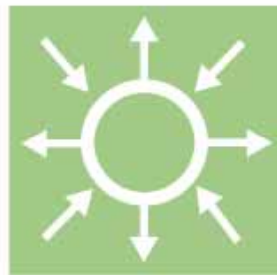


Vidareutveckling av simuleringsprogrammet ParaSol för hjälp vid projektering av solskyddsintegrerade solceller

Elforsk rapport 07:46



Bengt Hellström, Hasse Kvist

Oktober, 2007

ELFORSK

Vidareutveckling av simuleringsprogrammet ParaSol för hjälp vid projektering av solskyddsintegrerade solceller

Elforsk rapport 07:46

Förord

Integrering i byggnader, främst i fasader och på tak, är en relativt vanligt förekommande placering av solceller. Genom att använda en kombinerad solcellsmodul/skuggskärm ovanför ett fönster kan man få två funktioner i en installation. Många beräkningsprogram för solceller klarar inte att beräkna skuggning av modulen från byggnaden, vilket påverkar elutbytet om solcellsmodulen har en annan lutning än fasaden. Genom att modifiera ParaSol, ett energisimuleringsprogram för en rumsmodul med fönster och solskydd, kan denna beräkning ske i programmet, samtidigt som solskyddets inverkan på kyl- och värmebehoven också erhålls.

Sammanfattning

ParaSol, ett simuleringsprogram specialiserat på energiberäkningar för en rumsmodule med fönster och solskydd, har utvecklats till att även inkludera solskyddsintegrerade solceller. En beräkning sker då med avseende på både elutbyte från solcellerna och påverkan på rummets värme- och kylbehov. I simuleringen tas hänsyn till en beräknad temperaturpåverkan på solcellerna och ett förprogrammerat infallsvinkelberoende. Resultat fås i form av ett diagram med elutbyten per månad, samt årsvärden för elutbyte, specifikt elutbyte och verkningsgrad. Även timvärden för elutbytet kan sparas till en fil.

Summary

A new version of the energy building simulation tool ParaSol has been made for a new type of external sunshade with integral PV cells, here called "PV shade screen". It may have any size and any tilt angle.

The efficiency of the PV module (screen) and its temperature dependence is given by the user, see Fig. 1. The reflectance of the PV module is preset to 10%. This value matters only for the temperature calculation. The angle dependence of the efficiency is preset as a b_0 function, $K = 1 - b_0 * (1 / \cos(i) - 1)$, where i is the angle of incidence and b_0 is set to 0.1.

The temperature of the PV shade screen is calculated from a heat balance for each hour. The convective heat transfer coefficient is preset to 8 W/m²K for each side of the module. Radiation exchange with the sky and the ground, as with other surfaces, is also part of the heat balance.

PV screen

Diagram showing dimensions: a, b, c, d.

Input fields:

- a: 100 cm
- b: 45 °
- c: 10 cm
- d: 10 cm

Product information

- PV module efficiency: 10 %
- Temperature dependence: 0.04 %/°C
- ☒ Extra PV module
- Module height: 50 cm

PV screen: 149 PV screen example

Transmittance: 30 %

Back reflectance: 60 %

Back emittance: 90 %

Buttons: New type, Delete type

Buttons: Help, Glossary

Active system - window, sunshade

Window

- Name: Double_pane
- ID: 1
- Number of panes: 2

External sunshade

- Name: PV screen example
- ID: 149
- Function: PV screen

Interpane sunshade

- Name:
- ID:
- Function:

Internal sunshade

- Name:
- ID:
- Function:

Buttons: Sunshade off, Sunshade on, Cancel

Fig. 1 Input menu in ParaSol for the external shading type "PV shade screen"

Other optical properties (transmittance, back reflectance and emittance) can be stored for different types of PV shade screens in the shading library of the

program. By choosing a shading type, its properties are activated for the simulation.

An extra PV module, vertically mounted on the wall below the window, can be chosen. If so, its height is given, while the width and other properties are assumed to be the same as for the PV shade screen.

Results are presented as a bar chart graph, which is showing the output from the solar cells for each month, see Fig. 2. Annual values of the PV output, the specific PV output and the efficiency are also given. Hourly values of the PV output can be saved to a file.

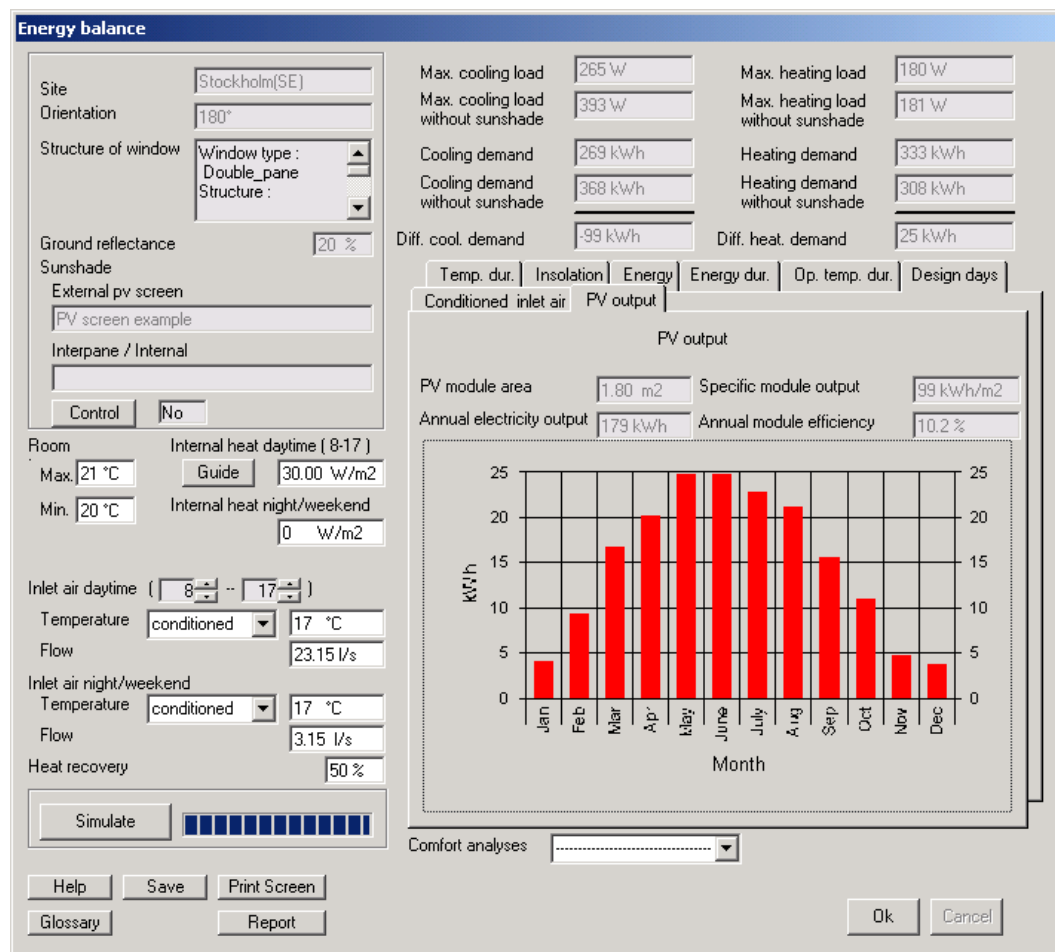


Fig. 2 Results in ParaSol for the external shading type "PV shade screen".

Innehåll

1	Bakgrund	1
2	Projektbeskrivning	2
3	Resultat	3
4	Slutsatser	6

1 Bakgrund

ParaSol är ett användarvänligt datorprogram som är specialiserat på energiberäkningar för fönster och solskydd. Programmet beräknar transmissionsvärden för solljus, samt kyl- och värmebehov för en rumsmodule med valfritt fönster och för olika typer av solskydd. Solskydden kan vara både interna, externa och monterade mellan glas.

ParaSol är baserat på DEROB-LTH, ett årssimuleringsprogram för energi i byggnader, först utvecklat vid University of Texas, Austin, Texas, och sedan mitten av 1980-talet vidareutvecklat vid Lunds Tekniska Högskola. ParaSol har funnits sedan 2001 och utvecklas kontinuerligt vid avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid LTH (www.ebd.lth.se). Programmet kan laddas ner gratis från www.parasol.se och har användare över hela världen.

På senare tid har det förekommit flera exempel där solceller integrerats med solskydd. Det är lätt att se fördelarna med en sådan placering av solcellerna, då man får dubbla funktioner av en installation. Vid en sådan projektering är det dock viktigt att man, förutom solskyddens termiska inverkan, kan beräkna elutbytet från solcellerna.

Syftet med detta projekt är att modifiera ParaSol så att även utbytet från solcellerna kan beräknas. I en simulering beräknas solskyddets/solcellernas temperaturer, vilket innebär att verkningsgradens temperaturberoende kan erhållas. Även verkningsgradens beroende av solljusets infallsvinklar kan simuleras. Programmet tar dessutom hänsyn till skuggning av solcellerna från byggnaden.

2 Projektbeskrivning

I den beviljade projektansökan angavs följande förslag:

ParaSol vidareutvecklas till att även beräkna elutbytet från solceller integrerade i ett externt solskydd. Verkningsgradens temperaturberoende hos solcellerna inkluderas i beräkningen. Det grafiska gränssnittet i ParaSol utvecklas för att hantera in- och utdata.

Programstyrelsen framförde i samband med beviljandet av projektet ytterligare önskemål, nämligen att:

- Programmet bör även kunna räkna på semitransparenta solceller och då också inkludera värmetransmissionen genom ett sådant system.
- Om möjligt så bör några foton eller principskisser som visar solceller som solskydd inkluderas i programmet.

Med bakgrund av detta skrevs en tilläggsansökan, som även den beviljades, med följande tilläggsförslag:

Med hänsyn till programstyrelsens önskemål föreslås att solskydd med integrerade solceller blir en egen typ av externa solskydd i ParaSol och att de därmed får en egen sida med en förklarande principskiss. En knapp på sidan med texten "produktinformation" länkar sedan till en "popup"-sida där denna typ av solskydd beskrivs. Solskyddstypen antas kunna vara semitransparent.

3 Resultat

En ny version av ParaSol med en ny typ av externt solskydd, kallad solcellsskärm, har tagits fram. Solskyddet liknar i formen en markis utan kapp, men är till skillnad från denna ett fast solskydd som inte kan regleras. Solcellsskärmen kan ha en godtycklig storlek och lutningsvinkel.

Solcellsmodulens (skärmens) verkningsgrad och dess temperaturberoende anges av användaren, se Fig. 1. Solcellsskärmens solreflektans är av enkelhetsskäl förprogrammerad till 10 %. Detta värde spelar roll endast för temperaturberäkningen. Verkningsgradens infallsvinkelberoende, K , är av samma skäl beräknad med en b_0 -funktion, $K = 1 - b_0 * (1 / \cos(i) - 1)$, där i är infallsvinkeln och b_0 är satt till 0.1.

Solcellsmodulens temperatur beräknas från en värmebalans för varje timme. Det konvektiva värmeövergångstalet är ansatt till $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ per modulsida. Strålningsutbyte med himlen och marken, liksom med andra ytor, ingår också i värmebalansen.

Fig. 1 Indata-meny i ParaSol för den externa solskyddstypen "Solcellsskärm"

Övriga optiska egenskaper (transmittans, baksidesreflektans och baksidesemittans) kan lagras för olika typer av solcellsskärmar i programmets solskyddsbibliotek. Genom att välja ett solskydd aktiveras dess egenskaper för simuleringen.

En extra solcellsmodul som är vertikalt placerad på väggen under fönstret kan väljas till. I så fall anges höjden för denna, medan bredd och övriga egenskaper antas vara lika som för solcellsskärmen.

Resultat redovisas i form av stapeldiagram med månatliga värden för solcellsutbyte, se Fig. 2. Även årliga värden av elutbyte, specifikt elutbyte och verkningsgrad ges som siffervärden.

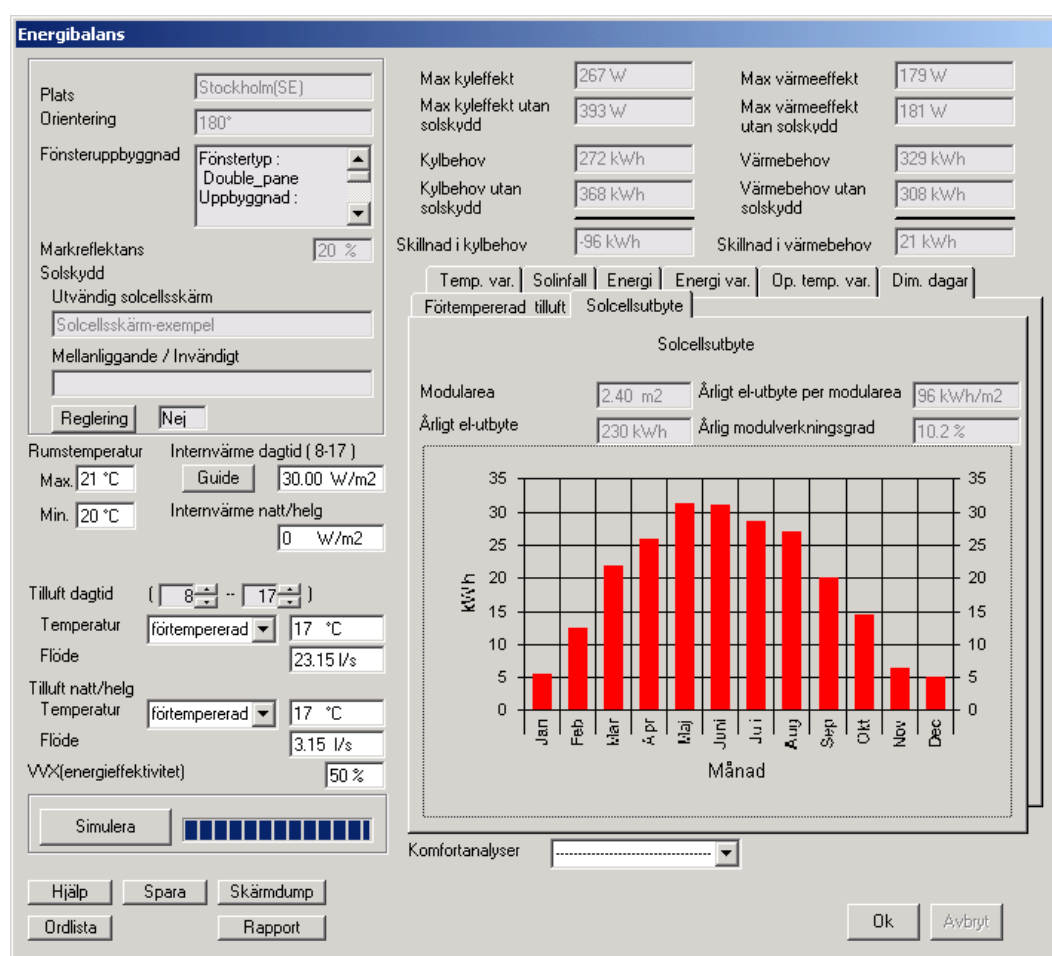


Fig. 2 Resultat i ParaSol för den externa solskyddstypen "Solcellsskärm"

Menyn för indata och presentationen av resultat är visade med s.k. skärmdumpar i Fig. 1 och 2. I programmet finns även hjälpmenyer, där bl a olika begrepp i indatahanteringen förklaras och information om vissa beräkningsfunktioner ges. I indatamenyn kan man också välja "produktinformation", varvid bl a en bild på en verklig byggnad med denna typ av solskydd med solceller visas.

I ParaSol kan man byta språk mellan svenska och engelska. Solcellsskärm kallas på engelska för "PV shade screen".

Den nya versionen av ParaSol kan utan kostnad laddas ner från www.parasol.se.

4 Slutsatser

En ny version av projekteringshjälpmedlet ParaSol har utvecklats, där en ny typ av solskydd med integrerade solceller kan simuleras med avseende på både elutbyte från solcellerna och termisk balans i rummet (värme- och kylbehov, med och utan solskydd).

I indatamenyn anges solcellsmodulens storlek, placering och lutningsvinkel, liksom dess optiska egenskaper, verkningsgrad och temperaturberoende. En extra solcellsmodul, placerad vertikalt på väggen under fönstret, kan väljas till. Utdata för solcellerna fås i form av ett stapeldiagram för producerad el per månad. Även årsvärden av elutbyte och medelverkningsgrad skrivs ut. Timvärden av elutbytet kan skrivas till en fil.

En solcellsmodul som har en annan lutning än byggnadens fasad kommer vid vissa tidpunkter att skuggas av byggnaden. Om en extra solcellsmodul är vald kan denna komma att skuggas av solcellsskärmen. I den nya funktionen i ParaSol görs dessa skuggberäkningar både för direkt och för diffust ljus.

Solinstrålning som reflekteras från väggen mot solcellsskärmen bidrar i ParaSol till det beräknade el-utbytet. Den diffuserande reflektansen på väggen är i programmet f.n. bestämd till 30%, men planeras i framtiden att kunna väljas av användaren. Markreflektansen (defaultvärde 20%) kan redan idag sättas av användaren.

Dessutom görs en termisk jämviktsberäkning av solcellsmodulen för varje timme, vilket gör att verkningsgraden kan korrigeras med hänsyn till dess temperatur. En automatisk korrigering för verkningsgradens infallsvinkelberoende görs också i programmet.

I ParaSol erhålls även solskyddets påverkan på byggnadens kyl- och värmebehov som utdata från samma simulering. Detta, tillsammans med programmets användarvänlighet och tillgänglighet, gör att det har förutsättningar för att bli ett effektivt verktyg för beräkningar av denna typ av solskyddsintegrerade solceller och solcellsmoduler på fasader.