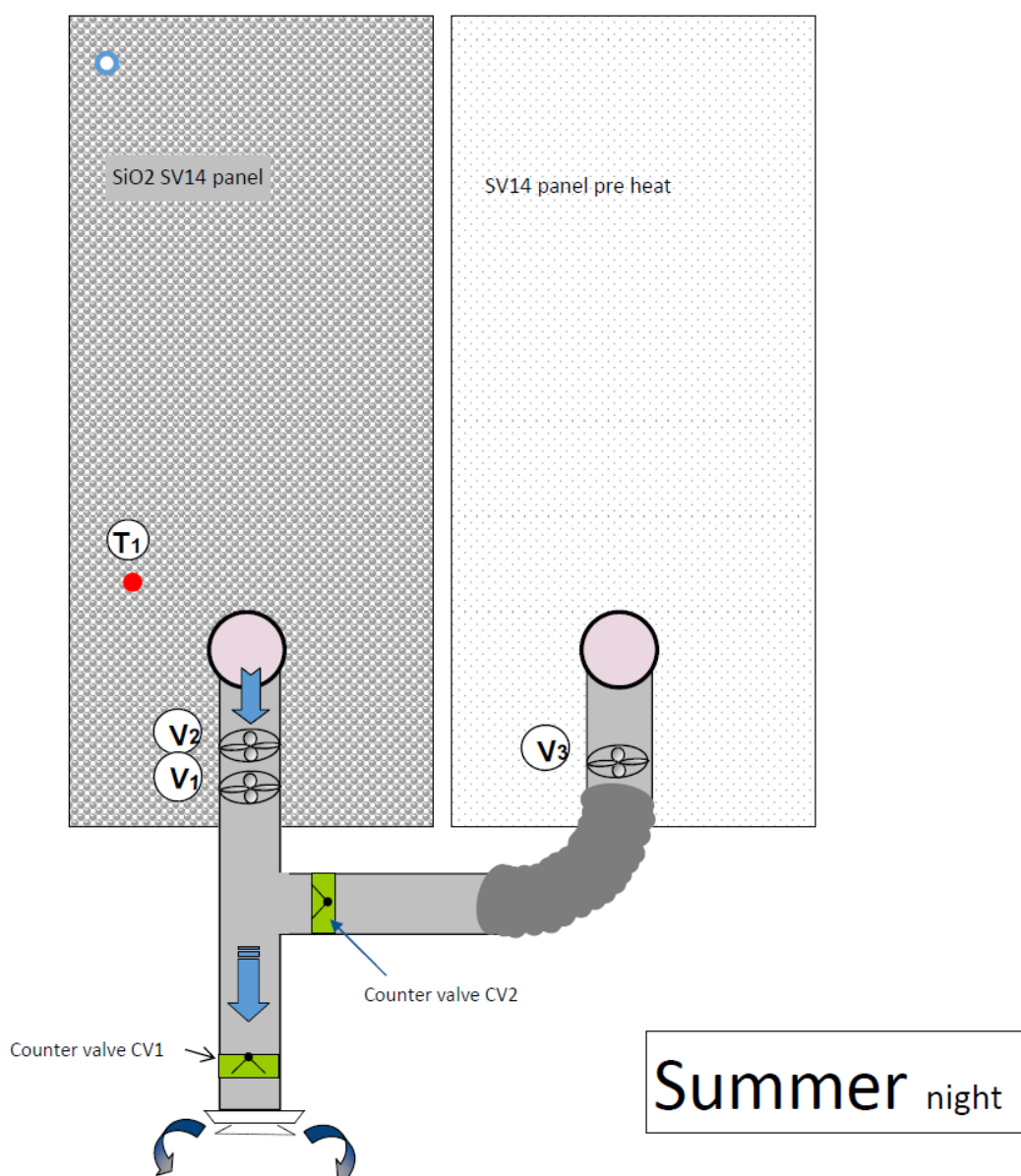
Why combine SV standard and SiO₂ collector?

Benefit:

This will speed up and improve the drying of the SiO₂
It also ensures that no dustparticles gets into house etc.
Its also more economical than installing 2 collectors with SiO₂.

Function:Drying of SiO₂ - daytime summer

- 1) $T_1 > 67^{\circ}\text{C} \Rightarrow V_2 + V_3$ start (dehumidification of SiO₂)
- 2) CV2 opens and CV1 close



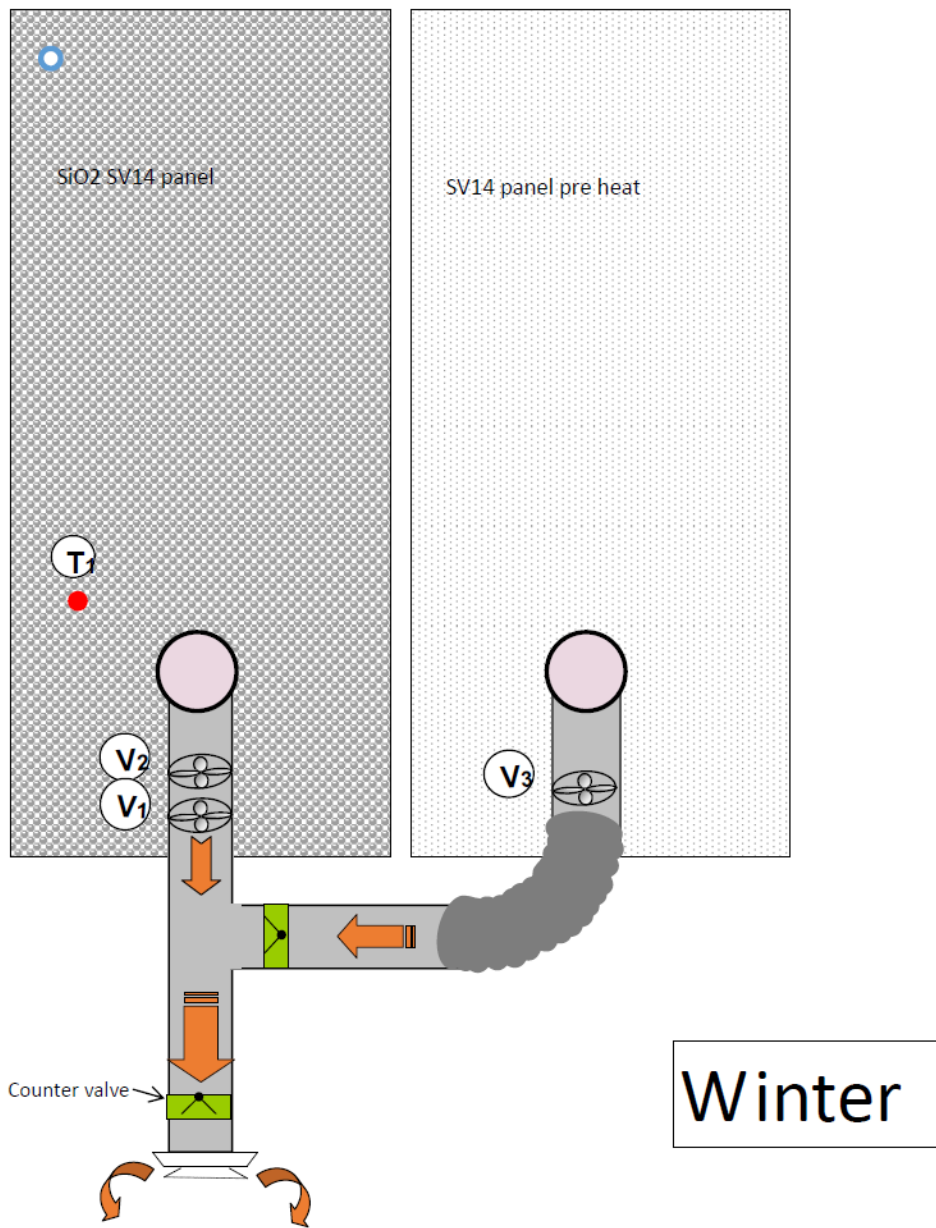
Fresh, dry air with cooling effect

(Due to evaporation of water in house)

Air at night has less pollen and humidity

Night time in summer

- 1) V1 start (dry air inblow in house => cooling effect)
- 2) CV1 opens and CV2 close



Fresh, dry air with warming effect

How to run in winter:
 $T1 > xx^{\circ}C \Rightarrow V1 + V3$ start to blow warm fresh air into the house

Bilag 2. Billeder fra tests og projektgruppen.

The new invention from SolarVenti with Silica Gel air collector getting tested 2016



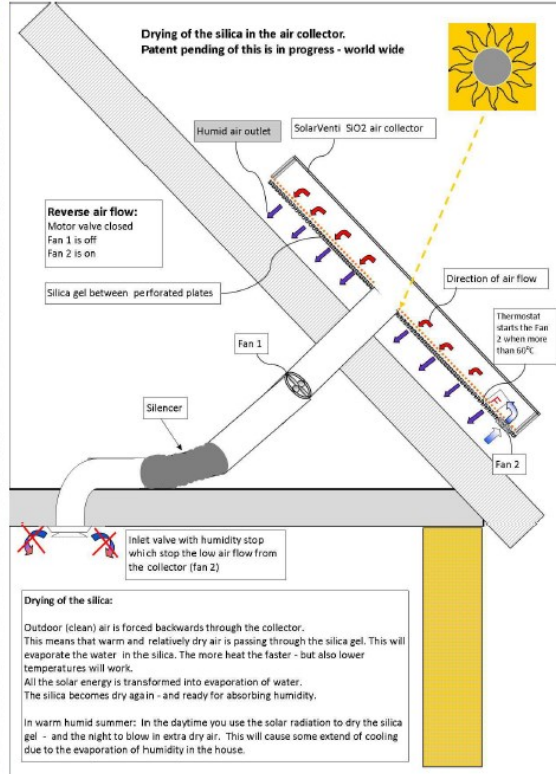
The team: from Right to left: Peder Vejsig, Cenergia, Hans Jørgen Christensen, SolarVenti, Elsa Andersen, DtU, Jakob Worm, ArosTeknik, Simon Furbo, DtU, Peter Korsgaard, DjH and Guofeng Yuan, DtU. Not present member of the group is Thomas Schmalschlähger from TU München.



Short explanation: 1 fan runs in the day time (in sun) to dry out the silica gel in the back of the collector. Fan 2 runs at night to blow in (very) dry air to dehumidify the space (house, basement etc.). This also has a cooling effect - and you get fresh air to people. The test showed measure all data like air flow, RH = air humidity, temperatures and the total weight of the system. This is very important because it shows exactly the absorption of water. Silica Gel can absorb 30% of its weight as water from the air. - and high temperature in the collector combined with revers air flow send this water back into the environment - and not into the house. 1 m² of collector may contain ca. 10-15 kg of SiO₂.



Elsa checking the system



Meeting in the team

The months before building up the test in Copenhagen we made some initial test in a small setup at SolarVentis own test lab in Hadsten.

Here we found some important points to be aware of before making the tests at DtU.





Weighing system for the test box



Controlling the air flow etc.