



# LUND UNIVERSITY

## Energikloka hus i Järinge -mätperiod 2010

Jensen, Lars

2010

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2010). *Energikloka hus i Järinge -mätperiod 2010*. (TVIT; Vol. TVIT-7058). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

*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

# Energikloka hus i Järinge - mätperiod 2010

Uppdrag för JM AB

Tidsperiod 100601-100930

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2010  
Rapport TVIT--10/7058



## Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rök-spridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmsystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

# Energikloka hus i Järninge - mätperiod 2010

Uppdrag för JM AB

Tidsperiod 100601-100930

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2010

ISRN LUTVDG/TVIT--10/7058--SE(32)

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 LUND

## Innehållsförteckning

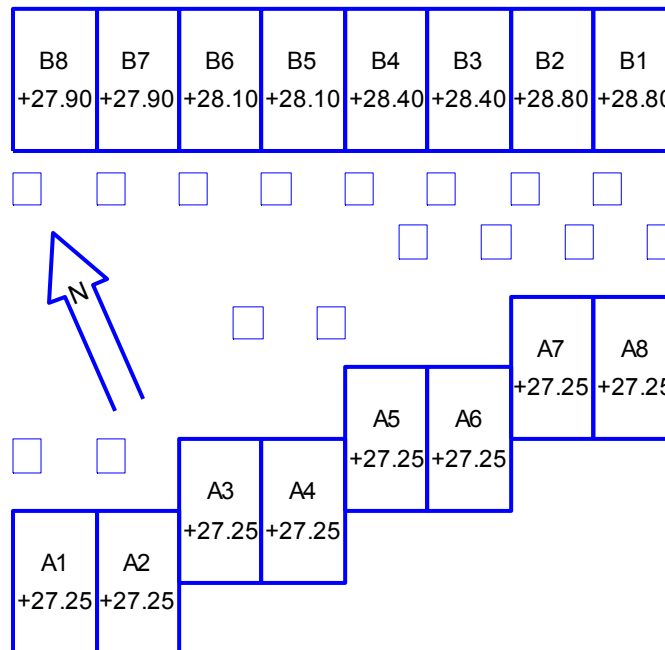
1	Inledning och syfte	5
2	Solvärmesystem	7
3	Mätdatainsamling	9
4	Mätredovisning	11
5	Mätdataanalys	21
	Klimat	21
	Energi	21
	Radiatorsystem	23
	Tappvatten	23
	Solvärmesystem – uppmätta energier	24
	Solvärmesystem – driftsätt	25
	Solvärmesystem – analys med olika solinstrålning	28
	Solvärmesystem – analys med olika mätperioder	29
	Solvärmesystem – slutsummering	32



# 1 Inledning och syfte

Denna rapport dokumenterar enbart mätresultat för två solvärmesystem för radhus B1 och B2 i Järinge under månaderna juni, juli, augusti och september under 2010. Det finns två tidigare rapporter TVIT--08/7024 och TVIT--09/7035 som redovisar mätresultat från 2007/2008 respektive 2008/2007 för sexton radhusenheter fördelade på två radhuslängor enligt Figur 1.1. Detta radhusområde ingick som en del i bomässan Bo06 i Stockholm.

Denna extra mätperiod för enbart solvärmesystem genomförs för att olika driftsfel och mätfel inte gjort det möjligt att utvärdera solvärmesystemen. Endast de två radhusenheterna B1 och B2 var försedda med solvärmesystem.



Figur 1.1 Plan och plushöjder för de två radhuslängorna med förråd i Tensta-Järingegränd.

Husen värms genomgående med radiatorer i vardagsrum, kök och hall i bottenvåningen. Alla fyra rum på ovanvåningen är förberedda för uppvärmning med radiatorer med framdragna rörinstallationer. Uppvärmningsbehovet tillgodoses i första hand med tilluften och i andra hand med radiatorer.

Alla hus har FT-ventilation med ventilationsvärmeåtervinning och ett beräknat tilluftflöde på 50 l/s och ett något större frånluftsflöde på 60 l/s. Sommartid kan ventilationsvärmeåtervinningen kopplas bort genom förbigång av ett luftflöde. Luftbatteri i avluft och tilluft arbetar med direktexpansion och behöver därför inte frysskyddas.



De åtta B-husen har ett FTXVP-aggregat Vitores 343 av fabrikat Viessmann för varmvatten, uppvärmning och ventilation med en ackumulatorvolym på 250 l samt en ackumulator-temperatur på 60 °C. Värmebärarmedium med beteckningen Tycofor är frostskyddat ner till -28 °C och används i hela systemet. Energimätning korrigeras med faktorn 0.895 (3750/4190) jämfört med vatten som medium.

Aggregatet är sammankopplat med ett solvärmesystem av fabrikat Vitosol. Solkollektorn består av tre moduler Vitosol 200 med en kollektoryta på 1 m<sup>2</sup> per modul. Solvärmesystemets prestanda och orienteringsberoende beskrivs i avsnitt 2.

Mätdatainsamling med alla mätpunkter beskrivs kortfattat i avsnitt 3. Antalet mätdata är trettio fördelat på klimat (4), husdata (9+9) och solvärmedata (4+4).

Dygnsmedelvärden för de nio viktigaste mätvärdena redovisas i avsnitt 4 parvis för hus B1 och B2.

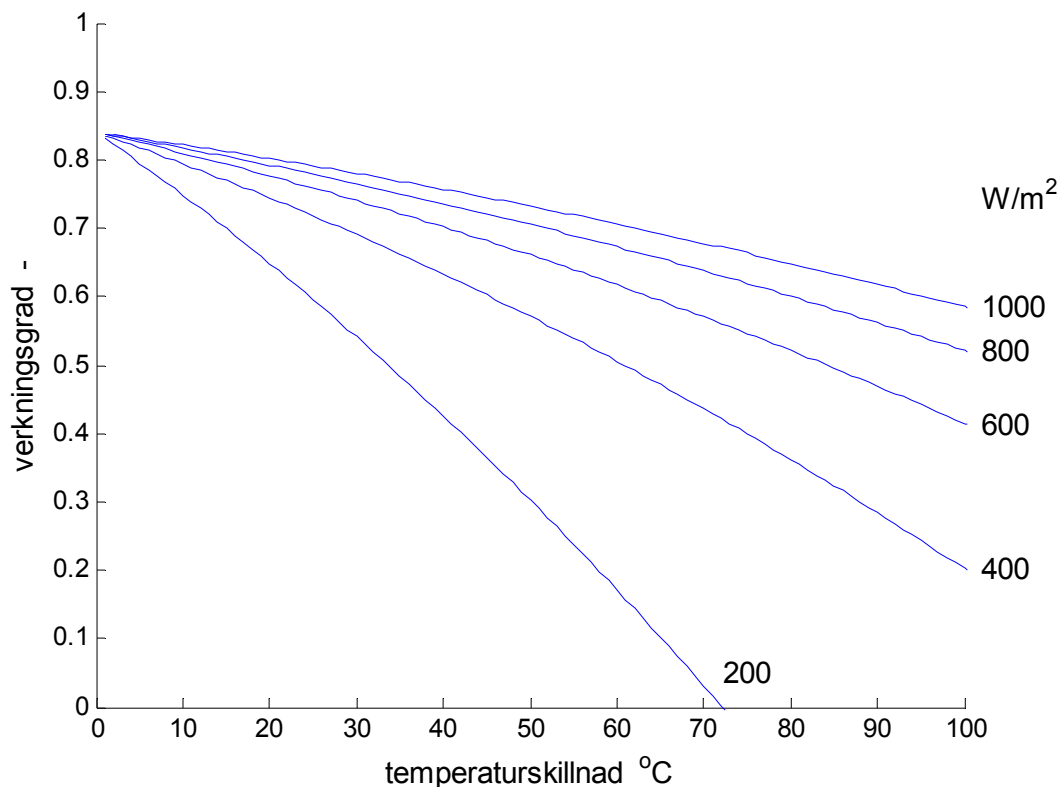
Sist i avsnitt 5 undersöks mätdata uppdelat på områdena klimat, energi, radiatorsystem, tappvatten och solvärmesystem samt allra sist en avslutande uppsummering.

## 2 Solvärmesystem

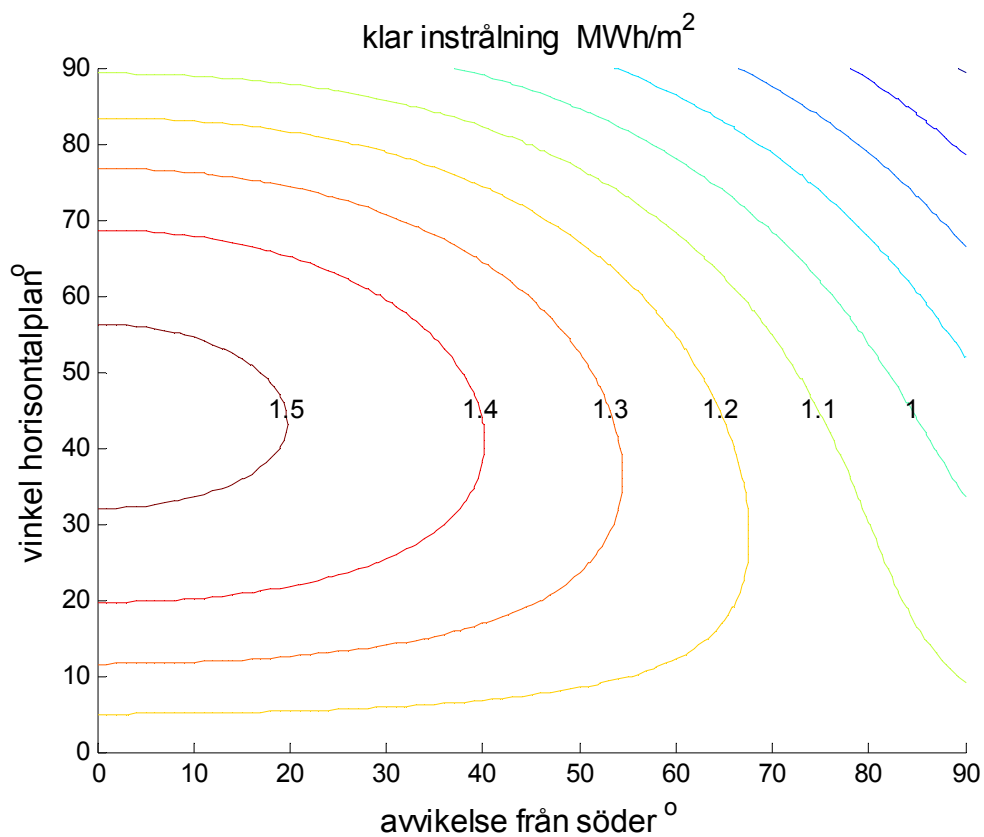
Alla B-hus har ett FTXVP-aggregat Vitores 343 av fabrikat Viessmann för varmvatten, uppvärmning och ventilation med en ackumulatorvolym på 250 l och en ackumulator-temperatur på 60 °C. Aggregaten för hus B1 och B2 är var för sig sammankopplat med ett solvärmesystem med tre moduler Vitosol 200 med en kollektoryta på 1 m<sup>2</sup> per modul. Dessa moduler är av vakuumsörtyyp och har högttemperaturprestanda. Vakuumsör innebär att ett kollektorrör omges av ett yttre rör med vakuums däremellan. Konstruktionen kan ses som en utdragen termosflaska med ett kollektorrör inuti densamma.

Verkningsgraden för Vitosol 200 redovisas i Figur 2.1 som funktion av temperaturskillnad mellan solfångaren och omgivningen för olika instrålning. Solinstrålning kan i Sverige för en solhöjd på 60 ° bli högst 960 W/m<sup>2</sup>. Temperaturskillnaden kan vintertid vara omkring 80 °C och sommartid omkring 50 °C.

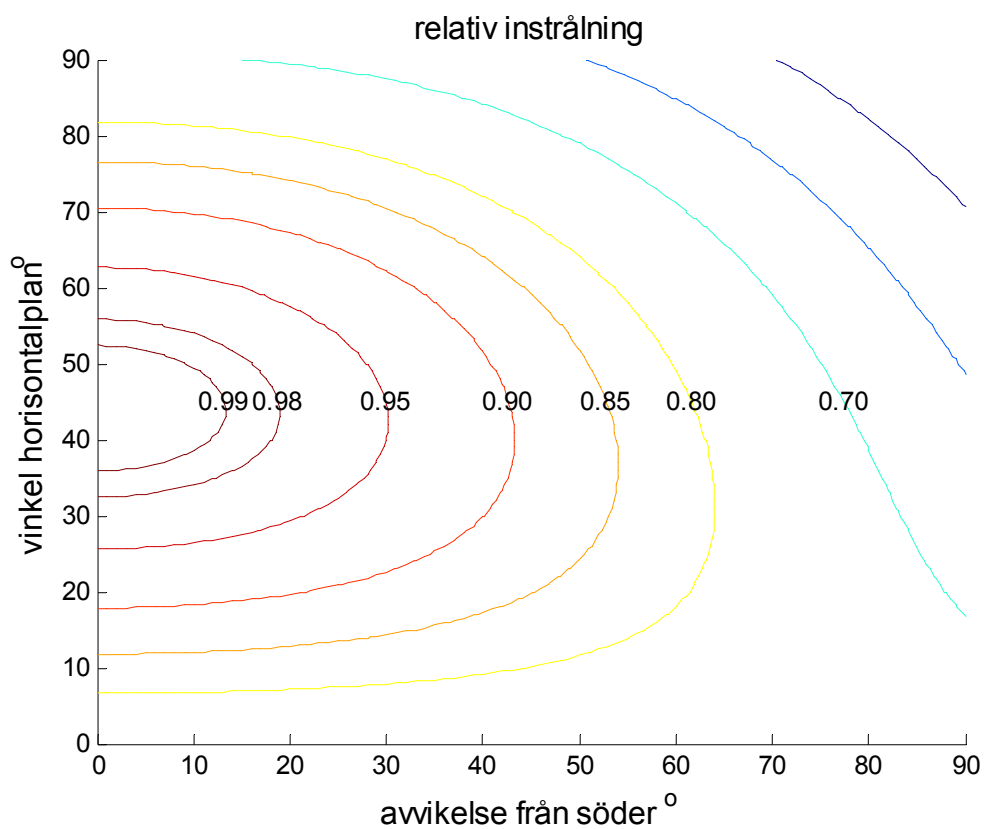
Solinstrålning har beräknats för olika orienteringar och lutningar för endast klara dagar och redovisas i Figur 2.2 med absolut instrålning, i Figur 2.3 med relativ instrålning. Solfångarsystemen är orienterade åt sydväst parallellt med det rektangulära takets sidor med en vinkelavvikelse mot söder om 27 ° samt en lutning mot horisontalplanet på 45 °. Denna orientering och lutning minskar solinstrålningen bara med en faktor 0.96 av den ideala enligt Figur 2.3.



Figur 2.1 Verkningsgrad som funktion av temperaturskillnad och för olika solinstrålning.



Figur 2.2 Klar instrålning som funktion av orientering av solfångare.



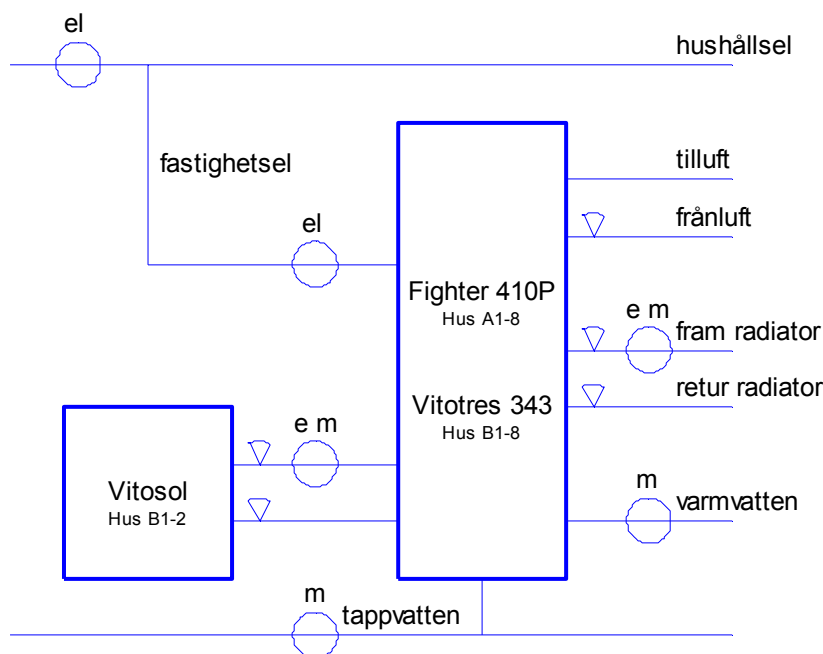
Figur 2.3 Relativ klar instrålning som funktion av orientering av solfångare.

### 3 Mätdatainsamling

Mätdatainsamling görs av företaget KTC Control Stockholm AB med avläsning varje hel timme. Mätdata kan vara av två typer momentana eller ackumulerande. Alla temperaturer, vindhastighet och solinstrålning är momentana mätvärden, vilket kan vara missvisande om en temperatur varierar under kort tid. Dygnsmedelvärden bildas av dygnets alla timvärden. Alla energimätdata och mängdmätdata (volymmätdata) är ackumulerande och mäts på detta sätt. De kan dock räknas om till medelvärden för en timme eller ett dygn. Dygnsmedelvärden räknas fram som skillnaden mellan två avläsningar med tidskillnaden ett dygn.

Antalet mätdata är nio för alla radhusenheter och för solvärmesystem i hus B1 och B2 tillkommer fyra mätdata. Det finns inga mätdata för tilluftstemperatur, ventilationsflöden, varmvattentemperatur, varmvattenenergi och inkommande tappvattentemperatur.

Fyra energier mäts direkt nämligen totalel, fastighetsel, radiatorvärme och solvärme med en upplösning om 1 kWh. Solvärmeutbytet kan aldrig nå över 3 kWh under 1 h. Radiatorsystemets installerade effekt är 1653 och 1174 W för hus B1 respektive B2, vilket innebär att radiatoruttaget inte överskrider 2 kWh under 1 h. Omräkning av årsenergier för totalel och fastighetsel för B-hus enligt Tabell 12.1 i TVIT—7035 till medeleffekter blir avrundat 1.14 kW respektive 0.62 kW. De fyra mätta energierna blir omräknat till timmedeleffekt mycket slumpartade beroende på när 1 kWh registreras. Analys i tidskala är därför inte möjligt.



Figur 3.1 Principskiss för alla mätpunkter för alla hus där e=energi och m=mängd.

Alla sexton hus genommäts med nio olika mätpunkter enligt sammanställningen nedan Tabell 3.1 bortsett solvärmesystemen i hus B1 och B2, vars tillkommande mätdata beskrivs i Tabell 3.2. Utetemperatur, vindhastighet och två solinstrålningar mäts på hus B1 och hur beskrivs i Tabell 3.3. De två mätpunkterna för solinstrålning avser globalinstrålning med samma orientering som solfångareytan respektive horisontalplanet.

Testgränser för grovsortering anges längst till höger i Tabell 3.1-3 för att avgöra om mätdata är rimliga eller inte. Felaktiga mätdata utesluts. Det sker inte någon interpolation.

Tabell 3.1 Mätdata för samtliga hus

mät punkt	mätenhet	minsta enhet	mingrän	maxgrän
fastighetsel	kWh	1	0	250
total el	kWh	1	0	250
frånluftstemperatur	°C	0.1	-50	100
tappvattenvolym	m <sup>3</sup>	0.1	0	25
radiatorvärme	kWh	1	0	50
radiatorvolym	m <sup>3</sup>	0.01	0	25
radiatorreturtemperatur	°C	0.1	-50	100
radiatorframtemperatur	°C	0.1	-50	100
varmvatten	m <sup>3</sup>	0.1	0	25

Tabell 3.2 Mätdata för solvärmesystem

mät punkt	mätenhet	minsta enhet	mingrän	maxgrän
energi	kWh	1	0	250
volym	m <sup>3</sup>	0.01	0	25
returtemperatur	°C	0.1	-50	100
framtemperatur	°C	0.1	-50	100

Tabell 3.3 Mätdata för klimat

mät punkt	mätenhet	minsta enhet	mingrän	maxgrän
vindhastighet	m/s	0.1	0	25
solinstrålning <sub>hor</sub>	W/m <sup>2</sup>	0.1	0	2000
solinstrålning <sub>lut</sub>	W/m <sup>2</sup>	0.1	0	2000
utetemperatur	°C	0.1	-50	100

## 4 Mätdataredovisning

Fyra klimatdata och åtta av tretton mätdata för hus B1 och B2 redovisas i detta avsnitt. Dygnsmedelvärden används. Detta kan vara något missledande när det gäller temperaturer, flöden och effekter, eftersom solvärmesystem inte är i drift under hela dygnet. Mätperiodens tre månadsskiften markeras med en lodrät linje i samtliga diagram.

Klimatdata för utetemperatur, vindhastighet och solinstrålning (horisontell och vinklad) redovisas i Figur 4.1-4. Medeldygnsvindhastighet redovisas som funktion av mätdygn. Värdena är låga (en faktor 10 fel) eller ligger radhusen i ett mycket skyddat läge? Det kan också påpekas att en vindhastighetsmätare med en mekanisk snurra har alltid en undre mätgräns, eftersom det krävs en lägsta vindhastighet för att snurran skall börja rotera.

Inneklimatdata i form av frånluftstemperaturen redovisas i Figur 4.5-6 för hus B1 och B2.

Övriga mätdata som krävs för att utvärdera solvärmesystemen redovisas parvis för de två husen med B1 överst och B2 nederst numrerade som Figur 4.7-18. Ordningsföljden är solvärmesystemets energi, volym, returtemperatur och tilloppstemperatur samt varmvattenvolym och fastighetselenergi till FTXVP-aggregatet Vitores 343. Några kommentarer är följande.

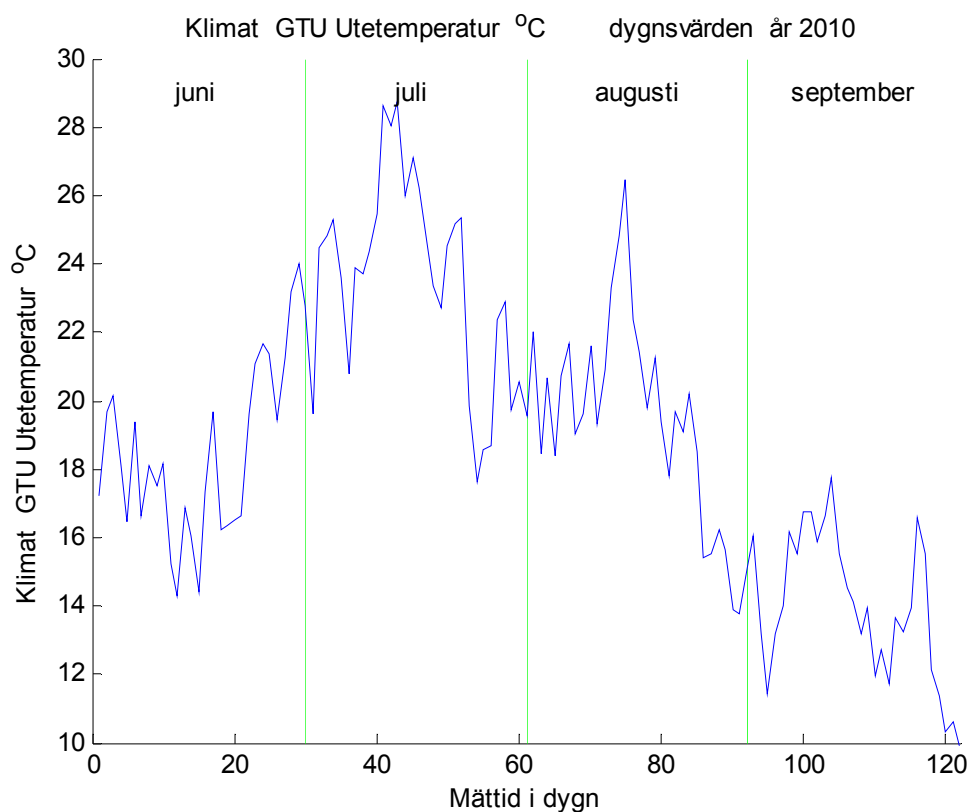
Ingen solvärme för hus B1 enligt Figur 4.7 under de första dyggen. Mätfel eller inte i drift? Inte helt avstängt, eftersom solvärmevolymen för hus B1 i Figur 4.9 är låg och inte nollför de inledande dyggen.

Låg solvärme för hus B2 omkring dygn 40 enligt Figur 4.8. Förklaringen är inget varmvattenuttag under samma period enligt Figur 4.16. Solvärmestillskottet motsvarar troligen aggregatets förluster omkring 4 kWh/dygn eller omräknat till effekt 167 W, vilket verkar något högt.

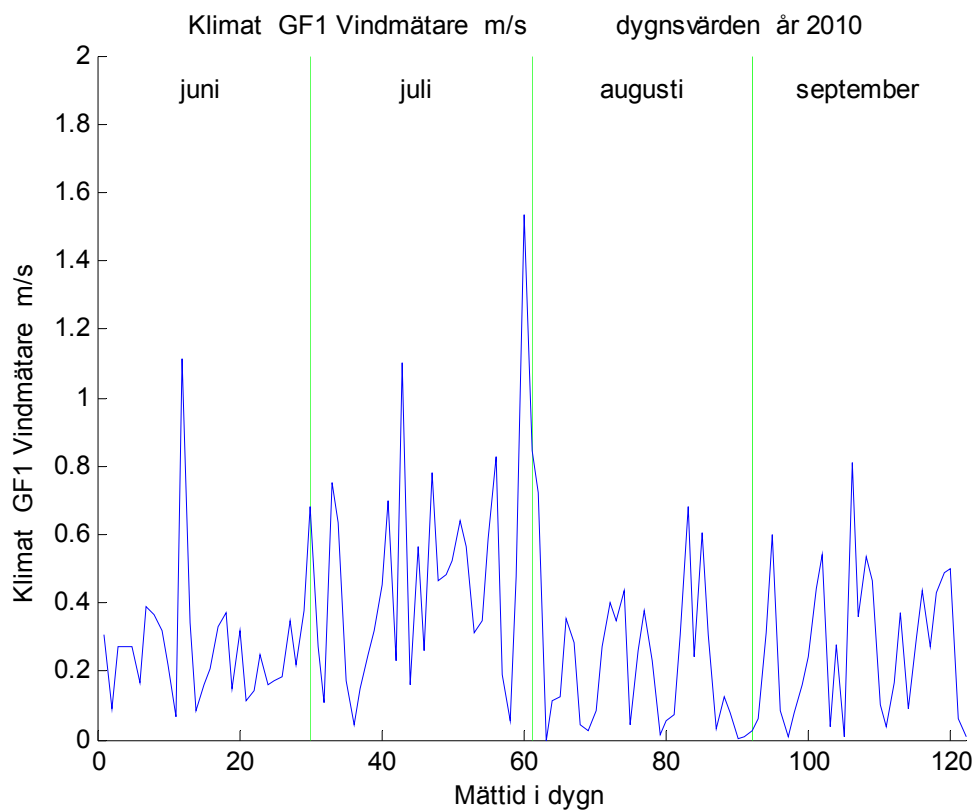
Solvärmesystemets temperaturer i Figur 4.11-14 avtar mot hösten främst på grund av mindre driftstid enligt volym i Figur 4.9-10 och medelvärdesbildning över dygn.

Varmvattenförbrukningen är hög för hus B1 i Figur 4.15 och låg för hus B2 i Figur 4.16.

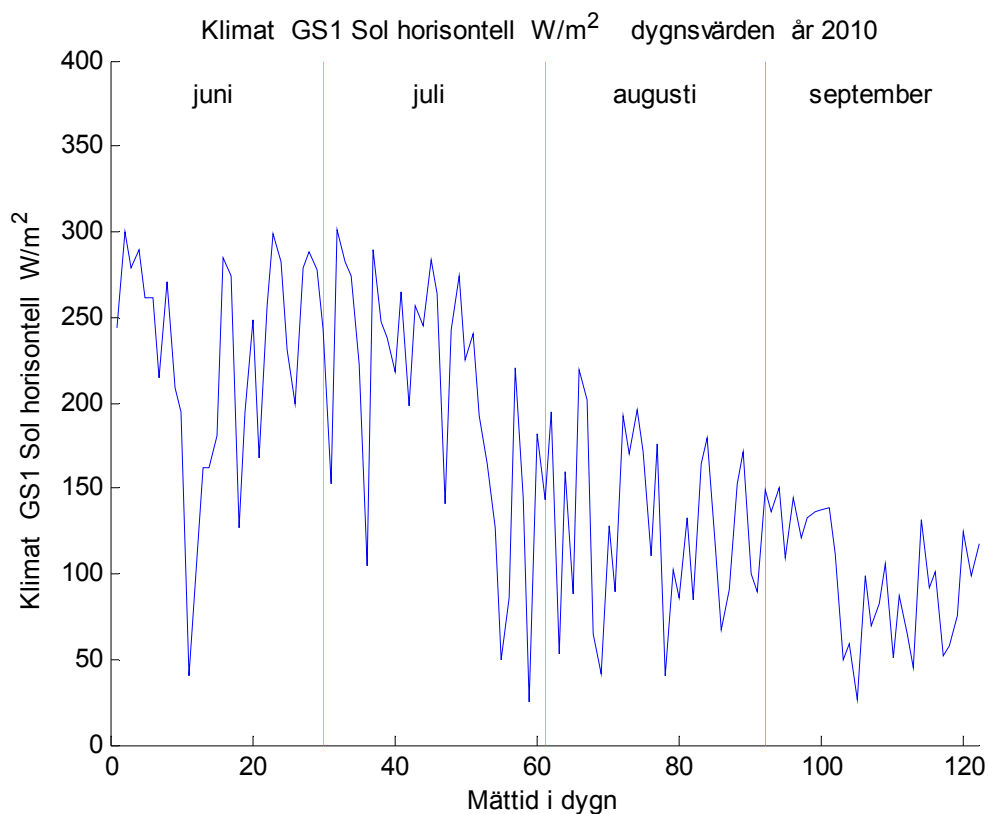
Fastighetselen eller el till aggregatet för varmvatten, uppvärmning och ventilation för hus B1 i Figur 4.17 är hög i motsats till hus B2 i Figur 4.18, vars förbrukning endast avser drift av fläktar, pumpar och styrutrustning. Ett siffervärde är 3 kWh/dygn under junimånad eller omräknat till effekt 125 W.



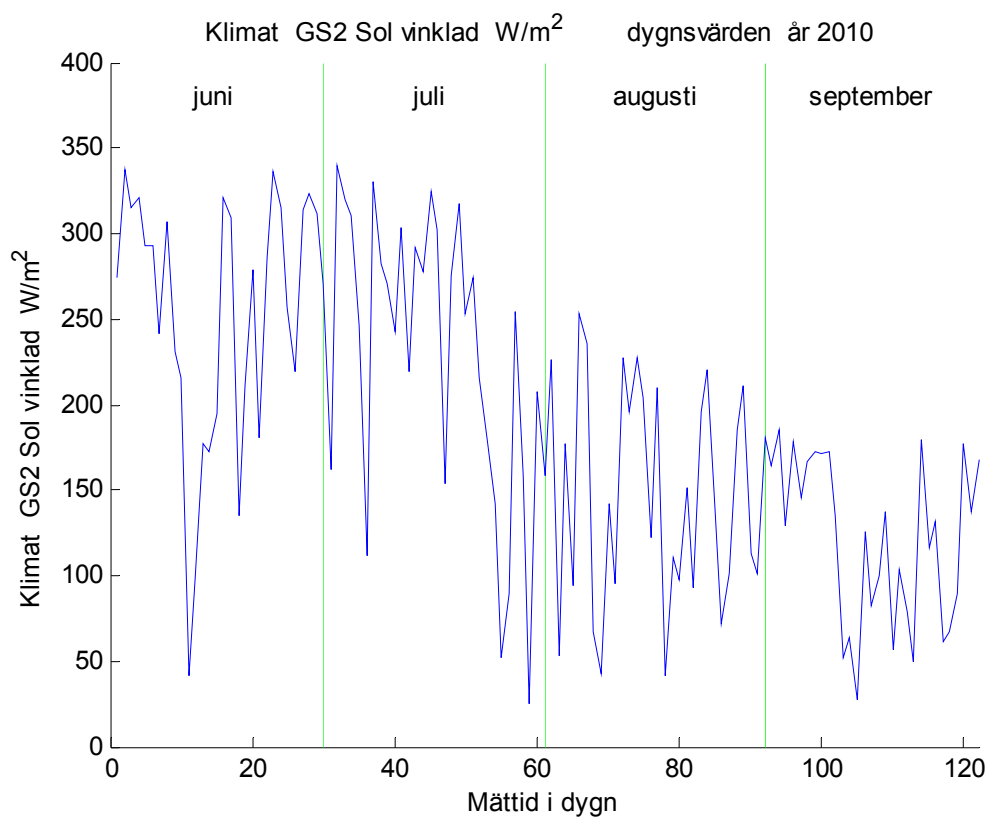
Figur 4.1 Utetemperatur (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.



Figur 4.2 Vindhastighet (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.

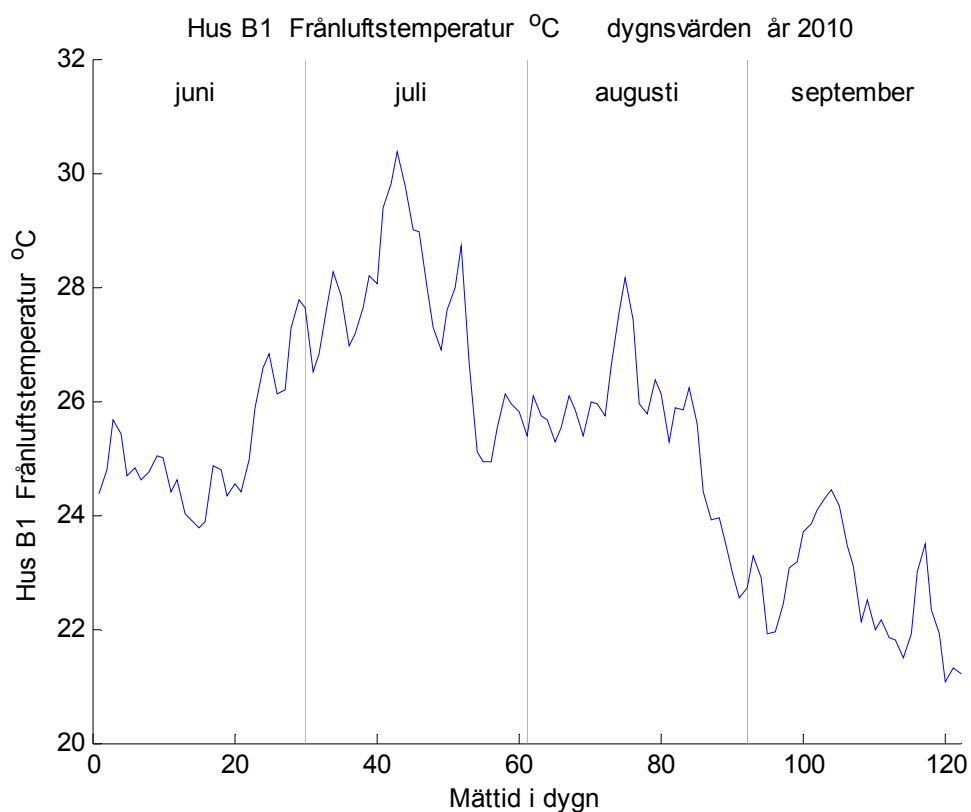


Figur 4.3 Solinstrålning (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.

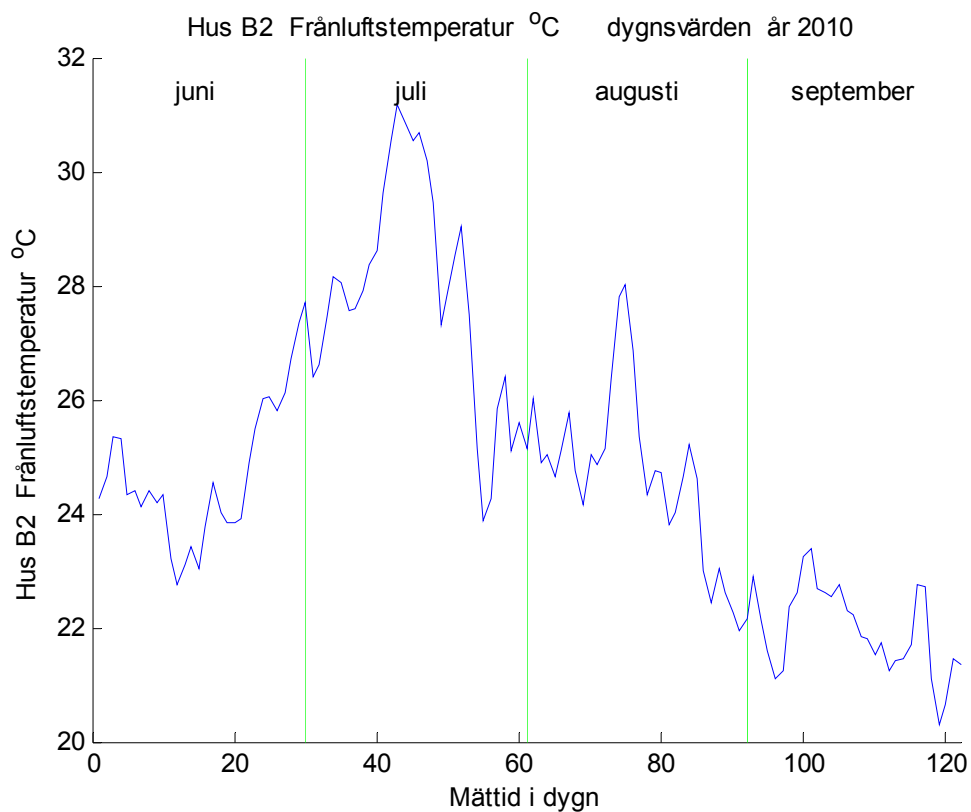


Figur 4.4 Solinstrålning (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.

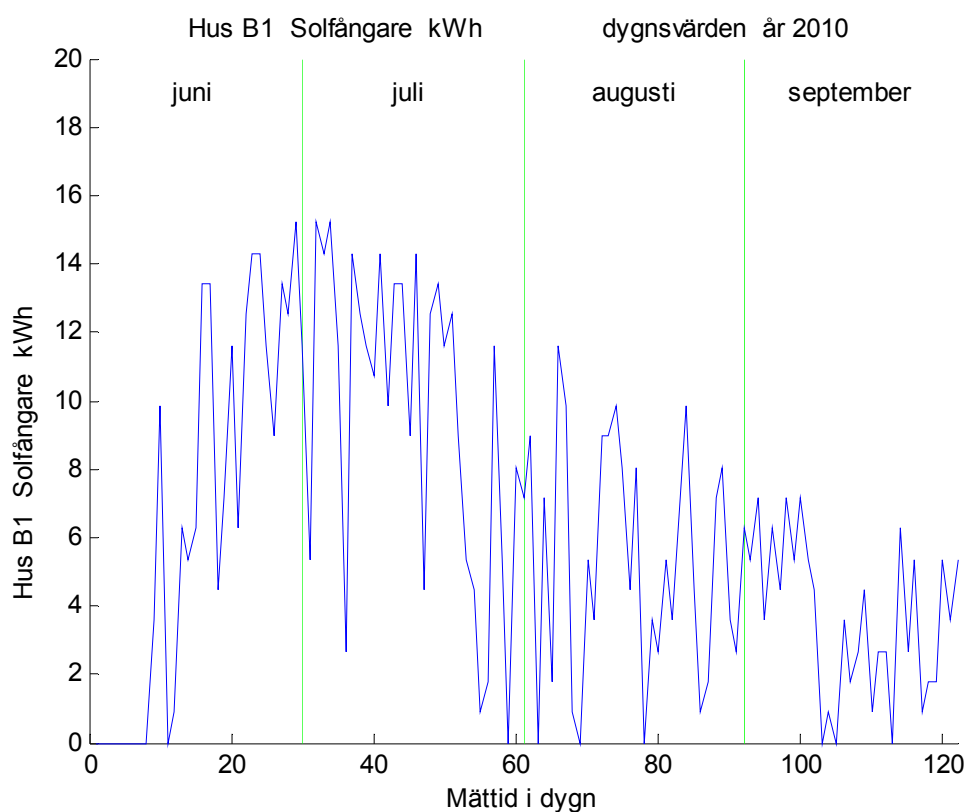




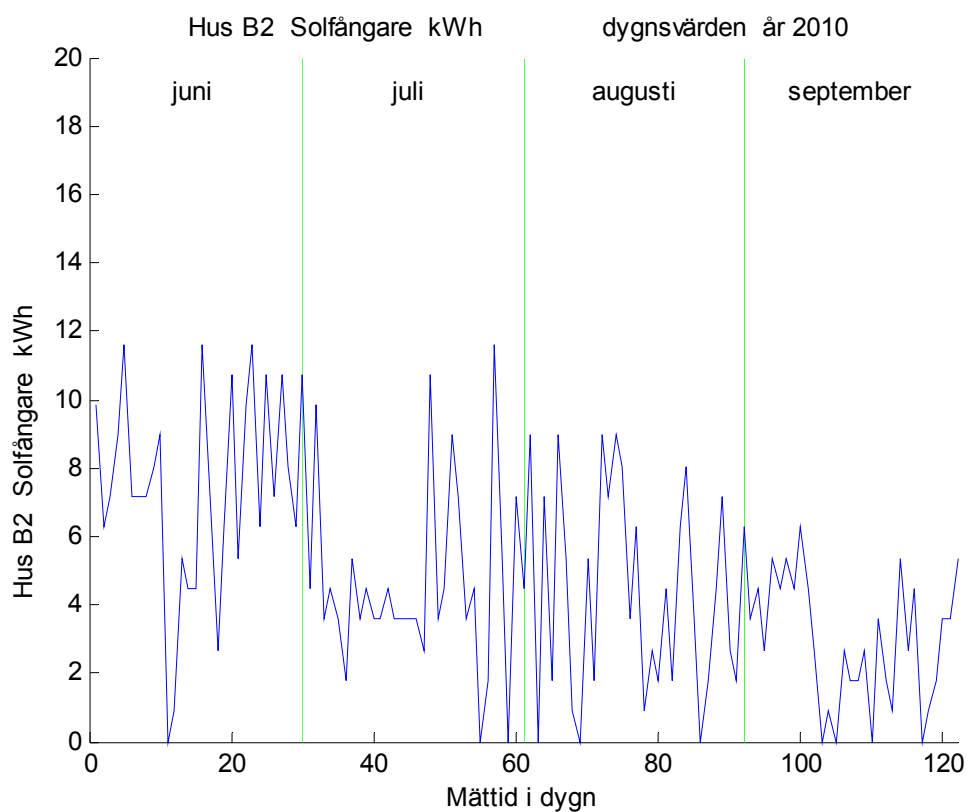
Figur 4.5 Frånluftstemperatur (dygnsmedelvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



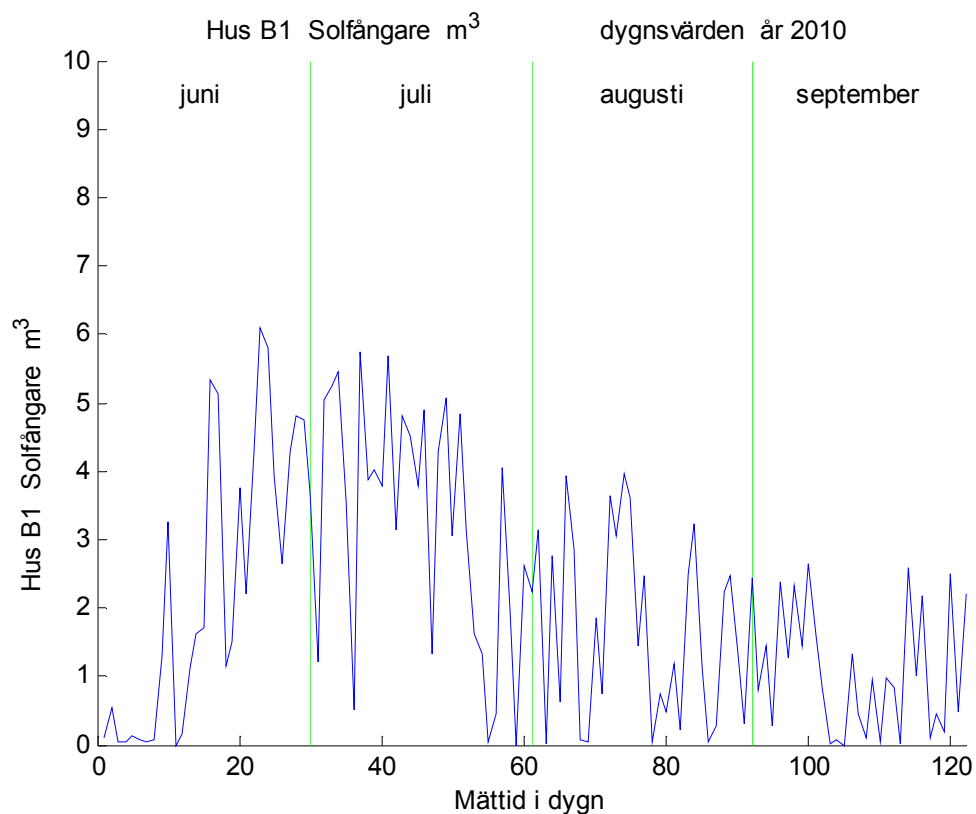
Figur 4.6 Frånluftstemperatur (dygnsmedelvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



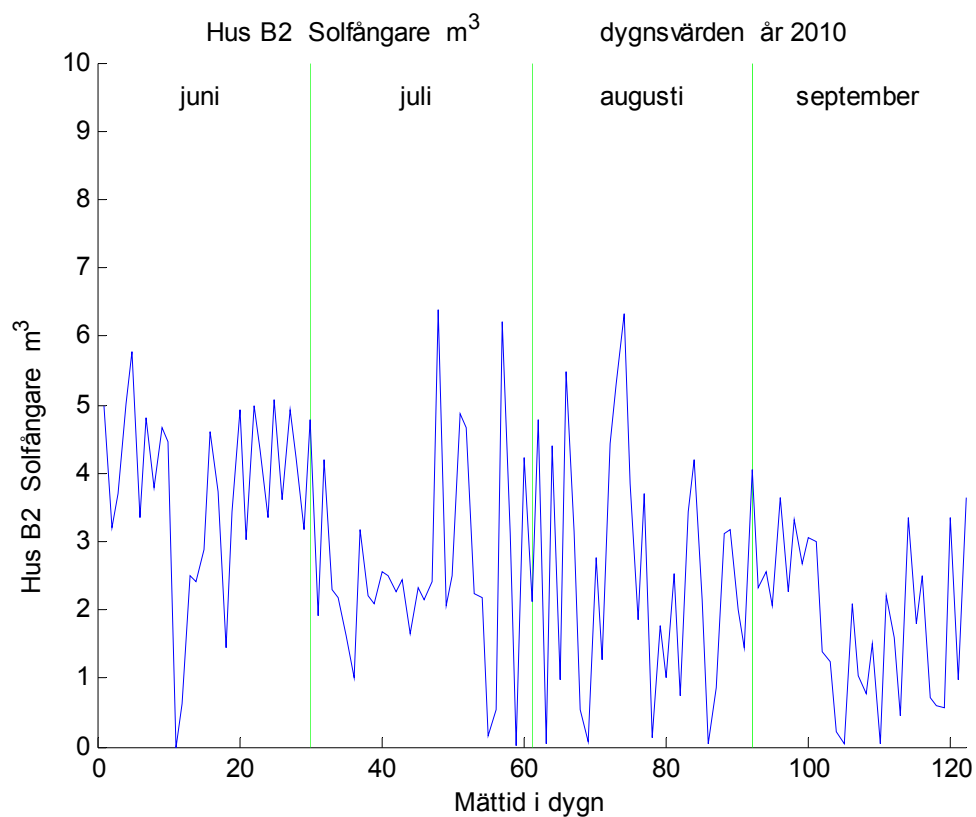
Figur 4.7 Solvärme kWh (dygnsvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



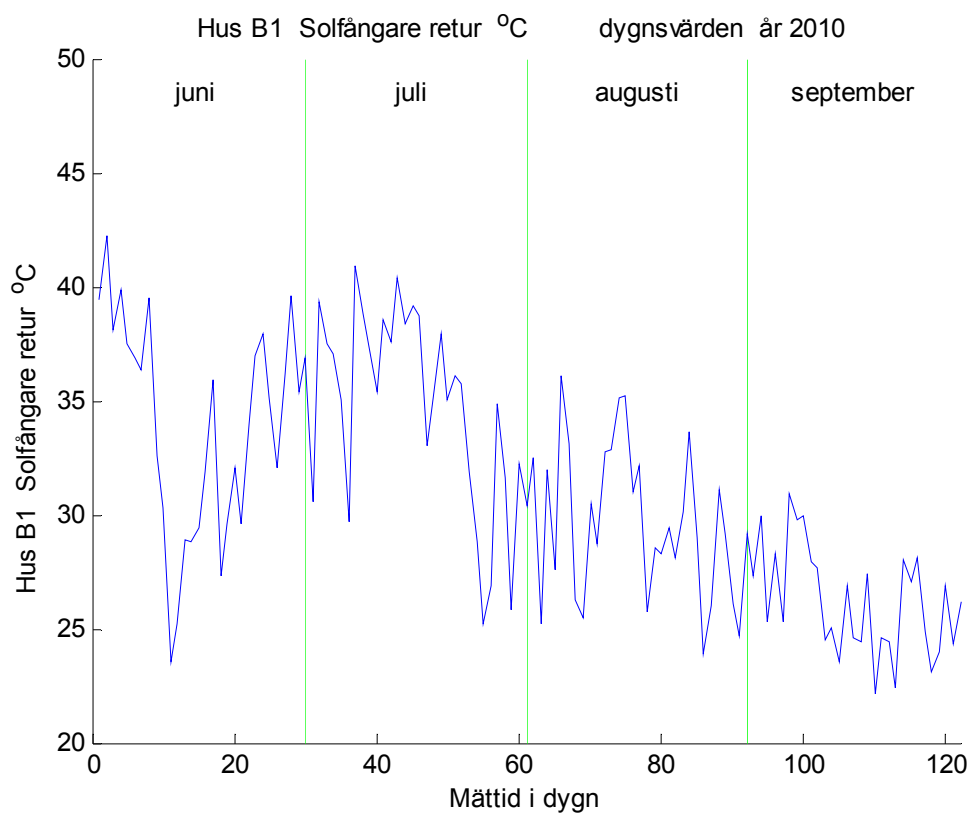
Figur 4.8 Solvärme kWh (dygnsvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



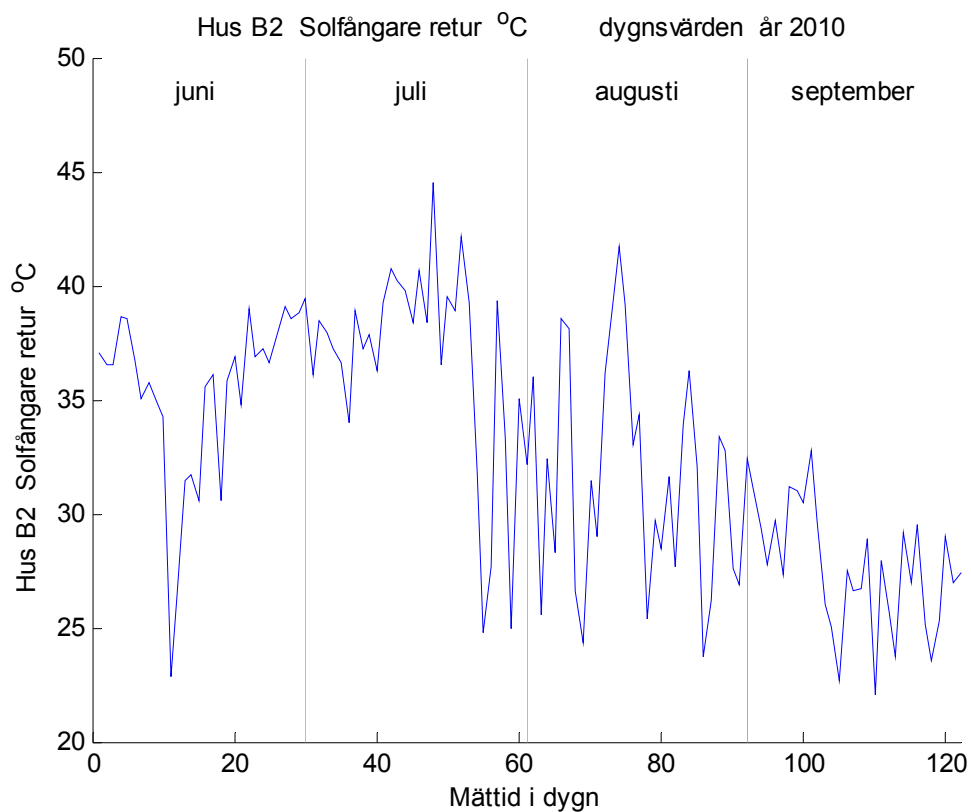
Figur 4.9 Solvärme m<sup>3</sup> (dygnsvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



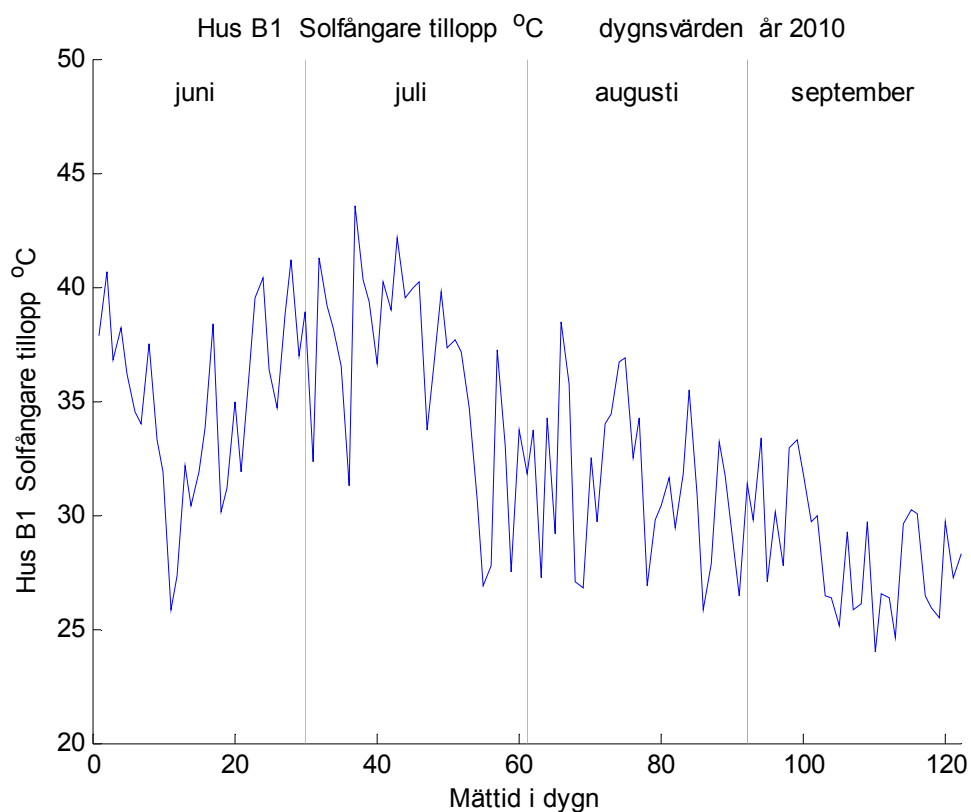
Figur 4.10 Solvärme m<sup>3</sup> (dygnsvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



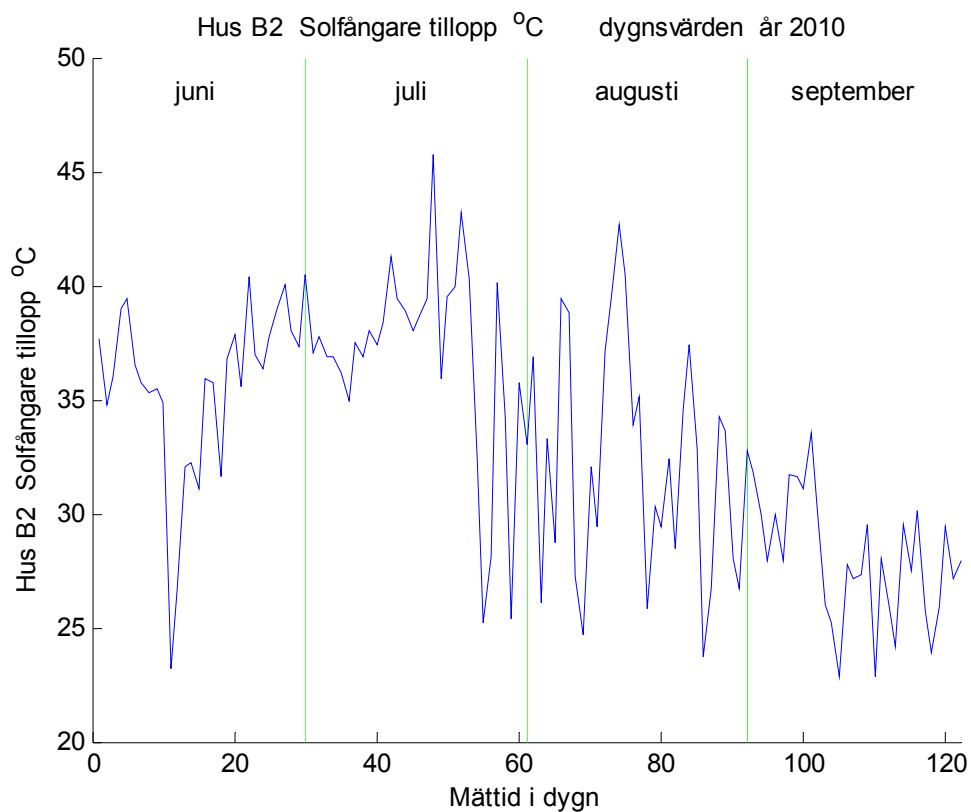
Figur 4.11 Returtemperatur °C (dygnsmedelvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



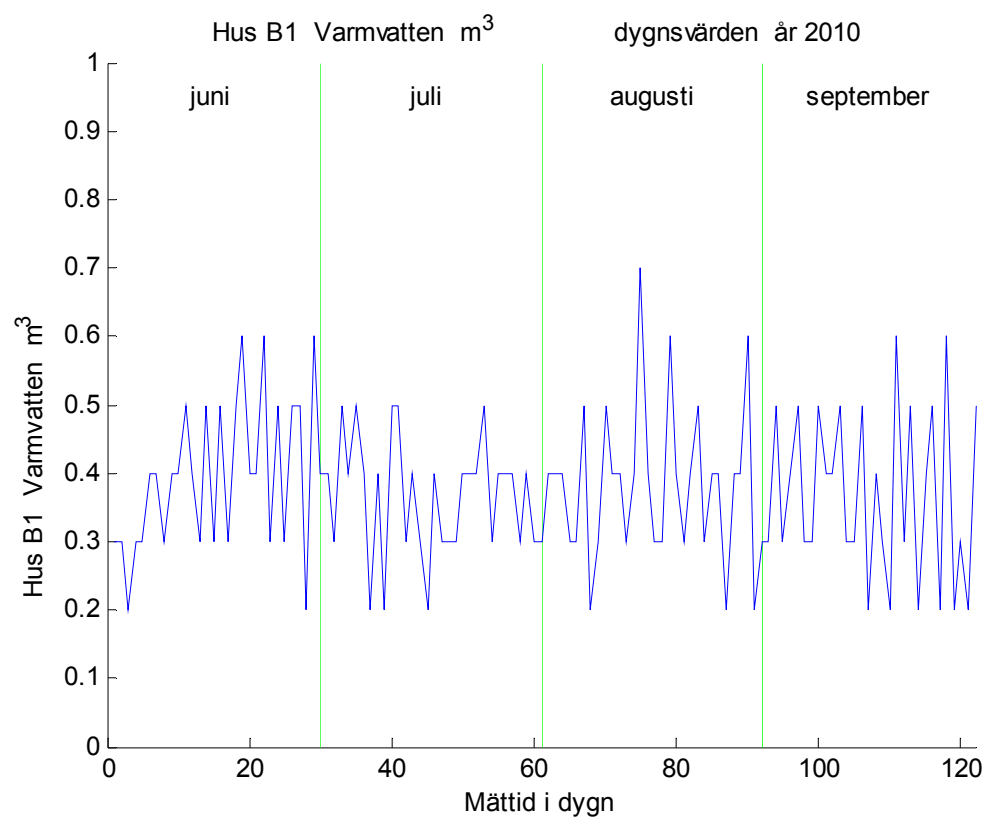
Figur 4.12 Returtemperatur °C (dygnsmedelvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



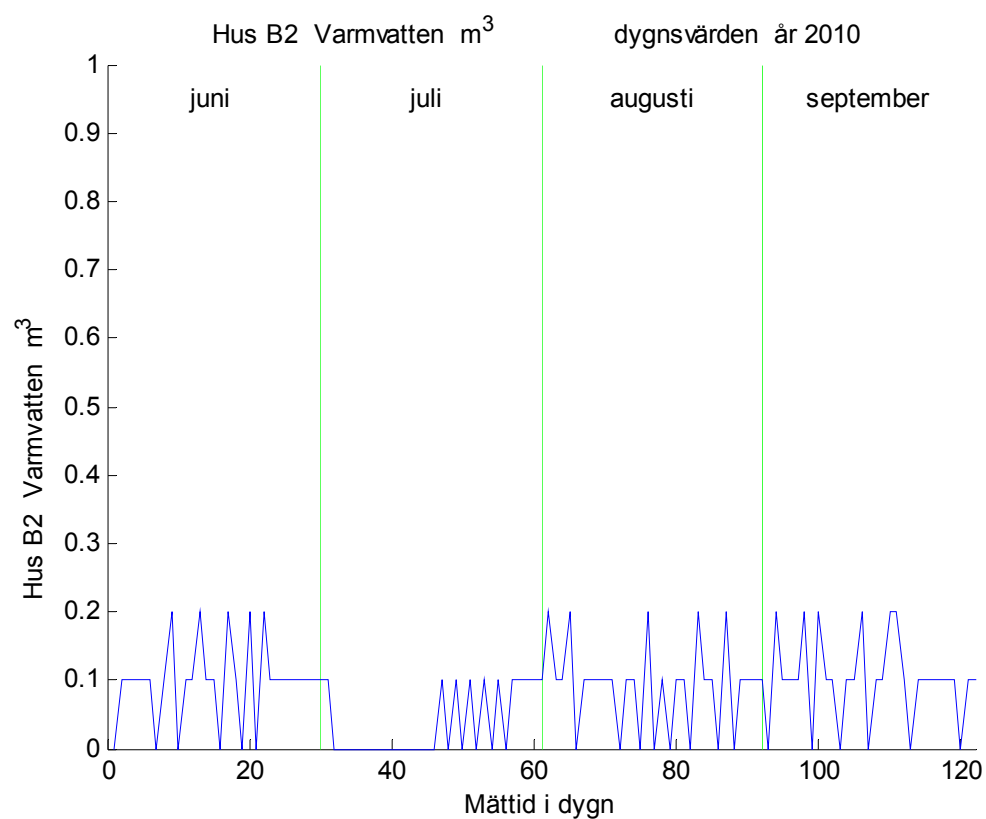
Figur 4.13 Tilloppstemperatur °C (dygnsmedelvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



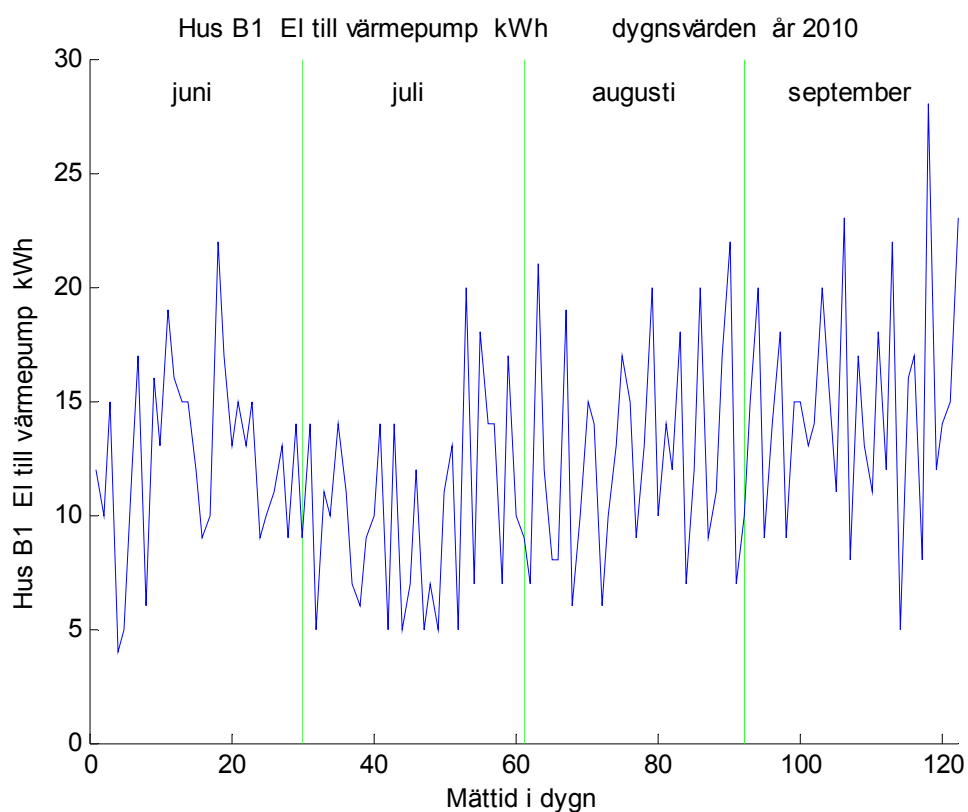
Figur 4.14 Tilloppstemperatur °C (dygnsmedelvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



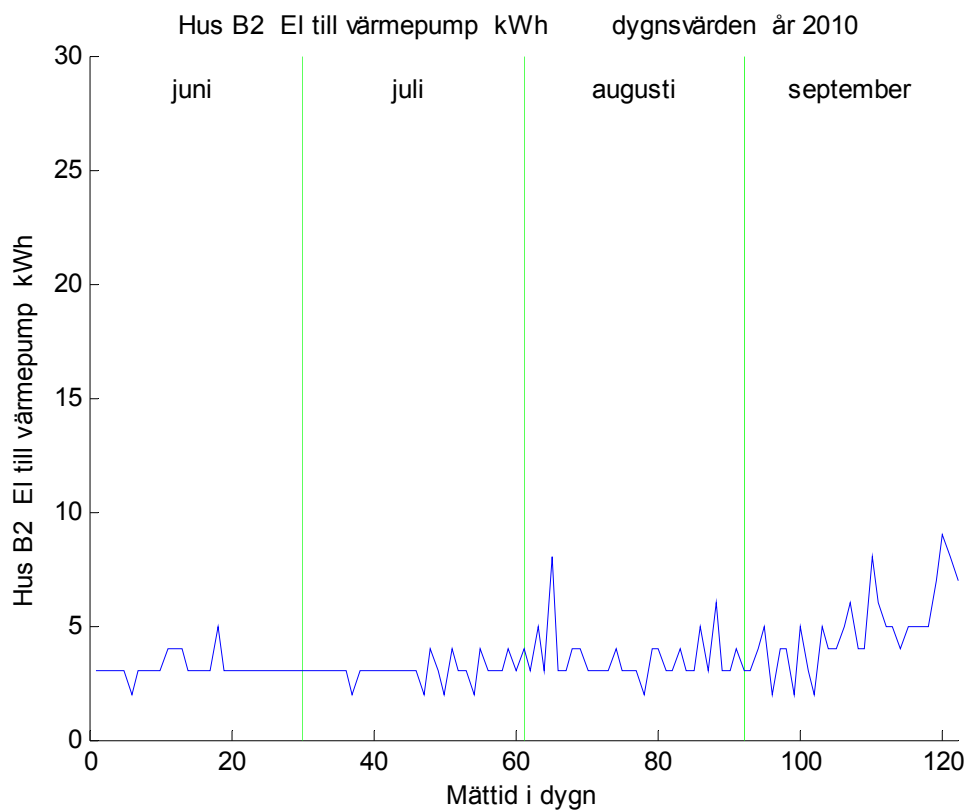
Figur 4.15 Varmvattenvolym  $\text{m}^3$  (dygnsvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



Figur 4.16 Varmvattenvolym  $\text{m}^3$  (dygnsvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.



Figur 4.17 Fastighetsel kWh (dygnsvärden) för hus B1 som funktion av mätdygn.



Figur 4.18 Fastighetsel kWh (dygnsvärden) för hus B2 som funktion av mätdygn.

## 5 Mätdataanalys

Mätdata från hus B1 och B2 bearbetas och analyseras för klimat, energi, radiatorsystem, tappvatten och solvärmesystem med fem olika sammanställningar i Tabell 5.1-5. Redovisning görs med fem värden för hela mätperioden och för varje månad med hus B1 överst och hus B2 underst i Tabell 5.2-5.

### Klimat

Utetemperatur, vindhastighet, medeleffekt och energi för solinstrålning, horisontellt och lutande, samt innetemperaturer redovisas i Tabell 5.1. Medelvindhastigheten är låg.

Tabell 5.1 Uteklimat, solinstrålning och inneklimat

månad	ute °C	vind m/s	sol hor W/m <sup>2</sup>	sol lut W/m <sup>2</sup>	sol hor kWh/m <sup>2</sup>	sol lut kWh/m <sup>2</sup>	inne B1 °C	inne B2 °C
alla	18.87	0.31	164	188	480	549	25.21	24.79
juni	18.52	0.28	227	253	164	182	25.20	24.70
juli	23.43	0.48	203	229	151	170	27.39	27.78
augusti	19.42	0.22	129	148	96	110	25.49	24.62
september	13.94	0.28	97	121	70	87	22.66	21.96

### Energi

En energisammanställning ges i Tabell 5.2 med posterna totalel, hushållsel, fastighetsel, solenergitillskott, radiatorvärme, varmvattenenergi och två skattade värmepumpsfaktorer. Skattningen av värmefaktorn görs utan och med förluster och drivenergi för fläktar och pumpar. De två värmefaktorn  $v_{utan}$  och  $v_{med}$  definieras enligt formler nedan:

$$v_{utan} = (E_{vv} + E_{rad} - E_{sol}) / E_{vp} \quad (-) \quad (5.1)$$

$$v_{med} = (E_{vv} + E_{rad} - E_{sol} + E_{vm}) / (E_{vp} - E_m) \quad (-) \quad (5.2)$$

där

$E_{vv}$	varmvattenenergi, kWh
$E_{rad}$	radiatorvärmesystemenergi, kWh
$E_{sol}$	solenergitillskott, kWh
$E_{vp}$	fastighetselenergi, kWh
$E_{vm}$	värmeförlust varmvattenmagasin, kWh
$E_m$	drivenergi för fläktar och pumpar, kWh



Förlusteffekten och driveffekten har båda satts till 100 W, vilket ger en energiåtgång på 2.4 kWh/dygn.

En jämförelse mellan hus B1 och B2 visar på stora skillnader. Orsaken till de stora skillnaderna är varmvattenförbrukning, vilka är beräknade till 2689 kWh för hus B1 och till 570 kWh för hus B2 för fyra månader. Ett riktvärde för varmvattenförbrukning är 1000 kWh för fyra månader. Solvärmesystemens bidrag räcker inte till för att täcka varmvattenbehovet i hus B1 och omvänt för hus B2.

Tappvatten sammanställs i Tabell 5.5 och varmvattenmängderna för hus B1 46.2 m<sup>3</sup> och för hus B2 9.8 m<sup>3</sup>. Månadsvärdena är sinsemellan lika för hus B1 och även för hus B2 med undantag för juli med ett betydligt lägre värde, när huset står tomt på grund av semester.

En annan avvikelse är att radiatorsystemet i hus B2 har haft ett visst uttag av energi endast 54 kWh för hela perioden, vilket blir omräknat till effekt 18 W. Läckaget beror nog på att cirkulationspumpen varit i drift eller att självcirkulation uppstått, vilket den cirkulerade vattenmängden på 63 m<sup>3</sup> för hela perioden visar. Omräkning till ett flöde fås avrundat 20 l/h.

De två värmepumpsfaktorerna visar för hus B1 att förluster och drivenergi har stor betydelse för siffervärden. Den korrigerade värmepumpsfaktorn är omkring 1.8 för hus B1. Siffrorna för hus B2 visar att utan korrektion blir resultatet ofysikaliskt och med korrektion blir det rimligare för månaderna augusti och september, när solvärmestillskottet är mindre än varmvattenbehovet. Fastighetselenergin är för hus B2 och månaderna juni och juli 94 kWh, vilket kan omräknas till en effekt på 128 W och vara något större än den antagna driveffekten på 100 W.

Den låga värmefaktorn för hus B1 kan inte förklaras med att varmvattenuttaget är större än vad värmepumpen kan prestera, vilket annars kräver direktel för resterande uppvärmning av varmvatten. Varmvattenuttaget är omkring 0.4 m<sup>3</sup>/dygn enligt Figur 4.15, vilket kan räknas om till 23 kWh/dygn. Värmepumpens värmeeffekten är 1.5 kW, vilket ger 36 kWh/dygn vid kontinuerlig dygnsdrift. En förklaring är att elpatronen trots allt eftervärmer varmvattnet.

Tabell 5.2 Energisammanställning med hus B1 överst och hus B2 nederst

månad	el total kWh	el hus kWh	el fast kWh	sol kWh	värme kWh	vv kWh	$v_{utan}$ -	$v_{med}$ -
alla	3445	1910	1535	773	1	2689	1.25	1.78
juni	795	419	376	203	0	693	1.30	1.85
juli	829	513	316	296	0	658	1.14	1.80
augusti	937	545	392	165	1	693	1.35	1.90
september	884	433	451	109	0	646	1.19	1.61
alla	1246	802	444	591	54	570	0.07	2.16
juni	296	202	94	223	19	169	-0.38	1.67
juli	247	153	94	143	15	64	-0.68	0.53
augusti	314	203	111	137	13	163	0.36	3.11
september	389	244	145	88	6	175	0.64	2.26

Den okorrigerade värmefaktorn för hus B2 visar upp orimliga värden, vilket beror på att solvärmestillskottet täcker varmvattenbehovet för juni och juli, nästan för augusti och till drygt hälften för september. Den korrigerade värmefaktorn för hus B2 verkar rimlig för månaderna augusti och september med behov för värmepumpsdrift, eftersom solvärmestillskottet inte täcker behovet för varmvatten, läckande radiatorsystem och även ackumulatorförlust.

## Radiatorsystem

Radiatorsystemen sammanställda i Tabell 5.3 har kommenterats tidigare med att cirkulationen har varit i gång för hus B2 med en läckeffekt på 18 W och ett flöde på 20 l/h. En annan skillnad är att de två temperaturerna högre för hus B1 än för hus B2. En möjlig förklaring är att läckaget för hus B2 sänker temperaturen för det cirkulerande flödet, med cirkulation är stoppad för hus B1 med mätpunkter nära värmemagasinet inne i FTXVP-aggregatet.

Tabell 5.3 Radiatorsystem med hus B1 överst och hus B2 nederst

månad	värme kWh	värme m <sup>3</sup>	retur °C	fram °C
alla	1	1.97	32.04	32.62
juni	0	1.07	31.64	32.15
juli	0	0.33	32.76	32.63
augusti	1	0.27	32.29	32.97
september	0	0.30	31.43	32.72
alla	54	63.43	27.44	26.92
juni	19	14.90	25.68	26.74
juli	15	14.42	28.61	29.52
augusti	13	16.67	25.69	26.31
september	6	17.44	29.80	25.04

## Tappvatten

Tappvatten sammanställs i Tabell 5.4. Varmvattenenergierna har beräknats med uppmätt volym och en antagen uppvärmning om 50 °C. Varmvattenuttaget är högt för hus B1 och lågt för hus B2. Andelen varmvatten skiljer betydligt mellan hus B1 med 0.54 och hus B2 med 0.31.

Tabell 5.4 Tappvatten med hus B1 överst och hus B2 nederst

månad	tv m <sup>3</sup>	vv m <sup>3</sup>	vv/tv -	vv kWh
alla	85.7	46.2	0.54	2689
juni	21.9	11.9	0.54	693
juli	23.8	11.3	0.47	658
augusti	21.2	11.9	0.56	693
september	18.8	11.1	0.59	646
alla	32.1	9.8	0.31	570
juni	10.1	2.9	0.29	169
juli	4.0	1.1	0.27	64
augusti	9.0	2.8	0.31	163
september	9.0	3.0	0.33	175

## Solvärmesystem – uppmätta energier

Solvärmesystemen sammanställs i Tabell 5.5. Tillförd solvärme är den som uppmätts för den lutande givaren. Siffrorna visar att verkningsgraden lika med kvoten ut/in är högre för hus B1 med 0.47 för hela perioden än för hus B2 med 0.36 för hela perioden. Detta beror på att varmvattenuttaget är mycket högre för hus B1 än för hus B2. En förväntad verkningsgrad är uppemot 0.8. Verkningsgraden behandlas mer i ett senare underavsnitt.

Verkningsgraden kan bli noll för ett fall utan något uttag. Siffervärde för hus B2 och juli är endast 0.28 beroende ett lågt uttag av varmvatten endast 1.1 m<sup>3</sup> mot medelvärdet 2.9 m<sup>3</sup> för övriga tre månader med medelverkningsgraden 0.39.

Tabell 5.5 Solenergisammanställning med hus B1 överst och hus B2 nederst

månad	sol in kWh	sol ut kWh	ut/in -	vv/in -	sol ut m <sup>3</sup>	retur °C	fram °C
alla	1647	773	0.47	1.63	255	31.14	32.79
juni	546	203	0.37	1.27	70	33.98	35.07
juli	510	296	0.58	1.29	101	34.69	36.28
augusti	330	165	0.50	2.10	53	29.66	31.44
september	261	109	0.42	2.47	31	26.17	28.30
alla	1647	591	0.36	0.35	327	32.84	33.23
juni	546	223	0.41	0.31	112	35.34	35.65
juli	510	143	0.28	0.13	80	36.72	36.85
augusti	330	137	0.41	0.49	80	31.65	32.34
september	261	88	0.34	0.67	55	27.55	27.99

Ett annat jämförelsetal är kvoten mellan uttagen varmvattenenergi och instrålad solenergi betecknad  $vv/in$  visar att solvärmesystemet belastas med ett varmvattenuttag som är större än instrålad solenergi för hus B1 och omvänt för hus B2.

De uppmätta verkningsgrader lägre än förväntat kan till en del förklaras med en värmeförluster från retur- och tilloppsledning. En enkel uppskatt med totalrörlängd 12 m, rördiameter 10 mm, isolertjocklek 30 mm, värmeledningstal 0.040 W/Km, yttre värmeövergångstal 6 W/Km<sup>2</sup> och temperaturskillnad 30 °C. Detta ger en värmeförlust på 61 W. Drifttiden för solvärmesystemet kan uppskattas till omkring 1000 h med varaktighetskurvorna i Figur 5.1-2, vilka visar att sannolikheten för drift är omkring 0.35 utav 2928 h. Värmeförlusten blir därför 61 kWh att jämföra med hela det uppmätta solvärmeuttaget på 773 kWh för hus B1 och 591 kWh för hus B2.

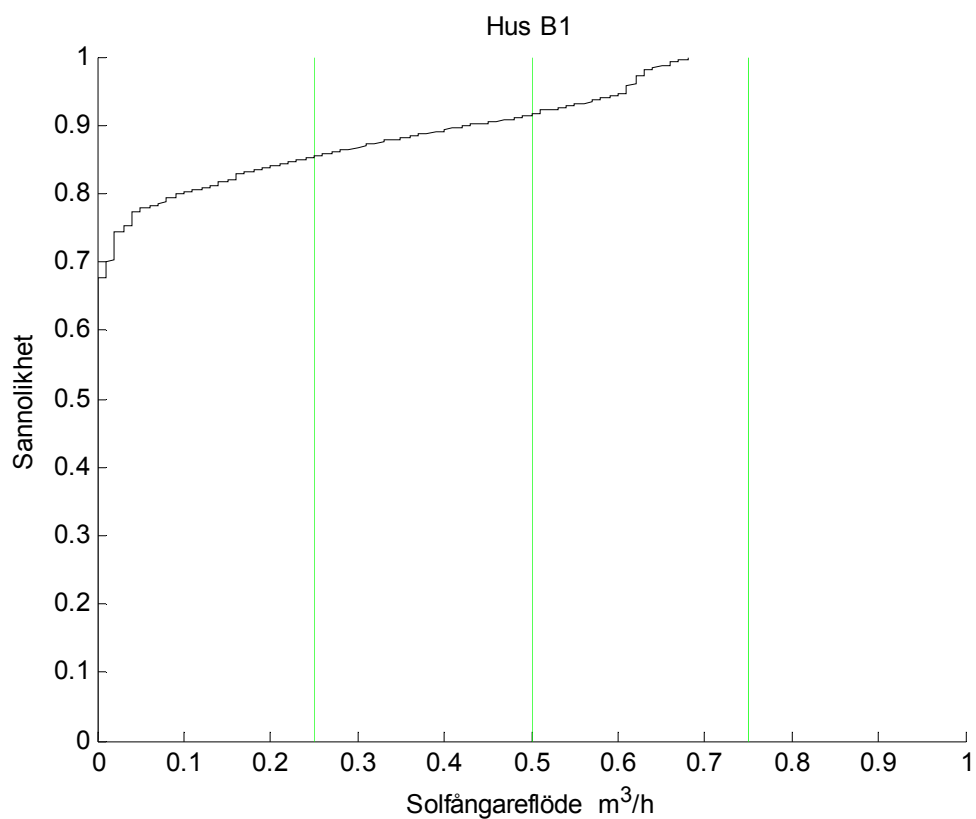
## Solvärmesystem - driftsätt

Ett sätt att undersöka driften av solvärmesystem är att beräkna varaktighetsdiagram för kollektorflödena. Om driften är kontinuerlig med ett högsta flöde för ett stort antal mätintervall framgår det av en lodrät del för varaktighetskurvan. De två varaktighetskurvorna har beräknats och redovisas i Figur 5.1-2. Varaktighetskurvorna är inte de förväntade utan kurvorna kan tolkas som om driften alltid är intermitterant med ett stort antal start och stopp. Något konstant högsta flöde under flera mätintervall kan inte utläsas. Mätupplösningen för solvärmevolymen är 0.01 m<sup>3</sup>, vilket inte förvränger varaktighetskurvorna i Figur 5.1-2.

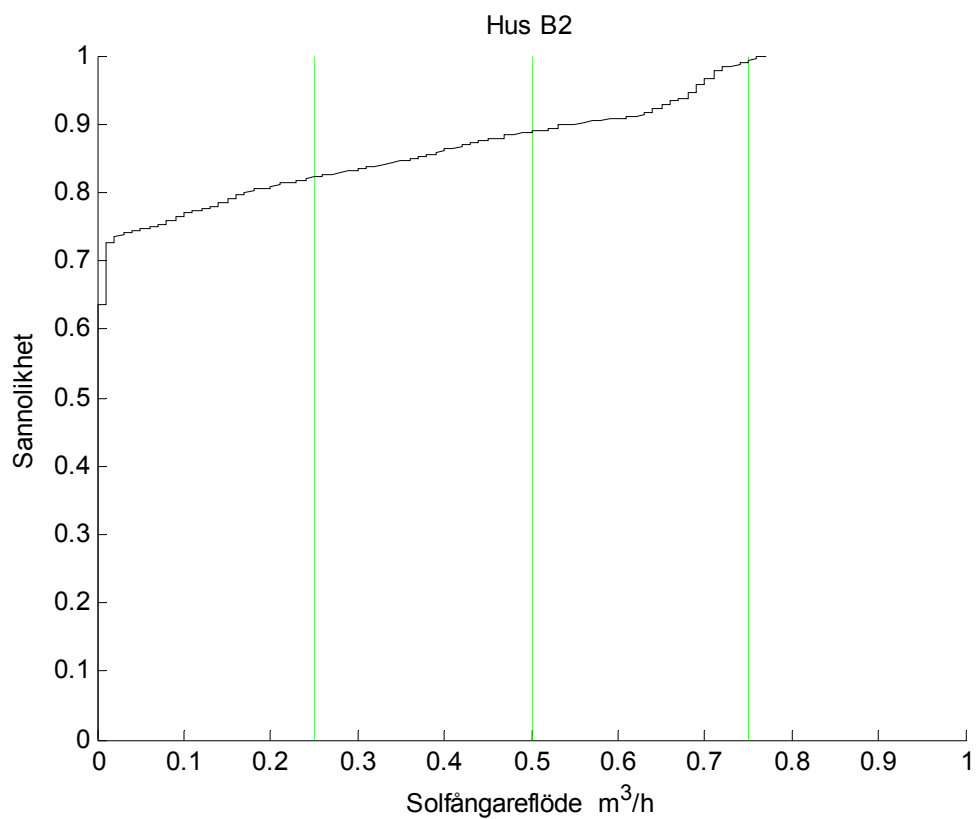
De tre vertikala linjerna i Figur 5.1-2 markerar 1, 2 och 3 ackumulatorvolym. Kurvan visar att ackumulatorm som mest genomströmmas upptill tre gånger under 1 h. Detta höga flöde kan räknas om till ett specifikt kollektorflöde l/minm<sup>2</sup>, vilket blir avrundat 4 l/minm<sup>2</sup>. Ett rekommenderat minsta värde i solvärmesammanhang är 1 l/minm<sup>2</sup>.

Den ackumulerande volymen är 255 och 327 m<sup>3</sup> för hus B1 respektive hus B2 enligt Tabell 5.5. Detta skall jämföras med solvärmeutbytet som är 773 kWh mot 591 kWh för hus B1 respektive hus B2. En förklaring till den större volymen för hus B2 och samtidigt det mindre solvärmeutbytet kan vara olika driftsinställning för solvärmesystemen. När ackumulatorm är fulladdad bör pumpcirkulationen stoppas eller när utbytet är lågt med en liten skillnad mellan retur- och tilloppstemperatur.

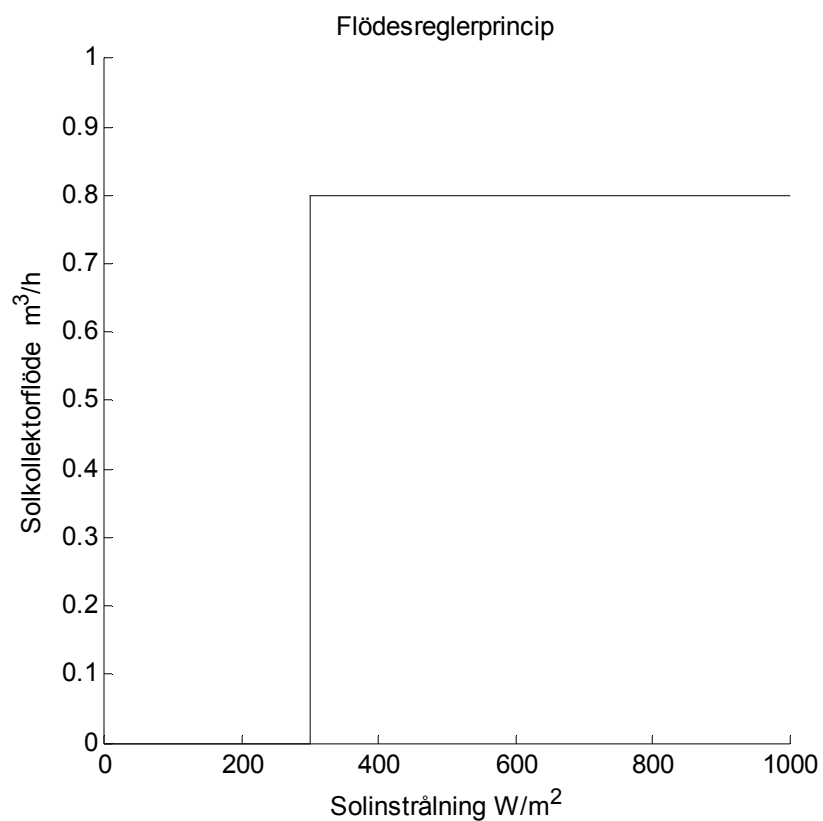
En jämförelse kan göras med ett idealiserat fall med drift med ett enda flöde 0.8 m<sup>3</sup>/h över en given solinstrålning över 300 W/m<sup>2</sup> enligt Figur 5.3, vars varaktighetsdiagram visas i Figur 5.4. Den lutande räta linjen redovisar alla mätintervall med helt slumpmässiga start eller stopp. Den lutande räta linjen visar att sannolikheten är lika stor för alla drifttider under ett mätintervall. Sannolikheten att cirkulationen går 10 min eller 50 min är lika stor. De lodräta delarna för flöde 0.0 m<sup>3</sup>/h och 0.8 m<sup>3</sup>/h anger att sannolikheten för ingen cirkulation är 0.4 och 0.4 för kontinuerlig cirkulation under ett mätintervall.



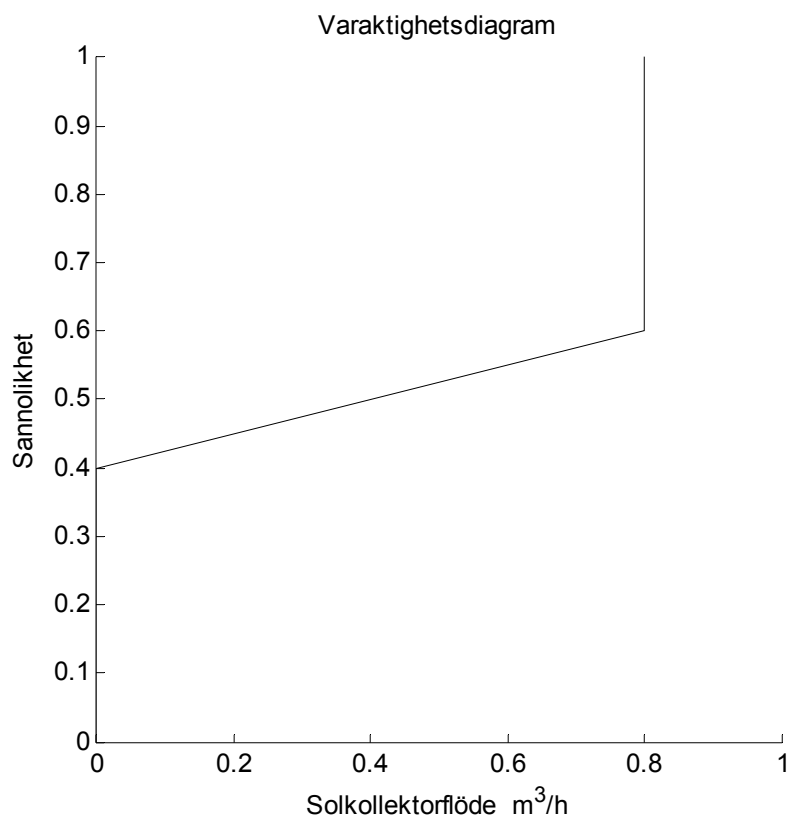
Figur 5.1 Varaktighetskurva för solkollektorflöde för hus B1.



Figur 5.2 Varaktighetskurva för solkollektorflöde för hus B2.



Figur 5.3 Driftprincip för solkollektorflöde som funktion av solinstrålning.



Figur 5.4 Varaktighetskurva för solkollektorflöde enligt driftprincip i Figur 5.3.

## Solvärmesystem – analys med olika solinstrålning

En solfångares prestanda bestäms under väl valda driftsförhållanden. Detta går inte alltid att upprepa för en verklig installation i normal drift.

En rättfram metod är att beräkna solfångarens utbyte för de rådande driftsförhållanden och jämföra med det uppmätta utbytet. Beräkningen förutsätter kontinuerlig drift utan några avbrott. Detta innebär att varmvattenuttaget skall vara mycket stort och att ackumulatorn inte blir fulladdad under driften. Detta villkor uppfylls bara av hus B1.

Det teoretiska utbytet har beräknats med uppmätt solinstrålning, temperatur för retur, tillopp och uteluft (visserligen momentana timvärden). Detta innebär att ett annat flöde än det nominella borde inte ha någon betydelse. Drift med intermittent flöde bör inte påverka resultatet, eftersom returtemperaturen ökar, vilket påverkar både den teoretiska beräkningen och det direkt uppmätta värdet. Retur- och tilloppstemperaturer mäts nere vid ackumulatorn, men temperaturförluster påverkar inte den i beräkningen ingående medeltemperaturskillnaden mellan solkollektor och yttre omgivning.

Den föreslagna metoden kan i princip tillämpas för en godtycklig tidsperiod. Mätupplösningen för solvärmeuttaget är endast 1 kWh och för 3 m<sup>2</sup> solfångareyta är utbytet högst 3 kWh per mätintervall. Ett uppmätt värde på 0 kWh kan därför motsvara en konstant solvärmeeffekt 0-1 kW, 1 kWh kan motsvara 0-2 kW, 2 kWh kan motsvara 1-3 kW och 3 kWh kan motsvara 2-4 kW. Slutsatsen är att längre analysintervall måste användas för att eliminera slumpmässigheten i energimätningarna.

Åtta olika urval av hela mätperiodens mätningar har skett efter uppmätt solinstrålning enligt Tabell 5.6 nedan. Kvoten mellan summerad uppmätt solvärme och summerad beräknad solvärme redovisas i Tabell 5.6 för hus B1 och hus B2. Siffervärden visar att det skiljer något mellan uppmätta och beräknade värden. De två kvoterna är omkring 0.72 för hus B1 och omkring 0.59 för hus B2. En förväntad kvot är givetvis 1.0. De två kvoterna ökar fram till och med instrålningsgränsen 700 W/m<sup>2</sup>.

Tabell 5.6 Kvot mellan uppmätt och beräknad solvärme för hus B1 och B2

$P_{min}$ W/m <sup>2</sup>	antal data	$E_m / E_t$ hus B1	$E_m / E_t$ hus B2
100	1259	0.637	0.505
200	979	0.668	0.538
300	787	0.698	0.572
400	603	0.710	0.594
500	441	0.729	0.601
600	291	0.729	0.598
700	184	0.737	0.589
800	91	0.707	0.532

## Solvärmesystem – analys med olika mätperioder

Kravet på ständig drift medför också att mätintervall med start och stopp inte skall ingå i den tidsperiod som skall undersökas. Det är dock möjligt att med hjälp av uppmätt cirkulationsvolym för solfångaresystemet bestämma driftsandelen för samma mätintervall. Molnighet är något som kan påverka driften med start och stopp. Den uppmätta solinstrålning tar hänsyn till molnigheten, vilket kan kompensera för mindre driftsavbrott på grund molnighet.

Ett sätt att undvika mätdata med dagens första start och dagens sista stopp kan vara att finna i tiden sammanhängande drift som uppfyller en minsta solinstrålning och en minsta cirkulationsvolym. Dessa utvalda mätdata kan därefter avkortas i början och i slutet. Detta har genomförts enligt fem urval i Tabell 5.7 och resultatet visas i Figur 5.5-9 med beräknad kvot mellan uppmätt och beräknad solvärme för olika mätperioder som funktion av mätperiodens antal data för enbart hus B1.

Tabell 5.7 Gränser för urval av mätperioder

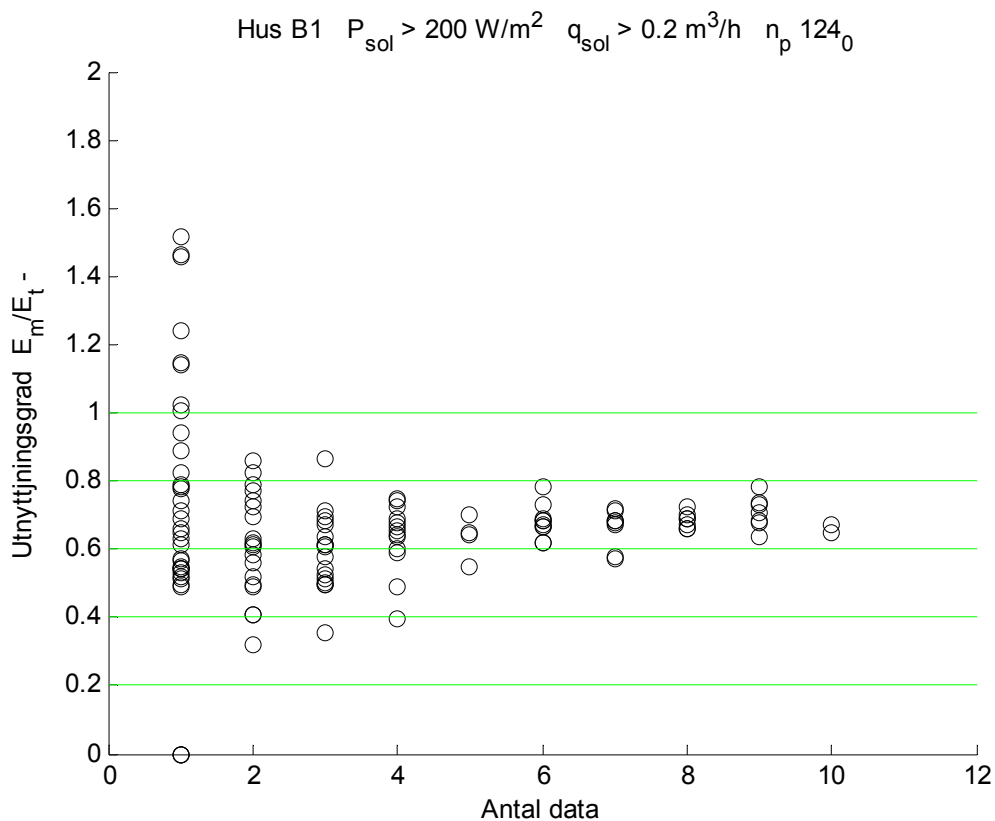
Urvalsfall	Figur	Solinstrålning W/m <sup>2</sup>	Solkollektorflöde m <sup>3</sup> /h	Borttagna data -
1	5.5	200	0.2	0
2	5.6	400	0.4	0
3	5.7	600	0.6	0
4	5.8	600	0.6	2
5	5.9	600	0.6	4

Resultatet är snarlikt det som tidigare redovisats i Tabell 5.6. Kvoten mellan uppmätt och beräknad solvärme visar i Figur 5.5-9 att spridningen avtar med antalet data, vilket var väntat. Detta gäller särskilt mätperioder med ett enda mätintervall lika med 1 h.

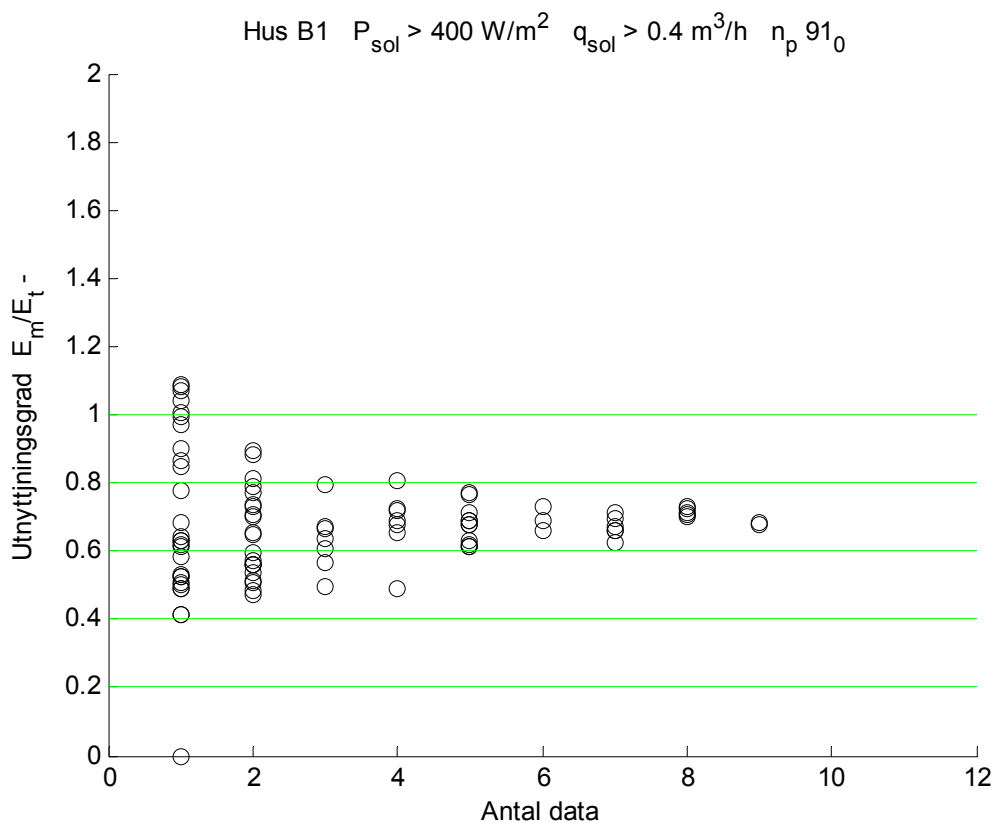
Skillnaden är obetydlig mellan urvalsfall 1, 2 och 3 i Figur 5.5-7 med olika urvalsgränser för solinstrålning och solkollektorflöde. Effekten av att slopa inledande och avslutande data visas för urvalsfall 3, 4 och 5 i Figur 5.7-9. Den beräknade kvoten obetydligt för fallet med 9, 7 och 5 data.

Slutsatsen är dock att detta urvalssätt också visar att uppmätta data inte stämmer med förväntade beräknad data.

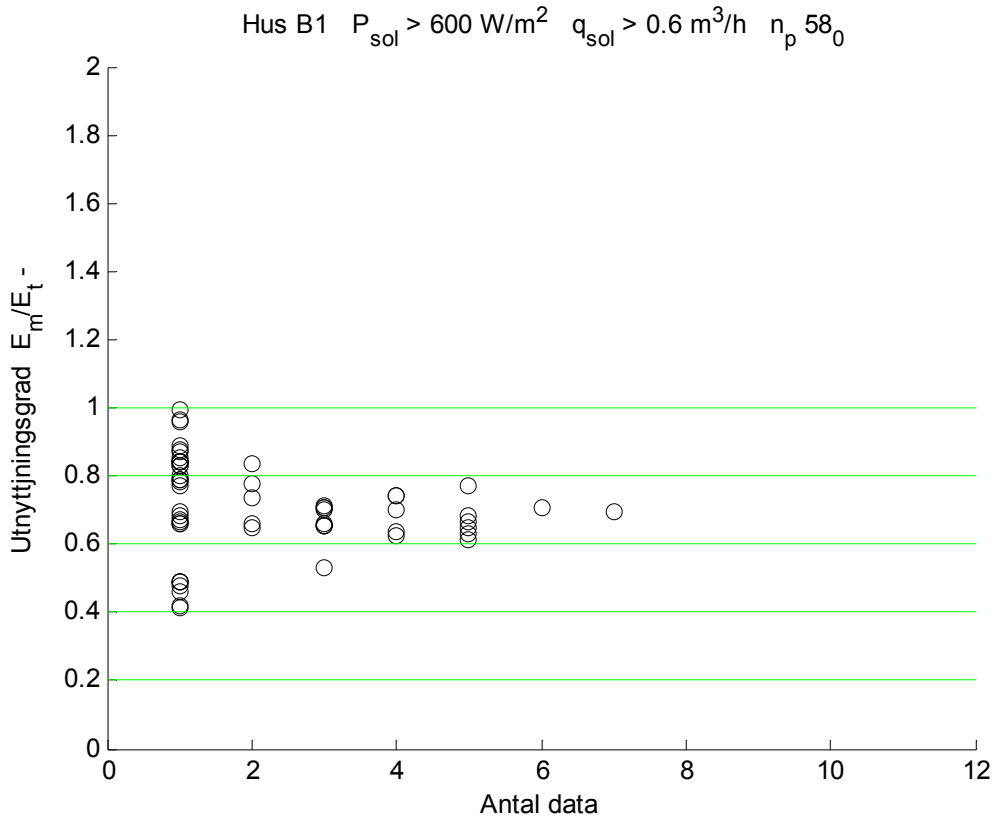




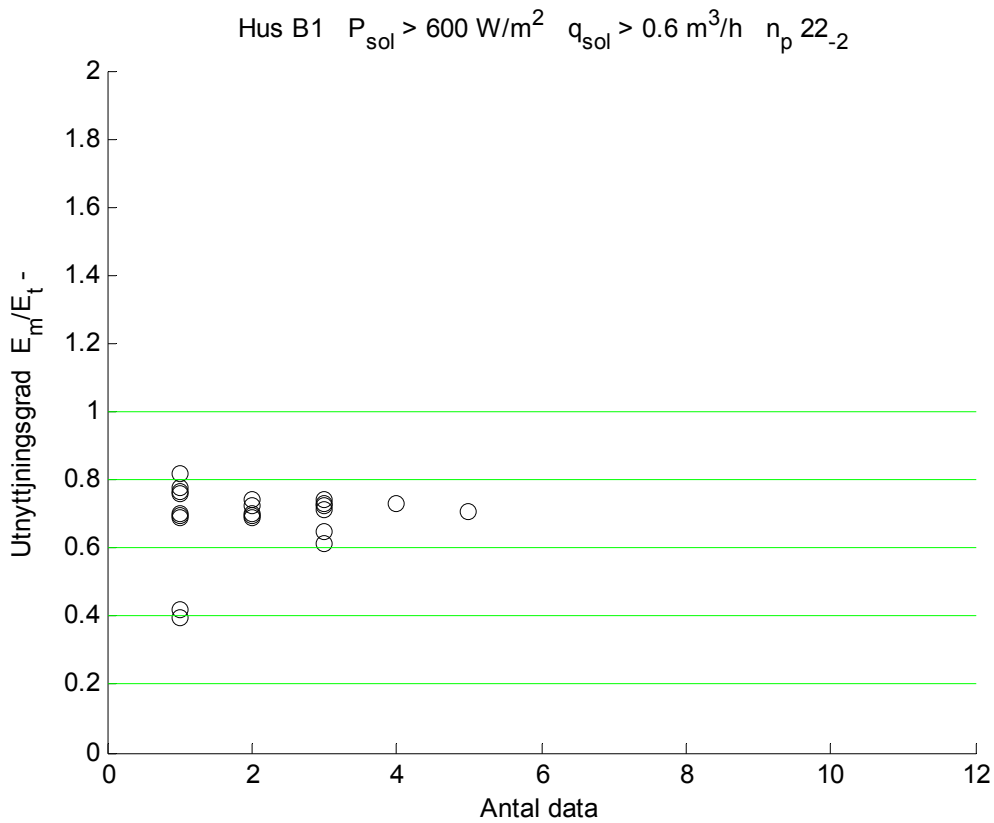
Figur 5.5 Utnyttjningsgrad för mätperioder enligt urvalsfall 1 med olika antal data för hus B1.



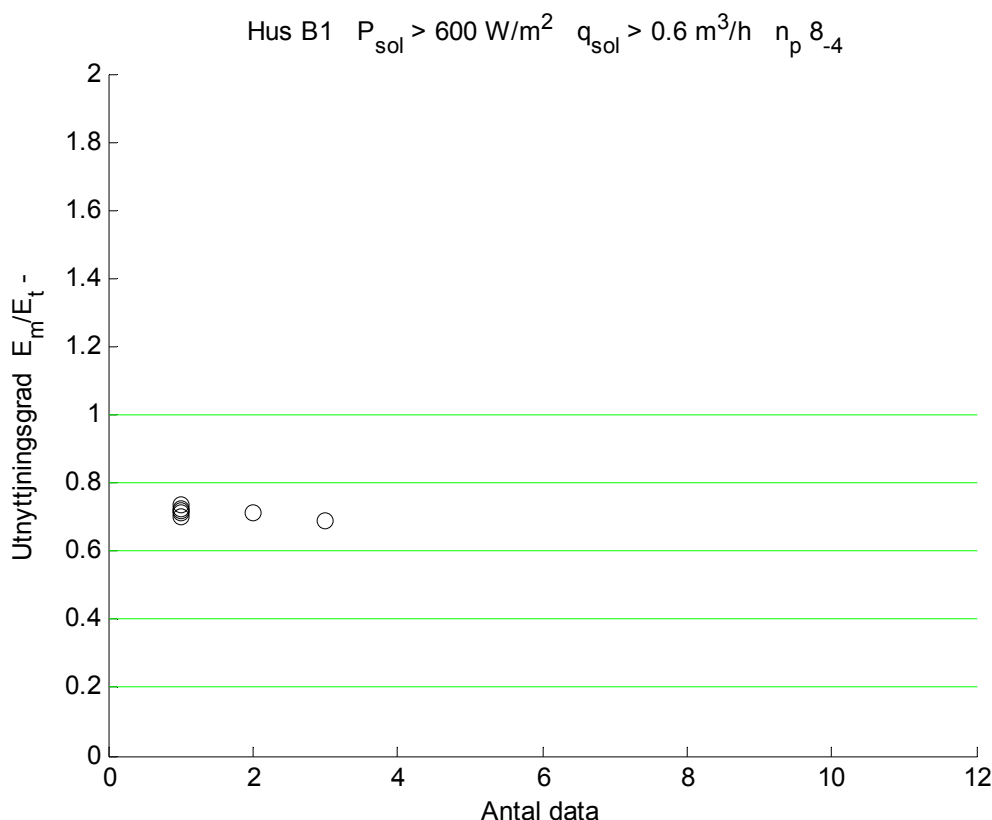
Figur 5.6 Utnyttjningsgrad för mätperioder enligt urvalsfall 2 med olika antal data för hus B1.



Figur 5.7 Utnyttjningsgrad för mätperioder enligt urvalsfall 3 med olika antal data för hus B1.



Figur 5.8 Utnyttjningsgrad för mätperioder enligt urvalsfall 4 med olika antal data för hus B1.



Figur 5.9 Utnyttjningsgrad för mätperioder enligt urvalsfall 5 med olika antal data för hus B1.

## Solvärmesystem - slutsummering

Analysen av solmätdata visar i Tabell 5.6 att utbytet för hus B1 0.47 är lägre än förväntat omkring 0.70 enligt Figur 2.1 trots att varmvattenbehovet är större än solinstrålningen. Hus B2 har ett varmvattenbehov betydligt mindre än solinstrålningen och därför kan all solinstrålning inte utnyttjas.

Analys av mätdata med olika minsta solinstrålning visar att kvoten mellan uppmätt och beräknad solvärme är omkring 0.72 för hus B1 och 0.59 för hus B2.

Samma resultat fås för ett urval av sammanhängande mätintervall med en minsta instrålning och ett minsta solkollektorflöde.

Några möjliga förklaringar till avvikelserna är värmeförluster mellan solkollektor och mätning vid ackumulator, felaktiga data för prestandaberäkning och försmutsning av solkollektorn. Mätfelet för solinstrålning, solvärmeenergi och de tre temperaturerna för retur, tillopp och uteluft kan inte förklara den stora avvikelserna.

Det intermittenta driftsättet med varierande solkollektorflöde enligt Figur 5.1-2 ökar returtemperaturen, men både mätningen och den teoretiska beräkningen tar hänsyn till detta.