



# LUND UNIVERSITY

## Energikloka hus i Järinge - Mätperiod 2008

Jensen, Lars

2009

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2009). *Energikloka hus i Järinge - Mätperiod 2008*. (TVIT; Vol. TVIT-7035). 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 2008

Uppdrag för JM AB

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2009  
Rapport TVIT-09/7035



## 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 2008

Uppdrag för JM AB

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2009

ISRN LUTVDG/TVIT--09/7035--SE(112)

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

## Innehållsförteckning

1	Inledning och syfte	5
	Uppdraget enligt kontrakt	6
	Utvärderingsprojektets syfte	7
	Avgränsning	7
	Rapportens disposition	8
2	Byggteknisk beskrivning	9
	Husblock A1-8	9
	Husblock B1-8	10
	Fönster och fönsterdörrar	10
	Fasader och gavlar	11
	Tak	11
	Grund	11
	Mellanväggar	11
	Dimensionerande temperaturer	12
	Tidskonstant	12
3	Installationsteknisk beskrivning	13
	Uppvärmningssystem	13
	Ventilationssystem	13
	FTVP-aggregat för hus A1-8	14
	FTXVP-aggregat för hus B1-8	15
	Solvärmesystem	16
4	Mätdatainsamling	19
	Basdata, soldata och klimatdata	20
	Mätdataföljd	21
	Lagring, kontroll och bearbetning av mätdata	21
5	Klimatdata och boendegrad	25
	Utetemperatur	25
	Vindhastighet	28
	Solinstrålning	28
	Boendegrad	30

6	Årsvärden för energier och värmefaktor	31
	Totale energi exklusive hushållsel kWh/m <sup>2</sup>	31
	Totale energi inklusive hushållsel kWh/m <sup>2</sup>	32
	Hushållsel kWh/m <sup>2</sup>	33
	Radiatorenergi kWh/m <sup>2</sup>	34
	Ventilationsenergi kWh/m <sup>2</sup>	35
	Varmvattenenergi kWh/m <sup>2</sup>	36
	Energibehov för uppvärmning, ventilation och varmvatten kWh/m <sup>2</sup>	37
	Nettovärmeutbyte mellan radhusenheter kWh/m <sup>2</sup>	38
	Årsvärmefaktor	39
	Totalenergi kWh/m <sup>2</sup> mot frånluftstemperatur	40
7	Frånluftstemperatur och inneklimat	41
	Krav på innetemperatur	41
	Bedömning av frånluftstemperatur som innetemperatur	41
	Årsmedelvärden	42
	Frånluftstemperatur som funktion av utetemperatur eller tid	42
	Dygnsvariation	55
	Frånluftstemperaturens spridning och frekvens	65
	Frekvenser för höga frånluftstemperaturer	67
	Frekvenser för låga frånluftstemperaturer	69
	Dimensionerande lufttäthet	95
8	Tappvatten	71
9	Systemfunktion för hus B4-8	75
10	Solvärmesystem	79
11	Analys av underbalanserad tilluft	85
12	Sammanfattning och slutsatser	105
	Energimål	105
	Lufttäthetsmål	106
	Inneklimatmål	107
	Tappvattenförbrukning	109
	Skillnad mellan A-hus och B-hus	110
	Resultatsammanfattning	112

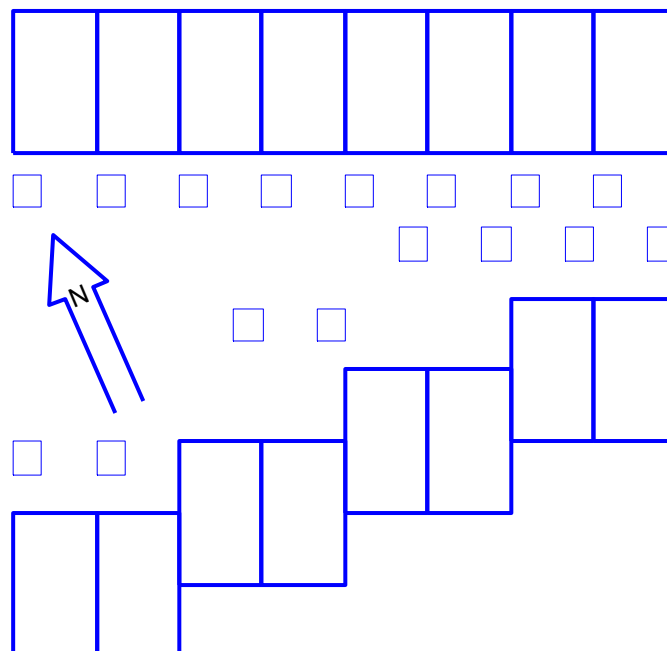
# 1 Inledning och syfte

Denna rapport dokumenterar mätresultat för sexton radhus under 2008. Det finns en tidigare rapport TVIT--08/7024 som avser mätningar under 2007. Exakt samma redovisning görs i båda rapporterna, vilket möjliggör enklare översiktliga jämförelser genom att kunna läsa båda rapporterna parallellt. Alla diagram har genomgående bibehållna axlar. Det som skiljer är att denna rapport har utökats något med mer text, figurer och tabeller. Det finns mycket text som upprepas i denna rapport, men detta möjliggör att kunna läsa denna rapport utan att ha läst den tidigare rapporten.

Projektbeskrivningen daterad 2007-05-14 har följande inledande text:

*JM i Stockholm har låtit bygga energieffektiva radhus i Tensta på Järingegränd. Husen ingick i bomässan Bo06 och omfattar sexton lägenheter fördelade på två radhuslängor. Husen tas i drift successivt från december 2006.*

*Radhusen har karaktären av ett försöksprojekt där syftet är att minimera byggnadens energianvändning utan att göra avkall på de boendes bekvämlighet och komfort samtidigt som ett bra inomhusklimat skapas. JM har preliminärt kvantifierat det årliga behovet av köpt energi till mellan 65 och 95 kWh/m<sup>2</sup> för uppvärmning, ventilation, varmvatten och el till en merkostnad upp till 80 kkr per radhuslägenhet.*



Figur 1.1 Situationsplan för de två radhuslängorna med förråd i Tensta-Järingegränd.



## Uppdraget enligt kontrakt

Uppdraget är beskrivet med några utdrag från kontraktet med *kursiverad text* enligt nedan.

### 1. Uppdragets omfattning

01	<i>Detta kontrakt</i>
02	<i>ABK 96</i>
03	<i>Projektbeskrivning daterad 2007-05-14</i>
04	<i>Ritningsförteckningar och beskrivningar daterade:</i>
	<i>A: 2006-06-27</i>
	<i>Ventilation: 2006-03-28</i>
	<i>VS: 2006-04-19</i>
	<i>Trähusleverantör: 2006-03-24</i>
	<i>VS-beskrivning: 2006-04-19</i>

### 1.2 Uppdragets omfattning

*Uppdraget omfattar hantering av mätvärden från energiprojektet Tensta-Järingegränd. Mätvärden skall katalogiserad och sammanställas samt redovisas som energianvändning per m<sup>2</sup> bostadsyta. I uppdraget ingår att upprätta en slutrapport.*

*Följande mätvärden kommer att överföras:*

#### *VVS*

- Tappkallvatten*
- Tappvarmvatten*
- Värmemängd för radiatorer*
- Värmemängd för solfångare*

#### *El*

- Total el-användning*
- Elanvändning för värmepumpar*
- Elanvändning för FTX-aggregat*
- Elanvändning för el-kassetter*

*Överföring av mätvärden sker genom fjärravläsning via KTC-DUC till en excelfil.*

Total el och el till värmepumpssystem mäts. Skillnaden blir hushållselen. De tre sista el-mätpunkterna är sammanslagna till en enda mätpunkt. Värmepumpssystemet försörjer radiatorsystem, FT-ventilation och varmvattenberedning med värme. Värme till radiator-systemet mäts, men inte till ventilationssystemet. Värme till varmvattenberedning mäts inte direkt utan kan skattas med mätt mängd eller volym. Värme till ventilationssystemet kan skattas med antagande om ett ventilationsflöde och uppvärmning från utetemperatur till frånluftstemperatur, vilken antas vara representativ för innetemperaturen.

De angivna mätpunkterna stämmer inte helt utan det finns avvikelser. Det finns alltid nio mätpunkter för alla sexton hus och fyra mätpunkter var för de två solvärmesystemen och en klimatstation med fyra mätpunkter. Det totala antalet mätdata är 156 (16·9+2·4+4). Aktuella mätpunkter beskrivs i detalj i avsnitt 4.

## 2 Tider

- 2.1 *Mätningar skall påbörjas i samband med inflyttning för respektive bostad och skall fortgå under en period av minst två år, dock minst två uppvärmningssäsonger.*
- 2.2 *Slutrapport upprättas efter att samtliga mätningar slutförts, preliminärt i april 2009.*
- 2.3 *Delredovisning sker löpande.*

## Utvärderingsprojektets syfte

Syfte enligt projektbeskrivning återges nedan.

*Syftet med utvärderingsprojektet är att ta reda fram ett underlag som kan fungera som underlag för beslut om det finns potential att bygga fler så energieffektiva hus i framtiden och kanske till och med använda det som standardkoncept. Indirekt blir syftet därmed också att ta reda på om*

- *målet för energianvändningen uppnåddes*
- *inneklimatet blev bättre än vid traditionellt byggande*
- *den ökade investeringskostnaden i energibesparande teknik – både i byggnad och installationer totalt sett verkligen är lönsam.*

## Avgränsning

Denna rapport omfattar inte hela kalenderåret 2008 utan tidsperioden från 2008-05-01 till 2009-04-30 och benämns mätperiod 2008. Förskjutningen gjordes för att få mer bebodda radhusenheter.

Det endast dygnsmedelvärden kommer att bearbetas. En grovsortering av vad som är rimliga mätdata har gjorts. Någon manuell utsortering av felaktiga mätdata har inte gjorts.

Det saknas en del sifferuppgifter om U-värden och solvärmesystem.

Ytan 126 m<sup>2</sup> har använts för en radhusenhet för alla ytspecifika beräknade värden.

## Rapportens disposition

En byggteknisk och en installationsteknisk beskrivning ges i avsnitt 2 respektive avsnitt 3.

Mätdatainsamlingssystem beskrivs i avsnitt 4 uppdelat på basdata (lika för alla hus), soldata för två hus och gemensamma klimatdata för alla hus. Antal fel för tim- och dygnsvärden redovisas för basdata, soldata och klimatdata och även omräknat till tillgänglighet.

Uppmätta klimatdata såsom utetemperatur, solinstrålning och vindhastighet redovisas i avsnitt 5. Utetemperatur redovisas särskilt sorterad som ett varaktighetsdiagram och i form av en fram-räknad gradtimmefunktion, dito drifttidsfunktion och dito frekvensfunktion. Boendegraden redovisas också, eftersom all radhusenheter inte har varit bebodda hela mätperioden 2008.

Årsvärden för olika energier räknat per m<sup>2</sup> bostadsyta har uppmätts och skattas och redovisas i avsnitt 6. Ett värmeutbyte mellan radhusenheter och en årsvärmefaktor beräknas och redovisas också.

Inneklimatet redovisas i avsnitt 7. Den enda temperaturmätning som görs i varje radhusenhet är frånluftstemperaturen, vilken används som ett mått på innetemperaturen. Frånluften tas nära innertaksnivå i kök och hygienutrymmen, vilket bör ge en något förhöjd temperatur i förhållande till rumslufttemperaturen 1.2 m över golv. Medelvärden har beräknats för hela året, för utemperaturer lägre än 10 °C eller högre än 10 °C. Hur temperaturregleringen sköts manuellt eller automatiskt för alla radhusenheter undersöks med frånluftstemperatur uppritad som funktion av utetemperatur. Detta gäller även medelvärden för alla A-hus och alla B-hus.

Dygnsvariationen för frånluftstemperaturen redovisas för samtliga hus, gemensamt för A-hus och B-hus samt för utemperaturen. Det skall påpekas att enskilda dygn kan avvika betydligt från medelvariationen.

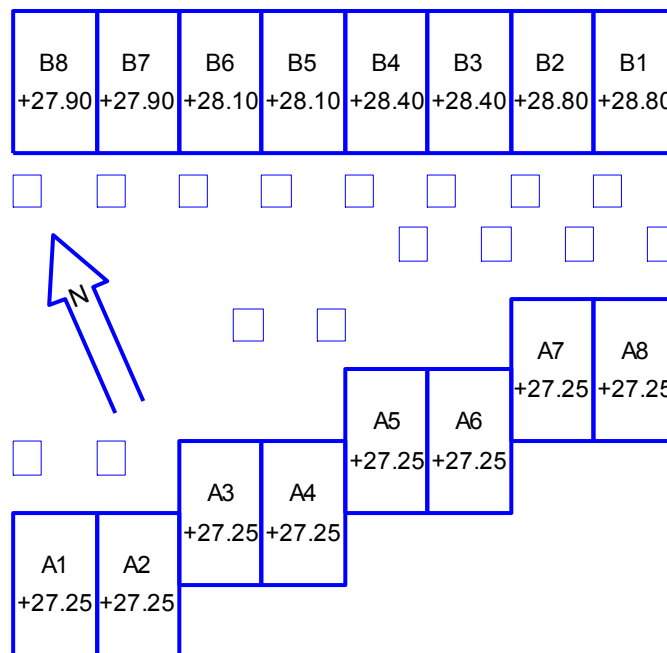
Tappvatten behandlas i avsnitt 8.

Systemfunktionen för hus B6, ett visningshus som är obebott, redovisas i avsnitt 9. Detta görs för att undersöka funktionen hos husets värmepumpssystem för uppvärmning och ventilation. Inga boende innebär endast inverkan från sol och inget varmvattenbehov.

Solvärmesystem för hus B1 och B2 behandlas i avsnitt 10.

## 2 Byggteknisk beskrivning

Bebyggelsen omfattar två radhuslängor A och B med åtta radhusenheter vardera. Radhusenheterna för längan A är parvis förskjutna i sidled, medan längan B är parvis förskjuten i höjdlid, vilket framgår av situationsplan med plushöjder i Figur 2.1 nedan.



Figur 2.1 Situationsplan för de sexton radhusenheterna i Tensta-Järingegränd.

De sexton radhusenheterna består av samma radhus med samma byggmått med längd 11.046 m, bredd 6.387 m, nedre rumshöjd 2.500 m och övre rumshöjd 2.400 m. Innermått är längd 10.340 m och bredd 6.115 m. Det som skiljer är parvisa förskjutningar i sidled eller höjdlid. Mellanbjälklagets tjocklek är 0.250 m. Bostadsytan är 126 m<sup>2</sup>.

### Husblock A1-8

De åtta A-husen är parvis förskjutna i sidled med 5500 mm. Den genomsnittliga värmeförlusten för transmission och köldbryggor är 55 W/K för ett A-hus utifrån ett totalvärde på 440 W/K för en A-länga. En enklare uppdelning efter läge inom en länga ger 60.8 W/K för gavelhus och 54.2 W/K för innerhus.

A-husen är orienterade med gatusida åt sydväst och gårdsida åt nordost.

## Husblock B1-8

De åtta B-husen är parvis förskjutna endast i höjdlid med 400 mm för B2-3, 300 mm för B4-5 och 200 mm för B6-7. Den genomsnittliga värmeförlusten för transmission och köldbryggor är 52.5 W/K för ett B-hus utifrån ett totalvärde på 420 W/K för en A-länga. En enklare uppdelning efter läge inom en länga ger 57.5 W/K för gavelhus och 50.8 W/K för innerhus.

B-husen är orienterade omvänt mot A-husen med gatusida åt nordost och gårdsida åt sydväst.

## Fönster och fönsterdörrar

Det finns fyra fönsterstorlekar F1-4 och en fönsterdörr FD med mått enligt sammanställning nedan en radhusenhet. Det som skiljer är att sju radhusenheter har ett gavelfönster. Fönstren är kopplade och av typ 2+1 och med ett  $U_p$ -värde på 1.0 W/m<sup>2</sup>K, vilket också gäller för fönsterdörrar och entredörrar.

beteckning	antal gatusida	antal gårdsida	bredd m	höjd m	yta m <sup>2</sup>	W/K
F1			1.185	1.185	1.404	
F2	2	2	1.385	1.385	1.918	7.672
F3	1		2.085	1.385	2.888	2.888
F4		1	2.085	1.585	3.305	3.305
FD		2	0.985	2.185	2.152	4.304
ED	1		0.995	2.185	2.174	2.174
summa						20.343

Siffrorna ovan visar att fönster och dörrar har ett sammanlagt specifikt värmebehov på 20.3 W/K för hus utan gavelfönster och 21.7 för hus med ett gavelfönster enligt typ F1. Det finns en större skillnad i yta för fönster och fönsterdörrar mellan gatu- och gårdsida. De två ytorna blir 6.7 respektive 11.4 m<sup>2</sup> enligt karmyttermått. Motsvarande glasytor för gatu- och gårdsida är 4.5 respektive 7.2 m<sup>2</sup> enligt mätning av fasadritning

De tvåhuslängorna har olika orientering av gatusida och gårdsida, vilket innebär att solinstrålning kan bli något olika för de två radhuslängorna. De små näraliggande förråden kan bidra till skuggning av sol för B-längan.

## Fasader och gavlar

Träregekonstruktioner. Inga uppgifter på U-värden.

## Tak

Alla tak har lösullsisolering med en tjocklek på minst 500 mm och extra uppfyllning vid nivåskillnader mellan två radhusenheter. Inga uppgifter på U-värden.

## Grund

Platta på mark med 100 mm betong på isolering av 100 mm falsad cellplast samt 150 mm singel med extra isolering runt kantbalk 200 mm. Vid lägenhetsskiljande vägg skall betongplatta avskiljas. Inga uppgifter på U-värden.

## Mellanväggar

Varje radhusenhet är fristående från övriga radhusenheter och byggs med fabriksstillverkade väggelement. De skiljande mellanväggarna består av två väggelement ett för vardera radhusenhet med en skiljande luftspalt som är 30 mm. Luftspalten skall vara fylld med lösull.

Radhusenhetsskiljande väggar (egentligen halva väggen) har ett U-värde på 0.39 W/m<sup>2</sup>K för en regelandel på 0.1 och en uppbyggnad inifrån räknat dubbelgips 26 mm, 95 mm mineralull och vindpapp. Det finns ingen diffusionsspärr monterad i dessa väggar. Montagespalternas skiljande längder är 5.5 m eller 11 m beroende om de intilliggande radhusenheterna är förskjutna i sidled eller inte. Spaltens höjd är 5.15 m.

Den ihopbyggda radhusenhetsskiljande mellanväggen har ett U-värde som kan uppskattas till avrundat till 0.2 W/m<sup>2</sup>K.

Värmeöverföring mellan två radhusenheter kan uppskattas med 10 W/m<sup>2</sup>K för en hel mellanvägg utan förskjutning och 5 W/m<sup>2</sup>K för en mellan vägg med förskjutning i sidled. Förskjutning i höjddled försummas.

Om det finns ett yttre luftläckage in och ut ur mellanväggsspalten, kan detta medföra betydande värmeförluster som om mellanväggen var en yttervägg. Detta har utretts närmare i en arbetsrapport TVIT-7021 med titeln *Luftströmning i byggnadskonstruktioner*. Ett principexempel för mellanväggar finns återgivet i avsnitt 5 sidorna 43-47.

## Dimensionerande temperaturer

Alla dimensionerande temperaturer sammanställs nedan:

temperatur	°C
inne	21
ute	-20
framledning radiator	45
returledning radiator	35
varmvatten	55
färskvatten	10

## Tidskonstant

Ett enkelt överslag har gjorts för fallet med och utan ventilation. Den specifika förlusten är 126 W/K respektive 54 W/K för ett medelhus. Den specifika värmeförlusten är 860 W/K för de två radhuslängorna sammanslagna.

Värmekapaciteten har beräknats för 63 m<sup>2</sup> 100 mm betong, dubbelgips 26 mm i alla ytterväggar, alla innerväggar lika med en vånings yttervägg, 20 m<sup>2</sup> fönster 4 mm, golv ovanvåning 22 mm trä och innertak som enkel gips 13 mm.

De två tidskonstanterna är 51 h respektive 118 h. Den senare gäller vid strömavbrott utan någon ventilation.

### 3 Installationsteknisk beskrivning

#### Uppvärmningssystem

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. Det finns dock i en del av husen en radiator monterad i ett rum på ovanvåningen, vilket framgår av de installerade radiator effekterna enligt Tabell 3.1 nedan.

Tabell 3.1 Installerad radiator effekt

hustyp	vardagsrum W	kök W	hall W	sovrum W	summa W
A1	575	343	428	305	1653
A2 A4 A6	575	207	428	292	1476
A3 A5 A7	575	207	428	0	1184
A8	575	299	428	292	1584
B1	575	343	428	305	1653
B2-7	513	233	428	0	1174
B8	575	299	428	292	1584

#### Ventilationssystem

Alla hus har FT-ventilation med ett beräknat tilluftflöde på 50 l/s och ett något större frånluftflöde på 60 l/s. Luftflödena sammanställs i Tabell 3.2 nedan.

Tabell 3.2 Ventilationsflöden

rum	tilluftflöde l/s	frånluftflöde l/s
vardagsrum	15	-
hall	10	-
sovrum 10.7 m <sup>2</sup>	5	-
sovrum 12.4 m <sup>2</sup>	5	-
sovrum 12.6 m <sup>2</sup>	10	-
sovrum 9.1 m <sup>2</sup>	5	-
tvättrum	-	20
kök	-	10
wc/dusch	-	15
badrum	-	15
summa	50	60



Obalansen mellan tilluft och frånluft är avsedd att förhindra exfiltration, när frånluftsflödet blir mindre än tilluftsflödet. Detta inträffar, eftersom frånluftsfiler sätts igen fortare än tilluftsfiler. Frånluften innehåller betydligt fler och större partiklar än tilluften. Exfiltration kan leda till kondensering i byggnadsstrukturen och därmed följande fuktskador.

Det skall också påpekas att det finns ett luftflöde från ovanvåning till bottenvåning. Om infiltrationen fördelas lika upp/nere som 5/5 l/s, tilluft är 25/25 l/s och frånluft 15/45 l/s blir nerflödet 15 l/s.

En ingående analys av obalansen mellan tilluft och frånluft görs i avsnitt 11 med avseende på inverkan temperaturskillnaden inne-ute och vindtryck på olika fasader.

## FTVP-aggregat för hus A1-8

De åtta A-husen har ett FTVP-aggregat Fighter 410P av fabrikat Nibe för varmvatten, uppvärmningssystem och ventilation. Kompressoreffekten är på 650 W.

Aggregatet kan värma tilluften betydligt och enligt datablad fås för tilluftsflödet 50 l/s och dimensionerande utetemperatur -20 °C fås en effekt på 3600 W. Detta kan räknas om till en tilluftstemperatur på 40 °C och innebär ett nettotillskott på 1200 W om innetemperaturen antas vara 20 °C.

Tilluftsvärmebatteriet är parallellkopplat med radiatorsystemet som en radiator och har därför samma framledningstemperatur som radiatorsystemet. Detta bör ge en tilluftstemperatur som är en funktion av utetemperatur.

Hur värmebatteriet skyddas mot frysning, anges inte i datablad. Det finns alltid en risk vid strömbortfall genom att någon form för självdragsventilation uppstår. Det finns ett spjäll inritat för uteluften, men dess funktion anges inte.

Ventilationsflödet kan ställas in i tio olika steg för att kunna användas för normal och nominell drift. Brukaren kan växla mellan forcerad ventilation, normal och reducerad ventilation. Lägsta ventilationsflöde är 30 l/s för att passa värmepumpens effektupptag.

Ett viktigt påpekande är att tilluftsflödet skall projekteras till omkring 0.8 av frånluftsflödet för att undvika risk för övertryck i byggnaden. Det projekterade förhållandet är 0.83 (50/60).

Aggregatet saknar värmväxlare för värmeåtervinning mellan frånluft och tilluft. Sommartid innebär detta att någon oönskad uppvärmning inte sker, eftersom värmeåtervinning sker med värmepumpning mellan frånluft och tilluft.

Aggregatet har ingen funktion för klimatkyla genom omkastning värmepumpsdriften.

Aggregatet har en elpatron på 9 kW med leveranseffekt på 8 kW.

Värmepumpen har propan som arbetsmedium, vilket kräver en minsta frånluftsventilationsflöde om 5 m<sup>3</sup>/h (1.4 l/s) vid golvnivå där aggregatet finns uppställt för ett läckage inte skall leda till risk för explosion. Mängden propan är 0.495 kg. Propans molekylvikt är 44 jämfört med lufts blandvärde på 29. Propans densitet är omkring 1.8 kg/m<sup>3</sup> jämförs med lufts 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Det sker en betydande omblandning på grund av olika temperaturskillnader mellan olika rumsytor och rumsluft.

Teoretiskt uppstår jämvikt med en obetydlig skillnad i halt i vertikalled för en blandning mellan två gaser med olika densitet under förutsättning att det inte finns några luftrörelser utan blandning sker genom diffusion, alltså endast molekylrörelser.

## FTXVP-aggregat för hus B1-8

De åtta B-husen har ett FTXVP-aggregat Vitores 343 av fabrikat Viessmann för varmvatten, uppvärmningssystem och ventilation. Avgivna data är följande:

- avgiven värmeeffekt för värmepump 1.5 kW
- värmepump - eltillskott 7.5 kW
- värmefaktor > 4.5
- avgiven kyleffekt för värmepump 1.1 kW
- ackumulatorvolym 250 l
- ackumulatortemperatur 60 °C
- elpatron 2, 4, 6 kW
- verkningsgrad ventilationsåtervinning 0.80

Uppvärmningsbehovet i huset tillgodoses i första hand med tilluften och i andra hand med radiatorer eller golvvärmslingor.

Sommartid kan ventilationsvärmeåtervinningen kopplas bort genom förbigång av ett luftflöde.

Luftbatteri i avluft och tilluft arbetar med direktexpansion och behöver därför inte frysskyddas.

Värmepumpens kompressoreffekt kan uppskattas till 400 W utifrån angiven värme- och kyleffekt på 1.5 kW respektive 1.1 kW och motsvarande värmefaktor blir 3.75.

Värmebärarmedium med beteckning Tyfocor är frostskyddat ner till -28 °C och används i hela systemet. Energimätning korrigeras med en faktor 0.895 (3750/4190) jämfört vatten som medium.

Aggregatet kan sammankopplas med ett solvärmsystem av fabrikat Vitosol. Högst 5 m<sup>2</sup> Vitosol 100 eller 3 m<sup>2</sup> Vitosol 200, 250 eller 300 kan anslutas.

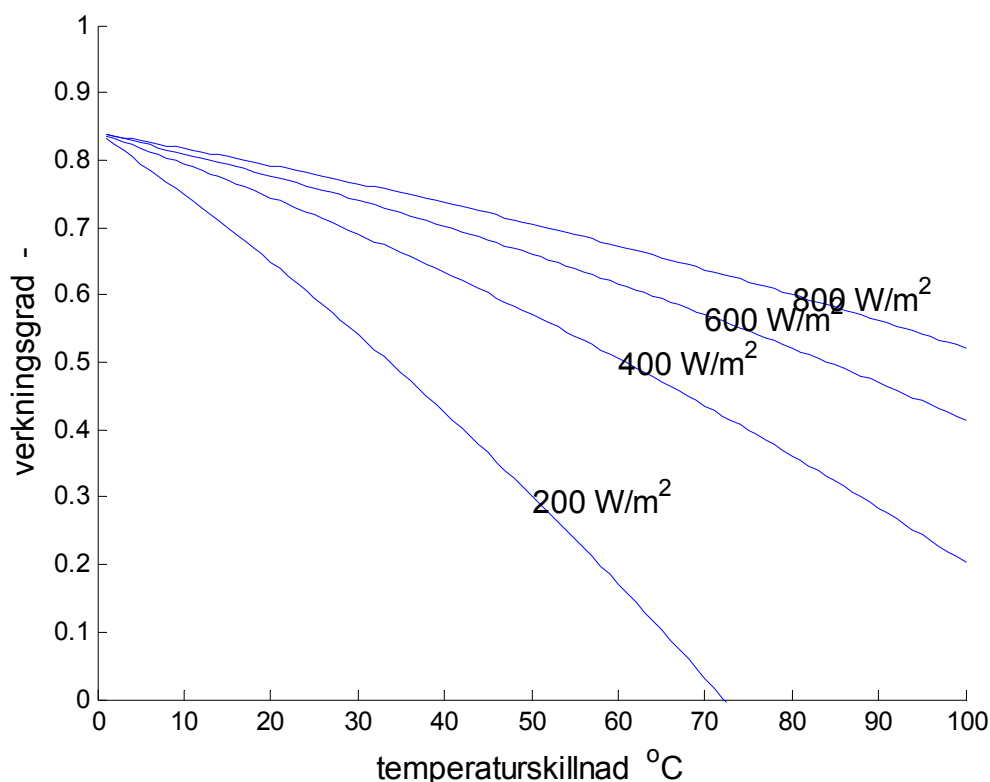
## Solvärmesystem

Solvärmesystem finns endast installerat för hus B1 och B2. Solkollektorytan består av tre moduler Vitosol 200 med en angiven kollektoryta på  $1 \text{ m}^2$  per modul. Dessa moduler är av vakuurmörtyyp och har högtemperaturprestanda. Vakuurmör innebär att ett kollektorrör omges av ett yttre rör med vakuum däremellan. Konstruktionen kan ses som en utdragen termosflaska.

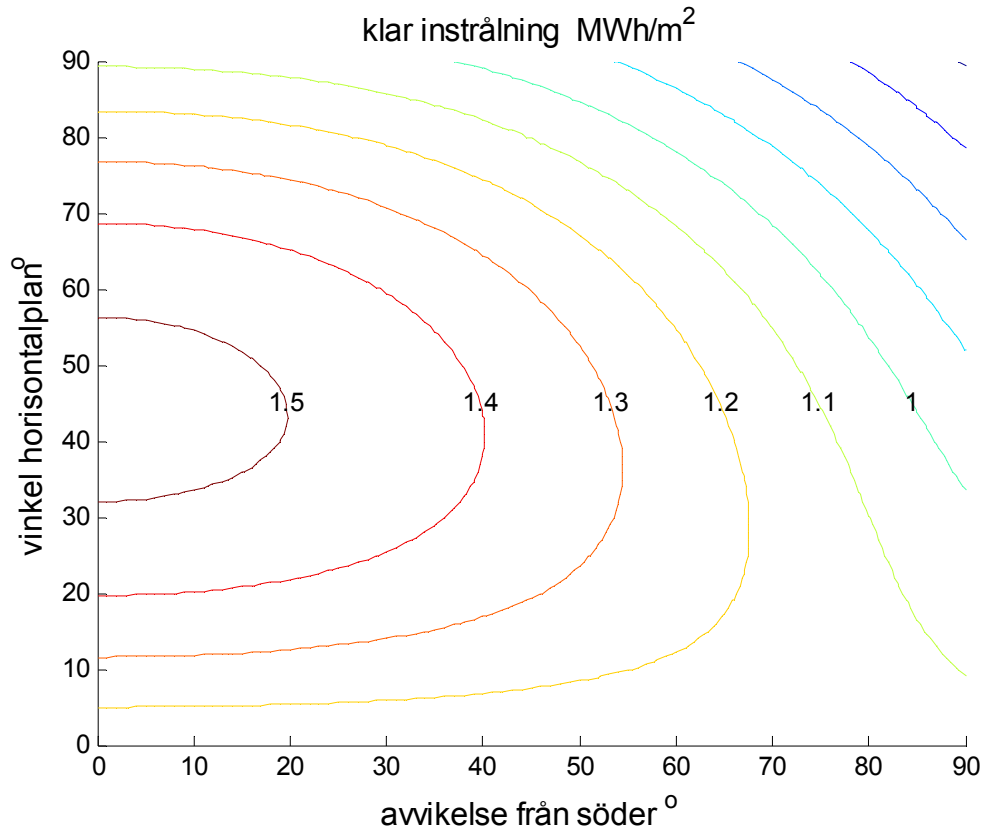
De två solfångaresystemen är orienterade åt sydväst parallellt med det rektangulära takets sidor med en lutning mot horisontalplanet på  $45^\circ$ .

Verkningsgraden för Vitosol 200 redovisas i Figur 3.1 som funktion av temperaturskillnad mellan solfångaren och omgivningen för olika instrålning. Solinstrålning kan i Sverige för en solhöjd på  $60^\circ$  bli högst  $960 \text{ W/m}^2$ .

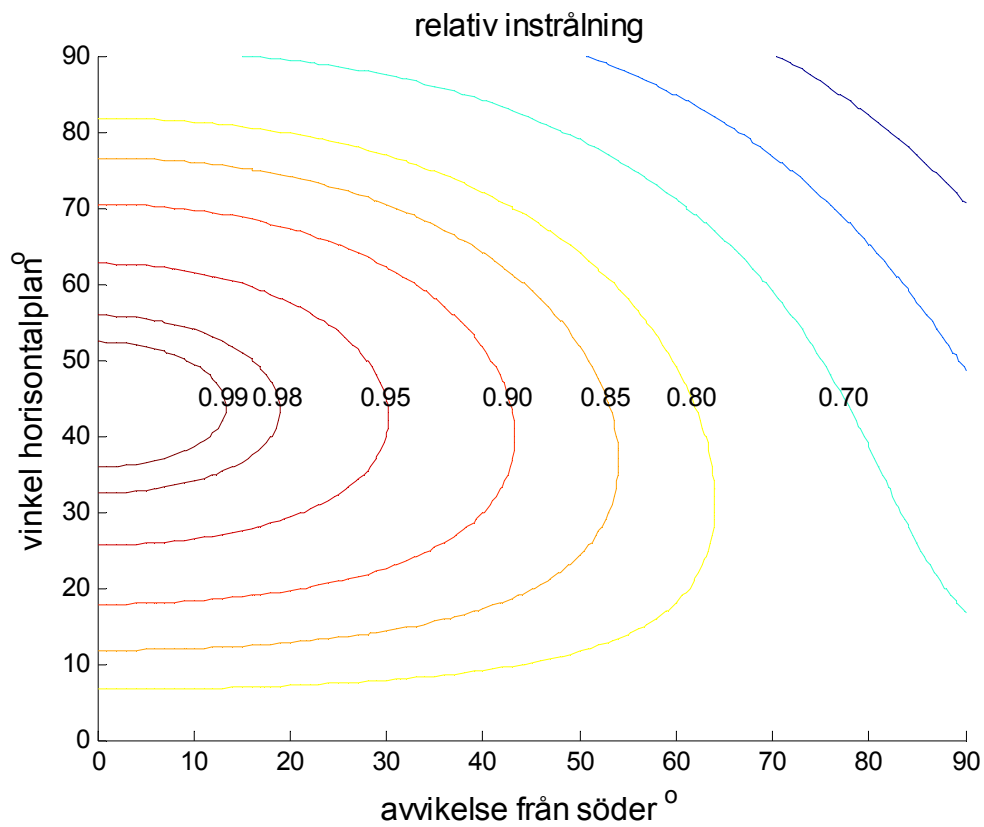
Solinstrålning har beräknats olika orienteringar och lutningar för endast klara dagar och redovisas i Figur 3.2 med absolut instrålning, i Figur 3.3 med relativ instrålning och sist i Figur 3.4 med relativ driftstid gentemot 4380 h.



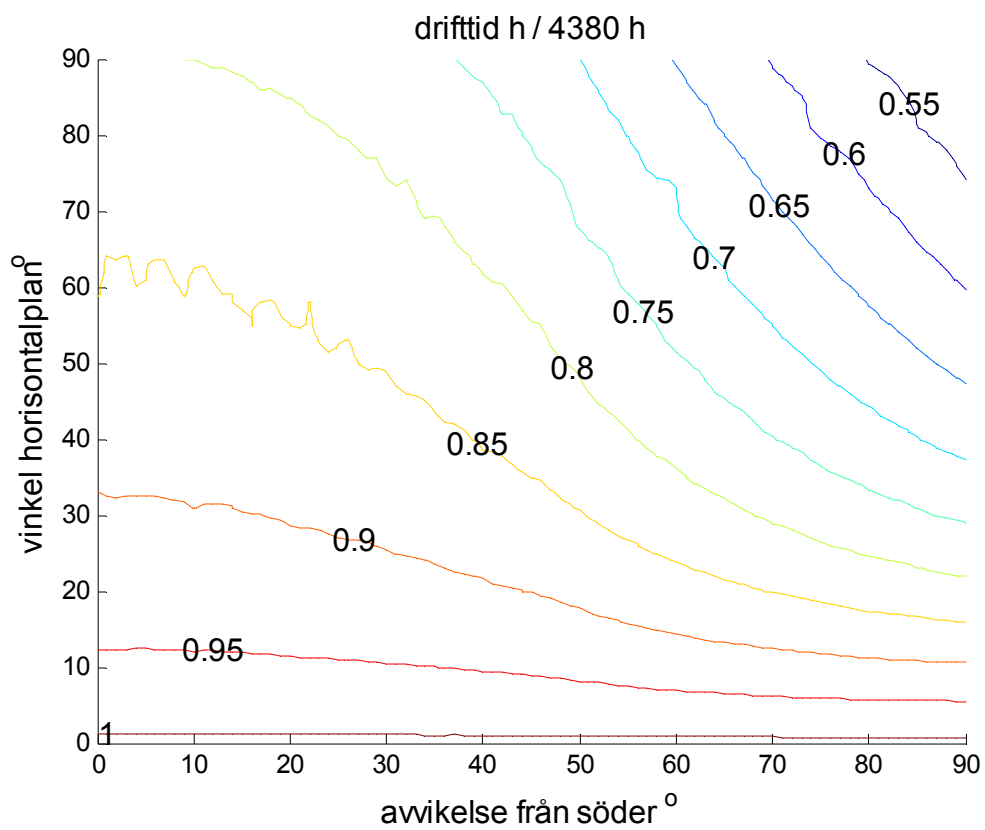
Figur 3.1 Verkningsgrad som funktion av temperaturskillnad och för olika solinstrålning.



Figur 3.2 Klar instrålning som funktion av orientering av solfångare.



Figur 3.3 Relativ klar instrålning som funktion av orientering av solfångare.



Figur 3.4 Relativ drifttid som funktion av orientering av solfångare.

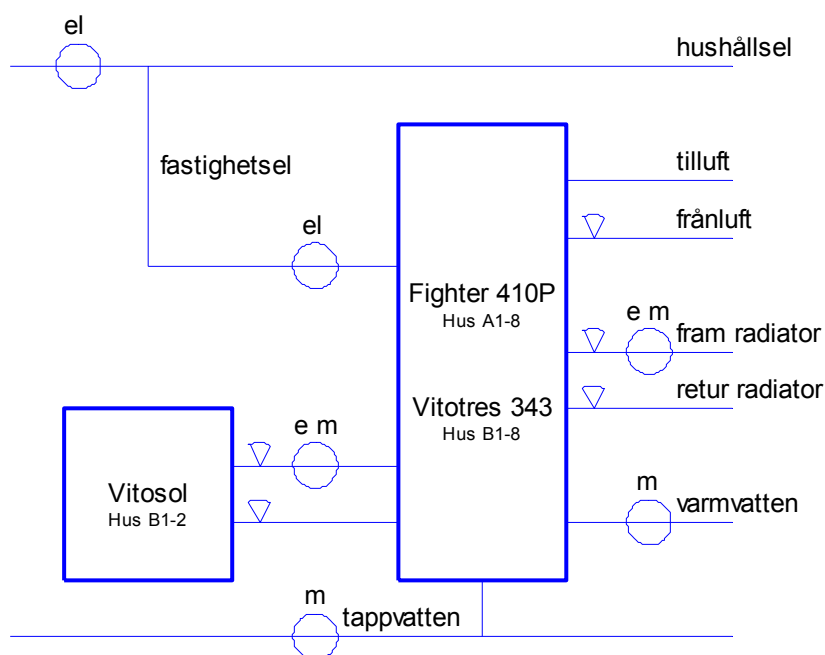
## 4 Mätdatainsamling

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. Dagnsmedelvärden 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. Dagnsmedelvärden räknas fram som skillnaden mellan två avläsningar med tidsskillnaden ett dygn.



Figur 4.1 Principskiss för alla mätpunkter för alla hus där e=energi och m=mängd.

## Basdata, soldata och klimatdata

Alla sexton hus genommäts med nio olika mätpunkter enligt sammanställningen nedan Tabell 4.1 bortsett solvärmesystemen i hus B1 och B2, vars tillkommande mätdata beskrivs i Tabell 4.2. Utetemperatur, vindhastighet och två solinstrålningar mäts på hus B1 och hur beskrivs i Tabell 4.3. De två mätpunkterna för solinstrålning avser globalinstrålning med samma orientering som solfångareytan respektive horisontalplanet.

Testgränser för grovsortering anges längst till höger i Tabell 4.1-3 för att avgöra om mätdata är rimliga eller inte. Felaktiga mätdata utesluts. Det sker inte någon interpolation.

Tabell 4.1 Mätdata för samtliga hus

mät punkt	mätenhet	minsta enhet	mingrän	maxgrän
fastighetsel	kWh	1	0	250
totalel	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>	0.01	0	25

Tabell 4.2 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 4.3 Mätdata för klimat

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

## Mätdataföljd

Mätdata har ordnats med gruppnummer för att underlätta redovisningen av samtliga mätdata i ett enda diagram. Det görs med gruppnummer 1-8 för basadata för hus B1-8, gruppnummer 9-16 för basdata för hus A1-8, gruppnummer 17-18 för soldata för hus B1-2 och gruppnummer 19 för klimatdata.

## Lagring, kontroll och bearbetning av mätdata

Mätdata har erhållits från excel-filer omfattande tidsperioden 2008-05-01 till 2009-04-30. Den ursprungliga ordningsföljden har förenklats till att omfatta sexton identiska hus med nio mätvärden för varje hus enligt Tabell 4.1 och därefter följer fyra solmätdata för hus B1 och B2 enligt Tabell 4.2 och sist fyra klimatmätvärden enligt Tabell 4.3.

Antalet saknade eller felaktiga mätvärden har beräknats för timvärden och dygnsvärden och redovisas i Tabell 4.4 respektive 4.6 för basdata. Alla timvärden skall jämföras med 8760 för timvärden och med 365 för dygnsvärden. Tillgängligheten hos mätdata har beräknats för samma data och redovisas i Tabell 4.5 respektive 4.7.

Felände mätdata och tillgänglighet för soldata och klimatdata redovisas i Tabell 4.8.

Det totala antalet fel för timvärden enligt Tabell 4.4 är 88676, vilket skall jämföras med det totala antalet data på 1366560. Större delen av felen härrör från A-hus och särskilt hus A2, A5 och A6 som svarar för 16904, 18946 respektive 11490 fel. Mätfel för övriga A-hus är omkring 8000, medan alla B-hus har ett bortfall på endast 171 data vardera.

Det totala antalet fel för dygnsvärden enligt Tabell 4.6 är 3605, vilket skall jämföras med det totala antalet data på 56940. Större delen av felen härrör från A-hus och särskilt hus A2, A5 och A6 som svarar för 782, 767 respektive 464 fel. Mätfel för övriga A-hus är omkring 300, med alla B-hus har inga bortfall alls.

Mätdata för solvärmesystem och klimatdata är nästan helt felfria med ett gemensamt bortfall på 19 timvärden. Solinstrålningen saknar totalt tre dygnsvärden.



Tabell 4.4 Felande timvärden för basdata

hus:bas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	summa
A1	946	946	845	945	945	945	945	945	945	8407
A2	1867	1867	1968	1867	1867	1867	1867	1867	1867	16904
A3	853	853	1038	853	853	853	853	853	853	7862
A4	858	858	951	858	858	858	858	858	858	7815
A5	2135	2134	1873	2134	2134	2134	2134	2134	2134	18946
A6	1926	1926	1092	1091	1091	1091	1091	1091	1091	11490
A7	853	853	946	853	853	853	853	853	853	7770
A8	868	868	868	1018	868	868	868	868	1019	8113
B1	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B2	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B3	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B4	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B5	20	19	19	19	19	19	19	19	19	172
B6	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B7	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
B8	19	19	19	19	19	19	19	19	19	171
A1-8	10306	10305	9581	9619	9469	9469	9469	9469	9620	87307
B1-8	153	152	152	152	152	152	152	152	152	1369
summa	10459	10457	9733	9771	9621	9621	9621	9621	9772	88676

Tabell 4.5 Tillgänglighet för timvärden för basdata

hus:bas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892
A2	0.787	0.787	0.775	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787	0.787
A3	0.903	0.903	0.882	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903
A4	0.902	0.902	0.891	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
A5	0.756	0.756	0.786	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756	0.756
A6	0.780	0.780	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875
A7	0.903	0.903	0.892	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903
A8	0.901	0.901	0.901	0.884	0.901	0.901	0.901	0.901	0.884
B1	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B2	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B3	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B4	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B5	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B6	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B7	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
B8	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998

Tabell 4.6 Felande dygnsvärden för basdata

hus:bas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	summa
A1	39	39	33	39	39	39	37	37	39	341
A2	76	76	79	76	173	76	75	75	76	782
A3	34	34	41	34	34	34	33	33	34	311
A4	34	34	37	34	34	34	33	33	34	307
A5	87	87	75	87	87	87	85	85	87	767
A6	79	79	43	44	45	44	43	43	44	464
A7	34	34	37	34	34	34	33	33	34	307
A8	35	35	34	42	35	35	34	34	42	326
B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1-8	418	418	379	390	481	383	373	373	390	3605
B1-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
summa	418	418	379	390	481	383	373	373	390	3605

Tabell 4.7 Tillgänglighet för dygnsvärden för basdata

hus:bas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.899	0.899	0.893
A2	0.792	0.792	0.784	0.792	0.526	0.792	0.795	0.795	0.792
A3	0.907	0.907	0.888	0.907	0.907	0.907	0.910	0.910	0.907
A4	0.907	0.907	0.899	0.907	0.907	0.907	0.910	0.910	0.907
A5	0.762	0.762	0.795	0.762	0.762	0.762	0.767	0.767	0.762
A6	0.784	0.784	0.882	0.879	0.877	0.879	0.882	0.882	0.879
A7	0.907	0.907	0.899	0.907	0.907	0.907	0.910	0.910	0.907
A8	0.904	0.904	0.907	0.885	0.904	0.904	0.907	0.907	0.885
B1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B8	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabell 4.8 Felande data och tillgänglighet för solvärmesystem och klimat

	fel timvärden	tillgänglighet timvärden	fel dygnsvärden	tillgänglighet dygnsvärden	
1	19	0.998	0	1	solenergi hus B1
2	19	0.998	0	1	solvolym hus B1
3	19	0.998	0	1	returtemperatur hus B1
4	19	0.998	0	1	framtemperatur hus B1
5	19	0.998	0	1	solenergi hus B2
6	19	0.998	0	1	solvolym hus B2
7	19	0.998	0	1	returtemperatur hus B2
8	19	0.998	0	1	framtemperatur hus B2
9	19	0.998	0	1	vindhastighet m/s
10	19	0.998	2	0.995	solinstrålning W/m <sup>2</sup>
11	19	0.998	1	0.997	solinstrålning W/m <sup>2</sup>
12	19	0.998	0	1	utetemperatur °C

## 5 Klimatdata och boendegrad

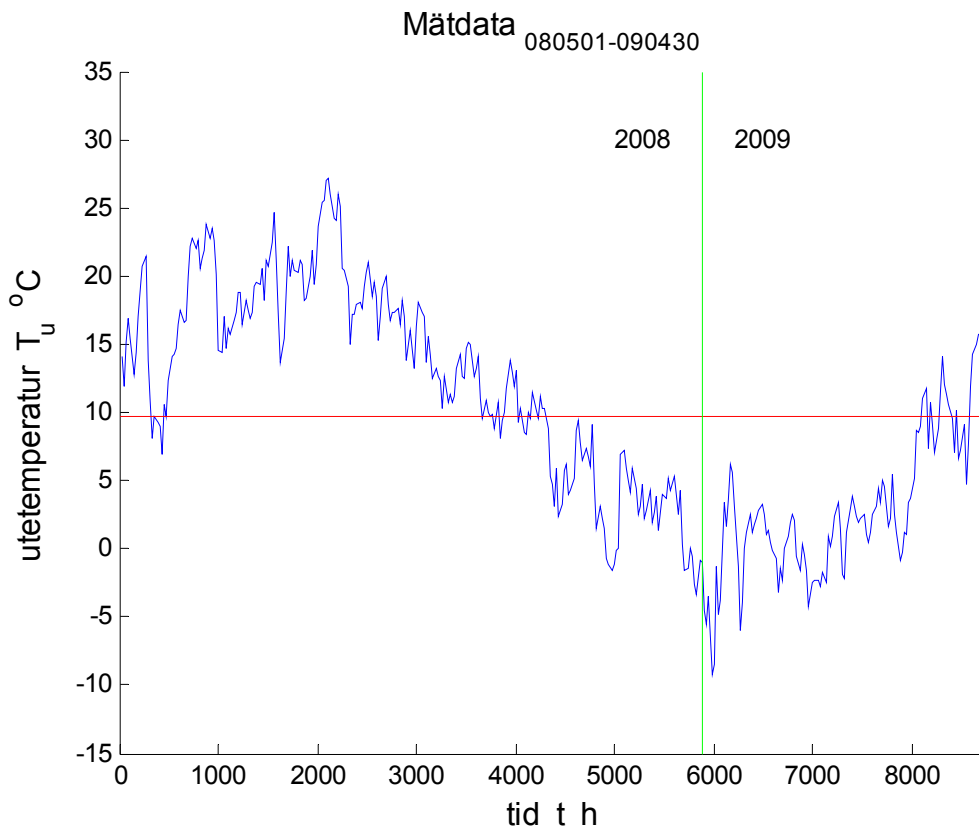
Klimatdata i form av utetemperatur, solinstrålning och vindhastighet samt boendegrad redovisas i detta avsnitt. Årsskiftet visas med en vertikal linje i samtliga tidsdiagram.

### Utetemperatur

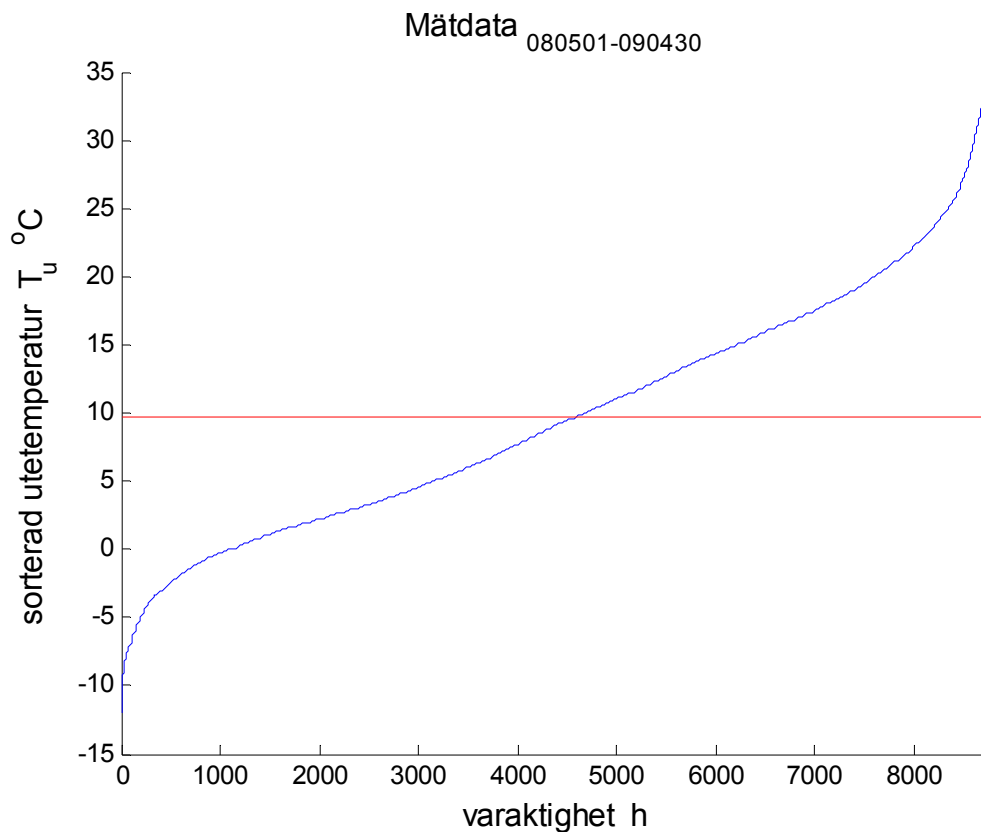
Utetemperaturens lägsta värde, medelvärde, medianvärde och högsta värde för mätperioden 2008 var -12.0, 9.65, 9.0 respektive 37.7 °C. Utetemperaturens dygnsmedelvärden redovisas som funktion av mätdygn i Figur 5.1 och sorterat efter storlek i Figur 5.2, vilket ger en varaktighetskurva.

Gradtimme-, drifttid- och frekvensfunktion beräknas och redovisas för utetemperaturen i Figur 5.3-5. Bruttovärmebehovet bestäms med gradtimmefunktionen i Figur 5.3. Det är en stor skillnad mellan 20 °C och 25 °C med motsvarande siffervärden på omkring 105000 °Ch respektive 145000 °Ch.

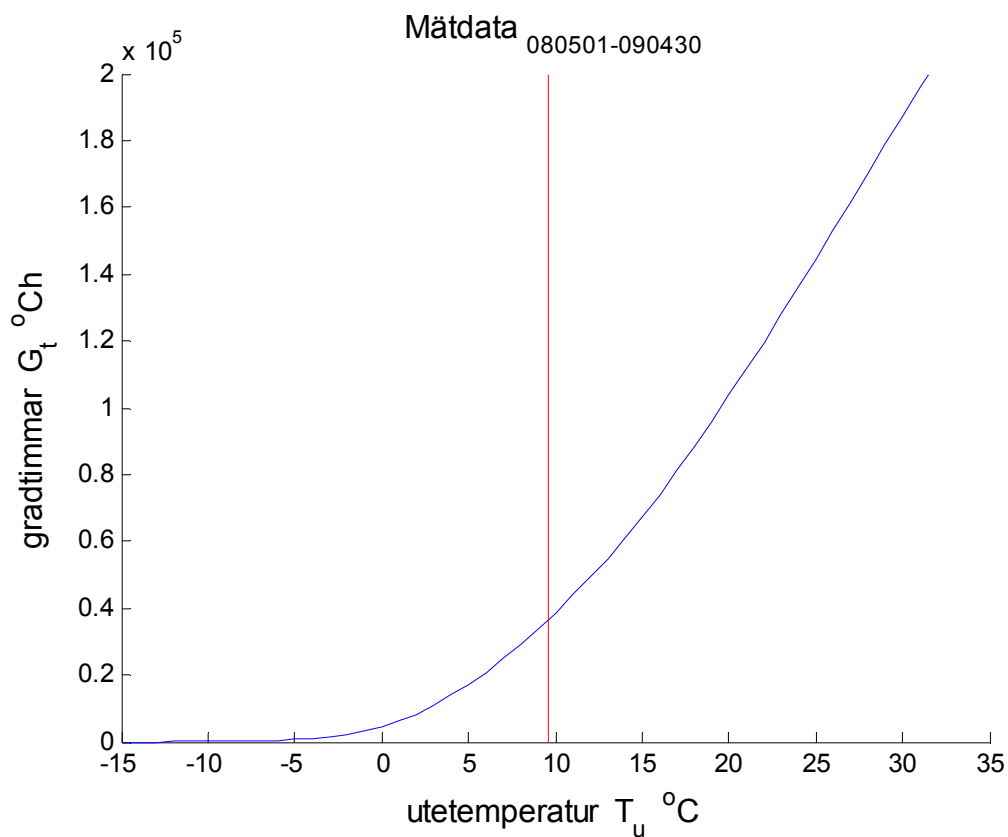
Drifttidfunktionen i figur 5.4 visar att den är omkring 1400 h för utetemperaturer under 0 °C. Frekvensfunktionen i figur 5.5 visar att det finns omkring 100 h med temperaturer över 30 °C. Medeltemperaturen för mätperioden 2008 9.65 °C har ritats in i Figur 5.1-5.



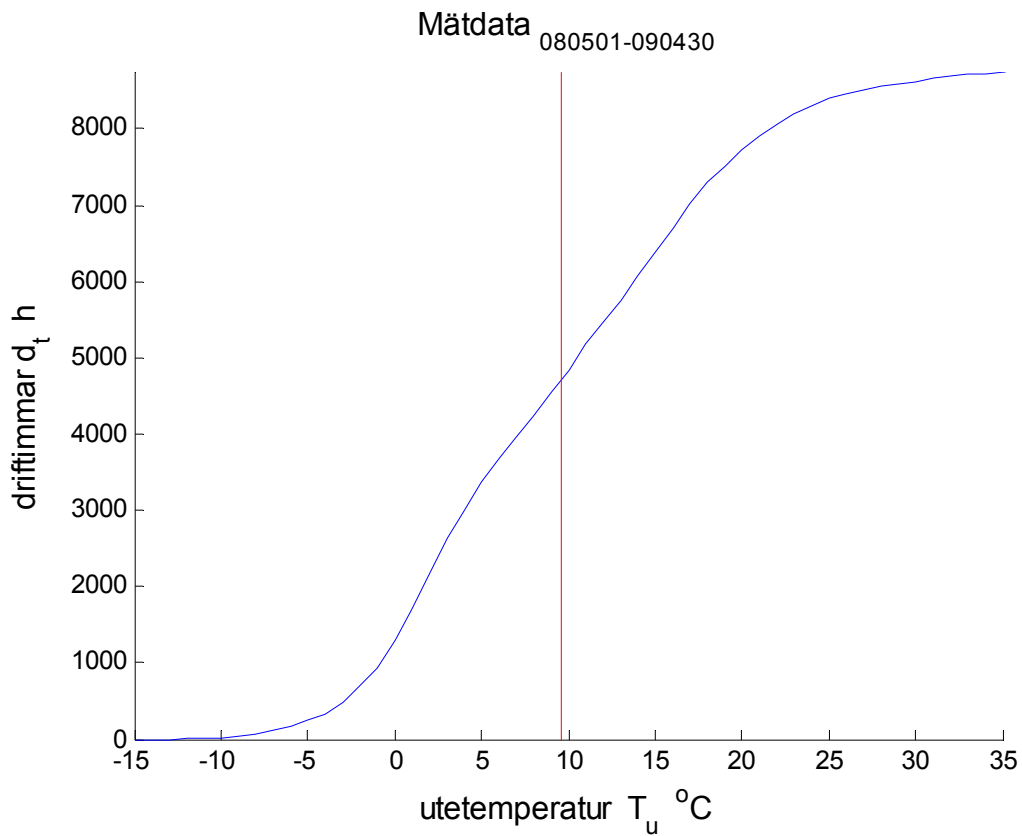
Figur 5.1 Utetemperatur (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.



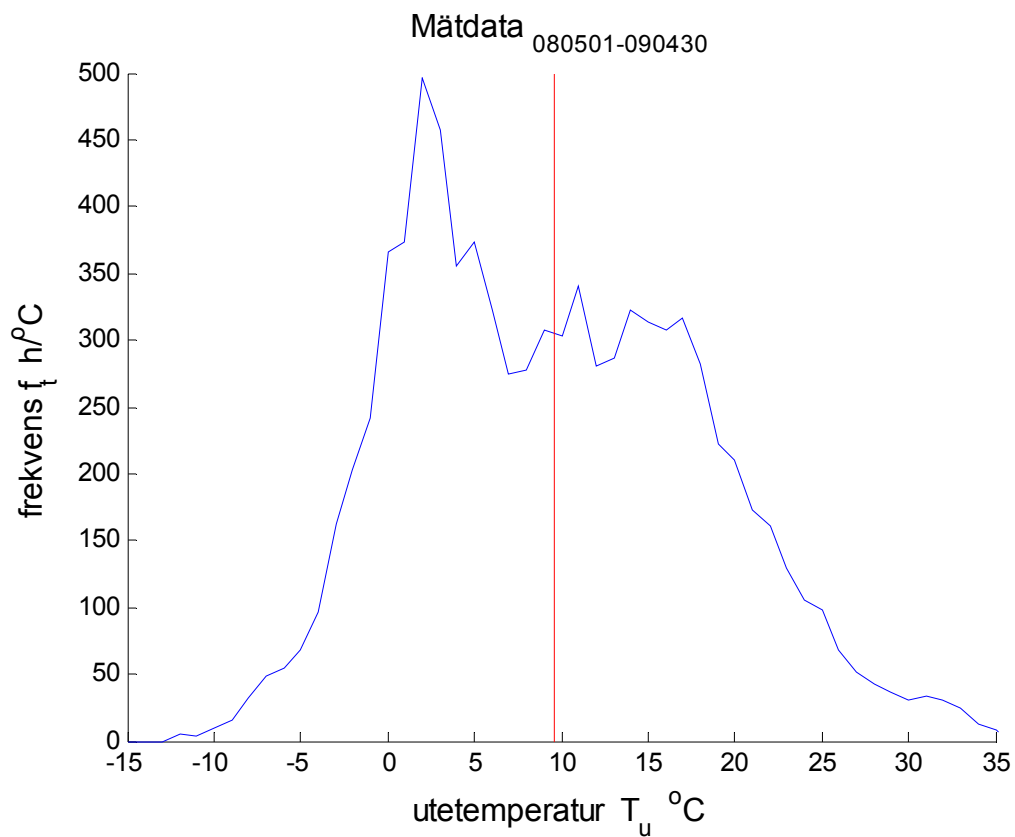
Figur 5.2 Sorterad utetemperatur timvärden för mätperiod 2008.



Figur 5.3 Gradtimmemfunktion som funktion av utetemperaturen för mätperiod 2008.



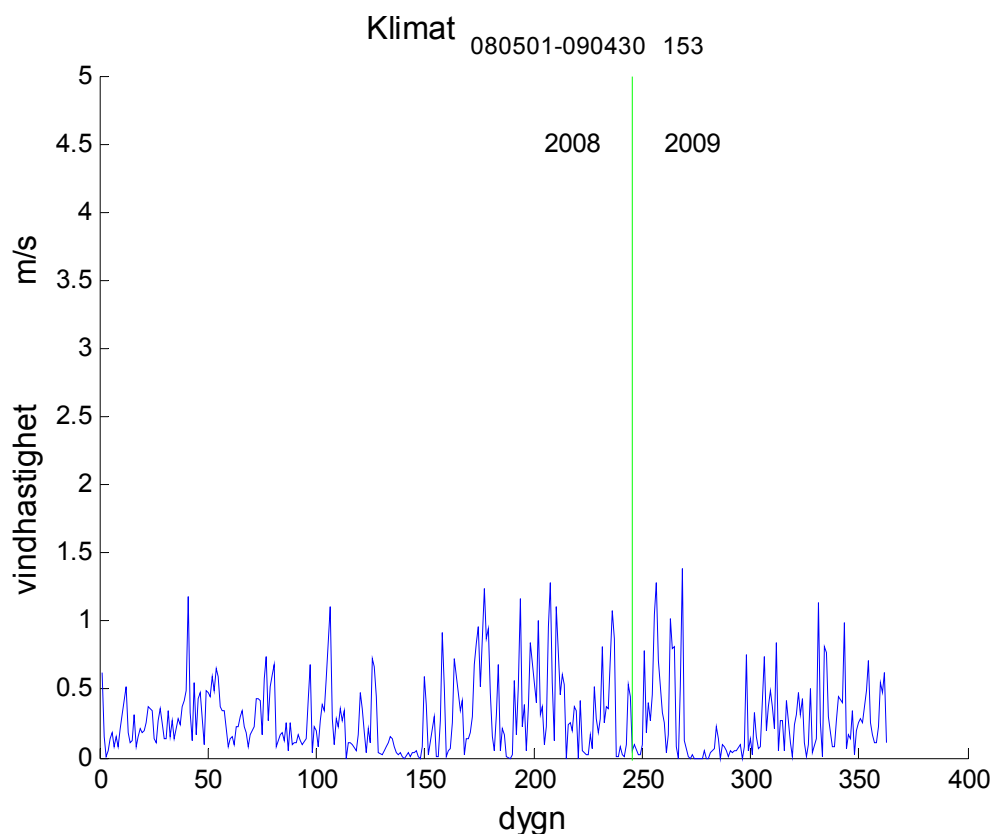
Figur 5.4 Drifttidsfunktion som funktion av utetemperaturen för mätperiod 2008.



Figur 5.5 Frekvensfunktion som funktion av utetemperaturen för mätperiod 2008.

## Vindhastighet

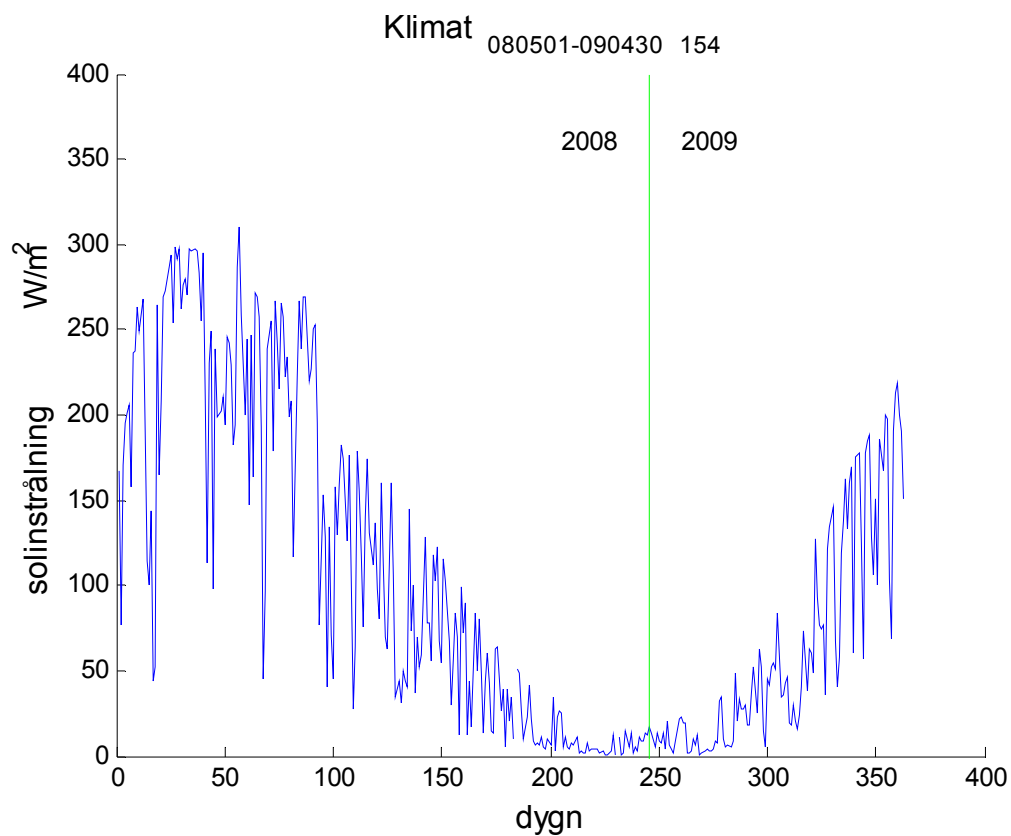
Medeldygnsvindhastighet redovisas som funktion av mätdygn. Värdena är orimligt låga (en faktor 10 fel) eller ligger radhusen i ett mycket skyddat läge? Det kan också påpekas att en vindhastighetsmätare med en mekanisk snurra har alltid en undre mätgräns, eftersom det krävs en lägsta vindhastighet för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



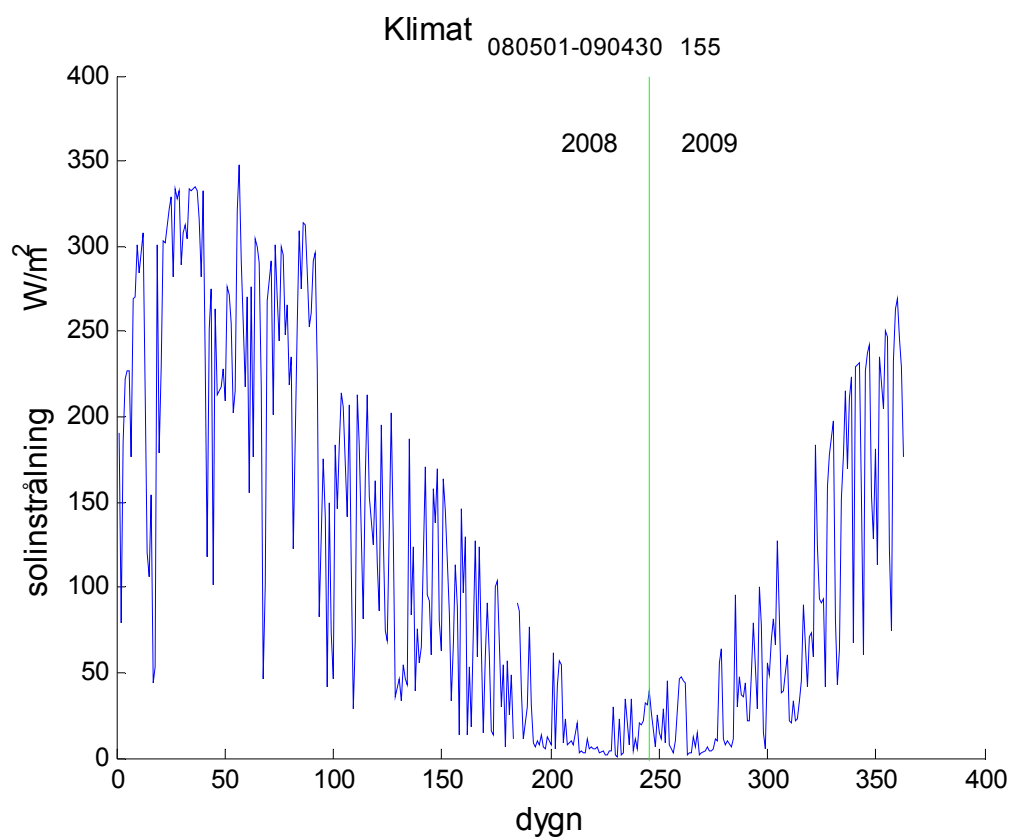
Figur 5.6 Vindhastighet (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.

## Solinstrålning

De två mätgivarnas resultat för solinstrålning visas i Figur 5.7 och 5.8. Mätvärdena är rimliga, eftersom dygnsmedelvärden redovisas. Omräkning till tolv timmar ger en fördubbling av mätvärdena i Figur 5.7 och 5.8.



Figur 5.7 Solinstrålning (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.



Figur 5.8 Solinstrålning (dygnsmedelvärden) som funktion av mätdygn.



## Boendegrad

Boendegraden har beräknats som andel bebodda dygn enligt inflyttningsdatum för 2007 och 2008 och redovisas nedan i Tabell 5.1 som funktion av husens nummer 1-16.

Alla A-hus och B-hus 1, 2 och 3 är inflyttade före år 2008. Övriga B-hus är inflyttande under 2008 med undantag för B6, som är ett visningshus. Endast hus B4 och B5 är inflyttade under den tidsförskjutna mätperioden 2008.

Tabell 5.1 Inflyttningsdag och boendegrad för mätperiod 2007 och 2008

Hus	Inflyttningsdatum	Boendegrad <sub>2007</sub>	Boendegrad <sub>2008</sub>
A1	2007-02-23	0.85	1.00
A2	2007-11-01	0.17	1.00
A3	2007-06-01	0.59	1.00
A4	2007-08-23	0.36	1.00
A5	2006-12-13	0.05	1.00
A6	2007-05-31	0.59	1.00
A7	2007-01-26	0.93	1.00
A8	2006-12-12	1.00	1.00
B1	2006-12-12	1.00	1.00
B2	2007-06-10	0.59	1.00
B3	2007-05-30	0.56	1.00
B4	2008-10-20	0.00	0.52
B5	2008-05-23	0.00	0.94
B6	visningshus	0.00	0.00
B7	2008-02-28	0.00	1.00
B8	2008-04-25	0.00	1.00

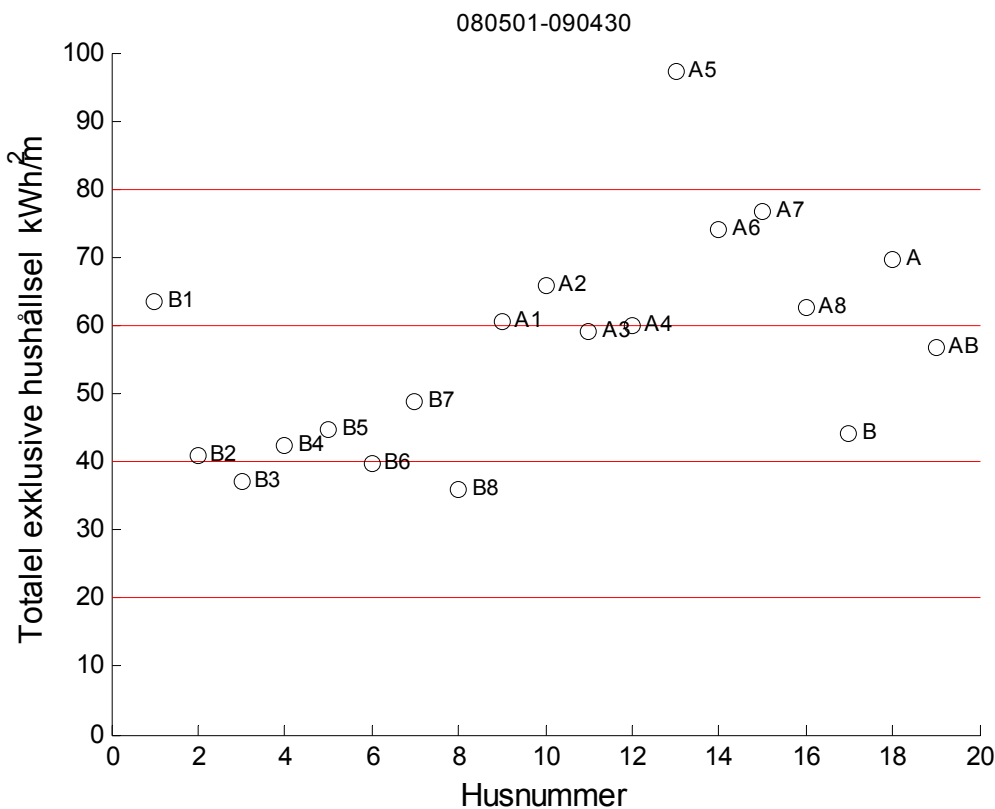
---

## 6 Årsvärden för energier och värmefaktor

Årsenergivärden redovisas i detta avsnitt för mätta och beräknade värden fördelat på lägenhetsyta, vilken är 126 m<sup>2</sup>. Totalel mäts inklusive och exklusive hushållsel. Skillnaden mellan dessa blir hushållselen. Radiatorvärmens mäts. Värmebehov för varmvatten kan skattas med uppmätt mängd varmvatten. Ventilationens värmebehov kan skattas med ett antaget ventilationsflöde och uppmätt frånluftstemperatur och utetemperatur. Redovisningsordning är från vänster mot höger hus B1-8, hus A1-8, länga A och B och alla hus som AB.

### Totalel exklusive hushållsel kWh/m<sup>2</sup>

Den totala elenergiåtgången för värmepumpssystemet för mätperioden redovisas som funktion av hus nummer i Figur 6.1 nedan. Hus A5, A6 och A7 ligger över 70 kWh/m<sup>2</sup>, medan husen B3, B6 och B8 ligger under 40 kWh/m<sup>2</sup>. Medelvärdet för samtliga hus är 57 kWh/m<sup>2</sup> och upp-delat för A-hus 70 kWh/m<sup>2</sup> och för B-hus 44 kWh/m<sup>2</sup>. Det som skiljer är mellan husgrupperna är boendegraden är 1.00 för A-hus och 0.80 för B-hus samt de större transmissionsförlusterna för en A-länga med parvisa förskjutningar i sidled jämfört med en B-länga med endast mindre parvisa förskjutningar i höjdlid. Andra skillnader är något högre frånluftstemperatur och mindre fönsteryta åt söder i A-hus än i B-hus.

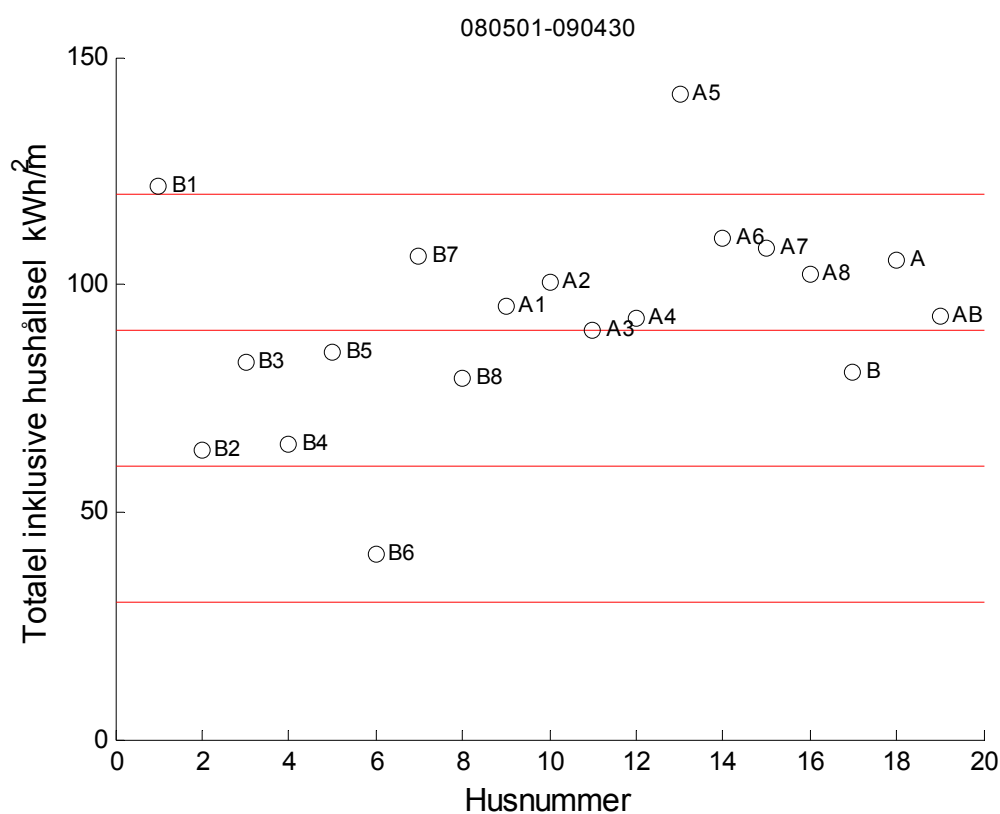


Figur 6.1 Totalel exklusive hushållsel kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

## Totalel inklusive hushållsel kWh/m<sup>2</sup>

Den totala elenergiåtgången för mätperioden redovisas som funktion av husnummer i Figur 6.2 nedan. Hus B1 ligger högt med 121 kWh/m<sup>2</sup>.

Visningshuset B6 ligger som väntat lägst. Spridningen är något större för B-husen än för A-husen. Medelvärdet för de två radhuslängorna A och B och sammantaget är 105, 81 respektive 93 kWh/m<sup>2</sup>.

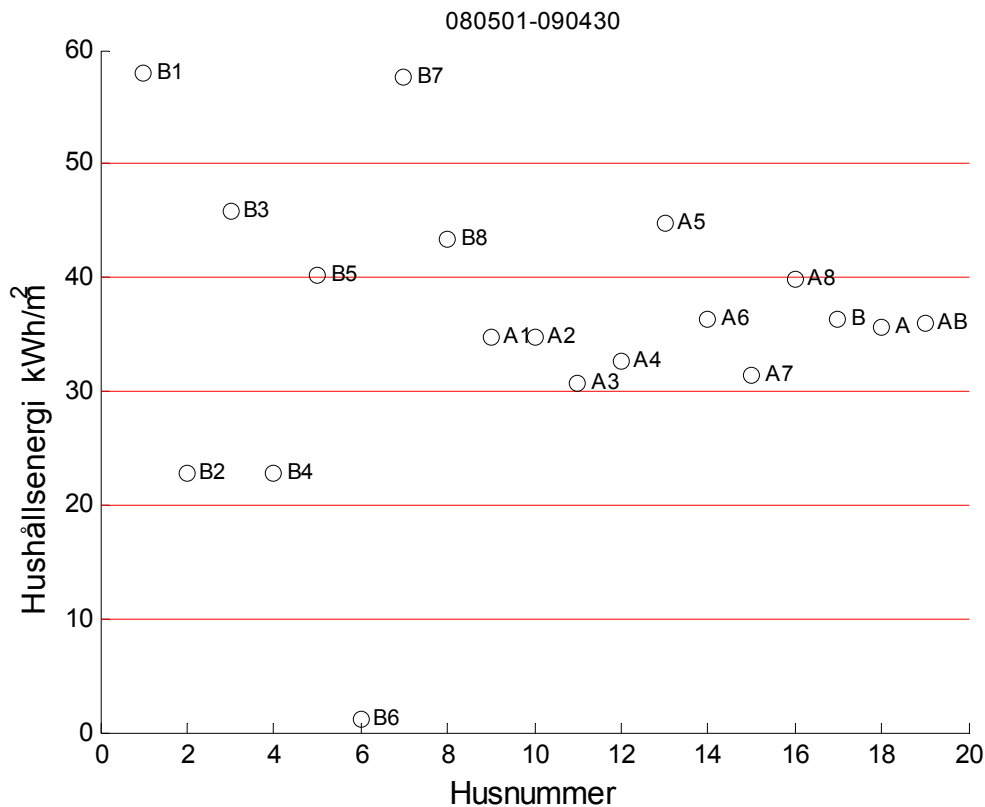


Figur 6.2 Totalel inklusive hushållsel kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

## Hushållsel kWh/m<sup>2</sup>

Hushållselenergin har beräknats som skillnaden mellan den totala elenergin och elenergin till värmepumpssystemet och den redovisas som funktion av husnummer i Figur 6.3 nedan.

Visningshuset B6 ligger som väntat lägst. Spridningen är måttlig för A-husen, medan den är betydande för B-husen. Medelvärdet för A-husen, B-husen och totalt är 35.6, 36.4 respektive 36.0 kWh/m<sup>2</sup>.



Figur 6.3 Hushållselförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

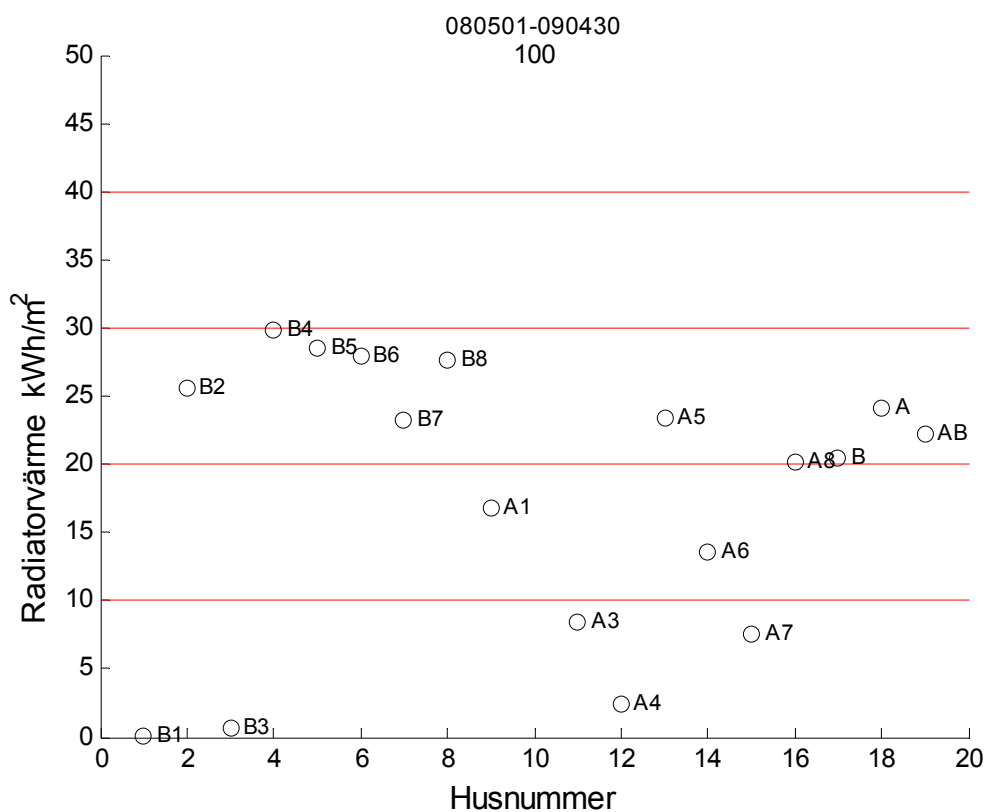
## Radiatorenergi kWh/m<sup>2</sup>

Radiatorenergin redovisas som funktion av husnummer i Figur 6.4 nedan.

Spridningen är betydande. Inga radiatorenergier överstiger 30 kWh/m<sup>2</sup>. Vissa hus använder radiatorsystemet marginellt såsom B1, B3, A3, A4 och A7 under 10 kWh/m<sup>2</sup>.

Notera att hus A2 ligger utanför diagrammet med värdet 100 kWh/m<sup>2</sup>.

En kommentar är att de två radhuslängorna har olika utrustningar för värme, ventilation och varmvatten med FTVP i A-husen och med FTXVP i B-husen. Inställning av tilluftstemperatur och framledningstemperatur till radiatorsystemet kan vara helt olika inom en hus-grupp och mellan husgrupperna. Det går i princip att hålla samma innetemperatur i Både A-hus och i B-hus med olika fördelning av värmeförsel mellan ventilationssystem och radiatorsystem.



Figur 6.4 Radiatorenergiförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

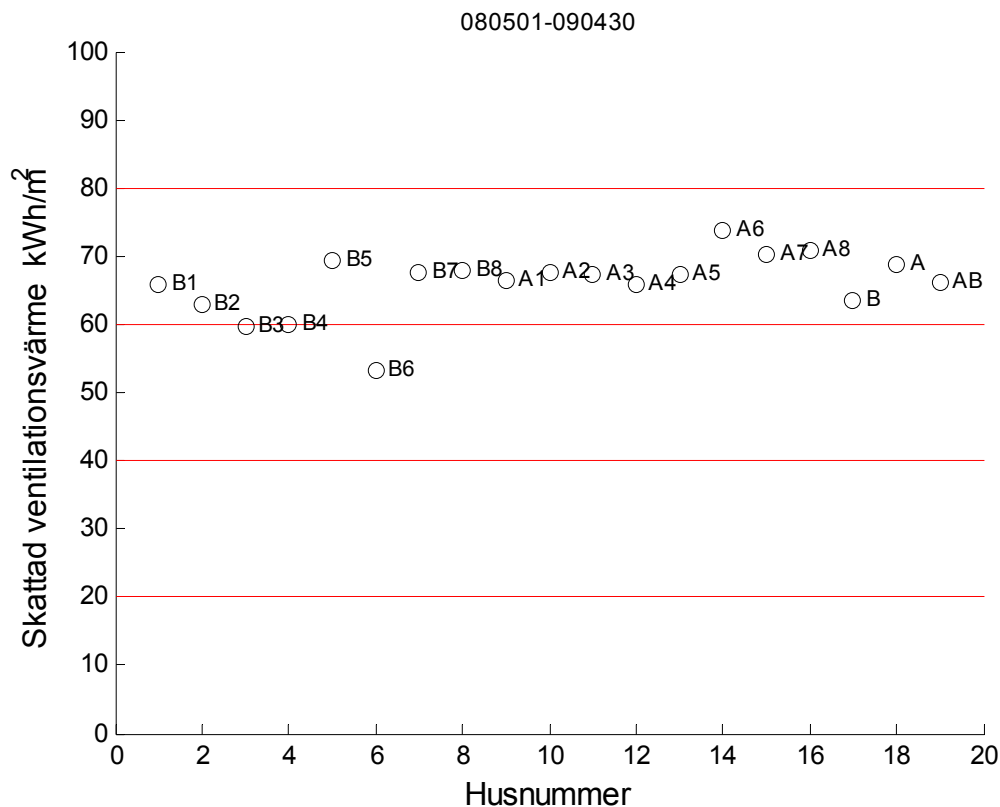
## Ventilationsenergi kWh/m<sup>2</sup>

Ventilationsvärmebehovet skattas med mätt frånluftstemperatur, mätt utetemperatur och ett antaget nominellt ventilationsflöde 60 l/s och redovisas i Figur 6.5. Det specifika värmebehovet är 72 W/K eller 0.57 W/Km<sup>2</sup>. Det specifika ventilationsflödet är 0.47 l/sm<sup>2</sup> och ligger betydligt över normkravets 0.35 l/sm<sup>2</sup>, vilket har ett specifikt värmebehov på 0.42 W/Km<sup>2</sup>.

Ventilationsvärmebehovet är skattat för en tilluftstemperatur lika med frånluftstemperaturen och för hela året, när frånluftstemperaturen är högre än utetemperaturen och utan någon ventilationsvärmeåtervinning.

Det skattade ventilationsvärmebehovet är något högre för A-husen än för B-husen, vilket beror på en högre innetemperatur eller frånluftstemperatur i A-husen än i B-husen. Det obebodda visningshuset B6 drar ner värdena något för B-husen.

Medelvärdet för frånluftstemperaturen i A-husen och i B-husen är för hela året 23.48 respektive 22.18 °C. Det skiljer 1.3 °C.



Figur 6.5 Ventilationsenergiförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

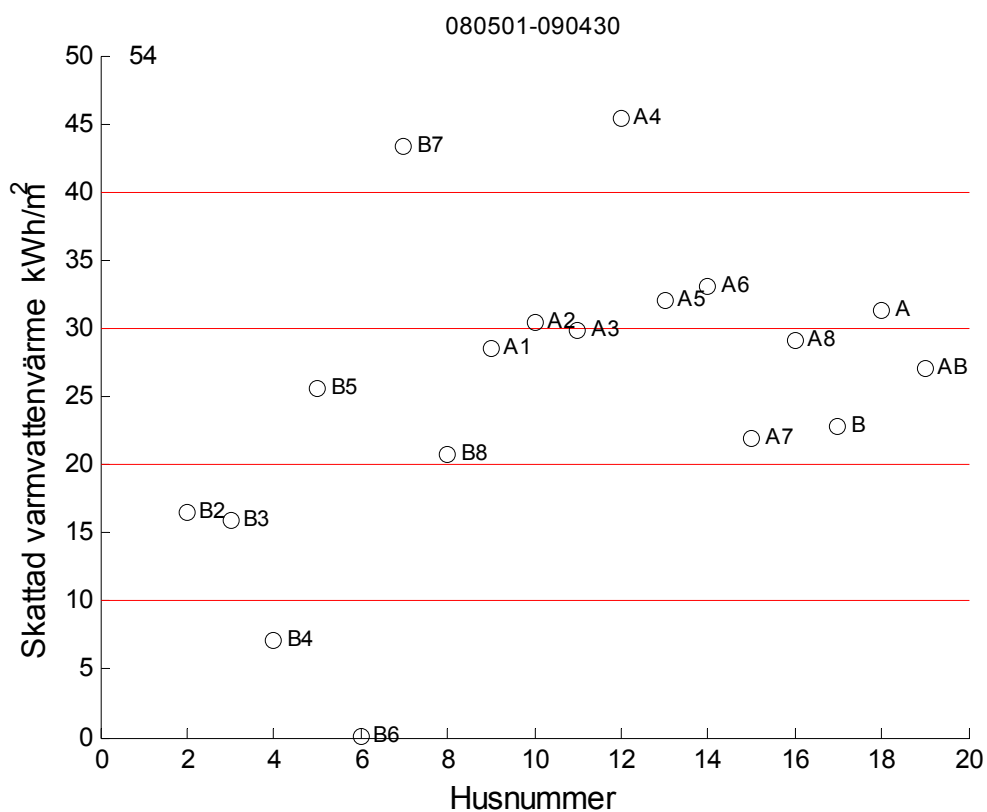
## Varmvattenenergi kWh/m<sup>2</sup>

Energibehovet för varmvattenberedning har skattats med en antagen uppvärmning på 45 °C, vilket kan ses som en ingående tappvatten temperatur på 10 °C och en önskad varmvatten temperatur på 55 °C. Det specifika energibehovet är avrundat 52 kWh/m<sup>3</sup>. Energibehovet redovisas i Figur 6.6.

Spridningen är betydande.

Visningshuset B6 ligger som väntat lägst och hus B2, B3 och B4 ligger under 20 kWh/m<sup>2</sup>

Notera att hus B1 har värdet 54 kWh/m<sup>2</sup> utanför diagrammet.

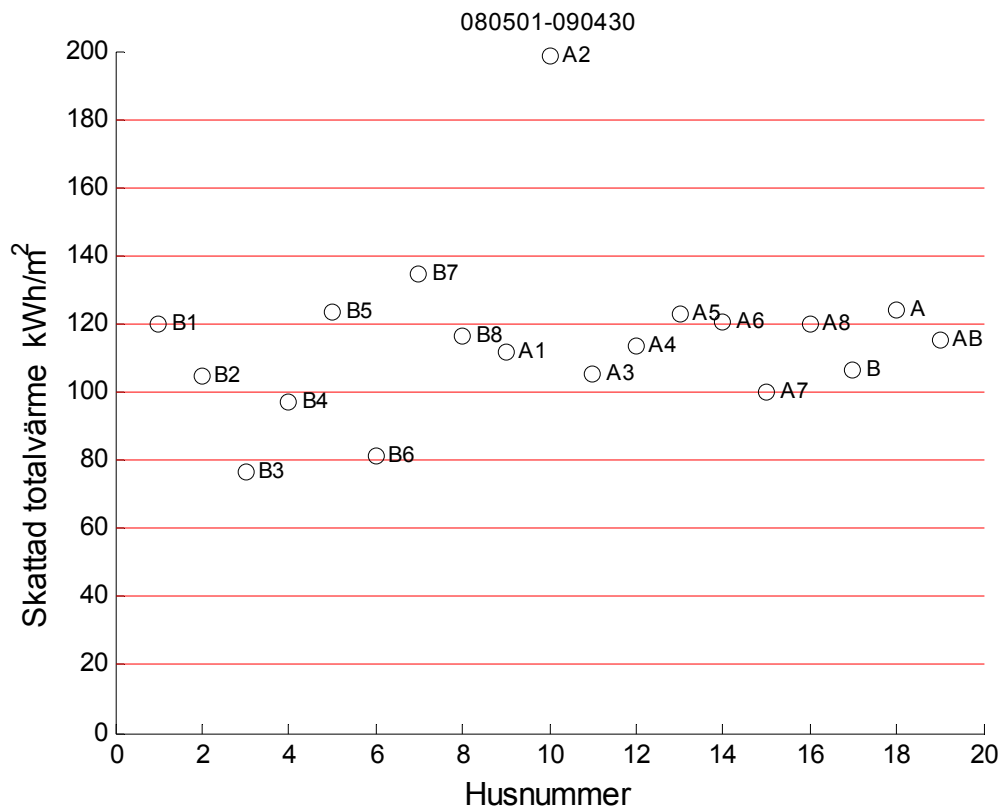


Figur 6.6 Varmvattenenergiförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

## Energibehov för uppvärmning, ventilation och varmvatten kWh/m<sup>2</sup>

Det totala värmebehovet för uppvärmning (radiatorsystem), ventilationssystem och varmvattenberedning har redovisats tidigare i Figur 6.4-6 och har summerats här och redovisas i Figur 6.7.

Spridningen är störst för B-husen. Det skattade totala värmebehovet är något högre för A-husen än för B-husen. Värdet för hus A2 avviker betydligt, vilket orsakas av ett högt värde för radiatorenergin.



Figur 6.7 Skattad totalvärmeförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.



## Nettovärmeutbyte mellan radhusenheter kWh/m<sup>2</sup>

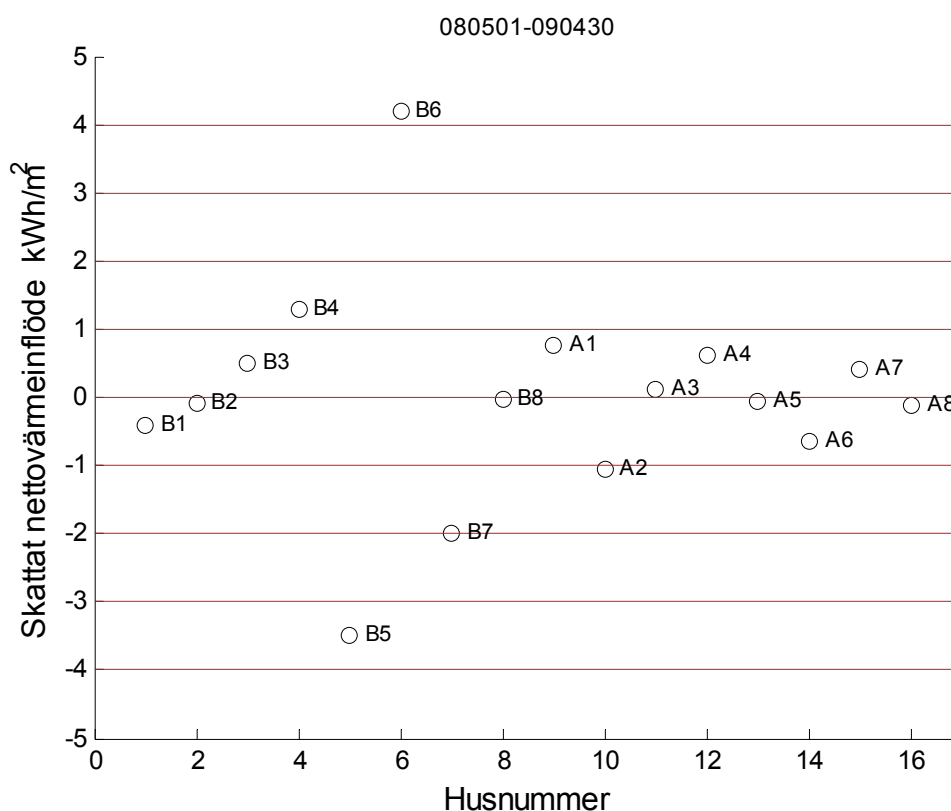
Det sker ett mindre värmeutbyte mellan olika radhusenheter. Kontaktytan är 28 m<sup>2</sup> för A-hus med i sidled förskjutna radhusenheter och 56 m<sup>2</sup> för icke förskjutna radhusenheter. U-värdet för mellanväggar har tidigare uppskattats till 0.2 W/m<sup>2</sup>K. Det specifika värmeläcketaget kan därför avrundas till 5 W/K respektive 10 W/K för de två fallen.

Nettovärmeutbytet under ett år för ett inre B-hus och ett inre A-hus med 1 °C lägre temperatur än grannhusen blir 1.4 kWh/m<sup>2</sup> respektive 1.0 kWh/m<sup>2</sup>.

Värmeutbytet har beräknats för hela mätperioden och redovisas i Figur 6.8 som funktion av husnummer. Största utbytet fås för hus B6 över 4 Wh/m<sup>2</sup> som är sen bebott.

Notera att variationen mellan intilliggande hus kan vara stor, eftersom det ena huset får ett tillskott från det andra huset. Några exempel är B4-B5, B5-B6 och B6-B7.

Notera att gavelhusen är B1, B8, A1 och A8, vilka endast kan ha värmeutbyte med en annan radhusenhet.



Figur 6.8 Nettovärmeutbyte mellan radhusenheter kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.

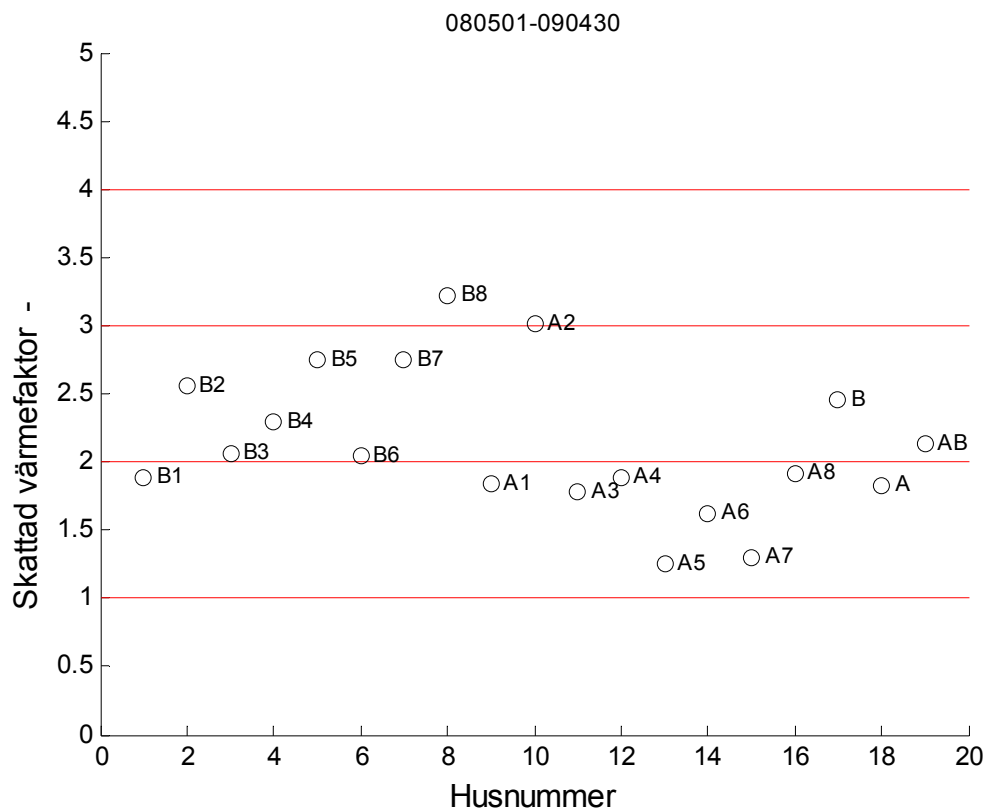
## Årsvärmefaktor

Årsvärmefaktorn redovisas i Figur 6.9 och kan skattas genom att beräkna den resulterande årsvärmefaktorn som kvoten mellan skattad energi för uppvärmning, ventilation och varmvatten dividerat med mätt totalt exklusive hushållsel. Den totala tillförda värmen för ventilation, uppvärmning och varmvatten har redovisats i Figur 6.7 och totalt exklusive hushållsel i Figur 6.1.

Redovisning sker för varje hus och för alla A-hus, alla B-hus och alla hus. De tre medelvärdena visas längst till höger i samtliga diagram med beteckningarna A, B och AB. Årsvärmefaktor för flera hus är ett medelvärde av årsvärmefaktor för ingående hus.

Ett viktigt påpekande är att den beräknade årsvärmefaktorn inte tar hänsyn till tillskott från personer, sol och hushållsel. Det skattade ventilationsvärmebehovet utgår från att tilluftstemperaturen är lika med den mätta frånluftstemperaturen. Detta gör att den skattade och redovisade årsvärmefaktorn är något osäker.

Årsvärmefaktorn borde vara större än ett, eftersom det finns en liten värmepump i båda utrustningarna för värme, ventilation och varmvatten, FTVP i A-hus och FTXVP i B-hus. Det som skiljer är det även finns en plattvärmeväxlare med hög verkningsgrad i utrustningen FTXVP i B-hus. Värmefaktorn är 2.45 för B-hus och 1.83 för A-hus.



Figur 6.9 Skattad årsvärmefaktor som funktion av husnummer.

## Totalenergi kWh/m<sup>2</sup> mot frånluftstemperatur

Totalenergiförbrukning exklusive hushållsel redovisas i Figur 6.10 som funktion av årsmedelvärde för frånluftstemperatur för varje radhusenhet, för varje radhuslänga och totalt.

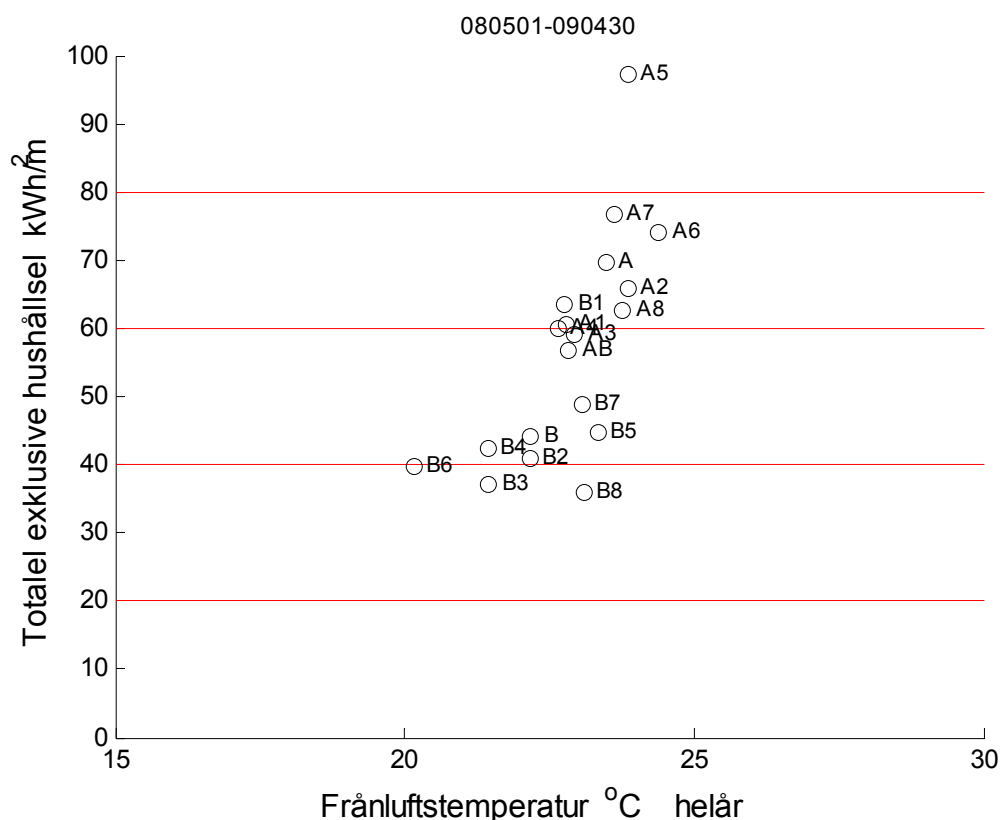
Totalenergiförbrukningen exklusive hushållsel ökar som förväntat med ökande frånluftstemperatur. Spridningen är betydande. Visningshus B6 har lägst frånluftstemperatur, men inte lägst förbrukning.

Byggprojektets mål att totalenergiförbrukningen exklusive hushållsel skulle ligga i intervallet 65 till 95 kWh/m<sup>2</sup> uppfylls av alla hus utom A5, som har en förbrukning på 97.26 kWh/m<sup>2</sup>.

Alla A-husen ligger över 60 kWh/m<sup>2</sup> utom hus A3 med värdet 59.2 kWh/m<sup>2</sup>.

Alla B-husen ligger under 60 kWh/m<sup>2</sup> utom hus B2 med värdet 63.6 kWh/m<sup>2</sup>.

Medelvärdet är för A-husen 69.6 kWh/m<sup>2</sup> och för B-husen 44.2 kWh/m<sup>2</sup>



Figur 6.10 Totaleleenergiförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av årsmedel frånluftstemperatur.

## 7 Frånluftstemperatur och inneklimat

Mätningarna av inneklimatet har endast omfattat en frånluftstemperatur i varje radhusenhet och i detta avsnitt kommer frånluftstemperaturen och inneklimatet att undersökas.

### Krav på innetemperatur

Det finns en del siffervärden för att kunna bedöma det termiska klimatet. Socialstyrelsens skrift Temperatur inomhus SOSFS 2005:15 anger riktvärden för olägenhet för människors hälsa med tre krav för operativ temperatur  $< 18\text{ °C}$  (för känsliga grupper  $< 20\text{ °C}$ ),  $> 24\text{ °C}$  varaktigt (under sommaren  $> 26\text{ °C}$ ) och  $> 26\text{ °C}$  (kortvarigt under sommaren  $> 28\text{ °C}$ ).

Skriften Riktlinjer R1:2006 från VVS tekniska föreningen anger för bostäder och dimensionerande vinterfall att rumstemperaturen bör kunna hållas över  $20\text{ °C}$  och under  $23\text{ °C}$  samt för sommarfallet att rumstemperatur över  $26\text{ °C}$  eller  $28\text{ °C}$  accepteras under kortare perioder för högsta och näst högsta kvalitetsklass.

### Bedömning av frånluftstemperatur som innetemperatur

Möjligheten att bedöma inneklimatet för en radhuslägenhet med en enda mätpunkt, frånluftstemperaturen är begränsad. Frånluften om totalt  $60\text{ l/s}$  kommer på bottenplan från tvätttrum  $20\text{ l/s}$ , kök  $10\text{ l/s}$  och wc/dusch  $15\text{ l/s}$  samt från badrum på övre plan  $15\text{ l/s}$ . Frånluftsdonen är placerade i eller nära taknivå och ger därför en något högre temperatur än på halva rums-höjden, eftersom det alltid finns en temperaturökning från golv till tak i ett rum.

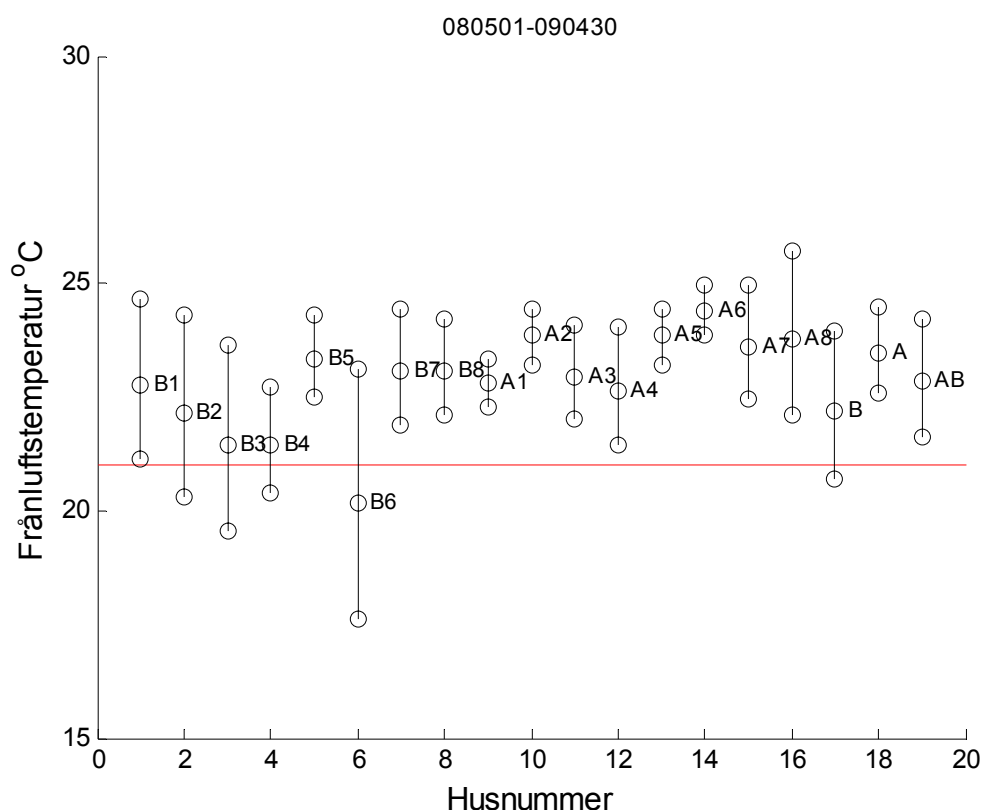
Temperaturökningen mellan golv och tak vid jämvikt beror på isolerstandard och temperaturskillnaden mellan inne och ute. Tilluften kan skapa en mindre omblandning, men flöden är små med  $5\text{ l/s}$  i tre sovrum,  $10\text{ l/s}$  i ett sovrum,  $10\text{ l/s}$  i hall och  $15\text{ l/s}$  i vardagsrum. Vintertid kan skillnaden vara flera grader i äldre bostadshus. En bedömning för de aktuella husen med mycket god isolerstandard är att skillnaden mellan den genomsnittliga innetemperaturen och den mätta frånluftstemperaturen är högst  $0.5\text{ °C}$ .

Det finns skillnader mellan de sexton husen och även inom ett hus när det gäller uppvärmning med radiatorer. Sovrum i nio hus saknar helt radiatorer nämligen husen A3, A5, A7 och B2-7. Endast ett sovrum i fyra gavelhus och husen A2, A4 och A6 har en installerad radiator. Den beräknade effekten är  $292\text{ W}$  och  $305\text{ W}$ . En viss uppvärmning kan ske med tilluften till alla sovrum. Tilluftsflödet är  $5\text{ l/s}$  för tre sovrum och  $10\text{ l/s}$  för ett sovrum. De två flöden kan räknas om till ett specifikt värmetillskott om  $6\text{ W/K}$  respektive  $12\text{ W/K}$ . En antagen övertemperatur på  $20\text{ K}$  ger därför ett effekttillskott om  $120\text{ W}$  respektive  $240\text{ W}$ .

Frånluftstemperaturen kan trots allt vara ett bra mått på innetemperaturen under förutsättning att den mäts på det totala frånluftsflödet.

## Årsmedelvärden

Medeltemperaturen har beräknats för mätperioden för de sexton husen och redovisas i Figur 7.1 nedan som funktion av husnummer och efter uppdelning efter utetemperatur under 10 °C och över 10 °C. Årsmedelvärden går från något under 20 °C upptill 25 °C. Det finns en stor spridning för B-hus jämfört med A-hus mellan medelvärden för utetemperatur under 10 °C och över 10 °C eller förenklat mellan sommar och vinter. B-husen har ventilationsvärmeåtervinning med en plattvärmeväxlare, som kan kopplas bort sommartid. Detta har inte A-husen och ändå ligger de högre i temperatur.

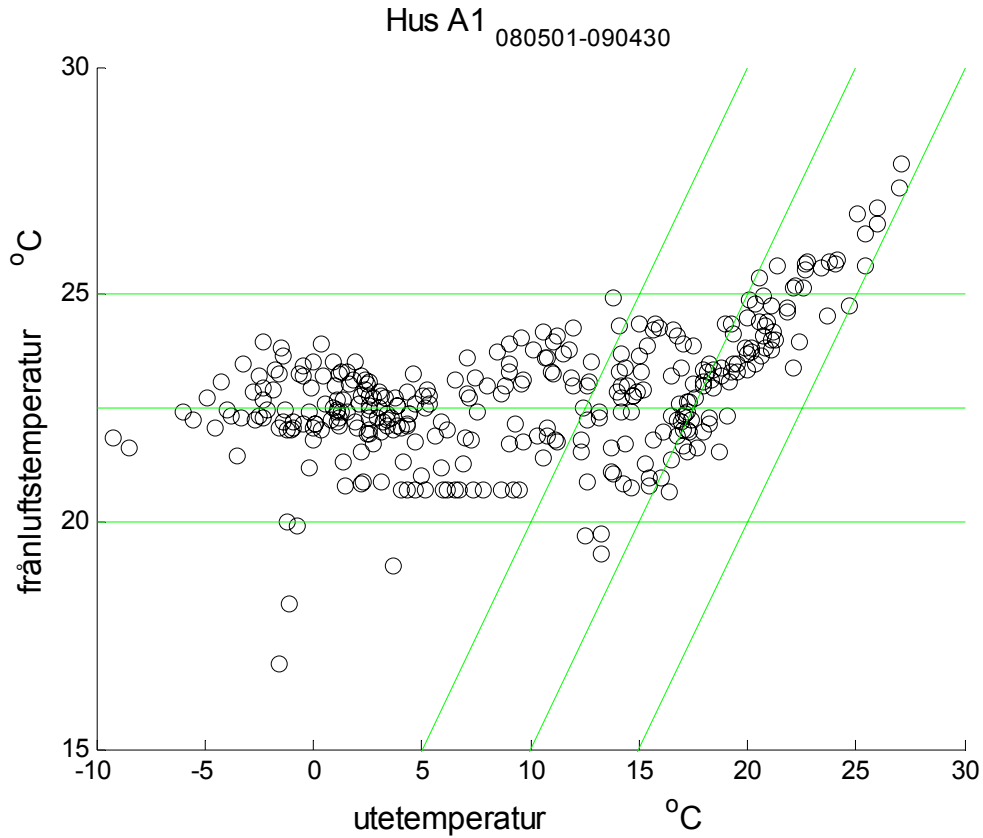


Figur 7.1 Årsmedelvärden för frånluftstemperatur som funktion av husnummer.

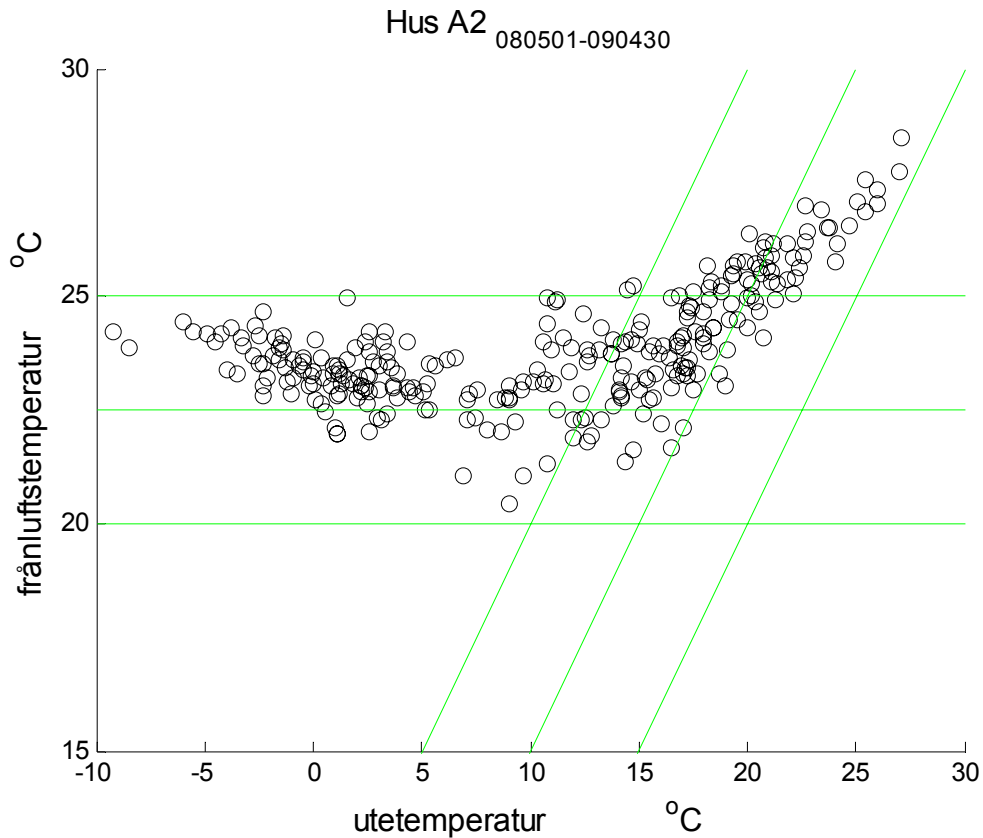
## Frånluftstemperatur som funktion av utetemperatur eller tid

Frånluftstemperatur som funktion av utetemperatur redovisas i Figur 7.2-17 för samtliga hus och som medelvärde för alla A-hus och B-hus i Figur 7.18-19. Visningshuset B6 avviker från det gängse mönster med låga frånluftstemperaturer vintertid.

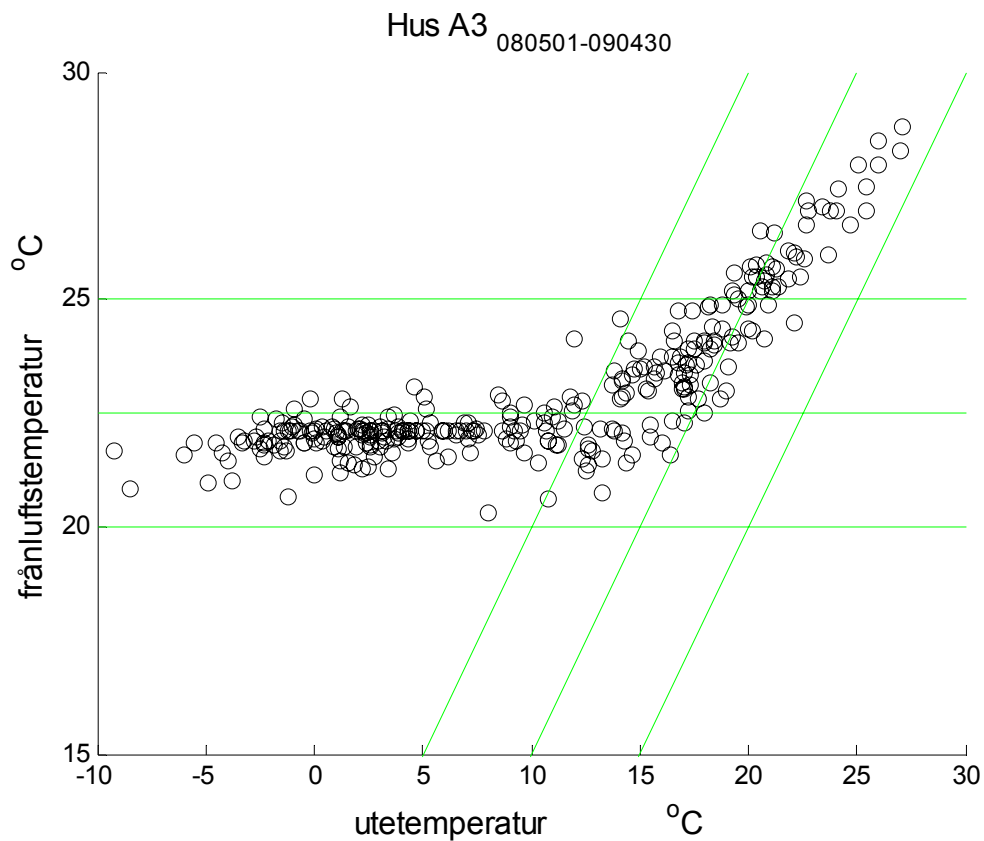
Frånluftstemperaturen som funktion av mätdygn görs gruppvis A mot B för minsta, medel och största värde för åtta hus, standardavvikelse och samtliga värden i Figur 7.20-25. Skillnaderna mellan olika A-hus och B-hus är stora inom samma dygn.



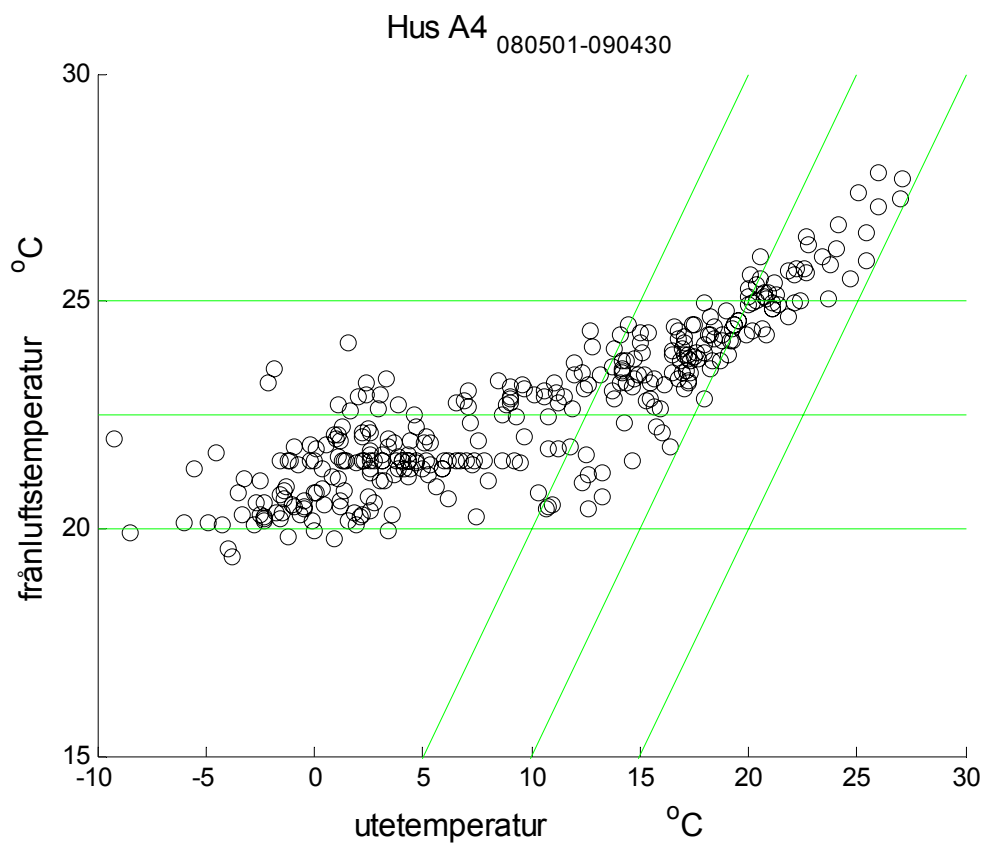
Figur 7.2 Frånluftstemperatur för hus A1 som funktion av utetemperatur.



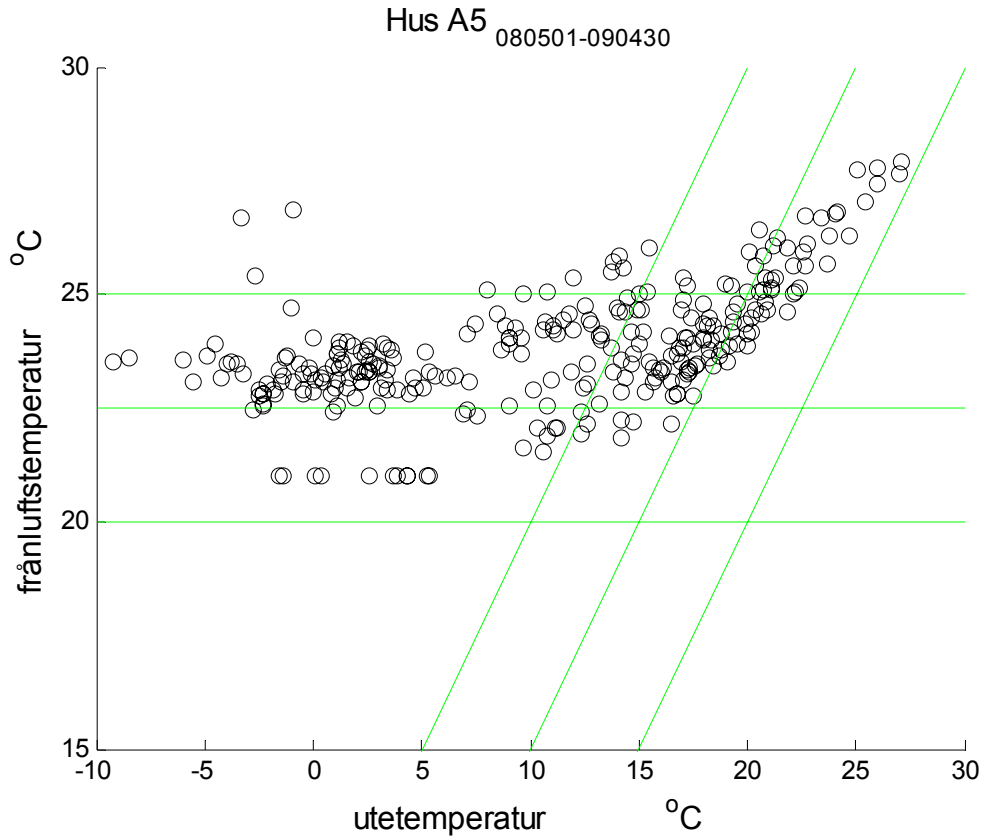
Figur 7.3 Frånluftstemperatur för hus A2 som funktion av utetemperatur.



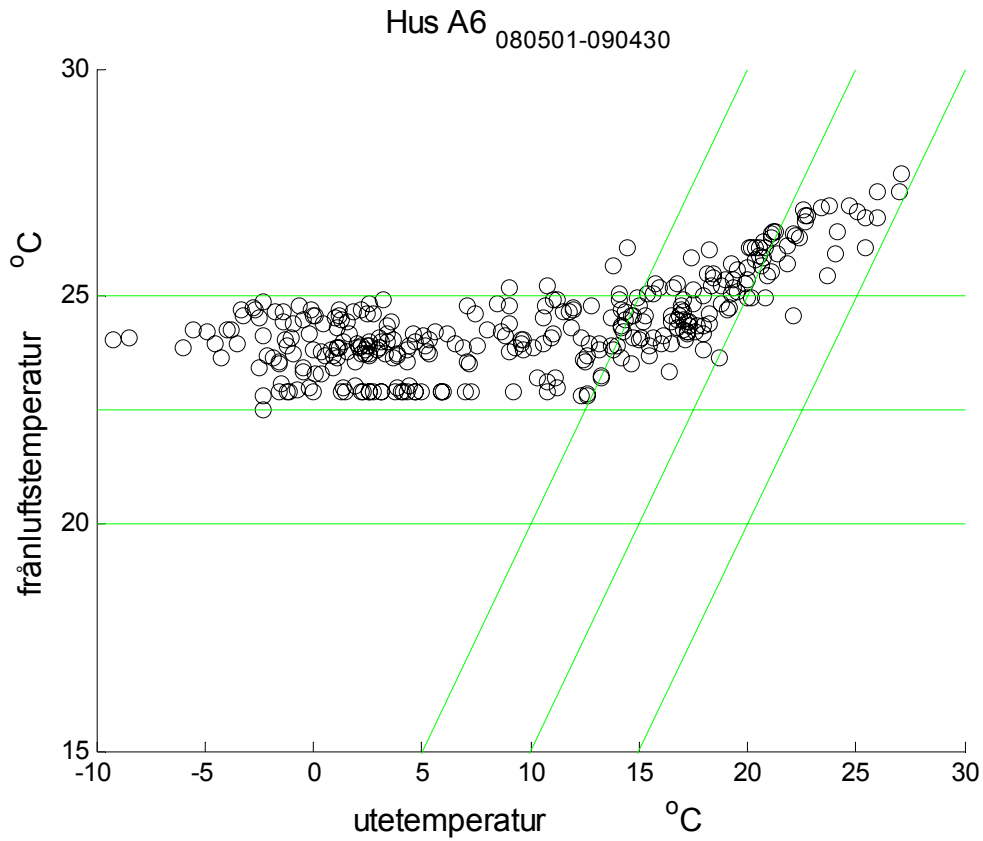
Figur 7.4 Frånluftstemperatur för hus A3 som funktion av utetemperatur.



Figur 7.5 Frånluftstemperatur för hus A4 som funktion av utetemperatur.

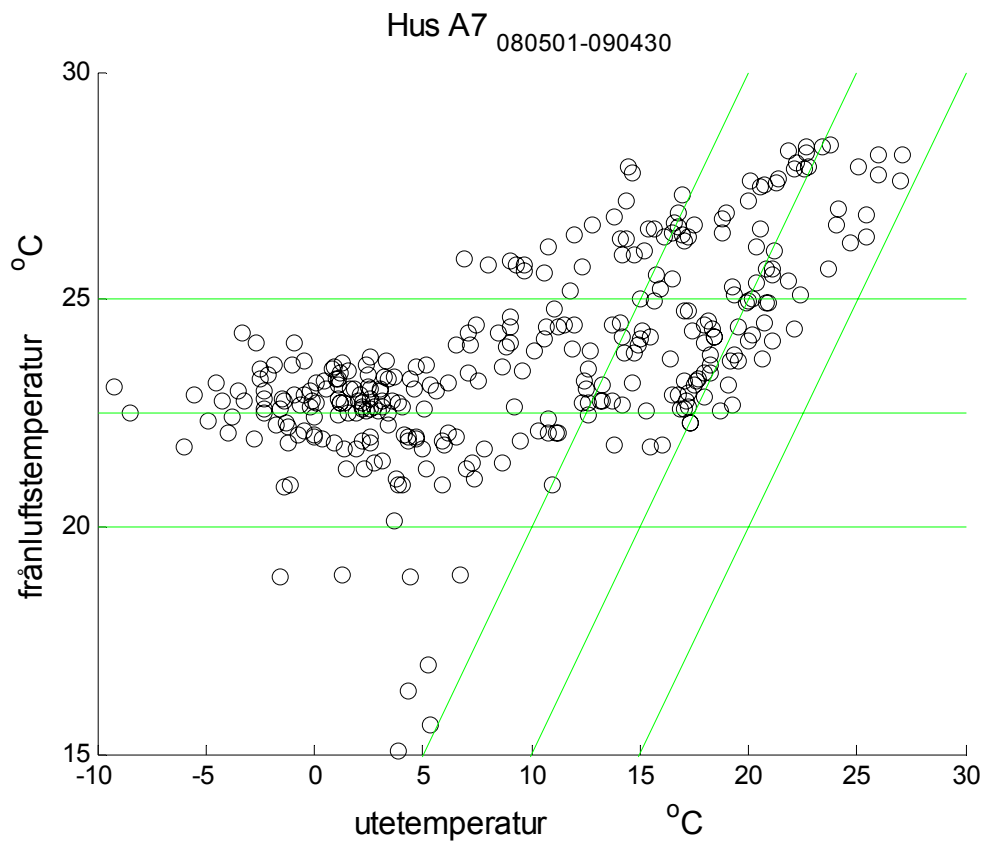


Figur 7.6 Frånluftstemperatur för hus A5 som funktion av utetemperatur.

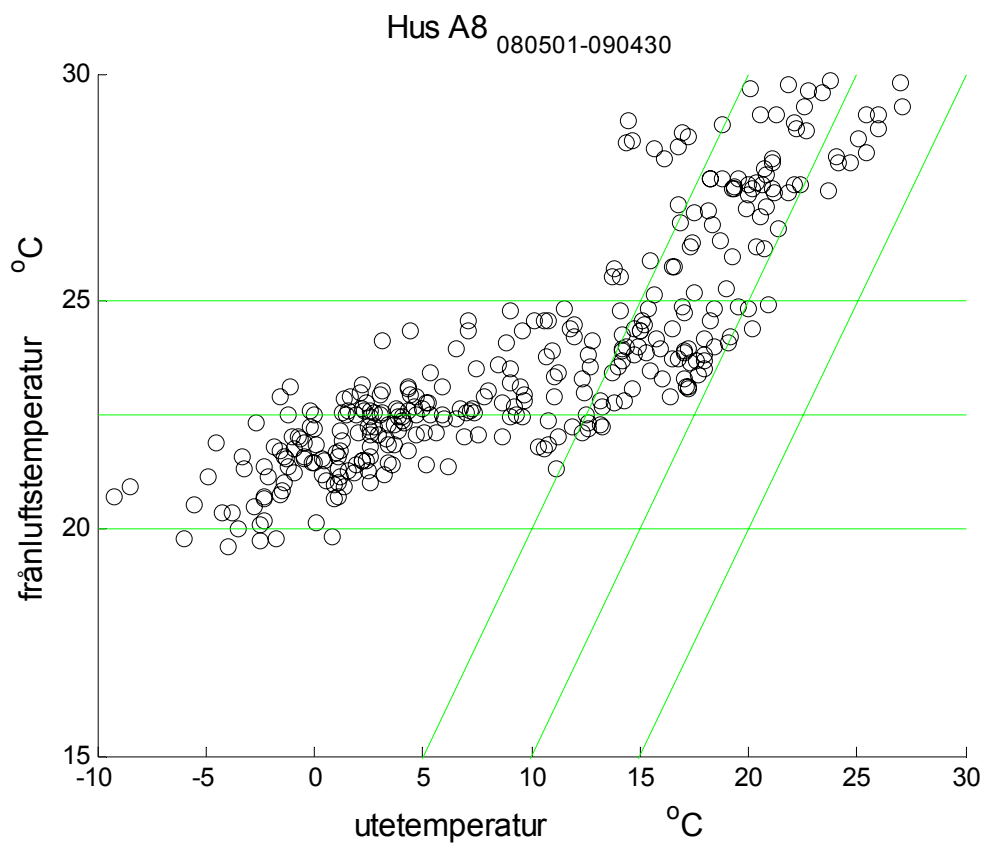


Figur 7.7 Frånluftstemperatur för hus A6 som funktion av utetemperatur.

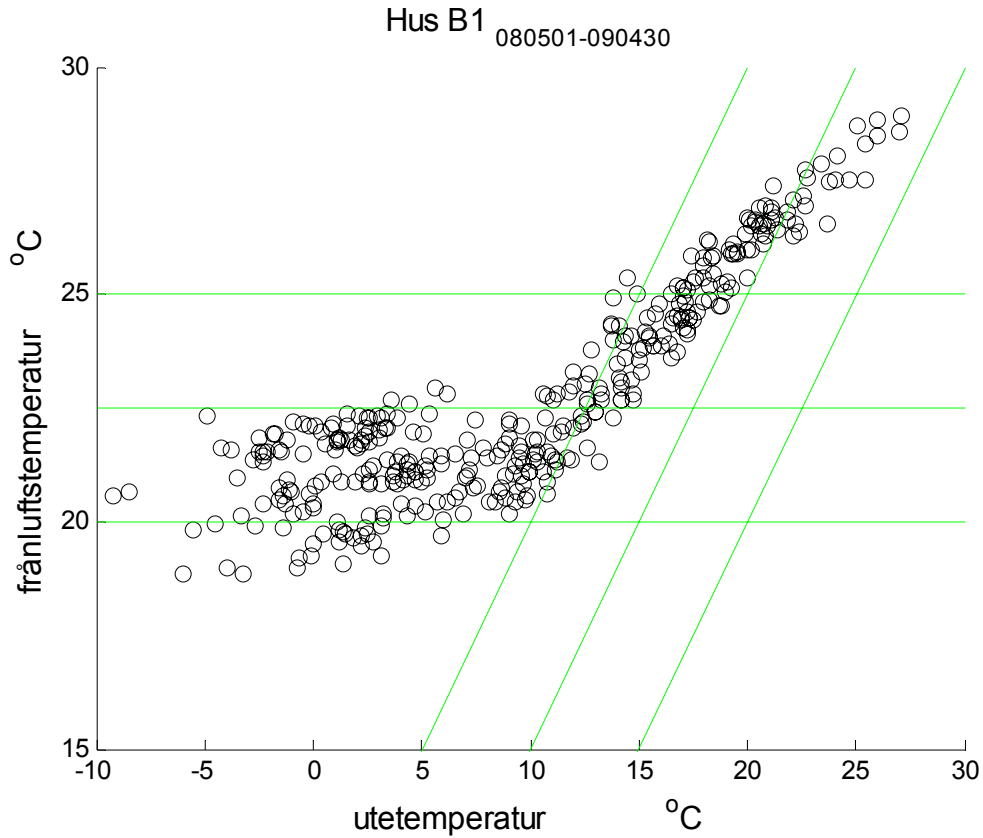




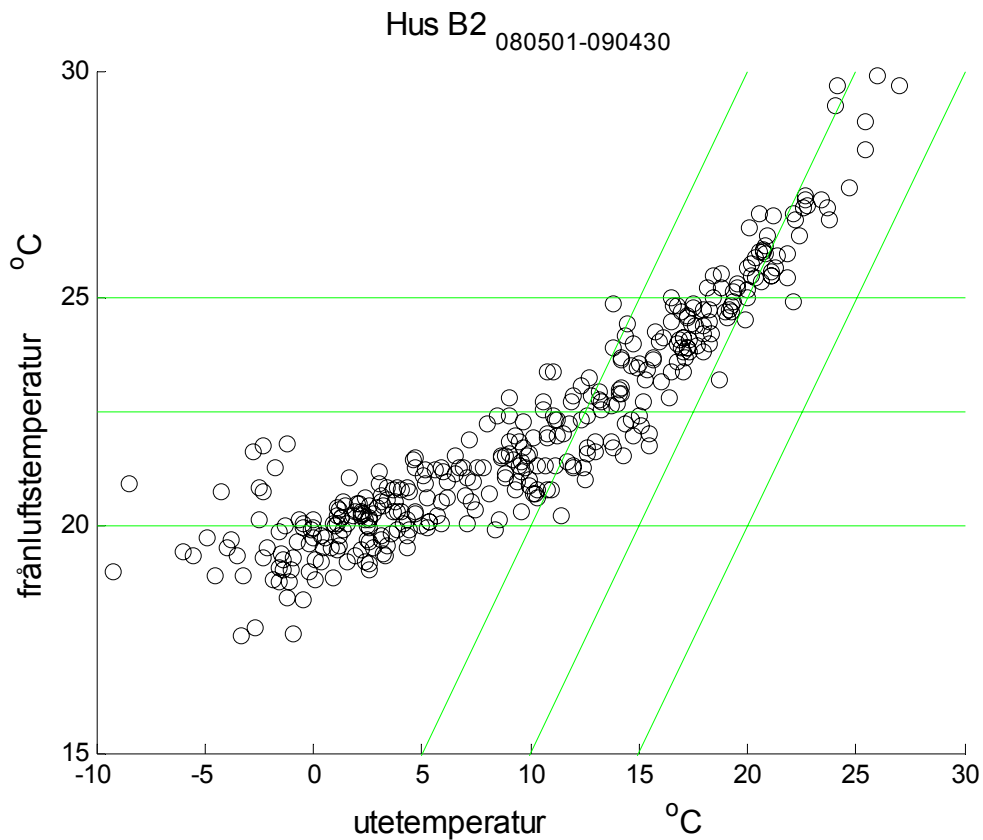
Figur 7.8 Frånluftstemperatur för hus A7 som funktion av utetemperatur.



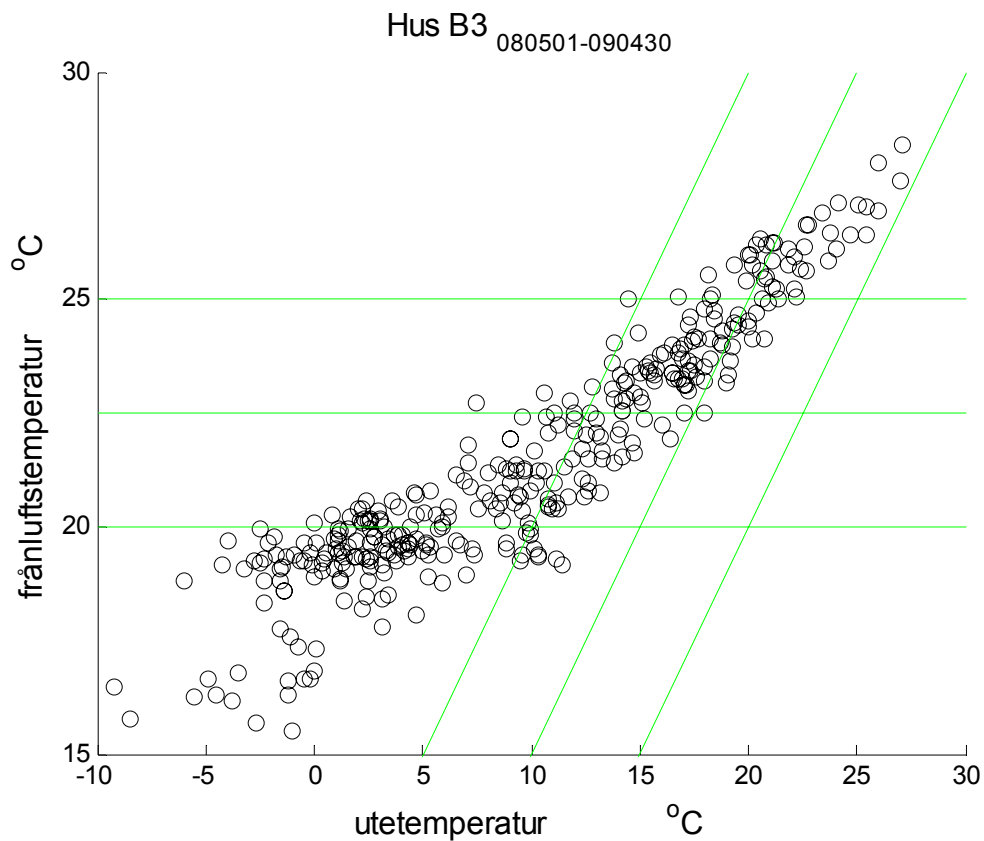
Figur 7.9 Frånluftstemperatur för hus A8 som funktion av utetemperatur.



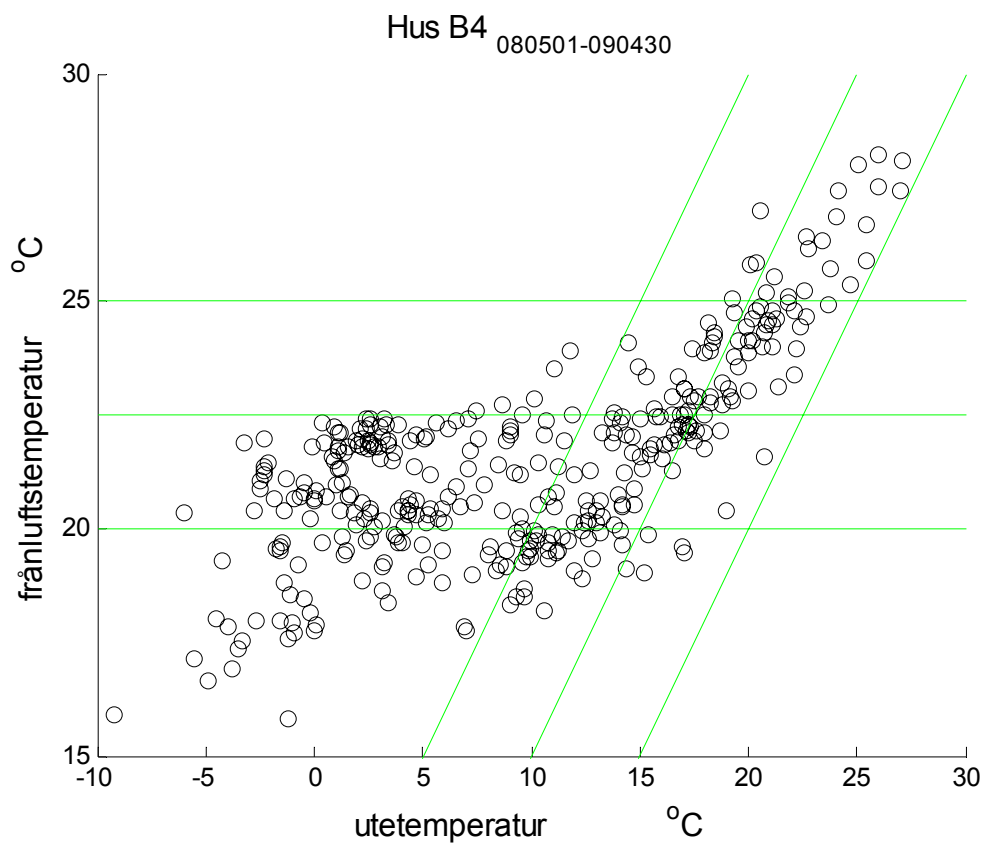
Figur 7.10 Frånluftstemperatur för hus B1 som funktion av utetemperatur.



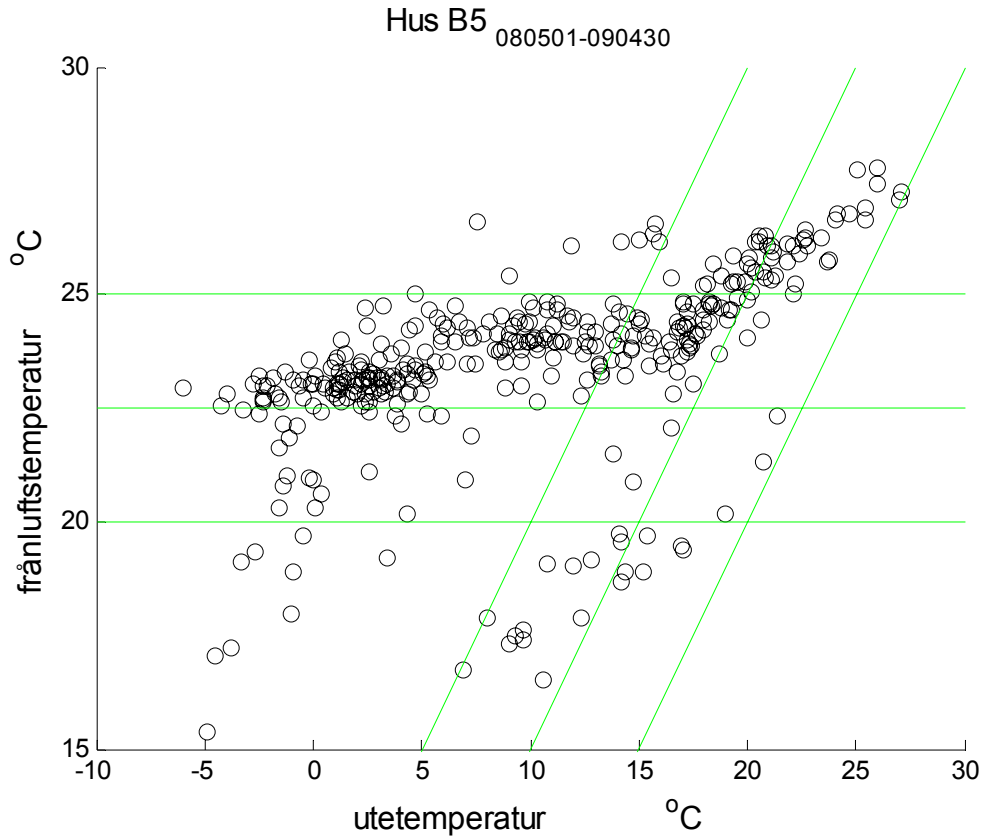
Figur 7.11 Frånluftstemperatur för hus B2 som funktion av utetemperatur.



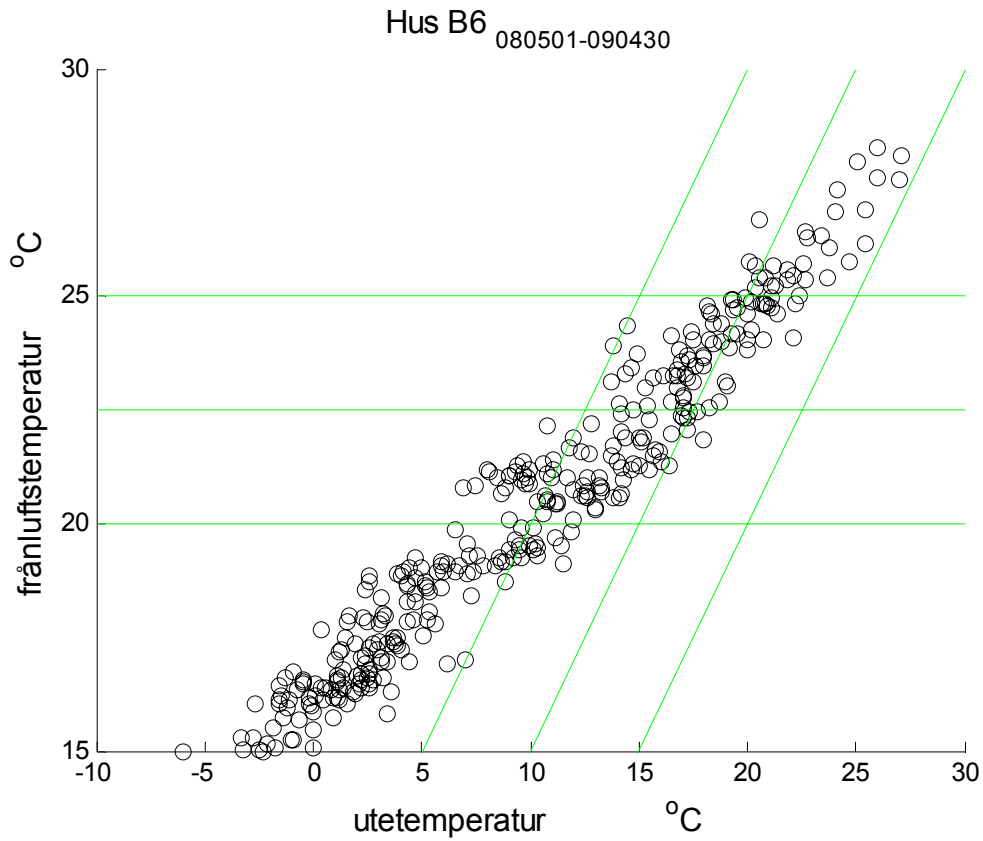
Figur 7.12 Frånluftstemperatur för hus B3 som funktion av utetemperatur.



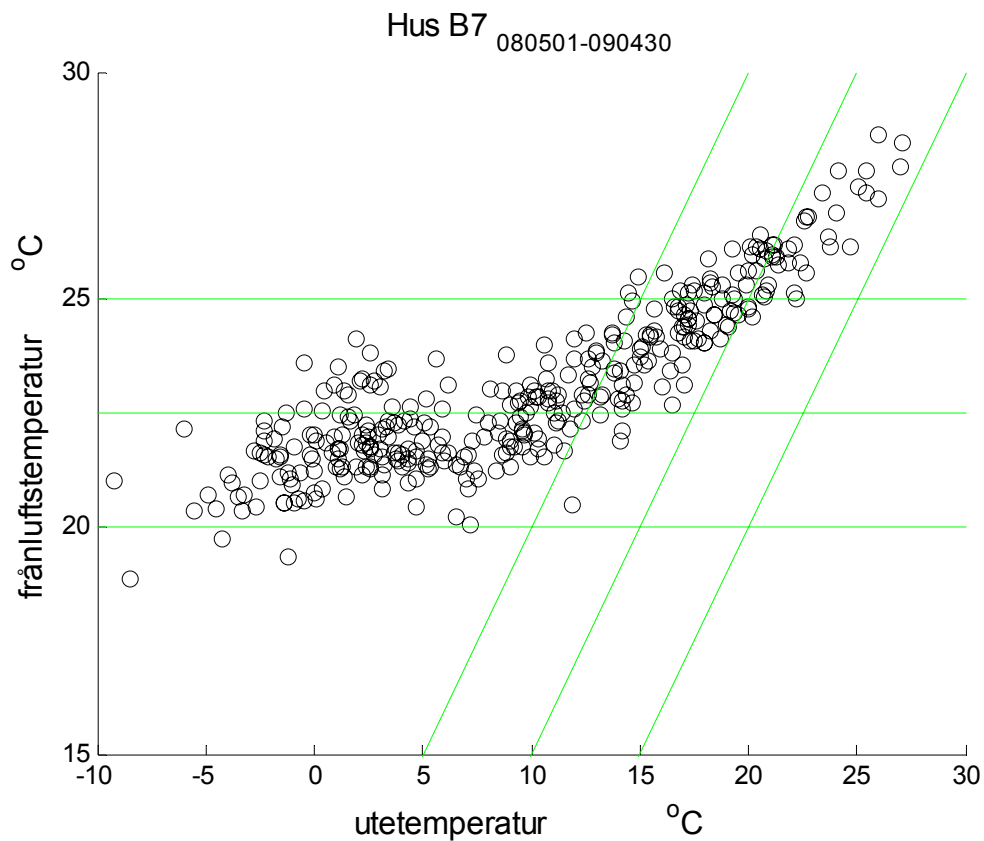
Figur 7.13 Frånluftstemperatur för hus B4 som funktion av utetemperatur.



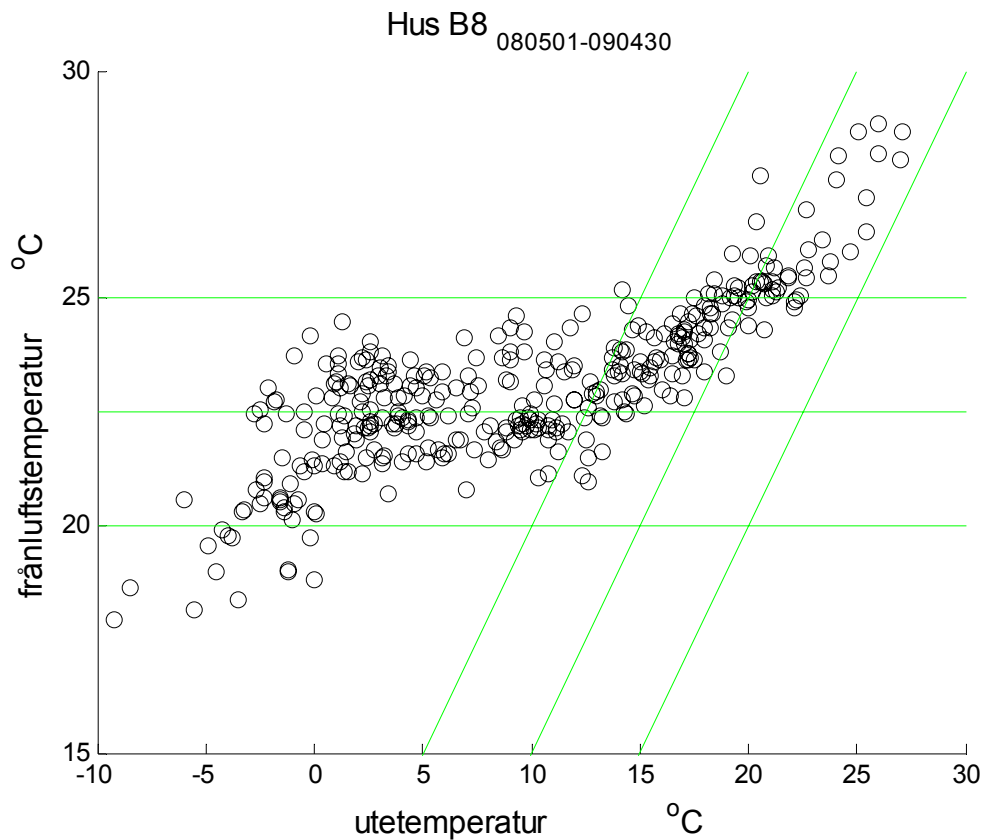
Figur 7.14 Frånluftstemperatur för hus B5 som funktion av utetemperatur.



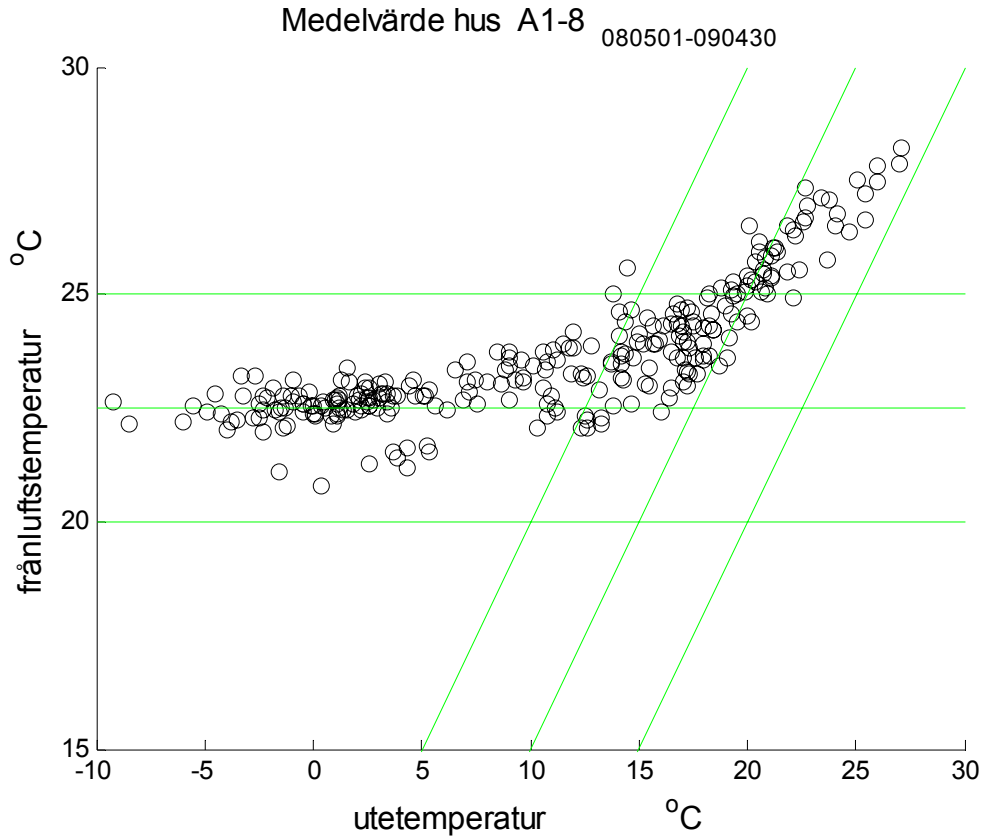
Figur 7.15 Frånluftstemperatur för hus B6 som funktion av utetemperatur.



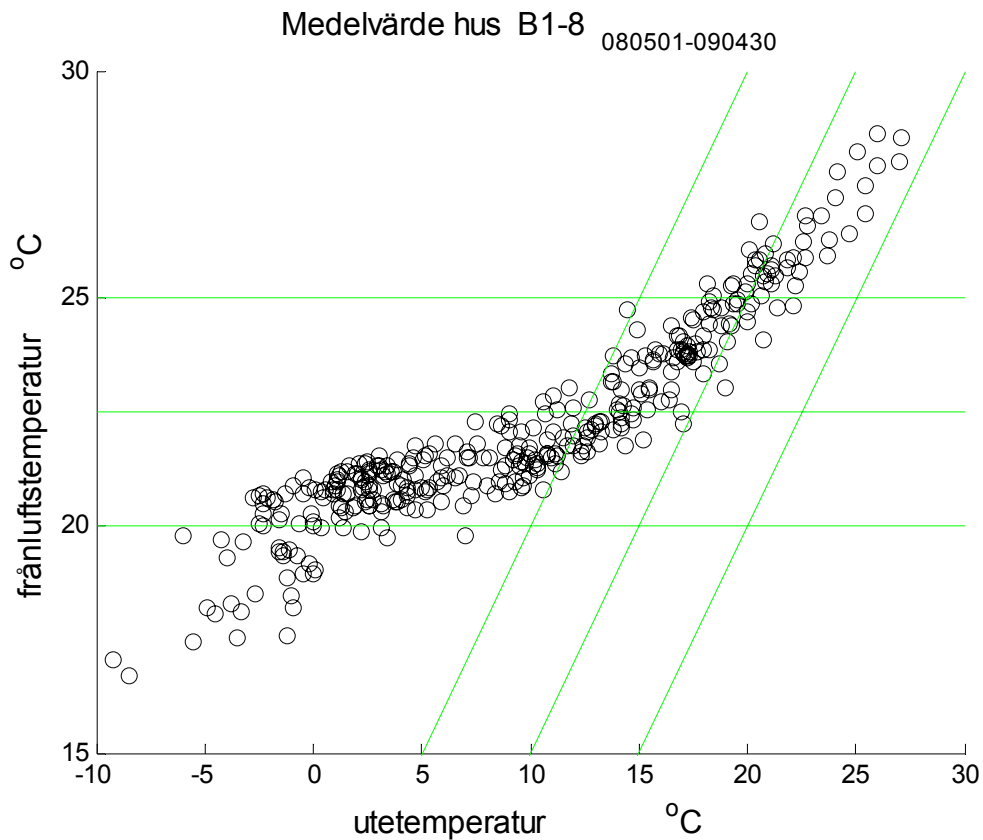
Figur 7.16 Frånluftstemperatur för hus B7 som funktion av utetemperatur.



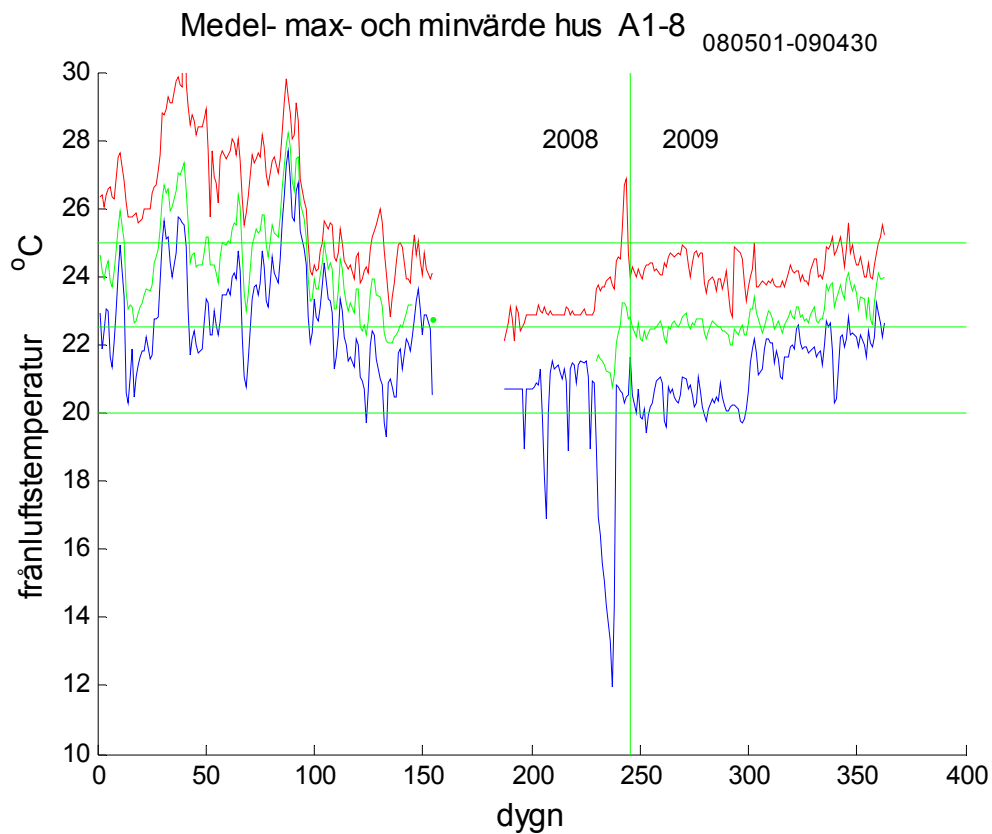
Figur 7.17 Frånluftstemperatur för hus B8 som funktion av utetemperatur.



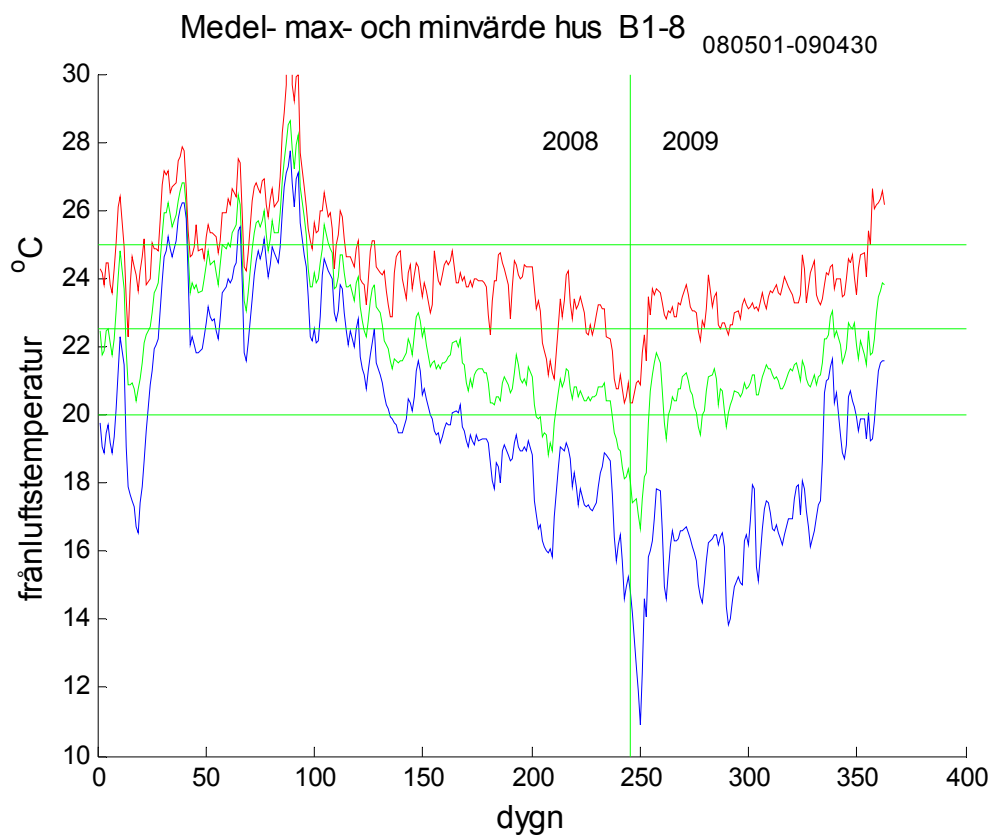
Figur 7.18 Frånluftstemperaturmedelvärde för hus A1-8 som funktion av utetemperatur.



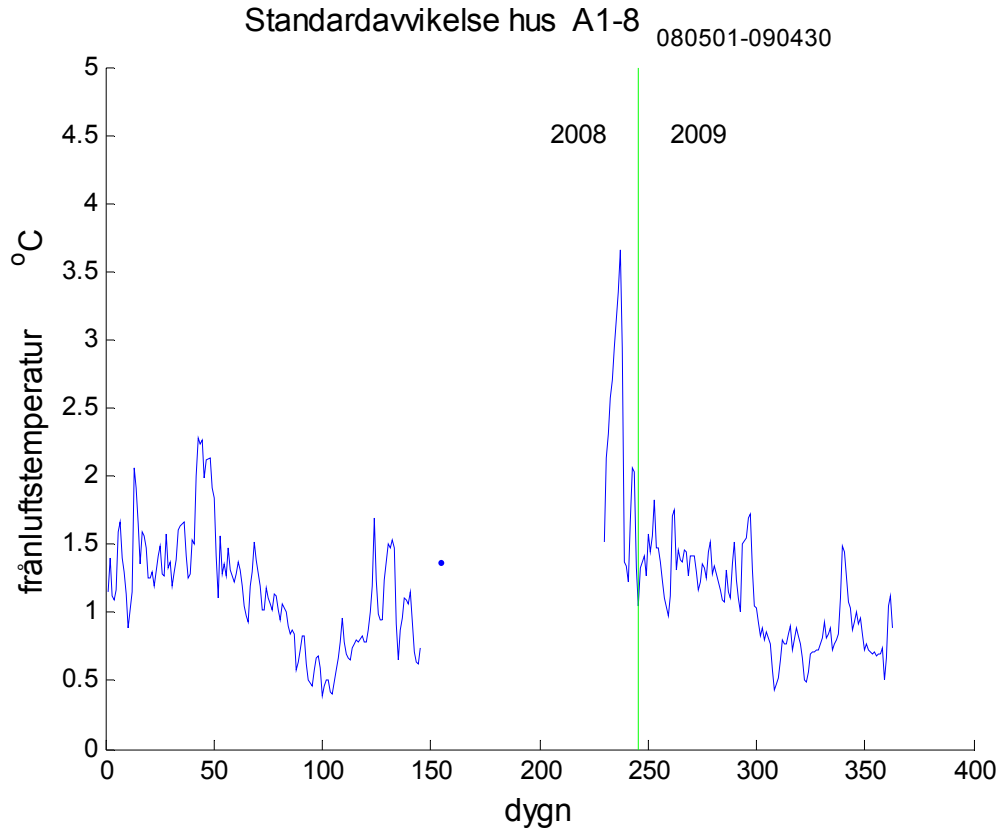
Figur 7.19 Frånluftstemperaturmedelvärde för hus B1-8 som funktion av utetemperatur.



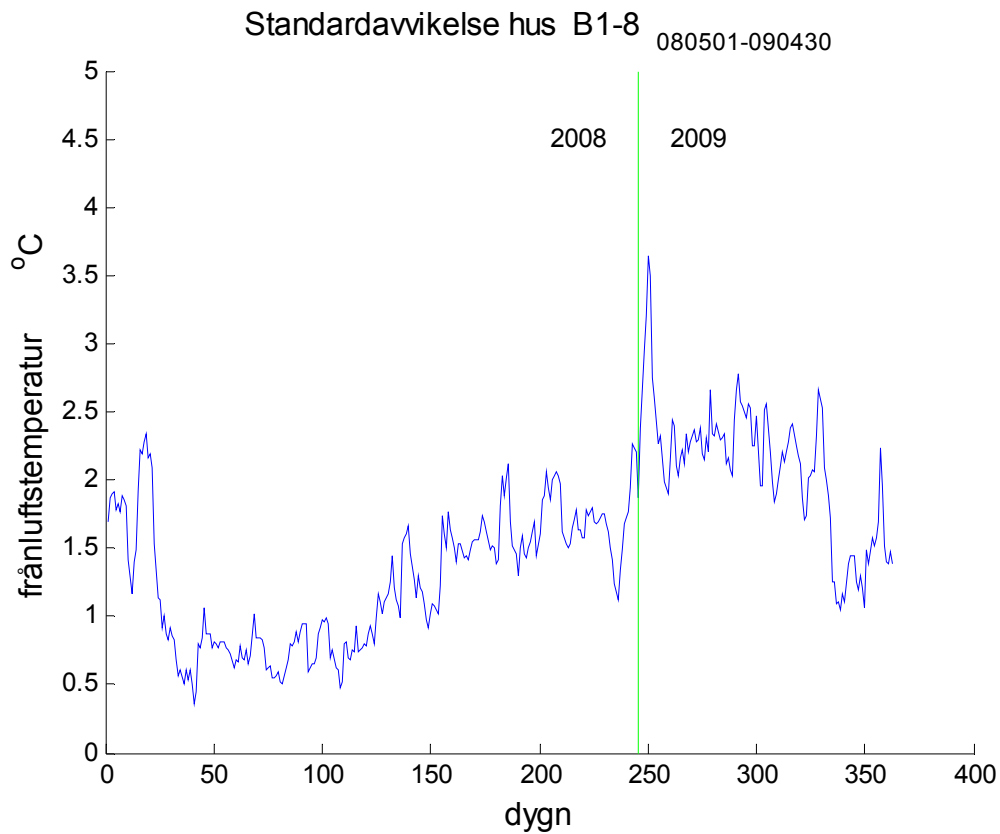
Figur 7.20 Medelvärde för frånluftstemperatur för hus A1-8 som funktion av mätdygn.



Figur 7.21 Medelvärde för frånluftstemperatur för hus B1-8 som funktion av mätdygn.

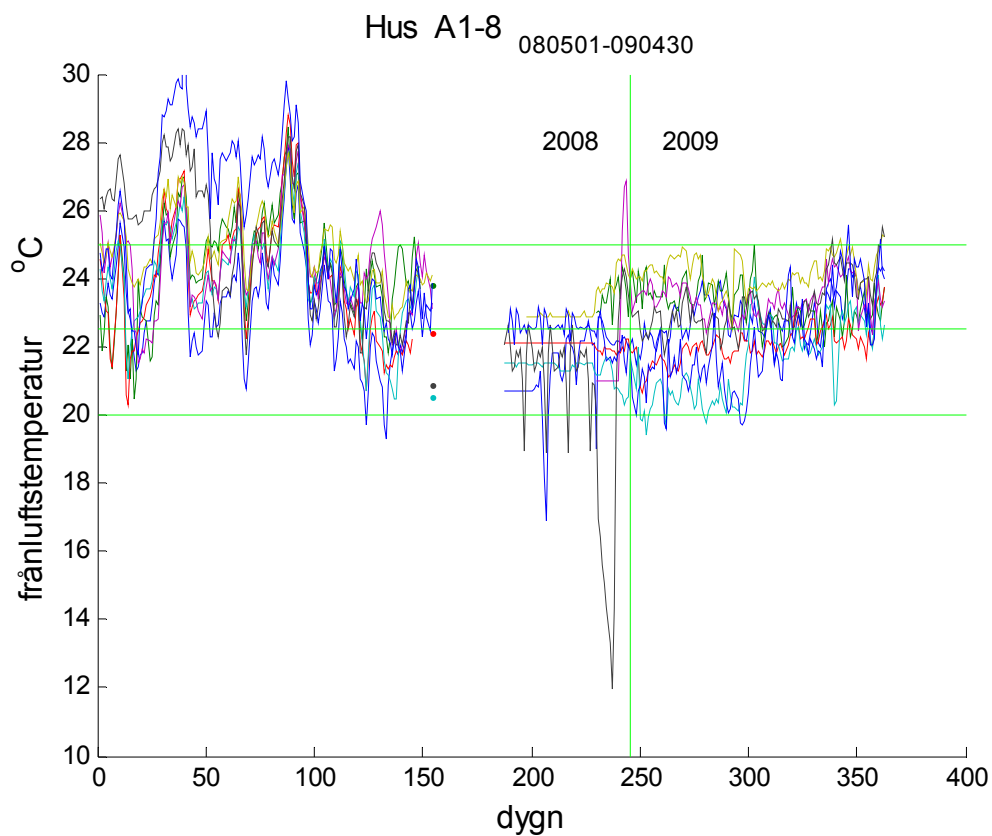


Figur 7.22 Standardavvikelse för frånluftstemperatur för hus A1-8 som funktion av mätdygn.

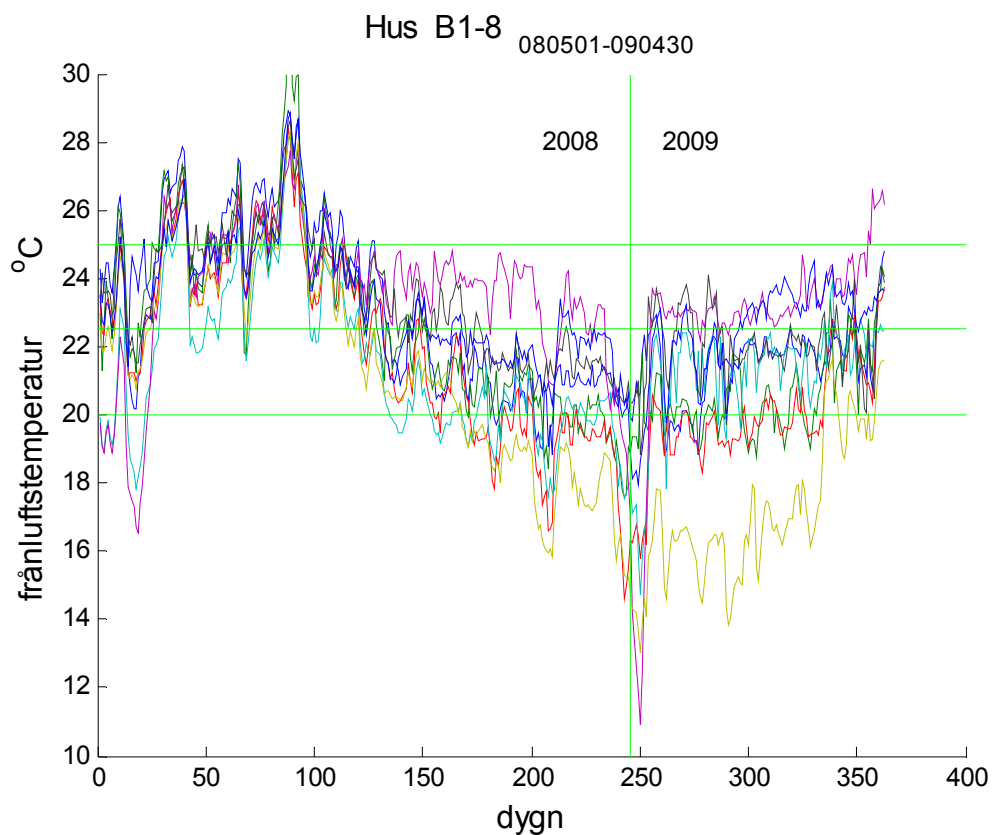


Figur 7.23 Standardavvikelse för frånluftstemperatur för hus B1-8 som funktion av mätdygn.





Figur 7.24 Frånluftstemperatur (dygnsmedelvärden) för hus A1-8 som funktion av mätdygn.



Figur 7.25 Frånluftstemperatur (dygnsmedelvärden) för hus B1-8 som funktion av mätdygn.

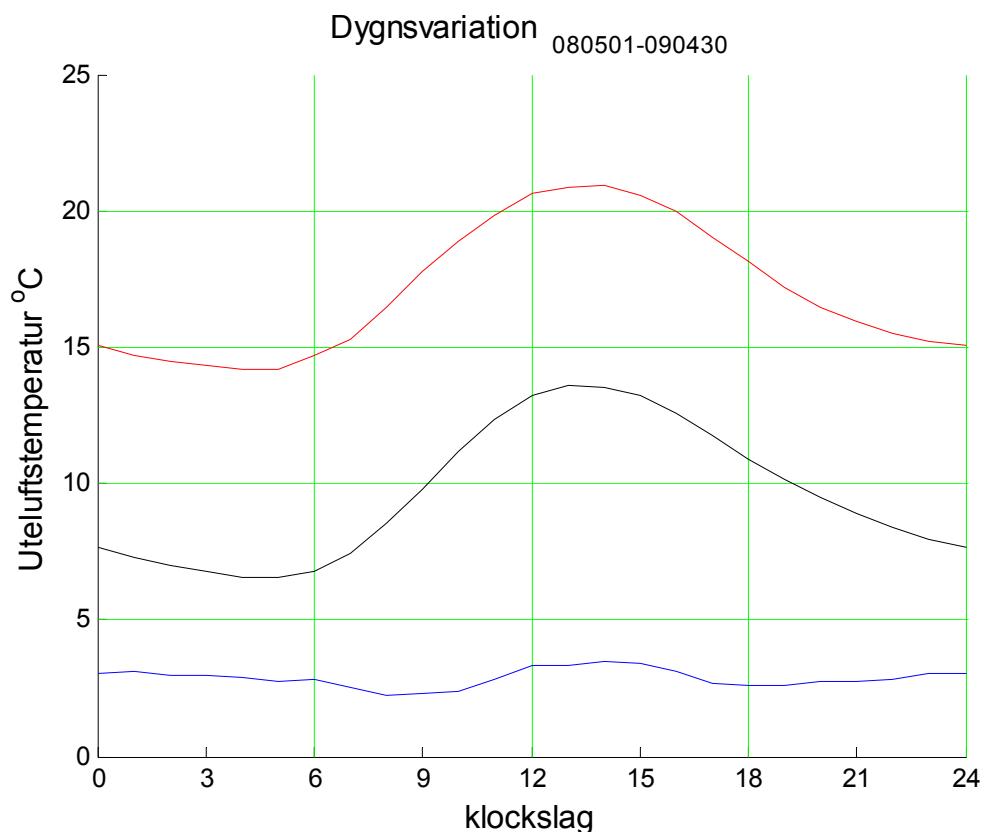
## Dygnsvariation

Frånluftstemperaturens dygnsvariation för samtliga hus och gruppvis har beräknats för samtliga hus uppdelat för sommar med utetemperaturer över 10 °C, vinter med motsatsen under 10 °C och för hela året och redovisas i Figur 7.27-45 för varje hus och för grupperna a, B och AB. Ett viktigt påpekande är att den verkliga dygnsvariationen kan vara betydligt större än i förhållande till medelkurva. Medelkurvorna får alltså inte övertolkas.

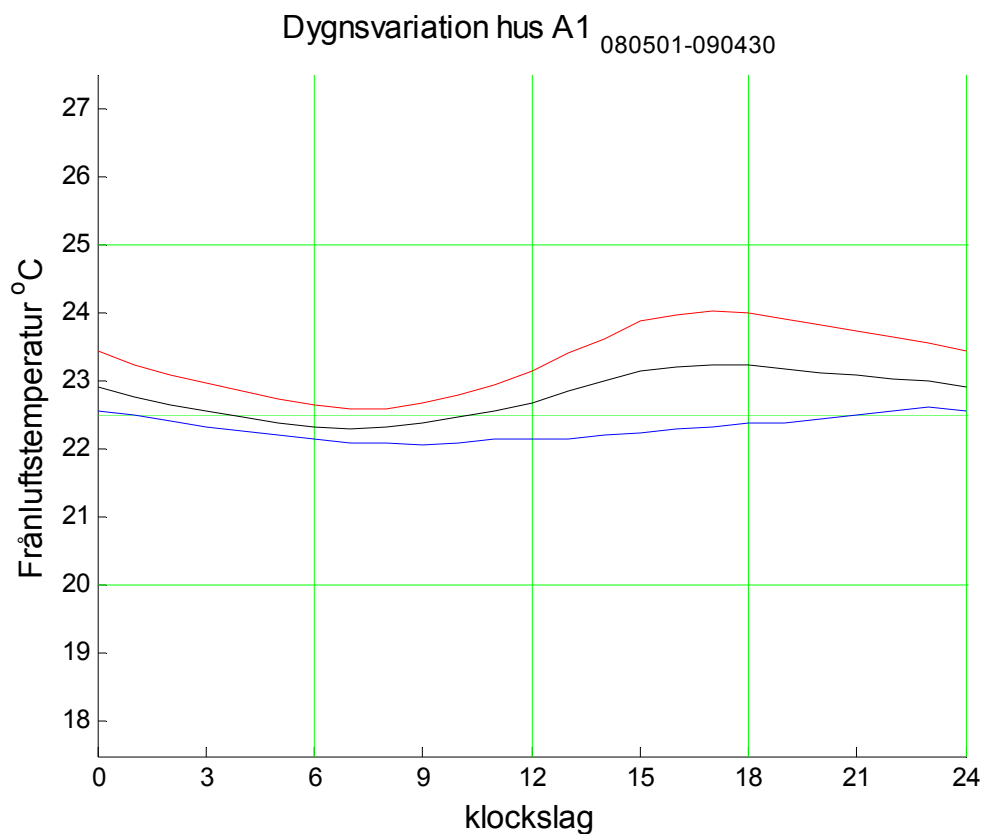
Uttemperaturens dygnsvariation redovisas först i Figur 7.26. Kurvorna för sommarfallet och vinterfallet ligger inte symmetriskt kring årskurvan enligt Figur 7.26. Detta beror på att antalet mätdata över eller under 10 °C inte är konstant och inte heller är hälften av alla mätdata. Sym -metri mellan tre kurvorna kan inträffa två gånger per dygn när årskurvans värde för ett viss tidpunkt delar upp mätdata i två lika stora delar temperatursmässigt.

Dygnskurvorna visar att det finns stora variationer mellan olika hus. Exempel är hus A1, A5 och A6 i Figur 7.27, 7.31 respektive 7.32 med små variationer mellan sommar och vinter.

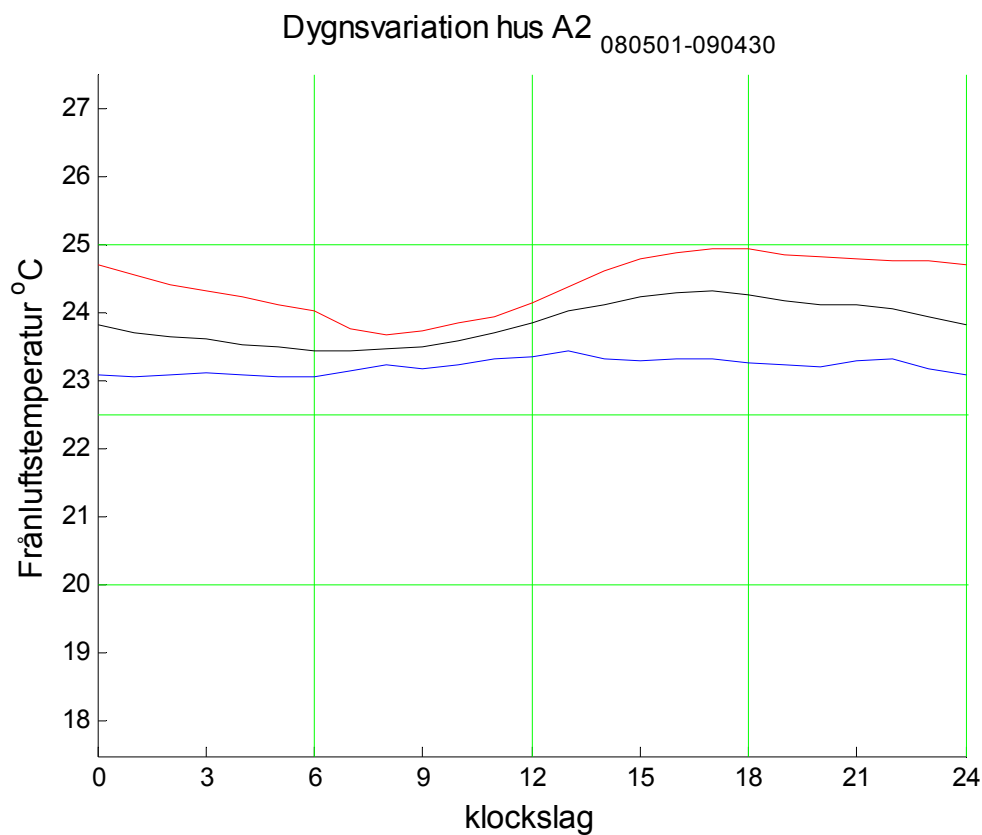
Lägst frånluftstemperatur under dygnet för huslängan A enligt Figur råder 7.43 kl 9, 9 och 12 för sommar-, helårs och vinterfallet. Högst frånluftstemperatur under dygnet råder för huslängan A kl 18, 18 och 24 för sommar-, helårs och vinterfallet. Skillnaderna är stora mellan sommar och vinter för huslängan A, men ännu större för huslängan B enligt Figur 7.44. Visningshuset B6 i Figur 7.40 har störst skillnad mellan sommar och vinter, vilket även framgår av mätdata redovisade i Figur 7.15.



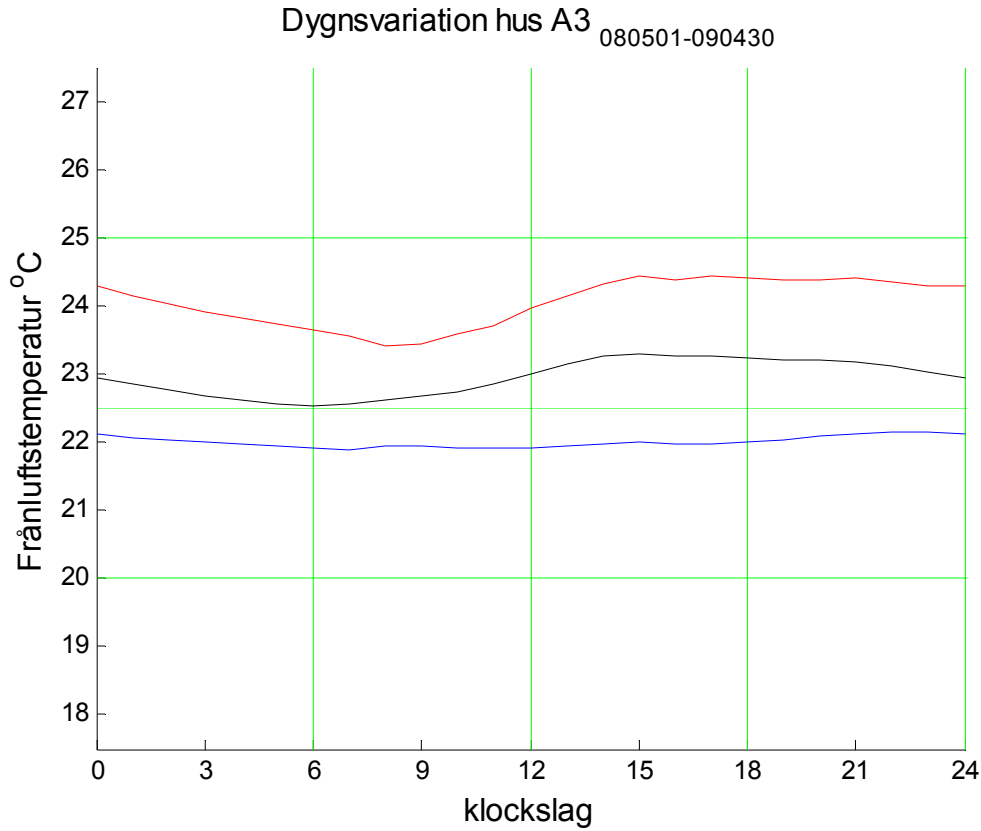
Figur 7.26 Dygnsvariation för uteluftstemperatur för sommar, helår och vinter.



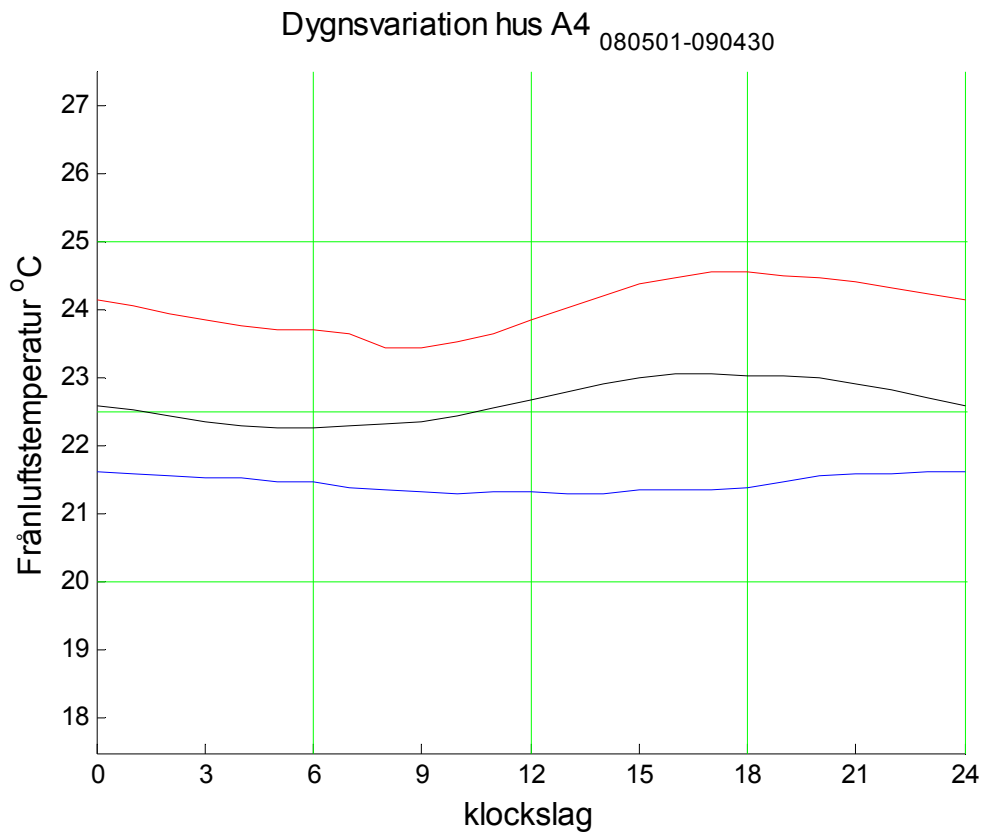
Figur 7.27 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A1 och sommar, helår och vinter.



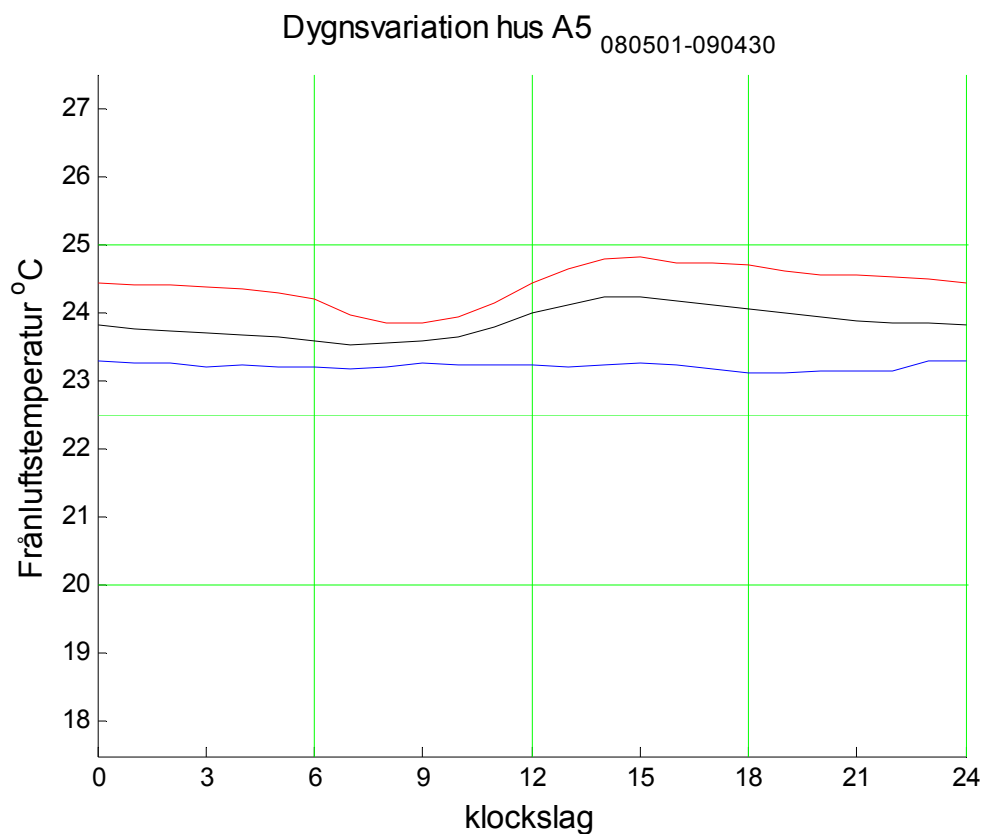
Figur 7.28 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A2 och sommar, helår och vinter.



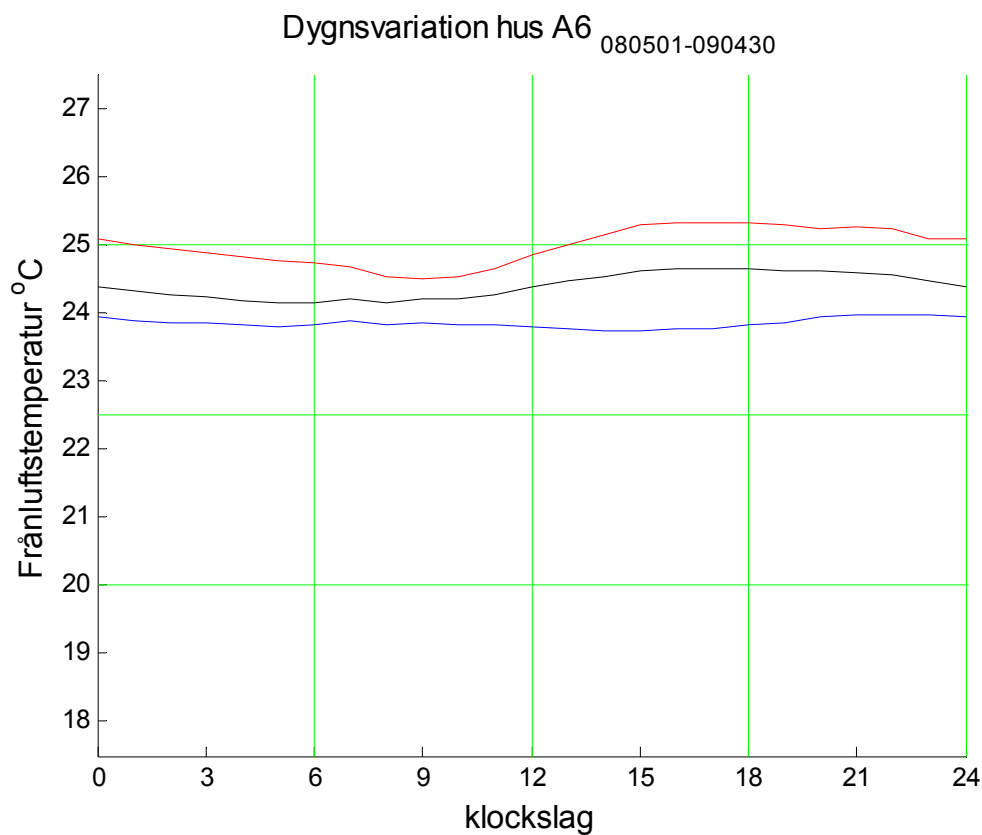
Figur 7.29 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A3 och sommar, helår och vinter.



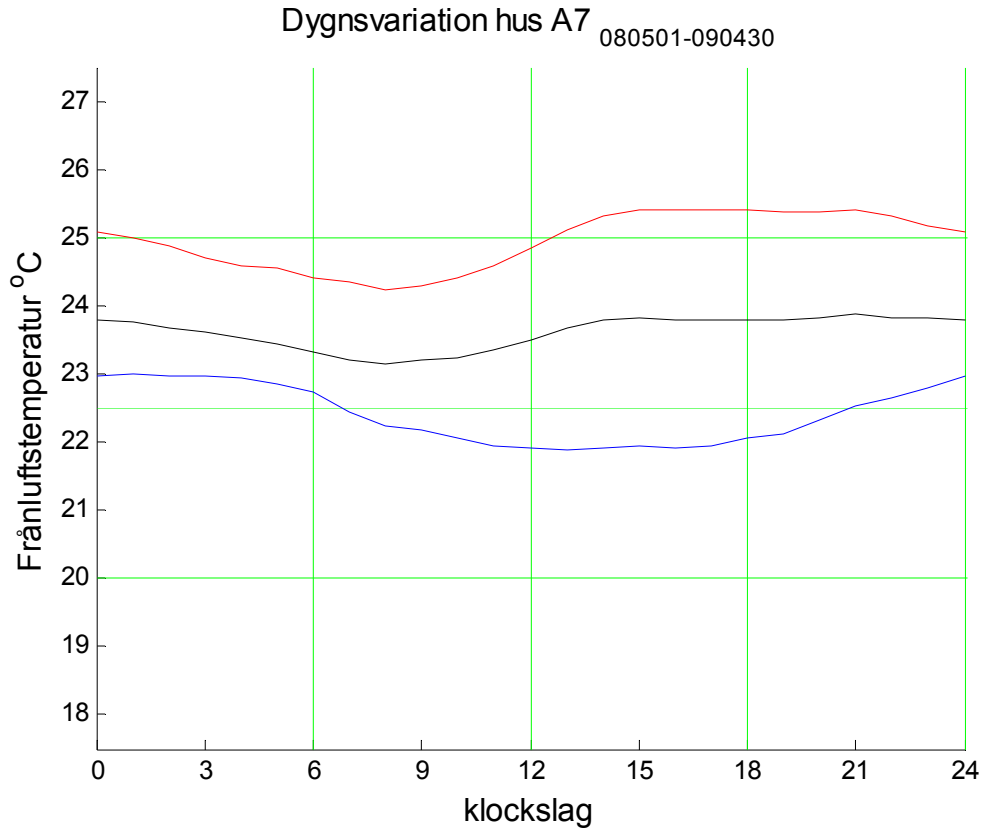
Figur 7.30 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A4 och sommar, helår och vinter.



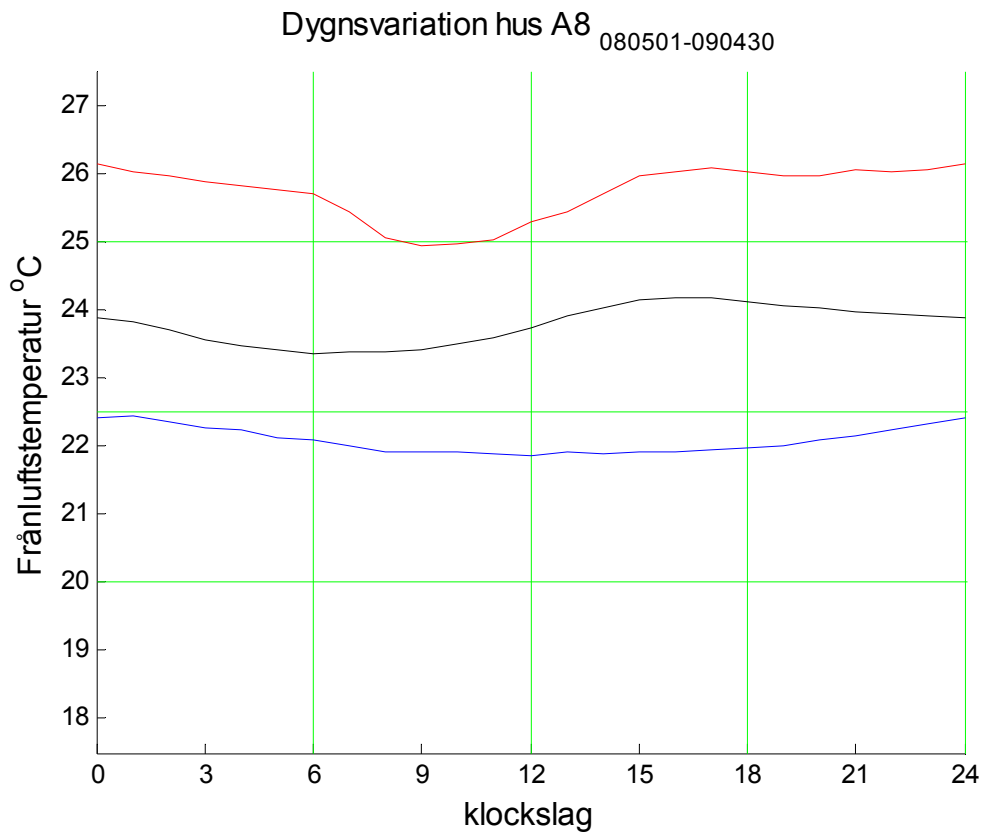
Figur 7.31 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A5 och sommar, helår och vinter.



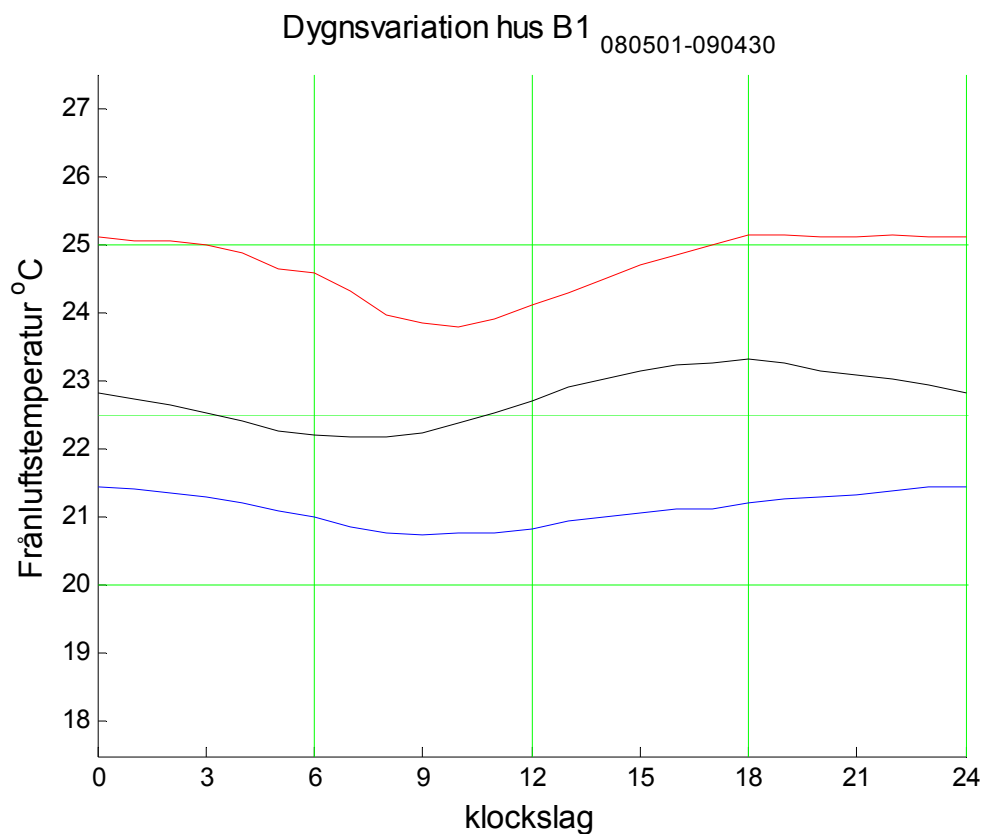
Figur 7.32 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A6 och sommar, helår och vinter.



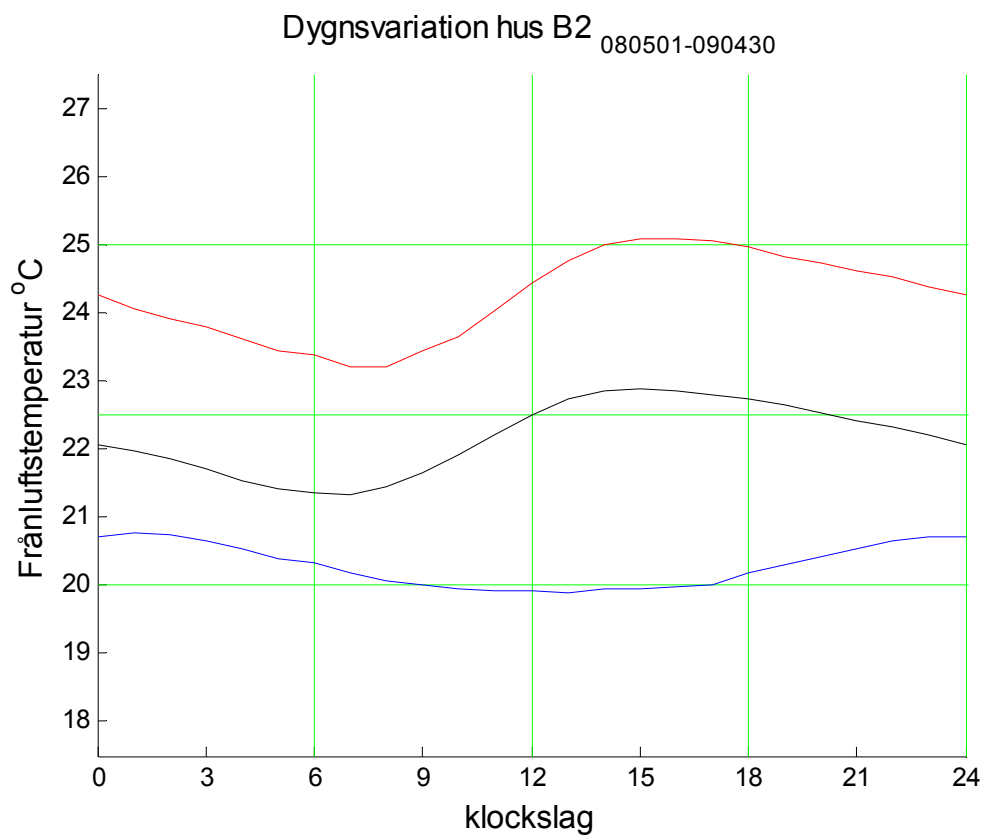
Figur 7.33 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A7 och sommar, helår och vinter.



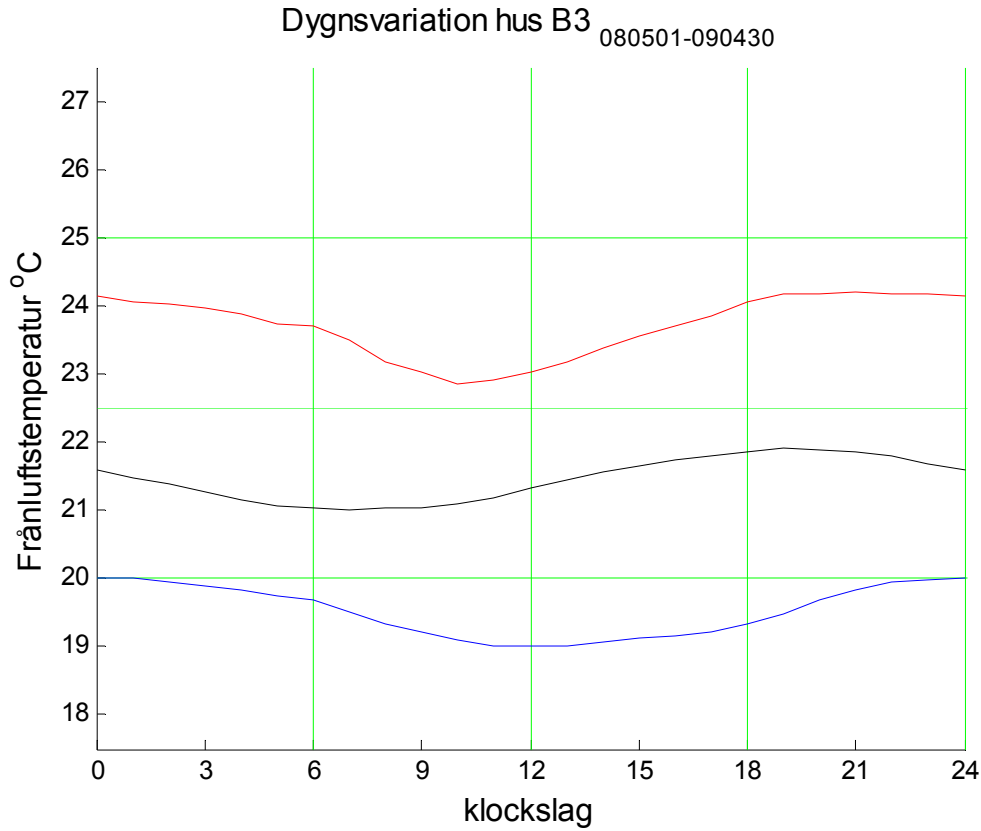
Figur 7.34 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A8 och sommar, helår och vinter.



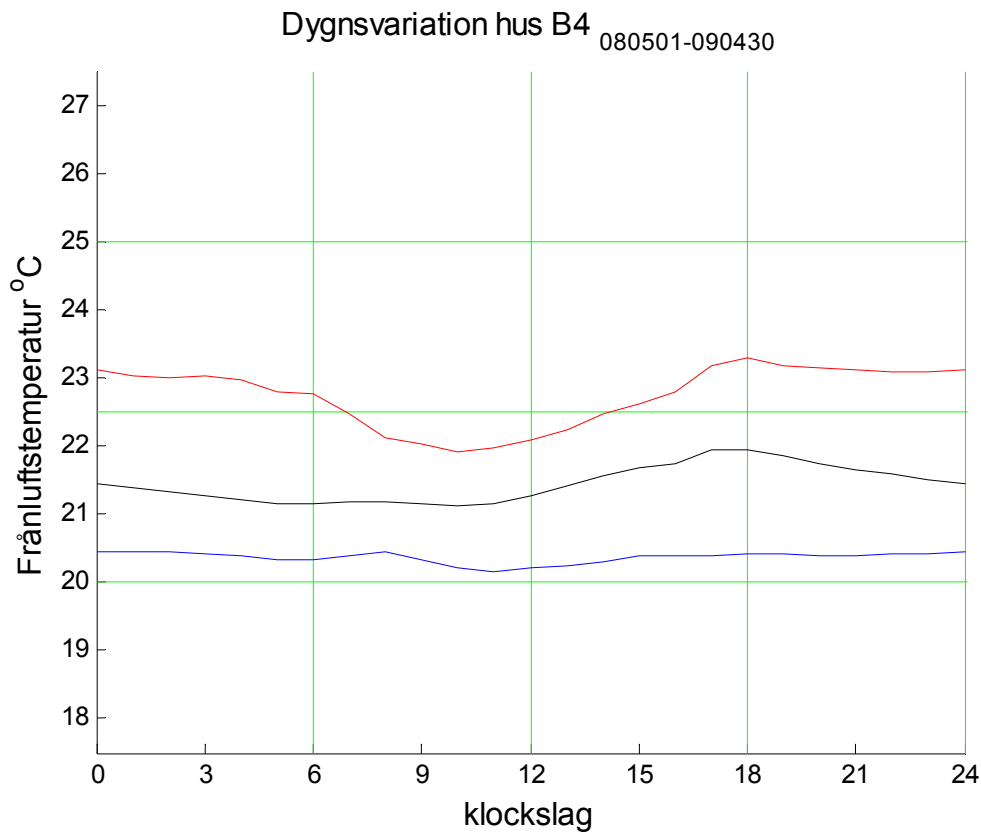
Figur 7.35 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B1 och sommar, helår och vinter.



Figur 7.36 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B2 och sommar, helår och vinter.

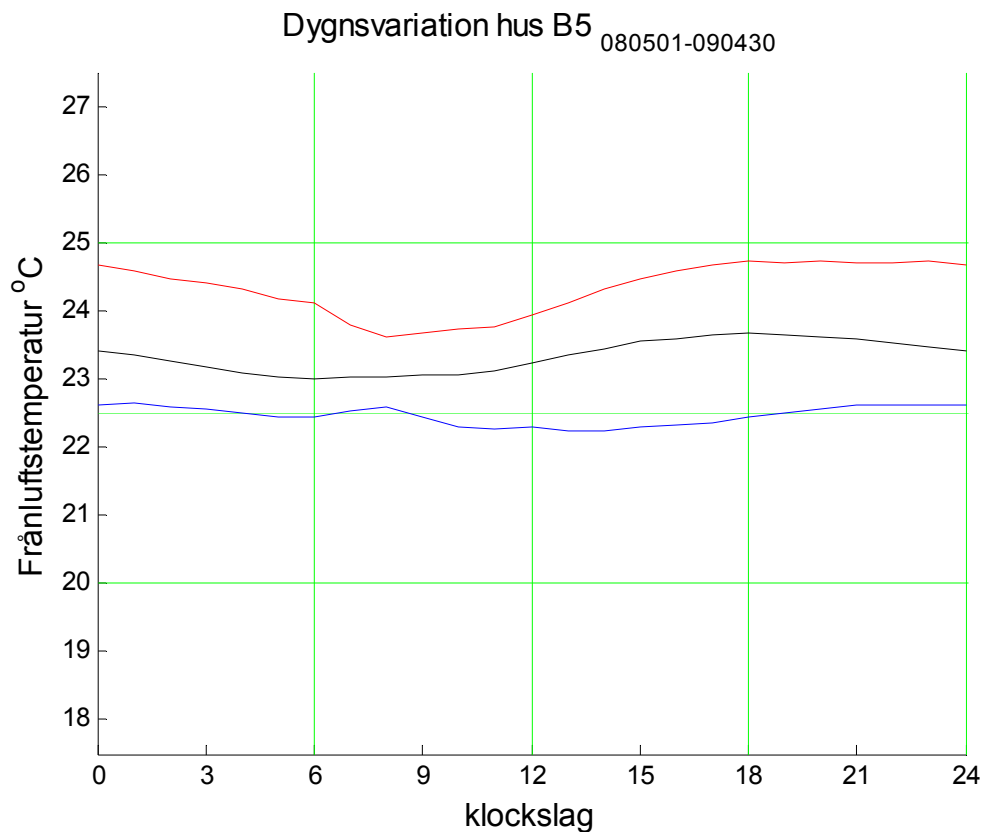


Figur 7.37 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B3 och sommar, helår och vinter.

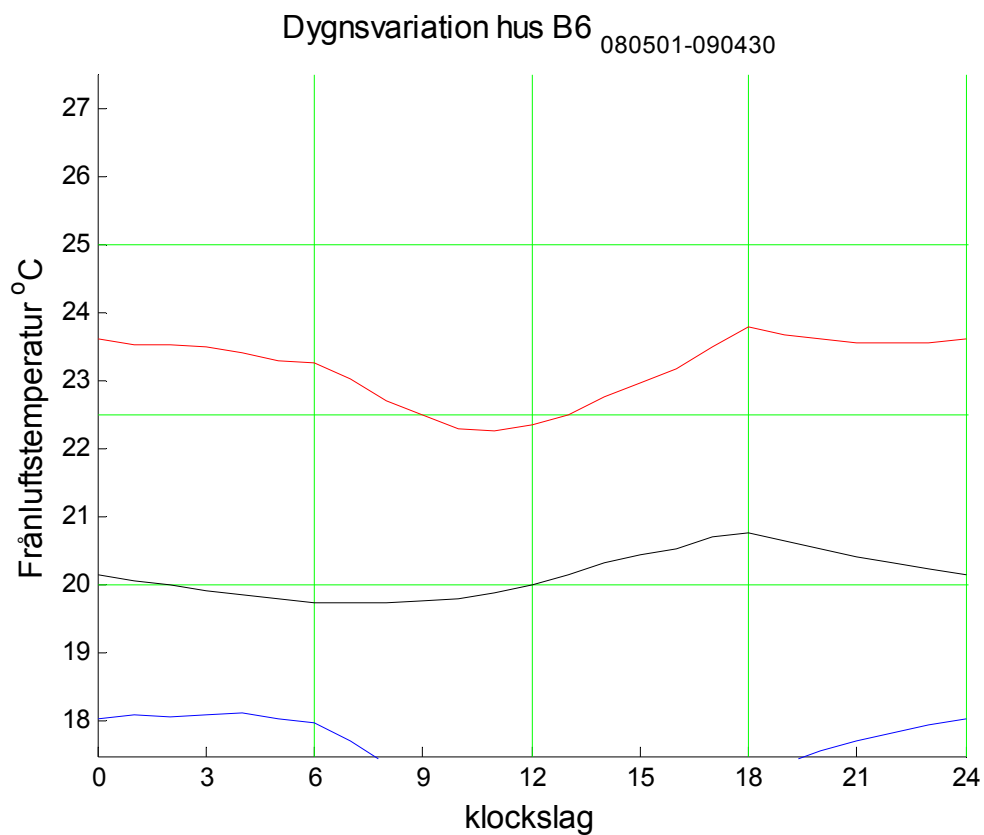


Figur 7.38 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B4 och sommar, helår och vinter.

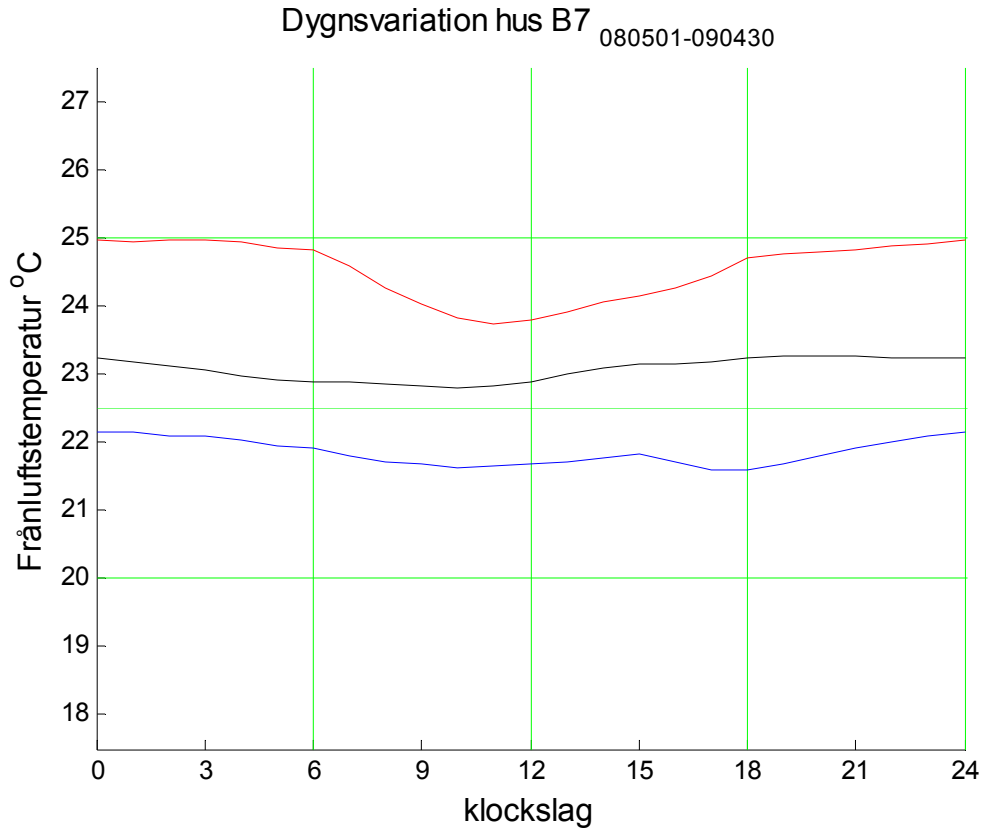




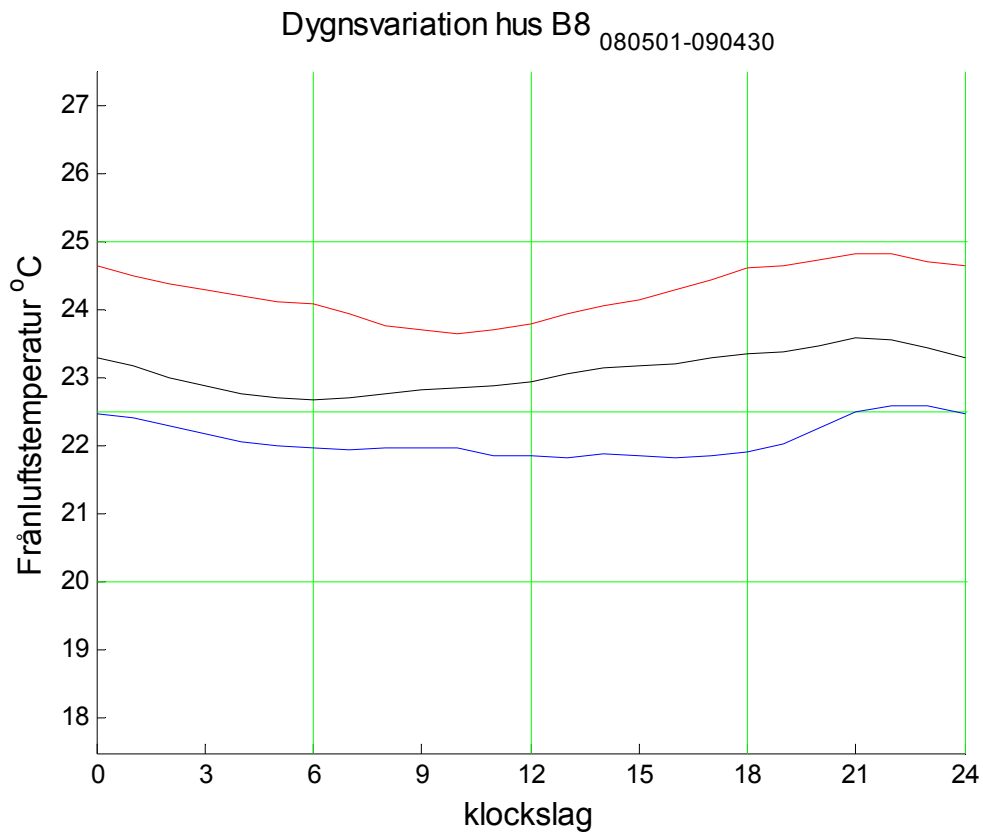
Figur 7.39 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B5 och sommar, helår och vinter.



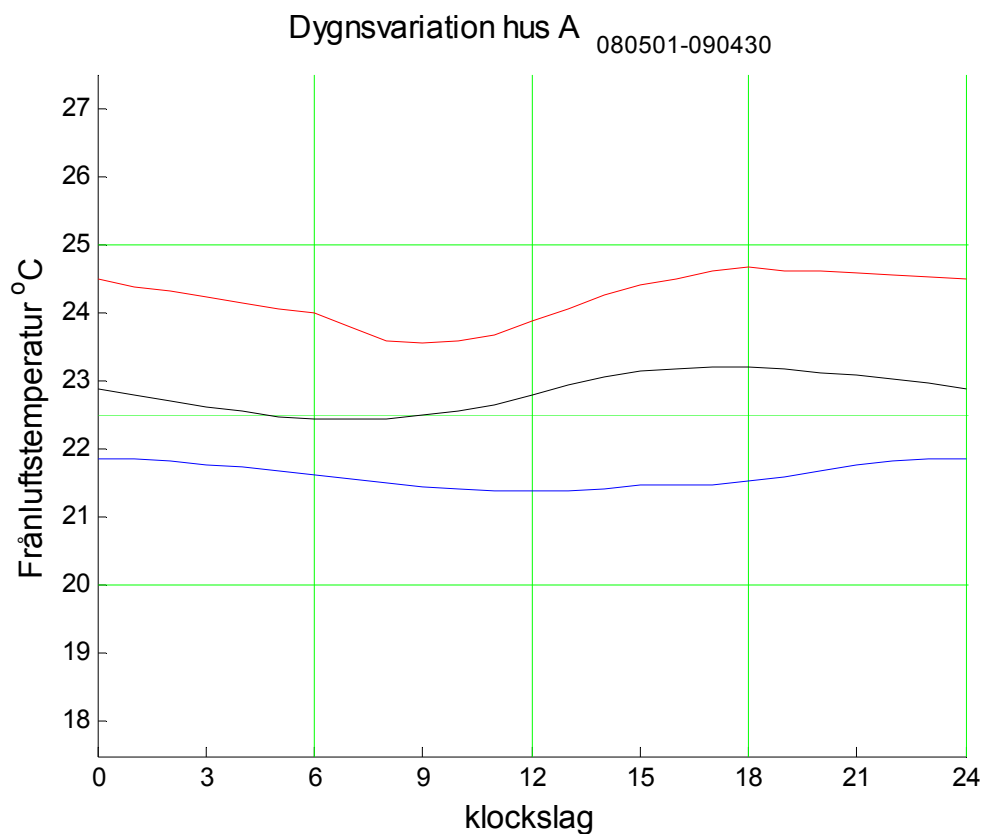
Figur 7.40 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B6 och sommar, helår och vinter.



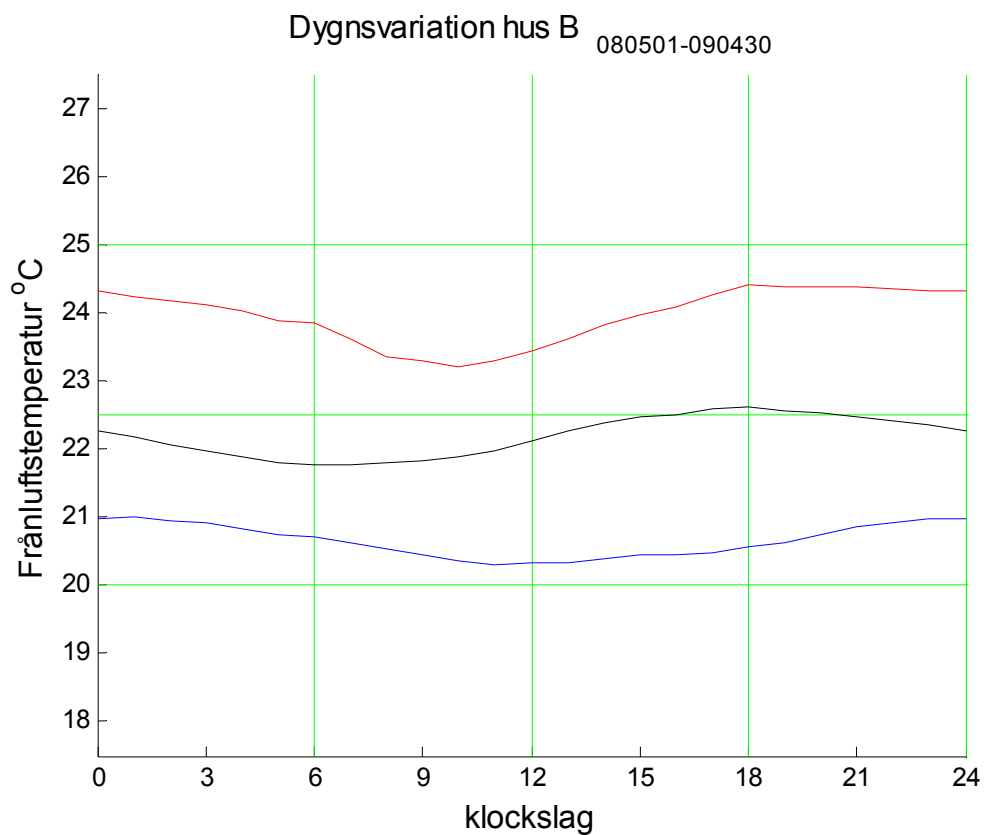
Figur 7.41 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B7 och sommar, helår och vinter.



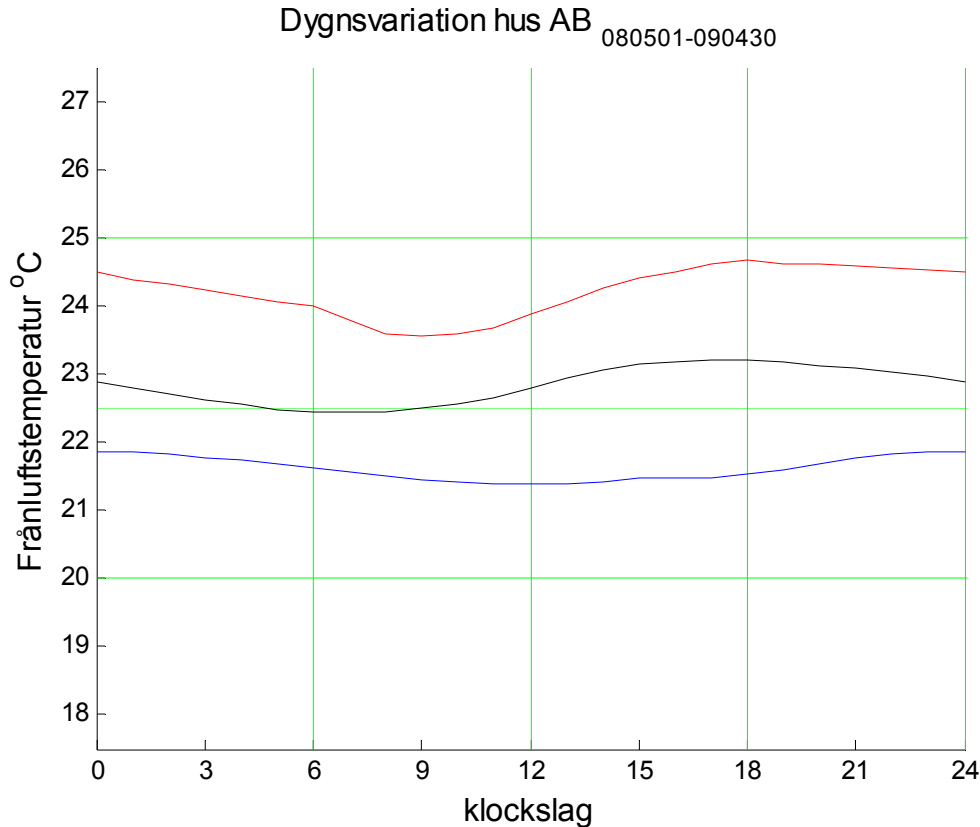
Figur 7.42 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B8 och sommar, helår och vinter.



Figur 7.43 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus A och sommar, helår och vinter.



Figur 7.44 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus B och sommar, helår och vinter.



Figur 7.45 Dygnsvariation för frånluftstemperatur för hus AB och sommar, helår och vinter.

## Frånluftstemperaturens spridning och frekvens

Medelvärden över en längre tid som i Figur 7.1 kan vara missvisande och kan dölja stora variationer kring medelvärdet. Standardavvikelsen kan ange denna spridning. En normalfördelad variabel fördelar sig förenklat med 1/6 av utfallet en standardavvikelse under medelvärdet, 1/6 av utfallet en standardavvikelse över medelvärdet och resterande 2/3 av utfallet högst en standardavvikelse från medelvärdet.

Medelvärden och standardavvikelser har beräknats för vinterfall med utetemperatur < 10 °C och för sommarfall med utetemperatur > 10 °C och redovisas i Tabell 7.1. Sommarfallets gräns för den övre sjättedelen (medelvärde+standardavvikelse) redovisas också i Tabell 7.1 tillsammans med tiden för detta halvöppna intervall. Vinterfallets gräns för den nedre sjättedelen (medelvärde-standardavvikelse) redovisas också i Tabell 7.1 tillsammans med tiden för detta halvöppna intervall.

Exempel på låg frånluftstemperatur under vinterfall med utetemperatur < 10 °C är för B-husen visningshus B6 med 17.60 °C och hus B3 med 19.56 °C samt för A-husen A4 med 21.46 °C och A3 med 22.00 °C. Medelvärdet för A-husen och B-husen är enligt Tabell 7.1 22.57 °C respektive 20.68 °C och om visningshus B6 utesluts fås för övriga B-hus 21.12 °C. Skillnaden på 1.45 °C är betydande för vinterfallet.

För sommarfallet med utetemperatur > 10 °C fås följande lägsta, högsta och medelvärde för A-husen 23.35 °C (A1), 25.70 °C (A8) respektive 24.50 °C (A) och för B-husen 22.70 °C

(B4), 24.65 °C (B1) respektive 23.93 °C (B). Visningshuset B6 har ett sommarvärde på 23.11 °C, vilket ändrar medelvärdet för övriga B-hus till 24.05 °C. Skillnaden mellan medelvärdet för A-husen och B-husen (ej B6) är därför noll för sommarfallet.

Gränsen för sommarfallets varma sjättedel (medelvärde+standardavvikelse) och gränsen för vinterfallets kalla sjättedel (medelvärde-standardavvikelse) har räknats fram och redovisas också i Tabell 12.2 tillsammans med tid i h över året för de två ytterlighetsfallen.

Gränsen för sommarfallets varma sjättedel är 26.18 °C för A-husen och 25.95 °C för B-husen och motsvarande tid i h över året är 687 respektive 604 h, vilket avrundat blir 29 respektive 25 dygn. Gränsen för vinterfallets kalla sjättedel är 21.49 °C för A-husen och 19.18 °C för B-husen och motsvarande tid i h över året är 630 respektive 652 h, vilket avrundat blir 26 respektive 27 dygn. Gränsen för fyra B-hus ligger under 20 °C. Visningshuset B6 ligger särklass lägst med gränsen 15.60 °C och med tiden 665 h eller avrundat till 28 dygn.

De beräknade tiderna för över eller under en standardavvikelse kring medelvärdet stämmer ganska väl med de förväntade värden. Antag att sommar- och vinterfallet delar året i två halvor tidsmässigt, vilket blir 4380 h per halva och en sjättedel därav blir 730 h. Medelvärdet för sommar- och vinterfallet för alla husen är 645 respektive 641 h.

Tabell 7.1 Medelvärde °C och standardavvikelse °C för frånlufttemperatur för utetemperatur < 10 °C och > 10 °C samt gränser och tid i h för varmare sommarfall och kallare vinterfall

hus	m °C > 10 °C	m °C < 10 °C	σ °C > 10 °C	σ °C < 10 °C	m+σ °C > 10 °C	t <sub>m+σ</sub> h > 10 °C	m-σ °C < 10 °C	t <sub>m-σ</sub> h < 10 °C
A1	23.35	22.30	1.67	1.07	25.02	555	21.23	660
A2	24.43	23.20	1.56	0.91	25.99	729	22.29	467
A3	24.07	22.00	1.84	0.50	25.91	638	21.49	521
A4	24.05	21.46	1.51	1.00	25.56	586	20.46	854
A5	24.42	23.21	1.42	1.09	25.84	688	22.12	551
A6	24.98	23.85	1.16	0.68	26.14	669	23.17	1016
A7	24.97	22.44	1.93	2.22	26.89	744	20.22	362
A8	25.70	22.09	2.37	1.20	28.07	888	20.9	609
B1	24.65	21.13	2.12	1.03	26.77	657	20.10	724
B2	24.31	20.32	2.37	1.10	26.68	617	19.22	717
B3	23.65	19.56	2.03	1.49	25.68	678	18.07	544
B4	22.70	20.37	2.23	1.58	24.93	614	18.79	708
B5	24.31	22.48	2.00	2.42	26.31	444	20.06	517
B6	23.11	17.60	2.17	2.00	25.29	660	15.60	665
B7	24.45	21.87	1.64	1.04	26.08	629	20.83	652
B8	24.23	22.11	1.60	1.35	25.83	533	20.76	689
A	24.50	22.57	1.68	1.08	26.18	687	21.49	630
B	23.93	20.68	2.02	1.50	25.95	604	19.18	652
AB	24.21	21.62	1.85	1.29	26.06	645	20.33	641

## Frekvenser för höga frånluftstemperaturer

Redovisning med olika temperaturgränser för varje radhusenhet eller grupp av radhus som i Tabell 7.1 kan vara något svåröverskådlig. Ett bättre sätt kan vara att för samma temperaturintervall för alla hus beräkna frekvensen eller antalet timmar under året för frånluftstemperaturen för varje radhus eller grupp av radhus. Temperaturgränserna väljs för att sammanfalla med krav för sommarfallet enligt sidan 41 nämligen 24, 26 och 28 °C.

Detta har genomförts för sommarfallet eller egentligen för höga innetemperaturer och redovisas i Tabell 7.2 med slutna intervall och i Tabell 7.3 med halvöppna intervall.

Siffrorna i Tabell 7.2 visar att för hus A1 är frånluftstemperaturen mellan 18 till 20 °C under 118 h, medan Tabell 7.3 visar att frånluftstemperaturen för hus A1 större än 18 °C under 8728 h. Sammanlagt visar Tabell 7.2 att medelvärdet för samtliga hus att frånluftstemperaturen ligger i intervallet 26-28 °C, 28-30 °C och > 30 °C under 578, 157 respektive 17 h.

Utetemperaturens frekvenser finns också medtagna nederst i Tabell 7.2 och 7.3.

Tabell 7.2 Frekvens i h för olika slutna frånluftstemperaturintervall

hus	18-20 °C	20-22 °C	22-24 °C	24-26 °C	26-28 °C	28-30 °C	> 30 °C
A1	118	2031	5045	1266	229	38	0
A2	25	490	4704	2804	644	85	9
A3	14	2267	4549	1293	498	128	11
A4	252	3545	2876	1664	365	58	0
A5	1	551	4709	2787	613	95	3
A6	0	5	3246	4699	747	64	0
A7	122	1073	4026	1876	1151	280	11
A8	153	2171	3344	1258	875	850	109
B1	659	3493	2032	1462	877	218	18
B2	1686	3260	1650	1203	558	216	105
B3	2631	2156	1682	1252	461	61	1
B4	1843	3191	2198	795	274	68	0
B5	383	452	3960	2867	670	53	0
B6	1472	1798	1208	1076	332	72	0
B7	155	2686	3217	2002	602	96	0
B8	313	1785	4172	1977	357	126	0
A	86	1516	4062	2206	640	200	18
B	1143	2352	2515	1579	516	114	16
AB	614	1934	3289	1893	578	157	17
ute	547	425	303	214	138	80	156

Sammanlagt visar Tabell 7.3 att medelvärdet för samtliga hus att frånluftstemperaturen ligger i intervallet  $> 26\text{ °C}$ ,  $> 28\text{ °C}$  och  $> 30\text{ °C}$  under 752, 174 respektive 17 h.

Husen A2, A3, A4, A6 A8 och B1 har alla högre temperatur än  $20\text{ °C}$ , eftersom frekvensen över  $20\text{ °C}$  är 8760 h. Hus A6 är dessutom alltid varmare än  $22\text{ °C}$ .

Slutsatsen är att frånluftstemperaturen ligger över  $26\text{ °C}$  mer än vad som kan benämnas kortvarigt både för kravet olägenhet för människors hälsa och riktlinje för termiskt klimat för högsta kvalitetsklass.

Tabell 7.3 Frekvens i h för olika halvöppna frånluftstemperaturintervall

hus	$> 18\text{ °C}$	$> 20\text{ °C}$	$> 22\text{ °C}$	$> 24\text{ °C}$	$> 26\text{ °C}$	$> 28\text{ °C}$	$> 30\text{ °C}$
A1	8728	8609	6578	1533	267	38	0
A2	8760	8735	8245	3542	738	94	9
A3	8760	8746	6480	1931	638	140	11
A4	8760	8508	4963	2087	423	58	0
A5	8759	8757	8207	3498	711	98	3
A6	8760	8760	8755	5510	811	64	0
A7	8539	8417	7344	3318	1443	291	11
A8	8760	8607	6436	3091	1834	959	109
B1	8760	8101	4608	2576	1113	237	18
B2	8678	6992	3732	2083	880	322	105
B3	8243	5612	3456	1775	523	62	1
B4	8368	6525	3334	1136	342	68	0
B5	8385	8002	7550	3591	724	53	0
B6	5958	4486	2688	1480	404	72	0
B7	8759	8604	5918	2701	699	96	0
B8	8730	8417	6632	2460	483	126	0
A	8728	8643	7126	3064	858	218	18
B	8235	7092	4740	2225	646	130	16
AB	8482	7867	5933	2644	752	174	17
ute	1864	1316	891	588	373	235	156

## Frekvenser för låga frånluftstemperaturer

Temperaturgränserna väljs för att sammanfalla med krav för vinterfallet enligt sidan 41 nämligen 18 och 20 °C. Frekvenser för låga temperaturer redovisas på samma sätt som för höga innetemperaturer i Tabell 7.4 med slutna intervall och i Tabell 7.5 med halvöppna intervall. Utetemperaturens frekvenser finns också medtagna nederst i Tabell 7.4 och 7.5.

Siffrorna i Tabell 7.4 visar att för hus A1 är frånluftstemperaturen mellan 19 till 20 °C under 99 h, medan Tabell 7.5 visar att frånluftstemperaturen för hus A1 mindre än 20 °C under 161 h. Frånluftstemperaturen för det obebodda visningshuset B6 är < 20 °C under 4326 h nästa halva året. Sammanlagt visar Tabell 7.5 för hus A, B och AB att frånluftstemperaturen är < 20 °C under 135, 1763 respektive 949 h.

Slutsatsen är att frånluftstemperaturen för husen B1-6 enligt Tabell 7.5 är < 20 °C längre tid än vad som kan benämnas kortvarigt för riktlinje för termiskt klimat för högsta kvalitetsklass. Gränsen för olägenhet för människors hälsa 18 °C underskrids mellan 200 och 600 h för hus A7, B3, B4 och B5. Det obebodda visningshuset B6 ligger under gränsen 18 °C 2850 h.

Tabell 7.4 Frekvens i h för olika slutna frånluftstemperaturintervall

hus	< 14 °C	14-15 °C	15-16 °C	16-17 °C	17-18 °C	18-19 °C	19-20 °C
A1	0	0	3	17	14	28	99
A2	0	0	0	0	0	0	35
A3	0	0	0	0	0	3	15
A4	0	0	0	0	0	9	325
A5	0	0	0	0	1	1	0
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	64	54	44	44	17	68	54
A8	0	0	0	0	0	11	178
B1	0	0	0	0	1	119	627
B2	0	0	1	6	88	410	1423
B3	0	42	103	227	171	623	2175
B4	3	17	36	92	290	544	1436
B5	102	17	29	59	187	172	206
B6	121	338	495	1112	784	770	707
B7	0	0	1	0	0	52	130
B8	0	0	0	2	33	125	225
A	8	7	6	8	4	15	88
B	28	52	83	187	194	352	866
AB	18	29	45	97	99	184	477
ute	5487	383	342	384	337	293	243



Tabell 7.5 Frekvens i h för olika halvöppna frånluftstemperaturintervall

hus	< 14 °C	< 15 °C	< 16 °C	< 17 °C	< 18 °C	< 19 °C	< 20 °C
A1	0	0	3	20	34	62	161
A2	0	0	0	0	0	0	35
A3	0	0	0	0	0	3	18
A4	0	0	0	0	0	9	334
A5	0	0	0	0	1	3	3
A6	0	0	0	0	0	0	0
A7	64	118	161	205	222	290	344
A8	0	0	0	0	0	11	189
B1	0	0	0	0	1	120	748
B2	0	0	1	7	95	505	1928
B3	0	42	145	373	544	1168	3342
B4	3	20	56	148	438	982	2418
B5	102	119	148	207	395	567	774
B6	121	459	954	2066	2850	3620	4326
B7	0	0	1	1	1	53	183
B8	0	0	0	2	35	160	386
A	8	15	21	28	32	47	135
B	28	80	163	351	545	897	1763
AB	18	47	92	189	289	472	949
ute	5487	5870	6212	6596	6932	7225	7468

## 8 Tappvatten

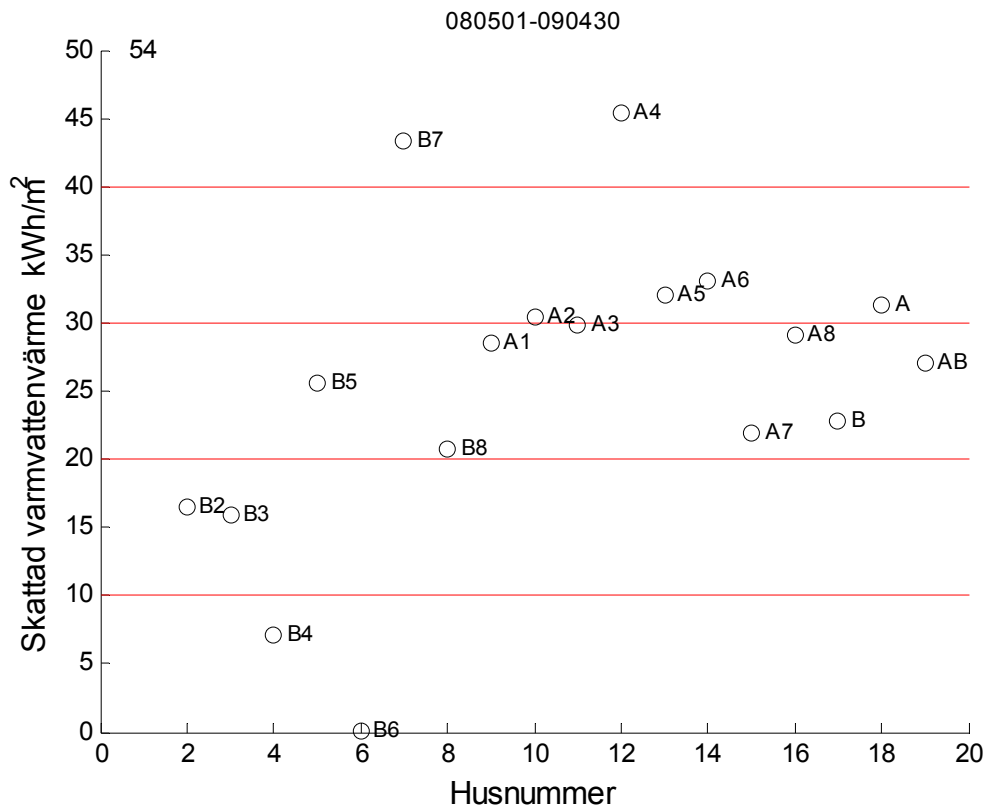
Tappvattenvolymen mäts med en volymmätare för inkommande vatten och en volymmätare för utgående varmvatten. Kallvattenvolymen mäts därför som skillnaden mellan tappvattenvolym och varmvattenvolym

Energibehovet för varmvattenberedning har skattats med en antagen uppvärmning på 45 °C, vilket kan ses som en ingående tappvatten temperatur på 10 °C och en önskad varmvatten temperatur på 55 °C. Det specifika energibehovet är avrundat 52 kWh/m<sup>3</sup>. Det skattade varmvattenenergiebehovet per m<sup>2</sup> golvyta redovisas i Figur 8.1 som funktion av husnummer.

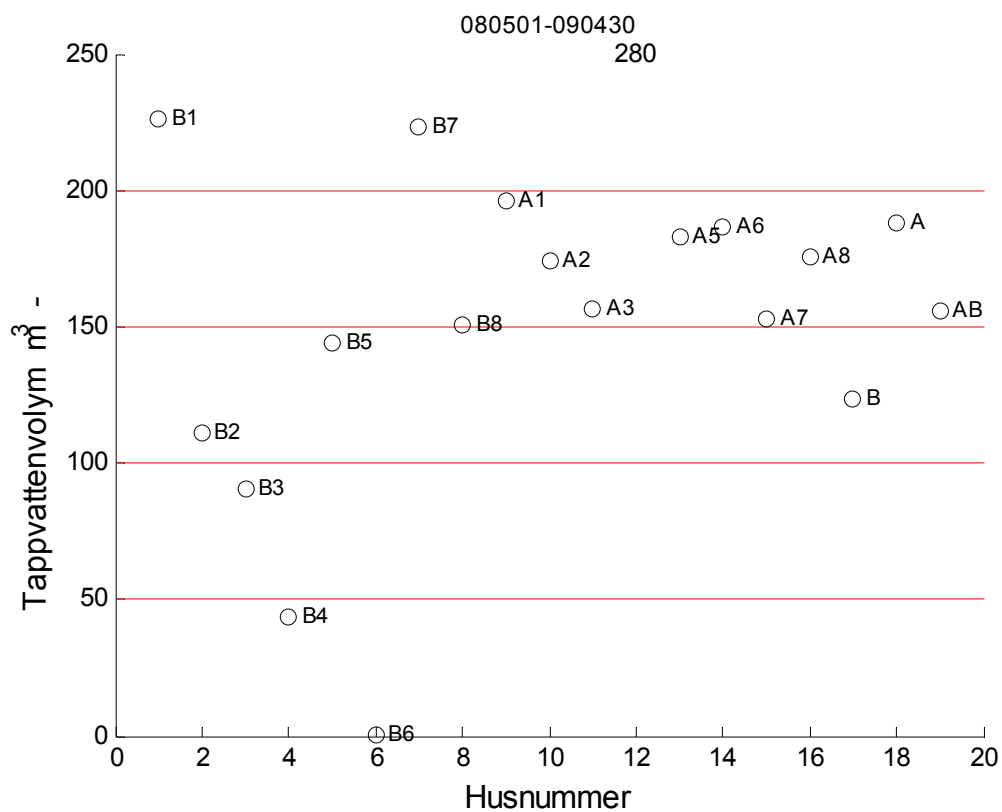
Både tappvatten- och varmvattenförbrukningen redovisas här totalt som m<sup>3</sup> och specifikt som m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> eller egentligen som m som funktion av husnummer i Figur 8.2-5.

Andelen varmvatten i förhållande till tappvatten har också beräknas och redovisas i Figur 8.6 som funktion av husnummer.

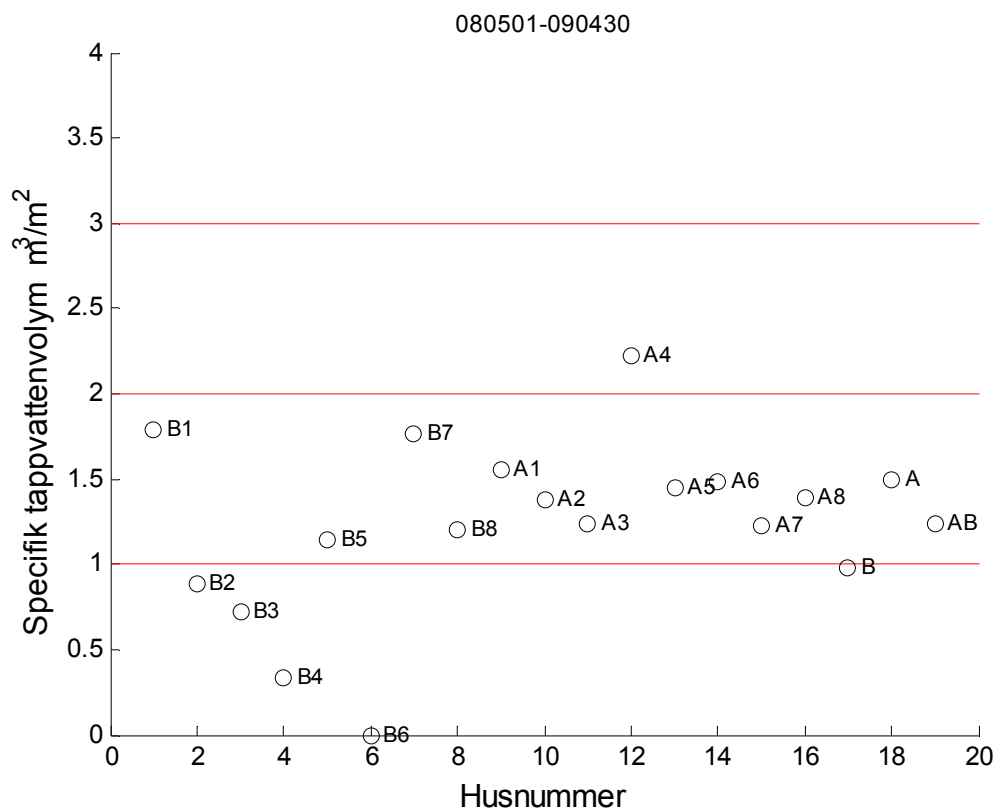
Spridningen är betydande. Den högsta tappvattenförbrukningen är 280 m<sup>3</sup> för hus A4. Den högsta varmvattenförbrukningen är 129 m<sup>3</sup> för hus B1. Andelen varmvatten är genomgående under 0.5, Visningshuset B6 har högst varmvattenandel, men är ointressant eftersom tappvatten förbrukningen är obetydlig.



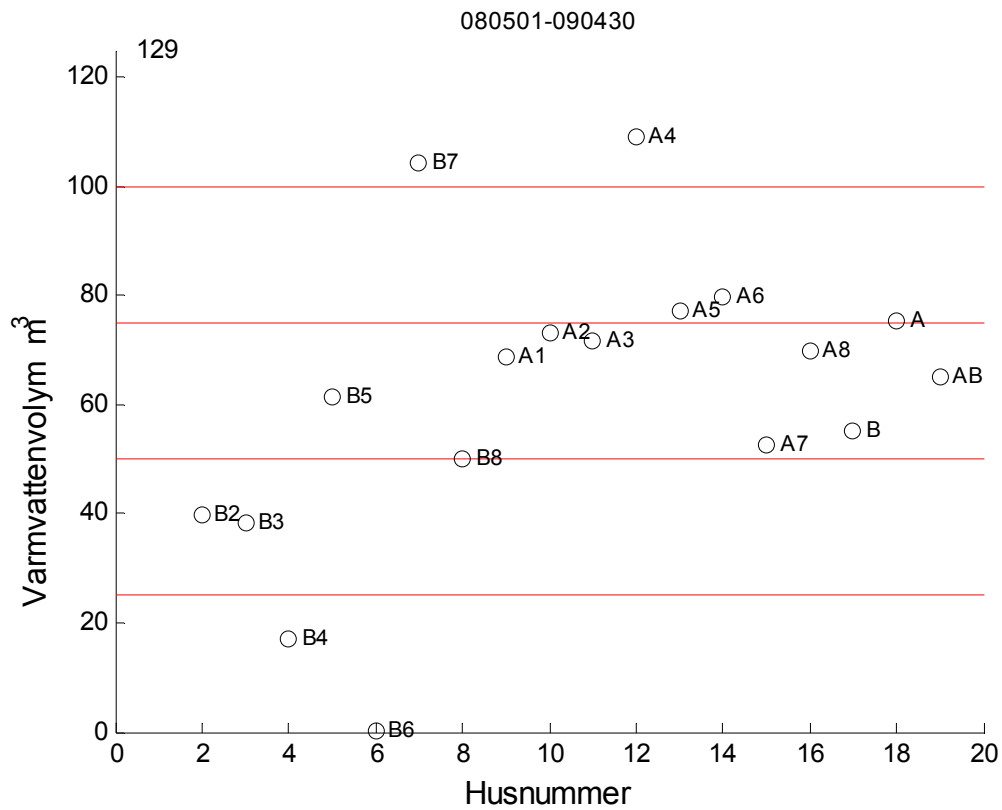
Figur 8.1 Skattad varmvattenförbrukning kWh/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.



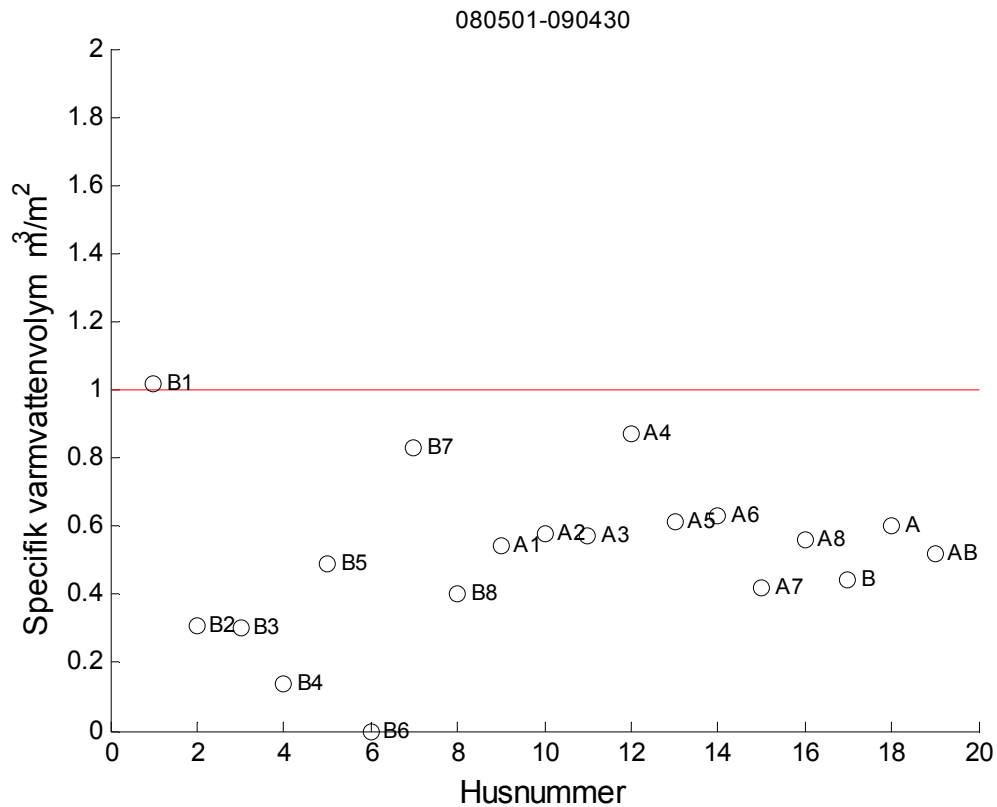
Figur 8.2 Tappvattenförbrukning m<sup>3</sup> som funktion av husnummer.



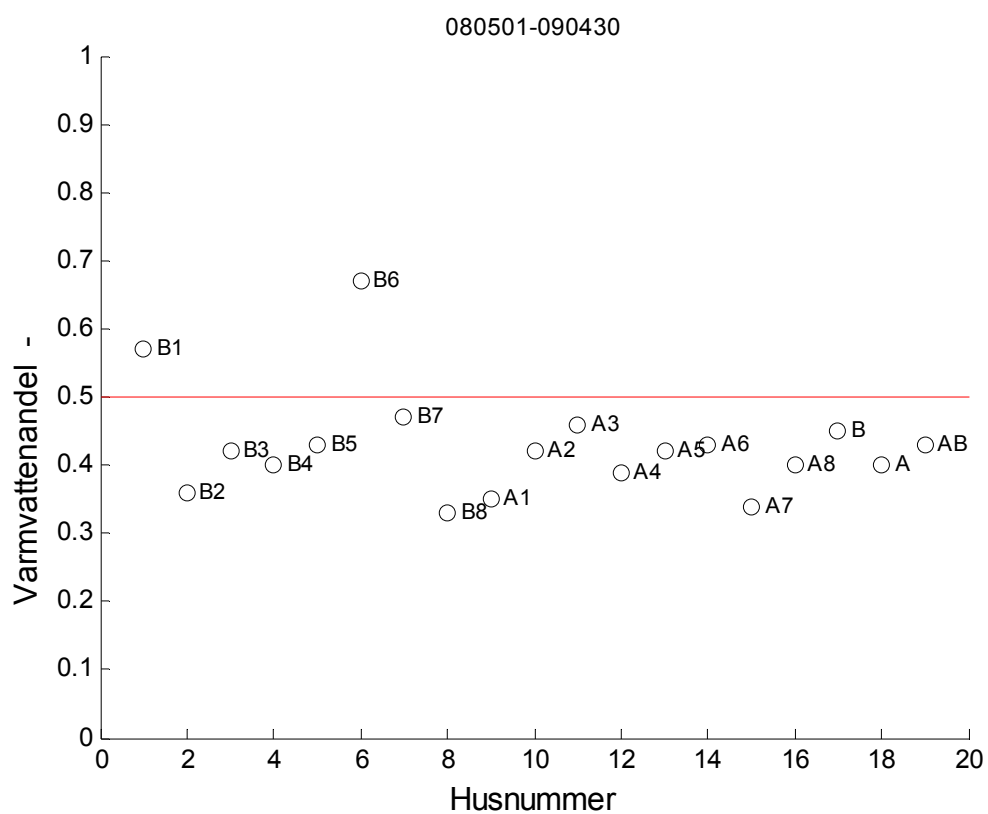
Figur 8.3 Specifik tappvattenförbrukning m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> som funktion av husnummer.



Figur 8.4 Varmvattenförbrukning  $\text{m}^3$  som funktion av husnummer.



Figur 8.5 Specifik varmvattenförbrukning  $\text{m}^3/\text{m}^2$  som funktion av husnummer.



Figur 8.6 Varmvattenandel - som funktion av husnummer.

## 9 Systemfunktion för hus B6

Visningshuset B6 är ytterst lämpligt för att undersöka funktionen för husens värmepumps-system för uppvärmning och ventilation. Osäkerheter om varmvatten, hushållsel och boende finns inte bortsett från sol. Hushållselbehovet är 1 kWh/m<sup>2</sup> enligt Figur 6.3 och varmvattenenergibehovet är noll enligt Figur 7.1. Sex redovisningarna som görs är följande:

- mätt och skattat elvärmebehov som funktion av utetemperatur Figur 9.1
- frånluftstemperatur som funktion av utetemperatur Figur 9.2
- beräknad värmefaktor som funktion av utetemperatur Figur 9.3
- radiatorenergi som funktion av ute- och frånluftstemperatur Figur 9.4
- radiator effekt som funktion av ute- och frånluftstemperatur Figur 9.5
- beräknad frekvens funktion av ute- och frånluftstemperatur Figur 9.6

Uppmätt elvärmebehov har jämförts med beräknat värmebehovseffekt för uppvärmning och antagen ventilation med flödena 0, 15, 30, 45 och 60 l/s, vilket kan också tolkas som ventilationsvärmebehov för det nominella ventilationsflödet 60 l/s för frånluft och med ventilationsvärmeåtervinning med temperaturverkningsgraden 1.00, 0.75, 0.50, 0.25 respektive 0.00 räknat på frånluftsflödet på 60 l/s motsvarande specifika ventilationsvärmebehovet är 0, 18, 36, 54 och 72 W/K. Det specifika värmebehovet för transmission är 50.8 W/K för hus B6.

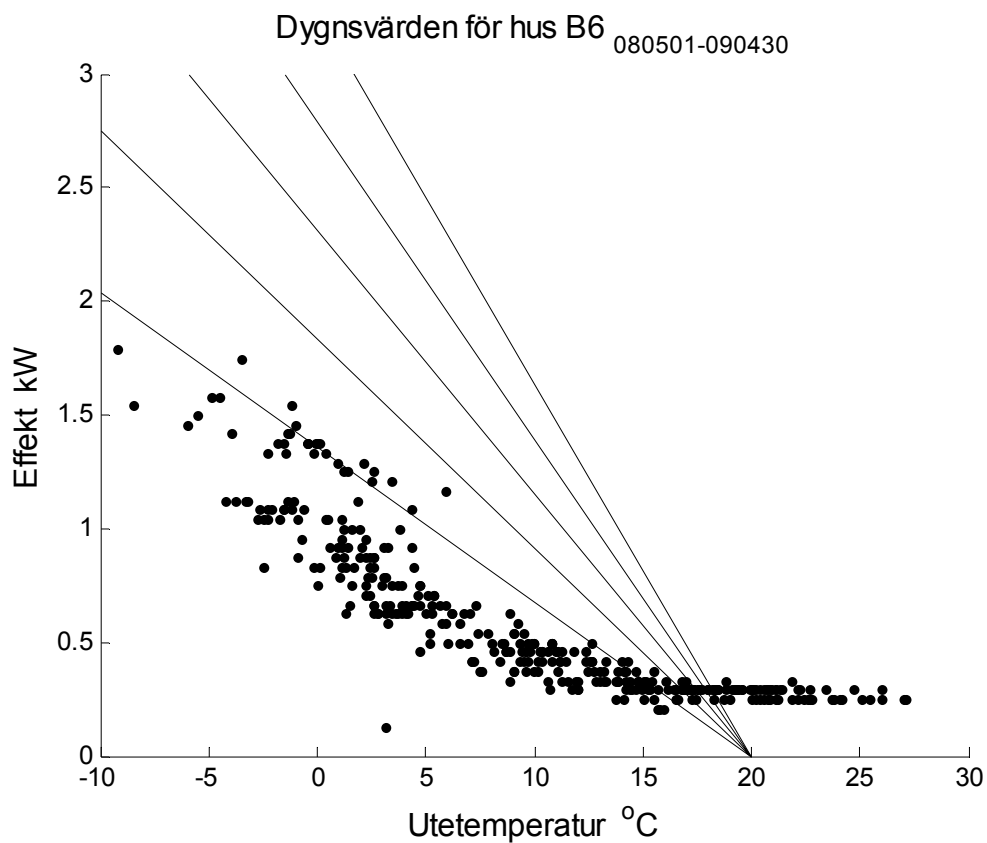
En beräknad effektsignatur har ritats upp med nolleffekt för utetemperaturen 20 °C. Frånluftstemperaturen ligger både lägre och högre och solinstrålning kan ge ett bidrag. Den vänstra kurvan av de fem motsvarar enbart transmissionsförluster och den högra både transmissions- och ventilationsförluster för ett hus med enbart frånluftsventilation utan återvinning. Mätt och redovisad effekt är alltid större än noll, eftersom det finns två fläktar, en pump och en varmvattenberedare med värmeförluster. Hushållsutrustning som kyl och frys är inte i drift.

Den beräknade effektsignaturen i Figur 9.1 ligger bortsett från baseffekten alltid över de redovisade effektvärdena.

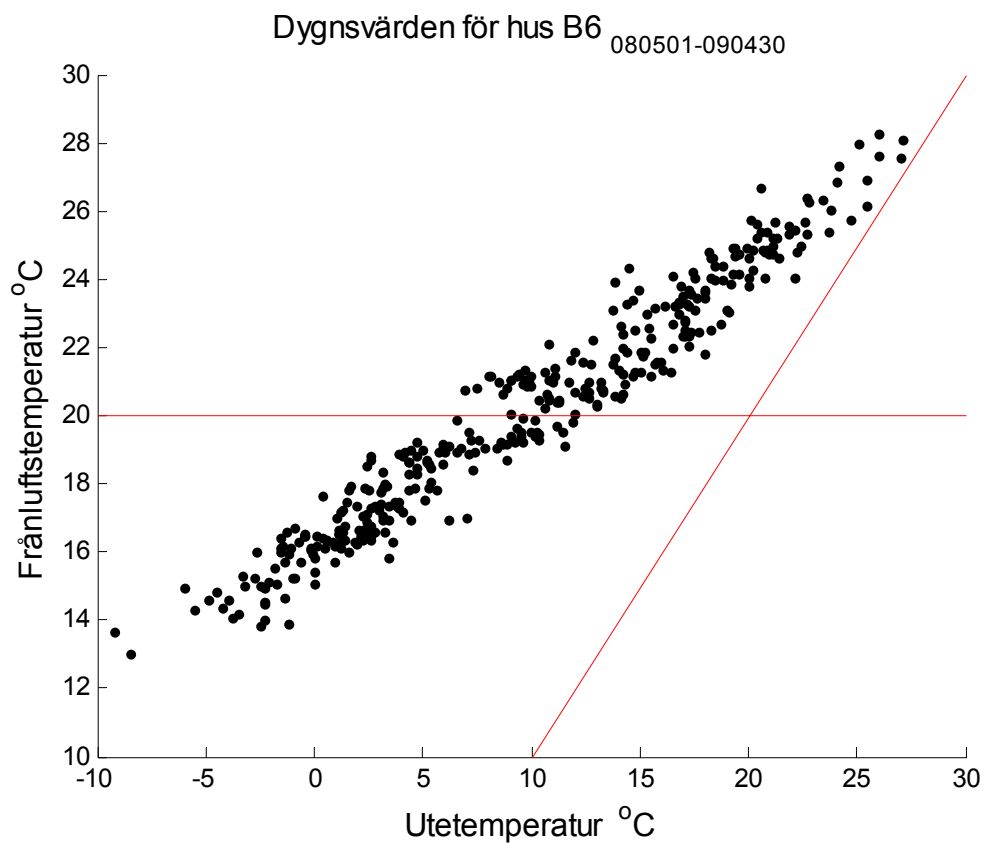
Frånluftstemperaturen har varierat betydligt med utetemperaturen enligt Figur 9.2. Huset B6 är obebott och av besparings skäl hålls låga frånluftstemperaturerna.

Dygnsvärmefaktorn kan skattas som kvoten mellan det beräknade värmebehovet enligt tidigare och den mätta totaleffekten och redovisas i Figur 9.3. Den beräknade värmefaktorn är lägst vid höga utetemperaturer, när det inte finns något egentligt värmebehov. Det finns förlusten från varmvattenberedaren som ingår den kombinerade uppvärmnings- ventilations- och varmvattenberedningsenheten. Värmefaktorn ökar först med minskande utetemperatur ner till 10 °C och minskar därefter. Den skattade årsvärmefaktorn är 2.05 för hus B6.

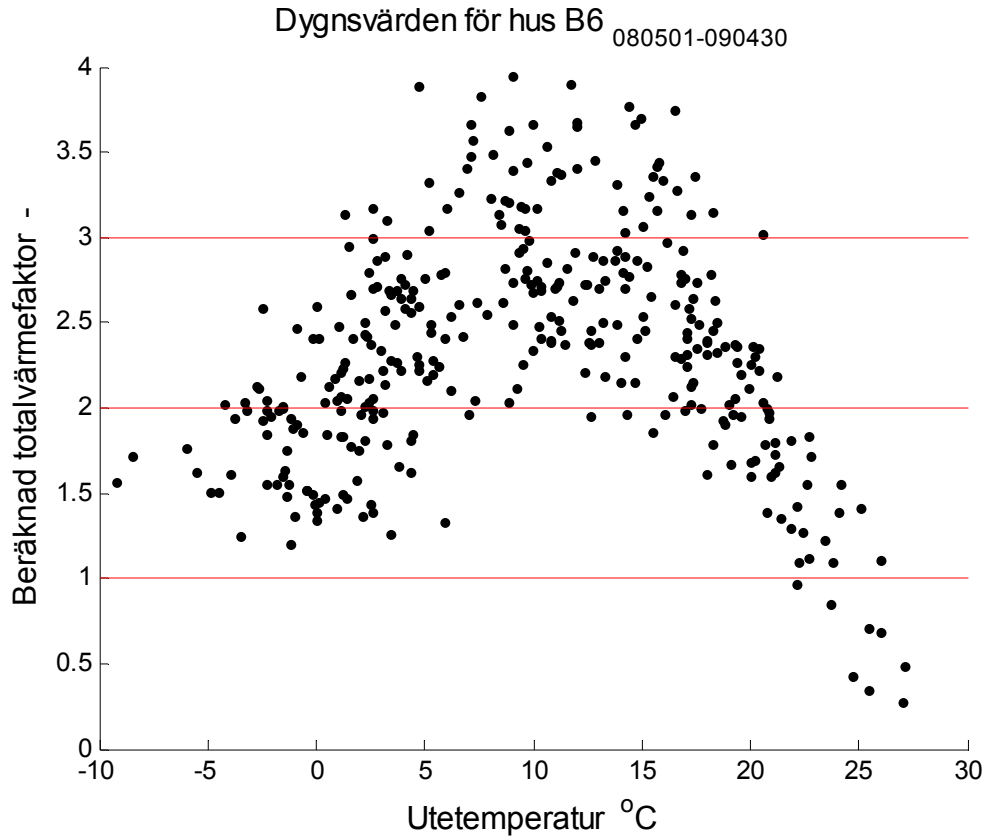
Radiatorsystemets funktion redovisas i Figur 9.4 med tillförd värme i ett isodiagram som med utetemperatur som x-axel och frånluftstemperatur som y-axel. Hus B6 tillför värme när utetemperaturen är lägre än 5 °C. Radiatorvärmens tillförs både när frånluftstemperaturen är högre eller lägre än 20 °C.



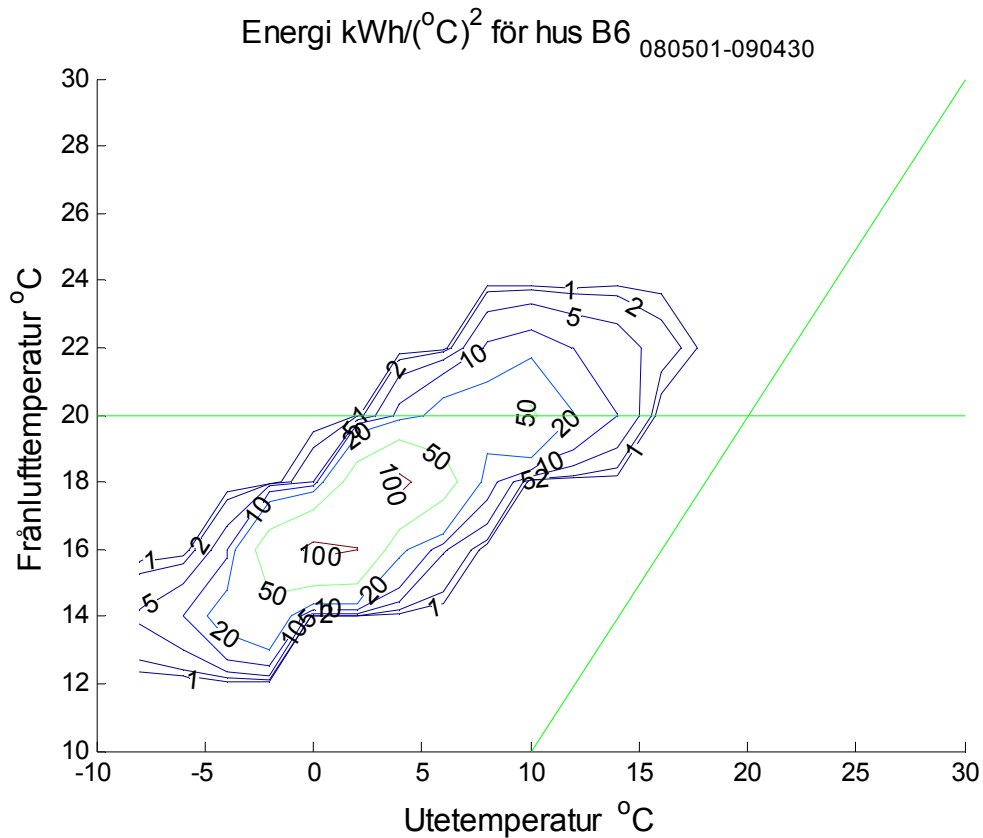
Figur 9.1 Effektsignatur dygnsmedeleffekt mot utetemperatur för hus B6



Figur 9.2 Frånluftstemperatur som funktion av utetemperatur för hus B6

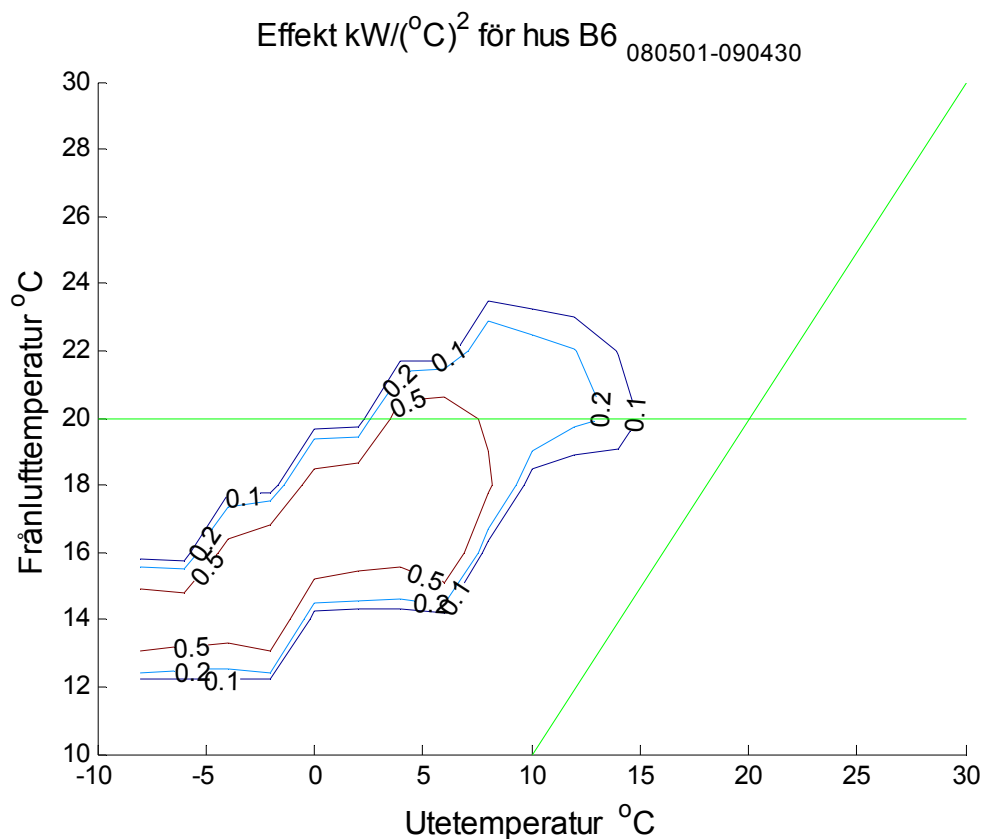


Figur 9.3 Beräknad värmefaktor som funktion av utetemperatur för hus B6

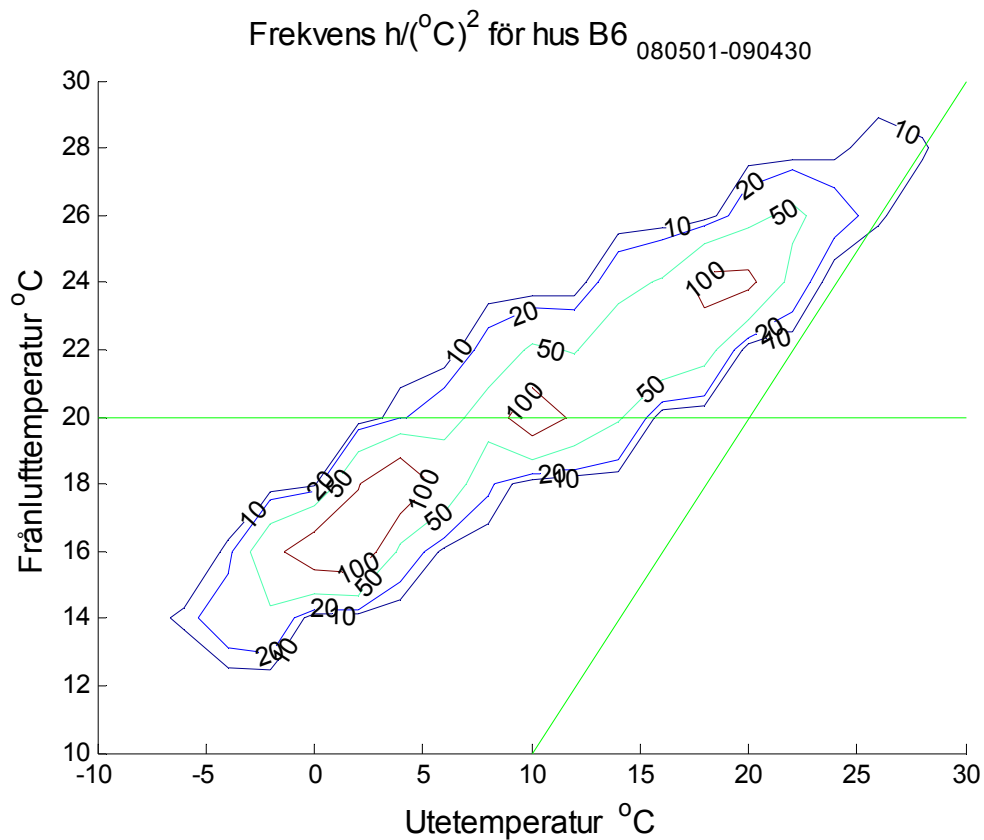


Figur 9.4 Isodiagram för radiatorenergi kWh/°C<sup>2</sup> för hus B6.





Figur 9.5 Isodiagram för radiatoreffekt kW/°C<sup>2</sup> för hus B6.



Figur 9.6 Isodiagram för frekvens h/°C<sup>2</sup> för hus B6.

## 10 Solvärmesystem

Solfångarna är av högttemperaturtyp med vakuumsör, vilket minskar värmeförluster vid höga arbetstemperaturer och därmed ökar utbytet. Verkningsgraden har beräknats och redovisats i Figur 3.1 som funktion av temperaturskillnaden mellan arbetstemperatur och omgivande utetemperatur och för olika solinstrålning. Kurvorna i Figur 3.1 visar att verkningsgraden är högre än 0.5 även för höga temperaturskillnader och måttliga solinstrålningar. Ett förväntat utbyte skulle kunna vara högre än 400 kWh/m<sup>2</sup> och därför totalt 1200 kWh för 3 m<sup>2</sup> under förutsättning att det finns ett motsvarande värmeuttag.

Uppmätt dygnsenergi, dygnsvolym, medelfram- och medelreturledningstemperaturer redovisas för hus B1 i Figur 10.1-4 och för hus B2 i Figur 10.5-8.

Notera att dygnmedelvärden är något missvisande, eftersom en solfångare är endast i drift under dagen och ur drift under natten. En uppmätt temperatur på 50 °C kan mycket väl vara på 80 °C under drift och 20 °C under icke drift.

Energimätningen för solvärmesystemen för hus B1 och B2 redovisar en energimängd på 0.9 kWh respektive 1047.1 kWh. Volymmätningen redovisar för hus B1 12.2 m<sup>3</sup> och för hus B2 557.3 m<sup>3</sup>.

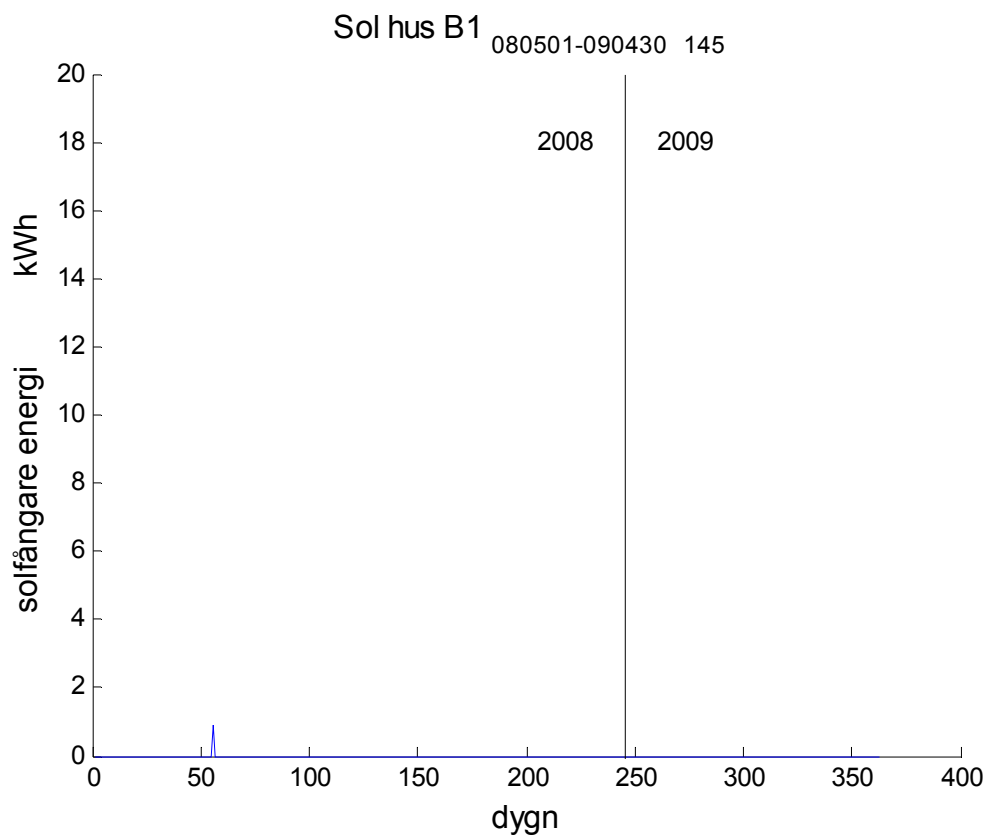
Värdena för hus B1 är orimligt låga, vilket kan beror på felaktiga inställningar av automatiken för reglering och styrning av solvärmesystemet. Ett högt solvärmeutnyttjande är helt beroende av ett högt uttag av värme för varmvattenberedning särskilt sommartid. Det saknas inte någon last utan varmvattenförbrukningen är ganska hög för hus B1 med energimässigt 6804 kWh och volymmässigt 129 m<sup>3</sup>.

Värdena för hus B2 är rimliga. Solvärmestillskottet kan räknas om till ett specifikt tillskott och blir för B2 till 8.3 kWh/m<sup>2</sup>. den uppmätta volymen kan fördelas på 1000 h drift, vilket ger ett flöde på något avrundat på 0.6 m<sup>3</sup>/h eller 10 l/min. Varmvattenförbrukningen för hus B2 är ganska måttlig med energimässigt 2079 kWh och volymmässigt 40 m<sup>3</sup>.

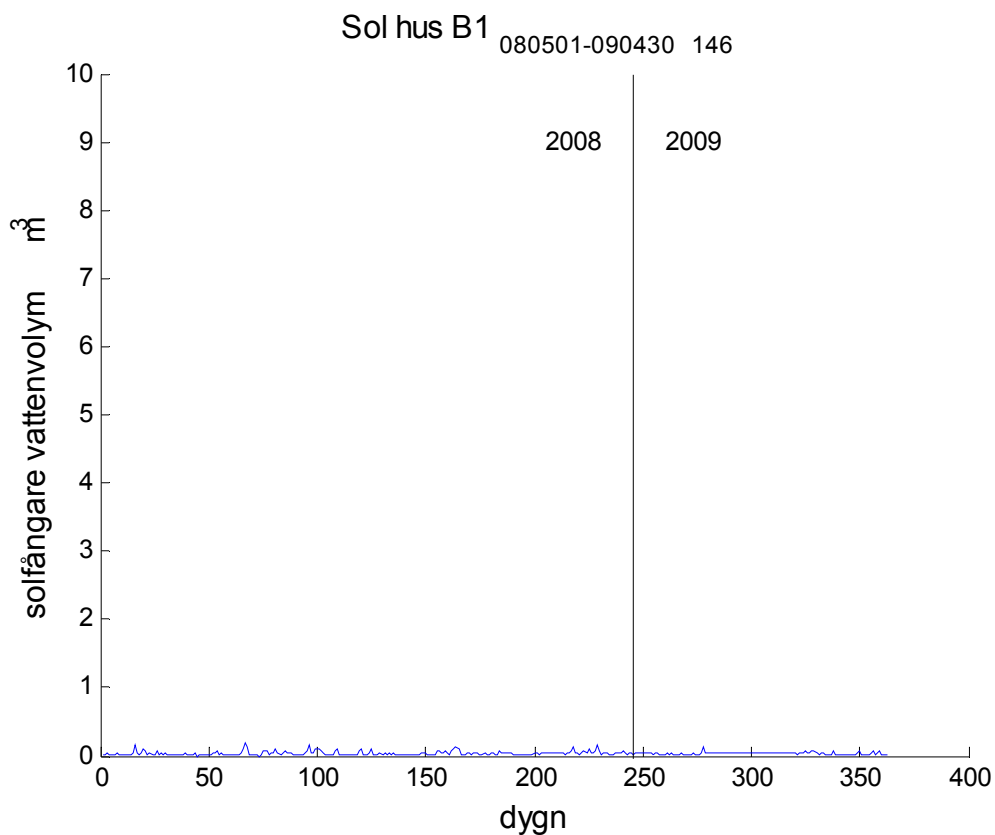
En kontroll av solvärmesystemens funktion görs genom att redovisa 360 timvärden för framtemperatur till och returtemperatur från solfångaremodulerna under femton dygn i maj för hus B1 i Figur 10.9 och för hus B2 i Figur 10.10.

Båda solvärmesystem uppvisar liknande temperaturförlopp i Figur 10.9 och 10.10 bortsett från en skillnad. Ordningföljden mellan temperaturerna är omkastad mellan de två husen. En felaktig inkoppling av de två temperaturgivarna skulle kunna förhindra drift av solvärmesystemet för hus B1.

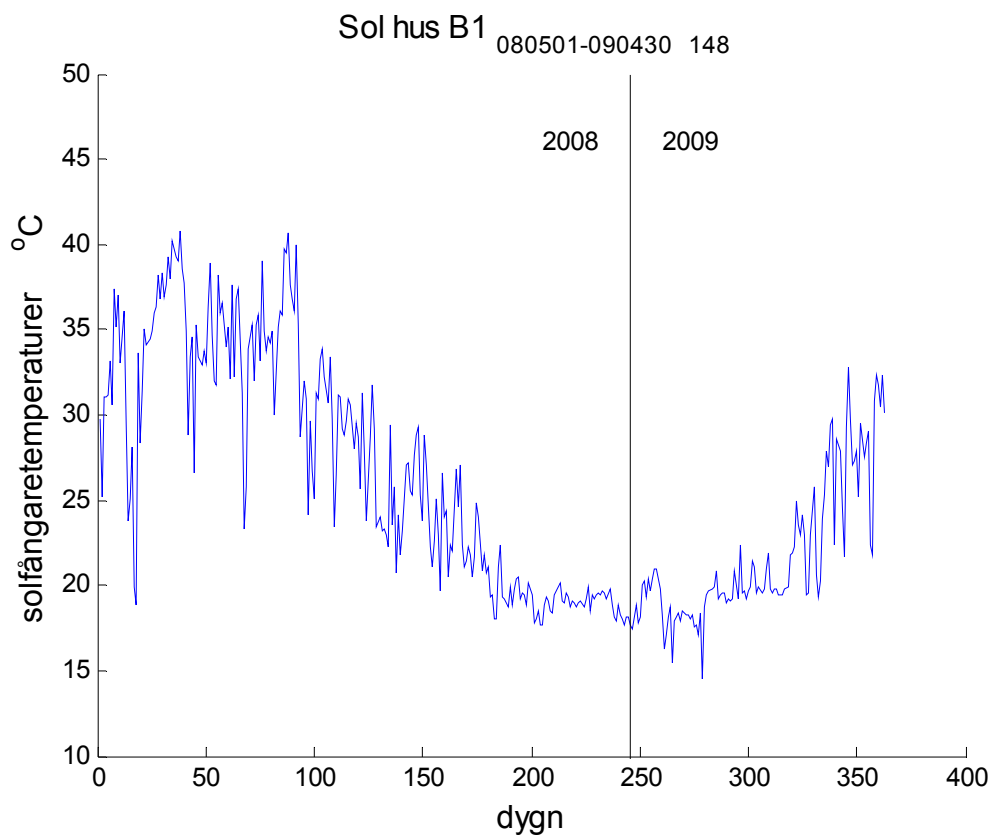
Solvärmesystemet i hus B2 har varit i funktion. Detta gäller även solvärmesystemet för hus B1 om en av de två temperaturgivarna är placerad nära eller i själva lagringstanken. Denna temperaturgivare kan inte påverkas av temperaturer i en takplacerad solfångare utan cirkulation. Slutsatsen är därför att energi- och volymmätningen inte har fungerat på rätt sätt för solvärmesystemet till hus B1.



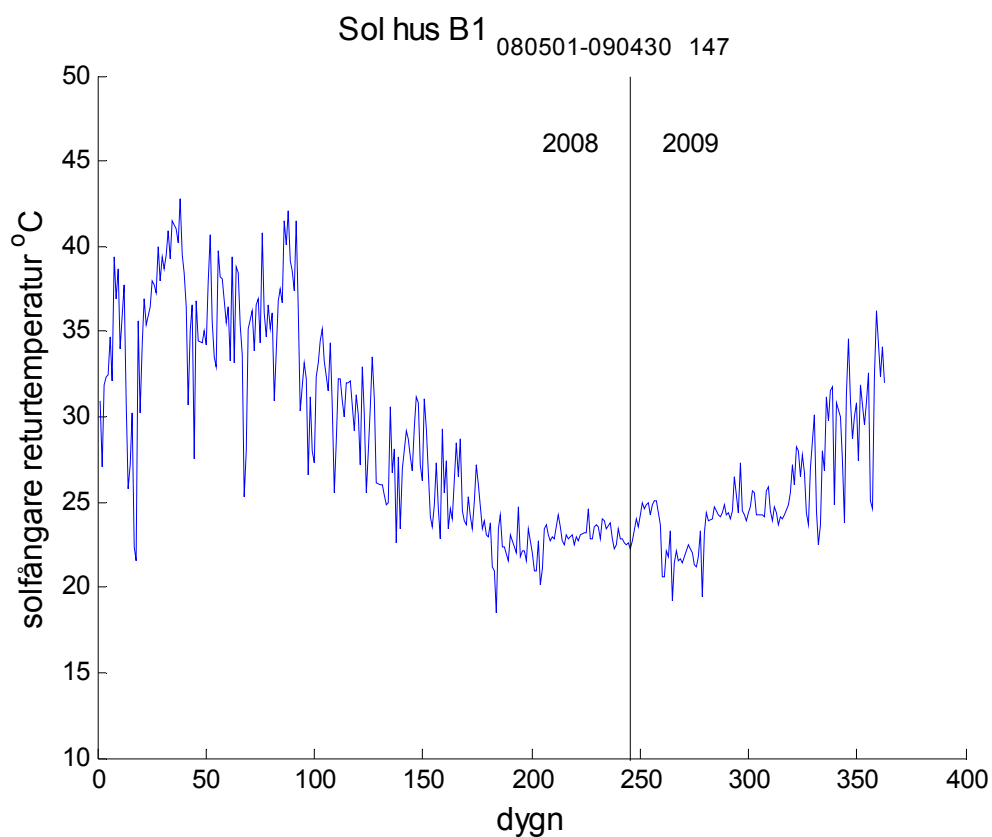
Figur 10.1 Mätt solvärme per dygn kWh som funktion av dygnsnummer för hus B1.



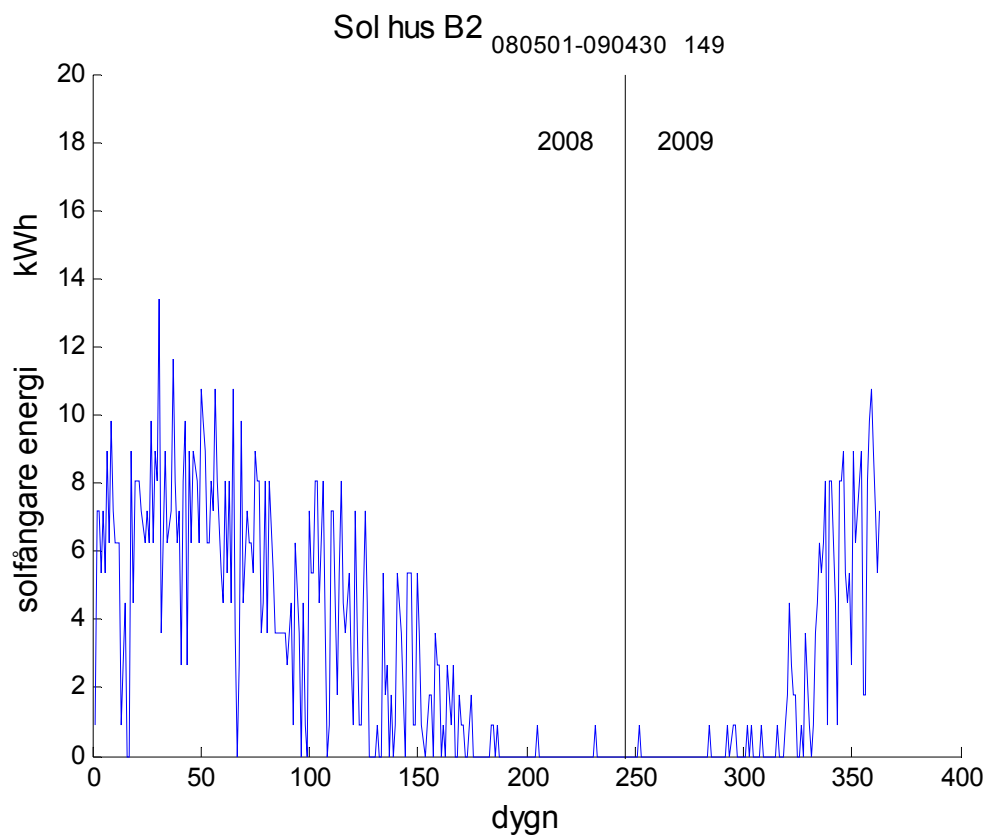
Figur 10.2 Mätt solvärmevolym m<sup>3</sup> per dygn kWh som funktion av dygnsnummer för hus B1.



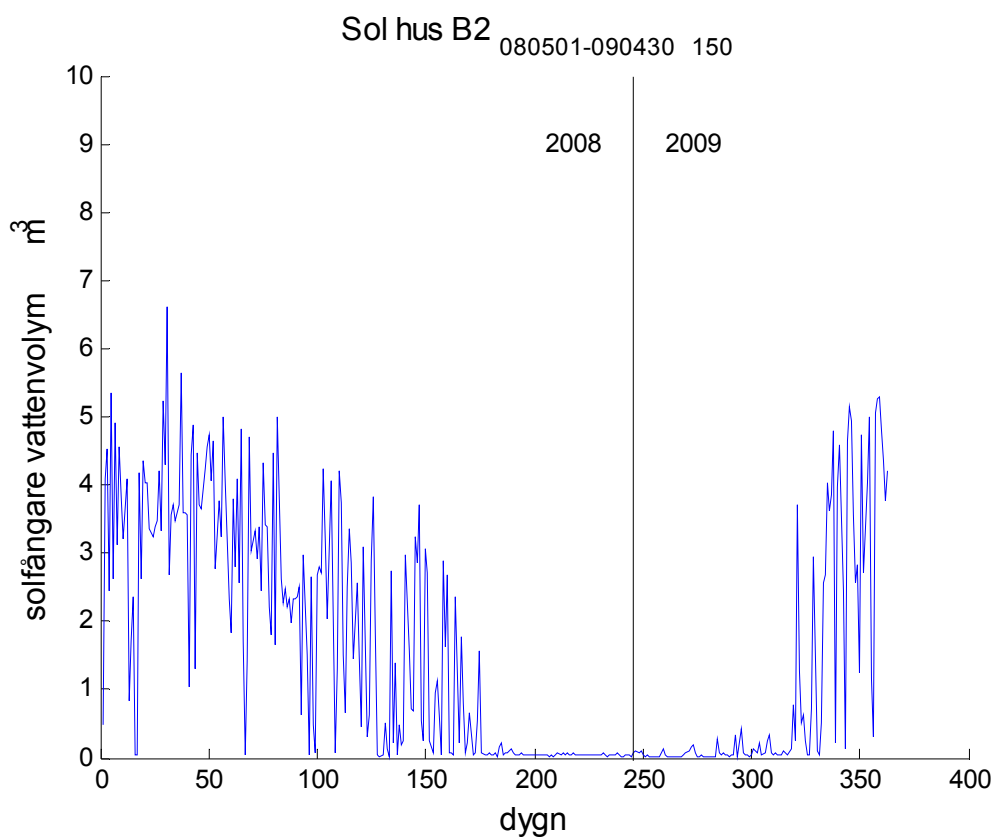
Figur 10.3 Mätt medelframtemperatur °C som funktion av dygnsnummer för hus B1.



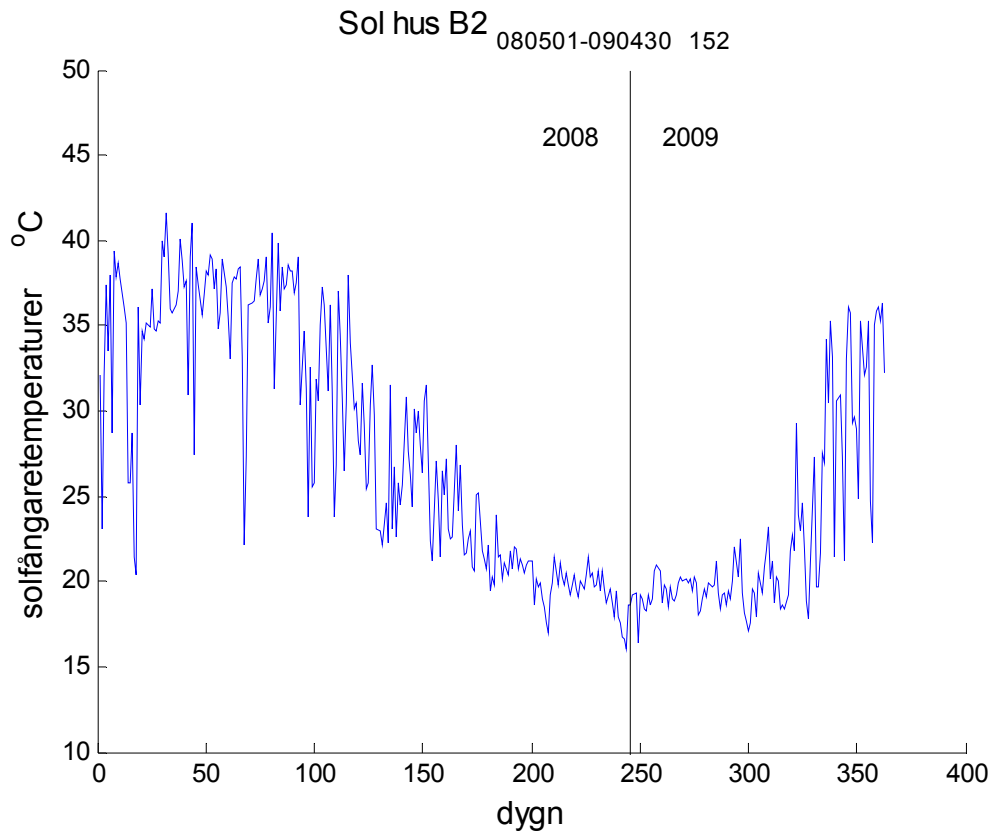
Figur 10.4 Mätt medelreturtemperatur °C som funktion av dygnsnummer för hus B1.



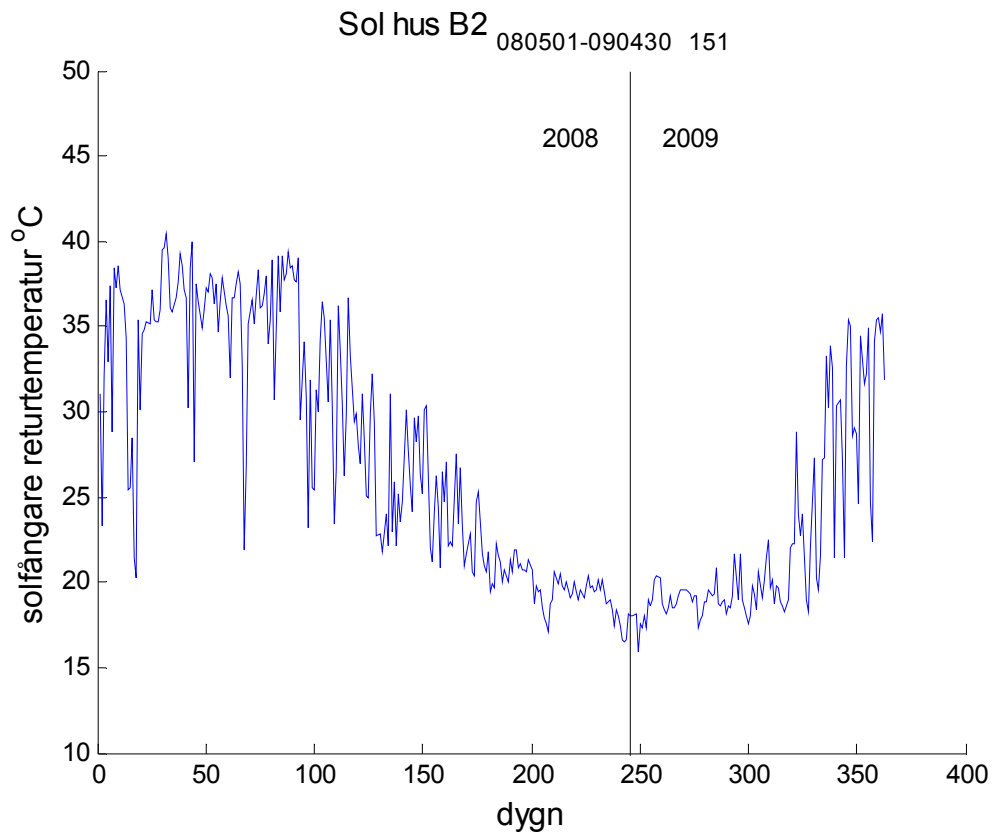
Figur 10.5 Mätt solvärme per dygn kWh som funktion av dygnsnummer för hus B2.



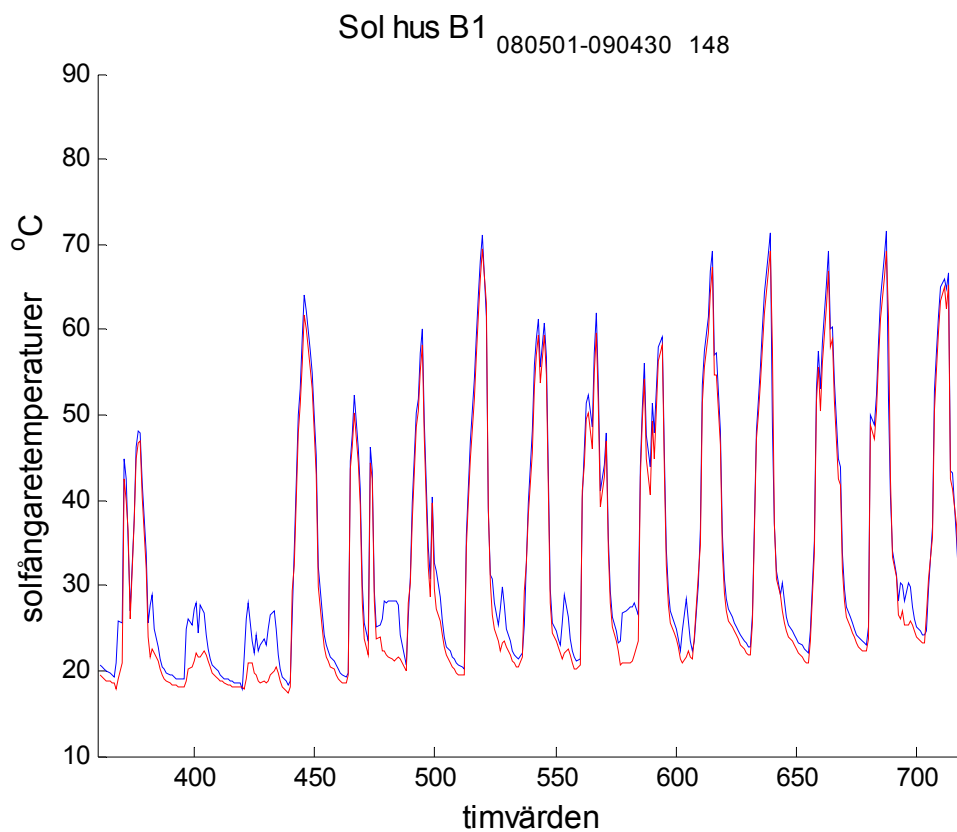
Figur 10.6 Mätt solvärmevolym m<sup>3</sup> per dygn kWh som funktion av dygnsnummer för hus B2.



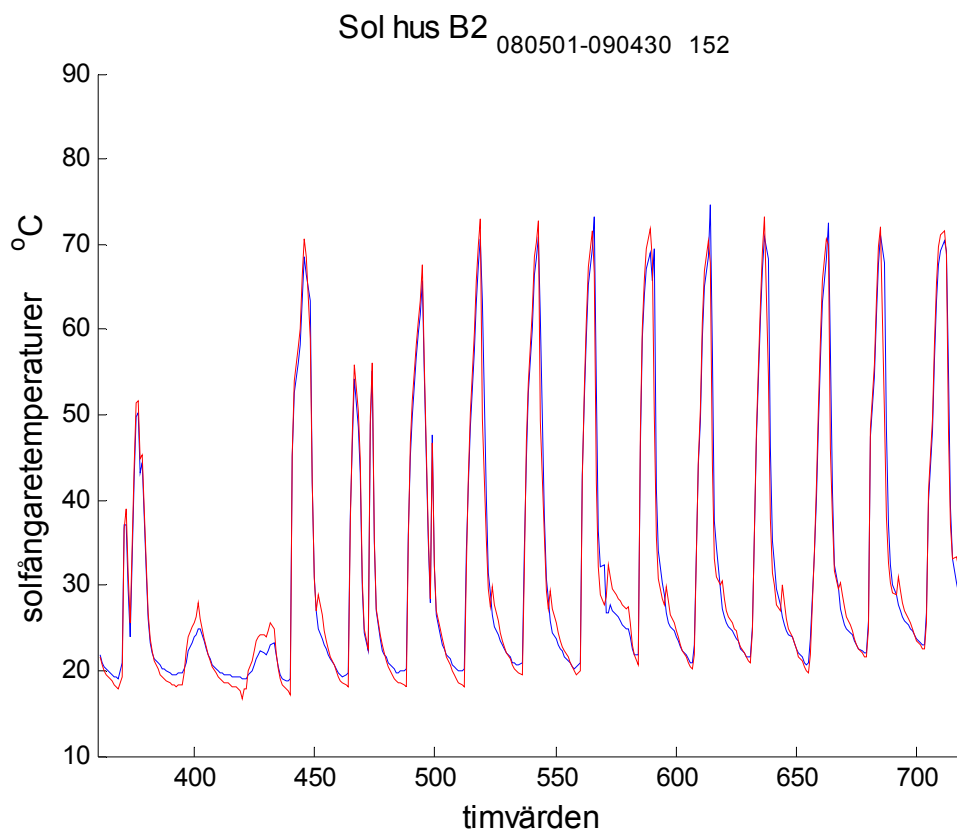
Figur 10.7 Mätt medelframtemperatur °C som funktion av dygnsnummer för hus B2.



Figur 10.8 Mätt medelreturtemperatur °C som funktion av dygnsnummer för hus B2.



Figur 10.9 Fram- och returtemperatur för solfångare hus B1 för 16-30 maj 2008.



Figur 10.10 Fram- och returtemperatur för solfångare hus B2 för 16-30 maj 2008.

## 11 Analys av underbalanserad tilluft

De nominella ventilationsflödena är 50 l/s för tilluft och 60 l/s för frånluft. Underbalansering på 10 l/s medför inte att exfiltrationen är noll och att infiltrationen alltid är 10 l/s utan att exfiltrationen minskar och att infiltrationen ökar. Temperaturskillnaden inne-ute och vindpåverkan i medfas eller motfas skapar tryckskillnader som tillsammans med underbalanseringen påverkar både exfiltration och infiltration. Exfiltrationen kan ses som en ren värmeförlust.

Syftet med detta avsnitt är att undersöka hur temperaturskillnaden inne-ute och vinden påverkar exfiltrationen var för sig och kombinerat. Det värsta fallet undersöks med allt läckage uppdelat på två lika stora öppningar, vilket är det sämsta fallet. Om allt läckage finns lokalt i en punkt medför obalansen att endast infiltration sker, om läckarean inte är tillräckligt hög för att möjliggöra dubbelströmning som för ett öppet fönster eller en öppen dörr.

Principen för termisk påverkan och vindpåverkan visas i Figur 11.1. Dessa två grundfall kan kombineras i medfas eller i motfas som visas i Figur 11.2. Det senare fallet kan innebära att termisk påverkan och vindpåverkan kan eliminera varandra helt.

Exfiltrationens storlek och värmeförlust har beräknats som en funktion av obalansen mellan frånluft och tilluft för termisk påverkan i Figur 11.3-8 och för vindpåverkan i Figur 11.9-14 för tre fall med olika lufttäthet 0.2, 0.4 och 0.8 l/sm<sup>2</sup>. Läckaget blir för en klimatskalsyta på 123 m<sup>2</sup> (kortfasader och tak) 25, 49 respektive 98 l/s vid en tryckskillnad på 50 Pa. Tryckförlusterna antas vara kvadratiska i flödet. Nivåskillnaden mellan läckorna är 5 m. Tryckskillnaden blir 7.75 Pa för en innetemperatur på 20 °C och en utetemperatur på -20 °C.

Vindpåverkan antas motsvara vindens dynamiska tryck, vilket fås om skillnaden i vindformfaktor mellan lovartsida och läsida är 1.0. Rimliga vindformfaktorer är minst 0.5 för en lovartsida och -0.5 för en läsida. Tryckskillnaden blir 15 och 60 Pa för en vindhastighet på 5 respektive 10 m/s. Siffrorna visar att låga vindhastigheter kan skapa tryckskillnader lika med eller större än extrema termiska tryckskillnader över en höjdskillnad på 5 m.

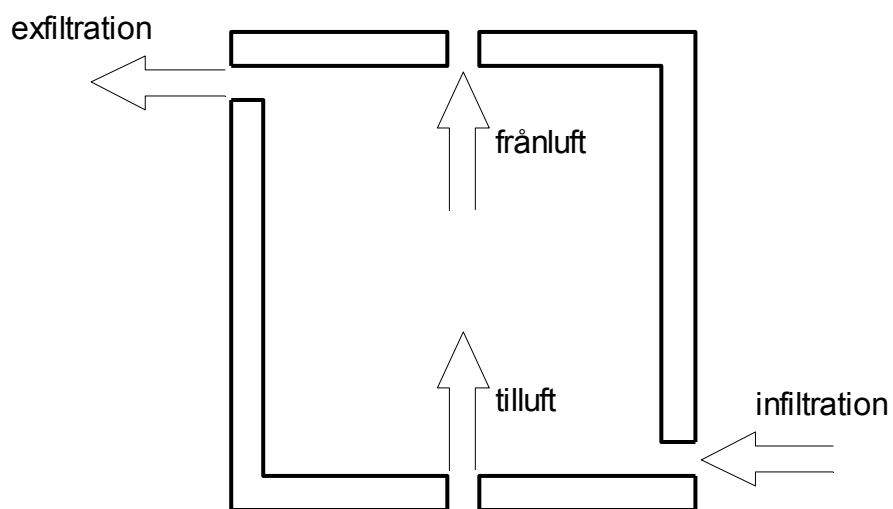
Fall med kombinerad termisk påverkan och vindpåverkan för en given obalans på 10 l/s med samma termiska påverkan och vindpåverkan som tidigare redovisas i Figur 11.15-28 enligt sammanställning nedan där nollfas anger ingen vindpåverkan.

lufttäthet l/sm <sup>2</sup>	medfas	nollfas	motfas
0.2	Figur 11.15-16	ingen exfiltration	Figur 11.17-18
0.4	Figur 11.19-20	ingen exfiltration	Figur 11.21-22
0.8	Figur 11.23-24	Figur 11.25-26	Figur 11.27-28

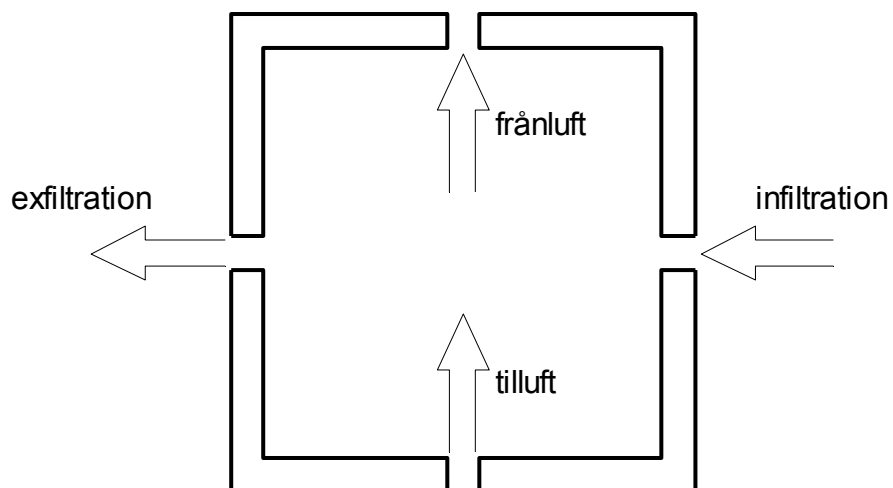
Nivåkurvor för exfiltrationsflöde och dito effekt visar att vinden har större betydelse än temperaturskillnaden inne-ute. Termisk påverkan och vindpåverkan kan kombineras i medfas eller motfas. Exfiltration kan upphöra helt för vissa temperaturskillnader och vindhastigheter. Det här använda största läckflödet 98 l/s är mindre än provtryckningsresultat mellan 113 och 189 l/s för tre A-hus och tre B-hus. Dimensionerande lufttäthet för en given obalans och exfiltration behandlas på sidan 95.



### sektion

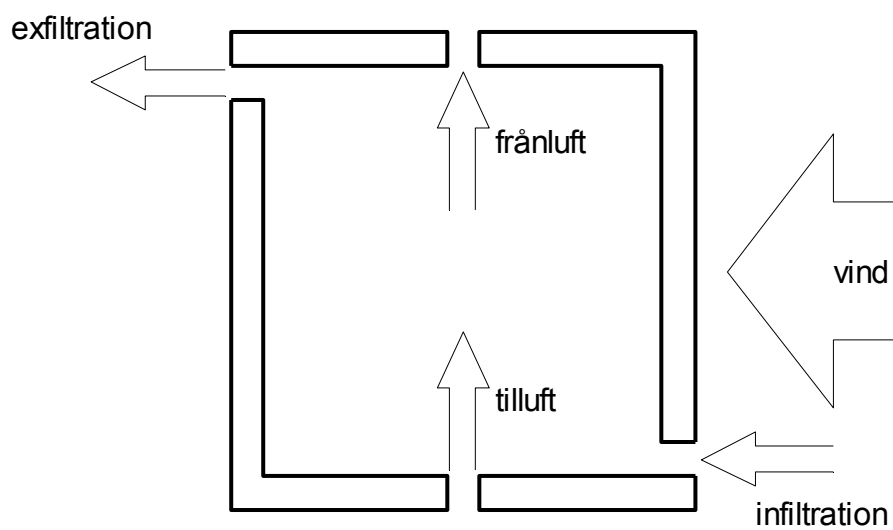


### plan

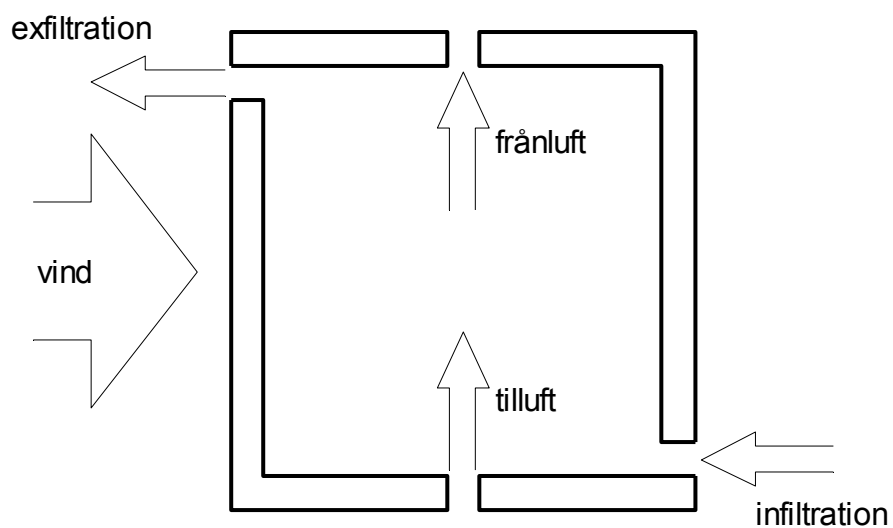


Figur 11.1 Princip för termisk påverkan överst och vindpåverkan nederst.

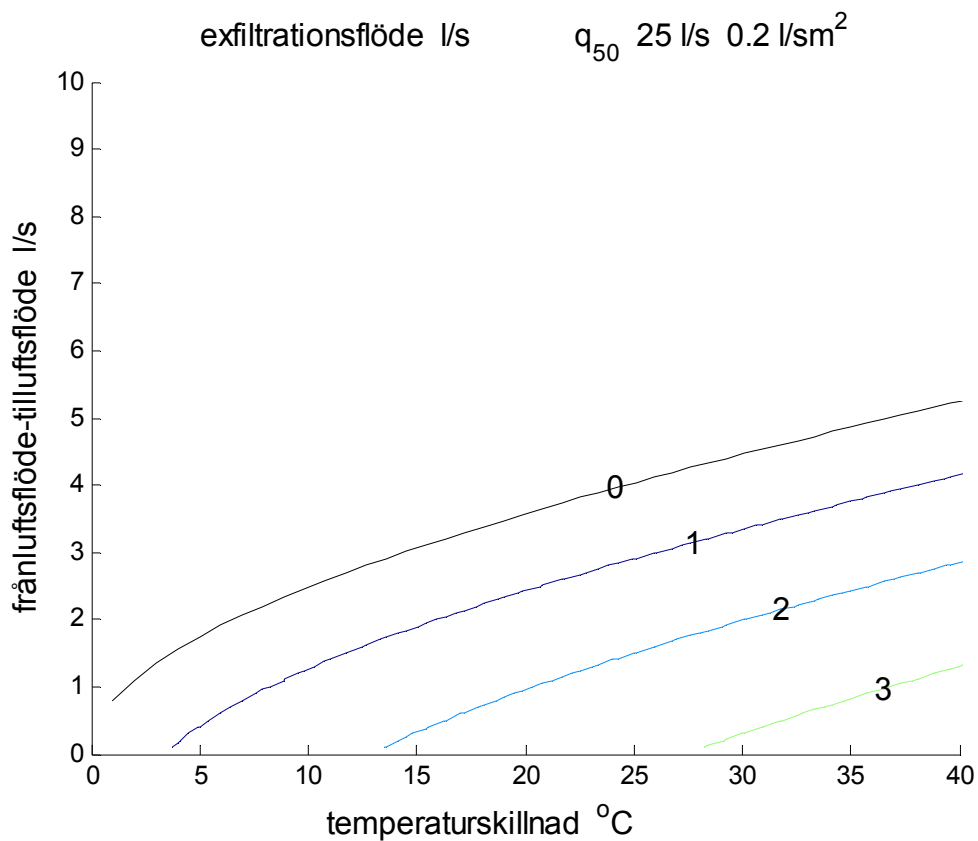
sektion



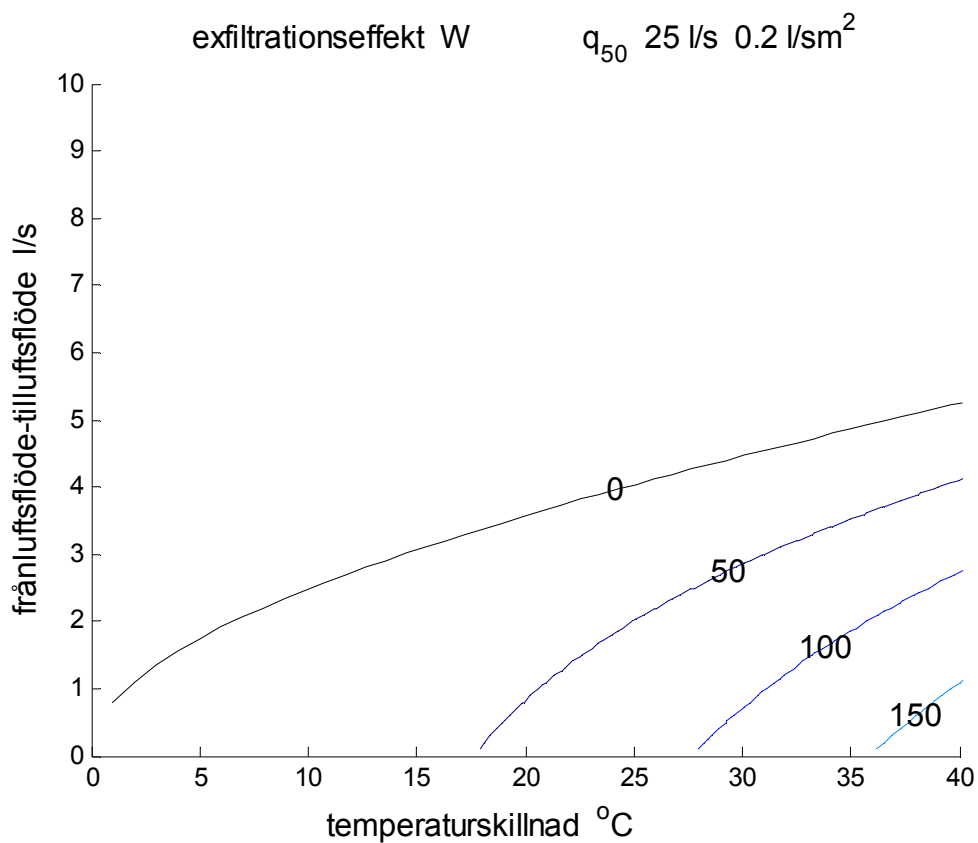
sektion



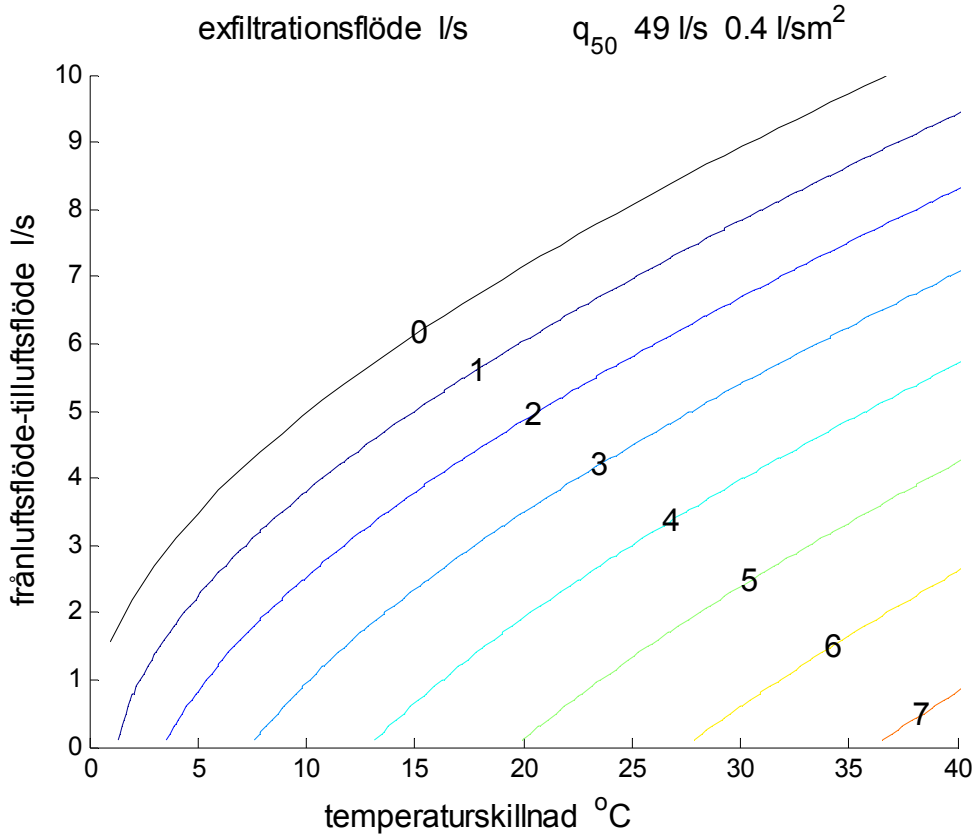
Figur 11.2 Termisk påverkan och vindpåverkan i medfas överst och i motfas nederst.



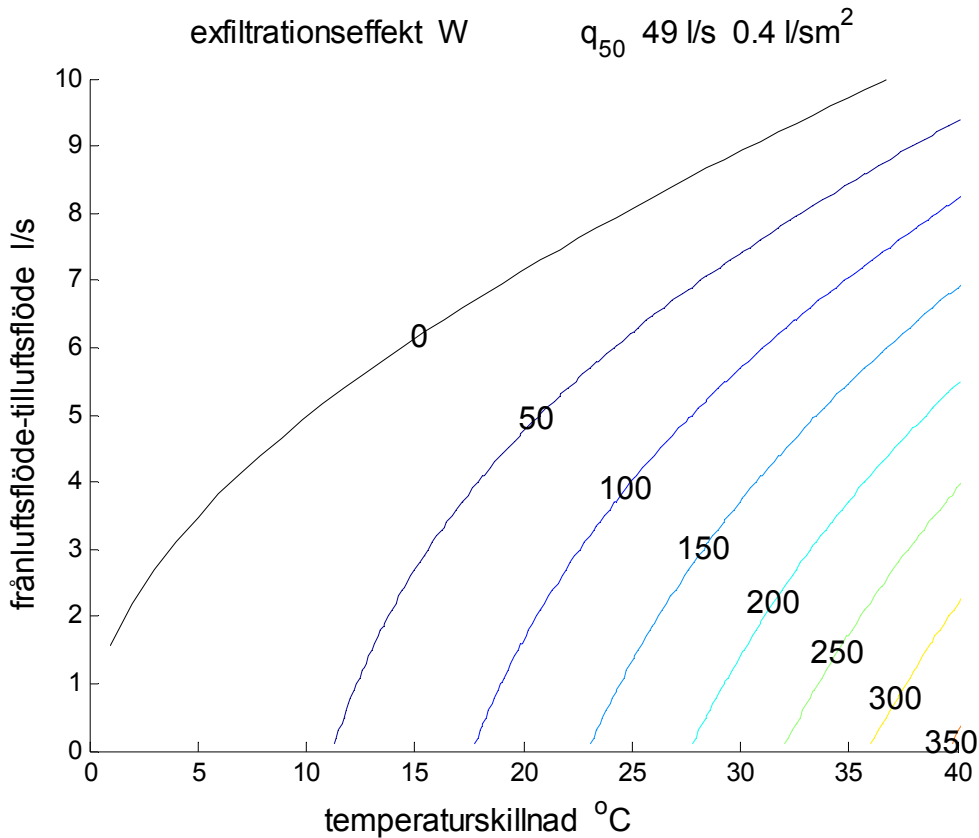
Figur 11.3 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



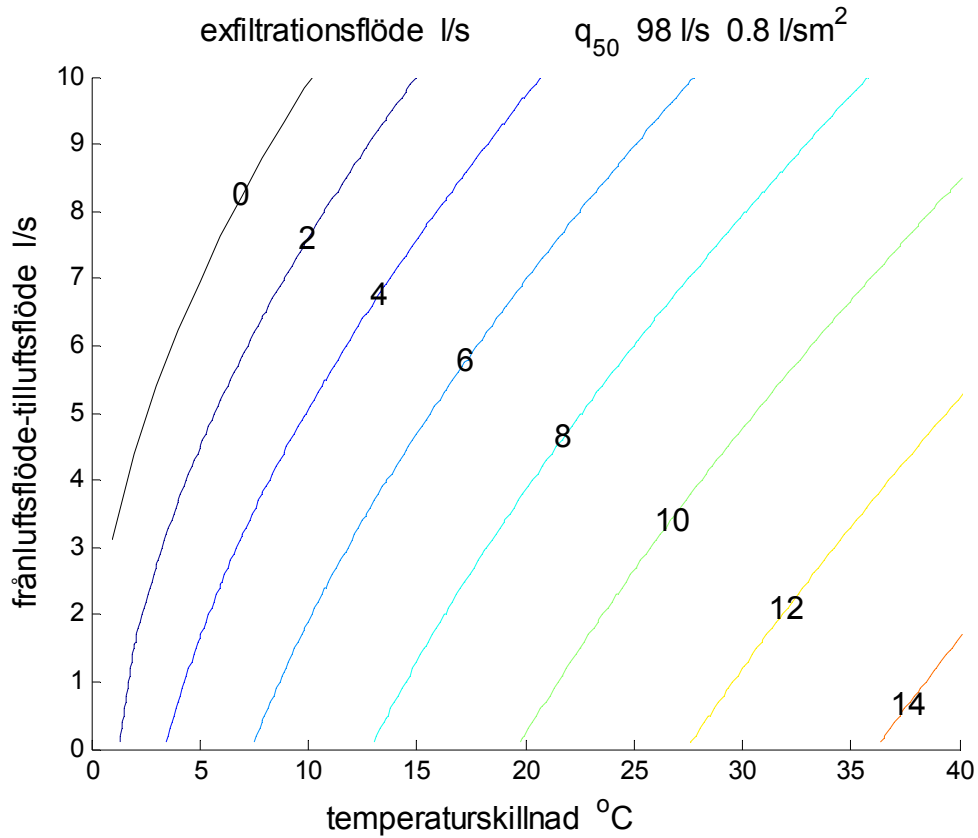
Figur 11.4 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



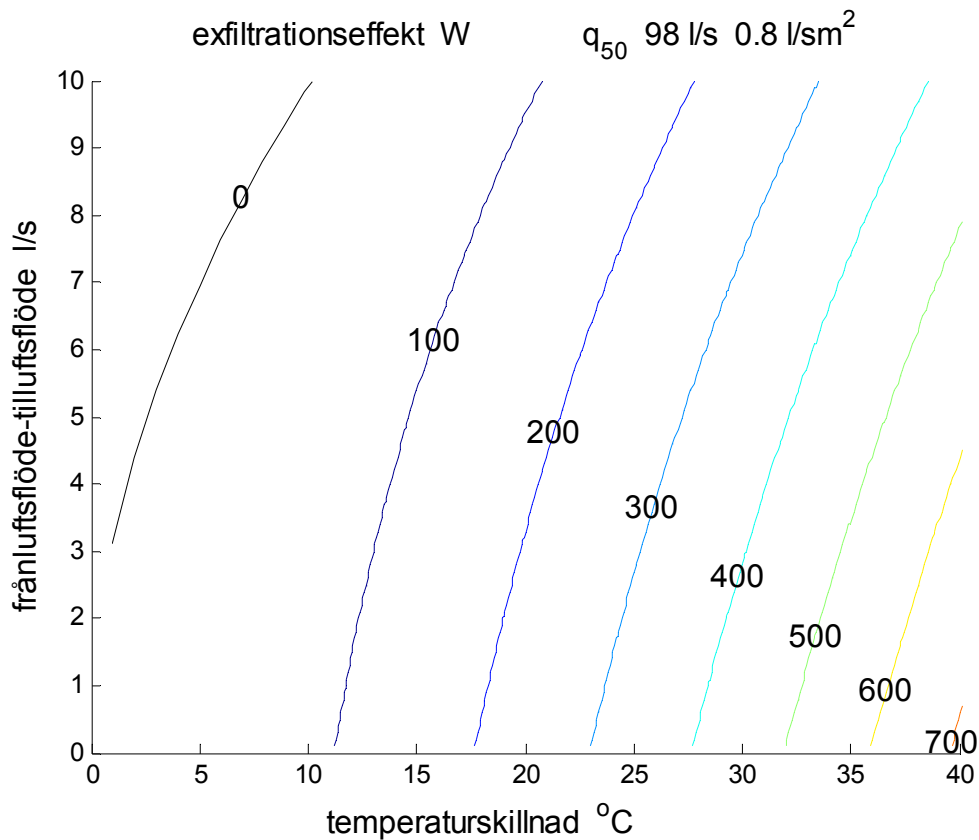
Figur 11.5 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



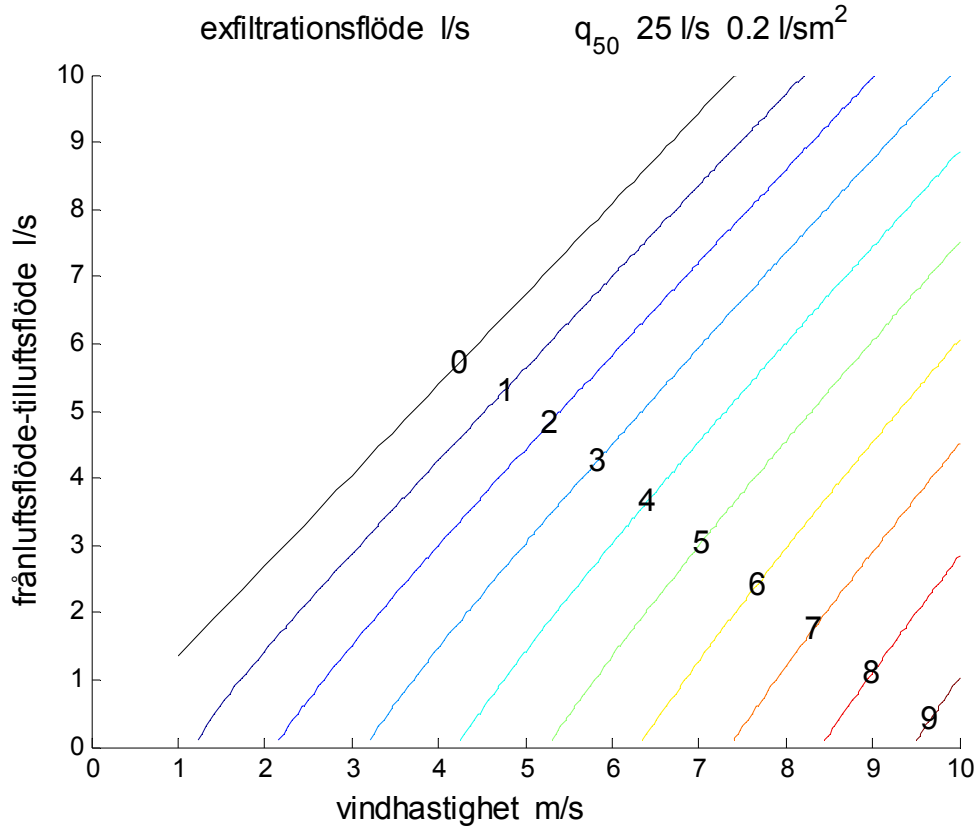
Figur 11.6 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



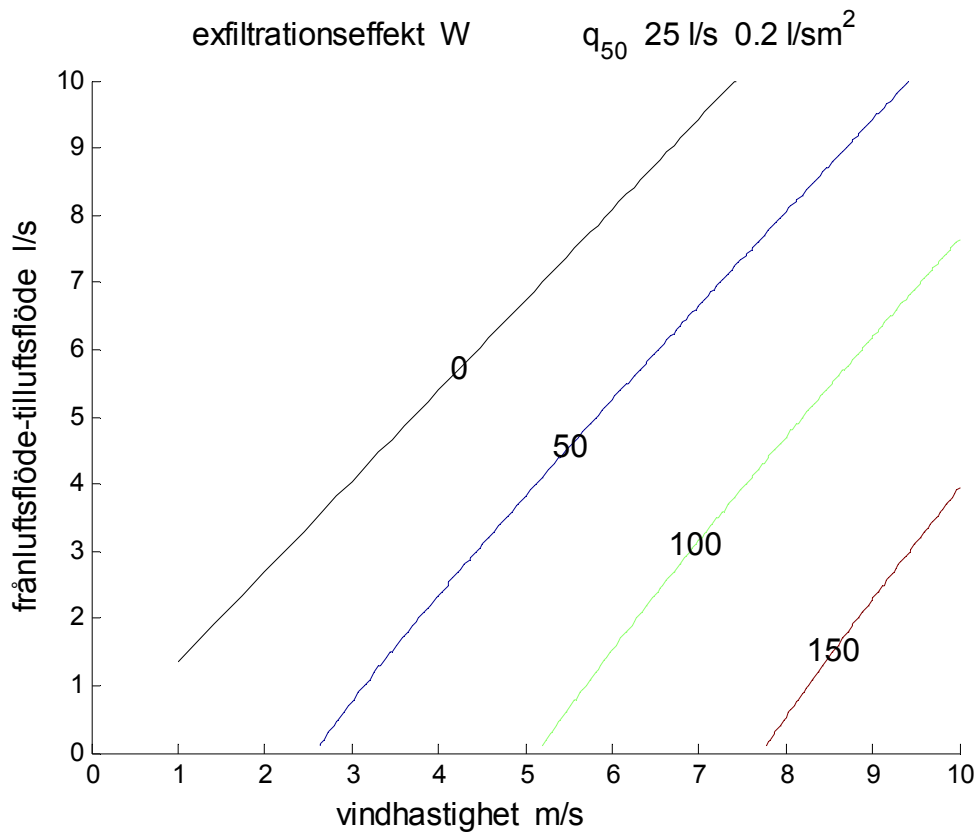
Figur 11.7 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



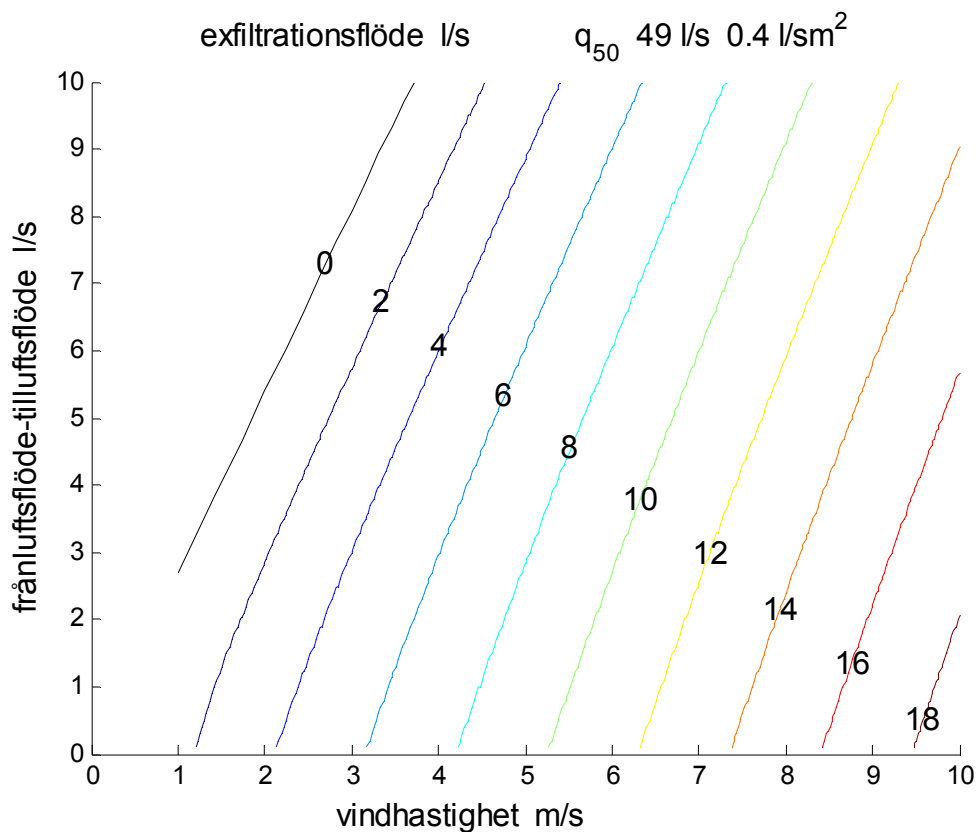
Figur 11.8 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, obalans och 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



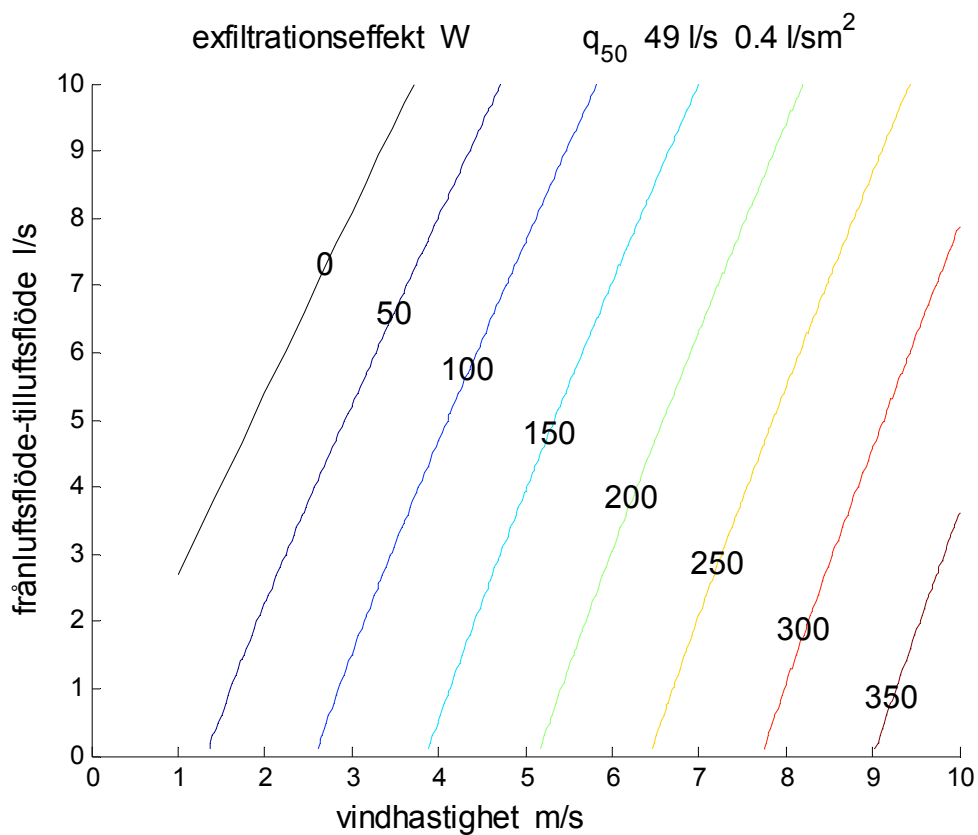
Figur 11.9 Exfiltrationsflöde som funktion av vindhastighet, obalans och 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



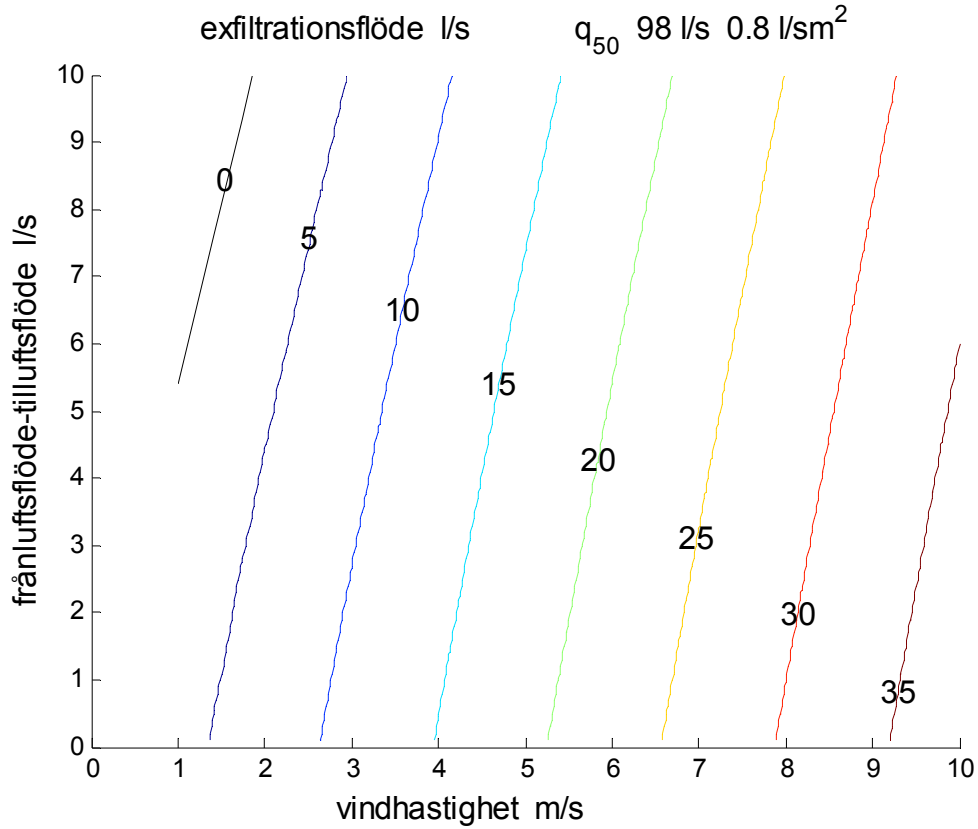
Figur 11.10 Exfiltrationseffekt som funktion av vindhastighet, obalans och 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



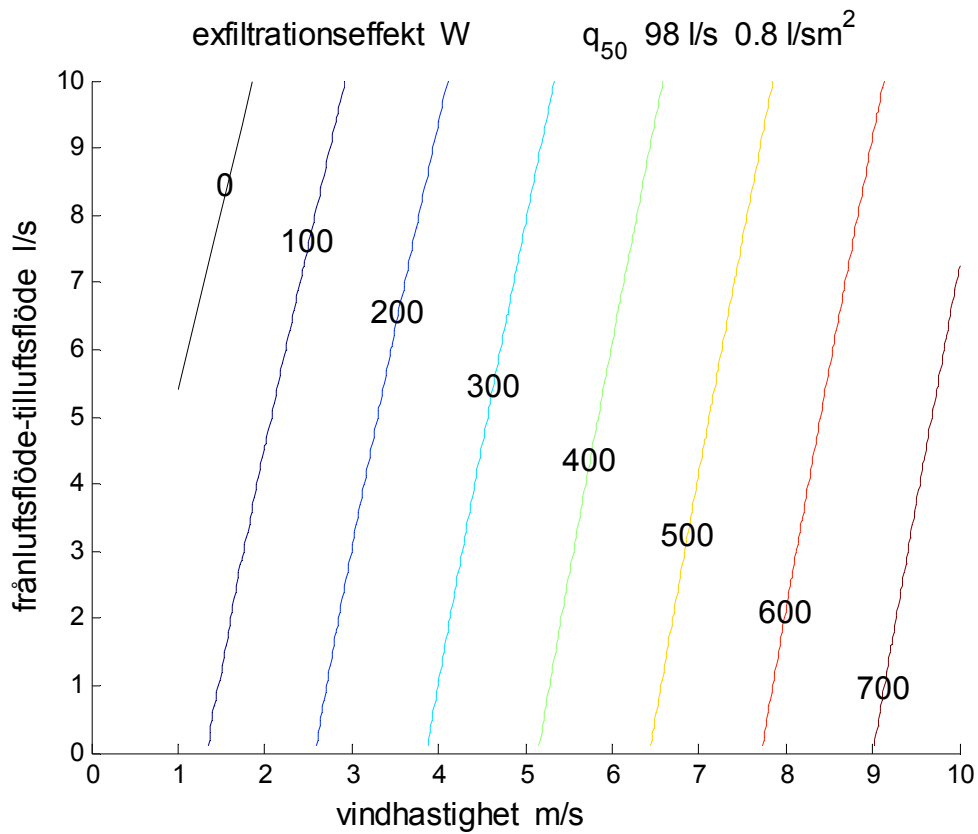
Figur 11.11 Exfiltrationsflöde som funktion av vindhastighet, obalans och 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



Figur 11.12 Exfiltrationseffekt som funktion av vindhastighet, obalans och 0.4 l/sm<sup>2</sup>.

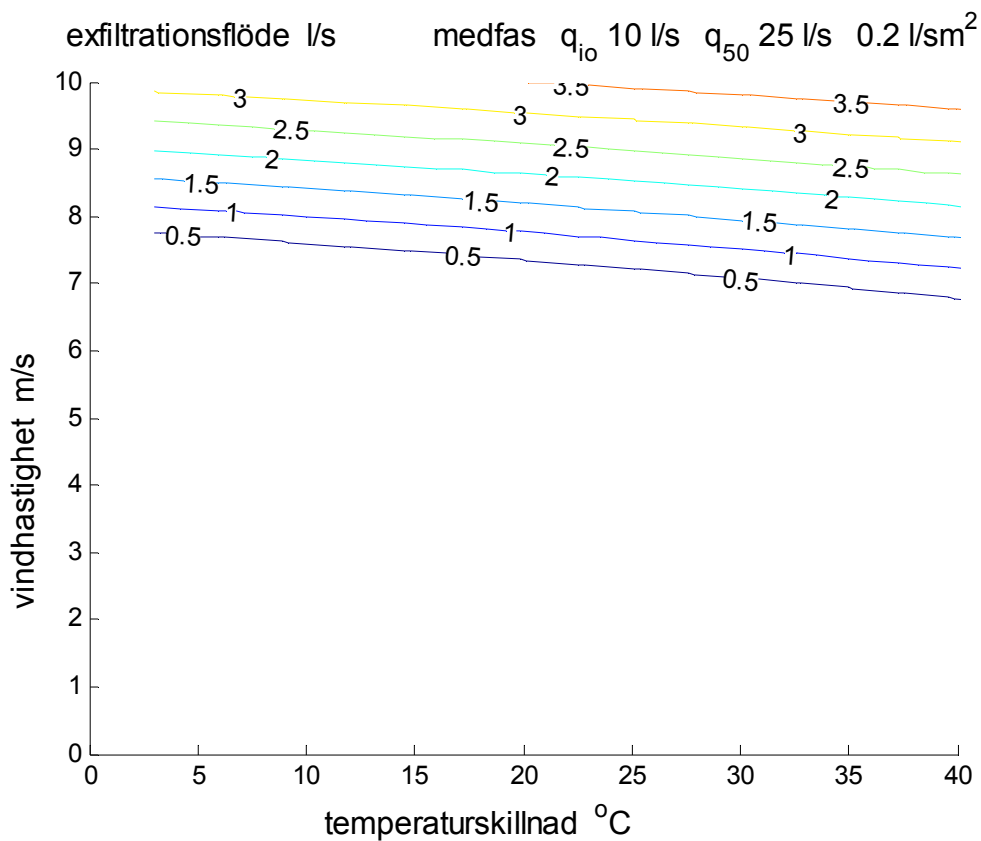


Figur 11.13 Exfiltrationsfloede som funktion av vindhastighet, obalans och 0.8 l/sm<sup>2</sup>.

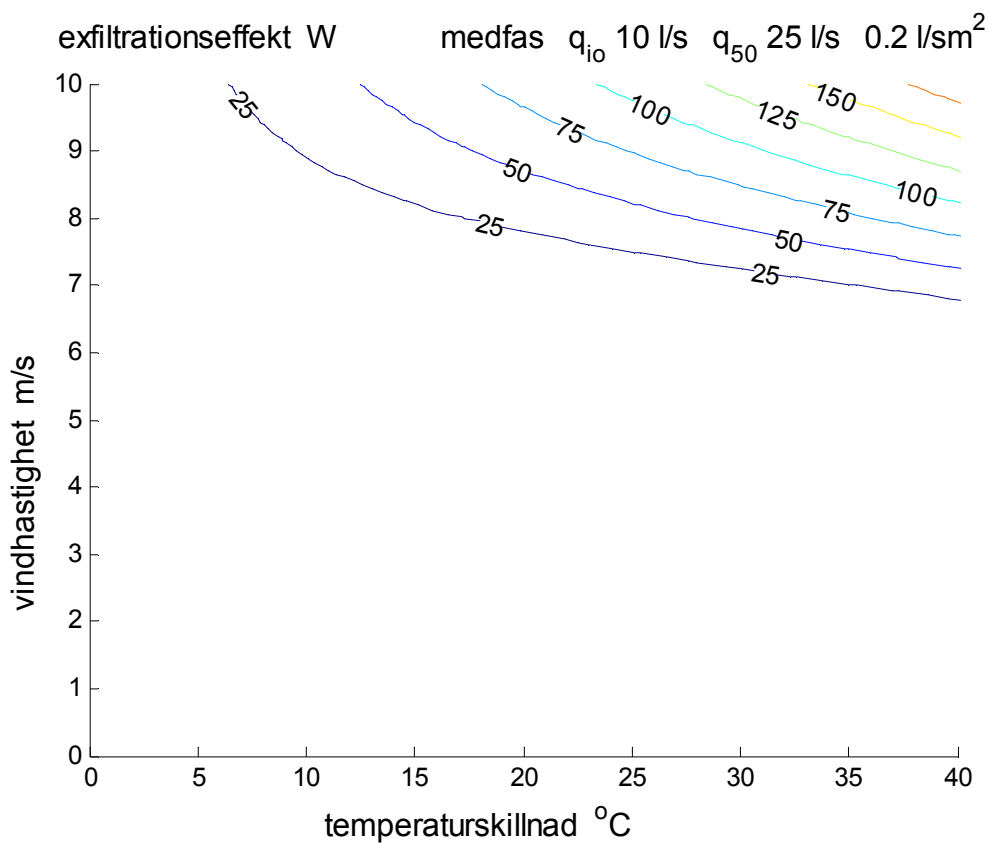


Figur 11.14 Exfiltrationseffekt som funktion av vindhastighet, obalans och 0.8 l/sm<sup>2</sup>.

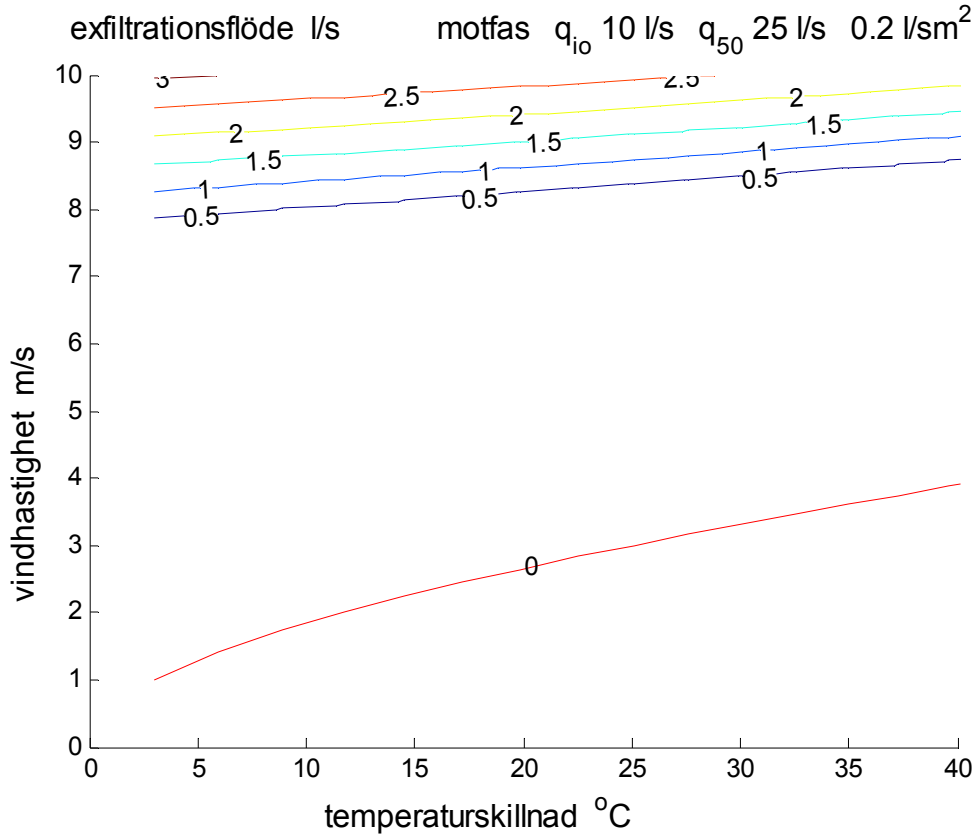




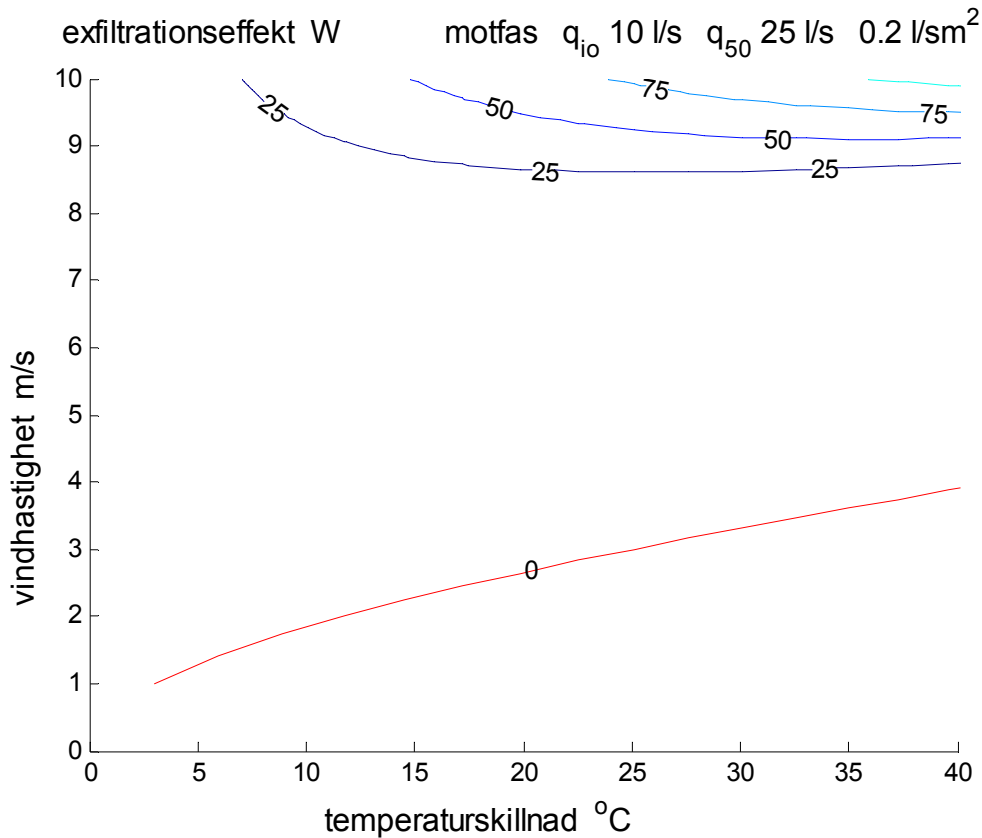
Figur 11.15 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



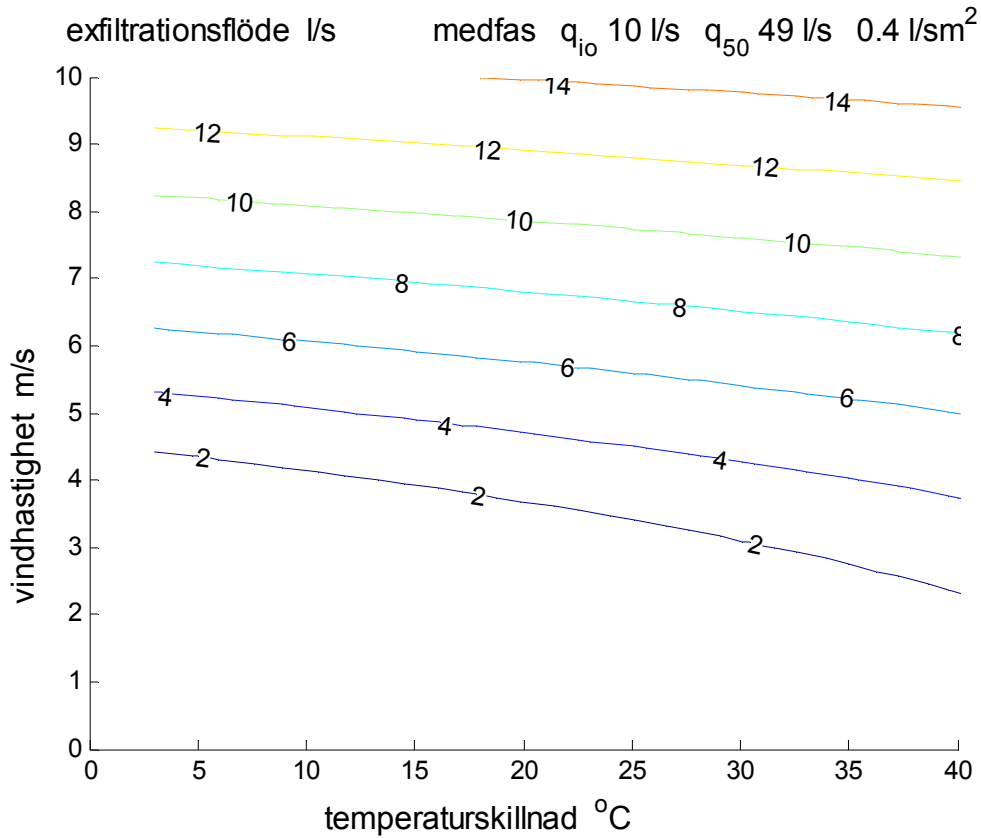
Figur 11.16 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



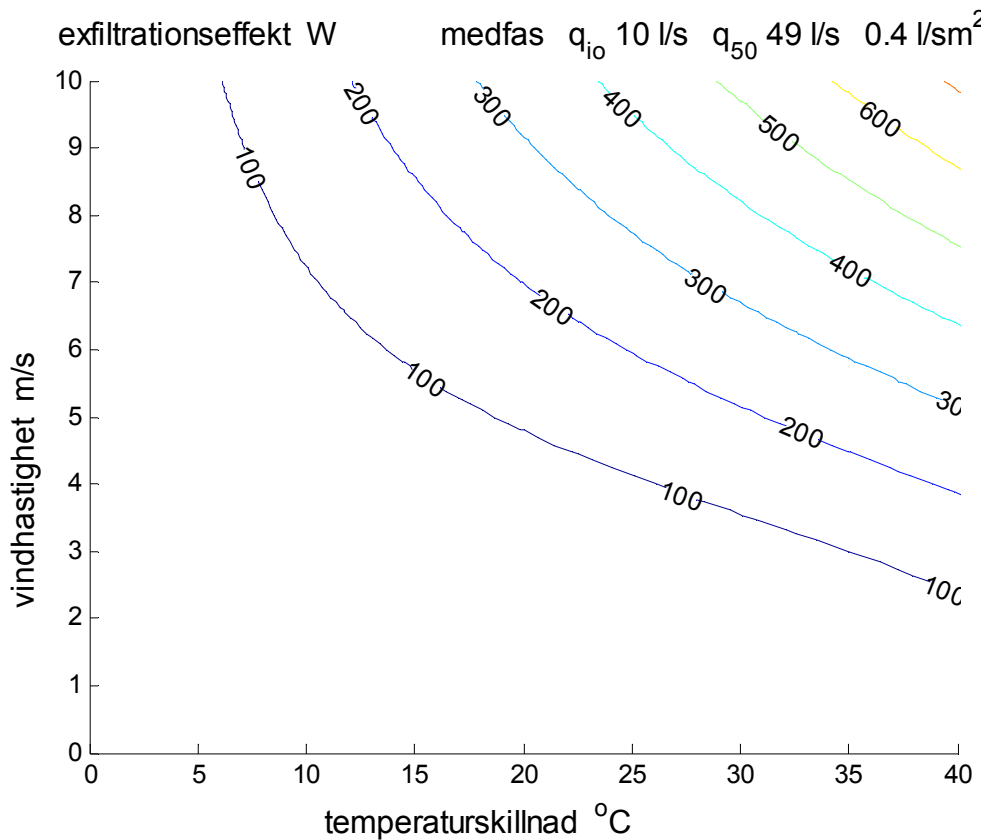
Figur 11.17 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



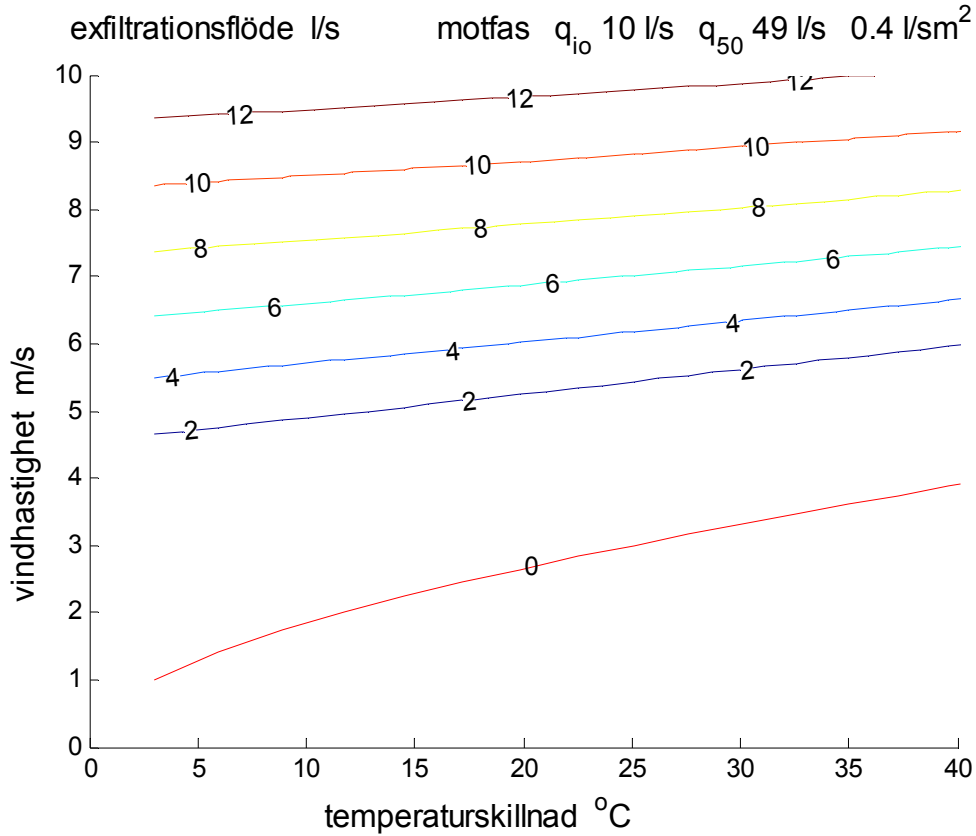
Figur 11.18 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.2 l/sm<sup>2</sup>.



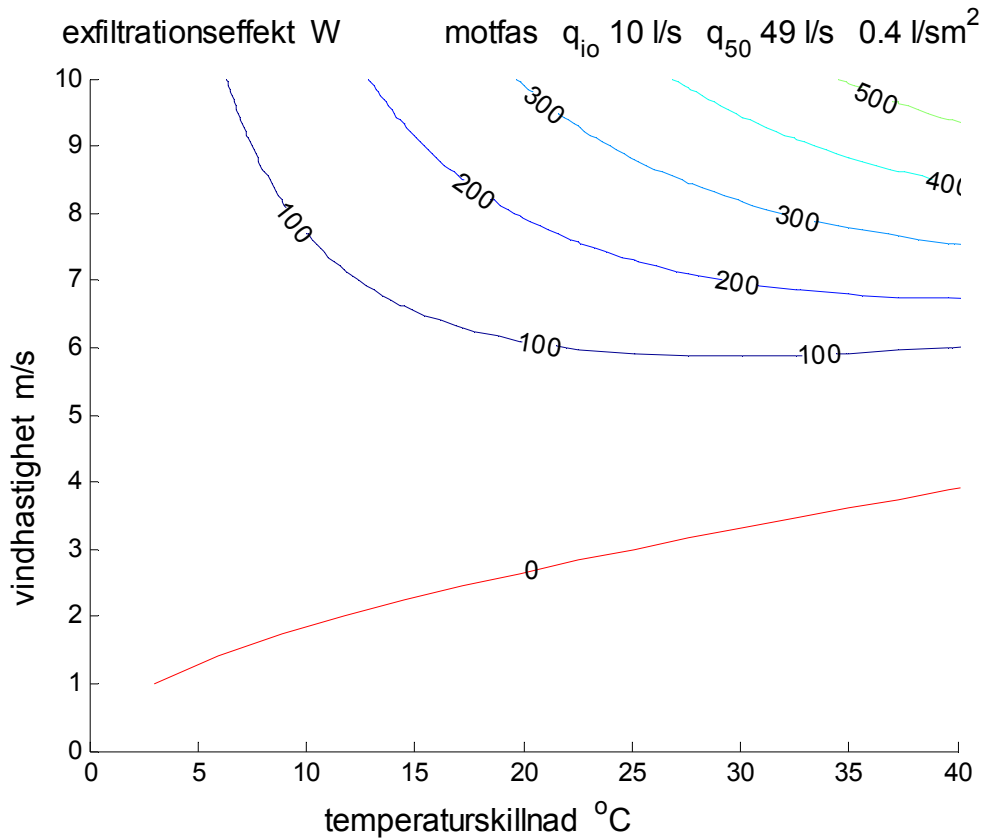
Figur 11.19 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



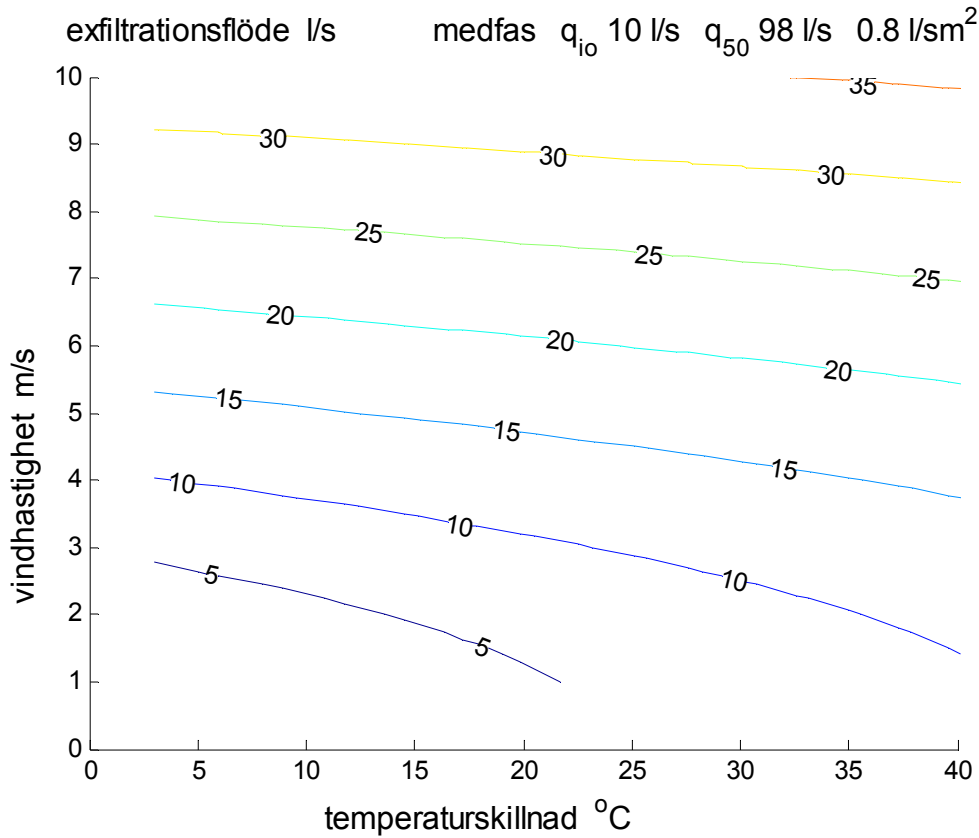
Figur 11.20 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



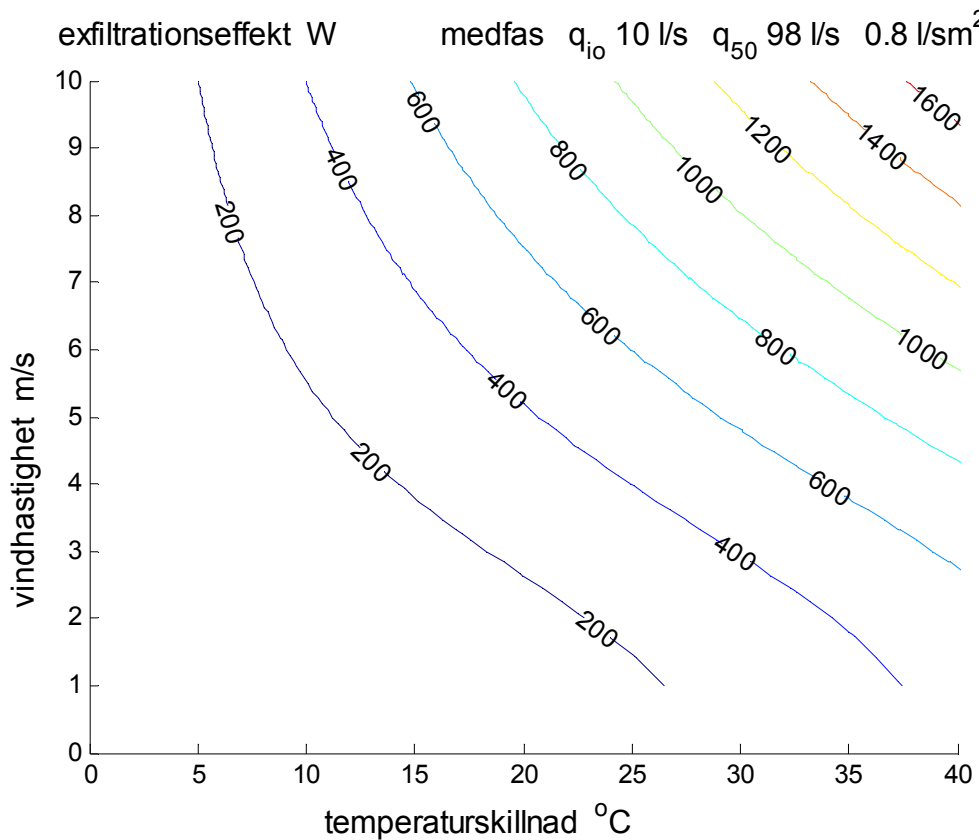
Figur 11.21 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



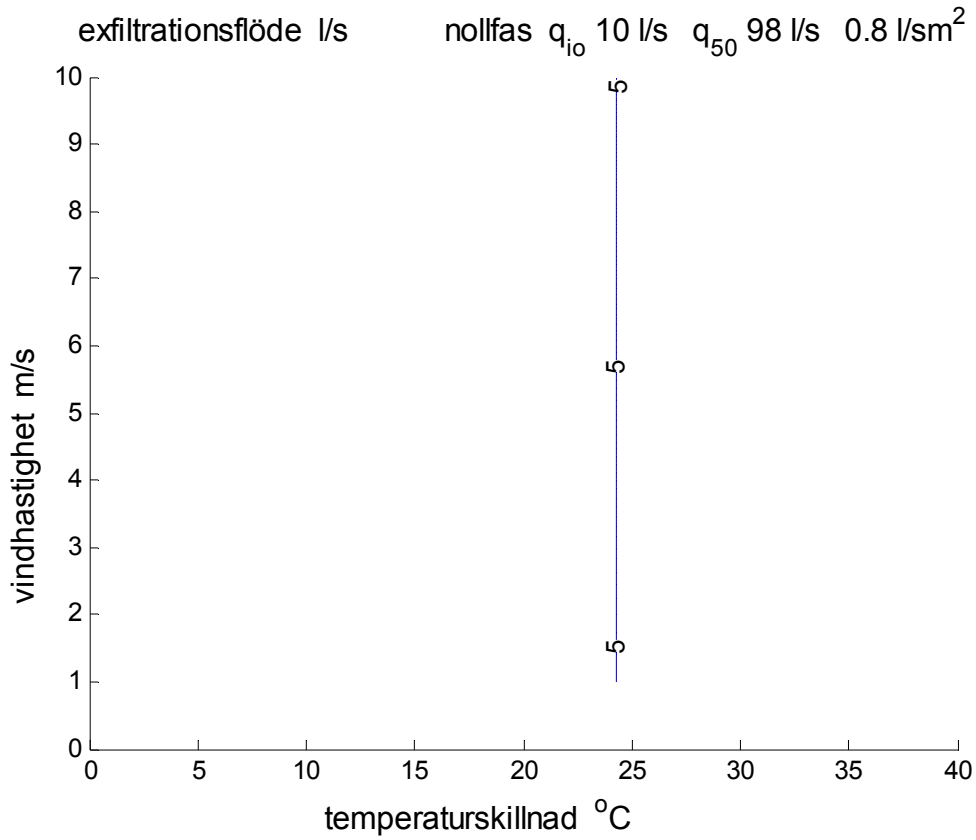
Figur 11.22 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.4 l/sm<sup>2</sup>.



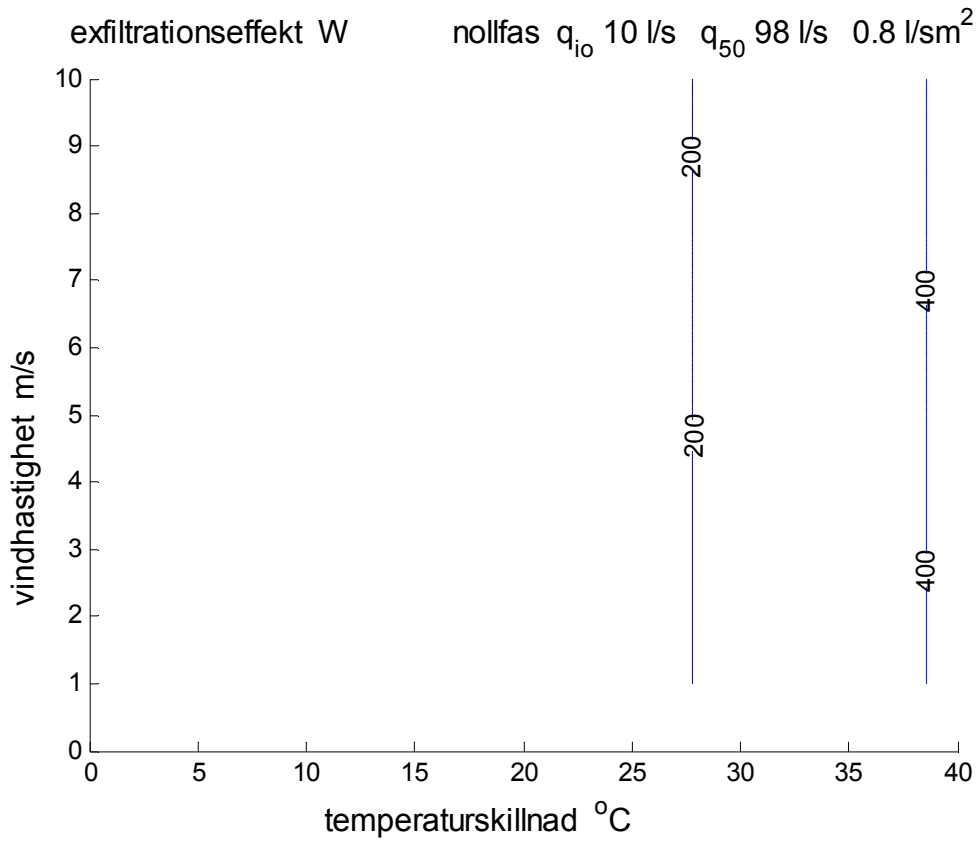
Figur 11.23 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



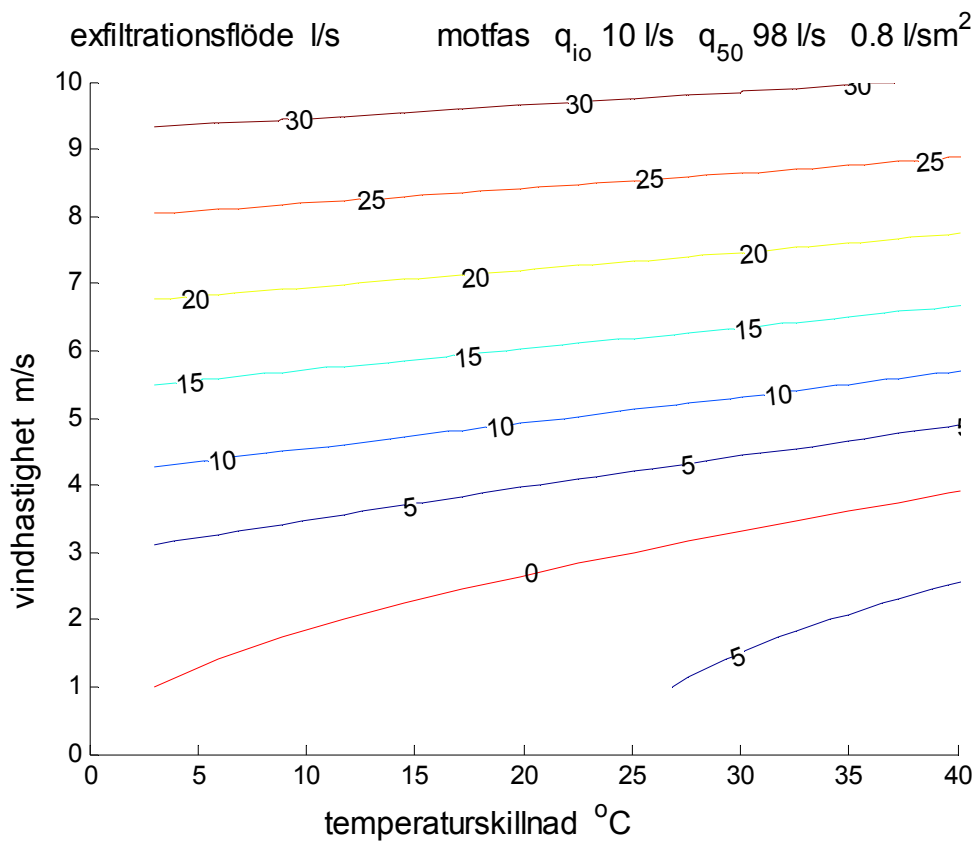
Figur 11.24 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



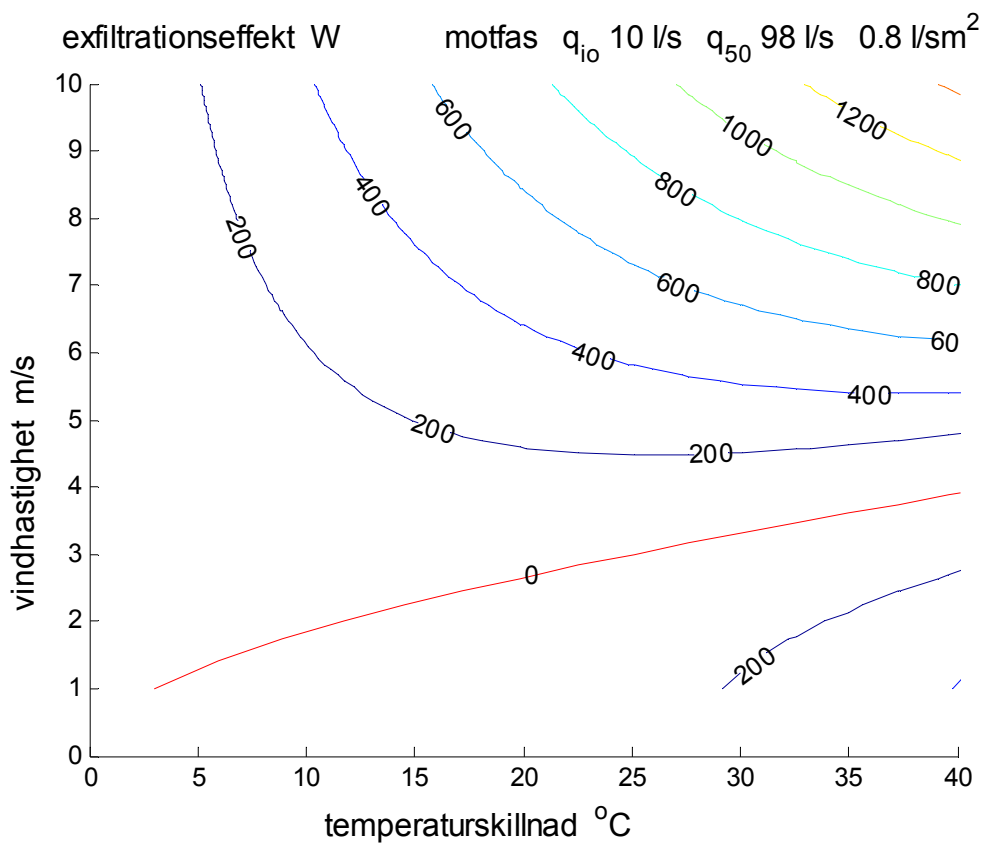
Figur 11.25 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



Figur 11.26 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



Figur 11.27 Exfiltrationsflöde som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.



Figur 11.28 Exfiltrationseffekt som funktion av temperaturskillnad, vindhastighet, 0.8 l/sm<sup>2</sup>.

## Dimensionerande lufttätthet

Obalansen mellan tilluft och frånluft, termisk tryckskillnad, vindtryck och byggnadens lufttätthet bestämmer infiltrationen och exfiltration. Detta har ingående undersökts i detta avsnitt. En naturlig frågeställning är följande: Vilken lufttätthet krävs om exfiltrationen skall förhindras för en given obalans mellan tilluft och frånluft för en given störtryckskillnad? Störtryckskillnaden består av en termisk del och en vind beroende del.

Lägsta lufttätthet krävs för ett fall där läckaget delas upp i två lika stora delar eller areor placerade nederst på lovartsidan och överst på läsidan för fallet med innetemperatur som är högre än utetemperaturen.

Kravet på ingen eller noll exfiltration kan skrivas som att hela obalansflödet passerar genom den nedre läckagearean med en tryckskillnad som är lika med hela den drivande störtryckskillnaden. Tryckskillnaden över den övre läckagearean är noll för att förhindra både infiltration och exfiltration. Detta ger följande samband:

$$\Delta p_s = 50 (q_o / (q_{50}/2))^n \quad (\text{Pa}) \quad (11.1)$$

där

$\Delta p_s$	störtryckskillnad, Pa
$q_o$	flödesobalans frånluft-tilluft, l/s
$q_{50}$	läckageflöde vid 50 Pa, l/s
$n$	flödesexponent för läckage, -

Ett allmännare fall är att kräva att exfiltrationsflödet  $q_e$  skall vara högst en faktor  $f > 0$  av obalansflödet. Exfiltrations- och infiltrationsflödet kan nu skrivas som  $q_e = f q_o$  respektive  $q_i = (1+f) q_o$ . Störtryckskillnaden delas upp som följer mellan inläckaget och utläckaget enligt (11.2) och kan förenklas till (11.3) som följer:

$$\Delta p_s = 50 (q_o / (q_{50}/2))^n (1+f)^n + 50 (q_o / (q_{50}/2))^n f^n \quad (\text{Pa}) \quad (11.2)$$

$$\Delta p_s = 50 (q_o / (q_{50}/2))^n [(1+f)^n + f^n] \quad (\text{Pa}) \quad (11.3)$$

Det sökta tillåtna luftläckflödet  $q_{50}$  kan efter omskrivning av (11.3) fås som:

$$q_{50} = 2 q_o (50/\Delta p_s)^{1/n} [(1+f)^n + f^n]^{1/n} \quad (\text{l/s}) \quad (11.4)$$

Ett sifferexempel med kvadratiska tryckförluster  $n=2$ , ingen exfiltration  $f=0$  och en störtryckskillnad  $\Delta p_s$  på 12.5 Pa ger att läckflödet  $q_{50}$  får vara högst fyra gånger obalansflödet  $q_o$ . Om exfiltrationen får vara lika med obalansflödet  $f=1$  blir det tillåtna läckaget en faktor  $4 \cdot 5^{0.5}$  eller  $80^{0.5}$  nästan nio gånger obalansflödet  $q_o$ . Obalansen för det aktuella fallet är 10 l/s och för de två fallen ovan blir läckflödeskravet eller lufttätthetskravet 40 l/s respektive 89 l/s. Provtryckning av sex radhusenheter gav läckageflöden mellan 113 till 189 l/s. Detta innebär att en störtryckskillnad på 12.5 Pa, kvadratiska tryckförluster och ett exfiltrationsflöde på 0 eller 10 l/s inte klaras av med de uppmätta läckageflödena.



Den relativa flödeskvoten  $q_{50}/q_o$  redovisas som funktion av den relativa störtryckskillnadskvoten  $\Delta p_s/50$  och med y-axeln flödesexponent  $n$  i Figur 11.29 för  $f=0$  och i Figur 11.30 för  $f=1$  samt med y-axeln flödesfaktorn  $f$  i Figur 11.31 för  $n=1$  och i Figur 11.32 för  $n=2$ .

Vilket läckageflöde som kan tillåtas för att klara ett fall med given störtryckskillnad, givet obalansflöde, givet exfiltrationsflöde och given flödesexponent (1.0, 1.5 och 2.0) redovisas i Tabell 11.1. Samma redovisning redovisas i Tabell 11.2, där läckageflödet är givet och motsvarande störtryckskillnad är sökt.

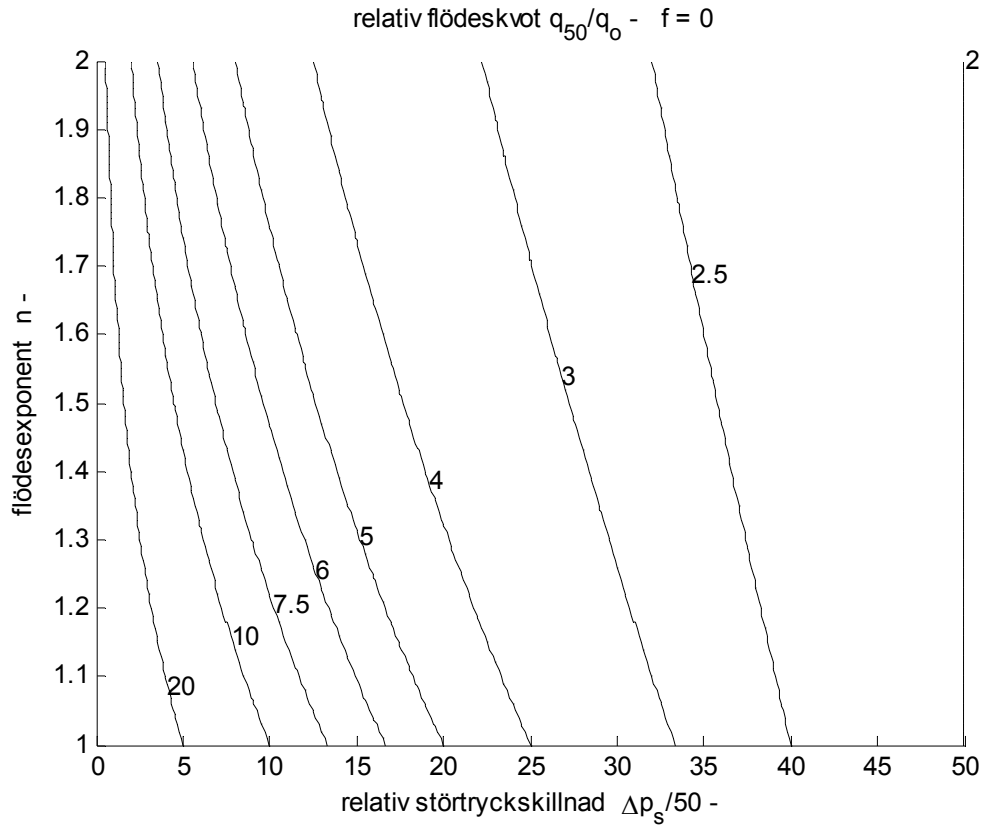
Tabell 11.1 Läckageflöde  $q_{50}$  för olika exfiltrationsflöde och störtryckskillnad  $\Delta p_s$  Pa

obalansflöde $q_o$ l/s	flödesexponent $n$	exfiltrationsflöde $q_e$ l/s	störtryckskillnad $\Delta p_s$ Pa	läckageflöde $q_{50}$ l/s
10	1.0	0	5	200.00
10	1.0	0	10	100.00
10	1.0	0	20	50.00
10	1.0	10	5	600.00
10	1.0	10	10	300.00
10	1.0	10	20	150.00
10	1.5	0	5	92.83
10	1.5	0	10	58.48
10	1.5	0	20	36.84
10	1.5	10	5	227.18
10	1.5	10	10	143.12
10	1.5	10	20	90.16
10	2.0	0	5	63.25
10	2.0	0	10	44.72
10	2.0	0	20	31.62
10	2.0	10	5	141.42
10	2.0	10	10	100.00
10	2.0	10	20	70.71

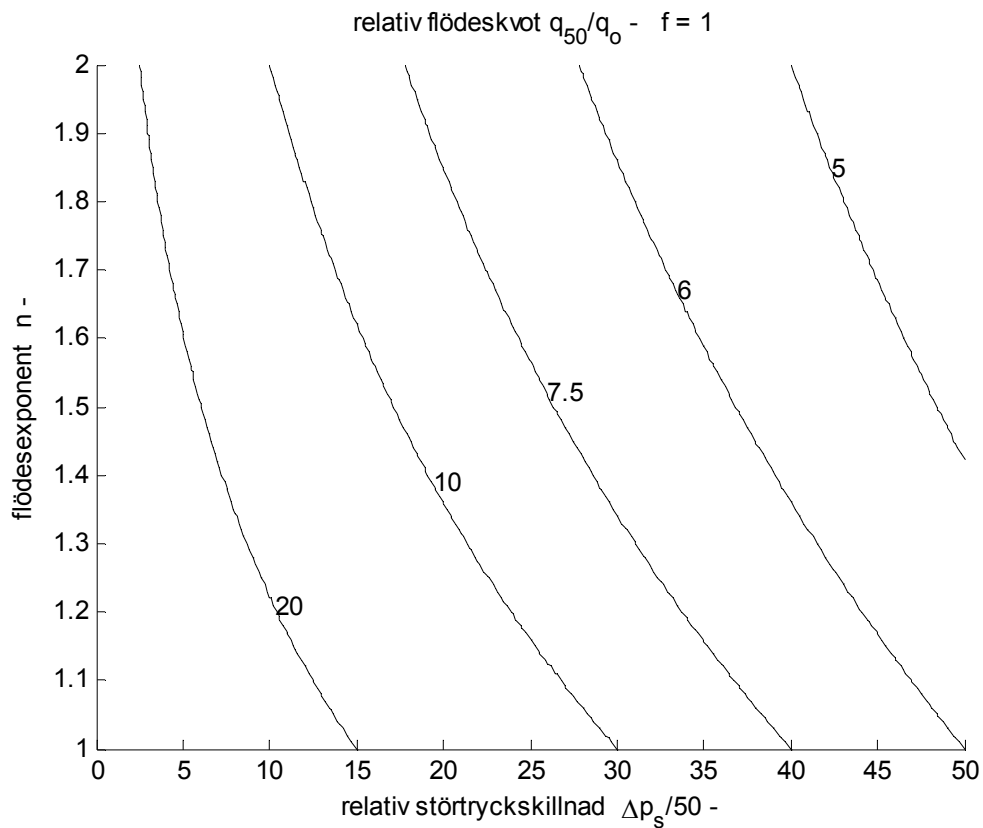
Tabell 11.2 Störtryckskillnad  $\Delta p_s$  Pa för olika exfiltrationsflöde och läckageflöde.

obalansflöde $q_o$ l/s	flödesexponent $n$	exfiltrationsflöde $q_e$ l/s	läckageflöde $q_{50}$ l/s	störtryckskillnad $\Delta p_s$ Pa
10	1.0	0	50	20.00
10	1.0	0	100	10.00
10	1.0	0	200	5.00
10	1.0	10	50	60.00
10	1.0	10	100	30.00
10	1.0	10	200	15.00
10	1.5	0	50	12.65
10	1.5	0	100	4.47
10	1.5	0	200	1.58
10	1.5	10	50	48.43
10	1.5	10	100	17.12
10	1.5	10	200	6.05
10	2.0	0	50	8.00
10	2.0	0	100	2.00
10	2.0	0	200	0.50
10	2.0	10	50	40.00
10	2.0	10	100	10.00
10	2.0	10	200	2.50

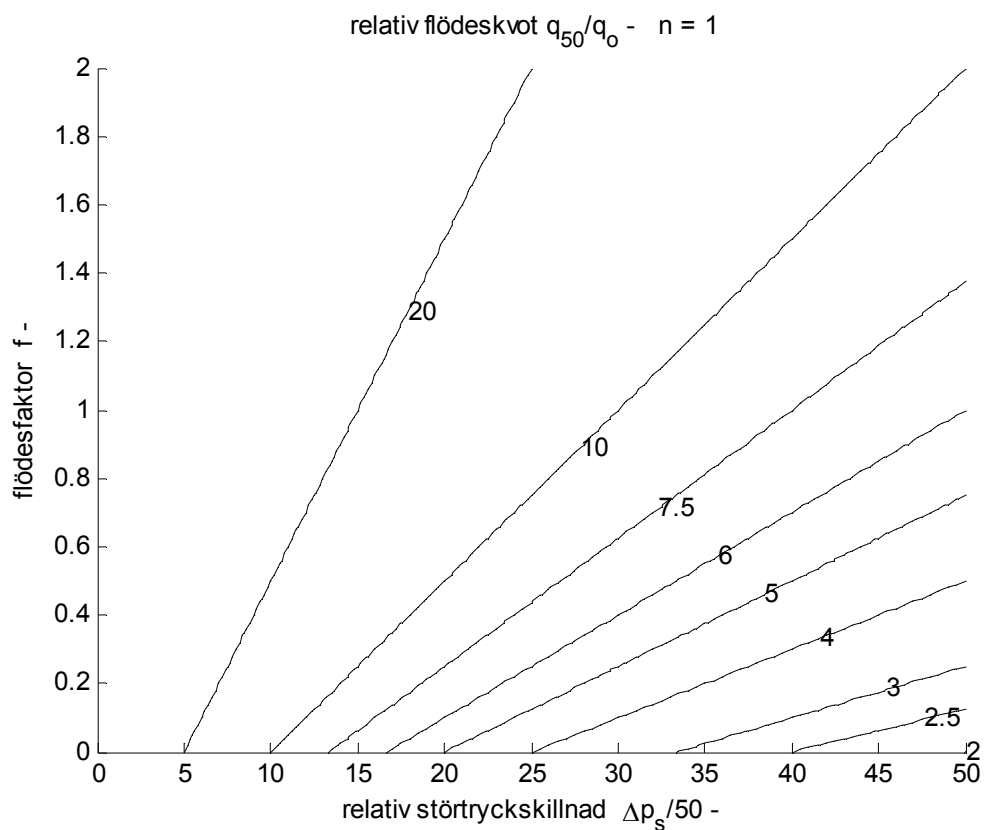
Både Tabell 11.1-2 och Figur 11.29-32 visar att det krävs en god lufttätethet om måttliga störtryckskillnader skall kunna klaras av utan exfiltration eller begränsad med exfiltration.



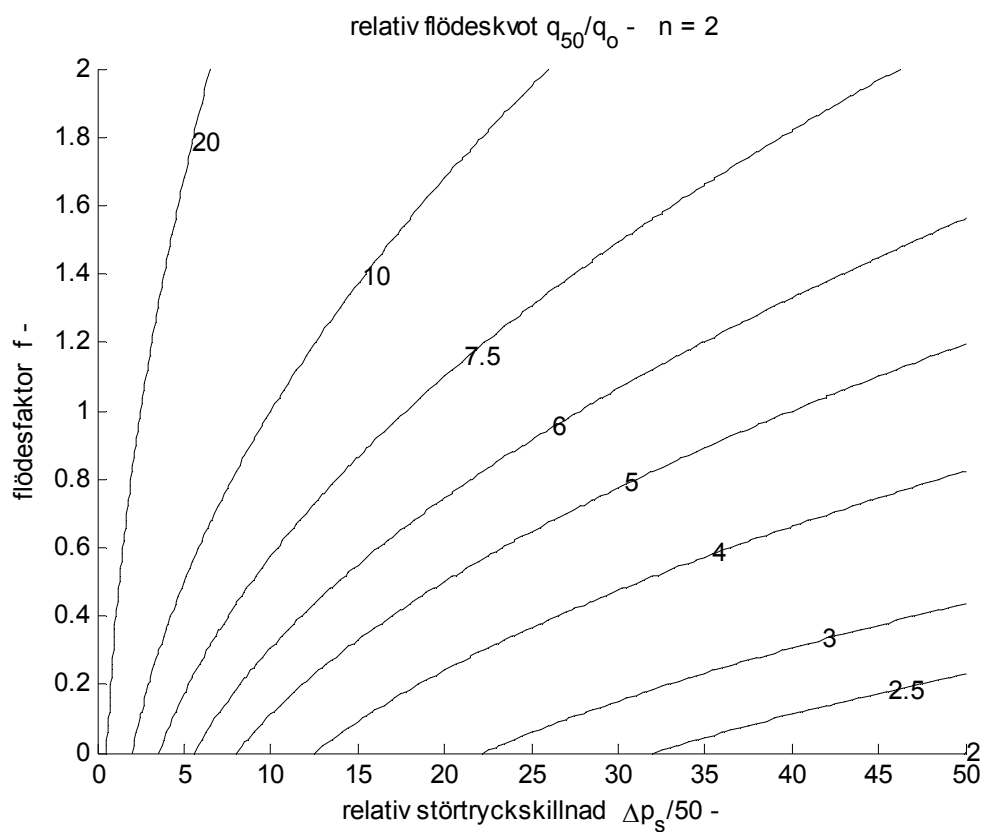
Figur 11.29 Kvoten  $q_{50}/q_0$  som funktion av kvoten  $\Delta p_s/50$  och flödesexponenten  $n$  för  $f=0$ .



Figur 11.30 Kvoten  $q_{50}/q_0$  som funktion av kvoten  $\Delta p_s/50$  och flödesexponenten  $n$  för  $f=1$ .



Figur 11.31 Kvoten  $q_{50}/q_0$  som funktion av kvoten  $\Delta p_s/50$  och faktor  $f$  för exponenten  $n=1$ .



Figur 11.32 Kvoten  $q_{50}/q_0$  som funktion av kvoten  $\Delta p_s/50$  och faktor  $f$  för exponenten  $n=2$ .

## 12 Sammanfattning och slutsatser

En enklare sammanställning av resultatet för de sexton radhusenheterna, de två radhuslängorna och alla radhus sammantaget redovisas i Tabell 12.1 för energier, Tabell 12.2-6 för inneklimat dock inte husvis utan endast husgrupper och i Tabell 12.7 för tappvatten. Ingen jämförelse görs med mätperiod 2007, eftersom boendegraden var 0.57 för A-husen och 0.27 för B-husen. Skillnaden i köpt energi mellan A-hus och B-hus undersöks sist.

### Energimål

Målet för köpt energi mellan 65 till 95 kWh/m<sup>2</sup> nås totalt av åtta hus varav sex är B-hus. Den undre gränsen 65 kWh/m<sup>2</sup> har dock inte beaktats. Visningshuset B6 och hus B2 har lägre förbrukningar på 41 respektive 64 kWh/m<sup>2</sup>. Medelvärdet för alla hus ligger på 92.90 kWh/m<sup>2</sup>, men om visningshuset B6 med 40.83 kWh/m<sup>2</sup> räknas bort fås 96.37 kWh/m<sup>2</sup>. Om hushållsenergi inte skall ingå klarar alla hus utom hus A5 kravet på 95 kWh/m<sup>2</sup> som för kravet i BBR med 110 kWh/m<sup>2</sup> för södra Sverige. Någon form av normalårskorrigerings har inte gjorts.

Tabell 12.1 Mätta årsenergier kWh/m<sup>2</sup> och boendegrad

hus	totalt kWh/m <sup>2</sup>	fastighetsel kWh/m <sup>2</sup>	hushållsel kWh/m <sup>2</sup>	radiator kWh/m <sup>2</sup>	varmvatten kWh/m <sup>2</sup>	boendegrad -
A1	95.45	60.70	34.75	16.83	28.52	1.00
A2	100.64	65.95	34.69	100.44	30.39	1.00
A3	89.87	59.18	30.69	8.39	29.80	1.00
A4	92.71	60.11	32.60	2.36	45.31	1.00
A5	142.00	97.26	44.74	23.37	32.09	1.00
A6	110.38	74.11	36.27	13.60	33.13	1.00
A7	108.01	76.69	31.32	7.56	21.91	1.00
A8	102.40	62.52	39.89	20.13	29.10	1.00
B1	121.49	63.60	57.90	0.04	53.62	1.00
B2	63.76	40.99	22.77	25.56	16.46	1.00
B3	82.81	37.06	45.75	0.63	15.96	1.00
B4	65.10	42.39	22.71	29.80	7.15	0.94
B5	84.94	44.82	40.12	28.54	25.56	0.52
B6	40.83	39.74	1.09	27.89	0.08	0.00
B7	106.40	48.79	57.61	23.26	43.35	1.00
B8	79.52	36.07	43.44	27.60	20.74	1.00
A	105.18	69.57	35.62	24.08	31.28	1.00
B	80.61	44.18	36.42	20.41	22.87	0.81
AB	92.90	56.87	36.02	22.25	27.07	0.90

Hushållselförbrukningen varierar något inom A-husen och något mer inom B-husen. En schablonciffr för hushållsel är 3000 kWh per hushåll och år, vilket kan räknas om till 24 kWh/m<sup>2</sup> för bostadsytan 126 m<sup>2</sup>. Medelvärdet för alla hus sammantaget är 36 kWh/m<sup>2</sup>. Radiatorenergierna varierar betydligt. Värdet 100 kWh/m<sup>2</sup> för hus A2 verkar högt.

Nuvarande krav enligt BBR med 110 kWh/m<sup>2</sup> för köpt energi exklusive hushållsel uppfylls av samtliga sexton hus, vilka alla ligger under 100 kWh/m<sup>2</sup>. Medelvärdet för alla hus är 57 kWh/m<sup>2</sup>.

Slutsatsen är att energimålet om högst 95 kWh/m<sup>2</sup> köpt energi uppfylls för femton hus utom ett hus om hushållsenergi inte skall ingå. Om hushållsenergin skall räknas med klarar två A-hus och sex B-hus kravet om 95 kWh/m<sup>2</sup>.

## Lufttäthetsmål

Obalansen mellan tilluft och frånluft, termisk tryckskillnad, vindtryck och byggnadens lufttät-het bestämmer infiltrationen och exfiltration. Detta har ingående undersökts i avsnitt 11. En naturlig frågeställning är följande: Vilken lufttät-het krävs om exfiltration skall förhindras eller begränsas för en given obalans mellan tilluft och frånluft för en given störtryckskillnad?

Störtryckskillnaden består av en termisk del och en vind beroende del. Antag att störtryckskillnaden sätts till 12.5 Pa och att läckaget delas upp i två lika stora areor med kvadratiska tryckförluster. Obalansen för det aktuella fallet är 10 l/s. Om exfiltration skall förhindras helt blir läckflödeskravet eller lufttäthetskravet 40 l/s vid en tryckskillnad på 50 Pa. Om exfiltration tillåts vara lika stor som obalansen 10 l/s blir läckflödeskravet eller lufttäthetskravet 89 l/s vid en tryckskillnad på 50 Pa. De uppmätta läckageflödena från provtryckningar av sex hus är 113 till 189 l/s. Slutsatsen är att exfiltration inte kan förhindras för de aktuella husen om dess läckor fördelas i två areor med kvadratiska tryckförluster.

En följdfråga är följande: Vilken störtryckskillnad kan förhindra exfiltration för bästa och sämsta hus lufttäthetsmässigt? Gränsen är 1.57 Pa för bästa hus med läckaget 113 l/s och 0.56 Pa för sämsta hus med läckage 189 l/s. Detta är ytterst små tryckskillnader, vilka kan fås med enbart vindtryck för 1.6 m/s respektive 1.0 m/s. Motsvarande tryckskillnader kan fås över 5 m (två plan), innetemperatur 20 °C och utetemperatur på 12.4 °C respektive 17.2 °C, vilket är ytterst små temperaturskillnader om 7.6 °C respektive 2.8 °C.

Slutsatsen är därför att exfiltration knappast kan förhindras i någon större utsträckning med den aktuella obalansen om 10 l/s och luftläckaget om 113 till 189 l/s. Kravet i BBR om högst 0.6 l/sm<sup>2</sup> kan räknas om till läckageflöde för en radhusenhets alla sex ytor 183 l/s för 306 m<sup>2</sup> där mellanväggar ingår, för gavelhus utan mellanvägg 151 l/s för 252 m<sup>2</sup> och för mitthus utan mellanväggar 79 l/s för 132 m<sup>2</sup>. Kravet i BBR kan uppfyllas av de sex provtryckta husen om alla sex ytor tas med. Detta visar också att kravet i BBR inte förhindrar exfiltration.

En udda lösning kan vara att öka obalansen en faktor 2 eller 3 till 20 respektive 30 l/s. Motsvarande störtryckskillnader som inte ger exfiltration är för ett hus med läckaget 150 l/s vid 50 Pa är 3.56 respektive 8.0 Pa, vilket kan räknas om till vindhastighet 2.4 respektive 3.6 m/s eller utetemperatur om 3.3 °C respektive -15.1 °C.

## Inneklimatmål

Järingeprojektets syfte som berör inneklimatet anges på sidan 5 att *minimera byggnadens energianvändning utan att göra avkall på de boendes bekvämlighet och komfort samtidigt som ett bra inomhusklimat skapas* och på sidan 7 ta reda på om *inneklimatet blev bättre än vid traditionellt byggande*.

Möjligheten att bedöma inneklimatet för en radhuslägenhet med en enda mätpunkt, frånluftstemperaturen är begränsad. Frånluftsdonen är placerade i eller nära taknivå och ger en något högre temperatur än på halva rumshöjden som skattas till högst 0.5 °C. Frånluftstemperaturen har tidigare redovisats i avsnitt 8 på ett flertal sätt. Temperaturspridning och frekvens redovisas i Tabell 12.2-6 som är utdrag från Tabell 7.1-5 för husgrupperna A, B och AB.

Medelvärde för vinterfallet enligt Tabell 12.2 för A-husen och B-husen är 22.57 °C respektive 20.68 °C och om visningshus B6 utesluts fås för övriga B-hus 21.12 °C. Skillnaden på 1.45 °C är betydande. Medelvärde för sommarfallet är för A-husen 24.05 °C och för B-husen 23.93 °C och om visningshuset B6 utesluts ändras medelvärdet för övriga B-hus till 24.05 °C. Skillnaden mellan de två husgrupperna är därför noll för sommarfallet.

Medelvärden kan dölja stora variationer. En normalfördelad variabel fördelar sig förenklat med 1/6 av utfallet en standardavvikelse under medelvärdet, 1/6 av utfallet en standardavvikelse över medelvärdet och resterande 2/3 högst en standardavvikelse från medelvärdet.

Gränsen för sommarfallets varma sjättedel (medelvärde+standardavvikelse) och gränsen för vinterfallets kalla sjättedel (medelvärde-standardavvikelse) har räknats fram och redovisas också i Tabell 12.2 tillsammans med tid i h över året för de två ytterlighetsfallen. Gränsen för sommarfallets varma sjättedel är 26.18 °C för A-husen och 25.95 °C för B-husen och motsvarande tid i h är 687 respektive 604 h, vilket avrundat blir 29 respektive 25 dygn. Gränsen för vinterfallets kalla sjättedel är 21.49 °C för A-husen och 19.18 °C för B-husen och motsvarande tid över året är 630 respektive 652 h, vilket avrundat blir 26 respektive 27 dygn.

Redovisning med olika temperaturgränser för varje radhusenhet eller grupp av radhus som i Tabell 12.2 kan vara något svåröverskådlig. Ett bättre sätt kan vara att förberäkna frekvensen eller antalet timmar under året för varje radhus eller grupp av radhus för temperaturgränser för komfort och olägenhet för hälsa.

Sommarfallet redovisas i Tabell 12.3 och 12.4 med slutna respektive halvöppna intervall. Tabell 12.3 visar att medelvärdet för samtliga hus ligger i intervallet 26-28 °C, 28-30 °C och > 30 °C under 578, 157 respektive 17 h. Tabell 12.4 visar att med öppna intervall > 26 °C, > 28 °C och > 30 °C fås varaktigheterna 752, 174 respektive 17 h. Slutsatsen är att frånluftstemperaturen ligger över 26 °C mer än vad som kan benämnas kortvarigt både för kravet olägenhet för människors hälsa och riktlinje för termiskt klimat för högsta kvalitetsklass.

Vinterfallet redovisas i Tabell 12.5 och 12.6 på liknande sätt som sommarfallet. Tabell 12.5 och 12.6 visar att medelvärdet för frånluftstemperaturen för A-hus och B-hus är <18 °C under 32 h respektive 545 h och är < 20 °C under 135 h respektive 1763 h. Slutsatsen är att B-husen är kallare än A-husen. Visningshus B6 drar dock ner värdet för B-husgruppen.

Slutsatsen är vidare att frånluftstemperaturen för husen B3-6 enligt Tabell 7.5 är  $< 20\text{ °C}$  längre tid än vad som kan benämnas kortvarigt för riktlinje för termiskt klimat för högsta kvalitetsklass. Gränsen för olägenhet för människors hälsa  $18\text{ °C}$  underskrids mellan 200 och 600 h för hus A7, B3, B4 och B5. Det obebodda visningshuset B6 ligger under gränsen  $18\text{ °C}$  2850 h.

En synpunkt är att höga temperaturer sommartid utan uppvärmning kan skapa en tillvändning och kan därmed försvåra att hålla en låg temperatur under vintertid, vilket ökar energianvändningen.

Tabell 12.2 Medelvärde  $^{\circ}\text{C}$  och standardavvikelse  $^{\circ}\text{C}$  för frånluftstemperatur för utetemperatur  $< 10\text{ °C}$  och  $> 10\text{ °C}$  samt gränser och tid i h för varmare sommarfall och kallare vinterfall

hus	m $^{\circ}\text{C}$ > 10 $^{\circ}\text{C}$	m $^{\circ}\text{C}$ < 10 $^{\circ}\text{C}$	$\sigma$ $^{\circ}\text{C}$ > 10 $^{\circ}\text{C}$	$\sigma$ $^{\circ}\text{C}$ < 10 $^{\circ}\text{C}$	m+ $\sigma$ $^{\circ}\text{C}$ > 10 $^{\circ}\text{C}$	t <sub>&gt;m+<math>\sigma</math></sub> h > 10 $^{\circ}\text{C}$	m- $\sigma$ $^{\circ}\text{C}$ < 10 $^{\circ}\text{C}$	t <sub>&gt;m-<math>\sigma</math></sub> h < 10 $^{\circ}\text{C}$
A	24.50	22.57	1.68	1.08	26.18	687	21.49	630
B	23.93	20.68	2.02	1.50	25.95	604	19.18	652
AB	24.21	21.62	1.85	1.29	26.06	645	20.33	641

Tabell 12.3 Frekvens i h för olika slutna frånluftstemperaturintervall - sommarfall

hus	18-20 $^{\circ}\text{C}$	20-22 $^{\circ}\text{C}$	22-24 $^{\circ}\text{C}$	24-26 $^{\circ}\text{C}$	26-28 $^{\circ}\text{C}$	28-30 $^{\circ}\text{C}$	> 30 $^{\circ}\text{C}$
A	86	1516	4062	2206	640	200	18
B	1143	2352	2515	1579	516	114	16
AB	614	1934	3289	1893	578	157	17
ute	547	425	303	214	138	80	156

Tabell 12.4 Frekvens i h för olika halvöppna frånluftstemperaturintervall - sommarfall

hus	> 18 $^{\circ}\text{C}$	> 20 $^{\circ}\text{C}$	> 22 $^{\circ}\text{C}$	> 24 $^{\circ}\text{C}$	> 26 $^{\circ}\text{C}$	> 28 $^{\circ}\text{C}$	> 30 $^{\circ}\text{C}$
A	8728	8643	7126	3064	858	218	18
B	8235	7092	4740	2225	646	130	16
AB	8482	7867	5933	2644	752	174	17
ute	1864	1316	891	588	373	235	156

Tabell 12.5 Frekvens i h för olika slutna frånluftstemperaturintervall - vinterfall

hus	< 14 $^{\circ}\text{C}$	14-15 $^{\circ}\text{C}$	15-16 $^{\circ}\text{C}$	16-17 $^{\circ}\text{C}$	17-18 $^{\circ}\text{C}$	18-19 $^{\circ}\text{C}$	19-20 $^{\circ}\text{C}$
A	8	7	6	8	4	15	88
B	28	52	83	187	194	352	866
AB	18	29	45	97	99	184	477
ute	5487	383	342	384	337	293	243

Tabell 12.6 Frekvens i h för olika halvöppna frånluftstemperaturintervall - vinterfall

hus	< 14 °C	< 15 °C	< 16 °C	< 17 °C	< 18 °C	< 19 °C	< 20 °C
A	8	15	21	28	32	47	135
B	28	80	163	351	545	897	1763
AB	18	47	92	189	289	472	949
ute	5487	5870	6212	6596	6932	7225	7468

## Tappvattenförbrukning

Medelvärdet för varmvattenenergiförbrukningen för A- och B-husen är 31 respektive 23 kWh/m<sup>2</sup> enligt Tabell 12.7. En schablonsiffra för varmvatten är 3000 kWh per hushåll och år, vilket kan räknas om till 24 kWh/m<sup>2</sup> för bostadsytan 126 m<sup>2</sup>. Om schablonsiffran höjs till 4000 kWh per hushåll och år fås jämförelsesiffran 32 kWh/m<sup>2</sup>. Den lägre boendegraden för B-husen förklarar en del av skillnaden och en uppskalning till boendegrad ett ger 28 kWh/m<sup>2</sup>.

En annan schablonsiffra för tappvatten är 150 m<sup>3</sup> per hushåll och år, vilket i sin tur kan räknas om till 1.19 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Medelvärdet för A- och B-husen är 1.49 respektive 0.98 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Tabell 12.7 Mätt tappvattenförbrukning/m<sup>2</sup>, varmvattenandel och boendegrad

hus	varmvatten kWh/m <sup>3</sup>	tappvatten m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	varmvatten m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kallvatten m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	varmvatten- andel -	boendegrad -
A1	28.52	1.56	0.54	1.01	0.35	1.00
A2	30.39	1.38	0.58	0.80	0.42	1.00
A3	29.80	1.24	0.57	0.67	0.46	1.00
A4	45.31	2.22	0.87	1.35	0.39	1.00
A5	32.09	1.45	0.61	0.84	0.42	1.00
A6	33.13	1.48	0.63	0.85	0.43	1.00
A7	21.91	1.22	0.42	0.8	0.34	1.00
A8	29.10	1.39	0.56	0.84	0.40	1.00
B1	53.62	1.79	1.02	0.77	0.57	1.00
B2	16.46	0.88	0.31	0.57	0.36	1.00
B3	15.96	0.72	0.30	0.41	0.42	1.00
B4	7.15	0.34	0.14	0.21	0.40	0.94
B5	25.56	1.14	0.49	0.66	0.43	0.52
B6	0.08	0.00	0.00	0.00	-	0.00
B7	43.35	1.77	0.83	0.94	0.47	1.00
B8	20.74	1.20	0.40	0.80	0.33	1.00
A	31.28	1.49	0.60	0.90	0.00	1.00
B	22.87	0.98	0.44	0.55	0.45	0.81
AB	27.07	1.24	0.52	0.72	0.43	0.90



## Skillnad mellan A-hus och B-hus

A-husen har en högre total energiförbrukning både inklusive och exklusive hushållselförbrukning enligt Tabell 12.1. Skillnaden är 24.57 kWh/m<sup>2</sup> respektive 25.39 kWh/m<sup>2</sup>. Hushållselförbrukningen är rätt lika med 35.62 kWh/m<sup>2</sup> för A-hus och 36.42 kWh/m<sup>2</sup> för B-hus.

Syftet med detta underavsnitt är att göra en ytterst enkel uppskattning av vad som skiljer mellan A-hus och B-hus. Skillnaden mellan A-hus och B-hus avrundas till 25 kWh/m<sup>2</sup> och kan delvis förklaras med följande:

- Högre frånlufttemperatur i A-hus än i B-hus
- Högre boendegrad i A-hus än i B-hus
- Större fasadyta för A-hus med parvis förskjutning av radhusenheter
- Mindre fönsteryta för A-hus åt sydväst än för B-hus
- Högre varmvattenbehov för A-hus än för B-hus
- Hus B1 och B2 har solvärmesystem

Frånlufttemperaturen är för vinterfallet 1.89 °C högre i A-hus än i B-hus enligt Tabell 12.2. Skillnaden i ventilationsvärmebehov kan skattas med det specifika ventilationsvärmebehovet på 72 W/K för flödet 60 l/s. Drifftiden sätts förenklat till 5000 h, vilket ger ett ökat ventilationsvärmebehov på formen:

$$72 \cdot 1.89 \cdot 5000 / 126 \cdot 1000 \text{ kWh/m}^2 = 5.4 \text{ kWh/m}^2$$

Den specifika transmissionsvärmeförlusten är 55 W/K för A-hus och 52.5 W/K för B-hus. Medelvärdet på 53.75 W/K används. Drifftiden sätts förenklat till 5000 h, vilket ger ett ökat transmissionsvärmebehov på grund av en högre temperatur i A-hus än i B-husen på formen:

$$53.75 \cdot 1.89 \cdot 5000 / 126 \cdot 1000 \text{ kWh/m}^2 = 4.0 \text{ kWh/m}^2$$

Skillnaden i specifikt transmissionsvärmebehov på 2.5 W/K mellan A-hus och B-hus ökar transmissionsvärmebehovet. Om antalet gradtimmar sätts till 100000 °Ch kan det ökade transmissionsvärmebehovet skattas som:

$$2.5 \cdot 100000 / 126 \cdot 1000 \text{ kWh/m}^2 = 2.0 \text{ kWh/m}^2$$

Fönsterytan är omkastad mellan sydväst och nordost för A-hus och B-hus. Glasytan åt sydväst är 4.5 m<sup>2</sup> för A-hus och 7.2 m<sup>2</sup> för B-hus. Skillnaden i fönsteryta är 2.7 m<sup>2</sup>. Solvärmestillskottet för direkt instrålning (diffus instrålning är lika) kan beräknas till 360 kWh/m<sup>2</sup> för sydvästfasad (204°) och till 34 kWh/m<sup>2</sup> för nordost (24°). Den direkta instrålning har skalats ner till 1500 soltimmar utav möjliga 4380 h. Skillnaden i instrålning mot de två fasaderna är 326 kWh/m<sup>2</sup>. Solinstrålningen minskas med en faktor 0.7 för genomgången av fönster. Skillnaden i solvärmestillskott mellan ett B-hus och ett A-hus kan skattas som:

$$0.7 \cdot 2.7 \cdot 326 / 126 = 4.9 \text{ kWh/m}^2$$

Skillnaden i varmvattenförbrukning enligt Tabell 12.7 är 8.41 kWh/m<sup>2</sup>, vilket kan förklaras med den lägre boendegraden för B-hus på 0.81. Uppskalning av B-hus till boendegrad ett som för A-hus ger en ökad varmvattenförbrukning för B-hus på 5.4 kWh/m<sup>2</sup> (22.87/0.81-22.87).

Solvärmesystemen i hus B1 och B2 ger ett uppmätt tillskott på 0.0 respektive 8.3 kWh/m<sup>2</sup>. Nollvärdet för B-hus är troligen mätfel, vilket tidigare har utretts i avsnitt 10. Antag att solvärmestillskottet kan sättas avrundat 8 kWh/m<sup>2</sup> för de två solvärmesystemen och fördelat på de åtta B-husen blir tillskottet 2 kWh/m<sup>2</sup>.

De olika uppräkningsarna av skillnaden kan sammanställas enligt Tabell 12.8 nedan.

Tabell 12.8 Skillnader mellan A-hus och B-hus

Skillnader mellan A-hus och B-hus	kWh/m <sup>2</sup>
Högre frånluftstemperatur ökat transmissionsvärmebehov	5.4
Högre frånluftstemperatur ökat ventilationsvärmebehov	4.0
Större fasadyta ökat transmissionsvärmebehov	2.0
Omkastad fönsteryta mellan fasader sydväst och nordost	4.9
Högre varmvattenvärmebehov med högre boendegrad	5.4
Solvärmesystem i två B-hus	2.0
Summa uppräkning	23.7

Summa uppräkning av B-hus till A-hus blir 23.7 kWh/m<sup>2</sup>. Den uppmätta skillnaden mellan A-hus och B-hus har tidigare angivits till 25 kWh/m<sup>2</sup>, men det är skillnad på skillnad i köpt energi och på den här i Tabell 12.8 skattade skillnaden i energi. Den köpta energin måste på något sätt räknas upp med någon värmefaktor.

Antag att värmefaktorn sätts till 2 för både A-hus och B-hus, vilket medför att den tidigare skillnaden i köpt energi om 25 kWh/m<sup>2</sup> blir en skillnaden i nyttig energi om 50 kWh/m<sup>2</sup>. Detta innebär att uppräkning enligt Tabell 12.8 endast täcker knappt halva skillnaden.

Antag att värmefaktorn är lägre för A-hus med FTVP-system än för B-hus med FTXVP-system. System FTXVP skiljer sig från system FTVP genom att ventilationsvärmeåtervinningen sker med en effektiv motströmsvärmeväxlare med en liten insats av fläktarbete. Om de två systemens värmefaktorer sätts till 2.0 för A-hus och 2.5 för B-hus och omräkning av fastighetsel i Tabell 12.1 69.57 kWh/m<sup>2</sup> för A-hus och 44.18 kWh/m<sup>2</sup> för B-hus till nyttig energi ger siffervärdena 139.14 kWh/m<sup>2</sup> och 110.45 kWh/m<sup>2</sup>. Skillnaden i nyttig energi är nu 28.69 kWh/m<sup>2</sup>.

Den här genomförda jämförelsen mellan A-hus och B-hus får ses som ett ytterst enkelt försök att visa på vad som kan förklara skillnader i köpt energi mellan A-hus och B-hus. Valet av den använda drifttiden 5000 h och gradtimmevärdet 100000 °Ch är grovt.

## Resultatsammanfattning

Resultatet kan kortfatta sammanfattas med punkterna nedan.

- Energimålet högst 95 kWh/m<sup>2</sup> köpt energi uppfylls av två A-hus och sex B-hus.
- Lufttäthet och den avsiktliga obalansen mellan tilluft och frånluft kan inte förhindra exfiltration vid låga vindhastigheter och temperaturskillnader.
- Frånluftstemperaturen är mer än kortvarigt över 26 °C under 600 h eller 25 dygn.
- Höga temperaturer sommartid utan uppvärmning kan skapa en tillvändning och kan därmed försvåra att hålla en låg temperatur under vintertid, vilket ökar energianvändningen.
- Skillnaden i köpt energi mellan A- och B-hus är 25 kWh/m<sup>2</sup>, vilket till en del kan förklaras med olika frånluftstemperatur, olika boendegrad, olika fasadyta, olika fönsterorientering, olika varmvattenförbrukning och att två B-hus har solvärmesystem.