



LUND UNIVERSITY

Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige

Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor

Kjellsson, Elisabeth

1999

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Kjellsson, E. (1999). *Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige: Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor*. (TVBH; Nr. 7216). Lund University.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige

Rapport 2. Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor

Elisabeth Kjellsson

Rapport TVBH-7216 Lund 2000
Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige

**Rapport 2. Analys av
instrålningsnivåer på byggnadsytor**

Elisabeth Kjellsson

**Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsfysik
Box 118, 221 00 LUND**

**Tel: 046 222 73 85
Fax: 046 222 45 35**

Föreliggande rapport är den andra delen som utgivits från projektet "Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige". *Rapport 1. Ytor på byggnader* (Rapport TVBH-7210), utgavs 1999 vid avdelningen för Byggnadsfysik, LTH, Lund. Denna finns även som en utökad engelsk version *Report 1. Area of Building Envelopes* (Report TVBH-7211).

Arbetet ingår som del i Elforsk programmet SOLEL 97-99

Elisabeth Kjellsson e-mail: Elisabeth.Kjellsson@byggtek.lth.se

Mars 2000

Förord

Studien av potential för byggnadsintegrerade solceller i Sverige har genomförts i två etapper. Under 1998 analyserades de totala tak- resp. fasadytorna på byggnader i Sverige och olika reduktioner som minskar ett eventuellt utnyttjande beräknades. Med dessa nettoytor som utgångspunkt har nu instrålningsdata från Sverige kombinerats med riktningar och vinklar på byggnadsytorna och potentialen för elproduktion från byggnadsintegrerade solceller studerats.

Arbetet har ingått och finansierats som en del av programmet SOLEL 97-99 och ingår även i ett internationellt samarbete inom IEA (International Energy Agency) PV Power System Program, "PV in the Built Environment" (Task VII). Detta IEA projekt startade 1997 och planeras att pågå under 5 år. Byggnadsforskningsrådet, Elforsk AB, Energimyndigheten, Fortum AES Sweden AB, IKEA AB och Svenska Byggnadsbranschens Utvecklingsfond har finansierat SOLEL 97-99.

Arbetet har huvudsakligen utförts av Elisabeth Kjellsson, Lunds Tekniska Högskola, avd. för Byggnadsfysik i samarbete med Sycon Energikonsult AB/Sydkraft, som även har deltagit i planeringen av projektet.

En förutsättning för att kunna utföra beräkningar med instrålningsförhållanden i olika delar av Sverige är tillgång till klimatdata. Genom ett samarbete med Eva Harderup, avd för Byggnadsfysik, LTH, har tillgång erhållits till 30-års klimatdata från nio olika orter i Sverige, och instrålningsberäkningarna har varit möjliga att genomföra med verkligt uppmätta data. Tillgången till dessa klimatdata medför också en möjlighet till närmare analyser både beträffande plats och tid med t.ex. dimensionerande eller extrema förhållanden, vilket inte varit avsikten med denna studie, som främst redovisar medelinstrålning som underlag för potentialbedömningar.

INNEHÅLL

1	Sammanfattning av rapport 1 <i>Ytor på byggnader</i> och rapport 2 <i>Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor</i>	5
1.1	Ytor på byggnader.....	5
1.2	Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor	7
2	Summary of report 1 <i>Area of Building Envelopes</i> and report 2 <i>Analyses of Levels of Irradiation at Building Envelopes</i>	11
2.1	Area of Building Envelopes.....	11
2.2	Analyses of Levels of Irradiation at Building Envelopes	13
3	Väderdata.....	18
4	Solinstrålning.....	19
4.1	Latitud.....	19
4.2	Årsfördelning	21
4.3	Direkt resp diffus instrålning	23
5	Instrålningsförhållanden mot byggnadsytor	25
6	Slutsatser.....	36
7	Referenser.....	37

Tabellförteckning

Tabell 1-1.	Bruttoytor och begränsningar för olika ytor.....	6
Tabell 1-2.	Sammanställning av tak och fasad ytor.....	6
Tabell 3-1.	Mätstationer som använts vid instrålningsberäkningarna.....	18
Tabell 4-1.	Total medel, max och min årsinstrålning mot en horisontell yta resp 45° lutning mot söder, beräknat från medel, max resp min-timvärden under åren 1961 - 1990 (Jönköping 1962 - 1990, Sturup 1974 - 1990) (kWh/m ² ,år).	20
Tabell 5-1.	Den relativa instrålningen mot ytor med olika vinklar och riktningar för Jönköpings väderdata (medel 1962-1990) (1,00 = maxinstrålning).....	32
Tabell 5-2.	Den procentuella indelningen av takvinklar för olika byggnadstyper.....	33
Tabell 5-3.	Den procentuella indelningen av riktning mot väderstreck för olika byggnadstyper.....	33
Tabell 5-4.	Den relativa instrålningen mot de vanligaste takvinklarna i grupper resp fasader för olika riktningar mot väderstreck (Jönköping medel 1962-1990).....	34

Figurförteckning

Figur 1-1. Total solinstrålning i kWh/m ² ,år beroende på vinklar och väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90). Grafik efter NET Ltd/Gutschner.	7
Figur 1-2. Sammanlagda ytor på byggnader (milj.m ²) som träffas av olika instrålningsnivåer (andel av den maximala instrålningen).....	8
Figur 1-3. Potentiell solelsproduktion (TWh/år) vid olika avkastningskriterier och en antagen medel-verkningsgrad för solcellssystemet på 10%.	10
Figur 4-1. Jämförelse av årlig total medel-solinstrålning (kWh/m ² , år) mellan olika orter i Sverige, för horisontell resp 45° lutande yta mot söder (tim-medel: 1961-1990, förutom Jönköping: 1962-1990 och Sturup: 1974-1990).	19
Figur 4-2. Total årsinstrålning för Kiruna, Frösön och Stockholm (horisontell yta) under åren 1961-1986. (kWh/m ² , år) (Josefsson 1987).	20
Figur 4-3. Regional fördelning av Sveriges befolkning (Kjellsson 1999).	21
Figur 4-4. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45° lutande yta mot söder (Jönköping väderdata medel 1962-90) (kWh/m ² , månad).	22
Figur 4-5. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45° lutande yta mot söder (Frösön väderdata medel 1961-90) (kWh/m ² , månad).	22
Figur 4-6. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45° lutande yta mot söder (Kiruna väderdata medel 1961-90) (kWh/m ² , månad).	23
Figur 4-7. Andel diffus resp global solinstrålning för Jönköping (medel 1962-90), samt teoretisk solinstrålning från molnfri himmel (W/m ² , dygn).	24
Figur 5-1. Total relativ instrålning över året för Jönköping mot olika ytor. FT=1.0 motsvarar instrålningen mot en horisontell yta. 100% är den maximala instrålningen.	25
Figur 5-2. Total relativ instrålning över sommarhalvåret (april-september) för Jönköping mot olika ytor.	26
Figur 5-3. Total relativ instrålning över vinterhalvåret (oktober-mars) för Jönköping mot olika ytor.	27
Figur 5-4. Total relativ instrålning under december för Jönköping mot olika ytor.	28
Figur 5-5. Total relativ instrålning över året för Frösön mot olika ytor.	29
Figur 5-6. Total solinstrålning i kWh/m ² , år beroende på vinkel mot horisontalplan och riktning mot väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90). Grafik efter NET Ltd/Gutschner.	30
Figur 5-7. Solinstrålning mot söder för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m ² ,år).	31
Figur 5-8. Solinstrålning mot öster/väster för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m ² ,år).	31
Figur 5-9. Solinstrålning mot norr för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m ² ,år).	32
Figur 5-10. Sammanlagda ytor på byggnader i Sverige (milj. m ²) som träffas av olika instrålningsnivåer.	34
Figur 5-11. Potentiell solelsproduktion (TWh/år) vid olika avkastningskriterier och en verkningsgrad på 10%.	35

1 Sammanfattning av rapport 1 Ytor på byggnader och rapport 2 Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor

1.1 Ytor på byggnader

Under 1997 initierades en studie av ytpotentialen för byggnadsintegrerade solceller i samarbete mellan Elisabeth Kjellsson, Byggnadsfysik, LTH och Ola Gröndalen, Sydkraft Konsult AB.

Under 1998 genomfördes den första delen av studien, som inriktades på att ta fram de totala byggnadsytorna för olika byggnadskategorier (*Kjellsson 1999a resp 1999b*). Kartläggning och beskrivning av byggnadsbeståndet har genomförts med litteraturstudier. Tidigare genomförda potentialstudier i olika länder och jämförelser mellan olika använda metoder redovisades. I Sverige genomfördes en studie 1983, som redovisade olika grundförutsättningar att bygga vidare på. Redan i denna studie infördes värden på den relativa solstrålning som träffar ytor med olika vinklar och väderstreck. Dock hade man endast tillgång till väderdata för ett år i Stockholm (1971).

I Schweiz har genom åren olika studier genomförts och under 1995 gjordes en studie där metoden för att beskriva potentialen vid olika avkastningskriterier utvecklades. Ett avkastningskriterium på $>0,75$ innebär att en yta träffas av minst 75% av den maximala instrålningen. Metodiken och senare utvecklingar har använts i denna potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige.

Genom att använda samma typ av metodik och redovisning möjliggörs även jämförelser mellan länderna, vilket är komplicerat i annan befintlig litteratur från olika länder. EU genomförde dock en översiktlig jämförelse 1996 mellan 19 Europiska länder samt ytterligare 6 OECD länder, där man räknade fram potentiell elproduktion och takyta för solceller år 2010. I denna rapport skulle Sverige potentiellt kunna bidra med 12 TWh/år och hela EU med 494 TWh/år. En intressant jämförelse är solesproduktion per innevånare som mellan vissa länder med olika förutsättningar kan ge snarlika resultat, t.ex. Sverige och Spanien där Sverige skulle få en något högre produktion (1300 kWh/innevånare,år) jämfört med Spanien (1200 kWh/innevånare,år). Skillnaderna i instrålning mellan länderna kompenseras i detta fallet med skillnaden i tillgänglig byggnadsyta per innevånare.

Första delen av potentialstudien för byggnadsintegrerade solceller i Sverige som slutfördes 1998 byggde förutom litteraturstudier även på tillgängligt statistiskt material. De uppgifter som finns att tillgå är dels uppgifter om markanvändning, antal fastigheter, befolkning och bostäder, dels beträffande olika typer av byggnaders uppvärmda yta. Det som framförallt saknas är uppgifter om ouppvärmade byggnadsytor, i viss mån antal våningsplan samt orienteringar i väderstreck och takvinklar. Med hjälp av litteratur som beskriver det svenska byggnadsbeståndet har olika antaganden och uppskattningar fått göras för att räkna fram de totala tak- resp fasadytorna.

Från den maximalt tillgängliga bruttoytan av tak och fasader på olika typer av byggnader infördes vidare uppskattningar av reduktioner p.g.a. olika hinder på ytorna, skuggning från omgivningen, byggnadshistoriska restriktioner samt eventuell konkurrens från termiska solfångare, se tabell 1-1.

Tabell 1-1. Bruttoytor och begränsningar för olika ytor.

Ytor i km ²	Bruttoyta		Hinder	Solfångare Tak*		Skuggning		Byggnads-historiska reduktioner	
	Tak	Fasad	Tak	Alt 1	Alt 2	Tak	Fasad	Tak	Fasad
Totalt	670	606	79	8	265	74	199	58	59

*Takyta som avses för solfångare är endast bästa takvinkel (15-45 °) och riktning (SO-SV).

Alt. 1 gäller en antagen solvärmeproduktion på 400 kWh/m² (solfångaryta), år, motsvarande 40-50% av det årliga behovet för uppvärmning av tappvarmvatten i bostadshus, dvs litet värmelagringsbehov.

Alt. 2 gäller en solvärmeproduktion enligt alt. 1 (400 kWh/m² (solfångaryta), år) men motsvarande årsbehovet i byggnaderna för uppvärmning och tappvarmvatten (förluster ej medtagna).

Den största gruppen av ytor utgörs av tak på småhus följt av fasader på småhus medan däremot flerfamiljshus och lokaler utgör en betydligt mindre andel. Denna mindre andel kan dock vara mer intressant i ett introduktionsskede genom att elanvändningen under sommaren ofta är högre än i t.ex. kontorslokaler än i småhus.

Den totala elanvändningen för drift i lokaler i Sverige är 27 TWh/år (1997) medan det i småhus resp flerbostadshus användes 9 resp 8 TWh/år. För eluppvärmning i bostäder används dessutom ca 30 TWh/år, en användning som innebär en stor årstidsvariation, med endast tappvarmvattenuppvärmning under sommaren. En annan byggnadsteknisk aspekt är att en stor andel flerbostadshus är byggda med platta tak, som på sikt är i behov av renovering eller ombyggnad. Renoveringstillfället kan ge en möjlighet att ersätta ett konventionellt takmaterial med solceller med eller utan en kombination med termiska solfångare.

En sammanställning av studiens resultat finns i tabell 1-2 nedan, där bruttoytor, reduktioner (förutom beträffande fönster och dörrar som redan är fråndraget) och nettoytor för de olika byggnadstyperna finns redovisade. I nettoytorna har inte några ytor för solfångare dragits av. Det hittills beräknade ytbehovet för solfångare gäller endast de bästa ytorna med sydlig orientering och optimal vinkel (15-45°).

Tabell 1-2. Sammanställning av tak- och fasadytor.

Ytor i km ²	Tak			Fasad		
	Brutto ytor	Summa reduktioner*	Netto ytor	Brutto fasad	Summa reduktioner*	Netto ytor
Småhus	290	104	186	277	127	150
Flerfamiljshus	45	20	25	83	40	43
Lokaler	44	26	18	44	30	14
Industri	94	28	66	80	24	56
Lantbruks-byggnader	127	19	108	62	19	43
Fritidshus	70	14	56	60	18	42
Totalt	670	211	459	606	258	348

*ej solfångare

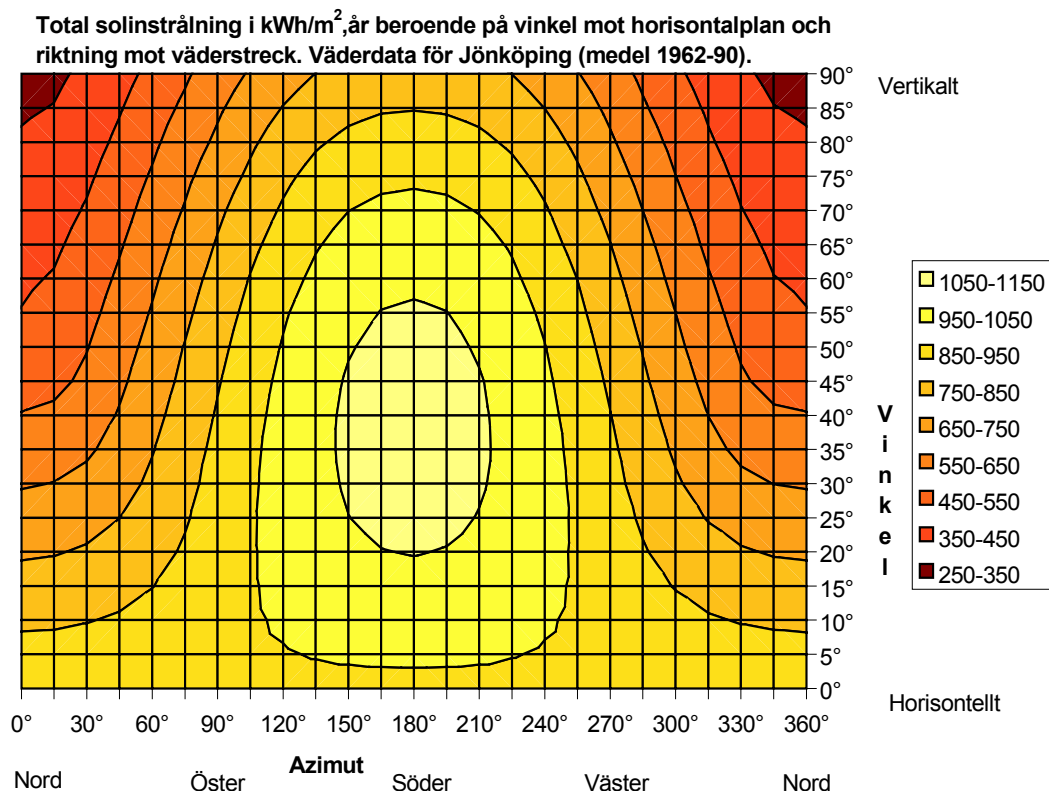
1.2 Analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor

Under 1999 gjordes en närmare studie av instrålningsförhållandena kopplade till byggnadsytor. Väderdata från olika delar av Sverige (timvärden medel 1961-90) utnyttjades och jämförelser gjordes mellan olika platser. Den totala årliga instrålningen, horisontell resp 45° lutning mot söder, jämfördes mellan nio olika orter.

Från södra Sverige och upp till latituden 62°, dvs ungefär halva Sveriges yta, är det en liten skillnad på instrålningen mot en 45° yta. Därefter avtar instrålningen med upp mot 15% för t.ex. Kiruna i norr. Det är således ingen avgörande skillnad i medelinstrålning över landet.

Inte heller jämförelser i öst/väst resp inland/kustklimat ger avgörande skillnader, jämfört med årsvariationerna som uppstår. Den minsta tim-instrålningen som uppmätts t.ex. för Sturup under 1973-90 skulle ge en total årsinstrålning på ca 400 kWh/m²,år medan motsvarande maximala instrålningen skulle vara 1640 kWh/m²,år för horisontalplanet och 2074 kWh/m²,år för 45° lutning mot söder. Motsvarande siffror gäller även för de andra orterna med upp till 20% lägre maximal instrålning för Kiruna.

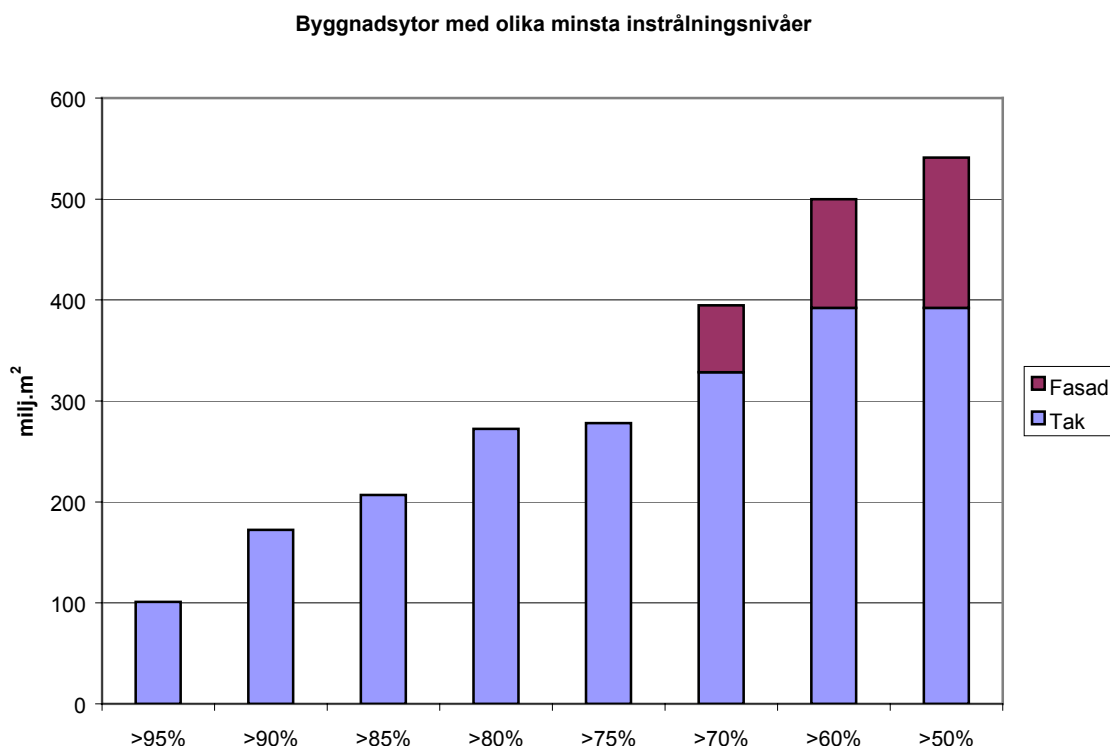
Eftersom ca 80% av Sveriges befolkning är bosatta i den sydliga tredjedelen av Sverige, så har väderdata för Jönköping utvalts som representativa för 80% av byggnaderna. För resterande 20% har väderdata för Frösön använts.



Figur 1-1. Total solinstrålning i kWh/m²,år beroende på vinklar och väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90). Grafik efter NET Ltd/Gutschner.

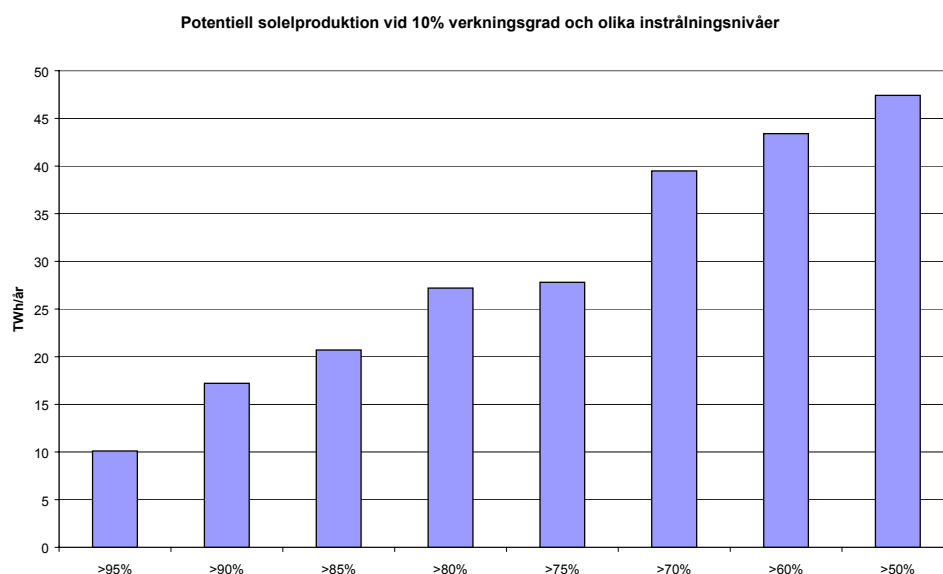
För att kunna beräkna olika avkastningskriterier har ett diagram framtagits för instrålningsförhållandena mot olika väderstreck och vinklar, se **figur 1-1**.

Ur ovanstående diagram och tidigare beräkningar av byggnadsytor har de totala ytorna som träffas av olika instrålningsnivåer framräknats, figur 1-2. För instrålningsnivåer över 75% är det endast tak som ingår. För de lägre instrålningsnivåerna ingår en mindre yta från sydligt vända fasader.



Figur 1-2. Sammanlagda ytor på byggnader (milj.m²) som träffas av olika instrålningsnivåer (andel av den maximala instrålningen).

Endast de takytor som vetter mellan SO till SV (+/- 45° från söder) och har en vinkel mellan 20° och 55° mot horisontalplanet träffas av minst 95% av den maximala solinstrålningen. För kriteriet >90% ingår även takytorna med lägre vinkel och riktning mellan SO till SV samt ytterligare +/-30° mot öster resp väster (+/- 75° från söder). De plana takytorna och större delen av de svagt lutande taken (ej +/-45 mot norr) mottar mer än 80% av instrålningen tillsammans med ytterligare +/- 30° av de starkt lutande taken (+/-105° från söder). De mest sydvända fasaderna ingår i instrålningskriteriet >70% tillsammans med de plana och svagt lutande taken, samt större delen av de starkt lutande taken (ej +/-45° mot norr) och vid instrålningskriteriet >50% ingår även större delen av fasaderna (ej +/-75° mot norr). För byggnader med större takvinkel än 35° ändras kriteriet för den nordligt belägna ytan, men detta har inte medtagits i de generella beräkningarna.



Figur 1-3. Potentiell solesproduktion (TWh/år) vid olika avkastningskriterier och en antagen medel-verkningsgrad för solcellssystemet på 10%.

Med ovanstående förutsättningar och med ett avkastningskriterium på mer än 70% finns således ca 400 milj. m² byggnadsyta i Sverige, som med en systemverkningsgrad på 10% skulle kunna producera 40 TWh/år, figur 1-3. Förutsättningarna för verkningsgraden av solcellsanläggningar analyseras inte i denna studie, men är av största betydelse för den maximala potentialen. De verkningsgrader som uppnås idag varierar mellan 5 och upp mot 20%, vilket för avkastningskriteriet >70% innebär en variation mellan 20 och 80 TWh/år.

Studien är upplagd så att det i framtiden är möjligt att vid specifika behov analysera olika geografiska områden eller t.ex. byggnadstyper i detalj. Önskvärt vore dock att genomföra en fältstudie för att bekräfta antaganden gjorda om byggnadsytor, skuggning och andra begränsningar i verkliga byggnadsbestånd.

En framtida utveckling av potentialstudierna är också en inriktning på studier av lastmönster för olika verksamheter och byggnadstyper kopplat till instrålningsförhållanden.

2 Summary of report 1 *Area of Building Envelopes* and report 2 *Analyses of Levels of Irradiation at Building Envelopes*.

2.1 Area of Building Envelopes

During 1997 a study was initiated regarding the area potential of building integrated PV (BIPV) in collaboration between Elisabeth Kjellsson, Dept of Building Physics, Lund University and Ola Gröndalen, Sydkraft Konsult AB.

This first part of the study was carried out during 1998, and was mainly directed to assess the total area of the building envelopes for different building categories (*Kjellsson 1999a and 1999b*). This study was mainly using existing literature and statistics for the assessment and the description of the building stock. Other potential studies in different countries and comparisons between used methods were described. In Sweden a potential study was conducted already in 1983. In this study values for the irradiation on areas with different tilts and angles were introduced, but only climate data for one year (Stockholm 1971) was used. The background material that was developed in this early study was used for the further evaluation.

In Switzerland several potential studies have been conducted and in a study from 1995 the methodology with using yield criteria for different irradiation levels was developed. An yield criteria at $>0,75$ means that an area gets at least 75% of the maximum irradiation (over the year or actual investigated period). The used methodology and later developments have been used in this potential-study for building integrated PV in Sweden.

By using the same type of methodology and way of description, gives possibilities for comparisons between different countries, which is complicated in the existing literature. Within the EU a comparison was although made in 1996 between 19 European countries and further 6 OECD countries, were the potential electricity production and roof area for PV the year 2010 was calculated. In this report the potential for Sweden was 12 TWh/year and the whole EU 494 TWh/year. An interesting comparison is the potential PV electricity per capita, which can give countries with different conditions similar figures, e.g. Sweden and Spain, where Sweden gets a slightly higher figure (1300 kWh/cap.,year) compared to Spain (1200 kWh/cap.,year). The different levels of irradiation are in this case compensated with the different available roof area per capita.

The first part of the actual potential study for building integrated PV in Sweden that was conducted in 1998, was beside the literature study also using statistical material. The used information included figures of ground area for building purposes, numbers of real estates, population and dwellings, and finally the heated floor area for different building categories. The lacking existing information that would have been of great value are figures for the non-heated area, numbers of floors and orientation in azimuth and tilts of the roofs. By using the literature, with descriptions of the existing building stock, different assumptions and estimations have been used, to calculate the total area of the roofs and the facades.

From the maximum available gross areas of roofs and facades on different building categories, assessments of reductions caused by obstacles, shadings, building historical

restrictions and possible competitions from thermal solar collectors were introduced, see table 2-1.

Table 2-1. Gross areas for different building types and different of reductions.

All areas in km ²	Gross area		Obstacles	Solar collectors Roof*		Shading		Building historical reductions	
	Roof	Facade	Roof	Alt 1	Alt 2	Roof	Facade	Roof	Facade
One-and two family-dwellings	290	277	29	5	120	29	83	46	44
Multifamily-dwellings	45	83	9	3	75	7	33	4	7
Non-residential premises	44	44	9	-	70	9	22	8	8
Industry	94	80	19			9	24		
Agricultural buildings	127	62	6			13	19		
Vacancy houses	70	60	7			7	18		
Totally	670	606	79	8	265	74	199	58	59

*Calculated roof area for solar collectors are referring only to the best orientation (south-east to south-west) and the best tilt (15-45°).

Alt 1: Estimated energy-production from solar collectors 400 kWh/m², year, covering 40-50% of the heat demand for the domestic hot water in dwellings, which means systems with only short term heat storage.

Alt 2: Energy-production from solar collectors as Alt 1 covering the whole yearly heating demand for heating and domestic hot water (losses excluded).

The largest part of area is the roofs on one-and two-family dwellings, followed by the facades on the one-and two-family dwellings, while the multifamily dwellings and non-residential premises amounts to a smaller share. This smaller part might although be more interesting in an introduction phase, as the use of electricity during summer time can be much higher in offices compared to residential dwellings.

The total use of electricity for common purposes in non-residential premises was in Sweden 27 TWh/year (1997), while the corresponding figures for single and multi-family dwellings are 9 and 8 TWh/year respectively. Electricity used for heating in dwellings is about 30 TWh/year, a use with a large variation over the year, with only heating for domestic hot water during summer time. Another building technical aspect is the fact that a large part of the multi-family dwellings are constructed with flat roofs, which needs retrofitting or reconstruction sooner or later. The opportunity of retrofitting provides a possibility to replace the existing roof-material with PV with or without a combination of thermal solar collectors.

The result of the study is summarised in the table 2-2 below, where the gross areas, reductions (except regarding windows and doors, which are already excluded) and net areas for the different building categories are given. In the net areas, the potential area for thermal collectors has not been reduced in this summary. The so far calculated need of area for

thermal collectors are only on the best irradiated areas, with a south orientation and an optimal tilt (15°-45°), see table 2-1.

Table 2-2. Gross and net areas of roofs and facades for different building types.

All areas in km ²	Roof			Facade		
	Gross areas	Sum of reductions*	Net areas	Gross areas	Sum of reductions*	Net areas
One-and two family-dwellings	290	104	186	277	127	150
Multifamily-dwellings	45	20	25	83	40	43
Non-residential premises	44	26	18	44	30	14
Industry	94	28	66	80	24	56
Agricultural buildings	127	19	108	62	19	43
Vacancy houses	70	14	56	60	18	42
Totally	670	211	459	606	258	348

**solar collectors not included*

2.2 Analyses of Levels of Irradiation at Building Envelopes

During 1999 a more detailed study was made of the irradiation linked to the building envelopes. Climate data from different parts of Sweden (hourly data 1961-1990) was used and comparisons were made between different regions. The total irradiation over a year, horizontal and 45° tilt towards south respectively, were compared between nine different locations.

From the south of Sweden up to a latitude of 62°, which is about halve of the total area of Sweden, there are only small differences of the irradiation at 45° tilted area towards south. Further up north the irradiation decreases with about 15% for Kiruna in the north. This accounts that the variation from south to north of Sweden is not a determining factor for the yearly irradiation of the areas with the highest irradiation.

Comparisons between the irradiation east/west and coastland/inland respectively are not either giving such as variations as the normal variations between different years. The extreme values of minimum hourly irradiation over the 17 year measurement period for Sturup (Malmö) in the south of Sweden, gives about 400 kWh/m², year (both tilted and horizontal) and the corresponding maximum values are 1640 kWh/m², year (horizontal) and 2074 kWh/m², year (45° tilted towards south). The corresponding figures are about the same for the more north situated locations, with up to 20% decreasing figures for the far north (Kiruna).

About 80% of the population in Sweden lives in the south third part of the country. As a representative climate for these 80% of the buildings the climate data for Jönköping has been chosen. For the rest 20% of the building the climate data for Frösön is used.

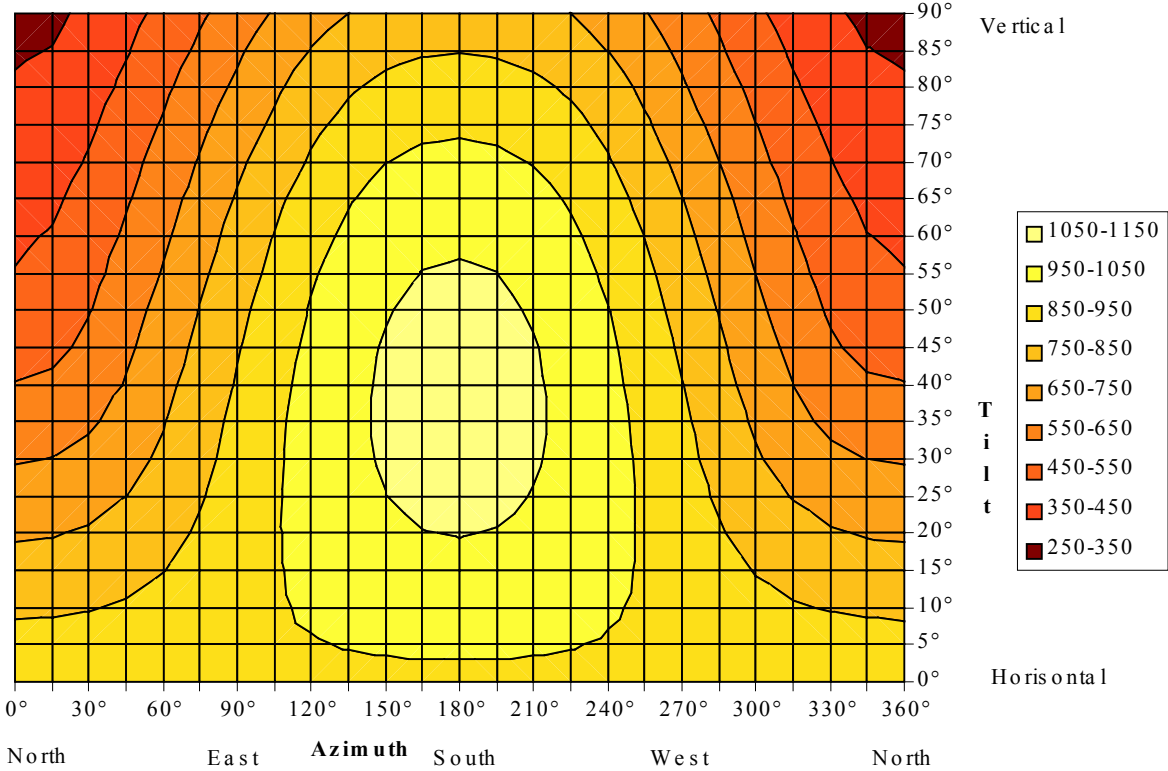


Figure 2-1. Total irradiation depending on different tilts and azimuth for the southern part of Sweden (Climate data for Jönköping average 1962-90) in kWh/m²,year. (Grafic NET Ltd/Gutschner 1998)

From figure 2-1 and the assessments of the area of the building envelopes, the total areas for different irradiation criteria has been calculated, see figure 2-2. For levels of irradiation over 75% there are only roofs included. For the lower levels a minor part of the total area is the south facing facades.

Only the roof areas facing between SE and SW (+/- 45° from south) and has a tilt between 20° and 55° from the horizontal plane, gets more than 95% of the maximum irradiation. For the utilisation criteria >90% also the roofs with the lower tilt and an azimuth between +/-75° from the south are included. The flat roofs and the majority of the lower tilts (not +/-45° from north) gets more than 80% of the irradiation together with further +/-30° of the more tilted roofs. The south faced facades are included in the utilisation criteria >70% together with all the flat and lower tilted roofs, together with the majority of the more tilted roofs (not +/-45° towards north) and at the utilisation criteria >50% also the majority of the facades are included. For buildings more tilted than 35°, the criteria will change for the areas towards

north, although this has not been taken into account in the calculations, as there is no figure specified for this area, see figure 2-2.

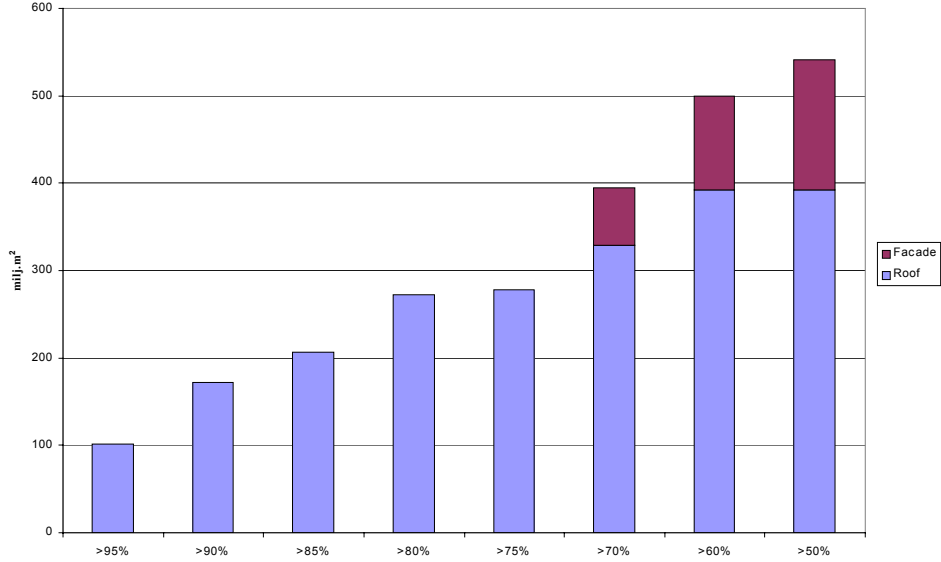


Figure 2-2 Area on building envelopes with different yield index (milj. m²).

With the assumptions as described above and a utilisation criteria >70% there are about 400 milj.m² building envelope in Sweden. With 10% system efficiency of PV systems the electricity production is about 40 TWh/year, see figure 2-3. The conditions for system efficiency is not discussed in this study, but is most important for the maximum potential. Today, efficiencies might vary between 5 and (maybe in the future) up to 20%, which means a variation between potential of electricity production between 20 and 80 TWh/year for the utilisation factor >70%.

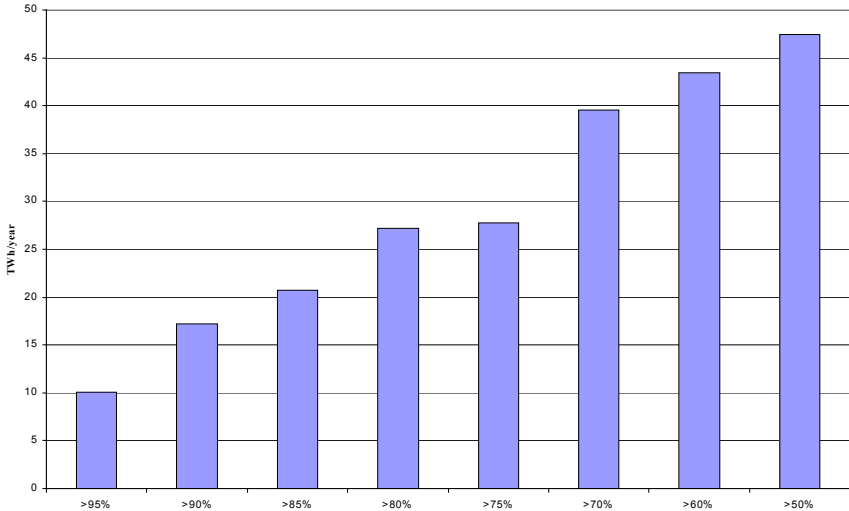


Figure 2-3 Potential PV production (TWh/year) at different utilisation criteria and a system efficiency of 10%.

The study is presenting the total figures for Sweden with average climate data, but there are possibilities to make detailed studies of special regions, building types or climatic situations that can be of special interest. To determine assumptions regarding the building stock a field study would be valuable, e.g. assumptions of areas, shading and other limitations in the real building stock.

A future development of the potential study is also an investigation of load pattern for different building types or use, linked to the irradiation.

3 Väderdata

Vid beräkningarna av instrålning mot byggnadsytor har väderdata från nio olika meteorologiska stationer i Sverige använts (Harderup 1995). Väderdata kommer ifrån timobservationer, som är kontrollerade av SMHI och tidsperioden omfattar 1961-1990 (utom för Sturup, där mätningarna startade 1974 och för Jönköping, som saknar 1961). För att beräkna instrålningsnivåerna mot byggnadsytor så har medelvärdena under mätperioden för respektive ort använts. Även max- resp min värden har använts för att undersöka maximala spridningen av instrålningsnivåerna och totalsummor för resp år har använts för att undersöka normala variationer.

De väderdata som använts i beräkningarna är global resp diffus solstrålning, samt temperatur och vindhastighet. För vissa mätstationer registreras solstrålningen medan för andra beräknas solstrålningen av SMHI med hjälp av en tillförlitlig modell, där bl.a. observationen molnmängd ingår i beräkningarna. Mätningar av global och diffus solstrålning startade huvudsakligen under 1983, men det finns några stationer som har utfört mätningar tidigare än 1983.

Tabell 3-1. Mätstationer som använts vid instrålningsberäkningarna.

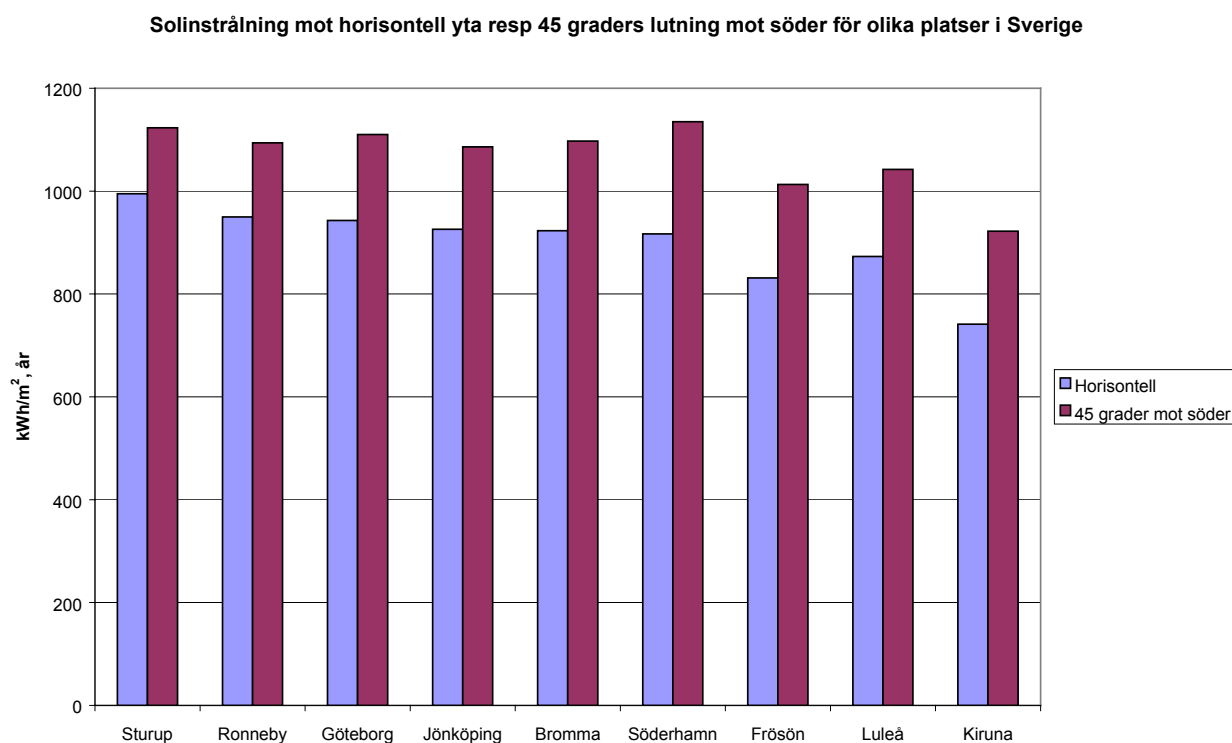
	Latitud	Longitud	Mätperiod	Mätning global/diffus
Malmö/Sturup	55°33'N	13°22'E	1974-1990	
Ronneby	56°21'N	15°57'E	1961-1990	
Jönköping	57°46'N	14°11'E	1962-1990	
Göteborg/Säve	57°47'N	11°22'E	1961-1990	x
Stockholm/Bromma	59°16'N	17°57'E	1961-1990	x
Söderhamn	61°16'N	17°47'E	1961-1990	
Frösön	63°11'N	14°30'E	1961-1990	x
Luleå	65°33'N	22°08'E	1961-1990	x
Kiruna	67°51'N	20°14'E	1961-1990	x

4 Solinstrålning

4.1 Latitud

För att få en uppfattning om latitudens inverkan på solinstrålningen jämfördes medelinstrålningen på de olika orterna. Som framgår av figur 4-1, så har latituden ingen avgörande betydelse för de sydligaste orterna upp till mellan Söderhamn och Frösön, vilket innebär ca halva Sveriges yta. Sturup har en något högre instrålning mot horisontalplanet, men för vinkeln 45° mot söder är skillnaden obetydlig. Längre norrut avtar solinstrålningen, på grund av lägre solvinkel.

Lokalklimatet som t.ex. inverkar på olika andel direkt resp diffus instrålning kan ge olika närliggande orter olika förutsättningar. SMHI redovisar solskenstid över Sverige. Solskenstid är den tid då direktstrålningen överstiger 120 W/m^2 , vilket motsvarar ungefär, när det är tunna moln framför solen, när skuggkonturer blir svagt men ändå tydligt skönjbara. Större delen av Sverige (>75%) har mer än 1600 solskenstimmar per år, med de högsta värdena för kustområdena (över 1800 timmar), inklusive Öland och Gotland, samt områdena kring Vänern och Mälaren. Över västra delen av Sydsvenska höglandet märks en kraftig minskning (ner till 1300 timmar), vilket även motsvaras av värdena för de västra fjälltrakterna. De lägsta värdena i fjällen är 1100 solskenstimmar/år.



Figur 4-1. Jämförelse av årlig total medel-solinstrålning (kWh/m^2 , år) mellan olika orter i Sverige, för horisontell resp 45° lutande yta mot söder (tim-medel: 1961-1990, förutom Jönköping: 1962-1990 och Sturup: 1974-1990).

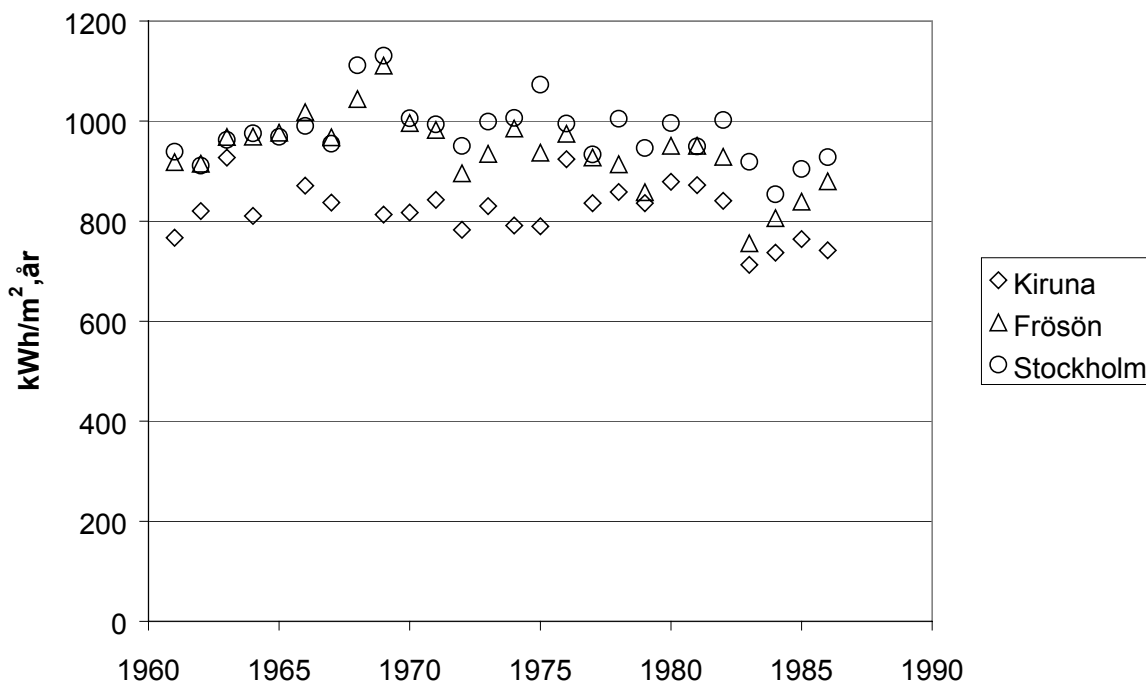
Från södra Sverige och upp till latituden 62°, dvs ungefär på halva Sveriges yta, är det en liten skillnad på instrålningen mot en 45° yta. Därefter avtar instrålningen med upp mot 15% för t.ex. Kiruna i norr. Det är således ingen avgörande skillnad i medelinstrålning över landet.

Tabell 4-1. Total medel, max och min årsinstrålning mot en horisontell yta resp 45° lutning mot söder, beräknat från medel, max resp min-timvärden under åren 1961 - 1990 (Jönköping 1962 - 1990, Sturup 1974 - 1990) (kWh/m²,år).

Ort/ kWh/m ² ,år	Medel horisontell	Medel 45° vinkel syd	Max horisontell	Max 45° vinkel syd	Min horisontell	Min 45° vinkel syd
Sturup	995	1123	1641	2074	407	396
Jönköping	926	1086	1627	2112	379	403
Frösön	831	1013	1432	1861	347	382
Kiruna	741	922	1282	1670	308	340

Max resp min värdena i tabell 4-1 ger ett mått på de yttersta instrålningsvariationerna (räknat på timvärden) under mätperioden. Max-värdena ger ett mått på den totala instrålningen vid helt klart väder hela året och min-värdena ger en uppskattning av den diffusa instrålningen, se även figurerna 4-7 samt 5-7 till 5-9. Vid varierad väderlek är den diffusa instrålningen något högre.

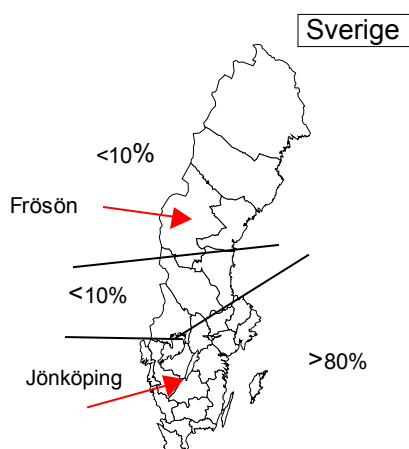
Årsvariationerna i total instrålning är betydande, se figur 4-2, där uppmätta årsinstrålningar för olika år visas.



Figur 4-2. Total årsinstrålning för Kiruna, Frösön och Stockholm (horisontell yta) under åren 1961-1986. (kWh/m², år) (Josefsson 1987).

Inte heller jämförelser i öst/väst resp inland/kustklimat ger avgörande skillnader, jämfört med årsvariationerna som uppstår, se tabell 4-1. Den minsta tim-instrålningen som uppmätts t.ex. för Sturup under 1973-90 skulle ge en total årsinstrålning på ca 400 kWh/m²,år medan motsvarande maximala instrålningen skulle vara 1640 kWh/m²,år för horisontalplanet och 2074 kWh/m²,år för 45° lutning mot söder. Motsvarande siffror gäller även för de andra orterna med upp till 20% lägre maximal instrålning för Kiruna.

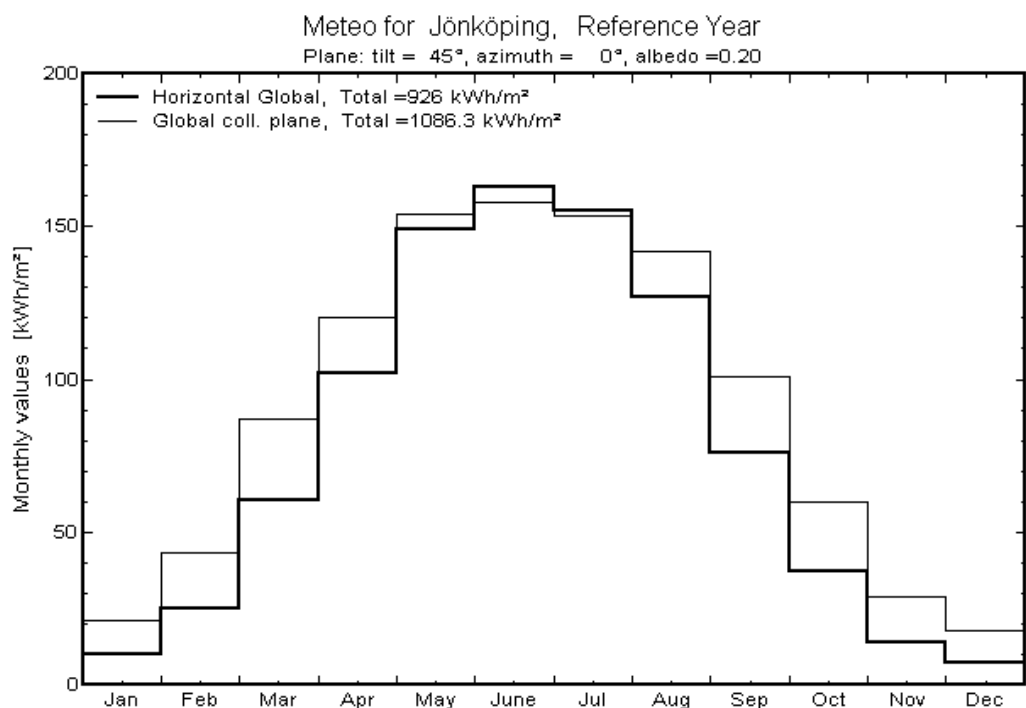
Eftersom ca 80% av Sveriges befolkning bor i den sydliga tredjedelen av Sverige, så har väderdata för Jönköping utvalts som representativa för 80% av byggnaderna. För resterande 20% har väderdata för Frösön använts, se figur 4-3.



Figur 4-3. Regional fördelning av Sveriges befolkning (Kjellsson 1999).

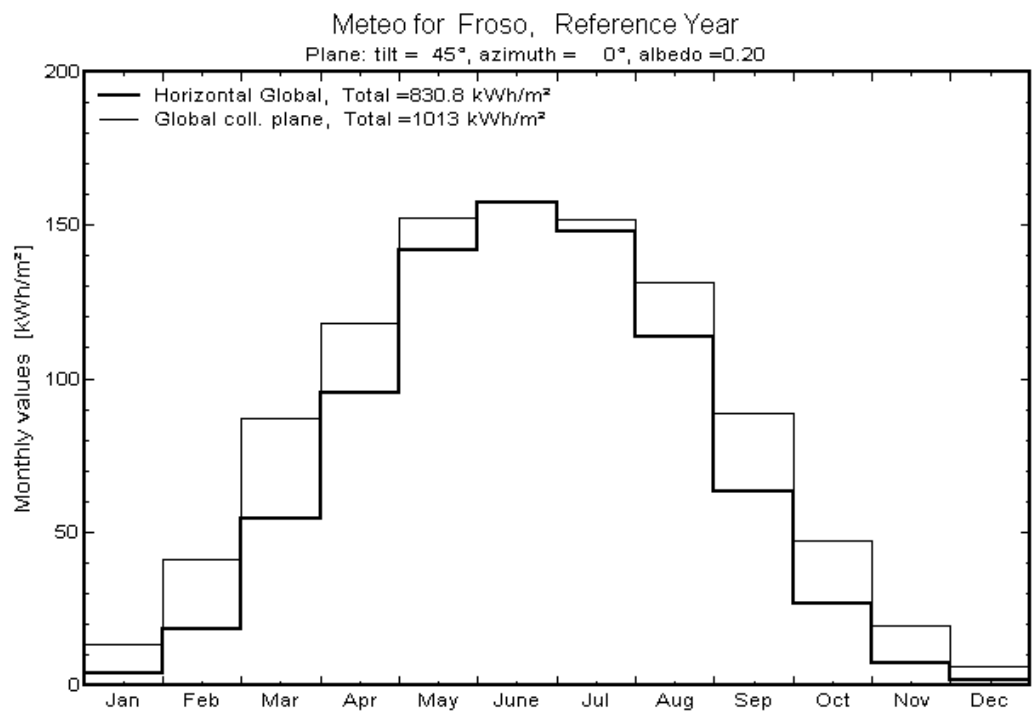
4.2 Årsfördelning

Genom det förhållandevis nordliga läget har Sverige, jämfört med flertalet andra länder en extrem årstidsvariation. I Figur 4-4 visas den totala instrålningen månadsvis mot en horisontell resp 45° lutande yta för Jönköping. Diagrammet är hämtat ur simuleringsprogrammet PV-SYST, som använts vid beräkningarna (Mermoud 1996).



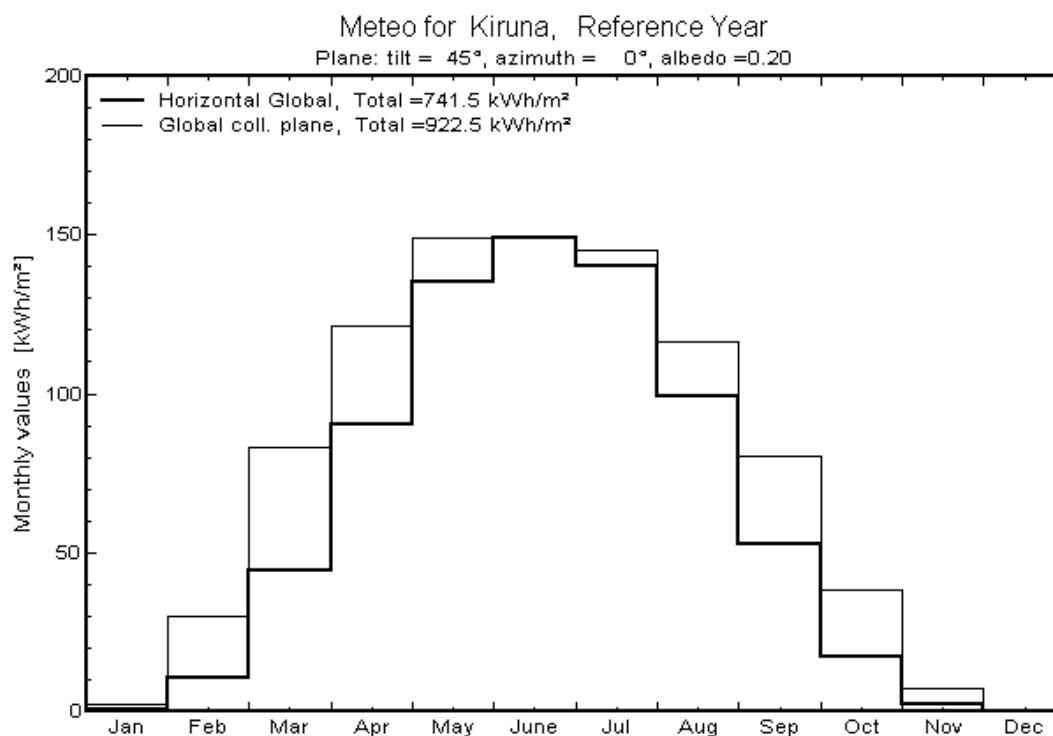
Figur 4-4. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45 ° lutande yta mot söder (Jönköping väderdata medel 1962-90) (kWh/m²,månad).

Motsvarande för Frösön visas i Figur 4-5.



Figur 4-5. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45 ° lutande yta mot söder (Frösön väderdata medel 1961-90) (kWh/m²,månad).

Årsvariationen är störst längst i norr och i Figur 4-6 visas instrålningen för Kiruna.



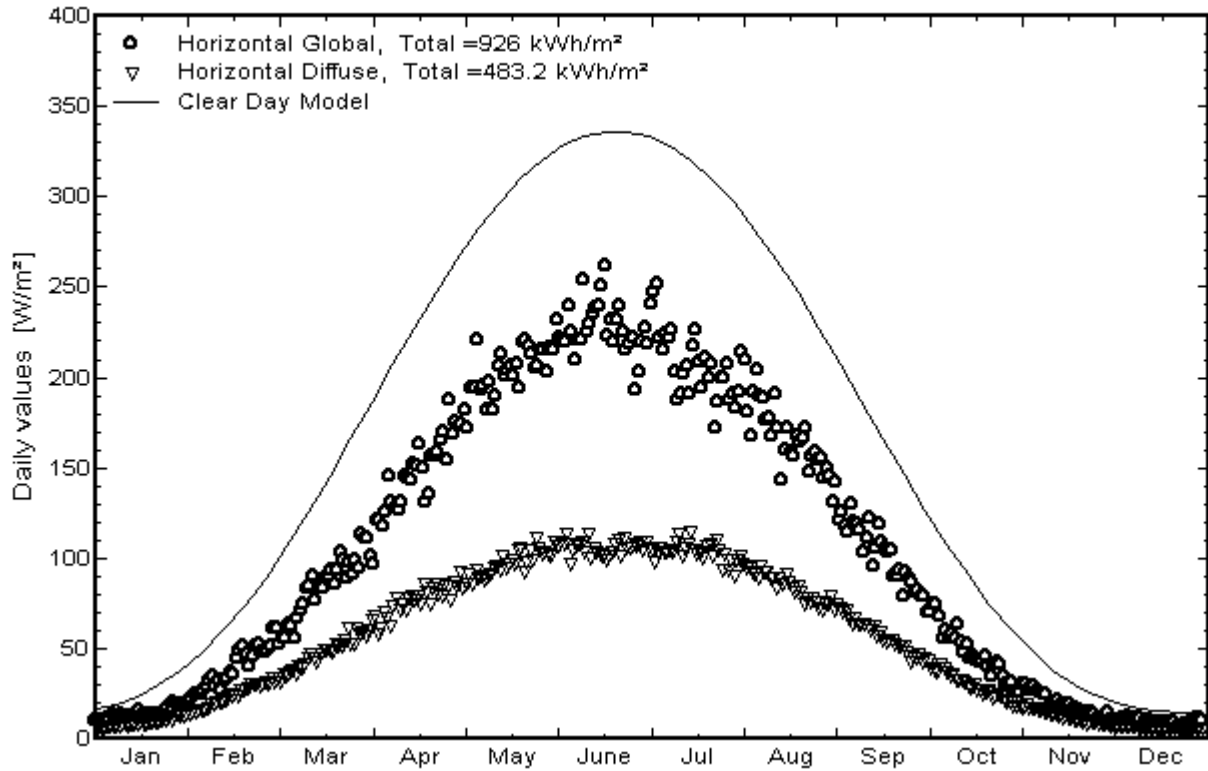
Figur 4-6. Fördelning av total solinstrålning över året mot horisontell resp 45 ° lutande yta mot söder (Kiruna väderdata medel 1961-90) (kWh/m², månad).

Både i absoluta tal och framförallt procentuellt så ökar betydelsen av vinkeln mot horisontalplanet ju längre norrut man kommer, eftersom solhöjden är lägre med stigande latitud.

4.3 Direkt resp diffus instrålning

Lite drygt 50% av medelinstrålningen över ett medel-år utgörs av den diffusa instrålningen. I Figur 4-7 visas dygnsvärden av instrålad effekt (W/m²) med uppdelning av global resp diffus instrålning för Jönköping. I diagrammet finns också en kurva för den teoretiska instrålningen från en molnfri himmel.

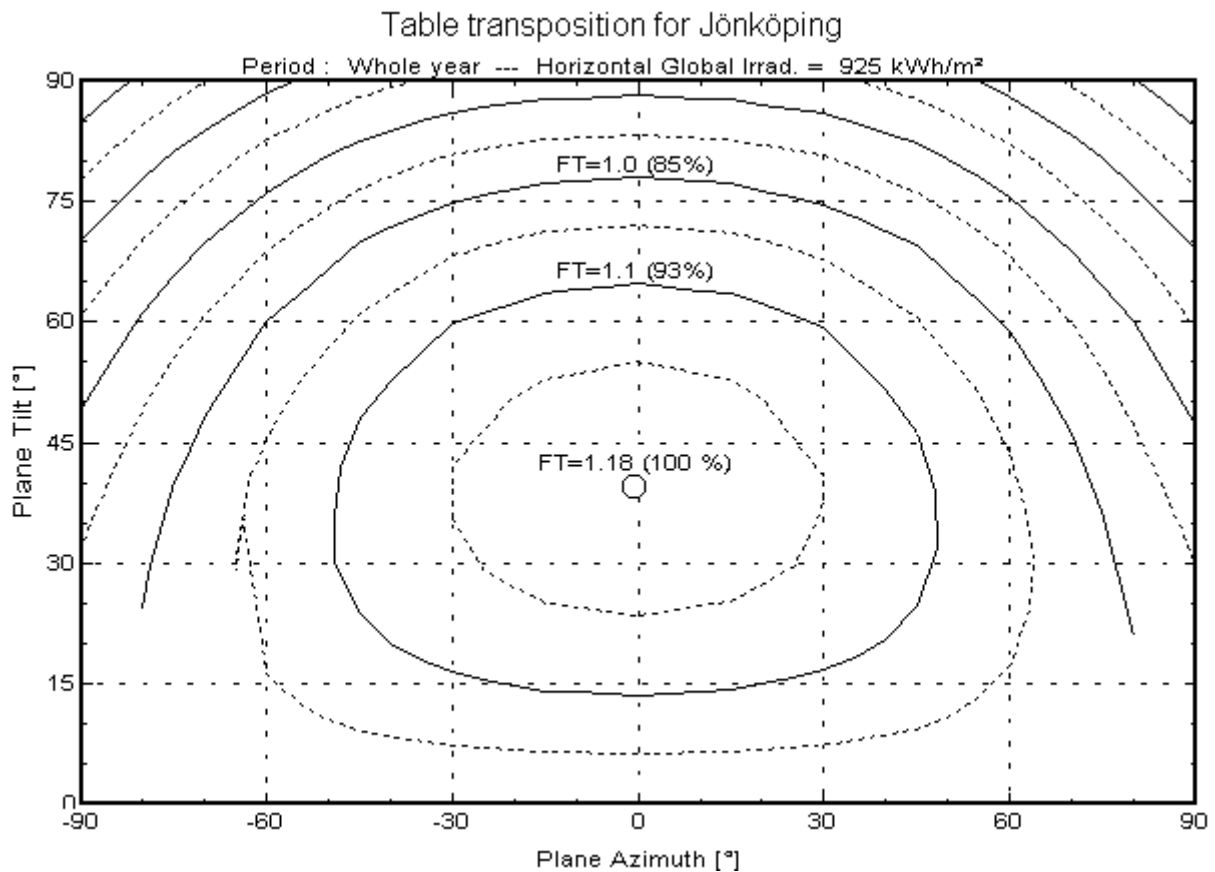
Meteo for Jönköping, Reference Year



Figur 4-7. Andel diffus resp global solinstrålning för Jönköping (medel 1962-90), samt teoretisk solinstrålning från molnfri himmel (W/m^2 , dygn).

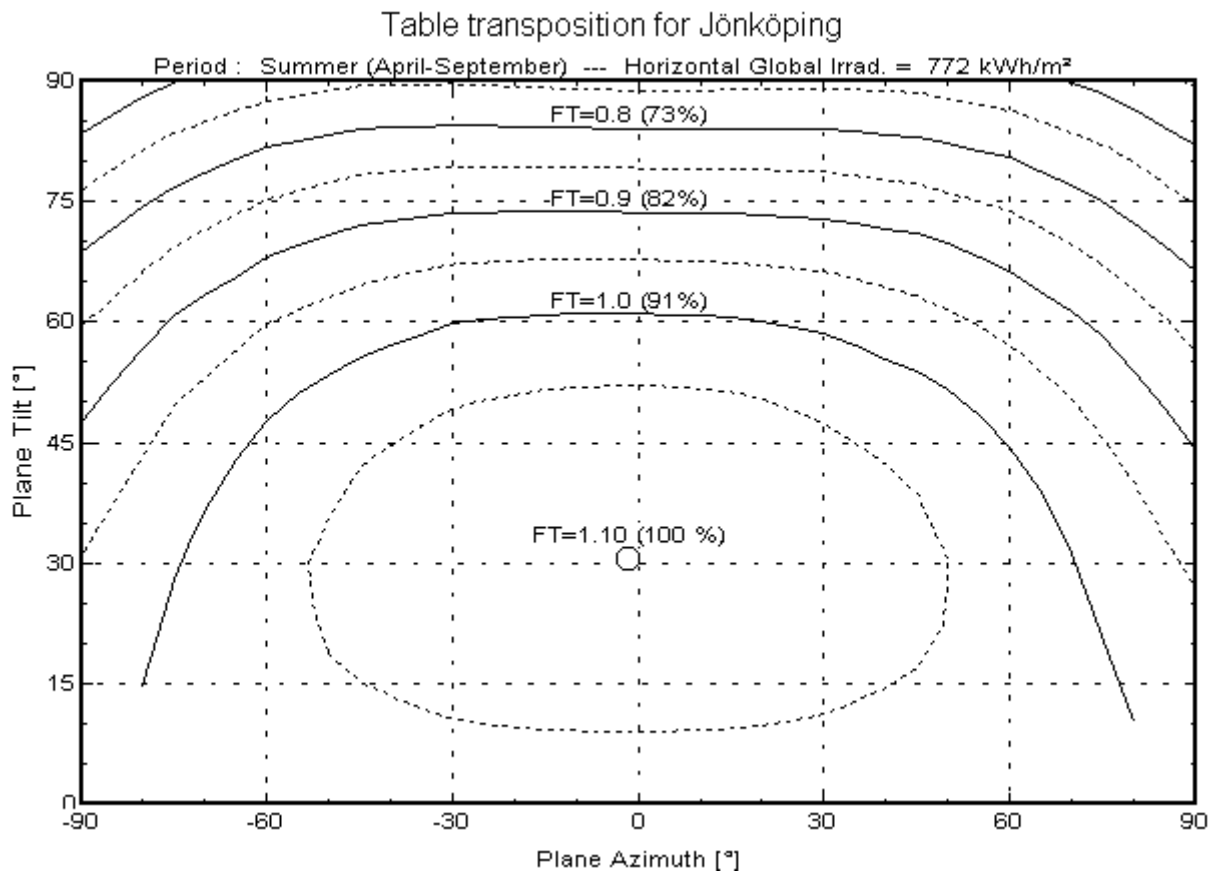
5 Instrålningsförhållanden mot byggnadsytor

Den totala solinstrålningen som träffar en yta är beroende på vinkel mot horisontalplan och riktning mot väderstreck. Den optimala vinkeln för årsinstrålning i södra delen av Sverige är 30-45° vinkel mot horisontalplanet med orientering +/-15° max avvikelse från söder. För särskilda tidsperioder under året kan den optimala vinkeln avvika.



Figur 5-1. Total relativ instrålning över året för Jönköping mot olika ytor. FT=1.0 motsvarar instrålningen mot en horisontell yta. 100% är den maximala instrålningen.

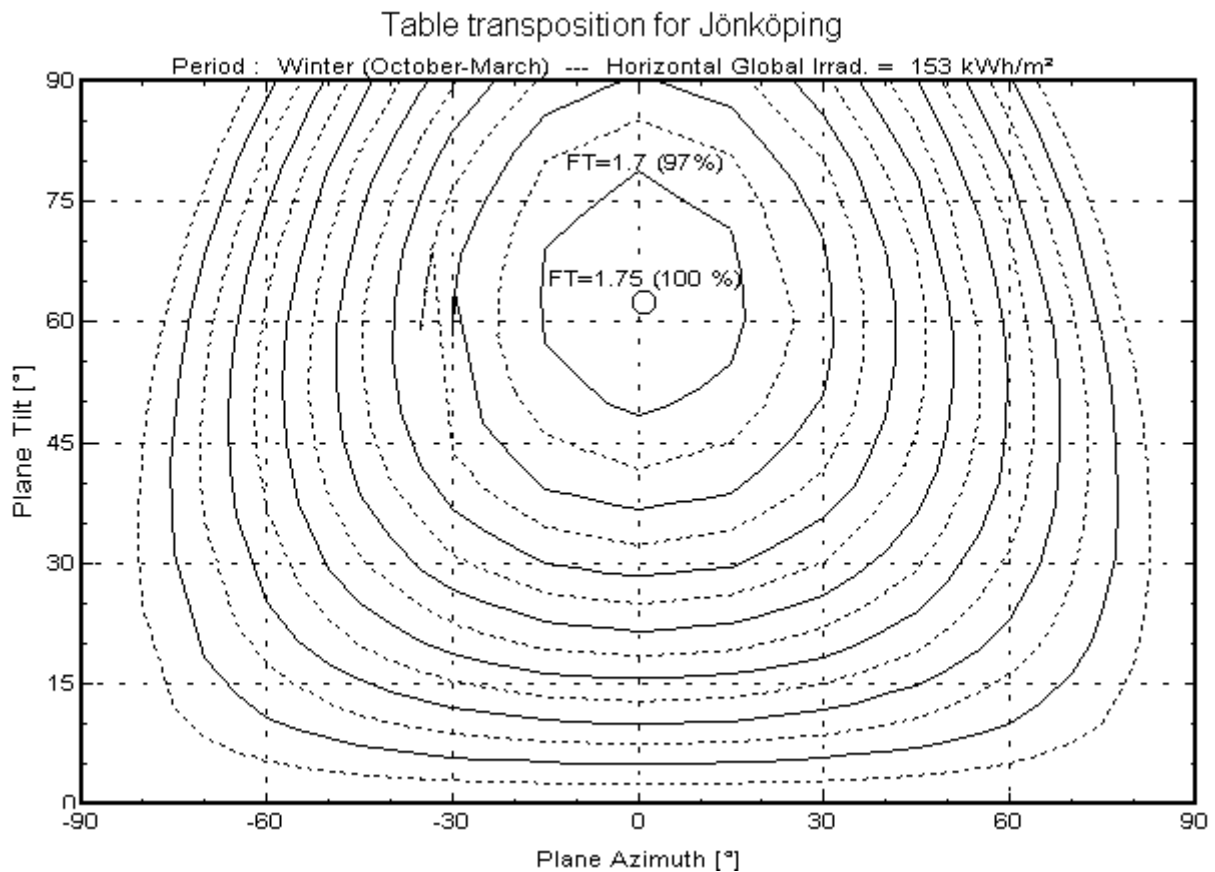
FT= instrålningen mot den vinklade ytan dividerat med instrålningen mot en horisontell yta.



Figur 5-2. Total relativ instrålning över sommarhalvåret (april-september) för Jönköping mot olika ytor.

FT= instrålningen mot den vinklade ytan dividerat med instrålningen mot en horisontell yta.

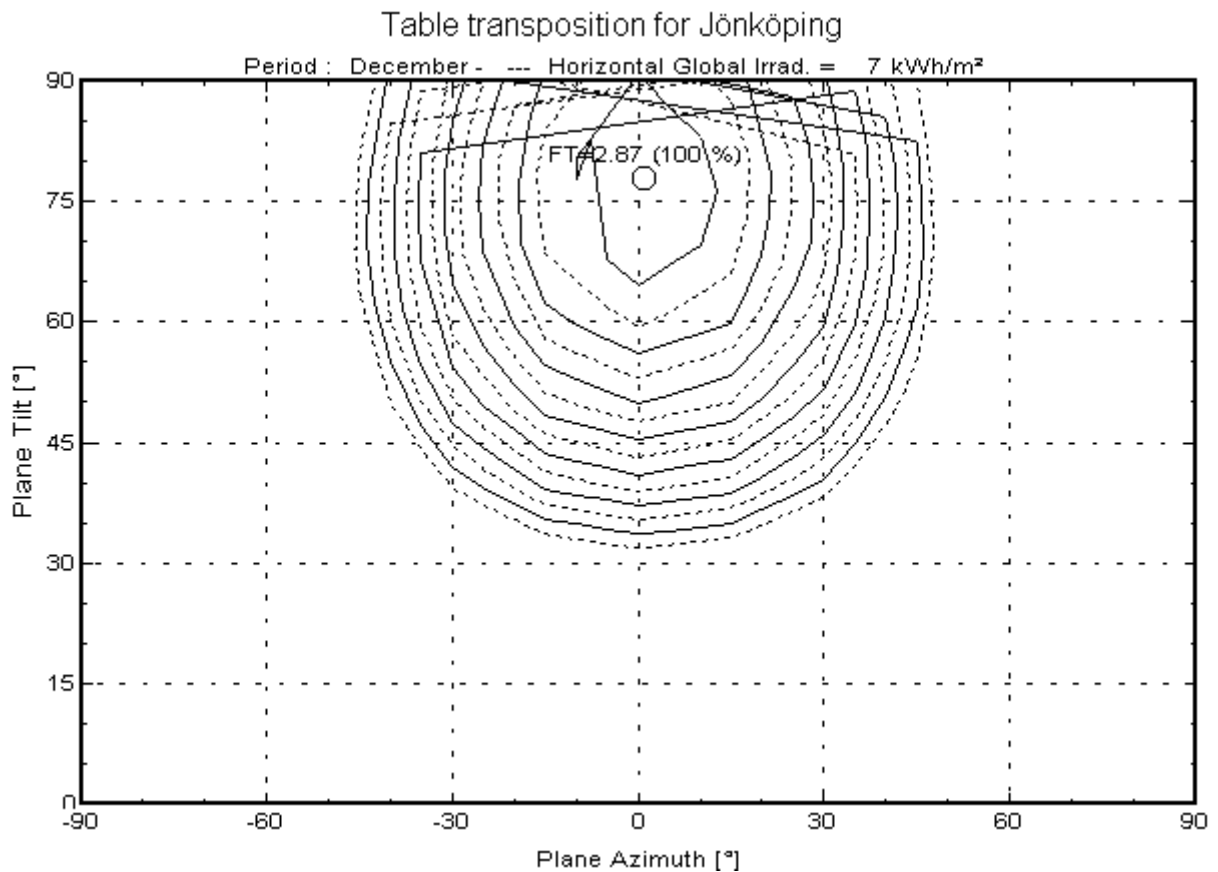
Under sommarhalvåret infaller mer än 80% av årsinstrålningen och den optimala vinkeln mot horisontalplanet är 30°.



Figur 5-3. Total relativ instrålning över vinterhalvåret (oktober-mars) för Jönköping mot olika ytor.

FT= instrålningen mot den vinklade ytan dividerat med instrålningen mot en horisontell yta.

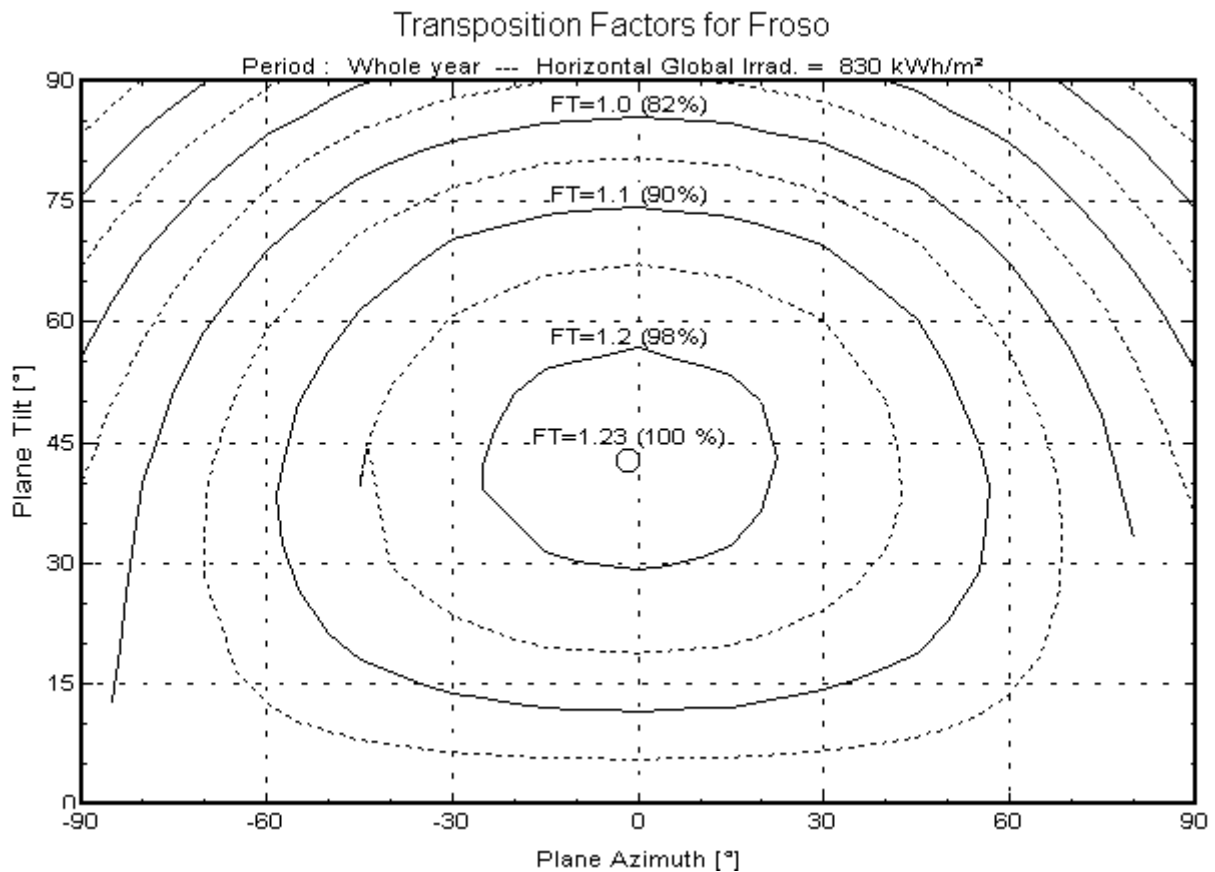
För vinterhalvåret är den optimala vinkeln mot horisontalplanet mellan 60-65° och den maximala instrålningen skiljer sig inte avsevärt mot instrålningen för en vertikal yta mot söder. För enskilda månader blir bilden annorlunda, t.ex. om man avser att dimensionera ett system för en viss minsta produktion, så är december den dimensionerande månaden med hänsyn till instrålning.



Figur 5-4. Total relativ instrålning under december för Jönköping mot olika ytor.

FT= instrålningen mot den vinklade ytan dividerat med instrålningen mot en horisontell yta.

För det extrema vinterfallet är den horisontella instrålningen liten och den optimala vinkeln ligger på 75-80° mot horisontalplanet. En vertikal vägg mot söder mottar i stort sett lika mycket, vilket är nästan tre gånger så mycket som den horisontella instrålningen.

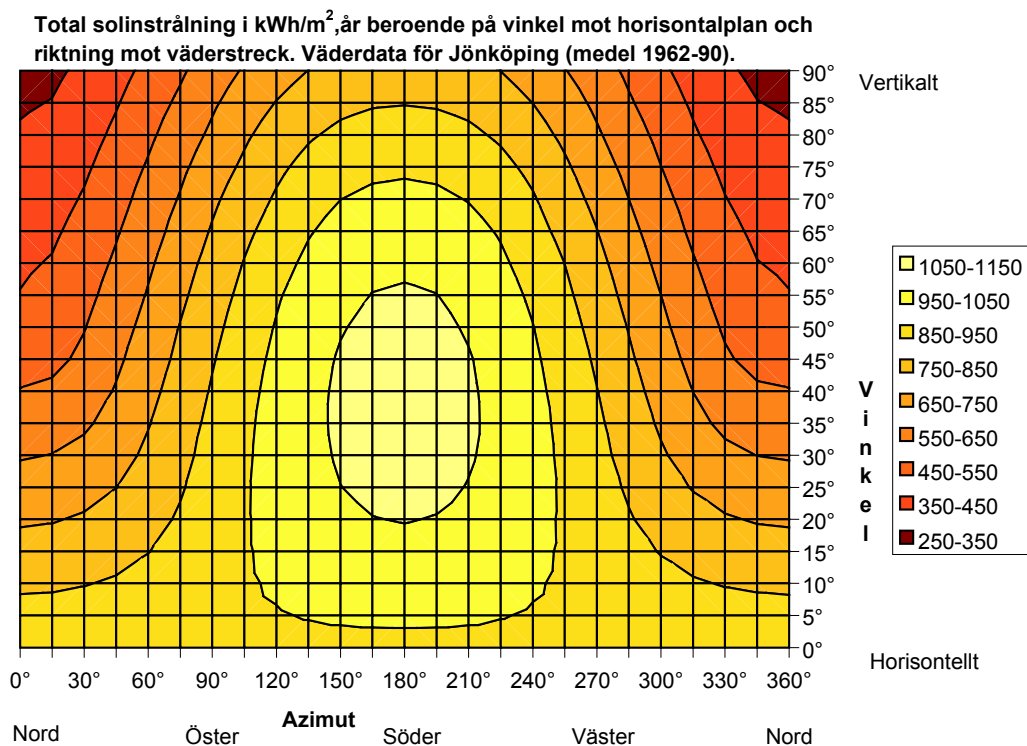


Figur 5-5. Total relativ instrålning över året för Frösön mot olika ytor.

FT= instrålningen mot den vinklade ytan dividerat med instrålningen mot en horisontell yta.

En jämförelse mellan årsinstrålningen för Jönköping (figur 5-1) och Frösön (figur 5-5) visar att den optimala vinkeln mot horisontalplanet är något högre för Frösön, men skillnaden är inte betydelsefull om man accepterar en spännvidd med några procent.

De ovanstående figurerna (5-1 till 5-5), som är hämtade ur PVSYST, omfattar endast vinkeln mot solen mellan öster och väster (+/-90° mot söder). För den totala årsinstrålningen har samtliga vinklar räknats fram för väderdata för Jönköping.

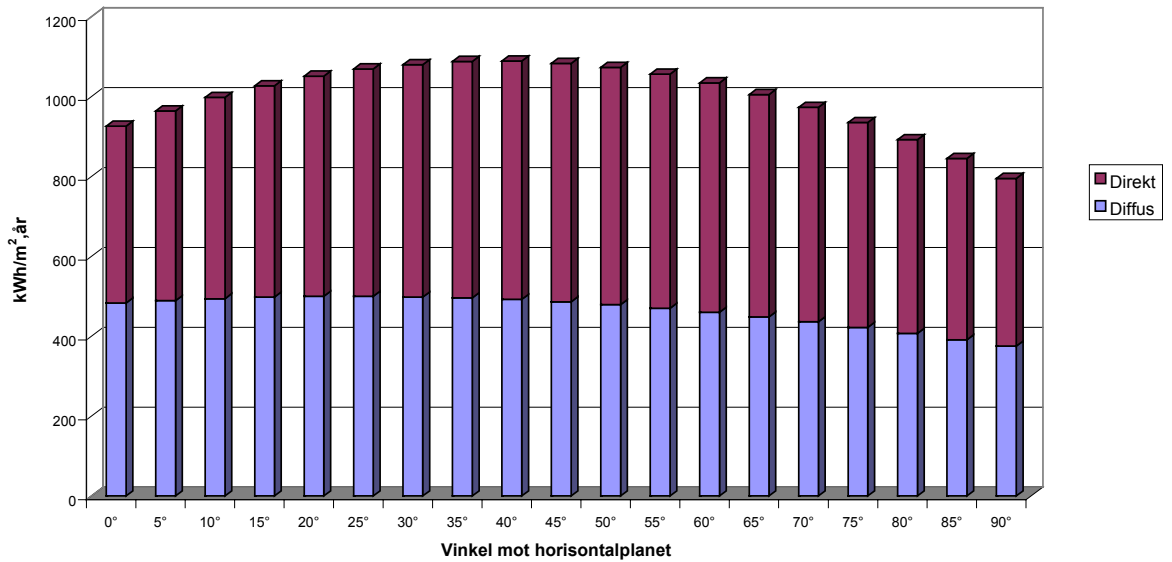


Figur 5-6. Total solinstrålning i kWh/m², år beroende på vinkel mot horisontalplan och riktning mot väderstreck. Väderdata för Jönköping (medel 1962-90). Grafik efter NET Ltd/Gutschner.

I figur 5-6 är den totala medelinstrålningen för Jönköping markerad för samtliga lutningar mot horisontalplanet (0-90°) och samtliga riktningar (0-360°) med 15° intervall (Nowak und Gutschner 1998). Instrålningen är angiven med intervall om 100 kWh/m²,år. Den optimala ytan med en instrålning på mer än 1050 kWh/m²,år omfattas av ytor med en vinkel mot horisontalplanet på mellan 20° och 55° och en avvikelse från söder på max +/-30°.

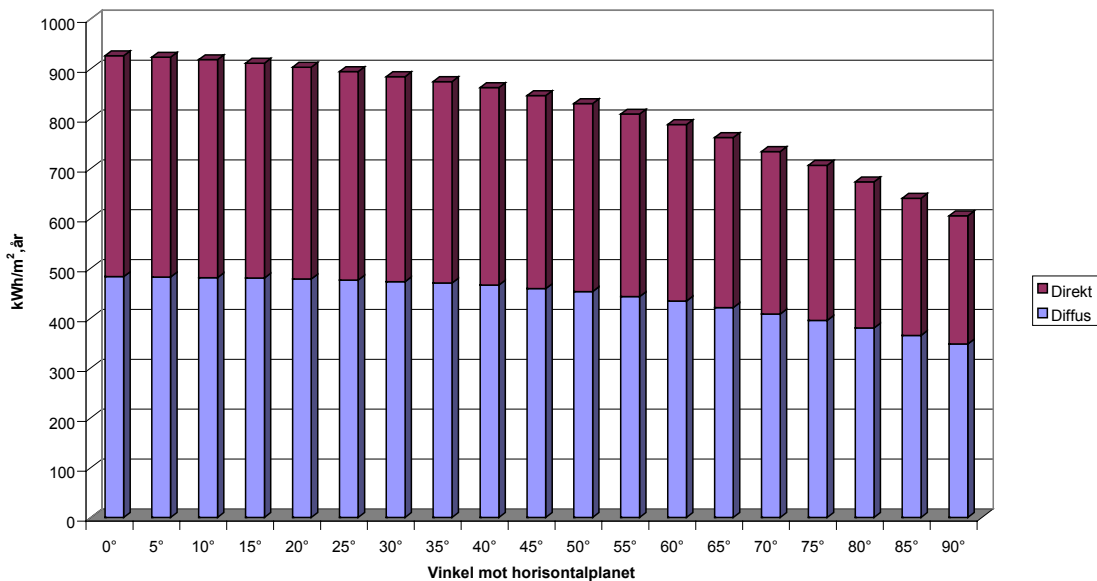
Beroende på vinkel och väderstreck är andelen direkt resp. diffus instrålning olika, vilket visas för Jönköpings väder i figurerna 5-7 till 5-9.

Total solinstrålning mot söder uppdelad i direkt resp diffus instrålning (kWh/m²,år) Jönköping
(väder data medel 1962-90)

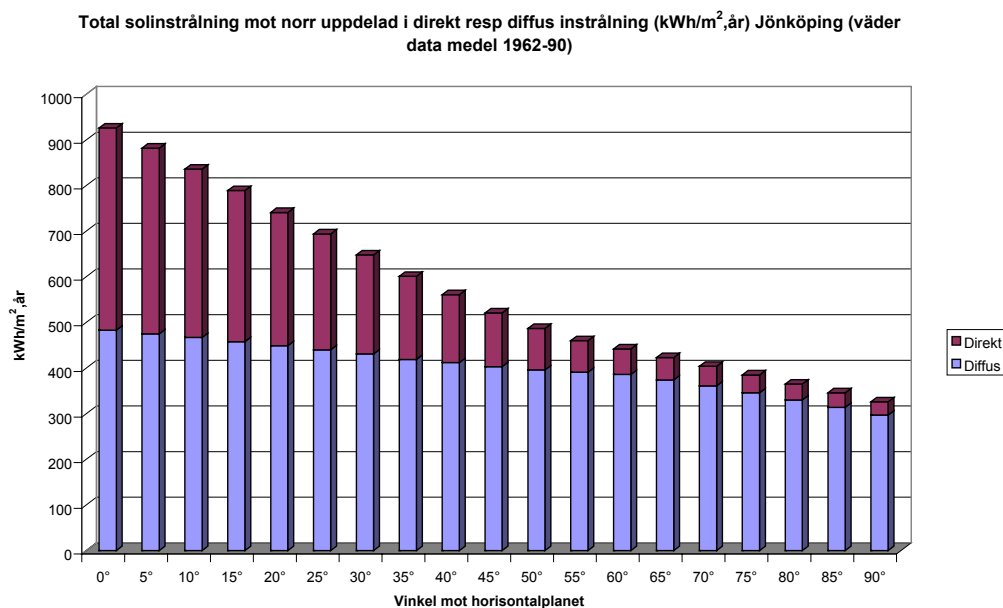


Figur 5-7. Solinstrålning mot söder för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m²,år).

Total solinstrålning mot öster/väster uppdelad i direkt resp diffus instrålning (kWh/m²,år) Jönköping
(väder data medel 1962-90)



Figur 5-8. Solinstrålning mot öster/väster för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m²,år).



Figur 5-9. Solinstrålning mot norr för olika vinklar mot horisontalplanet, uppdelat i direkt resp. diffus instrålning för Jönköping (medel 1962-1990) (kWh/m²,år).

De relativa instrålningen mot byggnadsytor anges grupperat i tabell 5-1 nedan.

Tabell 5-1. Den relativa instrålningen mot ytor med olika vinklar och riktningar för Jönköpings väderdata (medel 1962-1990) (1,00 = maxinstrålning) (180° = Söder).

Riktning	Plant tak 0°	0° - 20°	20° - 35°	35° - 50°	50° - 85°	Vägg 90°
0° - 15°	0,85	0,77	0,62	0,50	0,38	0,29
15° - 45°	0,85	0,78	0,65	0,55	0,44	0,34
45° - 75°	0,85	0,80	0,72	0,65	0,55	0,44
75° - 105°	0,85	0,84	0,81	0,78	0,68	0,55
105° - 135°	0,85	0,87	0,90	0,89	0,79	0,65
135° - 165°	0,85	0,90	0,96	0,96	0,87	0,71
165° - 195°	0,85	0,91	0,98	0,99	0,89	0,73
195° - 225°	0,85	0,90	0,96	0,96	0,87	0,71
225° - 255°	0,85	0,87	0,90	0,89	0,79	0,65
255° - 285°	0,85	0,84	0,81	0,78	0,68	0,55
285° - 315°	0,85	0,80	0,72	0,65	0,55	0,44
315° - 345°	0,85	0,78	0,65	0,55	0,44	0,34
345° - 360°	0,85	0,77	0,62	0,50	0,38	0,29

För att beräkna instrålningen på taken på det befintliga byggnadsbeståndet i Sverige har följande procentuella indelning gjorts för de olika byggnadstyperna enligt Kjellsson 1999.

Tabell 5-2 . Den procentuella indelningen av takvinklar för olika byggnadstyper.

% - takvinkel	0°	0,1° - 20°	20° - 35°
Enfamiljshus	4	5	91
Flerfamiljshus	16	14	70
Lokaler	23	16	61
Industri	23	16	61
Jordbruks	0	0	100
Fritidshus	4	5	91

Den procentuella indelning av riktning mot väderstreck anges nedan i Tabell 5-3. En relativt jämn spridning mellan riktningarna antas enligt Kjellsson 1999.

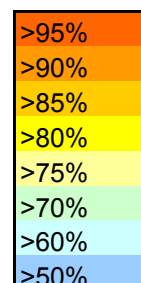
Tabell 5-3. Den procentuella indelningen av riktning mot väderstreck för olika byggnadstyper (180° = Söder).

	Enfamilj	Flerfamilj	Lokaler	Industri	Jordbruks	Fritidshus
0° - 15°	4,3	4,0	3,8	4,2	3,8	4,3
15° - 45°	8,7	8,0	7,7	8,3	7,7	8,7
45° - 75°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
75° - 105°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
105° - 135°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
135° - 165°	8,7	8,0	7,7	8,3	7,7	8,7
165° - 195°	8,7	8,0	7,7	8,3	7,7	8,7
195° - 225°	8,7	8,0	7,7	8,3	7,7	8,7
225° - 255°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
255° - 285°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
285° - 315°	8,0	8,7	9,0	8,3	9,0	8,0
315° - 345°	8,7	8,0	7,7	8,3	7,7	8,7
345° - 360°	4,3	4,0	3,8	4,2	3,8	4,3
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

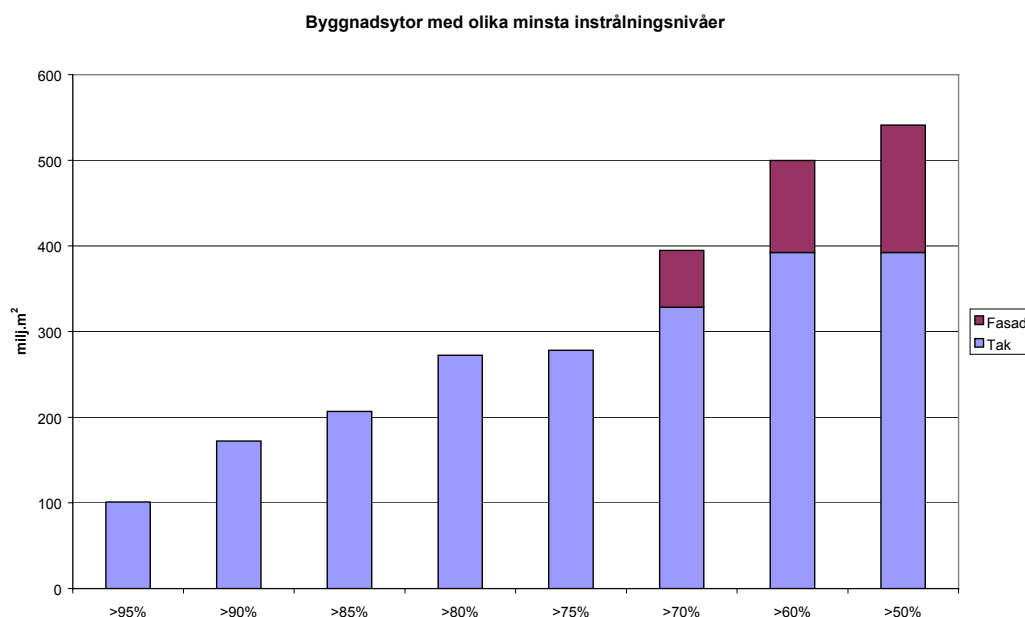
För 80% av Sveriges byggnader har Jönköpings klimat använts för att räkna ut ytorna som träffas av olika instrålningsnivåer.

Tabell 5-4. Den relativa instrålningen mot de vanligaste takvinklarna i grupper resp fasader för olika riktningar mot väderstreck (Jönköping medel 1962-1990) (180° = Söder).

Riktning	Plant tak 0°	0,1° - 20°	20° - 35°	Vägg 90°
0° - 15°	0,85	0,77	0,62	0,29
15° - 45°	0,85	0,78	0,65	0,34
45° - 75°	0,85	0,80	0,72	0,44
75° - 105°	0,85	0,84	0,81	0,55
105° - 135°	0,85	0,87	0,90	0,65
135° - 165°	0,85	0,90	0,96	0,71
165° - 195°	0,85	0,91	0,98	0,73
195° - 225°	0,85	0,90	0,96	0,71
225° - 255°	0,85	0,87	0,90	0,65
255° - 285°	0,85	0,84	0,81	0,55
285° - 315°	0,85	0,80	0,72	0,44
315° - 345°	0,85	0,78	0,65	0,34
345° - 360°	0,85	0,77	0,62	0,29



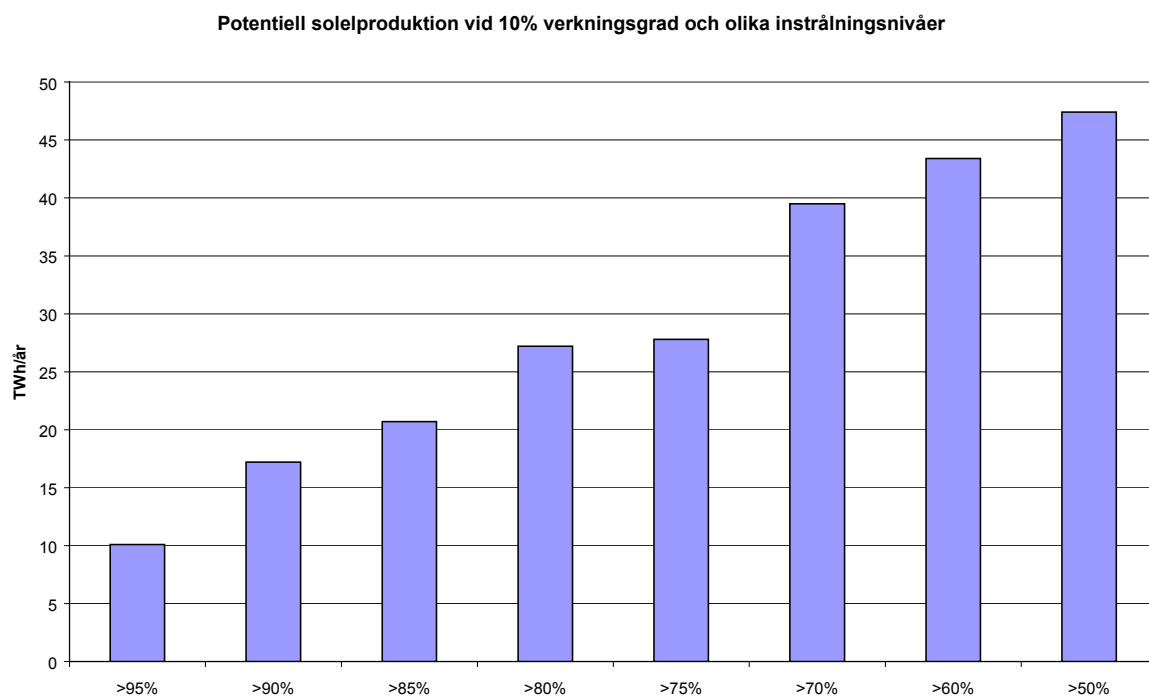
De sammanlagda byggnadsytorna, beräknat med 80% av byggnadsytorna för Jönköpings väder samt 20% för Frösös väder anges för de olika instrålningsnivåerna mellan 50-100% i Figur 5-10 nedan.



Figur 5-10. Sammanlagda ytor på byggnader i Sverige (milj. m²) som träffas av olika instrålningsnivåer.

Potentialen för att producera el från dessa ytor beror dels på vilken avkastning man kräver, dvs vilken minsta instrålning som accepteras, men också på vilken verkningsgrad som solcellssystemet ger. De olika typerna av solceller ger från 5% verkningsgrad upp mot (i

framtiden) 20% (teoretisk gräns vid 30%) och denna stora spännvidd ger också en stor variation i uppskattning av den totala potentialen. Därför har systemverkningsgraden 10% använts i nedanstående figur (5-11). Denna verkningsgrad motsvarar en utnyttjning av både kristallina kiselceller (idag ca 13%) och tunnfilmssolceller (idag ca 5-8%) och ger en enkel omräkning om någon av typerna kommer till större användning eller verkningsgraderna förbättras.



Figur 5-11. Potentiell solesproduktion (TWh/år) vid olika avkastningskriterier och en verkningsgrad på 10%.

Med ovanstående förutsättningar och med ett avkastningskriterium på mer än 70% finns således ca 400 milj. m² byggnadsyta i Sverige. Vid en antagen genomsnittlig verkningsgrad på 10% för solcellsanläggningar på dessa ytor, skulle en potentiell elproduktion uppgå till 40 TWh/år.

6 Slutsatser

En potentialstudie av byggnadsintegrerade solceller kan genomföras ur olika tekniska och ekonomiska synvinklar och med olika tidsperspektiv. Den studie som nu genomförts under 1998-1999 har under första delen genomförts som en kartläggning av det befintliga byggnadsbeståndet i Sverige, uppdelat på olika byggnadskategorier. Byggnadsbeståndet förändras mycket långsamt och de senaste åren har nybyggnationen varit extremt låg. En viss förändring håller på att ske och ett intresse för att markera en hållbar samhällsutveckling gör att såväl nybyggnation som förnyelse av byggnadsområden kan ges ekologiska förtecken, där t.ex. solceller kan ingå.

Den första studien omfattar således en uppskattning av alla byggnader, vilket ger en total siffra som utgångspunkt vid närmare detaljstudier. Osäkerheterna är många, eftersom ett heltäckande statistiskt material inte finns att tillgå. Antaganden har gjorts beträffande skuggningar på fasader och tak och andra begränsningar som minskar den tillgängliga ytan. En begränsning som inte berörs är vandalism, som åtminstone kan begränsa fasadutnyttningen, genom att solcellerna inte får vara alltför lättåtkomliga. I den totala summeringen med instrålningskriterier ingår dock fasaderna med en tämligen begränsad del, eftersom medelinstrålningen över året gör att fasaderna träffas av mindre än 75% av den maximala instrålningen. I ett introduktionsskede kan dock fasaderna spela en stor roll om man bortser från avkastningskriteriet, genom att de på ett positivt sätt kan integreras i byggnaden och visualisera tekniken för en mycket större allmänhet, än vid en undàngömd takplacering.

I den andra delen av studien har klimat och särskilt instrålningsförhållanden studerats över landet. Eftersom Sveriges befolkning till största delen bor i den sydliga tredjedelen av landet, har klimatet för Jönköping utvalts som representativt för 80% av byggnaderna och för resterande 20% har klimatet för Frösön använts. Denna generalisering har gjorts eftersom det är de totala siffrorna som varit av intresse för denna studie. De regionala variationerna har studerats men har varit av mindre intresse i denna studie, som har det befintliga byggnadsbeståndet som utgångspunkt. För en optimering av en ny solcellsanläggning, kan dock dessa mindre variationer vara av större betydelse. Det finns också möjlighet att göra mer detaljerade studier för att vid behov analysera olika geografiska områden eller byggnadstyper. Önskvärt vore dock att genomföra en fältstudie, för att bekräfta antaganden om byggnadsytor, skuggning och andra begränsningar i verkliga byggnadsbestånd.

Beträffande uppskattning av potentiell elproduktion, så ger den stora variationen i verkningsgrad hos olika typer av solceller, en variation på mellan 20 och upp mot 80 TWh/år, för avkastningskriteriet >70% (ytor som träffas av mer än 70% av den maximala instrålningen). Detta innebär möjligen en ännu större spännvidd än osäkerheten av de antaganden som gjorts beträffande byggnadernas ytor, riktningar och vinklar.

I nästa steg föreslås en inriktning på studier av lastmönster för olika verksamheter och byggnadstyper kopplade till instrålningsförhållanden. Därigenom kan kombinationen potentiell yta, produktion och användning användas för potentialbedömningar av skilda slag med mer inriktning på teknik, ekonomi och marknadspotential.

7 Referenser

Harderup E., (1995), *"Klimatdata för fuktberäkningar, Väderdata från tio meteorologiska mätstationer i Sverige"*, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, Rapport 3025

Josefsson W., (1987), *"Solstrålningen i Sverige, Tids- och rumsfördelning"*, Byggnadsforskningsrådet, Stockholm, BFR R112:1987

Kjellsson E., (1999a), *"Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige, Rapport 1. Ytor på byggnader"*, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, Rapport TVBH-7210

Kjellsson E., (1999b), *"Potential for Building Integrated Photovoltaics, Study for Sweden, Report 1. Area of Building Envelopes"*, Avdelningen för Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, Rapport TVBH-7211

Mermoud A., (1996), *"PVSYST Version 2.0 User's Manual"*, University of Geneva, Switzerland

Nowak S. und Gutschner M., (1998), *"Photovoltaisches Potential im Kanton Freiburg"*, NET Nowak Energie & Technologie AG, St. Ursen, Switzerland