



LUND UNIVERSITY

Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige

Rapport 1. Ytor på byggnader

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 1. Ytor på byggnader.* (TVBH; Nr. 7210). 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 1. Ytor på byggnader

Elisabeth Kjellsson

Rapport TVBH-7210 Lund 1999
Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige

Rapport 1. Ytor på byggnader

Elisabeth Kjellsson



ISRN LUTVDG/TVBH—99/7210—SE(34)

Avd. för Byggnadsfysik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118, 221 00 Lund

Foto föregående sida: Solceller på fasaden till kontorsbyggnad tillhörande Göteborgs Energi

Arbetet ingår som del i Elforsk programmet SOLEL 97-99

INNEHÅLL

Förord	5
Sammanfattning	7
Bakgrund och omfattning av projektet	9
Byggnadsintegrerade solceller	9
Tidigare studier	10
Statistiska uppgifter	13
Småhus	15
Flerfamiljshus	18
Materialanvändning till flerbostadshus	20
Renoveringsbehov för flerbostadshus	21
Lokaler	21
Industribyggnader	22
Lantbruksbyggnader	23
Fritidshus	23
Begränsningar av tak- och fasadytor	24
Orientering av byggnader	24
Takvinkel.....	24
Hinder på tak	25
Ytkonkurrens från termiska solfångare	25
Skuggning på fasader och tak.....	27
Byggnadshistoriska restriktioner	28
Nybyggnation	29
Sammanställning av netto-ytor	30
Litteratur	33

FIGURER

Figur 1. Antal bostäder i småhus resp. flerfamiljshus med olika byggnadsår (FoB 1990).....	14
Figur 2. Antal fastigheter i Sverige 1997 (SCB 1997e).....	15
Figur 3. Uppvärmad yta i olika byggnadstyper i Sverige 1996 (km ²), totalt 757 km ² . (SCB 1997 d).....	15
Figur 4. Total uppvärmd yta för småhus med olika byggnadsår (SCB 1997 a).....	16
Figur 5. Exempel på småhus från olika byggnadsperioder.....	16
Figur 6. Total uppvärmd yta i flerfamiljshus för olika byggnadsår (SCB 1997 b).....	18

TABELLER

Tabell 1. Tak- respektive fasadytor samt elproduktion vid olika avkastningskriterier för Schweiz.....	10
Tabell 2. Potentiell netto-takyta och energiproduktion för solceller i olika länder (EU 1996).	12
Tabell 3. Sammanställning av bruttotak- och fasadytor för småhus.....	17
Tabell 4. Procentuell fördelning av fasadmateriäl på småhus för olika byggnadsår.....	18
Tabell 5. Uppskattning av brutto-tak-och fasadytor för olika typer av flerfamiljshus för olika byggår.....	19
Tabell 6. Ytor av olika typer av lokaler från olika byggnadsperioder i km ² och procent, 1996. (SCB 1997 c).....	22
Tabell 7. Byggnadsytor på industrifastigheter indelat i aktiviteter och användning (km ²)(SCB 1997 c).....	22
Tabell 8. Beräkning av brutto tak och fasadytor på industribyggnader (km ²).....	23
Tabell 9. Takens orientering för olika typer av bebyggelse.....	24
Tabell 10. Medeltaklutning samt takytans procentuella fördelning på olika taktyper.....	25
Tabell 11. Ytbehov för solfångare för uppvärmning av tappvarmvatten resp total uppvärmning i bostäder och lokaler.....	27
Tabell 12. Reduktionsfaktorer för tak och fasadytor p.g.a. skuggning.....	28
Tabell 13. Andelen kulturhistoriskt värdefulla hus enligt besiktning 1979.....	28
Tabell 14. Uppskattning av andelen kulturhistoriskt värdefulla hus i det totala beståndet.....	29
Tabell 15. Sammanställning av begränsningar för olika ytor.....	30
Tabell 16. Sammanställning av tak och fasadytor för respektive byggnadstyp, brutto och netto.	31
Tabell 17. Jämförelse mellan taktyper i Sverige i studie från 1983 (VBB 1983), i Schweiz 1995 (Gutschner 1995) samt denna studie.....	31
Tabell 18. Jämförelse mellan fasadytor i Sverige i studie från 1983 (VBB 1983), i Schweiz 1995 (Gutschner 1995) samt denna studie.....	32

Förord

Uppdraget att undersöka potentialen för byggnadsintegrerade solceller (Building integrated photovoltaics, BIPV) i Sverige är en teoretisk problemställning där befintliga byggnadsytor summeras för att visa den maximala potentialen för BIPV i Sverige. Ett antal avgränsningar har gjorts, t.ex. hur denna solet ska distribueras och ev lagras, dvs hur systemet skulle kunna byggas upp och anpassas till övriga kraftkällor och behov. En annan aspekt är att byggnadsbeståndet förändras långsamt då de flesta av morgondagens byggnader är redan byggda. Andelen nybyggda bostäder per år har under de senaste 20 åren varierat mellan 0,2 – 1,5% per år. Att storskaligt förändra de befintliga byggnadernas skal, där investeringsbeslut fattas av alla spridda ägare, är i dagens läge helt orealistiskt. Icke desto mindre finns det ett intresse att finna de totala siffrorna för hur solen som kraftkälla skulle kunna utnyttjas i Sverige, att kunna göra jämförelser med andra länder, att få fram storleksordningar för olika typer av projekt och att kunna utnyttja denna information inom anknytande typer av forskningsområden.

I detta första skede är byggnadsytorna summerade och i nästa steg kommer ytorna att kopplas till solinstrålningen där vinkel och orientering avgör vilket avkastningsindex som kan kopplas till respektive yta.

De beräknade ytorna innehåller osäkerheter eftersom de bygger på tillgängligt statistiskt material och när sådant saknats, på antaganden. Därför bör inte resultatet i rapporten betraktas som den enda sanningen, förbättringar kan göras under hand allteftersom nya beräkningar, analyser eller statistiskt material framtagits.

Som utgångspunkt för de beräknade ytorna har ett oberoende statistiskt material från främst SCB utnyttjats. Vid bestämning av t.ex. olika reduktionssatser har äldre potential rapporter använts, när det inte funnits skäl till eller nya fakta för att bestämma nya. Detta gör att ev. gamla fel kan upprepas även i detta material, samtidigt som det ger en viss möjlighet till jämförelse mellan olika rapporter. Bestämning av reduktionssatser kan förbättras genom fältstudier, men det har inte hittills funnits någon möjlighet att genomföra praktiskt.

Arbetet ingår som en del i Elforsk programmet SOLEL 97-99 och ingår även i ett internationellt samarbete inom IEA (Internationell Energy Agency) PV Power System Program, "PV in the Built Environment" (Task VII). Detta samarbetsprojekt startade 1997 och planeras att pågå i 5 år. En något utökad version av denna rapport finns på engelska.

Arbetet har huvudsakligen utförts av Elisabeth Kjellsson, Lunds Tekniska Högskola, avd. för Byggnadsfysik. Vid planeringen av projektet deltog Ola Gröndalen, Sycon AB, Malmö tillsammans med en referensgrupp bestående av: Lennart Spante, Vattenfall Utveckling AB, Älvkarleby, Mats Andersson, Energibanken i Jättendal AB, Jättendal, Sture Holmström, Birka Teknik & Miljö AB, Stockholm och Kjell Jonasson, Göteborgs Energi AB, Göteborg. Från Elforsk AB, Stockholm, har Cristian Andersson varit programansvarig.

Sammanfattning

För att göra en total sammanräkning av befintliga ytor på byggnader i Sverige har byggnadsbeståndet delats in i sex grupper: småhus, flerfamiljshus, lokaler, industribyggnader, lantbruksbyggnader och fritidshus. För dessa olika byggnadstyper finns statistik av olika slag, främst från SCB (Statistiska Centralbyrån). Det finns ingen statistik beträffande ytor av byggnadernas skal, ej heller orienteringar eller takvinklar. För att komma fram till dessa värden har olika antaganden fått göras.

Som första översikt kan den statistiskt kända markanvändningen utnyttjas. Endast 2,7% av den totala markytan hänförs till bebyggd mark, dvs ca 11.000 km² och det innefattar såväl ytor till transport, kommunikationer samt tomtmark. Ur tomtmarken för bostäder (5.600 km²) kan en grov uppskattning göras av den sammanlagda takytan genom att ansätta att den bebyggda andelen av ytan är t.ex. 5-10%. Detta skulle innebära en takyta för bostäderna på 280 - 560 km².

Om man går djupare in i materialet finns statistik som anger antal fastigheter och antal byggnader eller lägenheter. Dessutom finns statistik, som egentligen är framtagen för att undersöka energianvändningen i byggnader, där det finns uppgifter på uppvärmd golvyta för de flesta byggnadstyperna. Detta ger en uppfattning om fördelning mellan olika byggnadstyper men eftersom antal våningsplan samt icke uppvärmda ytor saknas, måste dessa uppgifter ansättas. Den totala uppvärmda ytan för småhus är 250 km² och för flerfamiljshus 166 km². För hela byggnadsbeståndet är den totala uppvärmda ytan 757 km². Med ett antaget genomsnittligt våningsantal om två våningsplan, så skulle takytan vara 378 km² för alla uppvärmda byggnader. Till detta läggs ytan för icke uppvärmda byggnader. En första ansats är att denna yta är lika stor, dvs att den totala takytan i detta fall blir 757 km².

Vid närmare studier av de olika byggnadstyperna med utgångspunkt från uppvärmd yta, antal byggnader från olika tidsperioder, medelyta/hus, takvinklar, antal medelvåningsplan från resp. tidsperiod och tillägg för icke uppvärmda biytor fås bruttotakytor och bruttofasadytor enligt tabellen nedan. För fasadytorna har redan ett generellt avdrag på 25% gjorts för att ta hänsyn till fönster och dörrar. Övriga reduktioner för olika typer av hinder redovisas i tabellen.

Tabell I. Sammanställning av begränsningar för olika ytor.

Alla ytor i km ²	Bruttoyta		Hinder	Solfångare Tak*		Skuggning		Byggnads-historiska reduktioner	
	Tak	Fasad	Tak	Alt 1	Alt 2	Tak	Fasad	Tak	Fasad
Småhus	290	277	29	5	120	29	83	46	44
Flerfamiljs-hus	45	83	9	3	75	7	33	4	7
Lokaler	44	44	9	-	70	9	22	8	8
Industri	94	80	19			9	24		
Lantbruks-byggnader	127	62	6			13	19		
Fritidshus	70	60	7			7	18		
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 motsvarande årsbehovet för uppvärmning och tappvarmvatten (förluster ej medtagna)

En sammanställning av resultatet finns i tabellen nedan, där bruttoytor, reduktioner (förutom för fönster och dörrar som redan är frändraget) och nettoytor för de olika byggnadstyperna finns redovisade. I nettoytorna har inte heller 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 II. Sammanställning av tak och fasad ytor.

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
Flerfamiljs-hus	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

Ytorna i tabellen inkluderar alla riktningar och en uppdelning måste göras för att få en potential kopplat till olika instrålningsförhållanden. Detta kommer att ske i nästa etapp av arbetet.

Bakgrund och omfattning av projektet

I takt med att prestanda hos solceller förbättras, ökar också intresset för användning av solceller även på våra nordliga breddgrader. Till att börja med har den kommersiella tillämpningen främst varit icke nätanslutna system med låg effekt. På sikt kan man dock förvänta sig att solceller kan konkurrera även i nätanslutna tillämpningar och då har byggnadsmonterade solceller goda möjligheter för en ökad användning (Sick och Erge 1996).

Potentialen för solceller kan beskrivas ur flera aspekter; ytpotential, teknisk potential och marknadspotential. Ytpotentialen är de arkitektoniskt och byggnadstekniskt användbara ytorna på byggnader idag eller i framtiden, inom en geografisk region eller t.ex. ett land. Den tekniska potentialen kan beskriva byggnads-integrerade tekniska lösningar, systemprestanda och tillgång till tekniskt möjliga och lokalt anpassade lösningar. Marknadspotentialen eller ekonomisk potential är en koppling mellan tillgång och behov, verkningsgrad, finansiering och andra värden, t.ex. miljövänlig image, publicitet mm.

För att få en första uppfattning om den möjliga, framtida potentialen för solceller i Sverige har denna studie av tillgängliga byggnadsytor genomförts under 1998. Skillnaden mellan Sverige och flertalet andra Europeiska länder är att Sverige är glesare befolkat och den bebyggda ytan är procentuellt liten. I Sverige finns också stora obefolkade områden, som inte brukas eller utnyttjas, vilket innebär att det i Sverige inte råder en direkt brist på ytor. De "oanvända" ytorna är dock oftast långt ifrån bebyggelsen, vilket innebär nackdelar jämfört med en solcellproduktion inne bland bebyggelsen, där elbehovet finns. Eftersom det finns även andra fördelar med byggnadsteknisk integrering vilka redovisas nedan, har intresset i denna studie avgränsats till byggnaders ytor.

För att ytorna ska kunna värderas måste de delas in efter vinkel mot solen och lutningar mot horisontalplanet. Dessutom måste alla hinder beaktas, som t.ex. skuggning och fysiska hinder. Därefter grupperas ytorna efter olika avkastningskriterier kopplat till solinstrålningen och en sammanlagd energipotential kan erhållas. I studien som utförts under 1998 har endast olika ytor med reduktion av hinder beräknats och i en fortsättning under 1999 kommer detta att kopplas till instrålningen.

Byggnadsintegrerade solceller

Traditionellt har solceller monterats på speciella stödkonstruktioner. Det finns dock både arkitektoniska, tekniska och ekonomiska fördelar med byggnadsintegrerade solceller. En anledning är att ingen extra landyta krävs och att solceller därmed kan produceras i tät-bebyggda områden. Vid måttlig utbyggnad krävs inte heller någon förändring av elnätet utan solcellerna kan användas direkt under dagtid. Det krävs dock att det finns ett behov även under sommaren, då produktionen är störst. En annan fördel med byggnadsmontering är att transmissions- och distributionsförlusterna minskar om den producerade solcellerna kan användas direkt.

En möjlig ekonomisk fördel är att solcellerna ersätter traditionellt byggnadsmaterial och t.o.m. utnyttjas som ett arkitektoniskt element i fasad eller på tak. Solceller kan även användas som olika slags regn och vindskydd, vid avskärmning av direkt ljusinstrålning eller vid

bullervallar. Möjligheterna till användningsområden är många och utgör en utmaning för arkitekter vid nybebyggelse, men även vid renovering och stadsförnyelse. Många projekt har kommit till stånd i andra länder men det krävs flera demonstrationsprojekt i Sverige för att visa och utveckla tekniken. Olika typer av solcellsmoduler finns redan idag men kommer i framtiden att utvecklas och finnas i en allt större variation av utseende, struktur, färg, genomskinlighet mm.

Tidigare studier

Ett antal studier av ytpotentialer har genomförts i Europa och USA. Två typer av metoder har förekommit; dels en metod som bygger på statistiskt material och dels en metod som bygger på en detaljerad studie av ett område, vars resultat extrapoleras till t.ex. hela landet. För att nå bästa resultat bör en kombination av metoderna användas. Detta gjordes redan i viss mån i en undersökning i Sverige 1983 (VBB 1983) med avsikten att bedöma potentialen för solel monterade på det förväntade byggnadsbeståndet år 2000. Nybyggnationen sedan 1983 har dock inte motsvarat förväntningarna och för solinstrålningsberäkningarna användes endast instrålningen för 1971 i Stockholm, men i övrigt ger undersökningen ett användbart underlag för denna studie. Resultatet vid avkastningskriteriet $>0,75$, dvs ytor som träffas av minst 75% av den maximala instrålningen, ger en total netto-takyta av 160 km^2 .

I Schweiz är intresset för byggnadsintegrerade solceller stort bl.a. på grund av en mycket begränsad tillgång till inhemska bränslen samt begränsningar av möjligheten att utnyttja landområden. Flera potentialstudier har genomförts och i Gutschner 1995 ges en utförlig beskrivning av metod, statistik, urval, begränsningar och resultat. Vid olika avkastningskriterier ges byggnadsytor och möjlig energiproduktion. Vid avkastningskriteriet $>80\%$ är den tillgängliga takytan $126-179 \text{ km}^2$, medan fasadytorna aldrig träffas av så hög instrålning, se Tabell 1. Vid motsvarande avkastningskriterium på $>50\%$ är takytan $180-256 \text{ km}^2$ (motsvarande $15-21 \text{ TWh/år}$) och vid detta kriterium kan även fasadytorna bidra med $57-91 \text{ km}^2$ (motsvarande $3-5 \text{ TWh/år}$).

Tabell 1. Tak- respektive fasadytor samt elproduktion vid olika avkastningskriterier för Schweiz.

Avkastningskriterier (% av maximal instrålning)	$>0,5$	$>0,8$
Takyta – netto (min och max) (km^2)	180-256	126-179
Elproduktion från solceller vid takmontering (TWh/år)	15-21	11-16
Fasadyta – netto (min och max) (km^2)	57-91	-
Elproduktion från solceller vid fasadmontering (TWh/år)	3-5	-

Ur energiproduktionssynpunkt är således takytorna helt överlägsna fasaderna, p.g.a. den högre instrålningen som träffar taken.

Vid jämförelser mellan olika länder eller områden kan nettotakyta per person användas som jämförelsetal. I Gutschner 1995 redovisas för Schweiz en potentiell nettotakyta från 7 till 26

m²/person, vid avkastningskriterium från >0,9 till >0,5. I den svenska rapporten (VBB 1983) finns inte dessa tal specifikt framräknade men för avkastningskriteriet >0,75 skulle den potentiella nettotakytan motsvara ca 20 m²/person.

För Tyskland har mellan 1990 – 1994 flera potentialstudier utförts beträffande mindre områden eller specifika orter, samt en studie gällande hela landet. För de olika områdena varierar värdena på den potentiella nettotakytan mellan 3,8 -25 m²/person. Flera studier ligger på värden runt 10 m²/person, vilket också studien för hela landet anger.

I Nederländerna finns en databas med uppgifter om byggnaders ytor, höjd och takutformning. Med utgångspunkt från databasen har ett beräkningsprogram konstruerats där potentialen erhålls ("*Het potential van PV op daken en gevels in Nederland*", G. Bergsma (1995), ref i Gutschner 1995). Det finns inte några kända liknande databaser i andra länder.

I Storbritannien har studier gjorts med utgångspunkt från olika större stadscentra. Med hjälp av flygbilder som analyserats fotogrammetriskt, simulerades byggnaderna i städerna. Från resultaten extrapolerades värdena till hela Storbritanniens byggnadsbestånd, indelade i tre grupper: bostäder, industrier och lokaler. Ytorna är inte redovisade utan endast den potentiella elproduktionen. Vid en verkningsgrad på 13% var potentialen 208 TWh/år (1995) och för år 2020 ansattes verkningsgraden 20%, vilket ger 364 TWh/år.

Även i USA har potentialstudier för solex utförts ("*Building –Integrated Photovoltaics: Analysis and U.S. Market Potential*", Little (1995)). Ytpotentialen ges här mer som en storleksordning uppskattad av experter och studien är mer inriktad på marknadspotential.

Inom OECD länderna har en internationell studie och jämförelse genomförts, "*Estimation of the PV-Potential in OECD-Countries*", (M. Van Brummelen och E. A. Alsema). Den rapporterades under 12th European Photovoltaic Solar Energy Conference, April 1994, i Amsterdam,. Avsikten med studien var att bedömma både den tekniska potentialen och att undersöka marknaden. Geografiska, ekonomiska och sociala förhållanden beaktades och statistiska data samlades in från alla OECD länderna. Extrapolationer av befolkningsförändringar, marknad, hushållsstorlek o dyl genomfördes och resulterande potentialen anges som storleksordningar. Eftersom likvärdiga bedömningar utförts och samma kriterier har använts, så är jämförelsen mellan länderna av intresse.

Resultaten från OECD-studien ligger till grund för en studie genomförd inom EU's Altener-program. I den studien medverkar också European Photovoltaic Industry Association (EPIA) och rapporten "*Photovoltaics in 2010*" publicerades 1996 (EU 1996). Den innehåller 4 omfattande volymer:

1. *Current status and a strategy for European industrial and market development*
2. *A strategic plan for Europe*
3. *The world PV market to 2010*
4. *Micro and macroeconomics for sustainable policies on photovoltaics in Europe*

Rapporten innehåller uppgifter om potentiella takytor och energiproduktion för åren 1990 samt 2010. Man har inte räknat med fasadytorna alls eftersom man anser att fasadintegrering är av mindre intresse eftersom det innebär mer tekniska, arkitektoniska och estetiska problem.

De tillgängliga takytorna reduceras med en faktor för att ta hänsyn till skuggning och hinder. För de flesta taken är denna faktor 40-44%, medan den för lutande tak på bostäder är 20-25%,

vilket innebär att hänsyn tas även till orientering. Reduktion för användning av takytor för termiska solfångare görs ej.

Tabell 2. Potentiell netto-takyta och energiproduktion för solceller i olika länder (EU 1996).

Countries	Irradiation (kWh/m ² ,year)	Area potential 1992 (km ²)	Area potential/inhabitant 1992 (m ² /inhab.)	Area potential 2010 (km ²)	Producible PV energy 2010 (MWh/year)	Producible PV energy 2010 (kWh/year, inhabitant)
Austria	1.200	78	9,9	80	11.122.629	1.376
Belgium	1.000	77	7,7	79	9.203.323	894
Denmark	1.000	51	9,8	53	6.126.082	1.139
Finland	900	64	12,8	69	7.175.555	1.338
France	1.200	569	9,9	622	86.665.891	1.381
Germany	1.000	988	12,3	968	112.464.956	1.424
Greece	1.500	81	7,9	91	15.898.363	1.370
Iceland	800	3	11,5	3	322.156	1.068
Ireland	1.000	25	7,1	29	3.408.049	830
Italy	1.300	542	9,4	529	79.847.648	1.416
Luxembourg	1.000	4	10,2	4	497.727	1.185
Netherlands	1.000	114	7,5	127	14.737.705	871
Norway	900	52	12,1	56	5.827.021	1.264
Portugal	1.700	76	7,8	78	15.311.039	1.531
Spain	1.600	256	6,5	253	46.961.150	1.217
Sweden	900	111	12,8	116	12.113.223	1.334
Switzerland	1.200	72	10,4	74	10.315.333	1.454
United Kingdom	1.000	467	8,1	484	56.196.799	938
Europe		3.630	9,5	3.723	494.194.649	1.268
USA – Alaska	1.000	8	17,7	10	1.175.005	2.057
USA - Rest	1.600	2.832	13,3	3.582	665.523.024	2.558
USA – South West	2.100	768	15,6	971	236.881.076	3.803
USA total		3.608	14,1	4.563	903.579.106	2.797
Canada	1.200	355	13,0	413	57.587.360	1.806
Australia	2.000	214	12,2	265	61.456.001	2.840
New Zealand	1.400	44	12,9		8.206.059	2.104
Turkey	1.700	394	6,7	523	103.185.630	1.330
Japan	1.300	1.039	8,3	1.050	158.503.338	1.260

I Tabell 2 kan man se att med det statistiska underlag som använts, så har Sverige jämfört med många andra länder en förhållandevis hög potentiell energiproduktion per innevånare, särskilt i förhållande till den låga instrålningen. Detta beror främst på att bostadsytorna är stora per person och att låg bebyggelse (1 – 1½ plan) är vanlig. Jämför t.ex. med värdena för Spanien som har nästan dubbelt så hög instrålning men i stort sett hälften så stor yta per person, vilket ger ett snarlikt värde på energiproduktion per innevånare, 1200-1300 kWh/person och år.

Statistiska uppgifter

Av Sveriges 411.000 km² landyta utnyttjas endast 2,7% (11.000 km²) till bebyggd mark, inklusive tomtmark. Av dessa 2,7% används ca 1/3 till ytor för transport och kommunikationer. Till bostäder (med tomtmark) används 5.600 km² och till lokaler och industrier ca 900 km². Beträffande bostäder kan med hjälp av detta material en mycket grov uppskattning av takytan göras. Den obebyggda delen av tomtmarken är avsevärt större än den bebyggda och med ansatsen att 5-10% av ytan är bebyggd fås en total horisontell takyta på 280 –560 km². Intervallet innehåller en stor osäkerhet, men skulle kunna undersökas med hjälp av t.ex. flygfoton.

Den statistik som finns tillgänglig i Sverige genom Statistiska Centralbyrån (SCB) omfattar dels uppgifter på markanvändning enligt ovan, dels en relativt detaljerad statistik om antal byggnader, byggnadsår, geografisk placering och uppvärmd yta. Det finns också uppgifter om våningsantal, nybyggnation, rivning och i viss mån renovering. Däremot saknas de för studien intressanta uppgifterna om takvinklar, orientering, takform, fasadytor och ytor för icke uppvärmda byggnader. För att räkna fram bruttoytor för tak och fasader med olika riktningar och vinklar måste således en mängd antaganden göras. Dessutom måste hinder för montage och skuggning uppskattas samt avvägningar göras för begränsningar såsom kulturhistoriska och arkitektoniska aspekter.

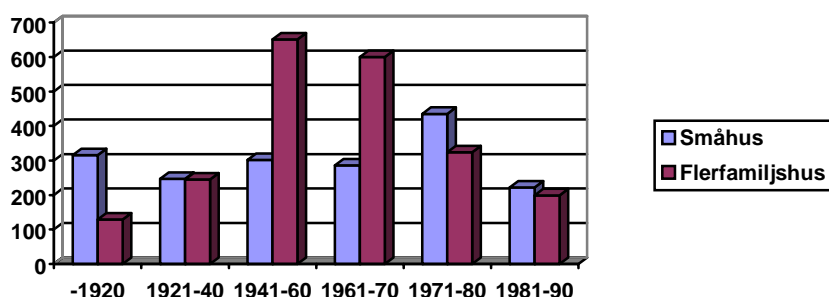
Genom att byggnadsår och i viss mån byggnadstyper är kända kan man för bostäderna göra uppskattningar med hjälp av statistiken. För att få ett bättre underlag borde ett urval göras för närmare granskning. Det har hittills inte gjorts i denna studien, utan uppgifterna bygger på referenser.

Det är naturligtvis orealistiskt att tänka sig att dagens byggnader helt skulle täckas med solceller. Förändringar av byggnaders skal kan utföras av flera anledningar, t.ex. av byggnads- eller materialtekniska skäl; skador i ytskikt eller dålig isolering. Andra anledningar kan vara förändrad användning av byggnaden eller tillbyggnad. Många byggnadsskal renoveras endast en gång och tidpunkten beror bl.a. på vilka material som använts och hur underhållet skett. Ett tillfälle att montera solceller på en befintlig byggnad är vid ett renoveringstillfälle, när en åtgärd ändå ska utföras på huset.

I den senaste Folk-och Bostadsräkningen 1990 (FoB) fanns i Sverige 4.043.000 bostäder indelade i 1.874.000 småhus och 2.169.000 lägenheter i flerfamiljshus. Majoriteten av Sveriges 8.8 miljoners befolkning bor i småhus. Ur FoB 1990 erhålls att 4.9 miljoner personer bodde i en- eller tvåfamiljshus och att 3.3 miljoner bodde i flerfamiljshus. Genomsnittsytan per person (1997) är 54 m² i småhus resp. 48 m² i flerfamiljshus. De genomsnittliga våningsantalen är inte kända men med ett antagande om 1,25 våningar i småhus och 2,5 våningar i flerfamiljshus fås en total horisontell takyta på 212 km² för småhus och 63 km² för flerfamiljshus. Noggrannare beräkningar görs under respektive avsnitt. Helt klart är dock att småhusens takytor är dominerande i total brutto-storlek.

I Figur 1 framgår fördelningen av bostäder mellan småhus och flerfamiljshus samt husens byggnadsår. Sverige har ett relativt ungt (EU perspektiv) byggnadsbestånd med 17% (316.000) av småhusen byggda före 1920. Från de nästföljande 40 åren fram till 1960, återfinns i genomsnitt ca 14.000 småhus från varje år i det befintliga byggnadsbeståndet. Därefter startade en mer intensiv byggnadsperiod med ett genomsnitt av 29.000 småhus per år

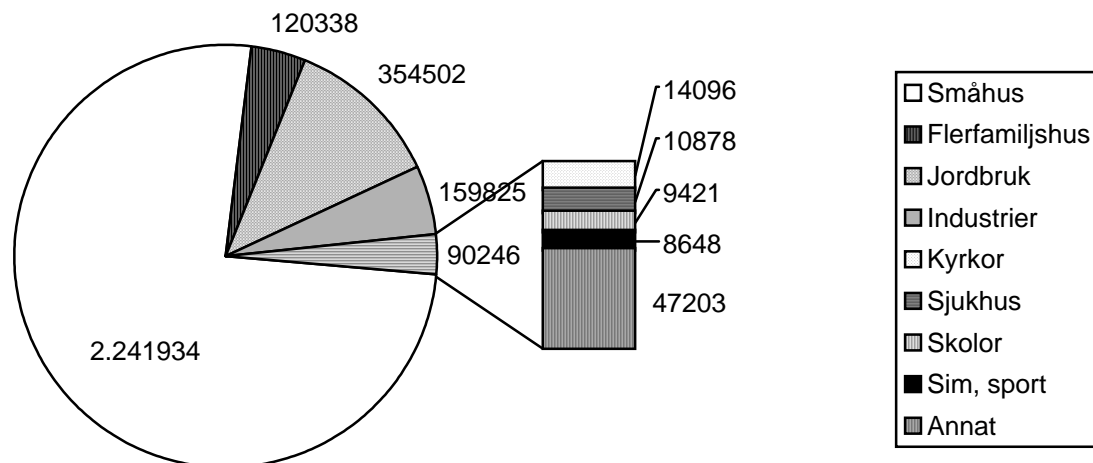
under 1961-70 och de allra högsta siffrorna för perioden 1971-80 med 44.000 småhus per år. Därefter har byggnadstakten minskat och 1995 byggdes färre än 4.000 småhus.



Figur 1. Antal bostäder i småhus resp. flerfamiljshus med olika byggnadsår (FoB 1990).

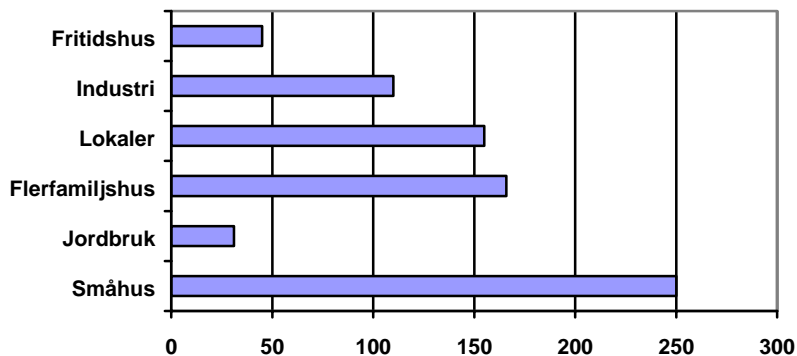
Flerfamiljshusen byggdes mest intensivt under perioden med det s.k. miljonprogrammet. Från perioden 1961-70 byggdes nästan 30% (600.000) av det totala antalet bostäder i flerfamiljshus. Från perioden innan, dvs 1941-60 och efter 1971-80 byggdes ca 32.000 bostäder respektive år, dvs byggnadstakten var ungefär hälften mot det intensiva 60-talet. Även för flerfamiljshus har byggnadstakten minskat drastiskt och var för 1995 mindre än 4.000 lägenheter.

I statistiskt underlag från SCB finns uppgifter om antalet fastigheter i Sverige. Det ges inga ytuppgifter, men för att studera tänkbara ytor för solceller kan uppgifterna om olika byggnadstyper vara användbara, se Figur 2. Det största antalet fastigheter utgörs av småhusen, som omfattar ca 75% av alla fastigheter. För flerfamiljshusen är antalet fastigheter missvisande i relation till antalet byggnader, eftersom en flerfamiljsfastighet kan omfatta ett antal byggnader med flera lägenheter; i genomsnitt 18 lägenheter per fastighet. Antalet skolor är ca 9.400 och det finns ca 10.900 sjukhus och ca 8.600 sim- och sportanläggningar. På dessa lokaler kan det finnas fördelar med solcellsmontering. Däremot är det knappast troligt att de ca 14.000 kyrkorna kommer att förses med solceller, p.g.a. byggnadshistoriska värden.



Figur 2. Antal fastigheter i Sverige 1997 (SCB 1997e).

Den tillgängliga statistiska informationen från SCB omfattar även uppvärmda ytor i olika byggnadstyper, se Figur 3. Tyvärr saknas information om icke uppvärmda ytor som t.ex. garage till bostadshus och maskinhallar, ladugårdar och stall. Ofta kan dessa uppvärmda byggnader vara mer lämpliga för solceller än övriga byggnader, eftersom fönster ofta saknas och ytorna ofta är större och mer sammanhängande. Dessutom saknar dessa byggnader oftast andra typer av historiska eller arkitektoniska restriktioner.

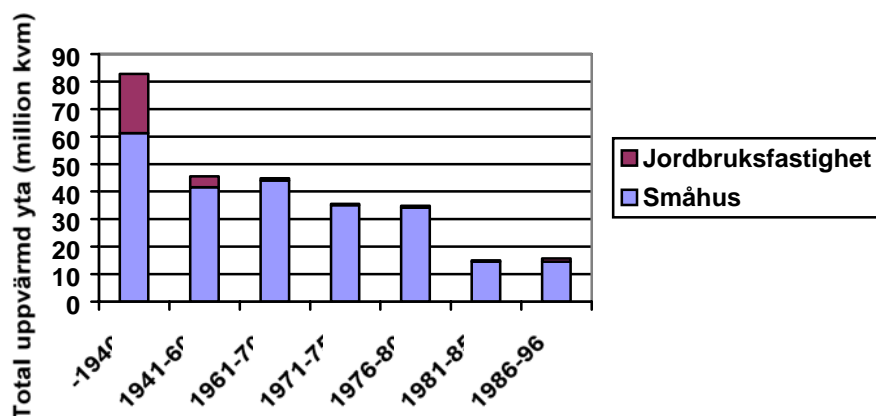


Figur 3. Uppvärmad yta i olika byggnadstyper i Sverige 1996 (km²), totalt 757 km². (SCB 1997 d).

Med utgångspunkt från den befintliga statistiken kan bruttoytor för de olika byggnadstyperna uppskattas.

Småhus

Den uppvärmda ytan i småhus från olika år finns i statistik från SCB, se Figur 4.



Figur 4. Total uppvärmd yta för småhus med olika byggnadsår (SCB 1997 a).

Olika byggnadsår, regionala byggnadstraditioner, byggnadsmaterial mm har inneburit att husens utformning förändrats. Nedan visas några exempel från olika årtionden.



1-plans hus –1940-talet



1½ plans hus – 1940-talet



Folkvillan –1950-talet



Tjänstemannavillan – 1950-talet



Gruppbyggda -villan – 1960-talet



Styckebyggda villan – 1960-talet



Tegelvillan - 1970-talet



Trähuset - 1970-talet

Figur 5. Exempel på småhus från olika byggnadsperioder.

Genom att kombinera uppgifterna från FoB 1990 med antal bostäder och SCB's statistik för uppvärmd yta kan man göra en uppskattning av tak resp fasadytor. Antalet våningsplan för resp. årsgrupp har med en viss variation ansatts till mellan 1,05 och 1,25.

Den vanligaste typen av takkonstruktion för småhus är sadeltak (Sandberg och Widegren, 1980, ur VBB 1983) med ca 85% av den totala ytan och med en medeltaklutningen av 31°.

Därefter följer mansardtak (6%) med i stort sett samma lutning, 30°. Endast ca 4% av den totala takytan utgörs av pulpettak med en lutning på 6° och 2% är plana tak utan någon lutning. Motfallstaken utgör 1% med en medellutning på 4°. Att därför vid bruttoberäkningarna använda taklutningen 30° för hela beståndet kommer inte att medföra några stora felkällor. Den största osäkerheten i tabell 3 är framför allt skattningen av antalet våningsplan.

Tabell 3. Sammanställning av bruttotak- och fasadytor för småhus.

	-1940	1941-60	1961-70	1971-80	1981-96	Totalt
Uppvärmad yta småhus (km ²)	61,2	41,6	44	69	29	244,8
Uppvärmad yta jordbruksfastighet (km ²)	21,6	3,9	0,8	1,2	1,6	29,1
Antal småhus (1000)	563	302	286	435	289	1.875
Uppvärmad medelyta (m ²) per hus	147	151	157	161	106	
Antagna antal våningsplan	1,25	1,05	1,1	1,25	1,25	
Grundyta per hus (m ²)	118	143	143	129	85	
Lutande takyta medel 30° per hus (m ²)	136	165	165	149	98	(i VBB 1983 anges medel 113 m²/hus)
Total takyta (km²)	77	50	47	65	28	267 km²
Antagen takyta garage eller annan byggnad per hus (m ²)	5	10	15	20	15	Totalt summa 23 km²
Total fasad yta per hus (m ²)	143	172	172	160	132	(i VBB 1983 anges medel 128 m²/hus)
Fasadyta garage eller annan byggnad per hus (m ²)	27	38	48	58	48	
Total fasad yta (km²)	96	63	63	95	52	369
Fasadyta (25% reduktion för fönster och dörrar) (km²)	72	47	47	71	39	277

Den totala lutande brutto-takytan har för småhus beräknats enligt Tabell 3 till 267 km², med ett tillägg för biytor på 23 km², totalt 290 km². Denna yta innefattar då alla riktningar, vilka kommer att ges ett avkastningsindex när de sätts samman med instrålningsdata. Motsvarande fasadyta (inklusive biytor) med reduktion för fönster och dörrar är 277 km².

Det vanligast använda materialet i fasader är träpanel. I övrigt används också puts, lättbetong, tegel och asbestcementskivor (Eternit), se Tabell 4 (Broberg, 1987).

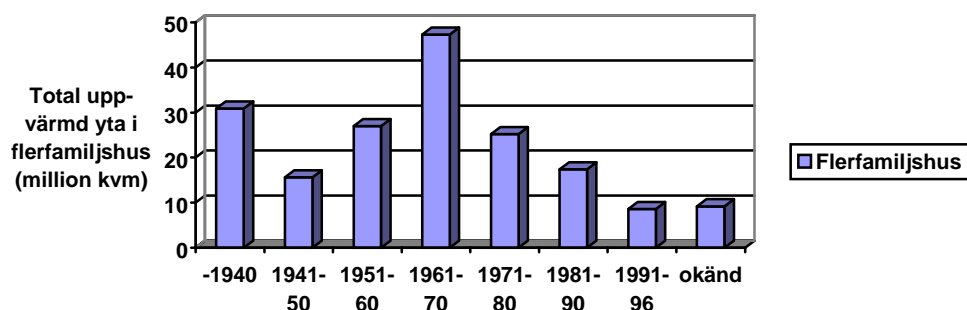
Tabell 4. Procentuell fördelning av fasadmateriäl på småhus för olika byggnadsår.

Byggnadsår	<1930	1930-1945	1946-1960	1961-1975
Trä	60%	50%	30%	30%
Put	17%	20%	30%	5%
Tegel	10%	15%	30%	60%
Asbestcement-skivor	10%	15%		
Lättbetong			10%	5%

Takmaterialen som används är tegelpannor, betongtakpannor, korrugerad plåt och takpapp.

Flerfamiljshus

Den totala uppvärmda ytan i flerfamiljshus är 166 km² fördelat på 2.169.000 lägenheter, se Figur 6. Beroende på typ och framförallt djupet av byggnaden är de olika lämpade för solcellsapplikationer. Taken är ofta mycket lämpliga, men fasaderna är vanligen dominerade av fönster och balkonger i de riktningar som har bäst instrålning.



Figur 6. Total uppvärmd yta i flerfamiljshus för olika byggnadsår (SCB 1997 b).

Flerfamiljshusen karaktäriseras framförallt av det stora antalet hus från perioden 1960-75. Nästan hälften (ca 900.000) av alla befintliga lägenheter i flerbostadshus byggdes under den perioden. Dessa byggnader kan också betraktas som en relativt homogen grupp beträffande konstruktion och material.

De äldre flerfamiljshusen består antingen av friliggande villor med ca 4-6 lägenheter i varje hus eller av slutna kvartersblock inne i städerna med vanligen 3-5 våningar. I flerfamiljshusen finns ca 120.000 lägenheter. Med ett medelantal om 5 lägenheter i varje hus, finns det ca 24.000 sådana byggnader. Taken är ofta relativt stora och kan vara lämpliga för solcellsmontering, men det kan också finnas byggnadshistoriska värden på dessa byggnader, vilket kan medföra hinder. Detta gäller i ännu högre grad de äldre, slutna kvarteren inne i centrumområdena. Mer än hälften av dessa byggnader är från före 1930 och endast en ringa del

är från 1946 och framåt. I dessa byggnader finns ca 240.000 lägenheter, och förutom kulturhistoriska begränsningar så är åtminstone fasaderna relativt olämpliga för solceller p.g.a. skuggning. Taken kan vara möjliga att använda eftersom de ofta inte syns från gatuplanet, men även här kan byggnadshistoriska aspekter väga tungt (BFR 1984).

Lamellhus är långa flerfamiljshus, ofta med 2-3 trapphus eller fler. Byggnaderna ligger ofta med 90° vinklar mellan husen eller i parallella rader. Under 1930 och -40 talen byggdes lamellhusen ofta med tre våningar men efter 1960, i samband med introduktionen av elementbyggande, byggdes husen högre, upp mot 9 våningar. 1975 när utbyggnadstakten hade bromsats, fanns det 400.000 lägenheter i lamellhus med högst tre våningar och 540.000 lägenheter i lamellhus med mer än tre våningar. Efter 1975 har ytterligare ca 100.000 lägenheter färdigställts, flertalet i lamellhus. Taken är mycket lämpliga för solceller, eftersom de inte skuggas och inte omfattas av kulturhistoriska restriktioner. Andra typer av flerfamiljshus är punkthus och loftgångshus. Eftersom punkthusen ofta är höga, 8-10 våningar, finns det i och för sig en användbar men liten takyta (per lägenhet), men de höga fasaderna är möjliga att utnyttja. I loftgångshusen är ena långfasaden täckt med ingångskorridorer, men t.ex. räckena borde vara möjliga att utnyttja. Orienteringen är blandad men ofta är byggnaderna placerade så att bästa ljusinstrålning är mot den från loftgången motsatta fasaden, för att maximera ljusinsläpp i lägenheterna.

Ungefär hälften av byggnaderna från 1961-75 har ett ordinärt sadeltak, med takpapp, betongpannor eller plåt. Ca 40% av byggnaderna, vanligtvis de högre husen, har plana eller nästan plana tak.

En uppskattning av tak och fasadytor på flerfamiljshus finns i Tabell 5. Siffrorna inom parentes är förtydliganden inom respektive grupp.

Tabell 5. Uppskattning av brutto-tak-och fasadytor för olika typer av flerfamiljshus för olika byggår.

Hustyp	Byggår	Antal lägenheter	Antal våningsplan	Medelyta / lägenhet (m ²)	Brutto takyta/ lägenhet (m ²)	Total brutto takyta (million m ²)	Total fasad yta (m ²) och (fasad yta /lägenhets yta)
Flerfamiljs-villor	-1940	120.000	2-3	60	28	3,3	8,7 (1,1)
Slutna kvarter	50% före 1930	240.000	3-5	60	17	4,1	14,4 (1,0)
Lamell hus	Före 1930	32.000	4	40	9	0,3	1,2 (0,9)
Lamell hus	1931-45	106.000	3	43	14	1,5	3,6 (0,8)
Lamell hus	1946-1960	Σ 425.000 (85.000) (35.000)	Medel 3 (4) (>4)	66	19 (16) (11)	8,0 (1,4) (0,4)	22,4 (0,8)
Lamell hus	1961-1975	690.000 (340.000) (170.000)	2-10 (3-4) (5-10)	78	20	13,8	32,3 (0,6) (17,2 (0,65)) (6,6 (0,5))

Hustyp	Bygg- år	Antal lägenheter	Antal vånings plan	Medelyta / lägenhet (m ²)	Brutto takyta/ lägenhet (m ²)	Total brutto takyta (million m ²)	Total fasad yta (m ²) och (fasad yta /lägenhets yta)
Punkt hus	-1975	90.000	6-8	78	10	0,9	1,5 (0,22)
Andra flerfamiljs- hus	1961- 75	110.000	2-3	80	31	3,4	6,2 (0,7)
Alla fler- familjshus	1975- 96	356.000	3	80	27	9,5	19,9 (0,7)
Totalt	-1996	2.169.000		76		44,8	110,2
Reduktion för fönster och dörrar	-1996	2.169.000				44,8	82,6

Takvinkeln i Tabell 5 är för flerfamiljshus och slutna kvartersblock ansatt till 30°. För resterande del av byggnaderna inkluderar inte beräkningarna någon takvinkel, vilket ger en något underskattad yta. Medelytan per lägenhet är angiven till byggnadsåren. Många små lägenheter har slagits samman till större lägenheter och medelytan har således förändrats sedan byggnadstiden. Förändringen i antal har inte analyserats närmare.

Ytan på fasaderna som finns angivna i Tabell 5, har mestadels beräknats med hjälp av ritningar på de olika byggnadstyperna. Bredden på byggnaderna varierar mellan 10 och 14 m, beroende på byggnadstyp och byggnadsår (BFR 1992).

En reduktion på 25% är gjord för fönster och dörrar på fasaderna (VBB 1983), vilket kan anses vara ett medelvärde för byggnaderna. De långa fasaderna är oftast väl försedda med fönster, dörrar och balkonger, men det finns också i stort sett hela gavlar, som vore mycket lämpliga för solceller. Dessa ytor utgör dock en liten andel av fasadytorna, eftersom detta gäller fasaden på kortsidorna.

Materialanvändning till flerbostadshus

Det vanligaste fasadmaterialet som använts till flerbostadshus är lättbetong och betong, som främst användes under den stora utbyggnadsperioden 1961-75, men även under 1940- och -50-talen. De äldre husen var trä- eller naturstensbeklädda, med tak av tegel, målad plåt eller skifferplattor. Branta tak var förr i tiden naturligt för vårt lands klimat och för de taktäckningsmaterial, som då fanns att tillgå.

För branta tak (takvinkel >22°) är halm, torv och ag de äldsta byggnadsmaterialen. Under medeltiden tillkom vedtak för den enkla stugan och för mer påkostade byggnader takspån av trä eller tegelpannor. Enkupiga resp tvåkupiga tegelpannor blev vanliga under 1900-talet och nådde sin maximala popularitet under 1940-1950-talen, Dessa har nu minskat i användning sedan betongpannorna började marknadsföras under 1960-talet (BFR 1991).

Olika typer av takplåt har också använts t.ex. falsade kopparplåtar på slott och kyrkor mm, samt stålplåt till bostadshus. Järnplåt har intill 1800-talets slut tidvis varit det dominerande taktäckningsmaterialet för större bostadshus. Plåten började efter 1880 att benämnas för svartplåt, för att skilja den från galvaniserad (förzinkad) plåt, som då började användas. Den galvaniserade plåten hade vid 1920-talet helt slagit ut svartplåten. Stålplåt används idag med olika typer av ytbehandlingar.

Beläggning med takpapp före 1930-talet utfördes genom att lägga tjärpapp som kontinuerligt underhölls med beläggning av tjära. Takplattor är relativt ovanligt men förekommer dels i form av skiffer på påkostade hus eller plattor av asbetscement (eternit), vilka förbjöds på 1970-talet och därefter ersattes med annat material.

Det låglutande taket med en lutning mellan 4-22° blev från 1950-talet allt vanligare, sedan man på 1930-talet höjt bostadsstandarden och vindsutrymmen inte var nödvändiga för förråd och torkning av tvätt. Den lägre lutningen ställde dock större krav på taktäckningmaterialet. Falsade tegelpannor och betongpannor är använda på låglutande tak på samma sätt som för de branta taken. På taken på de äldre byggnaderna återfinns även kopparplåt, svartplåt och galvaniserad stålplåt. Förzinkad resp. ytbelagd stålplåt, aluminiumplåt och rostfri plåt började användas från 1960. Dessutom har takpapp kommit till användning särskilt vid takfall under 5,7°.

De första flacka eller plana taken, dvs med en lutning mindre än 4°, började byggas i början av 30-talet men blev vanliga först under 1950- och 1960-talen. En starkt pådrivande faktor var de nya byggmetoderna med prefabricerade byggelement. Tätskiktet var vanligen olika typer av takpapp (asfaltpapp) men även takplåt förekom. På de flacka taken har många skador uppstått som givit upphov till läckageproblem och idag är man betydligt mer försiktig med att bygga flacka tak.

Renoveringsbehov för flerbostadshus

Ungefär hälften av byggnaderna från 1961-75 har ett ordinärt sadeltak, med takpapp, betongpannor eller plåt. Ca 40% av byggnaderna, vanligtvis de högre husen, har plana eller nästan plana tak, ofta med läckageproblem och renoveringsbehov, vilket gör dessa byggnader ytterst lämpliga för solceller. Storleksordningen på dessa ytor har uppskattats till 29,7 km², varav ca 10,8 km² antogs vara i behov av renovering före år 2010. (IEA Task 20, 1993).

En uppskattning av renoveringsbehovet av fasader gjordes 1993 och den sammanlagda ytan på byggnader mellan 1941-1975 uppskattades då till 63,4 km². Ca 1/3 av fasadytan (23,2 km²) var från åren 1941-1960 och resterande 2/3 från åren 1961-1975 (40,2 km²). Ytan på fasader med renoveringsbehov fram till år 2010 uppskattades till 22,3 km², tegelväggar exkluderade. (IEA Task 20, 1993).

Lokaler

Den uppvärmda ytan för lokaler var 1996 152,2 km² (SCB 1997 b och c). Ca 19 km² innefattas i flerfamiljsbyggnader och resterande 133 km² fördelar sig för olika användningsområden enligt Tabell 6.

Tabell 6. Ytor av olika typer av lokaler från olika byggnadsperioder i km² och procent, 1996. (SCB 1997 c)

Lokaler (km ²)	-1940	1941-60	1961-80	1981-96	Okänt	Totalt	Totalt (%)
Kontor	6,2	3,8	9,4	6,2	2,0	27,6	20,8
Bank & försäkring	0,2	0,2	0,7	0,1	-	1,3	1,0
Post och telefon-kontor	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	1,6	1,2
Skolor	3,5	7,5	11,9	2,2	1,2	26,4	19,9
Sjukhus etc.	3,4	3,5	12,4	3,7	0,9	23,9	18,0
Affärer och lager	2,4	1,1	6,4	2,4	0,4	13,2	9,9
Hotell, restauranger	2,5	0,9	1,5	1,1	0,3	6,3	4,7
Sport och simanläggningar	0,8	0,4	2,6	0,9	0,1	4,8	3,6
Kyrkor, kapell	1,1	0,2	0,5	0,1	0,0	1,9	1,4
Teatrar och biografer	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,6	0,5
Andra gemensamma lokaler	1,4	0,7	0,9	0,6	0,3	3,9	2,9
Övriga lokaler	1,2	2,2	3,8	1,9	6,8	16,0	12,0
Totalt	24,7	21,8	32,2	21,7	12,6	133,0	100,0

I den befintliga statistiken finns endast uppgifter om uppvärmda ytor och antaganden måste göras om tak resp. fasadytor. Ca 70% av ytorna utgörs av kontor, skolor, sjukhus och affärer. Med ett antagande om en genomsnittlig takhöjd av 3 m och ett genomsnittligt våningsantal om tre våningar, blir den horisontella takytn ca 44 km² och den totala byggnadsvolymen 396 km³. Analyser av byggnadsvolym contra fasadyta gjordes i VBB 1983 och det föreslagna relationen var: 1m³ byggnadsvolym motsvaras av 0,112 m² fasadyta för lokaler, reducerat för fönster. Detta ger även en fasadyta på 44 km².

Industribyggnader

Den statistiken beträffande industribyggnader är bristfällig och det finns endast uppgifter om olika typer av industrier och dess ytanvändning i fastighetsregistret (1992), se Tabell 7.

Tabell 7. Byggnadsytor på industrifastigheter indelat i aktiviteter och användning (km²)(SCB 1997 c).

Industri typ	Produktion	Kontor	Lager	Ej definierat	Totalt
Industri-hotell	2,4	1,0	1,7	0,1	5,2
Kemi	1,0	0,4	1,2	1,0	3,5
Livsmedel	1,8	0,6	2,1	1,5	5,9
Metall	14,4	3,0	6,5	1,3	25,1
Textil	1,1	0,2	0,8	0,0	2,2
Trä	4,1	0,5	4,7	3,6	12,9
Annan tillverkning	10,6	3,4	8,8	4,4	27,2
Bensinstationer	0,1	0,0	0,0	0,7	0,8
Reparation	2,7	0,9	1,8	0,2	5,6
Lager	1,0	1,6	12,0	0,7	15,5
Andra byggnader	1,3	0,8	2,3	0,6	5,0
Totalt	40,5	12,3	42,0	14,0	108,8

För att fastställa tak och fasad ytor ur ytorna i Tabell 7 måste antaganden göras om typ och storlekar på byggnaderna. En majoritet av byggnaderna är i ett plan och enligt VBB 1983 kan 21% av byggnadsvolymen hänföras till byggnader med flera våningar. Med ett antaget medelvärde på tre våningsplan med 4 meters höjd och övriga dimensioner enligt Tabell 8, uppgår den totala byggnadsvolymen till 760 km³. I Tabell 8 redovisas beräkningarna av tak och fasadytor för olika typer av byggnader.

Tabell 8. Beräkning av brutto tak och fasadytor på industribyggnader (km²).

Typ	% av volym	Höjd (m)	Bredd (m)	Längd (m)	Antal	Volym (km ³)	Tak yta (Mm ²)	Fasad yta (Mm ²)
A – Höga hallar	54	10	30	50	27.330	410	41	44
B – Andra hallar	15	5	20	30	38.000	114	23	19
C – Andra en-plans byggnader	2	4	15	25	10.000	15	4	3
D – Flervånings byggnader	21	12	20	30	22.220	160	13	27
E – Annat	8	5	15	25	32.530	61	12	13
Totalt						760	94	106
(VBB 1983 för år 2000)						(400)	(48)	(43)
Totalt med 25% reduktion för fönster							94	80

Vid jämförelse med VBB 1983 är ytorna i det närmaste fördubblade, vilket i viss mån indikerar en stor osäkerhet i materialet.

Lantbruksbyggnader

Totalt finns ca 190.000 bostadshus på jordbruksmark (SCB 1997 a) och det finns ca 355.000 jordbruksfastigheter (SCB 1997 e). För att beräkna byggnadsytorna på ekonomibygnaderna måste några antaganden göras. Till varje bostadshus på jordbruksmark hör 1-2 ekonomibygnader. Även för de jordbruksfastigheter där inte småhus finns registrerade kan det finnas ekonomibygnader. Ett antagande är att det finns 250.000 byggnader med en genomsnittlig storlek på: längd 30 m, bredd 12 m, höjd 4 m, sadeltak med 45° lutning. En reduktionsfaktor för dörrar, portar och fönster antas vara 25%. Dessa antaganden ger att varje byggnad omfattar 250 m² fasadyta och 510 m² lutande takyta. För sammanlagt 250.000 byggnader blir den totala ytan 62 km² fasadyta och 127 km² takyta (45° lutning).

Fritidshus

Antalet småhus för fritidsändamål är ca 630.000, med en medelyta av 65 m² per hus. Till ca 1/3-del av husen (ca 210.000) finns även en mindre byggnad med en medelyta på 24 m² (SCB 1997 d). För byggnaderna görs följande antaganden: bredd 6,5 m, längd 10 m, fasadhöjd 3,2 m, och för sidobyggnaden: bredd 4 m, längd 6 m, fasadhöjd 3,2 m. Detta blir tillsammans en fasadyta för bostadshuset på 106 m² och 63 m² för sidobyggnaden, totalt 67 km² resp 13 km².

Tillsammans ger detta en total bruttoyta på 80 km², vilket efter reduktion med 25% för dörrar och fönster blir 60 km².

Med tillägg för ett taksprång på 60 cm erhålls vid takvinkeln 45° en takyta på 114 m². För hus med plant tak fås 86 m². Motsvarande siffror för sidobyggnaden med 30 cm taksprång är 43 m² för 45° lutning, resp 30 m² för ett plant tak. Ett medelvärde väljs mellan 45° lutning och det plana taket på 100 m² resp 35 m². Totalt blir då takytan 63 km² resp 7 km², vilket tillsammans ger 70 km².

Begränsningar av tak- och fasadytor

När solceller integreras i byggnader är det svårt att uppnå optimala instrålningsförhållandena. Solcellerna får anpassas till byggnaden och de givna förutsättningarna. Hänsyn måste då tas till att instrålningen inte blir likformig över solcellsytan och att varierade effektförhållanden erhålls från solcellerna. Beräkningar med olika instrålningar redovisas inte i denna rapport utan kommer att undersökas närmare under 1999. Då kommer även nettoytorna att indelas efter avkastningskriterier.

I föregående avsnitt har de totala bruttoytorna för de olika byggnadstyperna beräknats utan hänsyn till andra begränsningar än fönster och dörrar för fasadytorna. Takytorna har beräknats för en medelvinkel och ingen hänsyn har tagits till olika orienteringar. Byggnadernas orienteringar redovisas nedan och de vanligaste takvinklarna anges. Övriga begränsningar som diskuteras är hinder på tak (t.ex. skorstenar), ytkonkurrens från termiska solfångare, skuggning på fasader samt byggnadshistoriska restriktioner.

Orientering av byggnader

Enligt tidigare undersökningar av orienteringen av byggnader (VBB 1983) framgår att riktningarna är i stort sett jämt fördelade, se Tabell 9. Här framgår att småhusen har en något ökat orientering i öst-västlig riktning medan det omvända förhållandet råder för flerfamiljshus. För lokalerna är den nord-sydliga riktningen något mer använd.

Tabell 9. Takens orientering för olika typer av bebyggelse.

Byggnadstyp	NV - NO	NO - SO	SO - SV	SV - NV
Småhus	26	24	26	24
Flerfamiljshus	24	26	24	26
Lokaler	23	27	23	27

För övrig bebyggelse är inte några dominerande riktningar kända och dessa fördelas då likvärdigt över samtliga orienteringar.

Takvinkel

Dominerande takvinklar har diskuterats under resp. byggnadstyp och här ges en sammanställning på lutningar och taktyper för olika byggnader (VBB 1983), se Tabell 10.

Tabell 10. Medeltaklutning samt takytans procentuella fördelning på olika taktyper.

Taktyp	Småhus		Flerfamiljshus		Lokaler	
	Lutning °	Yta %	Lutning °	Yta %	Lutning °	Yta %
Sadeltak	31	85	24	67	28	61
Mansardtak	30	6	28	3	19	7
Pulpettak	6	4	5	8	9	5
Plant tak	0	2	0	14	0	19
Motfalls tak	4	1	7	6	3	4
Övrigt	0	2	0	2	0	4

För småhusen dominerar taklutningen 31° medan taken på flerfamiljshusen, såväl som på lokalerna vanligen har en något lägre taklutning, 24-28°. De båda senare har också en relativt stor andel plana tak, vilket också diskuterats under avsnittet med flerfamiljshus.

Hinder på tak

Hinder på tak reducerar den potentiella ytan för solceller på två sätt, dels genom en reduktion av den tillgängliga ytan med också genom att hindret förorsakar skuggning på andra delar av byggnaden. Uppskattningar av takhinder gjordes med hjälp av stereofotografier i den tidigare potentialstudien (VBB 1983). Tak av olika typer och ålder på småhus och flerfamiljshus studerades. Storleken på respektive hinder uppskattades och som medelvärde inkluderande ett fritt utrymme på 0,5 m runt omkring angavs: skorstenar – 3 m², ventilationsrör – 1 m², takluckor - 4 m² och vindskupor - 9 m². Stora hinder som t.ex. altaner eller glaspartier angavs som en yta med ett fritt utrymme av 1 m runt omkring. Om hindren ligger väl samlade användes ovan angivna reduktioner, men om hindren ligger utspridda över takytan så att ett rationellt solcellsmontage försvåras användes en faktor 3 på de ovan angivna ytorna. I en glidande skala däremellan användes faktorn 1,5 för en viss samverkan mellan hindren och faktorn 2 för en större samverkan.

Det gick inte att påvisa något samband mellan hinderförekomst och bebyggelsens ålder. Generellt har dock flerfamiljshusen fler hinder än småhusen och som medelvärde för resp. typ anges 20% för flerfamiljshus och 10% för småhus. Lokaler och industrier föreslås samma reduktion som flerfamiljshus och fritidshus antas vara jämförbara med småhus. För lantbrukets ekonomibyggnader föreslås en reduktion på 5%.

Skuggning av taken kan också fås från andra delar av den egna byggnaden, andra omkringliggande byggnader, träd och geografiska förhållanden. Skuggning diskuteras mera under avsnittet om skuggning på fasader.

Ytkonkurrens från termiska solfångare

Eftersom termiska solfångare redan är i kommersiell användning om än i liten skala, kan tak- och fasadytor komma att användas till både för solfångare och solceller. Samma optimala placeringar gäller i princip för båda systemen och det kan uppstå en konkurrenssituation om ytorna. Den idag vanligaste användningen av termiska solfångare är för varmvattenproduktion under sommarhalvåret, och som visst tillskott till husuppvärmning. I husgrupper med gemensam värmeförsörjning kan något eller några av de tak som har de bästa förutsättningarna och instrålningsförhållandena, vara helt täckta av solfångare på sydsidan av

taket. Dessa producerar då varmvatten och ev. värme till hela husgruppen, vilket är mer effektivt än utspridda system.

Behovet av värme till tappvarmvatten beräknas till ca 40 kWh/m² uppvärmd lägenhetsyta i flerfamiljshus. I småhus kan behovet variera avsevärt beroende på de boendes vanor. Med ett korttidslager för några dagar, kan ett solvärmesystem täcka 40-50% av det totala årsbehovet för tappvarmvatten. Med en solfångare som producerar 400 kWh/m² (solfångaryta), blir behovet av en sydvänd takyta (SO-SV) med 15-45° takvinkel (BFR 1998):

- 3-5 m² solfångare (takyta) per lägenhet

Andra jämförelsetal vilka ger ungefärligen samma resultat är:

- 1 m² solfångare (takyta) per person eller
- 1 m² solfångare (takyta) per MWh värmebehov (tappvarmvatten)

Ett annat jämförelsetal är att för flerfamiljshus med vinklat sadeltak behövs hela den sydvända takytan på ett 8 våningshus, för att täcka 40-50% av årsbehovet för uppvärmning av tappvarmvatten. I ett 4 våningshus behövs halva takytan osv. För tillfället är medelvärdet av installerade system i flerfamiljshus 3 m² solfångare/lägenhet.

Om solvärmesystemet också ska bidra till husuppvärmning ökar solfångarytan men också lagringsbehovet. Om värmelagringen ska ske med t.ex. varmt vatten är det av stor vikt att systemen är stora för att minimera lagringsförlusterna. I Sverige är majoriteten av flerfamiljshusen anslutna till fjärrvärmenät (73% av den använda värmeenergin 1996) medan endast en ringa del (<1%) av småhusen är fjärrvärmeanslutna. Detta innebär att utan större förändringar i uppvärmningssystemet eller säsongslagringsättet, så kommer småhus inte att täckas med större solfångaryta, än för värmeproduktion som är rimligt att lagra i ett korttidslagringsystem. Idag är medelvärdet för installerad solfångaryta i småhus ca 10 m²/hus, vilket innebär att det är vanligt med kombinerade system för tappvarmvatten och uppvärmning. Den normala storleken för endast tappvarmvattensystem är 4-5 m² solfångare.

I flerfamiljshusen, där takytan är mindre per lägenhet jämfört med småhus, finns det större möjligheter att använda stora solvärmesystem, eftersom lagringen kan göras effektivt. Ett alternativ kan också vara att ett antal system i fjärrvärmenätet producerar energi motsvarande sommarbehovet.

Sammanfattningsvis kan man säga att i det Sverige behövs ca 8 km² sydvänd takyta med 15-45° vinkel för att täcka 40-50% av behovet för tappvarmvatten i bostäder, se Tabell 11.

Tabell 11. Ytbehov för solfångare för uppvärmning av tappvarmvatten resp total uppvärmning i bostäder och lokaler.

	Småhus	Flerfamiljshus	Lokaler	Totalt
Antal boende	4,9 milj pers.	3,3 milj pers.		
Antal lägenheter	1.874.000	2.169.000		
Totalt värmebehov 1996	48 TWh	30 TWh	28 TWh	106 TWh
Ytbehov, bästa yta*, för 40-50% tappvarmvatten	5 km ²	3 km ²	Ej känt	8 km ² (+?)
Ytbehov, bästa yta för uppvärmning**	120 km ²	75 km ²	70 km ²	265 km ²

* Bästa yta är en vinklad yta mot SO till SV med vinkel 15-45 °

**Värdena baseras på 400 kWh/m²,år energiproduktion från solfångarna. Inga system- eller lagringsförluster är medräknade.

Det finns även solfångarsystem med luft som värmetransportmedium. En metod är att i äldre flerfamiljshus förbättra den mekaniska ventilationen och med hjälp av fasadsolfångare förvärma ventilationsluften. För att täcka 10-20% av det årliga värmebehovet för ventilation behövs ca 10 m² sydvänd fasad per lägenhet. En annan möjlighet är att använda ett dubbelskal med en solvärmad luftspalt i fasaden. Med ca 10 m² luftsolfångare per lägenhet och dubbelskal täcks 10-20% av det årliga värmebehovet (BFR 1998). Dessa system är möjliga att kombinera med solceller eftersom solcellernas verkningsgrad förbättras vid kylning.

Skuggning på fasader och tak

Skuggning är en mycket viktig fråga vid användning av solceller eftersom ojämn instrålning och skuggning av solcellsmodulerna medför förluster som kan överstiga minskningen i instrålning. Eftersom de individuella solcellerna kopplas i serie ökar förlusterna vid ojämn instrålning genom att de solceller som träffas av lägsta instrålningen bestämmer strömstyrkan. En skuggning av 10% av en modul kan medföra att hela modulen bidrar marginellt till elproduktionen (Decker et al, 1998).

Skuggning kan förorsakas av omkringliggande byggnader eller byggnadsdelar som burspråk, fönsterkupor, trapphus, taksprång och flygelbyggnader. På taket kan det också finnas skuggade delar såsom skorstenar, ventilationsrör, antenner och ledningar. Träd eller annan vegetation kan förorsaka stora skuggningsproblem främst på fasader men även på tak av småhus. De högsta träden i Sverige kan bli upp mot 45 m. Således kan även träd utanför den egna tomten påverka skuggningsförhållandena på fasader och tak.

Metoder har utvecklats för att studera effekter av skuggning, bl.a. har man inom projektet "Utveckling av planeringsverktyg för lokalisering av solcellsanläggningar" utarbetat en metod för att omvandla fotografiska bilder till indata i program som simulerar solcellsanläggningar (Carlsson och Cider, 1998). Även i andra länder pågår utveckling av metoder för bestämning av skuggningsförluster, t.ex. i Tyskland (Niewianda et al 1996) (Quaschnig och Hanitsch 1998) och i Japan (Otani et al 1998).

En uppskattning av reduktionsfaktorer p.g.a. av skuggning på byggnader är för schweiziska förhållanden rapporterad i Gutschner 1995, se Tabell 12.

Tabell 12. Reduktionsfaktorer för tak och fasadytor p.g.a. skuggning.

Byggnadstyp	Reduktionsfaktor för skuggning på tak	Reduktionsfaktor för skuggning på fasad
Småhus (och fritidshus)	10%	30%
Flerfamiljshus	15%	40%
Lokaler	20%	50%
Industribyggnader	10%	30%
Lantbruksbyggnader	10%	30%

I Sverige är majoriteten av byggnaderna belägna i tätorter och i de tre storstadsområdena Stockholm, Göteborg och Malmö. Det finns 16 kommuner med fler än 75.000 invånare och sammanlagt bor 7,4 miljoner invånare i ca 2000 tätorter. I ytterligare ca 2700 småorter i glesbygd bor knappt 300.000 personer och resterande 1,2 miljoner invånare bor i genuin glesbygd. Den största delen av bebyggelsen finns således inom tätortsområden, där den inre centrumbebyggelsen är tätast men oftast inte alltför hög. En liknande bebyggelsestruktur finns i Schweiz och tills mer noggranna studier utförts föreslås att reduktionsfaktorerna enligt Tabell 12 tills vidare används.

Byggnadshistoriska restriktioner

Ur ett arkitektoniskt och kulturhistoriskt perspektiv kan det finnas invändningar mot att bekläda både befintliga men även nybyggda byggnader med solceller. I Plan och Bygglagen finns det angivna krav på byggnader: *"Ändringar av en byggnad skall utföras varsamt så att byggnadens särdrag beaktas och dess byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden tas till vara"*. Detta innefattar alla byggnader och innebär att byggnader som representerar alla arkitektstilar och tidsperioder ska bevaras (Boverket 1995).

Sverige har en i ett europeiskt perspektiv relativt ny bebyggelse med bara 6% av bostäderna byggda före år 1900. Merparten av bostäderna är uppförda efter 1945 och mer än hälften är byggda senare än 1960 (Boverket 1995). Majoriteten av de byggnader som anses kulturhistoriskt värdefulla återfinns i den äldre bebyggelsen. En kulturhistorisk besiktning från 1979 redovisar bland bostadshus, det största antalet värdefulla byggnader bland småhus byggda före 1920. Största andelen flerbildshus återfinns också bland hus byggda före 1920, se Tabell 13 (efter BFR 1981).

Tabell 13. Andelen kulturhistoriskt värdefulla hus enligt besiktning 1979.

	-1920	1921-40	1941-60	1961-75
Friliggande enbostadshus	38%	26%	16%	4%
Flerbostadshus med mer än 75% bostäder	60%	50%	-	-
Hus med mer än 25% lokaler	50%	60%	50%	-

Byggnader som uppfördes före 1960 karakteriseras av det lokala hantverket och skicklighet att använda olika konstruktionsmaterial, den lokala förekomsten av byggnadsmaterial och det lokala klimatet.

Fram till 1930 var byggnaderna i stadscentrum ofta försedda med variationsrika detaljer som representerade olika byggnadsstilar. I enklare byggnader imiterades ofta detaljer, ibland med andra material, t.ex. puts istället för sten. På landsbygden användes mer lokala material och byggnadsstilen förändrades inte så mycket.

Efter 1930 formade funktionalismen andra typer av byggnader med slätare fasader utan dekorationer. Byggnaderna planerades för mer speciella användningsområden, bostäder placerades i särskilda områden och affärs- och servicelokaler koncentrerades i särskilda centra. Upprepning och enhetlighet utnyttjades som ett estetiskt värde. På dessa byggnader finns det fria ytor som kan vara möjliga att utnyttja för solceller men det kan också finnas byggnader med restriktioner och arkitektoniska värden.

Från 1960 skedde en betydande förändring i byggnadskonstruktionen, då industrier började tillverka byggnadselement. Det blev snart ett dominerande byggnads sätt, eftersom det var ett snabbt och billigt sätt bygga. Bland dessa byggnader finns den största potentialen för solcellsutnyttjning i det befintliga byggnadsbeståndet.

Tabell 14. Uppskattning av andelen kulturhistoriskt värdefulla hus i det totala beståndet.

	-1940	1941-60	1961-75	Totalt -1996
Antal småhus	560.000	302.000	412.000	1.743.000
Antal kulturhistoriskt värdefulla hus	212.000	48.000	16.000	276.000 (16%)
Antal lägenheter	374.000	613.000		2.340.000
Antal lägenheter i kulturhistoriskt värdefulla hus	206.000	-		206.000 (9%)
Ytor för lokaler (km²)	24,7	21,8	40,7	133
Ytor för lokaler i kulturhistoriskt värdefulla hus (km²)	13,6	10,9	-	24,5 (18%)

Även bland äldre industri finns skyddsvärda byggnader, men här saknas tillgänglig statistik.

Nybyggnation

Bostadsbyggandet har under de senaste åren varit på de lägsta nivåerna någonsin i modern tid. Nu verkar botten vara nådd och bostadsbyggandet ökar om än i långsam takt. Prognoserna enligt Boverket är att under 1998 skulle 12.500 bostäder påbörjas. Under 1999 planeras 14.000 bostäder att påbörjas och under 2000 är motsvarande siffra 16.000. Detta innebär att jämfört med 1995, då nybyggnationen understeg 4.000 lägenheter och 4.000 småhus, så planeras en fördubbling under år 2000. Nybyggnation innebär en möjlighet att integrera solceller på ett optimalt sätt och det är mer sannolikt att solceller kommer till användning i denna bebyggelse. Den stora ytpotentialen finns dock hos det befintliga byggnadsbeståndet.

Sammanställning av netto-ytor.

I denna studie av byggnadernas potential som bärare av solceller har beräkningar av tak- och fasadytor gjorts för de sex byggnadstyperna: småhus, flerfamiljshus, lokaler, industrier, lantbruksbyggnader och fritidshus. För varje byggnadstyp har tillgänglig statistik och resultat från andra liknande potentialstudier utnyttjats. För respektive byggnadstyp redovisas förutsättningar och antaganden som ligger till grund för uppskattningarna. Reduktion för dörrar och fönster har utförts för samtliga byggnadstyper. Övriga restriktioner och reduktioner redovisas i avsnittet om Begränsningar och i Tabell 15 och Tabell 16 beräknas slutligen nettoytorna för tak och fasader.

I tabellerna summeras takytorna oavsett vilken vinkel som ytan är beräknad för. Vinkelskillnaderna kommer att användas i nästa etapp av studien när en uppdelning av ytorna görs efter ett avkastningsindex.

Tabell 15. Sammanställning av begränsningar för olika ytor.

Alla ytor i km ²	Bruttoyta		Hinder	Solfångare Tak*		Skuggning		Byggnads-historiska reduktioner	
	Tak	Fasad	Tak	Alt 1	Alt 2	Tak	Fasad	Tak	Fasad
Småhus	290	277	29	5	120	29	83	46	44
Flerfamiljs-hus	45	83	9	3	75	7	33	4	7
Lokaler	44	44	9	-	70	9	22	8	8
Industri	94	80	19			9	24		
Lantbruks-byggnader	127	62	6			13	19		
Fritidshus	70	60	7			7	18		
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 motsvarande årsbehovet för uppvärmning och tappvarmvatten (förluster ej medtagna)

En sammanställning av resultatet finns i tabellen nedan, där bruttoytorna, reduktioner (förutom för fönster och dörrar som redan är frändraget) och nettoytorna för de olika byggnadstyperna finns redovisade. I nettoytorna har inte några ytor för solfångare dragits ifrån. Det hittills beräknade ytbehovet för solfångare gäller endast de bästa ytorna med sydlig orientering och optimal vinkel (15-45°).

Tabell 16. Sammanställning av tak och fasadytor för respektive byggnadstyp, brutto och netto.

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
Flerfamiljs-hus	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

Dessa ytor inkluderar alla riktningar och en uppdelning måste göras för att få en potential kopplat till instrålningsförhållanden. Detta kommer att ske i nästa etapp av arbetet.

En jämförelse med den tidigare svenska studien (VBB 1983) och den schweiziska (Gutschner 1995) visas i Tabell 17. I VBB 1983 gäller ytorna bruttoytor med avdrag för fönster och dörrar. Övriga begränsningar är endast diskuterade men några värden är inte införda. Dessa bruttoytor har senare delats in i olika kategorier efter orientering och vinkel. För de två bästa kategorierna, dvs tak lutande från öster till väster, samt plana tak är bruttoytan 288 km². Från den ytan gjordes reduktioner i storleksordningen 35-55% för de olika byggnadstyperna och nettoytan 163 km² bestämdes.

Tabell 17. Jämförelse mellan takytor i Sverige i studie från 1983 (VBB 1983), i Schweiz 1995 (Gutschner 1995) samt denna studie.

Ytor i km ²	Tak					
	VBB 1983 brutto	Schweiz 1995 brutto, grundyta	Schweiz 1995 brutto tak	Schweiz 1995 netto*	Denna studie brutto	Denna studie netto
Småhus	230	67-70	86-91	41-44	290	186
Flerfamiljs-hus	57	72-127	81-143	43-76	45	25
Lokaler	50	24-40	27-45	13-23	44	18
Industri	43	51-54	54-57	30-32	94	66
Lantbruks-byggnader	54	41-68	54-89	31-51	127	108
Fritidshus	77	29-48**	32-53**	16-27**	70	56
Totalt	511	283-407	334-479	181-260	670	459

* en "lämplighetsfaktor" ingår i reduktionerna för Schweiz, vilken inte är fastställd för Sverige i denna studie

** gäller "övriga byggnader"

Tabell 18. Jämförelse mellan fasadytor i Sverige i studie från 1983 (VBB 1983), i Schweiz 1995 (Gutschner 1995) samt denna studie.

Fasadytor i km ²	VBB 1983	Schweiz 1995 brutto	Schweiz 1995 netto*	Denna studie brutto	Denna studie netto
Småhus	196	73-77	17-18	277	150
Flerfamiljs-hus	83	132-221	36-60	83	43
Lokaler	50	40-67	9-15	44	14
Industri	36	56-89	22-35	80	56
Lantbruks-byggnader	26	30-51	7-12	62	43
Fritidshus	61	61-101**	12-21**	60	42
Totalt	452	392-564	103-160	606	348

* en "lämplighetsfaktor" ingår i reduktionerna för Schweiz, vilken inte är fastställd för Sverige i denna studie

** gäller "övriga byggnader"

Resultaten skiljer mellan de tre studierna och en del av skillnaderna kan förklaras med verklig skillnad. Utgångspunkten för VBB 1983 var t.ex. förväntat antal byggnader år 2000 och byggnadsbeståndet i Schweiz är naturligtvis ett annat jämfört med Sverige. Befolkningen i Schweiz uppgår till 7 miljoner (1993), vilket är mindre än i Sverige. Den potentiella nettotakytan per capita blir för Schweiz 26-37 m²/person (Gutschner 1995) och för Sverige erhålls i denna studie 54 m²/person. I EU rapporten från 1996 angavs betydligt lägre per capita värden (10,4 resp 12,8 m²/person), vilket visar att bedömningen utförts på olika vis. Reduktionsfaktorerna kan diskuteras och för att få ett mer realistiskt värde för svenska förhållanden kommer en "lämplighetsfaktor" att införas, som tar hänsyn till konkurrens om ytorna för annan användning och andra faktorer som minskar lämpligheten för solcellsmontage.

Till sist kan tilläggas att förutom dessa ytor som direkt ansluter till byggnadsytorna, finns det i bebyggd miljö många andra möjligheter att använda solceller. En möjlighet är att utnyttja solceller vid solavskärmningar. I den applikationen sammanfaller ofta de bästa instrålningsförhållandena med önskan att avskärma solen, dvs fönster på sydfasader, men även öster och väster. Eftersom solavskärmningen vinklas mot solen blir instrålningen mot solcellerna bästa möjliga. Ett annat skydd som kan behövas är skydd mot regn, t.ex. på gångar mellan byggnader eller transportanordningar och till sist behövs även bullerskydd vid bebyggelse längs många stora vägar. Potentialen för dessa tillämpningar har inte ingått i studierna hittills, men bör beaktas.

Litteratur

- BFR 1981, "Isolering uppåt väggarna", Olof Antell och Catherine Paues, BFR T4:1981
- BFR 1984, "Så byggdes husen 1880-1980", Cecilia Björk, Per Kallstenius och Laila Reppen, BFR T1:1984
- BFR 1991, "Yttertak och balkonger, skador på hus – vad gör man?", Sven-Erik Bjerking och Bo Bjerking, BFR T11:1991
- BFR 1992, *Bevara-Förnya-Förbättra, miljonprogrammets bostäder. Preserve – Renew – Improve, dwellings from the "million program".* Vidén, S. And Lundahl, G. (red.) BFR T12:1992.
- BFR 1998, "Byggnadsintegrerade solfångare, tillämpningar vid byggnadsrenovering", Jan-Olof Dalenbäck, BFR T3:1998
- Boverket (1995). *Byggnaders särdrag, en stilhistorisk handbok 1880-1960.* Characteristics of buildings, a type historical handbook 1880-1960. Boverket, Karlskrona. B 5081-2223/95
- Broberg (1987), "Typhuskatalog – bostäder", Maria Broberg, Försvarets forskningsanstalt, FOA rapport C 20669-2.6, 1987
- Carlsson Per och Cider Lennart (1998), "Utveckling av planeringsverktyg för lokalisering av solcellsanläggningar", Institutet för verkstadsteknisk forskning, IVF, Rapport 98-03
- Decker et al (1998). Decker B., Grimmig B. and Stellbogen D., *Peculiarities Concerning the Design of PV-Facades.* Forschungsverbund Sonnenenergie "Themen 97/98", Germany
- EU 1996. "Photovoltaics in 2010" European Commission Directorate-General for Energy, Altener och EPIA (European Photovoltaic Industry Association), Belgien
- Gutschner Marcel, (1995). "Abschätzung des PV-Flächenpotentials in schweizerischen Gebäudepark", Polygon/Universität Freiburg, Freiburg
- Hill R., Pershall N.M. and Claiden P. (1992), "The Potential Generating Capacity of PV-clad Buildings in the UK, Vol.1". Newcastle Photovoltaic Applications Centre, University of Northumbria, UK.
- IEA Task 20 1993. "Solar Energy in Building Renovation, Solar Renovation Potential", Arne Elmroth och Elisabeth Kjellsson (ed.), LTH, Byggnadsfysik, Lund (TVBH-7140)/1-166/(1993)
- Niewianda, A., Eicker A. och Heidt, F.D. (1996) "SOMBRERO – shadow calculation for the use in architecture and urban planning". I Proceedings of 4th European Conference on Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Berlin, sid. 342-345.

Otani K., Sakuta K. och Kurokawa K. (1998), "A simple monitoring method for estimation of shading loss of photovoltaic systems", Bidrag till konferensen EuroSun '98, Portoroz, Slovenien, september 1998. Elektrotechnical Laboratory, Tsubuka, Ibaraki, Japan

Pershall N.M., Hill R. and Claiden P., (1994). "PV-cladding as an energy source for the UK", Renewable Energy Vol 5 p 348-355, 1994

SCB 1997 a. "Energistatistik för småhus 1996". Statistics Sweden. E 16 SM 9703.

SCB 1997 b. "Energistatistik för flerbostadshus 1996". Statistics Sweden. E 16 SM 9701.

SCB 1997 c. "Energistatistik för lokaler, 1996". Statistics Sweden. E 16 SM 9702.

SCB 1997 d. "Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler, Sammanställning avseende år 1995 och 1996". Statistics Sweden. E 16 SM 9704.

SCB 1997 e. "Rikets fastigheter 1997". Statistics Sweden. Bo 37 SM 9701.

SCB 1998. "Statistisk årsbok 1998". Statistics Sweden.

Sick F., Erge T., (ed.) (1996). "Photovoltaics in Buildings", IEA SH&CP Task 16, James & James, London,

Quasching V. och Hanitsch R. (1997), "Irradiance calculation on shaded surfaces", Berlin University of Technology, Institute of Electrical Power Engineering, Renewable Energy Section, Berlin, Germany. Solar Energy Vol. 62, No. 5 sidor 369-375, 1998. Elsevier, Great Britain

VBB 1983. Efn report "Solceller i bebyggelsen", Efn-project 5260 241, VBB