



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



PV-VENT

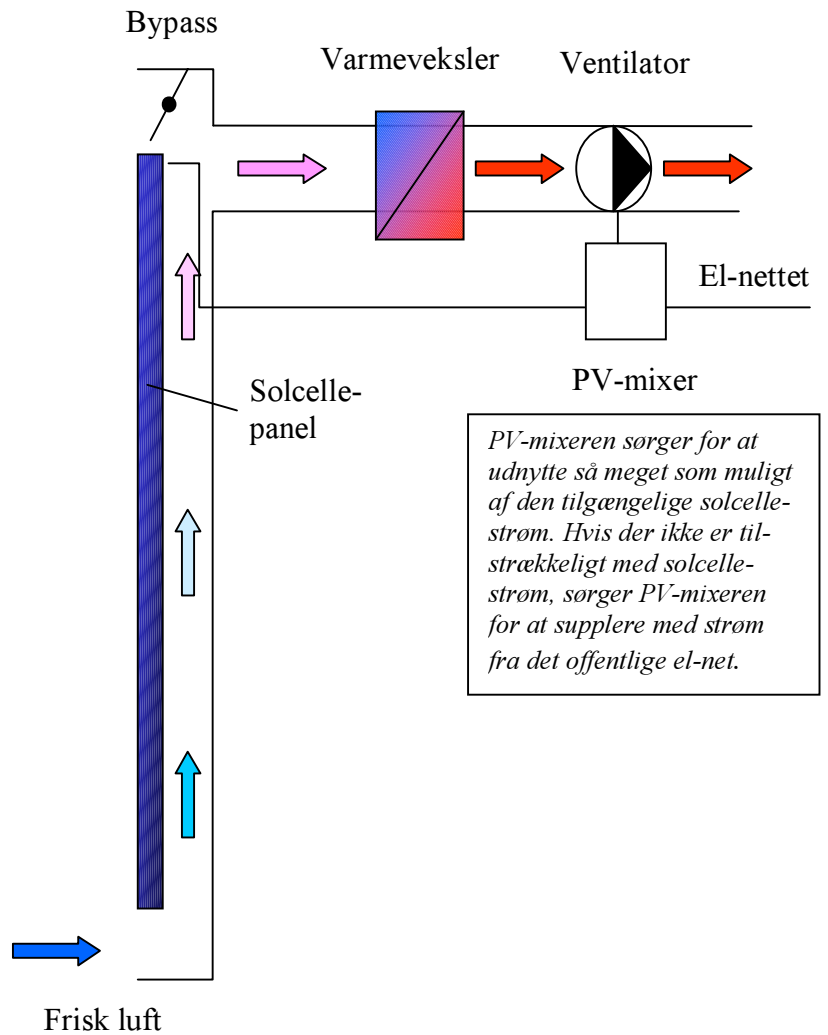
**Low cost energy efficient PV-ventilation
in retrofit housing**

Formål med projektet

Forskning, udvikling og afprøvning af solassisterede ventilationssystemer, hvor en del af elforbruget til ventilatorerne leveres fra solcelle-paneler, og den friske luft til bygningen forvarmes ved at køle solcellerne. Figuren viser en principskitse af PV-VENT-systemerne.

Delmål

- Ventilation med lavt energiforbrug – 30 W pr. lejlighed
- Varmegenvinding med høj virkningsgrad – 80-90%
- Lavt tryktab i systemerne
- 1 m² solceller (krystalinske) pr. bolig leverer strøm til ventilatorerne
- Den friske luft til bygningen suges ind bag solcelle-panelerne. Luften forvarmes samtidigt med at solcelle-panelerne køles. Køling af solceller øger solcellernes el-produktion
- Afprøvning af forskellige former for arkitektonisk integration af PV-VENT-systemer i bygningers klimaskærm



Principskitse af PV-VENT-systemerne

Deltagere i projektet

Danmark: Foreningen Socialt Boligbyggeri
Cenergia Energy Consultants
AirVex Danmark
SolEnergiCentret, Teknologisk Institut
Københavns Energiforsyning
PA-Energi

- koordinator og administrator for Lundebjerg
- design af PV-VENT-systemerne
- udvikler af ventilations-systemerne
- målinger i de to bygninger
- følgegruppe
- rådgivning om solceller

Finland: Fortum Energy

- udvikler af solcelle-systemerne

Norge: Norges Tekniske Universitet
SINTEF

- arkitektonisk integration
- afprøvning af solcelle-facader som solfanger

Holland: Ecofys

- rådgivning om bygningsintegration af solceller

Projektet har modtaget støtte fra EU og Energistyrelsen

Brochuren er udarbejdet af Søren Østergaard Jensen, SolEnergiCentret, Teknologisk Institut, juni 2001.

Sundevedsgade 14/Tøndergade 1

Sundevedsgade 14/Tøndergade 1 er en boligblok beliggende i Hedebygadekareen på Vesterbro, København. Bygningen, der er fra 1884, indeholder 20 lejligheder. Bygningen har gennemgået en gennemgribende indvendig og udvendig renovering. Som en del af renoveringen har 12 af bygningens lejligheder fået individuelle PV-VENT-systemer i form af solvægge, hvor ventilationssystemernes varmegenvindingsenheder er placeret, og hvor den friske luft til lejlighederne forvarmes af solen. En solvæg er et transparent dæklag f.eks. glas monteret uden på en ydervæg. Solen trænger gennem dæklaget og opvarmer muren. Glasset sikrer, at en stor del af varmen ikke forsvinder ud igen.



Solvæggene er placeret på facaderne i gården. Solvæggene er kombineret med nye solstuer i 8 af lejlighederne.



Ventilationssystemernes varmevekslere er placeret i de 40 cm dybe solvægge.



Solvæggens dæklag består delvist af solcelle-paneler og delvist af opalt glas (så varmevekslerne ikke ses). Den friske luft til bygningen forvarmes i solvæggene.



Lundebjerg 36-40

Lundebjerg 36-40 er en boligblok beliggende i Lundebjerg-bebyggelsen i Skovlunde 12 km vest for København. Bygningen, der er fra sidst i 60'erne, indeholder tre opgange med i alt 27 lejligheder. Bygningen har gennemgået en gennemgribende udvendig renovering samt fået mekanisk ventilation. Som en del af renoveringen er der opført og testet fem forskellige PV-VENT-systemer. Integrationen af PV-Vent-systemerne i bygningens klimaskærm er resultatet af en indbudt arkitektkonkurrence med fem kendte danske arkitektfirmaer.

PV-VENT-systemer

Type 1: Tre systemer i opgang 40 med individuelle ventilationssystemer med varmeveksleren i lejligheden og luftindtag bag 1,7 m² solcelle-paneler i facaden. Ventilatorerne forsynes med el fra solcellerne.

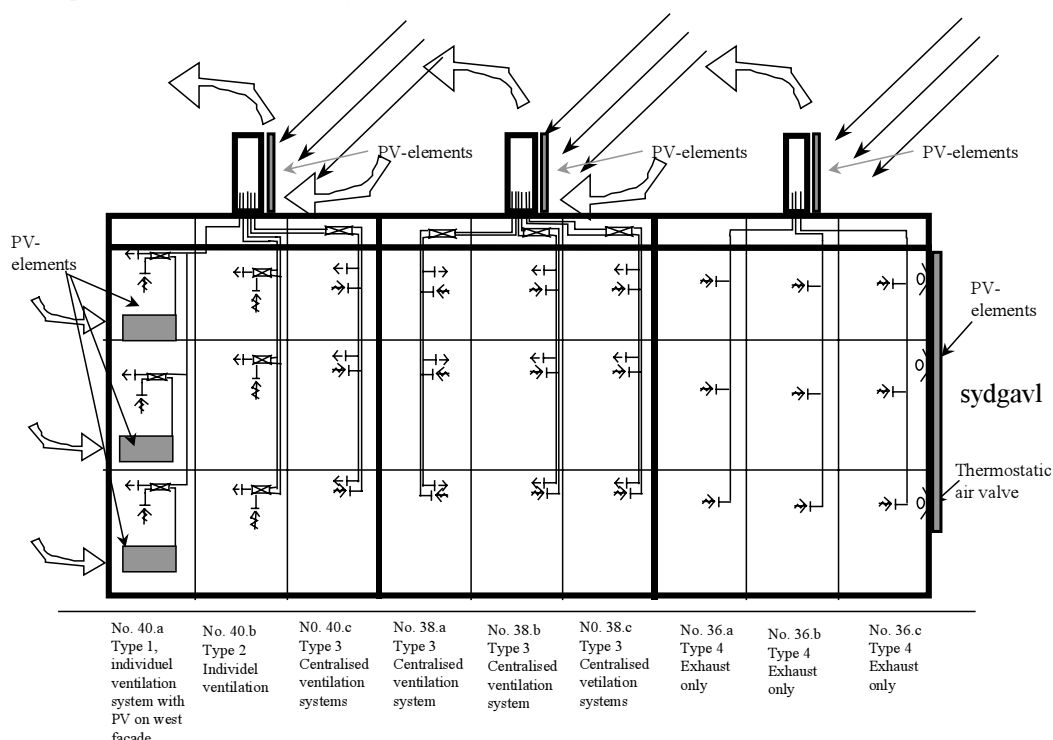
Type 2: Tre systemer i opgang 40 med individuelle ventilationssystemer med varmeveksleren i lejligheden og luftindtag bag i alt 7,7 m² solcelle-paneler på en ventilationsskorsten på taget. Ventilatorerne forsynes med el fra 1,28 m² solcelle-paneler (pr. lejlighed) på ventilationskorstenen.

Type 3: Tre systemer i opgang 40 og ni systemer i opgang 28 har fælles ventilationsanlæg pr. tre lejligheder med varmevekslerne placeret på loftet og luftindtag bag i alt

7,7 m² solcelle-paneler på ventilationskorstenene på taget. Ventilatorerne forsynes med el fra 2,56 m² solcelle-paneler (pr. system) på ventilationskorstenene.

Type 4: Tre systemer i opgang 36 med udsugningsventilation med en ventilator pr. tre lejligheder og luftindtag bag i alt 52 m² solceller i sydgavlen. Ventilatorerne forsynes med el fra 1,28 m² solcelle-paneler (pr. lejlighed) på en ventilationskorstenen. Hver lejlighed forsynes desuden med el via vekselrettere fra 17,3 m² solceller i sydfacaden.

Type 5: Tre systemer i opgang 36 magen til type 4-systemerne men uden forvarmning bag solcellerne i sydfacaden og uden elforsyning fra sydgavlens solceller.

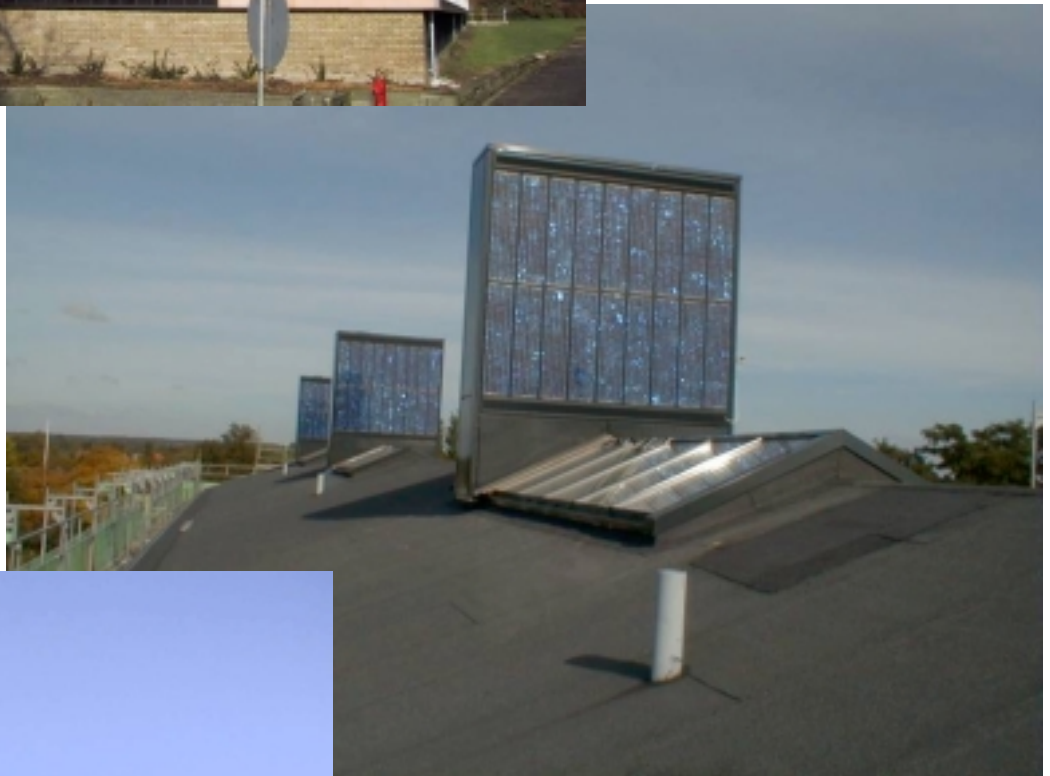


Principskitse af de 5 typer PV-VENT-systemer i Lundebjerg 36-40



Sydgavl med solcelle-felt på 52 m²

Ventilationsskorstene på taget med solcellepaneler



Solcelle-paneler i facaden til tre lejligheder



Projektets resultater

PV-VENT-systemerne i Sundevedsgade 14/Tøndergade 1 og Lundebjerg 36-40 blev gennem en længere periode underkastet meget detaljerede målinger for at evaluere om projekts formål var opfyldt. Resultatet af målingerne er kort beskrevet i det følgende. De gennemførte målinger og resultatet af evalueringerne er udførligt beskrevet i rapporterne "Results from measurements on the PV-VENT systems at Sundevedsgade/Tøndergade" og "Results from measurements on the PV-VENT systems at Lundebjerg", Søren Østergaard Jensen, SolEnergiCentret, Teknologisk Institut. Rapporterne kan downloades fra følgende hjemmeside: www.buildvision.dk

Energiforbrug til ventilatorer

Effektbehovet til ventilatorerne i de balancerede ventilationssystemer med varmegenvinding er ved volumenstrømmen på 126 m³/h foreskrevne i Bygningsreglementet 38 W i Lundebjerg og 52 W i Sundevedsgade/Tøndergade. Det højere effektforbrug i Sundevedsgade/Tøndergade skyldes et højere trykfald på grund af en mere kringlet kanalføring som følge af den trange plads i solvæggen.

38 W er tæt på målet, specielt hvis 10-15% af elforbruget dækkes af solcelle-panelerne. 38 og 52 W udgør desuden kun 44 og 60% af kravet på 87 W i Bygningsreglementet.

Solceller til drift af ventilatorer

Solcelle-strøm kan på gråvejrdage og om natten ikke alene drive ventilatorerne. Derfor er der blevet udviklet en såkaldt PV-mixer, der sørger for at udnytte så meget som muligt af den tilgængelige solcelle-strøm. Hvis der ikke er tilstrækkeligt med solcelle-strøm, sørger PV-mixeren for at supplere med strøm fra det offentlige el-net.

Målingerne viser, at PV-mixeren fungerer efter hensigten, men da det kun er ventilatorerne, der er tilsluttet solcellerne, vil overskydende solcelle-strøm blive tabt. Målingerne viser, at der ikke bør dækkes mere end 10-15% af elforbruget til ventilatorerne, da den tabte solcelle-strøm ellers vil overstige 20% af den tilgængelige solcelle-strøm.

I projektet har solcelle-felterne til drift af ventilatorerne været mellem 0,85 og 1,7 m² pr. lejlighed. Dette svarer meget godt til 10-15% af ventilatorernes årlige elforbrug, hvis volumenstrømmene i ventilationssystemerne følger Bygningsreglementets krav.

Forvarmning bag solcelle-panelerne

Forvarmningen af luften bag solcelle-panelerne på ventilationsskorstenene i Lundebjerg er i størrelsesordenen 100 kWh/m² pr. år, hvilket er som forventet. Men på grund af den høje effektivitet af varmegenvindingsenhederne i ventilationssystemerne udnyttes kun en tredjedel af denne forvarmning, når man sammenligner med et system uden forvarmning bag solcelle-panelerne.

Forvarmningen i solvæggene i Sundevedsgade/Tøndergade er højere i alt 1400 kWh pr. år ≈ 450 kWh/m². Den høje ydelse skyldes især varmetab fra den dårligt isolerede installationsskakt bag solvæggen. Under en tredjedel af forvarmningen skyldes solen. Som i Lundebjerg udnyttes kun omkring en tredjedel af forvarmningen på grund af den høje effektivitet af varmevekslerne.

Værdien af forvarmningen af den friske luft bag solcelle-panelerne er således beskeden i de målte bygninger. Nyttiggørelsen af sol-forvarmningen stiger med faldende effektivitet af varmegenvindingsenhederne i ventilationssystemerne.

Køling af solcellerne

Kølingen af solcellerne, som følge af forvarmningen af den friske luft til bygningen, har vist sig at være lavere end forventet. Målingerne i Lundebjerg viste, at kølingen af solcellerne ved et solindfald på 800 W/m² kun leder til en forøgelse af el-produktionen fra solcellerne på 2,5% set i forhold til ingen tvungen luftstrømning bag solcelle-panelerne.

Forvarmning af friskluft til en bygning ved at køle solcelle-panelerne med den friske luft skal således ikke vælges for at få en højere el-produktion fra solcelle-panelerne, men fordi det giver andre fordele.

Vekslereffektivitet

Effektiviteten af systemernes varmegenvindingsenheder blev målt til at ligge lige omkring 80 % (med samme volumenstrøm på begge sider af varmevekslerne) med en stærk forøgelse af effektiviteten om vinteren, hvor der også sker kondensation i varmevekslerne. Effektiviteten falder som forventet, hvis volumenstrømmen af friskluft mindskes væsentligt i forhold til volumenstrømmen af afkastluft.

Lavt trykfald

For at opnå det lille effektbehov for ventilatorerne var det nødvendigt at operere med lave trykfald over kanalsystem og varmevekslere. Dette har ikke ført til problemer i de individuelle anlæg, hvor beboerne kan styre volumenstrømmen af luft gennem anlægget. Men det har vist sig vanskeligt at indregulere de fælles ventilationsanlæg – specielt da der ofte har været en lavere volumenstrøm af luft gennem systemerne end forudsat i dimensioneringen.

Volumenstrømme

Der har generelt været problemer med, at volumenstrømmen af luft gennem ventilationsanlægene har været mindre end foreskrevet ved di-

mensioneringen. Dette skyldes dels støjen fra de ellers støjsvage ventilatorer, dels problemer med at indregulere anlæggene – det sidste har skabt problemer med f.eks. træk, madlugt, overtryk i lejlighederne, m.m.

Projektet viser således, at lavtryksventilationsanlæg skal dimensioneres og indreguleres mere omhyggeligt end traditionelle ventilationsanlæg med højere tryktab.

De mindre volumenstrømme har bevirket, at en mindre del af den produceret solcelle-strøm er blevet nyttegjort.

Arkitektonisk integration

Flere forskellige former for arkitektonisk integration af PV-VENT-systemer i bygningernes klimaskærm er blevet udviklet og afprøvet – flere af integrationsmåderne er fremkommet som et resultat af en arkitektkonkurrence gennemført for Lundeberg.

Arkitektkonkurrencen fremviste flere interessante integrationsmåder, end der er anvendt i projektet. Interesserede henvises til rapporten ”Architectural Integration of PV for ventilation in three buildings in Denmark” – se nedenfor.

Publikationer fra projektet

- Hovedrapport: PV-VENT low cost energy efficient PV-Ventilation in retrofit housing – Final report. Anne Rasmussen (ed). Cenergia Energy Consultants.2000.
- Målerapporter: Results from measurements on the PV_VENT systems at Sundevedsgade/Tøndergade. Søren Østergaard Jensen. SolEnergiCentret, Teknologisk Institut. 2001. ISBN 87-7756-614-9. www.buildvision.dk
- Results from measurements on the PV_VENT systems at Lundeberg. Søren Østergaard Jensen. SolEnergiCentret, Teknologisk Institut. 2001. ISBN 87-7756-611-0. www.buildvision.dk
- Arkitektur: Architectural integration of PV for ventilation in three buildings in Denmark. Anne Lien. Department of Building Technology, Norwegian University of Science and Technology. 2001
- Udviklingsrapporter: The AirVex contribution to the PV-VENT final report. Steen N. Jensen. AirVex. 2001.
- Testing og solar cells – Fortum. Jyrki Leppänen. Fortum. 2001.
- Laboratory test of prototype ventilation system with PV supply – solar collector. Jens Tønnesen. Sintef, Norway. 2001.