

Brukarrelaterad energianvändning – Mätningar och analys av hushållsel och tappvarmvatten

Hans Bagge

Dennis Johansson

Lotti Lindström

Förord

Föreliggande rapport redovisar resultat från projektet THUVA II "Temperatur, HUshållsel och tappVAtten". Projektet har finansierats av SBUF och LÅGAN. SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, är byggbranschens egen organisation för forskning och utveckling och verkar för att utveckla byggprocessen så att det skapas bättre affärsmässiga förutsättningar för entreprenörer och installatörer att utnyttja forskning och driva utvecklingsarbete. LÅGAN, program för byggnader med mycket låg energianvändning, syftar till att stimulera energieffektiv ny- och ombyggnad, synliggöra en nationell marknad för byggnader med låg energianvändning samt bidra till ett brett nationellt utbud av leverantörer av produkter och tjänster och trygga beställare. Projektet THUVA II har utförts i samarbete med FoU-Väst som varit med i referensgruppen.

Lund i november 2014

Hans Bagge
Projektledare
Lunds Universitet
Byggnadsfysik LTH

Dennis Johansson
Lunds Universitet
Installationsteknik LTH

Lotti Lindstrie
WSP Byggprojektering
Karlstad

Innehåll

1	Introduktion	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	6
1.3	Exempel på resultat	6
2	Brukarrelaterad användning	8
2.1	Metod	8
2.2	Resultat och diskussion	10
2.2.1	Hushållsel	10
2.2.2	Tappvarmvatten	23
2.2.3	Låg-, hög- och mittanvändare av hushållsel och tappvarmvatten	26
3	Närvaro och brukarrelaterad energianvändning	32
3.1	Metod	32
3.2	Resultat	34
3.2.1	Medelvärden under hela mätperioden	34
3.2.2	Medelvärden under mätperiodens vardagar	36
3.2.3	Medelnärvaro under natten och medelanvändningar	38
3.2.4	Närvarons och hushållselens variation under dygnet	40
3.3	Diskussion	42
4	Brukarpåverkan på energianvändning för uppvärmning	44
4.1	Metod	44
4.2	Resultat	46
4.2.1	Passivhus 2 rok	47
4.2.2	Passivhus 3 rok	49
4.2.3	Standardhus 2 rok	51
4.2.4	Standardhus 3 rok	53

4.2.5 1960-talshus 2 rok	55
4.2.6 1960-talshus 3 rok	57
4.3 Diskussion	60
5 Analys av skillnader i årlig användning under en sexårsperiod	62
5.1 Metod	62
5.2 Resultat och diskussion	63
5.2.1 Hushållsel	63
5.2.2 Tappvarmvatten	73
6 Slutsatser	84

1 Introduktion

Lågenergibygnaders energiprestanda påverkas i stor utsträckning av brukarrelaterad energianvändning som är en stor andel av den totala energianvändningen. Uppmätt energianvändning är ofta väsentligt högre än den beräknade användningen till exempel på grund av felaktiga antaganden om brukarrelaterade energiposter. I lågenergihus är energianvändning för uppvärmning av tappvarmvatten i samma storleksordning som energianvändningen för uppvärmning av byggnaden, samtidigt som hushållselen är en viktig del av uppvärmningen av byggnaden genom internvärmestillskott. Det är därför uppenbart att för att kunna prediktera och verifiera både specifik energianvändning och uppvärmning av en byggnad är det viktigt att ha god kännedom om den brukarrelaterade energianvändningen. För att möjliggöra en bra projektering av lågenergibygnader är det därför viktigt att branschen har tillgång till bra statistik på brukarerelaterade användning, dess karakteristik och koppling till olika faktorer som till exempel närvaro. Inte minst är det viktigt att utreda hur olika brukare påverkar byggnadens totala energianvändning och specifika energianvändning som BBR ställer krav på.

Denna rapport presenterar:

- Hushållselanvändning i drygt 1000 lägenheter uppmätt under sex år.
- Tappvarmvattenanvändning i drygt 1000 lägenheter uppmätt under sex år.
- Karakteristik för låg-, hög- och mittenanvändare av hushållsel och tappvarmvatten.
- Hur hushållsel- och tappvarmvattenanvändning beror på närvaron i lägenheter.
- Hur specifik energianvändning i olika byggnader påverkas av olika brukare.
- Hur användningen i samma lägenhet och samma byggnad har varierat över en sexårsperiod.

1.1 Bakgrund

Framtidens byggnader kommer att ha mycket välisolerade klimatskal och till största del värmas av internvärme från brukare och hushållsel, och de brukarrelaterade energiposterna hushållsel och tappvarmvatten kommer att vara utslagsgivande för byggnadernas energiprestanda. Ett flertal forskningsrapporter och utvärderingar har visat att uppmätt energianvändning är mellan 50 och 100 % högre än den beräknade användningen. Även byggprojekt som under projekteringen haft tydliga energimål har under drift visat avvikelser på över 50 %. Felaktiga antaganden av brukarrelaterade energiposter och innetemperatur är faktorer som delvis har visat sig kunna vara orsaken till felaktiga energiberäkningar. Svebyprogrammet påpekar att referensdata för brukarrelaterade energiposter behöver uppdateras och kompletteras. Brist på referensdata och kunskap om hur olika brukande påverkar byggnadens energiprestanda innebär en risk för missvisande prognoser över energianvändning och feldimensionerade konstruktioner och system samt felaktiga investeringar.

För att möjliggöra bra projekteringar och verifieringar av framtidens byggnader behövs bra statistiska beskrivningar av brukarrelaterad energianvändning. Information om vad som karakteriserar exempelvis en höganvändare av hushållsel – är det ett hushåll som även använder mycket tappvarmvatten eller ett hushåll som bidrar till en låg specifik energianvändning genom mycket internvärme? Hur påverkar den faktiska kombinationen av olika användningar den specifika energianvändningen och hur mycket ska man ta höjd för detta i predikteringar? Om det är låg

uppmätt användning i en lägenhet under ett år, är det låg användning i samma lägenhet även efter fem år?

1.2 Syfte

Lågenergibyggnaers energianvändning påverkas i stor utsträckning av brukarrelaterad energianvändning och osäkerheter kring dessa leder till osäkerheter i projekteringen. Syftet med rapporten är att ge en bättre förståelse för de brukarrelaterade energiposterna och att förse branschen med resultat och referensdata för brukarrelaterad energianvändning och deras påverkan på den totala energianvändningen i byggnaden. Framförallt riktar sig rapporten till konsulter som arbetar med frågor relaterade till energianvändning i byggnader men rapportens resultat är angelägna för alla som på något sätt arbetar med frågor som berör energianvändning i den bebyggda miljön.

Det övergripande syftet konkretiseras genom följande delar som presenteras i rapporten:

- Referensdata över sex års årliga hushållselanvändning i över 1000 lägenheter på fyra orter.
- Referensdata på hushållselens karakteristik på fyra orter.
- Referensdata över sex års årliga tappvarmvattenanvändning i över 1000 lägenheter.
- Analys av låg-, hög- och mittenanvändare av hushållsel och tappvarmvatten.
- Analys av hushållsel- och tappvarmvattenanvändnings förhållande till närvaro i 79 lägenheter.
- Analys av hur fördelningar mellan hushållselanvändning och tappvarmvattenanvändning samt sambandet mellan hushållsel- och tappvarmvattenanvändning påverkar den totala uppvärmningsenergin (specifik energianvändning exklusive el som används utanför bostaden) för att beskriva brukarpåverkan.
- Analys av hur användningen av hushållsel och tappvarmvatten varierar mellan år under en sexårsperiod i 539 lägenheter.
- Analys av hur användningen av hushållsel och tappvarmvatten varierar mellan år under en sexårsperiod i 25 flerfamiljshus.

Metoder, resultat och diskussion presenteras i respektive kapitel och rapporten avslutas med ett kapitel med slutsatser.

1.3 Exempel på resultat

För varje punkt som presenterades i syftet ovan beskrivs nedan exempel på resultat som redovisas i rapportens olika kapitel.

- Hushållselen hade under 2012 en årsmedelanvändning på $28,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ (1288 lägenheter i Karlstad) medan lägenheten med högst hushållsel använde $106 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.
- Även om den absoluta användningen av hushållsel kan skilja sig åt mycket mellan de studerade orterna är karakteristiken i användning under dygnet och under olika årstider liknande.
- Medelanvändningen av tappvarmvatten var under 2013 $0,43 \text{ m}^3/\text{m}^2_{\text{BOA}}$ (1288 lägenheter i Karlstad) medan den högsta användningen var $4 \text{ m}^3/\text{m}^2_{\text{BOA}}$.

- Hushållsel- och tappvarmvattenanvändning ökar med ökad närvaro men det är stora skillnader i användning vid samma närvaro.
- Det är mycket stora skillnader i absolut användning av både hushållsel och tappvarmvatten mellan låganvändare (de 10 % som använder minst) och höganvändare (de 10 % som använder mest) med en faktor 4,5 för hushållsel och nästan 14 för tappvarmvatten. Trots det är karakteristiken liknande för de olika grupperna. En höganvändare av hushållsel kan vara låganvändare av tappvarmvatten och vice versa.
- Olika brukare påverkar den specifika energianvändningen genom att de använder olika mycket hushållsel och tappvarmvatten. Även om man bortser från de 5 % högsta och lägsta värdena så är spannet i specifik energianvändning för olika brukare drygt $40 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I en passivhuslägenhet är det spannet större än vad skillnaden i uppvärmning är med 45 % fönsterarea/BOA eller inga fönster, eller skillnaden mellan FTX med 95 % eller 50 % verkningsgrad.
- Mellan två på varandra följande år under en sexårsperiod har hälften av lägenheterna en ändring i hushållselanvändning större än $8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och 25 % av lägenheterna en ändring som är större än $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. För uppvärmning av tappvarmvatten gäller att under en sexårsperiod har hälften av lägenheterna en ändring mellan två på varandra följande år på mer än $8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och 25 % av lägenheterna har en ändring på mer än $17 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.
- Mellan två på varandra följande år under en sexårsperiod har hälften av flerfamiljshusen en ändring i hushållselanvändning större än $3,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och 25 % av lägenheterna en ändring större än cirka $5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. För uppvärmning av tappvarmvatten gäller att hälften av lägenheterna har en ändring mellan två på varandra följande år på mer än $4 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och 25 % av lägenheterna har en ändring på mer än cirka $6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

2 Brukarrelaterad användning

Hushållsel och tappvarmvatten har mätts under sex år i drygt 1000 lägenheter. I kapitlet presenteras referensdata i form av statistik för årlig användning under de sex åren. Karakteristik för hur hushållselen varierar under veckodagar och helgdagar under sommar respektive vinter presenteras för fyra olika orter. Hur användning och karakteristik skiljer sig åt mellan låg-, hög- och mittenanvändare av hushållsel och tappvarmvatten analyseras utifrån årsanvändning samt hur användningen varierar under dygnet och olika årstider.

2.1 Metod

Mätdata på hushållselanvändning har insamlats för lägenheter i Karlstad, Norrtälje, Säfte och Tanum för åren 2008 till och med 2013. Mätdata på tappvarmvattenanvändning har insamlats för lägenheter i Karlstad för åren 2008 till och med 2013. Mätssystemen användes också för individuell mätning och debitering. Data avseende hushållselanvändning och tappvarmvattenanvändning registrerades varje timme. För helårsdata presenteras data för samtliga lägenheter för respektive ort och för lägenheterna i Karlstad uppdelat på lägenhetsstorlekar avseende antal rum (1 till 4 rum och kök). Variationer i hushållselanvändning under dygnet presenteras baserat på användning år 2012. Hushållselen presenteras för vardagar respektive helgdagar för hela året samt för en vintermånad och en sommarmånad. Användning redovisas per bostadsarea, BOA, vilken är den area där användningen sker. Krav på energianvändning ställs i Sverige per tempererad area, A_{temp} , vilken till skillnad från BOA även inkluderar exempelvis trapphus och källare. Det är rimligt att anta att användningen inte beror på trapphusets storlek eller på om byggnaden har källare, därför är BOA en mer funktionell nämnare för brukarrelaterad användning. I vissa fall presenteras tappvarmvattenanvändningen som energianvändning för uppvärmningen av tappvarmvattnet. I dessa fall har tappvarmvattenvolymen multiplicerats med 55 kWh/m^3 i enlighet med Boverkets rapport *Energiberäkningar för kontor och småhus* samt tumregler från Energimyndigheten.

Karakteristiken för tre användargrupper, hög-, låg- och mittenanvändare har studerats. Höganvändare definieras som de 10 % med högst årsanvändning av tappvarmvatten respektive hushållsel. Gruppen låganvändare definieras som de 10 % med lägst årsanvändning och gruppen mittenanvändare definieras som de 10 % med årsanvändning mellan 45 och 55 percentilerna. Det förekommer att lägenheter inte har insamlad mätdata för årets samtliga timmar, vilket kan bero på att mätutrustning installerats under året eller att mätutrustningen av någon anledning inte registrerat mätvärden. Lägenheter som för någon parameter saknar mer än 3 % av årets mätdata har inte tagits med i studien. Tabell 2.1 redovisar antalet lägenheter i studien för respektive ort och år samt uppdelat på lägenhetsstorlek.

Tabell 2.1 Antal lägenheter av olika storlek som är med i studien.

		1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 och 6 rok	Tot.
2008	Karlstad	142	492	459	156	25	1274
	Norrtälje	-	65	66	4	-	135
	Säffle	-	16	10	-	-	26
	Tanum	-	16	8	1	-	25
	<i>Samtliga</i>	<i>142</i>	<i>589</i>	<i>543</i>	<i>161</i>	<i>25</i>	<i>1460</i>
2009	Karlstad	157	530	469	142	23	1321
	Norrtälje	-	65	66	4	-	135
	Säffle	-	16	10	-	-	26
	Tanum	-	16	8	1	-	25
	<i>Samtliga</i>	<i>157</i>	<i>627</i>	<i>553</i>	<i>147</i>	<i>23</i>	<i>1507</i>
2010	Karlstad	155	534	448	140	26	1303
	Norrtälje	-	-	-	-	-	0
	Säffle	-	15	10	-	-	25
	Tanum	-	3	4	-	-	7
	<i>Samtliga</i>	<i>155</i>	<i>552</i>	<i>462</i>	<i>140</i>	<i>26</i>	<i>1335</i>
2011	Karlstad	169	554	447	147	24	1341
	Norrtälje	-	62	64	4	-	130
	Säffle	-	16	10	-	-	26
	Tanum	-	16	7	1	-	24
	<i>Samtliga</i>	<i>169</i>	<i>648</i>	<i>528</i>	<i>152</i>	<i>24</i>	<i>1521</i>
2012	Karlstad	166	542	428	133	19	1288
	Norrtälje	-	61	63	4	-	128
	Säffle	-	16	10	-	-	26
	Tanum	-	-	-	-	-	0
	<i>Samtliga</i>	<i>166</i>	<i>619</i>	<i>501</i>	<i>137</i>	<i>19</i>	<i>1442</i>
2013	Karlstad	125	409	317	110	21	982
	Norrtälje	-	-	-	-	-	0
	Säffle	-	-	-	-	-	0
	Tanum	-	-	-	-	-	0
	<i>Samtliga</i>	<i>125</i>	<i>409</i>	<i>317</i>	<i>110</i>	<i>21</i>	<i>982</i>

2.2 Resultat och Diskussion

2.2.1 Hushållsel

2.2.1.1 Årsanvändning

Tabell 2.2 presenterar den årliga hushållselanvändningen för lägenheterna på de olika orterna under de studerade åren och tabell 2.3 presenterar användningen i lägenheter av olika storlek i Karlstad under de studerade åren.

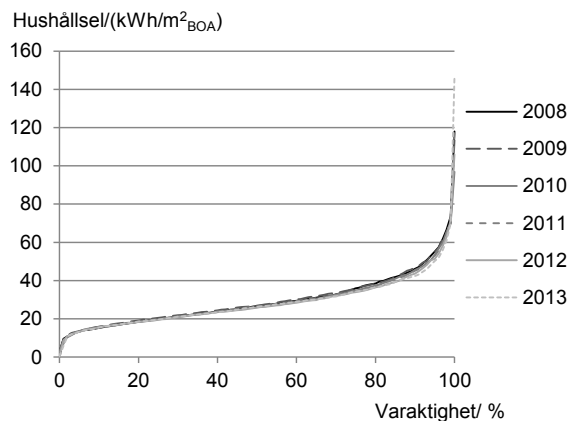
Figurer 2.1 till och med 2.4 presenterar varaktigheten för hushållselanvändningen uppmätt i lägenheterna på de olika orterna för respektive orsts studerade år. I tabell 2.2 presenteras även medelvärde på medelanvändning och medianvärdena på de olika orterna samt viktade medelvärden vilket innebär att respektive orsts medelvärde och medianvärde viktats i relation till hur många lägenheter respektive ort har i förhållande till det totala antalet lägenheter i studien. Generellt är fördelningarna som presenteras i figurer 2.1 till och med 2.4 förhållandevis lika mellan åren och det är framförallt de få högsta eller den allra högsta uppmätta hushållselanvändningen som skiljer sig åt mellan åren. För Säffle och Tanum finns inga riktigt låga hushållselanvändningar medan både Karlstad och Norrtälje har användningar på nästan noll eller endast några få kWh/m²_{BOA}. Det statistiska underlaget för Säffle och Tanum är mindre än för Norrtälje och väsentligt mindre än för Karlstad vilket bör påverka förekomsten av extremvärden. När det gäller de högsta uppmätta användningarna finns det i Tanum under ett av åren ett maxvärde som är i samma storleksordning som för Karlstad och Norrtälje medan det för övriga år i Tanum och för samtliga år i Norrtälje är maxvärden som är cirka hälften jämfört mot Karlstad och Norrtälje.

Tabell 2.2 Hushållselanvändning per år och BOA för åren 2008 till och med 2013 på de studerade orterna.

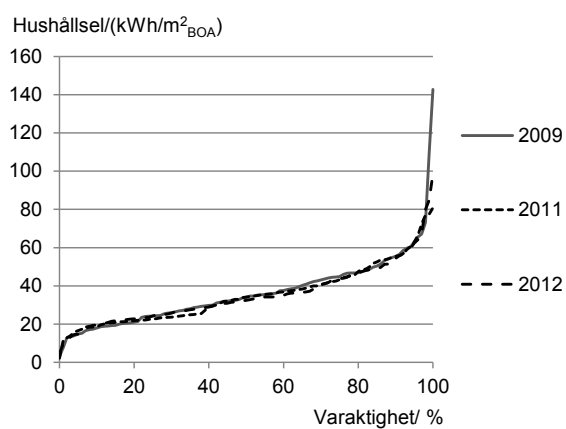
		Medel	Median	Max	Min
		kWh/m ² _{BOA}			
2008	Karlstad	29.1	26.6	118.0	2.6
	Norrtälje	-	-	-	-
	Säffle	-	-	-	-
	Tanum	-	-	-	-
	<i>Samtliga (medel)</i>	29.1	26.6	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	29.1	26.6	-	-
2009	Karlstad	29.5	26.9	113.4	2.6
	Norrtälje	36.4	33.9	142.7	3.0
	Säffle	19.7	16.7	37.5	7.9
	Tanum	38.8	34.3	86.3	23.0
	<i>Samtliga (medel)</i>	31.1	27.9	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	30.1	27.5	-	-
2010	Karlstad	28.6	26.0	96.9	3.1
	Norrtälje	-	-	-	-
	Säffle	18.4	15.9	38.6	7.6
	Tanum	35.5	33.1	63.4	18.4
	<i>Samtliga (medel)</i>	27.5	25.0	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	28.5	25.9	-	-
2011	Karlstad	28.8	26.4	118.2	0.0
	Norrtälje	35.2	34.2	80.9	2.2
	Säffle	21.4	19.3	50.6	9.9
	Tanum	36.4	30.8	134.8	19.7
	<i>Samtliga (medel)</i>	30.4	27.7	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	29.3	27.0	-	-
2012	Karlstad	28.2	25.8	105.9	0.7
	Norrtälje	35.1	32.5	98.5	4.6
	Säffle	21.0	19.1	32.2	9.3
	Tanum	-	-	-	-
	<i>Samtliga (medel)</i>	28.1	25.8	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	28.7	26.2	-	-
2013	Karlstad	28.2	26.2	146.6	0.3
	Norrtälje	-	-	-	-
	Säffle	-	-	-	-
	Tanum	-	-	-	-
	<i>Samtliga (medel)</i>	28.2	26.2	-	-
	<i>Samtliga (viktat medel)</i>	28.2	26.2	-	-

Tabell 2.3 Hushållselanvändning per år och BOA för åren 2008 till och med 2013 för olika lägenhetsstorlekar i Karlstad.

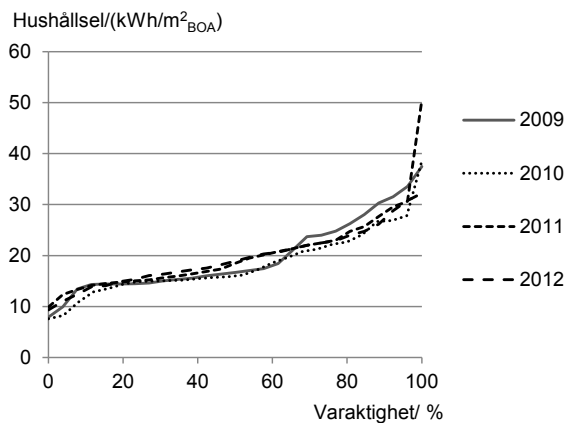
		Medel	Median	Max	Min
		kWh/m ²			
2008	Samtliga	29.1	26.6	118.0	2.6
	1 rok	35.2	30.2	118.0	11.7
	2 rok	27.4	24.6	81.8	2.7
	3 rok	27.9	25.9	75.4	2.6
	4 rok	32.7	30.3	80.8	8.6
2009	Samtliga	29.5	26.9	113.4	2.6
	1 rok	34.8	30.6	113.4	11.6
	2 rok	27.7	25.4	90.5	5.3
	3 rok	29.0	27.2	73.4	2.6
	4 rok	32.4	31.9	69.5	8.7
2010	Samtliga	28.6	26.0	96.9	3.1
	1 rok	33.1	29.5	96.9	9.4
	2 rok	26.2	24.1	87.1	5.8
	3 rok	28.3	26.1	72.5	3.1
	4 rok	34.0	32.4	71.2	9.2
2011	Samtliga	28.8	26.4	118.2	0.0
	1 rok	32.8	28.6	118.2	0.5
	2 rok	27.1	25.0	88.1	0.0
	3 rok	27.7	26.2	77.9	3.0
	4 rok	33.7	32.3	83.5	9.5
2012	Samtliga	28.2	25.8	105.9	0.7
	1 rok	31.7	28.4	105.9	0.7
	2 rok	26.6	24.0	99.8	2.6
	3 rok	27.8	25.5	80.7	3.0
	4 rok	31.4	30.5	72.2	9.3
2013	Samtliga	28.2	26.2	146.6	0.3
	1 rok	32.2	29.7	146.6	0.3
	2 rok	26.9	24.6	100.9	2.6
	3 rok	27.3	25.6	78.8	2.9
	4 rok	30.8	29.4	77.6	9.0



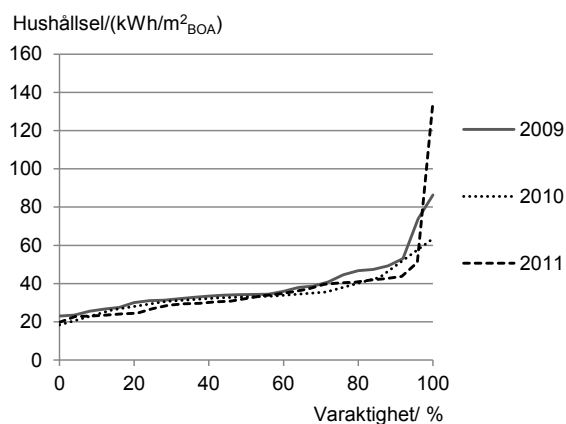
Figur 2.1 Varaktighet av hushållselanvändning i Karlstad för åren 2008 till och med 2013.



Figur 2.2 Varaktighet av hushållselanvändning i Norrtälje för åren 2009, 2011 och 2012.

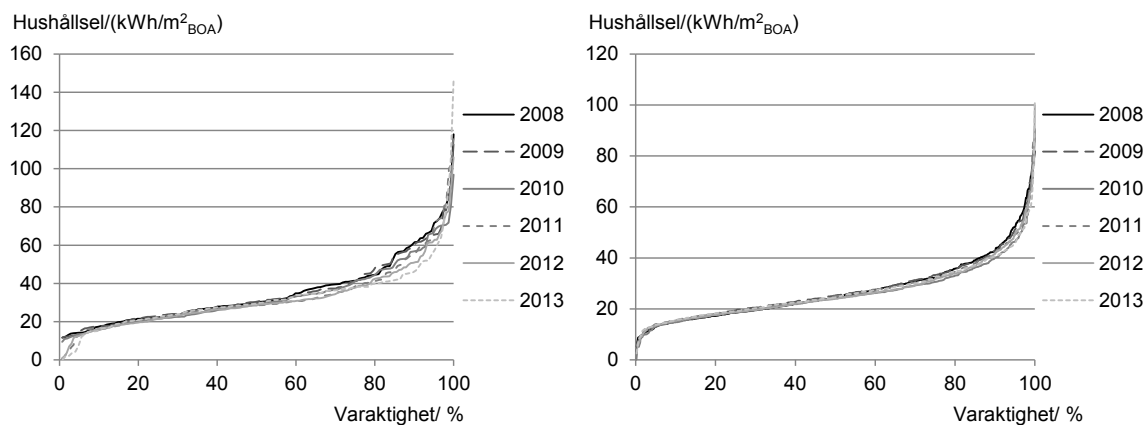


Figur 2.3 Varaktighet av hushållselanvändning i Säffle för åren 2009 till och med 2012.

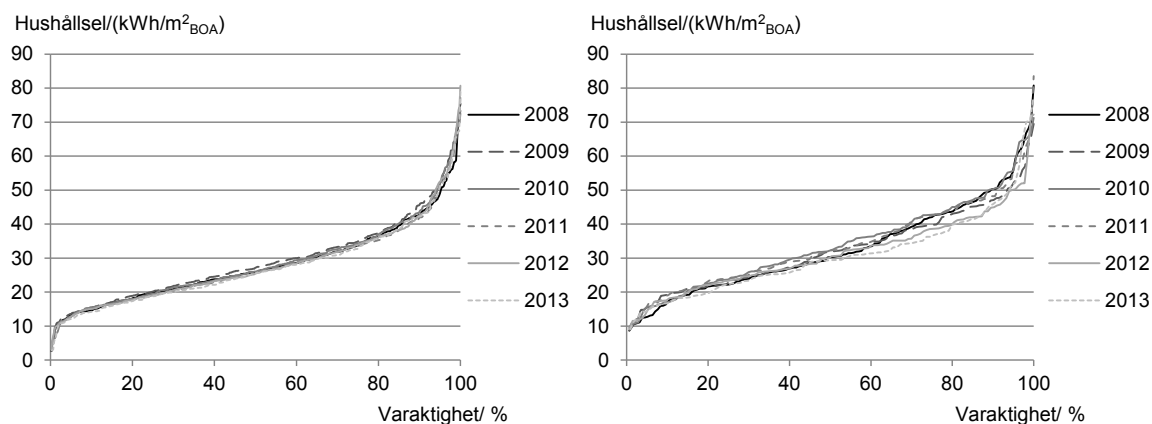


Figur 2.4 Varaktighet av hushållselanvändning i Tanum för åren 2009 till och med 2011.

Figureorna 2.5 och 2.6 presenterar hushållselens varaktighet för olika storlekar på lägenheter i Karlstad för de olika studerade åren. Fördelningarna är förhållandevis lika mellan åren, framförallt för 2 rok och 3 rok . För 1 rok skiljer sig fördelningen åt, framförallt för de lägsta 5 % användningarna (mellan varaktighet 0 och 5 %) och för de 40 % högsta användningarna (mellan varaktighet 60 % och 100 %) där det är en skillnad på 50 kWh/m²_{BOA} mellan det högsta och lägsta årsmaximumanvändningen.

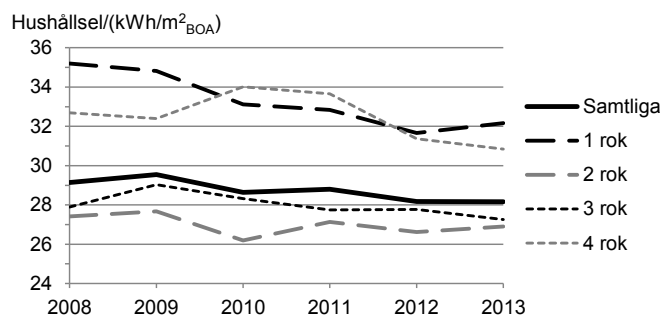


Figur 2.5 Varaktighet av hushållselanvändning i Karlstad för lägenheter om 1 rok (till vänster) och 2 rok (till höger) för åren 2008 till och med 2013.



Figur 2.6 Varaktighet av hushållselanvändning i Karlstad för lägenheter om 3 rok (till vänster) och 4 rok (till höger) för åren 2008 till och med 2013.

Figur 2.7 redovisar hushållselens medelvärde för lägenheterna i Karlstad för samtliga studerade lägenheter samt uppdelat på lägenhetsstorlek. Hushållselens medelvärde för alla lägenhetsstorlekar är lägre 2013 jämfört med 2008. För samtliga lägenheter är medelanvändningen 2013 cirka tre procent lägre än för 2008. Medelanvändningen har minskat mest i 1 rok, där den, 2013 var cirka 8 % lägre än för 2008. Observera att specifika lägenheter och antal lägenheter skiljer sig åt mellan åren. Hur hushållselanvändningen har varierat mellan åren i ett material med samma lägenheter under samtliga år samt hur användningen i individuella lägenheter varierat under åren analyseras i kapitel 5.



Figur 2.7 Hushållselens medelvärde för samtliga lägenheter respektive för olika lägenhetsstorlekar i Karlstad.

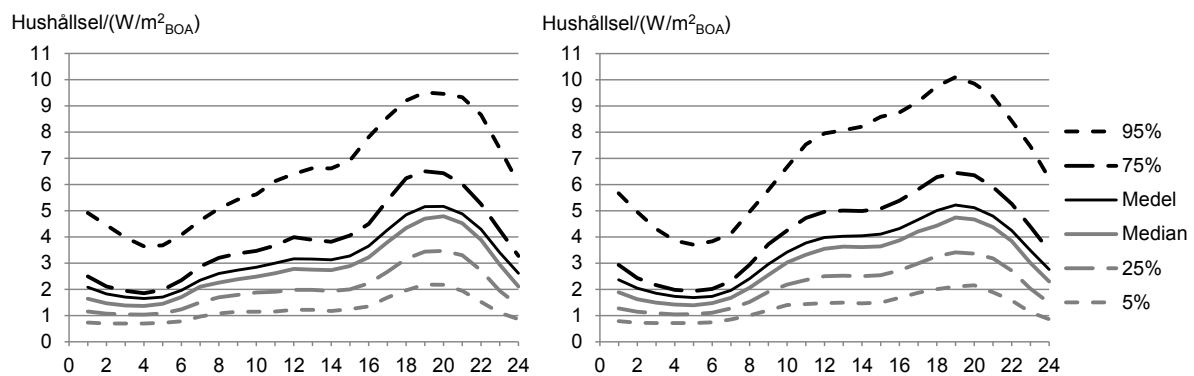
2.2.1.2 Variation under dygnet och året

Figureerna 2.8 till och med 2.25 presenterar hushållselens variation under dygnet för vardagar och helgdagar under en vintermånad respektive under en sommarmånad för de olika studerade orterna. Variationen under dygnet för olika dagar och tider på året presenteras dels för att ge ett referensmaterial på hushållselens karakteristik på olika tidsskalor men även för att använda denna

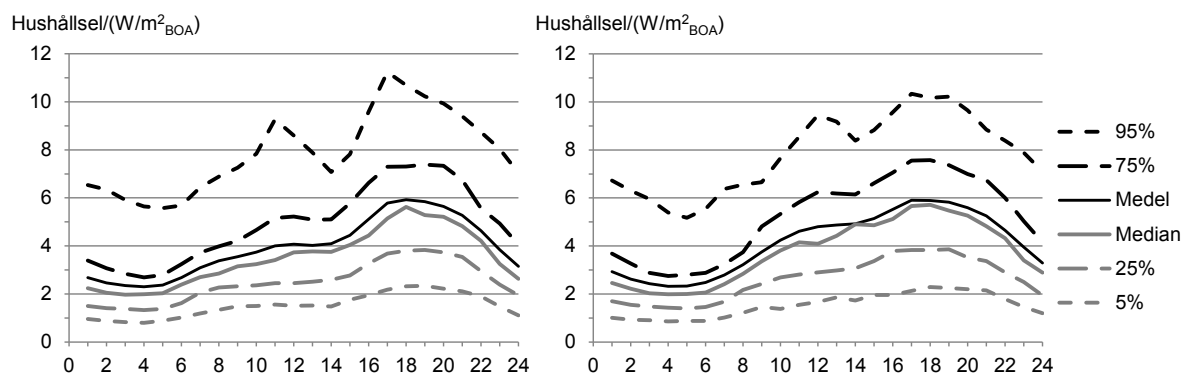
karaktäristik för att identifiera likheter och olikheter mellan användandet av hushållsel på de olika orterna som ett komplement till att endast resonera kring och karakterisera användandet utifrån den absoluta användningen i medeltal under året.

Figurerna 2.8 till och med 2.11 presenterar dygnsvariationen under vardagar respektive helgdagar för de olika orterna för olika percentiler samt medelvärde för året som helhet. Figurerna 2.12 och 2.13 presenterar medelvariationerna under vardagar respektive helgdagar för respektive orter, för att åskådliggöra skillnader och likheter mellan de olika orterna samt mellan vardagar och helgdagar. Figurerna 2.14 till och med 2.17 samt figurerna 2.18 och 2.19 presenterar motsvarande för vintermånaden februari och figurerna 2.20 till och med 2.23 samt figurerna 2.24 och 2.25 presenterar motsvarande för sommarmånaden juli. Skillnaden mellan profilerna under februari och juli vid olika tidpunkter under dygnet ger information om hur användningen skiljer sig åt under olika tider på året. Observera att det statistiska underlaget, antalet lägenheter, varierar mycket mellan de olika orterna vilket delvis påverkar statistiken som presenteras i figurerna.

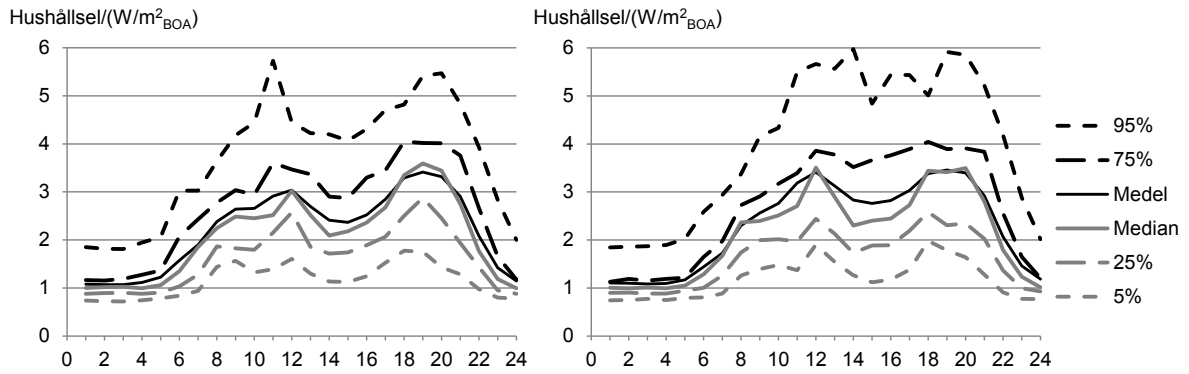
Variationer under dygnet för hela året



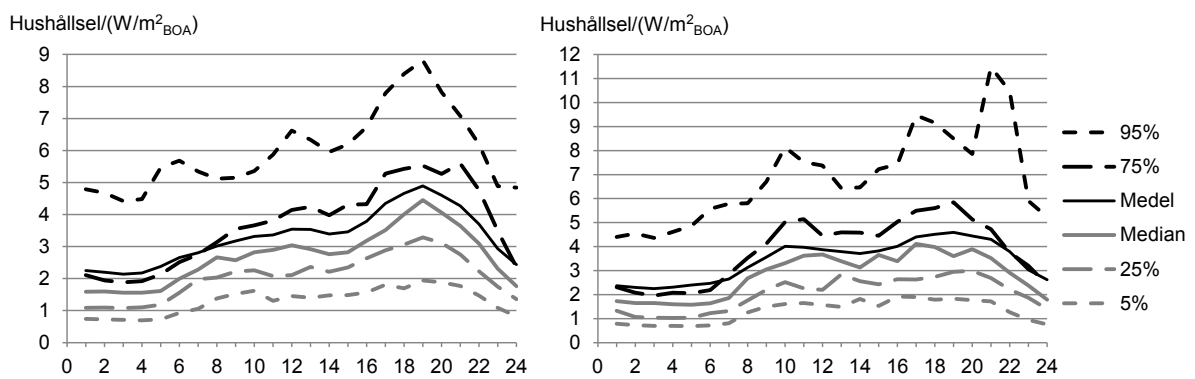
Figur 2.8 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i Karlstad. Klockslag anges på x-axeln och kurvorna beskriver olika percentiler samt medelvärde vid klockslagen.



Figur 2.9 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i Norrtälje.

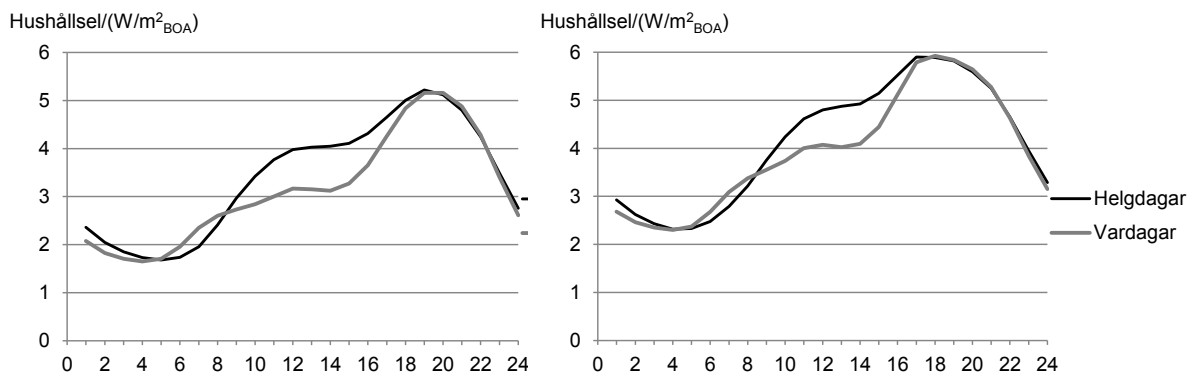


Figur 2.10 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i Säffle.

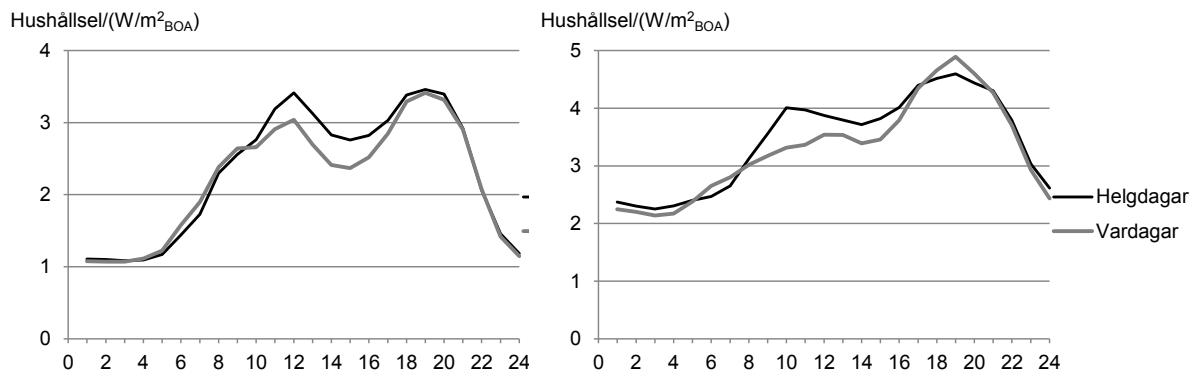


Figur 2.11 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i Tanum.

Medelanvändning under vardagar och helger för hela året



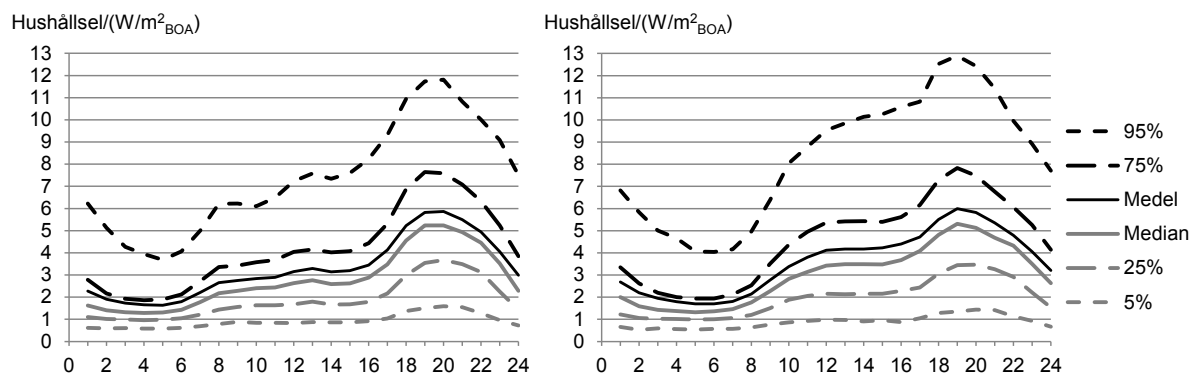
Figur 2.12 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Karlstad (till vänster) och Norrtälje (till höger).



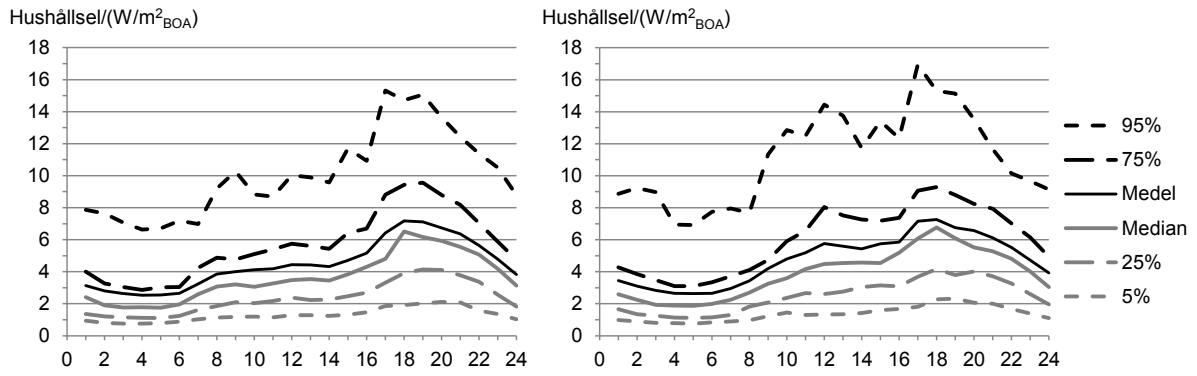
Figur 2.13 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Säffle (till vänster) och Tanum (till höger).

På samtliga orter, för året som helhet, ökar användningen av hushållsel senare under morgonen på helgdagar jämfört med vardagar och användningen mitt på dagen och under eftermiddagen är högre men under kvällen samma som under vardagar. Karakteristiken är densamma för olika orter trots att den absolut användningen skiljer sig åt. Under natten är hushållseffekten i Säffle ungefär hälften så stor som effekten för övriga tre orter. Säffle har under vardagar en peak i användning vid lunchtid, vilken inte finns eller är lika tydlig på övriga orter.

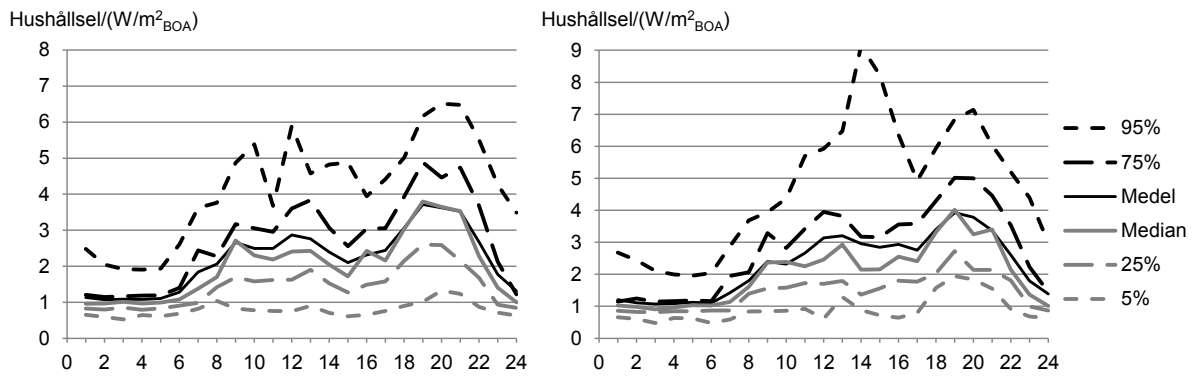
Variationer under dygnet för en vintermånad



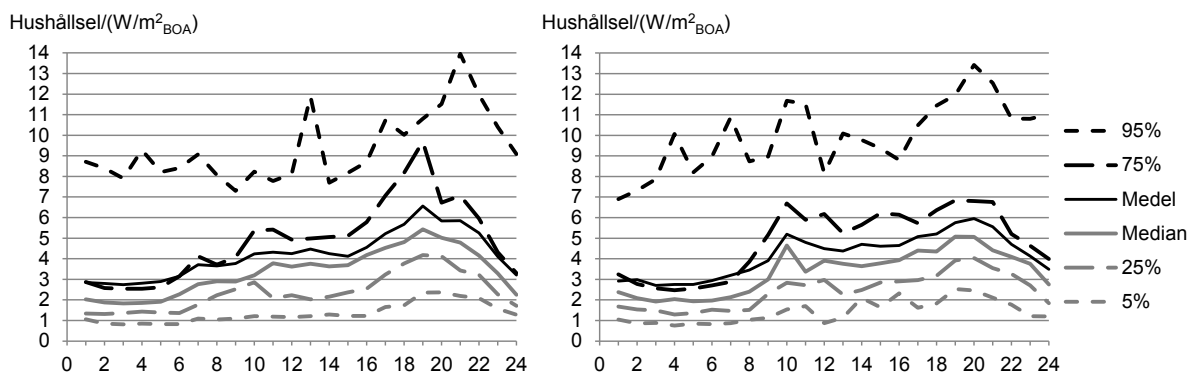
Figur 2.14 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i februari i Karlstad.



Figur 2.15 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i februari i Norrtälje.

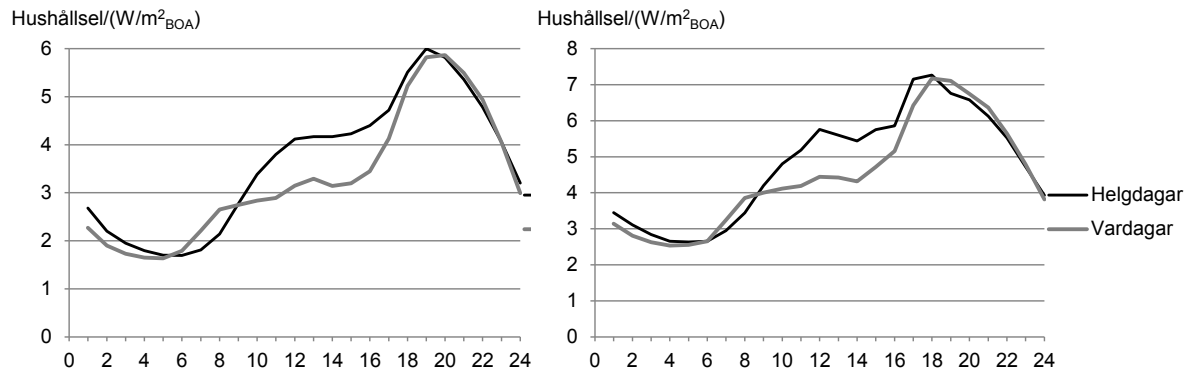


Figur 2.16 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i februari i Säfte.

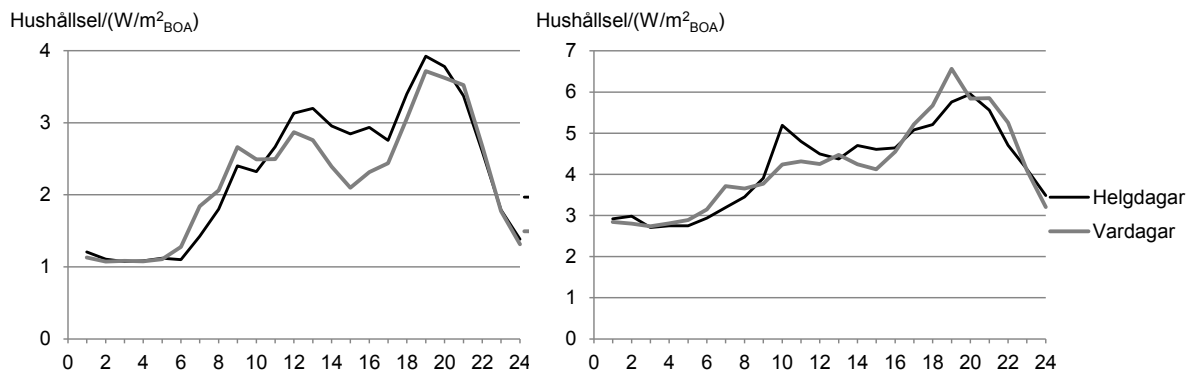


Figur 2.17 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i februari i Tanum.

Medelanvändning under en vintermånad

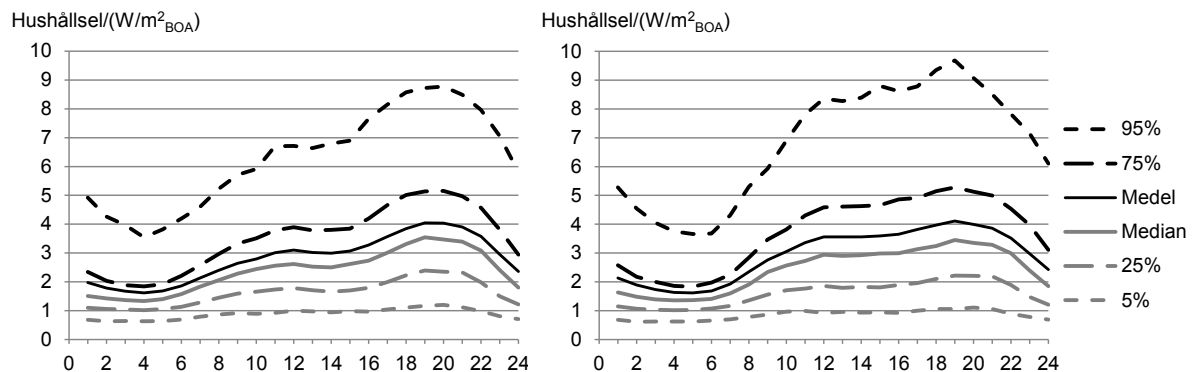


Figur 2.18 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Karlstad (till vänster) och Norrtälje (till höger) i februari.

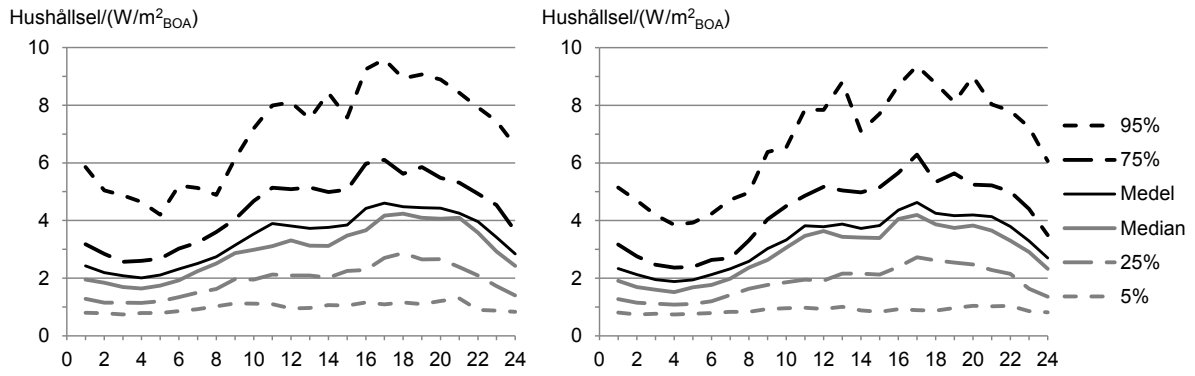


Figur 2.19 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Säffle (till vänster) och Tanum (till höger) i februari.

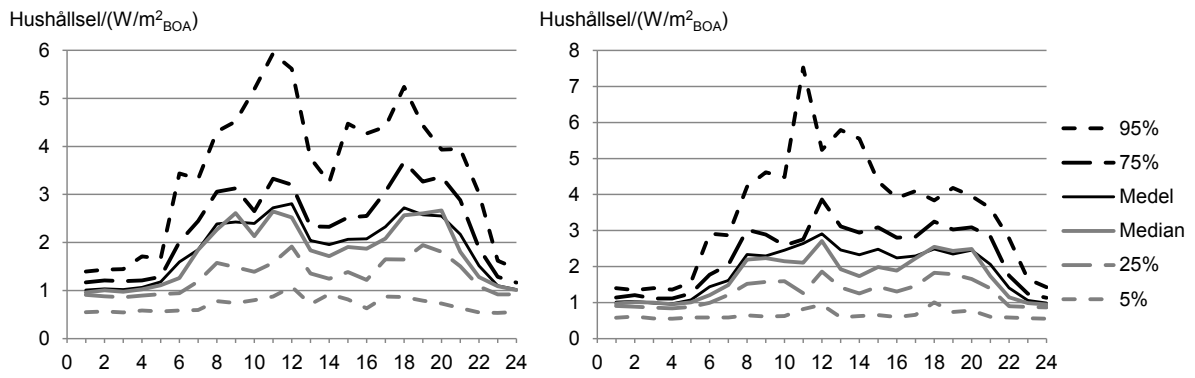
Variationer under dygnet en sommarmånad



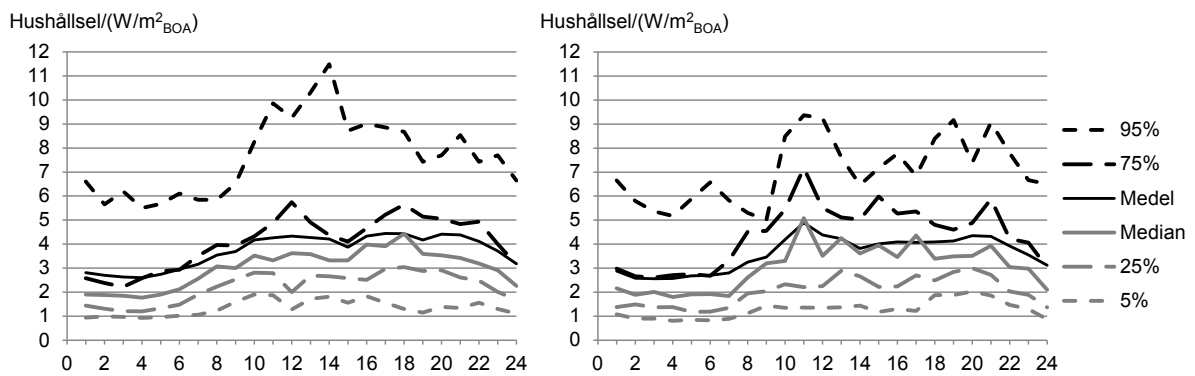
Figur 2.20 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i juli i Karlstad.



Figur 2.21 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i juli i Norrtälje.

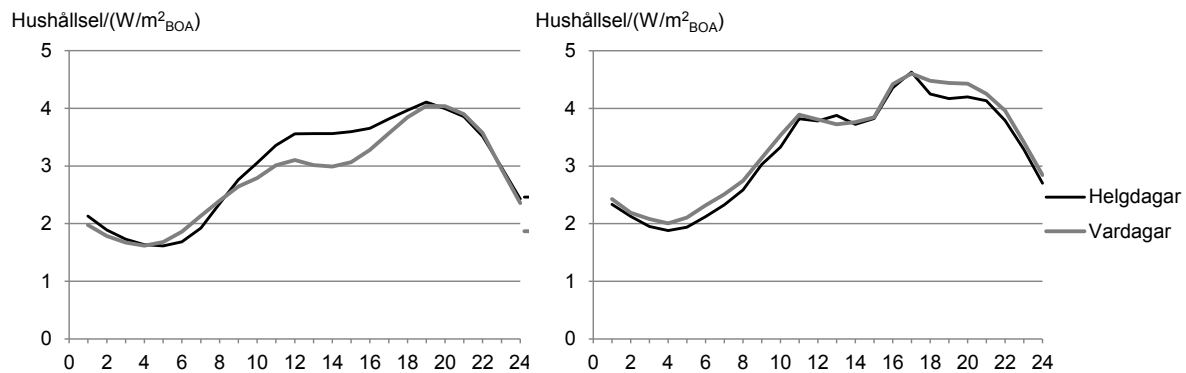


Figur 2.22 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i juli i Sjöfjärde.

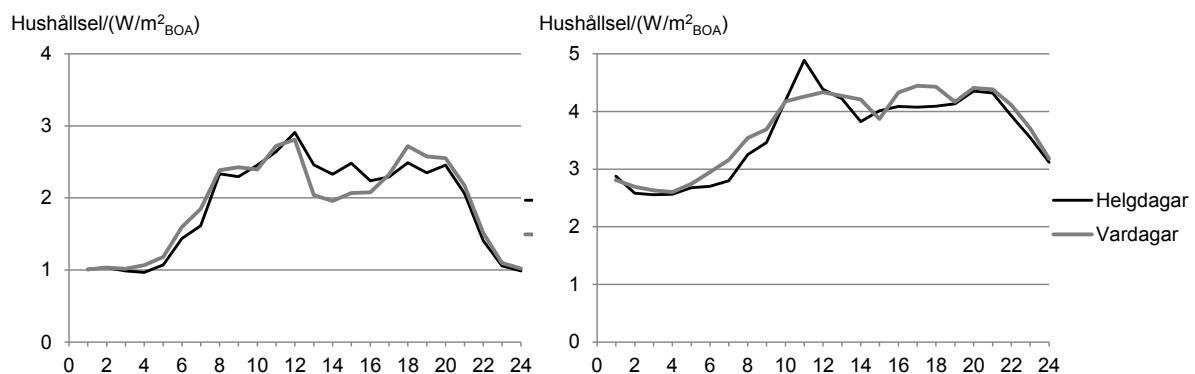


Figur 2.23 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) i juli i Tanum.

Medelanvändning under en sommarmånad



Figur 2.24 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Karlstad (till vänster) och Norrtälje (till höger) i juli.



Figur 2.25 Medelanvändningen under vardagar och helgdagar i Säffle (till vänster) och Tanum (till höger) i juli.

Användningen i Norrtälje är i stort sett samma under vardagar och helgdagar. I Tanum har helgdagar under juli en peak vid lunchtid som inte finns under vardagar och i Karlstad och Säffle är användningen under eftermiddagen högre under helgdagar. Under juli som är en typisk semestermånad kan det tyckas troligt att det bör vara mindre skillnader mellan vardagar och helgdagar jämfört med februari. Under februari uppvisar alla orter förutom Tanum högre användning under eftermiddagen på helgdagar jämfört med vardagar. På samtliga orter förutom Norrtälje är användningen under natten i stort sett samma under sommarmånaden och vintermånaden medan användningen i Norrtälje nästan är $1 \text{ W/m}^2_{\text{BOA}}$ högre under vintermånaden. På samtliga orter är den högsta användningen under dygnet högre under vintermånaden jämfört med sommarmånaden och varierar mellan $1 \text{ W/m}^2_{\text{BOA}}$ högre i Säffle till $2,5 \text{ W/m}^2_{\text{BOA}}$ högre i Norrtälje. Resultatet visar att det mellan sommar och vinter förekommer tider på dygnet när användningen är i stort sett samma och andra tider på dygnet när användningen skiljer sig åt mycket. Generellt är användningen under vintern i medeltal aldrig lägre än under sommaren under dygnets samtliga timmar medan

användningen under sommaren under vissa av dygnets timmar är samma som under motsvarande timmar under vintern.

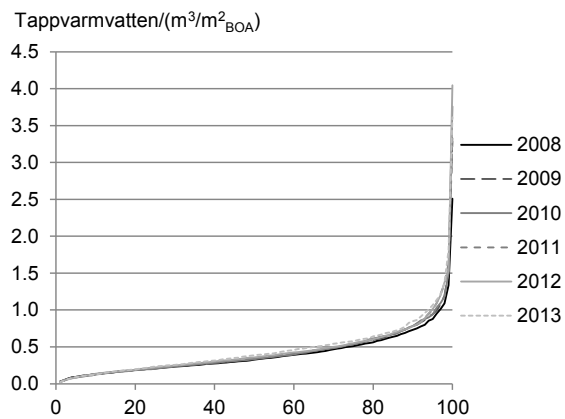
2.2.2 Tappvarmvatten

Tappvarmvattenanvändningen i lägenheterna i Karlstad redovisas i tabell 2.4 för samtliga lägenheter respektive för olika lägenhetsstorlekar för åren 2008 till och med 2013.

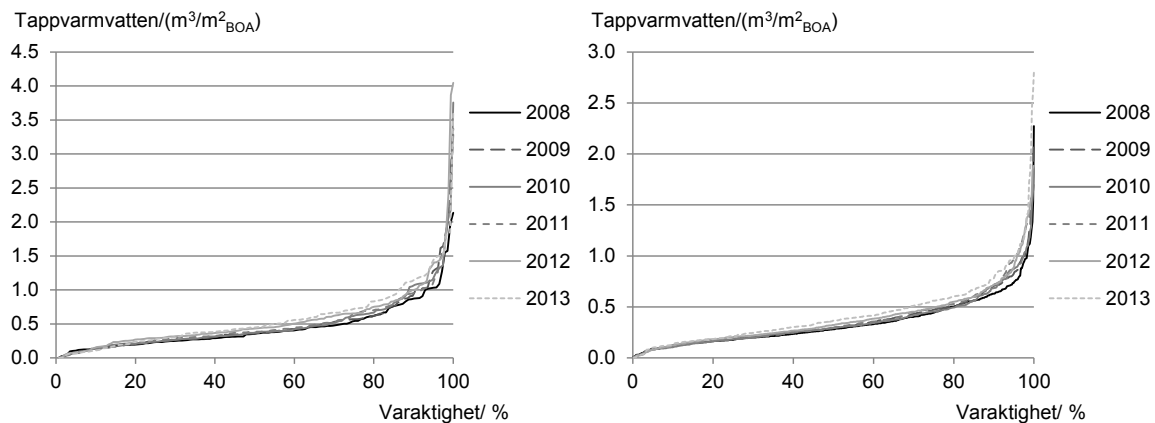
Tabell 2.4 Tappvarmvattenanvändning per år och BOA för åren 2008 till och med 2013 för olika lägenhetsstorlekar samt för samtliga lägenhetsstorlekar i Karlstad.

		Medel	Median	Max	Min
		$\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{BOA}}$			
2008	Samtliga	0.39	0.32	2.51	0.00
	1 rok	0.45	0.36	2.14	0.00
	2 rok	0.34	0.28	2.27	0.01
	3 rok	0.39	0.34	2.51	0.00
	4 rok	0.51	0.45	2.19	0.03
2009	Samtliga	0.41	0.34	3.37	0.00
	1 rok	0.49	0.36	3.37	0.00
	2 rok	0.36	0.29	2.12	0.01
	3 rok	0.41	0.36	2.54	0.00
	4 rok	0.50	0.43	1.96	0.03
2010	Samtliga	0.41	0.33	3.76	0.00
	1 rok	0.49	0.37	3.76	0.00
	2 rok	0.36	0.29	1.84	0.01
	3 rok	0.41	0.35	2.13	0.00
	4 rok	0.52	0.48	2.41	0.04
2011	Samtliga	0.42	0.34	3.28	0.00
	1 rok	0.50	0.39	3.28	0.00
	2 rok	0.38	0.30	1.71	0.00
	3 rok	0.41	0.35	2.84	0.00
	4 rok	0.53	0.48	3.19	0.00
2012	Samtliga	0.43	0.36	4.05	0.00
	1 rok	0.56	0.43	4.05	0.00
	2 rok	0.39	0.32	1.88	0.00
	3 rok	0.41	0.35	2.03	0.00
	4 rok	0.49	0.44	1.56	0.01
2013	Samtliga	0.46	0.39	3.61	0.00
	1 rok	0.57	0.45	3.61	0.00
	2 rok	0.43	0.37	2.80	0.00
	3 rok	0.42	0.37	1.93	0.01
	4 rok	0.50	0.45	2.55	0.00

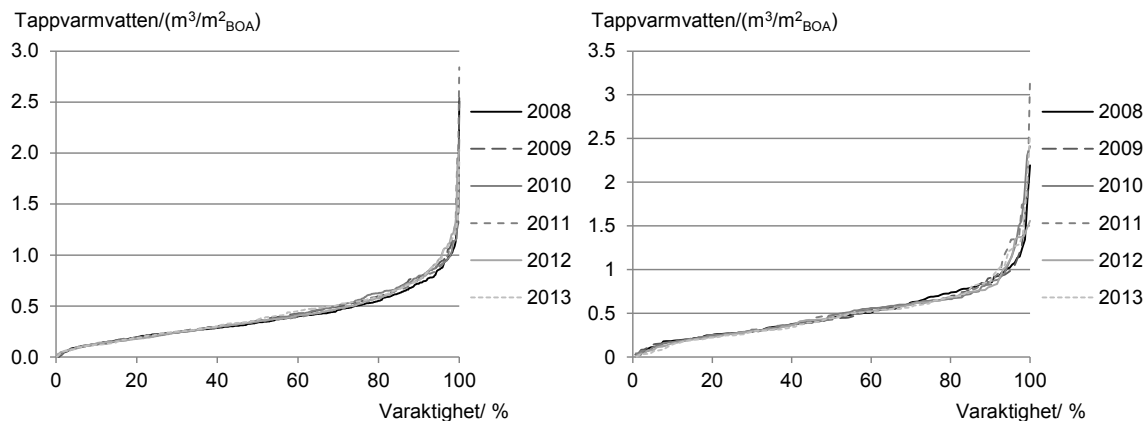
Figur 2.26 redovisar varaktigheten för tappvarmvattenanvändningen i samtliga lägenheter i Karlstad och figurerna 2.27 och 2.28 redovisar varaktigheten för de olika lägenhetsstorlekarna. Generellt är varaktigheterna förhållandevis lika för de olika åren. Varaktigheten för samtliga lägenheter skiljer sig inte mycket mellan åren förutom för de allra högsta användningarna. Samma gäller för 2 rok och 3 rok, medan 1 rok har användningar som skiljer sig åt något framför allt för de 60 % högsta användningarna.



Figur 2.26 Varaktighet av tappvarmvatten i Karlstad för åren 2008 till och med 2013.

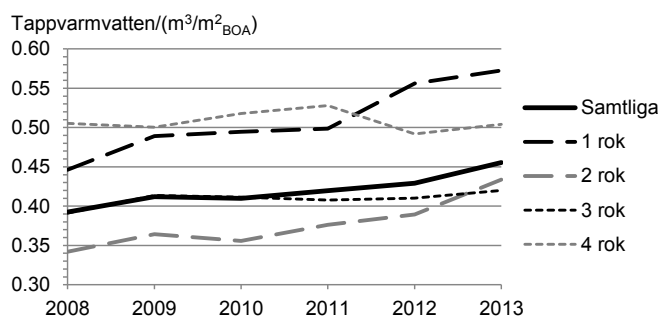


Figur 2.27 Varaktighet av tappvarmvattenanvändning i Karlstad för lägenheter om 1 rok (till vänster) och 2 rok (till höger) för åren 2008 till och med 2013.



Figur 2.28 Varaktighet av tappvarmvattenanvändning i Karlstad för lägenheter om 3 rok (till vänster) och 4 rok (till höger) för åren 2008 till och med 2013.

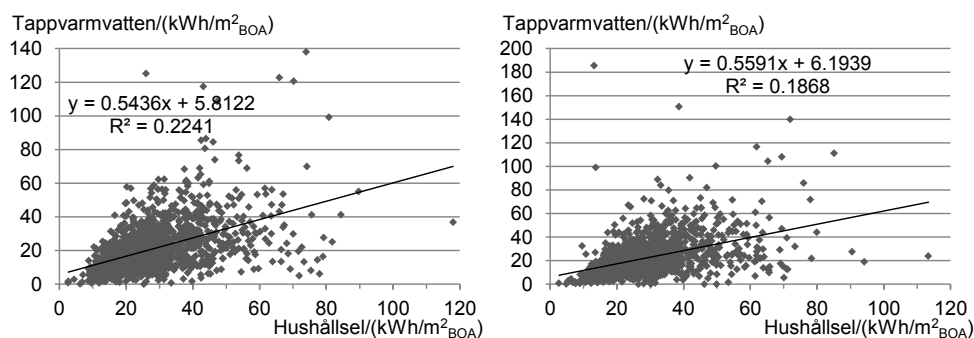
Figur 2.29 redovisar tappvarmvattnets medelvärde för lägenheterna i Karlstad under de studerade åren för samtliga lägenheter samt uppdelat på lägenhetsstorlek. För samtliga lägenhetsstorlekar, förutom för 4 rok, är medelvärdet för tappvarmvattenanvändningen högre 2013 jämfört med 2008. I framförallt 1 - 2 rok är ökningen stor och för dessa lägenhetsstorlekar är användningen 2013 nästan 30 % högre än 2008. I medeltal för samtliga lägenhetsstorlekar är användningen 2013 16 % högre än för 2008. Observera att vilka och hur många lägenheter som ingår i materialet skiljer sig åt mellan åren. Hur tappvarmvattenanvändningen har varierat från år till år, för ett bestånd där de unika lägenheterna inte skiljer sig mellan åren analyseras i kapitel 5. I kapitel 5 kan man därmed även se på variationer i individuella lägenheter.



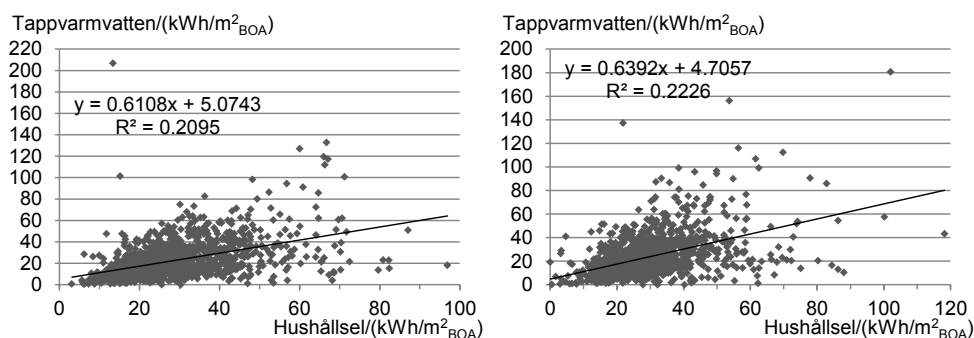
Figur 2.29 Tappvarmvattnets medelvärde för samtliga lägenheter respektive för olika lägenhetsstorlekar under de studerade åren i Karlstad.

2.2.3 Låg-, hög- och mittanvändare av hushållsel och tappvarmvatten

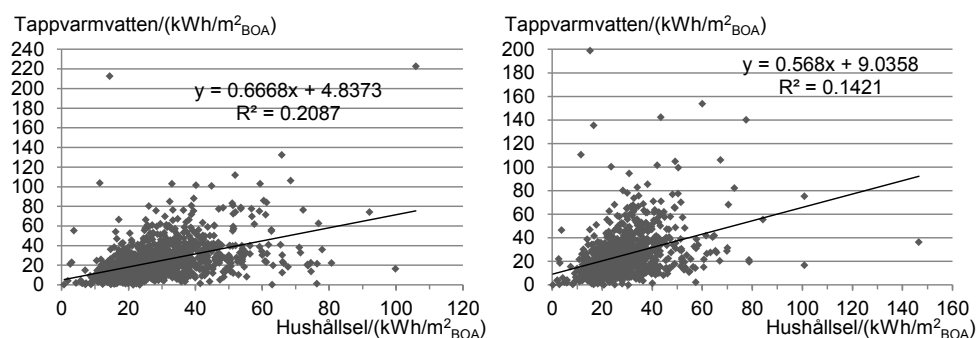
Materialet för analys av låg-, hög-, och mittanvändare utgörs av mätdata från Karlstad. Figurerna 2.30 till och med 2.32 presenterar tappvarmvattenanvändningen som funktion av hushållselanvändningen för åren 2008 till och med 2013. Resultatet visar att det finns ett visst samband mellan de båda användningarna där tappvarmvattenanvändningen ökar med ökad hushållselanvändningen. Sambandet är förhållandevis svagt för samtliga år. I tabell 2.3 samt i figurerna 2.5 och 2.6 framgår att hushållselanvändningen per BOA har olika fördelning i lägenheter med olika antal rum. I fortsättningen används mätdata från 2010 för att studera låg-, hög- och mittanvändare. Tabellerna 2.5 och 2.6 presenterar hur antalet och andelen lägenheter med olika antal rum fördelar sig mellan låg-, hög- och mittanvändare samt för samtliga användare och tabell 2.7 presenterar medelvärdena för respektive grupp. Andelen lägenheter om 1 rok och 4 rok är dubbelt så stor i gruppen med höganvändare av hushållsel jämfört med andelen i hela materialet medan andelen lägenheter om 2 rok är cirka hälften av andelen i hela materialet. Andelen lägenheter om 1 rok är nästan dubbelt så stor i gruppen med höganvändare av tappvarmvatten jämfört med andelen i hela materialet medan andelen lägenheter om 2 rok är strax över hälften av andelen i hela materialet.



Figur 2.30 Energianvändning för tappvarmvatten som funktion av hushållselanvändning under 2008 (till vänster) och 2009 (till höger).



Figur 2.31 Energianvändning för tappvarmvatten som funktion av hushållselanvändning under 2010 (till vänster) och 2011 (till höger).



Figur 2.32 Energianvändning för tappvarmvatten som funktion av hushållselanvändning under 2012 (till vänster) och 2013 (till höger).

Tabell 2.5 Fördelning av lägenheter i de olika grupperna låg-, hög- och mittenanvändare av hushållsel.

	Antal lägenheter						
	Totalt	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	6 rok
Samtliga	1303	155	534	448	140	24	2
		11.90%	40.98%	34.38%	10.74%	1.84%	0.15%
10 % lägsta	130	13	63	46	6	1	1
		10.0%	48.5%	35.4%	4.6%	0.8%	0.8%
10 % i mitten	130	13	64	41	8	4	0
		10.0%	49.2%	31.5%	6.2%	3.1%	0.0%
10 % högsta	131	31	32	38	27	3	0
		23.7%	24.4%	29.0%	20.6%	2.3%	0.0%

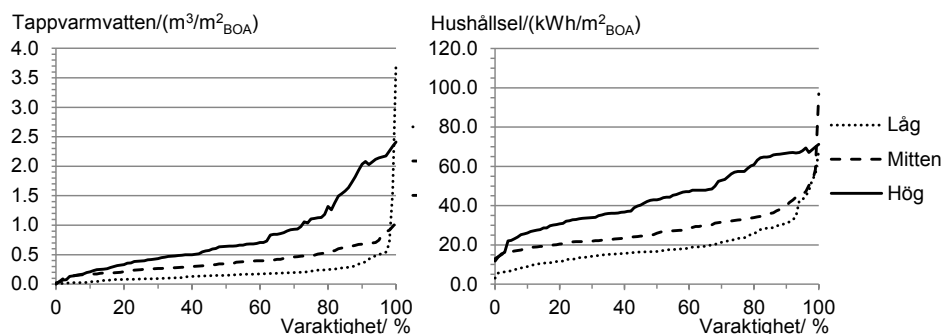
Tabell 2.6 Fördelning av lägenheter i de olika grupperna låg-, hög- och mittenanvändare av tappvarmvatten.

	Antal lägenheter						
	Totalt	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	6 rok
Samtliga	1303	155	534	448	140	24	2
		11.9%	41.0%	34.4%	10.7%	1.8%	0.2%
10 % lägsta	130	13	67	42	8	0	0
		10.0%	51.5%	32.3%	6.2%	0.0%	0.0%
10 % i mitten	130	16	57	46	8	3	0
		12.3%	43.8%	35.4%	6.2%	2.3%	0.0%
10 % högsta	131	24	36	47	18	6	0
		18.3%	27.5%	35.9%	13.7%	4.6%	0.0%

Tabell 2.7 Medelvärden för användningarna i samtliga lägenheter samt för de olika grupperna hög-, låg-, och mittanvändare av hushållsel respektive tappvarmvatten.

	Hushållsel/ (kWh/m ² _{BOA})	Tappvarmvatten/ (m ³ /m ² _{BOA})
Samtliga	28.7	0.41
10 % lägsta	12.4	0.08
10 % i mitten	26.0	0.34
10 % högsta	56.4	1.09

Mellan medelvärdena för grupperna hög- och låganvändare av hushållsel är det en faktor på drygt fyra och motsvarande faktor för tappvarmvatten är nästan 14. Inom de olika grupperna (hög-, låg- och mittanvändare) av hushållselanvändning finns en stor spridning i användning av tappvarmvatten, vilket framgår av figurerna 2.30 till och med 2.32. Samma sak gäller för spridningen i användning av hushållsel inom de olika grupperna av tappvarmvatten. Figur 2.33 redovisar fördelningen av hushållsel respektive tappvarmvatten för de olika användningsgrupperna. Det är tydligt att generellt är användningen av tappvarmvatten högre i grupper med högre användning av hushållsel och vice versa, men det är även så att skillnaderna i hushållsel och tappvarmvatten är mycket stora inom de olika grupperna. Detta gör det svårt att utifrån en känd hög eller låg användning av hushållsel uttala sig om användningen av tappvarmvatten och vice versa.

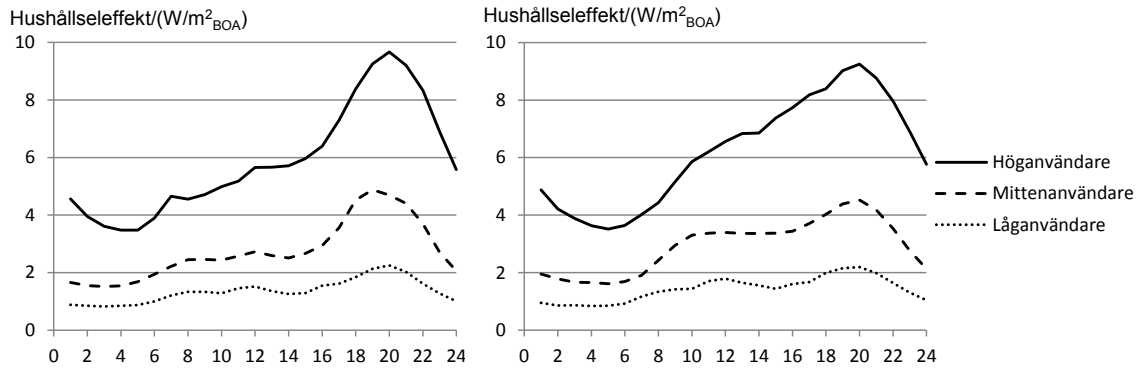


Figur 2.33 Fördelning av tappvarmvattenanvändning inom de olika grupperna av hushållselanvändning (till vänster) och fördelning av hushållselanvändning inom de olika grupperna av tappvarmvattenanvändning (till höger).

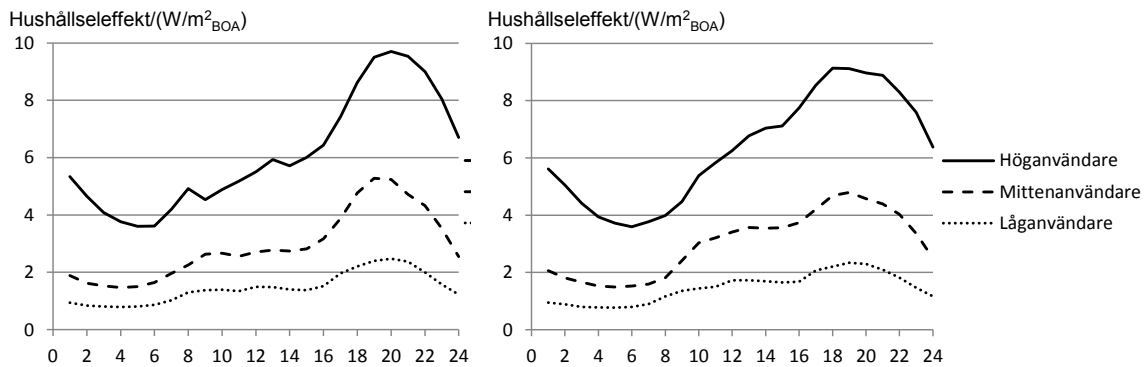
I figurerna 2.8 till och med 2.23 i kapitel 2.2.1.2 presenterades percentiler och medelvärde för användningen av hushållsel under dygnets olika timmar och för olika tider på året samt för veckodagar respektive helgdagar. Percentilerna i de figurerna är beräknade för respektive timme inkluderande samtliga lägenheter, vilket innebär att de olika percentilerna kan referera till olika lägenheter olika timmar. I figurerna 2.34 till och med 2.39 presenteras medelvariationen under dygnet för de olika grupperna låg-, hög- och mittanvändare för veckodagar och helgdagar under olika perioder under året. Indelningen i grupperna är utifrån den årliga användningen vilket innebär

att värdena för respektive grupp refererar till samma lägenheter under samtliga timmar under dygnet.

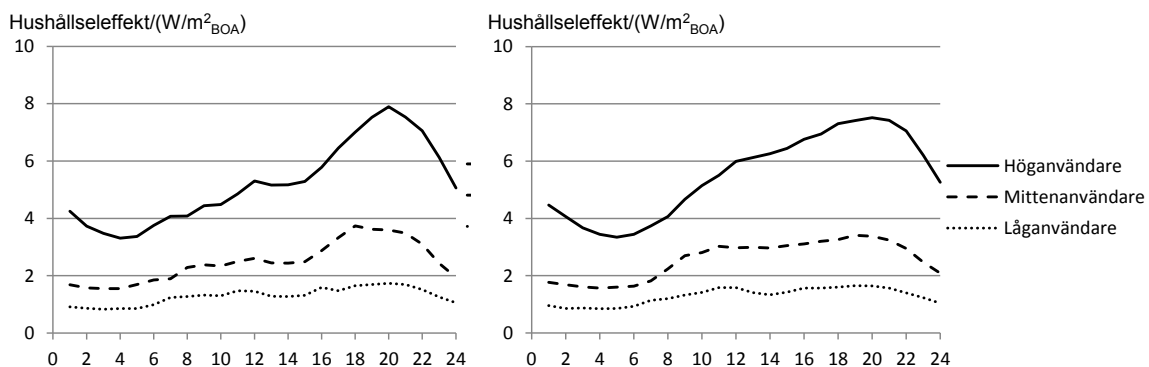
Variationer under dygnet för hushållsel



Figur 2.34 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under september till och med oktober samt mars och april.



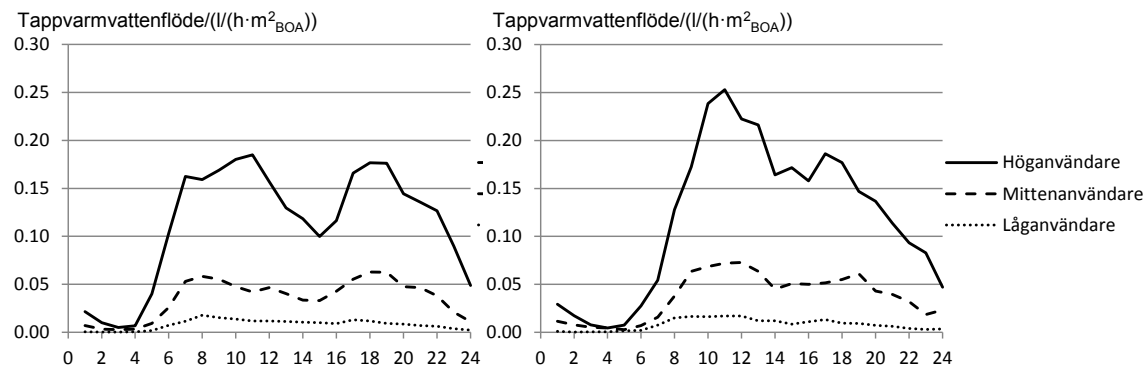
Figur 2.35 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under november till och med februari.



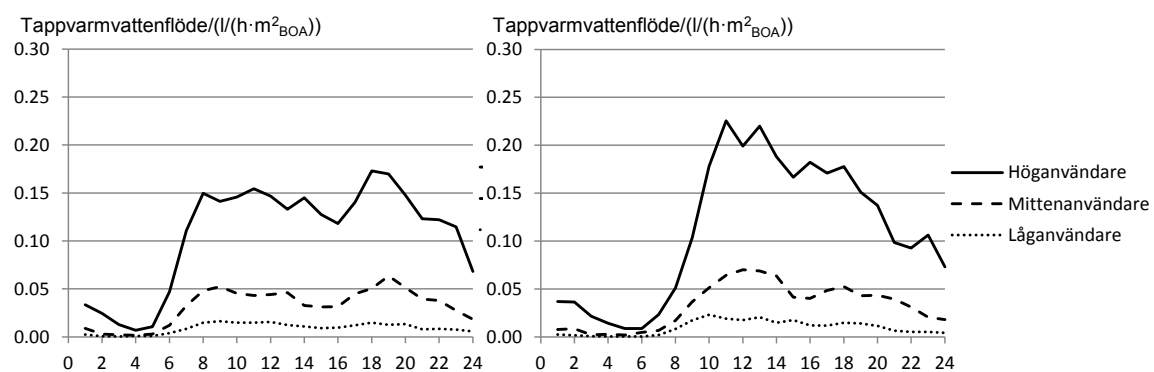
Figur 2.36 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under maj till och med augusti.

Under alla tider på dygnet och under alla tider på året är medelanvändningen av hushållsel inom gruppen höganvändare högre än gruppen mittenanvändare vilken i sin tur är högre än gruppen låganvändare. Den generella karakteristiken, tider när användningen ökar och minskar samt olika nivåer under olika tider på dygnet, är i stora delar lika för de olika grupperna. För samtliga grupper är användningen under natten i stort sett samma oberoende av tid på året. Gruppen låganvändare använder i medeltal en fjärdedel så mycket el under natten jämfört med gruppen höganvändare. Under vintern varierar medelanvändningen i gruppen låganvändare mellan 0,85 och 2,5 kWh/m²_{BOA} under vardagar och under sommaren mellan 0,79 och 1,7 kWh/m²_{BOA}. I gruppen höganvändare varierar medelanvändningen under vintervardagar mellan 3,6 och 9,7 kWh/m²_{BOA} och under sommarvardagar mellan 3,3 och 8 kWh/m²_{BOA}. I gruppen höganvändare är alltså den minsta användningen under dygnet nästan dubbelt så stor som den högsta användningen under dygnet i gruppen låganvändare.

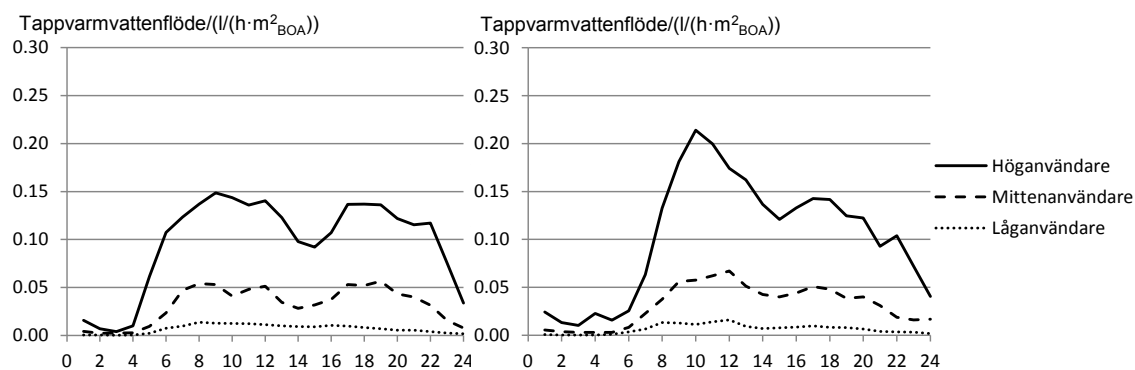
Variationer under dygnet för tappvarmvatten



Figur 2.37 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under september till och med oktober samt mars och april.



Figur 2.38 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under november till och med februari.



Figur 2.39 Variation under dygnet under vardagar (till vänster) och helgdagar (till höger) under maj till och med augusti.

Under alla tider på dygnet och under alla tider på året är medelanvändningen av tappvarmvatten inom gruppen höganvändare högre än gruppen mittenanvändare vilken i sin tur är högre än gruppen låganvändare. Men, under natten när de lägsta värdena förekommer inom samtliga grupper är användningarna inom de olika grupperna förhållandevis nära varandra. Den generella karakteristiken, tider när användningen ökar och minskar samt olika nivåer under olika tider på dygnet, är i stora delar lika för de olika grupperna. Under vinter varierar medelanvändningen i gruppen låganvändare mellan nära noll och $0,016 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{BOA}})$ under vardagar och under sommar mellan nära noll och $0,014 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{BOA}})$. I gruppen höganvändare varierar medelanvändningen under vintervardagar mellan $0,007$ och $0,17 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{BOA}})$ och under sommarvardagar mellan nära noll och $0,15 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{BOA}})$. I grupperna låganvändare och mittenanvändare är användningen under natten, mellan cirka kl. 2 och kl. 5 mycket nära noll. I gruppen höganvändare är det största tappvarmvattenflödet under helgdagar $0,05 \text{ l}/(\text{h}\cdot\text{m}^2_{\text{BOA}})$ högre än det största flödet under vardagar i samma grupp. Den skillnaden i flöde är i samma storleksordning som det högsta flödet i gruppen mittenanvändare.

3 Närvaro och brukarrelaterad energianvändning

Hushållsel- och tappvarmvattenanvändning är två energiposter som till stor del kan påverkas av brukarbeteende. Det är därför inte förvånande att det inte finns något starkt samband mellan dessa energianvändningar och exempelvis storleken på bostaden. I ett stort statistiskt underlag kommer det att finnas många olika brukarbeteenden i lägenheter med samma storlek. I detta kapitel presenteras resultat från analyser av hur närvaro förhåller sig till användning av hushållsel och tappvarmvatten. Närvaro har mätts med elektroniska närvarodagböcker.

3.1 Metod

Närvaro och de brukarrelaterade energianvändningarna hushållsel och tappvarmvatten har mätts i lägenheter för att studera samband mellan närvaro och användning. Närvaron har mätts under 12 dagar per lägenhet genom att de som bor i lägenheten och de som är på besök i lägenheten markerar i en elektronisk närvarodagbok när de kommer in i lägenheten och när de lämnar lägenheten. Närvarodagboken har en knapp som används för att markera att man kommer in i lägenheten och en knapp för att markera att man går ut ur lägenheten. I en display redovisas datum klockslag samt hur många som dagboken registrerar att det finns i lägenheten vid tidpunkten. Vid varje knapptryckning sparar närvarodagboken dess data. Närvarodagboken placerades i direkt anslutning till lägenhetens entrédörr och en närvarogivare på dagboken tänds displayen när någon är i närheten för att uppmärksamma att in- eller utpassering i lägenheten ska anges.

Närvarodagböckerna placerades i totalt 100 lägenheter. Av dessa 100 lägenheter har analyser av närvaro och brukarrelaterad energianvändning genomförts i 79 lägenheter, vilket innebär att 21 lägenheter som närvarodagböcker placerats i inte kunnat användas i analysen. De flesta av dessa 21 lägenheter har uteslutits på grund av att det under mätperioden inte insamlats energidata vilket inte gick att förutsäga innan utplacering av dagböckerna. I några fall har orimliga närvarodata registrerats, i några fall har dagboken ej använts och i ett fall har dagboken ej fungerat. Mätningarna har skett under tre olika mätperioder, varav två under hösten 2013 och en under våren 2014. Mätperiod 1 var från slutet av oktober till början av november 2013 och mätningarna genomfördes i ett kvarter där byggnaderna var från 1961. Mätperiod 2 var från mitten av november till början av december 2013 och mätningarna genomfördes i ett kvarter där byggnaderna var från 1987-88. Mätperiod 3 var under maj 2014 och mätningarna genomfördes i ett kvarter där byggnaderna var från 1984. Tabell 3.1 redovisar antalet lägenheter för respektive mätperiod samt fördelningen mellan lägenheter av olika storlek.

Tabell 3.1 Antalet lägenheter av olika storlekar som ingår i de olika mätperioderna

Mätperiod	Antal lgh av olika storlekar				Tot antal lgh
	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	
1	0	6	8	4	18
2	2	20	19	3	44
3	0	9	4	4	17
Tot	2	35	31	11	79

Närvarodagböckerna delades ut genom dörrknackning. Innan dörrknackningen hade de boende i det aktuella kvarteret informerats av förvaltaren om att dörrknackningen skulle ske. Dörrknackningen genomfördes under vardagar, började vid lunchtid och pågick fram till cirka kl. 20. Av lägenheter som det knackades på placerades närvarodagböcker i cirka 50 % och av de som öppnade placerades dagböcker i drygt 90 %. Under dörrknackningen informerades individuellt för alla som öppnade om mätprojektet samt hur den elektroniska närvarodagboken skulle användas. Hos dem som var positiva till att delta installerades närvarodagboken. Förfarandet med dörrknackning innebär en ökad sannolikhet för att de lägenheter som är med i studien är lägenheter där de boende är hemma oftare än i de lägenheter där ingen öppnat vid dörrknackningen. Genom att de boende och deras besökare själva markerar sin närvaro är det frågan om egenrapporterad närvaro.

Närvaron i de studerade lägenheterna jämförs mot hushållselanvändningens medeleffekt (W/m^2_{BOA}) och tappvarmvattenanvändningens medelflöde ($l/(h \cdot m^2_{BOA})$). Hushållselanvändning och tappvarmvatten mäts per timma och därför har även närvaron beskrivits per timma även om närvarodagböckerna registrerar data per sekund.

I resultatkapitlet redovisas varje analys separat för respektive mätperiod med tanke på att byggnaderna där mätningar genomförts under respektive mätperiod är från olika byggår och mätperioderna är från olika årstider. Byggåret har i tidigare studier visat sig ha viss påverkan på både hushållselanvändning och tappvarmvattenanvändning och det är känt att både hushållsel och tappvarmvatten varierar under året. Trots det redovisas även analyserna för samtliga studerade lägenheter under samtliga mätperioder.

Respektive lägenhets användning av hushållsel och tappvarmvatten under hela mätperioden beskrivs som funktion av lägenhetens medelnärvaro under hela mätperioden. Varje mätperiod inkluderar fyra helgdagar och åtta vardagar. Då brukarbeteendet kan variera mellan vardagar och helgdagar och då vardagarna under mätperioden är dubbelt så många som helgdagarna studeras i övriga analyser närvaro och användningar under vardagar. Respektive lägenhets användning av hushållsel och tappvarmvatten under vardagar beskrivs som funktion av lägenhetens medelnärvaro under vardagar. Närvaron i medeltal i en lägenhet förklarar med nödvändighet inte hur många som bor i en lägenhet. En ensamboende som är hemma i stort sett konstant under dygnet kommer att ge samma medelnärvaro som två personer som är hemma under halva dygnet. En uppskattning av antalet som bor i en lägenhet har gjorts utifrån hur många som är i lägenheten under natten. Dock ska det noteras att skiftarbete förekommer inom vissa yrken vilket påverkar antagandet. Medelnärvaron mellan kl. 1 och kl. 4 används för att beskriva hur många som är i lägenheten under natten. Respektive lägenhets användning av hushållsel och tappvarmvatten under hela mätperioden beskrivs som funktion av medelnärvaron under natten. Genom att jämföra sambanden som finns mellan medelnärvaron och användningen, samt närvaron under natten och användningen kan tillämpligheten av att använda antalet boende i lägenheten för att relatera till användning studeras. För att beskriva hur närvaron varierar under dygnet beräknas medelvärdet för alla dygnets 24 timmar, vilket redovisas som en profil över dygnet. På samma sätt presenteras hushållselanvändningen. Lågenergihus projekteras för att till stor del värmas med interna värmelaster från hushållsel och personer. Genom att addera medeleffekten från hushållselen under dygnets timmar med medeleffekten från närvaron under dygnets timmar ges en total medeleffekt som kan komma huset till godo under dygnets olika timmar. Effekten från personer har uppskattats

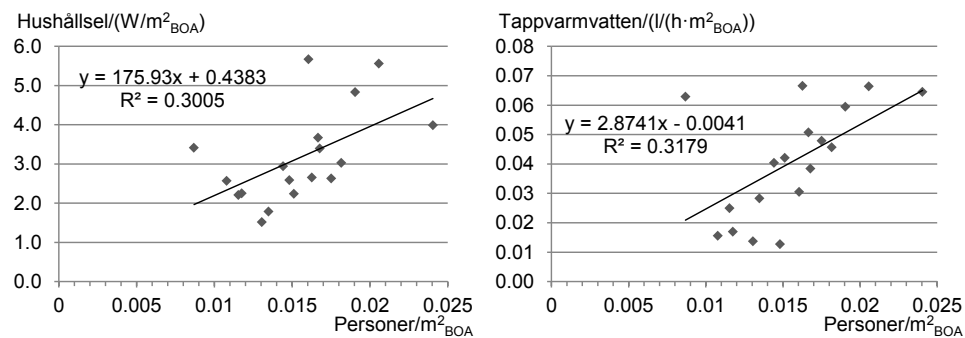
till 100 W/person. Den totala effektprofilen kan användas för att uppskatta tillgänglig internvärme vid dimensionering av byggnader.

3.2 Resultat

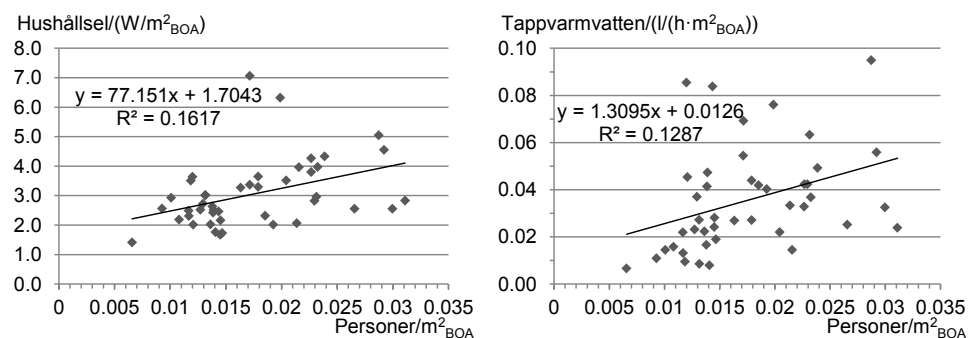
3.2.1 Medelvärden under hela mätperioden

Figurerna 3.1 till och med 3.3 redovisar användningen av hushållsel respektive tappvarmvatten som funktion av närvaron under respektive mätperiod. Samtliga värden är medelvärden för hela mätperioden. I figurerna redovisas regressionslinjer och R^2 värden. Figur 3.4 redovisar motsvarande för samtliga mätperioder. Tabell 3.2 redovisar de studerade parametrarnas medelvärde för samtliga lägenheter under de olika mätperioderna samt totalt för alla mätperioder.

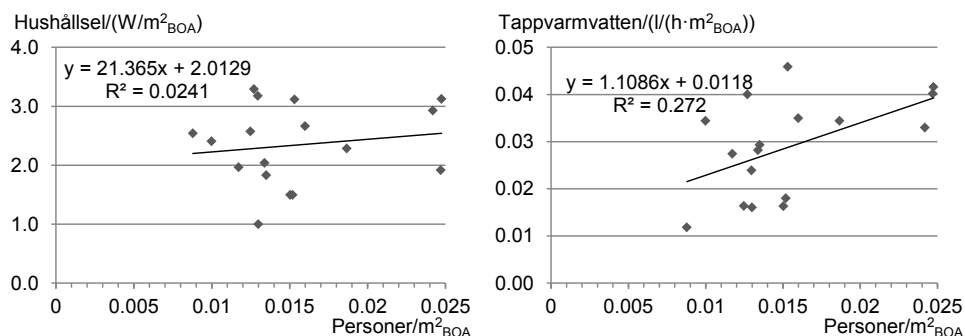
Hela mätperioden



Figur 3.1 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för hela mätperiod 1.

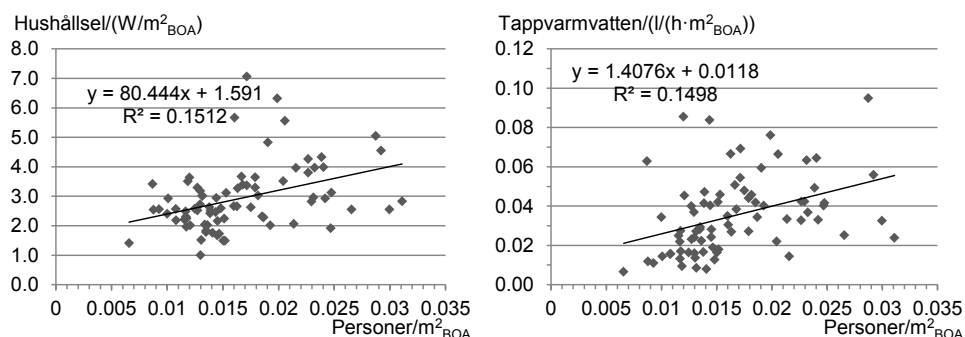


Figur 3.2 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för hela mätperiod 2.



Figur 3.3 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för hela mätperiod 3.

Samtliga mätperioder



Figur 3.4 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för samtliga mätperioder.

Tabell 3.2 Medelvärden för de studerade parametrarna under de olika mätperioderna samt för alla mätperioder tillsammans.

	Mätperiod			
	1	2	3	Tot
Närvaro/ (personer/m ² _{BOA})	0.0155	0.0174	0.0154	0.0166
Hushållsel/ (W/m ² _{BOA})	3.16	3.05	2.34	2.92
Varmvatten/ (l/(h·m ² _{BOA}))	0.0404	0.0354	0.0289	0.0351

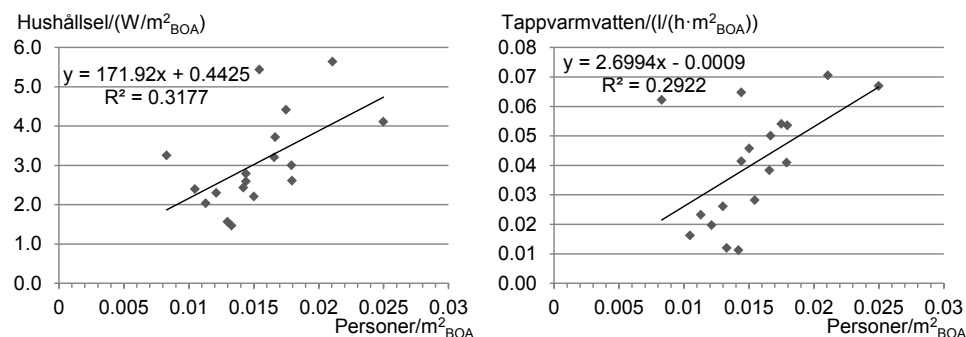
För samtliga mätperioder ökar hushållselanvändningen och tappvarmvattenanvändningen med ökad närvaro. Användningarna ökar mest per ökad närvaro för mätperiod 1 och det är även denna mätperiod som har starkast samband mellan närvaron och användningarna med R²-värde på 0,30 för hushållsel och R²-värde på 0,32 för tappvarmvatten. För mätperiod 3 ökar hushållselen relativt lite med ökad närvaro och R²-värdet är så lågt som 0,15. Medeltalen för de olika mätperioderna visar att användningarna är lägst under mätperiod 3. Hushållselen är under mätperiod 3 cirka 75 % av hushållselanvändningen under de övriga mätperioderna. För samtliga lägenheter som studeras i

denna rapport är medianvärdet under maj cirka 80 % av medianvärdet under november. Även tappvarmvattenanvändningen under mätperiod 3 är cirka 75 % av varmvattnet under de övriga mätperioderna. Vad gäller tappvarmvattnet finns inte motsvarande skillnad för hela materialet i rapporten utan ungefär samma användning under maj och november. Det är förhållandevis lika närvaro i medeltal för de tre mätperioderna, den största skillnaden är på $0,002 \text{ personer/m}^2_{\text{BOA}}$, mellan medelvärdet för mätperiod 2 och 3. Detta motsvarar för en 100 m^2 stor lägenhet 0,2 personer. För samtliga mätperioder och för alla mätperioder tillsammans är det förhållandevis svaga samband mellan närvaro och de båda studerade användningarna vilket visar sig genom att det för samma värden på närvaro är stora skillnader i både hushållselanvändning och tappvarmvattenanvändning.

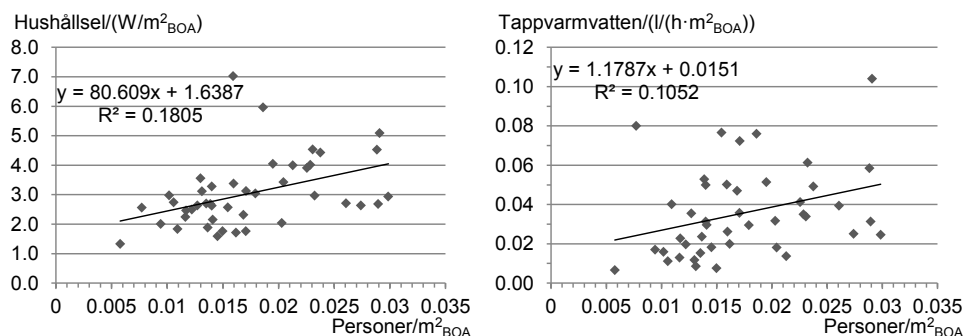
3.2.2 Medelvärden under mätperiodens vardagar

Figurerna 3.5 till och med 3.7 redovisar användningen av hushållsel respektive tappvarmvatten som funktion av närvaron under respektive mätperiod. Samtliga värden är medelvärden för vardagar under mätperioden. I figurerna redovisas regressionslinjer och R^2 värden. Figur 3.8 redovisar motsvarande för samtliga mätperioder. Tabell 3.3 redovisar de studerade parametrarnas medelvärde för samtliga lägenheter för vardagar under de olika mätperioderna samt totalt för alla mätperioder. Tabell 3.4 redovisar de studerade parametrarnas medelvärde för samtliga lägenheter för helgdagar, lördagar och söndagar, under de olika mätperioderna samt totalt för alla mätperioder.

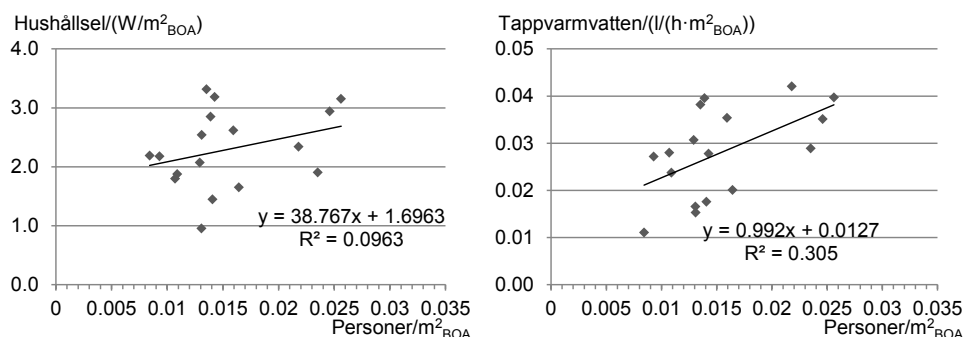
Vardagar



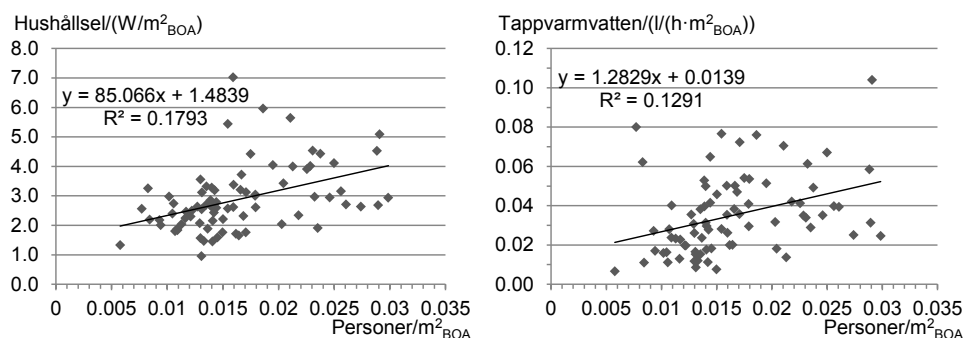
Figur 3.5 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 1.



Figur 3.6 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 2.



Figur 3.7 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 3.



Figur 3.8 Hushållselanvändning som funktion av närvaron (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron (till höger). Medelvärden för vardagar under samtliga mätperioder.

Tabell 3.3 Medelvärden för de studerade parametrarna för vardagar under de olika mätperioderna samt för alla mätperioder tillsammans.

	Mätperiod			
	1	2	3	Tot
Närvaro/ (personer/m ² _{BOA})	0.0153	0.0173	0.0154	0.0164
Hushållsel/ (W/m ² _{BOA})	3.07	3.03	2.29	2.88
Varmvatten/ (l/(h·m ² _{BOA}))	0.0403	0.0355	0.0280	0.0350

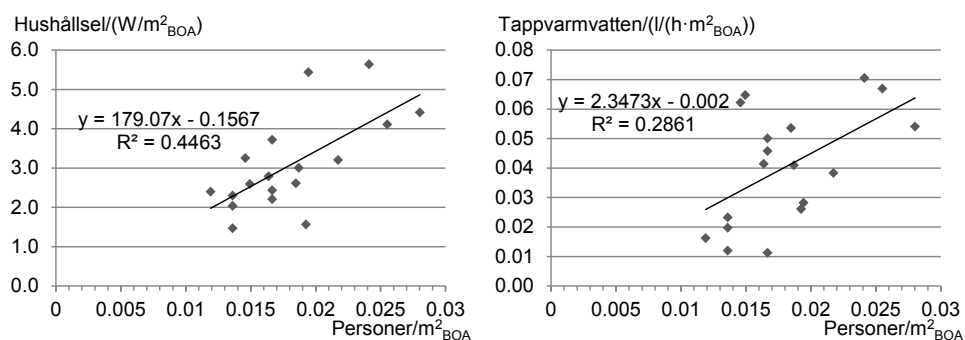
Tabell 3.4 Medelvärden för de studerade parametrarna för helgdagar under de olika mätperioderna samt för alla mätperioder tillsammans.

	Mätperiod			
	1	2	3	Tot
Närvaro/ (personer/m ² _{BOA})	0.0159	0.0178	0.0155	0.0168
Hushållsel/ (W/m ² _{BOA})	3.36	3.09	2.44	3.01
Varmvatten/ (l/(h·m ² _{BOA}))	0.0406	0.0352	0.0307	0.0355

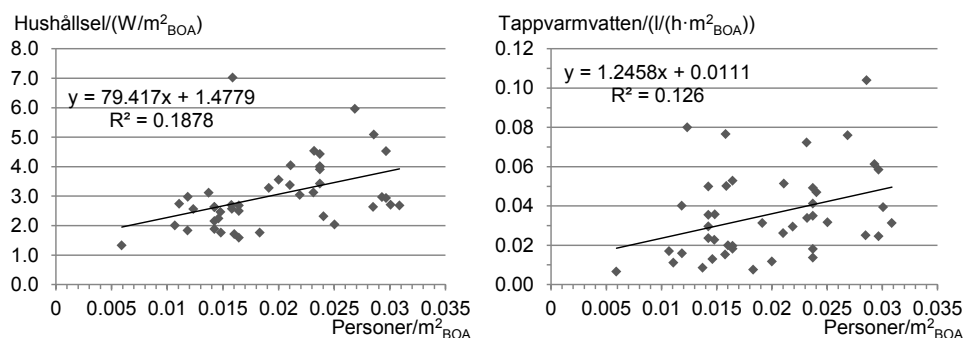
För samtliga mätperioder ökar hushållselanvändningen och tappvarmvattenanvändningen med ökad närvaro. Användningarna ökar mest per ökad närvaro för mätperiod 1 och det är även denna mätperiod som har starkast samband mellan närvaro och hushållselanvändning med ett R²-värde på 0,32. Mätperiod 3 har starkast samband mellan närvaro och tappvarmvattenanvändning med ett R²-värde på 0,31. För mätperiod 3 ökar hushållselen relativt lite med ökad närvaro (R²-värdet är 0,10). Medeltalen för de olika mätperioderna visar att användningarna är lägst under mätperiod 3 som är under sen vår medan övriga mätperioder är under sen höst. Hushållselanvändningen och tappvarmvattenanvändningen är något högre under helgdagar jämfört med vardagar i mätperiod 1 och 3 medan vardagar och helgdagar har mer eller mindre samma användning i mätperiod 2. Närvaron däremot är högre under helgdagar i mätperiod 1 och 2 men ungefär samma i mätperiod 3. Det är förhållandevis lika närvaro i medeltal för de tre mätperioderna med en största skillnad under vardagar på 0,002 personer/m²_{BOA} mellan medelvärdet för mätperiod 2 och 3. Detta motsvarar för en 100 m² stor lägenhet 0,2 personer. För samtliga mätperioder och för alla mätperioder tillsammans är det förhållandevis svaga samband mellan närvaro och de båda studerade användningarna vilket visar sig genom att det för samma värden på närvaro är stora skillnader i användningarna.

3.2.3 Medelnärvaro under natten och medelanvändningar

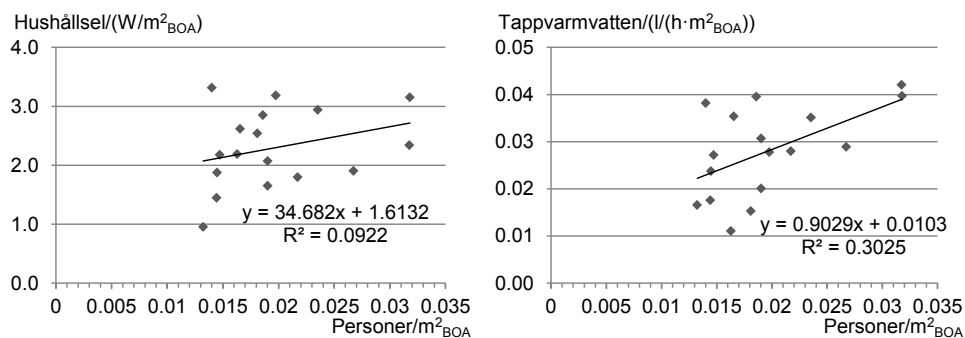
Figurerna 3.9 till och med 3.11 redovisar användningen av hushållsel respektive tappvarmvatten som funktion av närvaron under natten för respektive mätperiod. Samtliga värden för användningar är medelvärden för vardagar under mätperioden. I figurerna redovisas regressionslinjer och R² värden. Figur 3.12 redovisar motsvarande för samtliga mätperioder. Tabell 3.5 redovisar de studerade parametrarnas medelvärde för samtliga lägenheter för vardagar under de olika mätperioderna samt totalt för alla mätperioder.



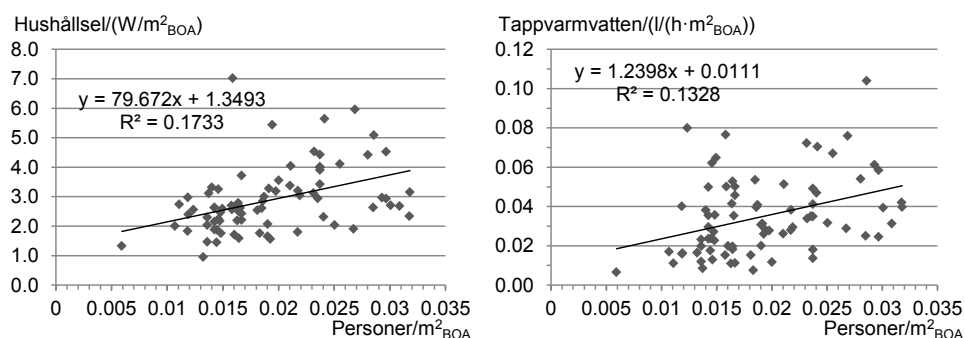
Figur 3.9 Hushållselanvändning som funktion av närvaron under natten (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron under natten (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 1.



Figur 3.10 Hushållselanvändning som funktion av närvaron under natten (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron under natten (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 2.



Figur 3.11 Hushållselanvändning som funktion av närvaron under natten (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron under natten (till höger). Medelvärden för vardagar under mätperiod 3.



Figur 3.12 Hushållselanvändning som funktion av närvaron under natten (till vänster) och tappvarmvattenanvändningen som funktion av närvaron under natten (till höger). Medelvärden för vardagar under samtliga mätperioder.

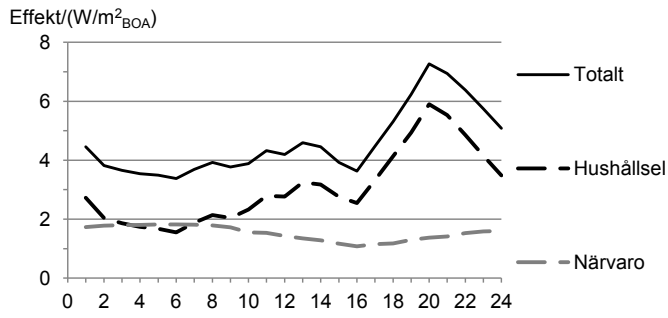
Tabell 3.5 Medelvärden för de studerade parametrarna under de olika mätperioderna samt för alla mätperioder tillsammans.

	Mätperiod			
	1	2	3	tot
Närvaro/ (personer/m ² _{BOA})	0.0180	0.0196	0.0196	0.0192
Hushållsel/ (W/m ² _{BOA})	3.07	3.03	2.29	2.88
Varmvatten/ (l/(h·m ² _{BOA}))	0.0403	0.0355	0.0280	0.0350

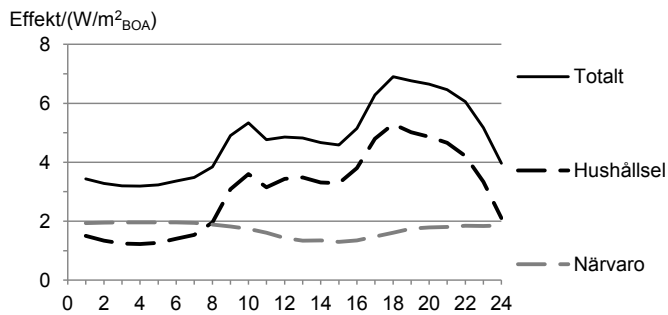
För samtliga mätperioder ökar hushållselanvändningen och tappvarmvattenanvändningen med ökad närvaro. Användningarna ökar mest per ökad närvaro för mätperiod 1 och det är även denna mätperiod som har starkast samband mellan närvaro och hushållselanvändning med ett R²-värde på 0,45. Mätperiod 3 har starkast samband mellan närvaro och tappvarmvattenanvändning med ett R²-värde på 0,30. För mätperiod 3 ökar hushållselen relativt lite med ökad närvaro och R²-värdet är 0,09. Det är förhållandevis lika närvaro i medeltal för de tre mätperioderna med en största skillnad under vardagar på 0,0016 personer/m²_{BOA} mellan medelvärdet för mätperiod 2 och 3 vilket i en 100 m² stor lägenhet innebär 0,16 personer. För samtliga mätperioder och för alla mätperioder tillsammans är det förhållandevis svaga samband mellan närvaro och de båda studerade användningarna vilket visar sig genom att det för samma värden på närvaro är stora skillnader i användningarna.

3.2.4 Närvarons och hushållselens variation under dygnet

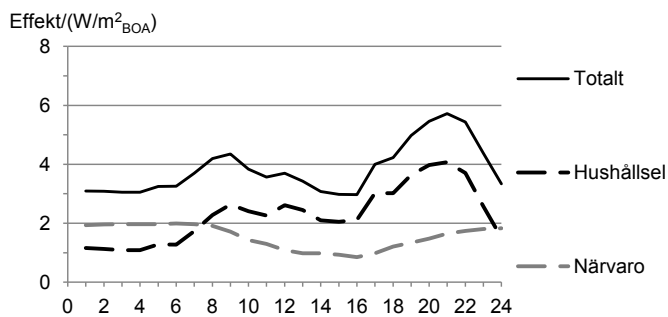
För varje mätperiod beräknas medelvärde på effekten från närvaron och hushållselen för respektive timma under dygnet för vardagar. Effekten för närvaron är beräknad med antagandet om konstant värmeavgivning på 100 W/person. Figurerna 3.13 till och med 3.16 redovisar profiler över dygnet för effekten från närvaro, hushållsel samt den totala internvärmeeffekten för respektive mätperiod och totalt för samtliga mätperioder.



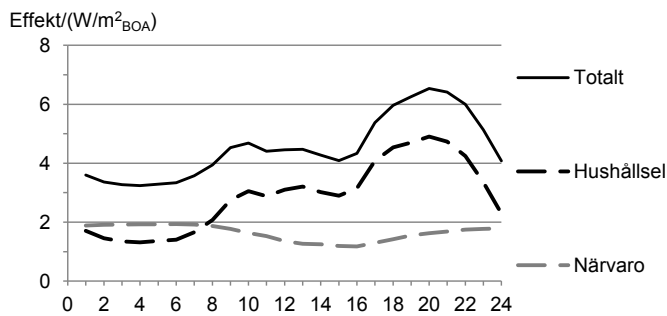
Figur 3.13 Närvarons, hushållselens samt deras totala medeleffekt under dygnets timmar för medelvärdet för samtliga lägenheter under vardagar i mätperiod 1.



Figur 3.14 Närvarons, hushållselens samt deras totala medeleffekt under dygnets timmar för medelvärdet för samtliga lägenheter under vardagar i mätperiod 2.



Figur 3.15 Närvarons, hushållselens samt deras totala medeleffekt under dygnets timmar för medelvärdet för samtliga lägenheter under vardagar i mätperiod 3.



Figur 3.16 Närvarons, hushållselens samt deras totala medeleffekt under dygnets timmar för medelvärdet för samtliga lägenheter under vardagar under samtliga mätperioder.

Medelnärvaron varierar under samtliga mätperioder mellan cirka $0.02 \text{ personer/m}^2_{\text{BOA}}$ under natten och strax över $0.01 \text{ personer/m}^2_{\text{BOA}}$ under eftermiddagen. Det innebär att närvaron under natten är nästan dubbelt så stor som under eftermiddagen. I mätperiod 1 är närvaron som lägst klocka 16 medan det i mätperiod 2 är lägst närvaro mellan klockan 13 och 16. I mätperiod 3 är närvaron lägst mellan klockan 12 och 17. Närvaron börjar minska vid sjutiden på morgonen och når nattens värde vid midnatt. Relationen mellan effekten från närvaron och hushållselen skiljer sig åt under dygnet. Under kvällen är effekten från hushållselen i medeltal 150 % större än effekten från närvaron medan den under eftermiddagen är dubbelt så stor som närvaron. Under natten är effekten från närvaron samma eller större än effekten från hushållselen. Under natten, när det inte finns något värmetilskott från solstrålning, är det värmetilskott som finns att tillgå oftast endast hushållsel och närvaro och dessa är då mer eller mindre likvärdiga i storlek. Utetemperaturen är även ofta lägre under natten vilket innebär en större temperaturskillnad mellan inne och ute som måste kompenseras för med värmetilskott i någon form. Förhållandet mellan värmetilskottet från hushållsel och närvaro pekar på att det särskilt i lågenergihus är viktigt att veta närvaron för att med precision och utan för stora osäkerheter kunna utvärdera byggnadens uppvärmning och energiprestanda.

3.3 Diskussion

När hushållselanvändningen under vardagar beskrivs som en funktion av närvaron under vardagar ökar R^2 -värdet för samtliga mätperioder jämfört med när hushållselanvändningen under hela mätperioderna beskrivs som en funktion av närvaron under hela mätperioderna. Detta var väntat då det generellt anses vara skillnad i brukande under vardagar och helgdagar. När det gäller motsvarande för tappvarmvatten minskar R^2 -värdet för mätperiod 1 och 2 medan det ökar för mätperiod 3. Att R^2 -värdet skulle minska när vardagar studerades separat var oväntat.

När hushållselanvändningen beskrivs som en funktion av närvaron under natten, som används som ett mått för att beskriva hur många som bor i respektive lägenhet, ökar R^2 -värdet för mätperiod 1 till 0.45 medan det för övriga mätperioder minskar. För tappvarmvatten minskar R^2 -värdet för mätperiod 1 och 3 medan det ökar för mätperiod 2. När samtliga mätperioders data läggs samman är det för hushållselen ett starkare samband mot medelnärvaron under dygnet jämfört med mot

närvaron under natten, medan det för tappvarmvattnet är ett starkare samband mot närvaron under natten jämfört med medelnärvaron under dygnet. En möjlig förklaring är att tappvarmvatten i större mängder skulle kopplas till duschning på morgonen som skulle bero på hur många som tillbringat natten i lägenheten medan hushållselen skulle kunna bero mer på hur stor del av dagen som det är närvaro i lägenheten. Oavsett om användningarna relateras till hela mätperioden, mätperiodens vardagar eller närvaron under natten är R^2 -värdena förhållandevis lika i respektive mätperiod och det är inga starka samband mellan närvaro och användningar. Med tanke på att andra kapitel i rapporten visat att det inte finns något tydligt samband mellan hushållsel och tappvarmvatten förväntades inte att det skulle finnas tydligt samband mellan närvaro och de båda parametrarna hushållsel och tappvarmvatten utan endast eventuellt till en av dem. Resultatet visar att det för både hushållsel och tappvarmvatten är stora spridningar i användning vid samma närvaro.

De erhållna R^2 värdena innebär att medelnärvaro under dygnet eller antalet boende bara till en liten del beskriver hushållselanvändningens eller tappvarmvattenanvändningens storlek. R^2 -värdena som erhålls för funktionerna som beskriver användningarna som funktion av närvaron är ungefär samma som de R^2 -värden som erhålls när användningarna beskrivs som funktion av BOA. Troligen är det stora individuella skillnader mellan hur människor använder hushållsel och tappvarmvatten vilket leder till att variationerna bäst beskrivs genom statistiska fördelningar.

Resultatet kan tolkas som att närvaron är en parameter som inte bidrar till att förklara användningen av hushållsel och tappvarmvatten och därmed inte behöver vara med när dessa användningar utvärderas eller projekteras. Däremot är närvaron en viktig parameter att veta med tanke på det internvärmekost som brukarna ger och som under natten är lika stort som internvärmes från hushållselen. Kännedom om närvaron är också avgörande för prediktering, optimering och verifiering av olika behovsstyrda system. I samtliga studerade kvarter ligger medelnärvaron under natten nära $0,2 \text{ personer/m}^2_{BOA}$, den varierar mellan $0,0180$ och $0,0196 \text{ personer/m}^2_{BOA}$.

4 Brukarpåverkan på energianvändning för uppvärmning

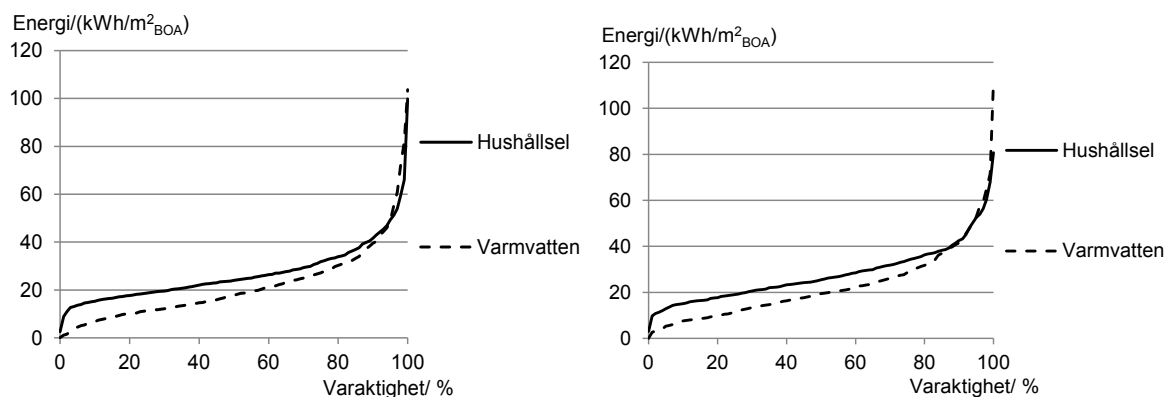
BBR ställer krav på specifik energianvändning vilken påverkas av internvärme från hushållsel och användning av tappvarmvatten. Med tanke på att skillnaden i användning av dessa har visat sig vara stor mellan olika brukare behöver detta beaktas som en osäkerhet när specifik energianvändning predikteras. En brukare med hög hushållselanvändning och låg tappvarmvattenanvändning kommer troligtvis ge en lägre specifik energianvändning jämfört med en brukare med låg hushållselanvändning och hög tappvarmvattenanvändning. Denna relativa skillnad i specifik energianvändning vid olika brukande ökar med bättre energiprestanda på byggnaden. För att analysera hur hushållsel och tappvarmvatten i samverkan påverkar den specifika energianvändningen har energisimuleringar utförts där individuella lägenheters timdata har använts som indata. Simuleringarna har gjorts för byggnader med olika energiprestanda (U-medelvärde, fönsterarea, typ av ventilation och återvinning) och för olika lägenhetsstorlekar. Resultatet visar vilken spridning i specifik energianvändning olika faktiska brukares användning resulterar i, i olika typer av byggnader, för att ge en uppfattning om vilka säkerhetsmarginaler som är rimliga att användas för att ta hänsyn till olika brukande.

4.1 Metod

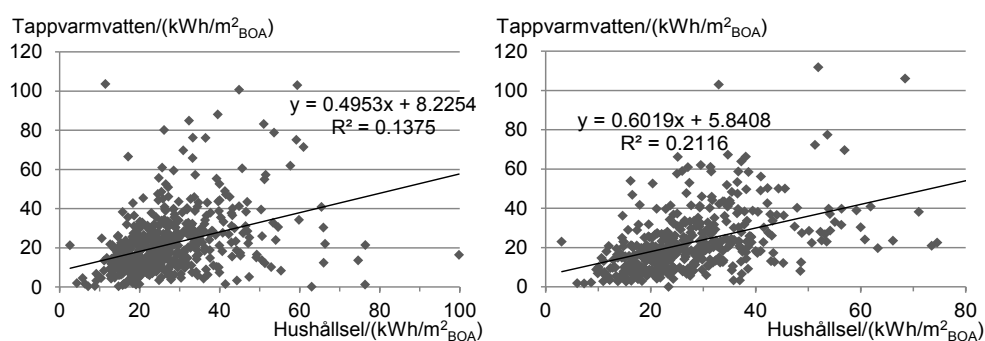
Uppmätt användning av hushållsel och tappvarmvatten från 542 lägenheter med 2 rok samt 428 lägenheter med 3 rok har använts som indata i simuleringar av uppvärmningsbehov för att värma bostaden till innetemperatur samt totaluppvärmningsbehov, vilket även inkluderar uppvärmning av tappvarmvatten. Totaluppvärmningsbehovet motsvarar specifik energianvändning exklusive den elanvändning som sker utanför bostaden. Mätningarna har skett på timnivå och dessa timdata har använts som indata i beräkningarna vilket innebär att den verkliga variationen under året och dygnet har inkluderats i beräkningarna. Beräkningarna är utförda för två lägenhetsstorlekar, 2 rok och 3 rok, där uppmätta data från respektive lägenhetsstorlek använts som indata. Beräkningar har för respektive lägenhetsstorlek gjorts för en mittlägenhet och en gavellägenhet, placerade i tre olika byggnader som representerar olika byggteknik, energiprestanda och ålder.

Figur 4.1 visar varaktigheterna för den uppmätta hushållselanvändningen och tappvarmvattenanvändningen där uppmätt tappvarmvattenvolym multiplicerad med 55 kWh/m^3 i de båda lägenhetsstorlekarna. Fördelningarna av de båda energianvändningarna är snarlika i de båda lägenhetsstorlekarna. Hushållselens medelvärde är $26,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i 2 rok och $27,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i 3 rok. Tappvarmvattenanvändningens medelvärde är $21,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i 2 rok och $22,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i 3 rok.

Figur 4.2 redovisar energianvändningen för uppvärmning av tappvarmvatten som funktion av hushållselanvändningen för de båda lägenhetsstorlekarna. En regressionslinje och dess parametrar samt R^2 värde redovisas i figuren. Det är tydligt att det inte finns något starkt samband mellan hushållsel och tappvarmvattenanvändning. Lägenheter med låg hushållselanvändning kan ha både låg och hög tappvarmvattenanvändning vilket även gäller för lägenheter med hög hushållselanvändning vilket förklarar att det blir en låg korrelation. Därför är det svårt att definiera en typisk användare av hushållsel och varmvatten vilket innebär att de faktiska fördelningarna och kombinationerna måste tas hänsyn till.



Figur 4.1 Varaktigheten för energianvändning för tappvarmvatten och hushållselanvändning i 2 rok (till vänster) och 3 rok (till höger).



Figur 4.2 Energianvändning för tappvarmvatten som funktion av hushållselanvändning i 2 rok (till vänster) och i 3 rok (till höger).

De tre byggnaderna som används i beräkningarna representerar en byggnad av passivhustyp, en byggnad av modern standardtyp samt ett 60-talshus. Tabell 4.1 redovisar U-värden för klimatskalets konstruktioner i de tre byggnadstyperna. Köldbryggor är i passivhuset och standardhuset 20 % av transmissionsförlusterna och i 60-talshuset 10 % av transmissionsförlusterna. Läcketaget i passivhuset är $0,015 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$, i standardhuset $0,03 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ och i 60-talshuset $0,06 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ vid normala tryckdifferenser över klimatskalet. Lägenheten om 2 rok har en BOA på 60 m^2 och lägenheten om 3 rok en BOA på 80 m^2 . Lägenheterna är genomgående och orienterade med fasader mot norr och söder. I varje byggnadstyp har lägenheterna två olika placeringar, mittlägenhet respektive gavellägenhet. Gavellägenheten är placerad med gavelfasaden mot öster och lägenhetens tak är mot uteklimatet medan mittlägenheten inte har några transmissionsförluster annat än genom fasader mot norr och söder. Tabell 4.2 redovisar klimatskalets areor för olika delar för de två lägenhetsstorlekarna och deras olika placering.

Tabell 4.1 U-värde för klimatskalets konstruktioner.

	Passivhus	Standardhus	60-talshus
	W/(m ² ·K)		
Yttervägg	0.1	0.18	0.4
Fönster	0.8	1.3	2
Tak	0.08	0.13	0.25

Tabell 4.2 Klimatskalets areor.

	2 rok		3 rok	
	mittlgh.	gavellgh.	mittlgh.	gavellgh.
Fasad Norr/m ²	18	18	24	24
Fasad Söder/m ²	18	18	24	24
Fasad Öster/m ²	0	19.2	0	19.2
Tak/m ²	0	60	0	80

Fönsterarean fördelas med 60 % av lägenhetens totala fönsterarea placerad i fasad mot söder och 40 % av lägenhetens totala fönsterarea placerad i fasad mot norr. För att studera fönsterareans påverkan på resultatet varierades parametern fönsterarea per BOA mellan noll och 45 % i steg om 5 %, sammanlagt 10 steg. När fönsterarean ökar, ökar gratisvärmerna från solinstrålningen samtidigt som transmissionsförlusterna ökar då fönstrets U-värde är högre än ytterväggens. För att studera FTX-aggregatets påverkan på resultatet varierades parametern temperaturverkningsgrad mellan 50 % och 95 % i steg om 5 %, alltså sammanlagt 10 steg. När fönsterarean varierades sattes temperaturverkningsgraden till 75 % och när temperaturverkningsgraden varierades sattes fönsterarean/BOA till 25 % förutom i 60-talshuset där temperaturverkningsgraden sattes till noll när fönsterarean varierades. Lägenheterna värms till 22 °C och lägenheten om 2 rok ventileras med 25 l/s och lägenheten om 3 rok med 28 l/s. Personnärvaron sattes till 0,03 personer/m²_{BOA}. Uteklimatet som använts i simuleringarna är standardklimat för Karlstad enligt klimatdataverktyget Meteonorm.

Varje kombination av användning av hushållsel och tappvarmvatten representerar en brukare, vilket innebär att simuleringar utförs för 542 olika brukare i lägenheter om 2 rok och 428 olika brukare i lägenheter om 3 rok, totalt 970 olika brukare. För varje lägenhetstyp; mitt och gavel; i varje byggnadstyp; passivhus, standardhus, och 60-talshus; och för variationen i parametrarna fönsterarea och temperaturverkningsgrad genomförs simuleringar med 542 respektive 428 olika indata på hushållsel och tappvarmvatten vilket innebär att totalt 116 400 energisimuleringar genomförts.

4.2 Resultat

Resultatet för varje byggnadstyp och lägenhetsstorlek presenteras i separata underkapitel. I varje underkapitel redovisas figurer som beskriver resultatet med statistiska mått. Resultatet för parametervariationen för fönsterarea redovisas för mittlägenhet och gavellägenhet och motsvarande gäller för parametervariationen temperaturverkningsgrad. Varje figur redovisar statistik för

uppvärmningsbehovet för att värma till innetemperatur, till vänster i figuren, och totaluppvärmningsbehovet, till höger i figuren. Horisontella axlar beskriver parametervariationen och vertikala axlar beskriver uppvärmningsenergin. Kurvorna i figurerna beskriver olika percentiler för spridningar samt medelvärde. I figurerna presenteras percentilerna 5, 10, 25, 50 (median), 75, 90, 95 samt medelvärde. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna beskriver de mittersta 90 procenten uppvärmning respektive totaluppvärmning och differensen mellan 75- och 25-percentilerna beskriver de mittersta 50 procenten.

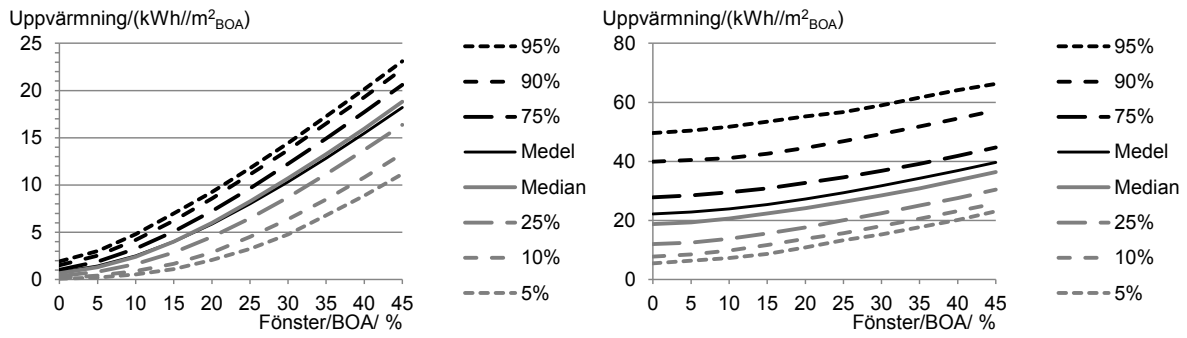
4.2.1 Passivhus 2 rok

4.2.1.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

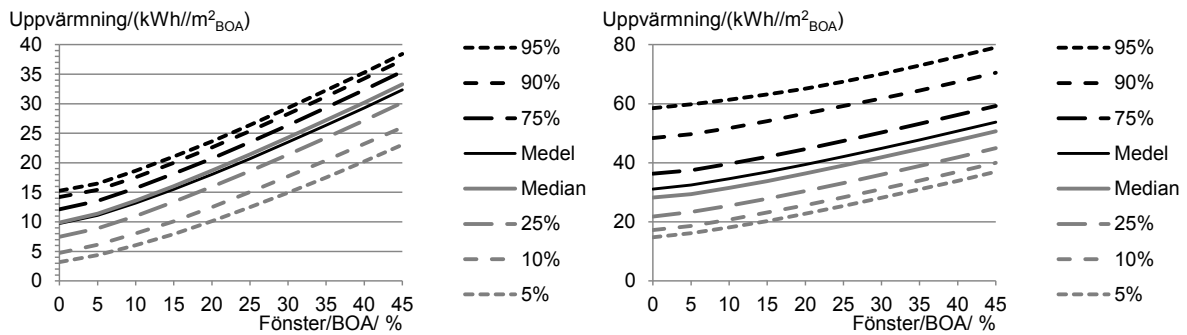
När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med $17 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten respektive med $23 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.3 och 4.4. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med $13 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten och $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.5 och 4.6. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är $8,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten respektive $14 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 8,0 respektive $21 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna lika stor som medeluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka 70 % av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är ungefär dubbelt så stor i mittlägenheten respektive nästan dubbelt så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten något mindre respektive i gavellägenheten ungefär samma som skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

4.2.1.2 Totaluppvärmning

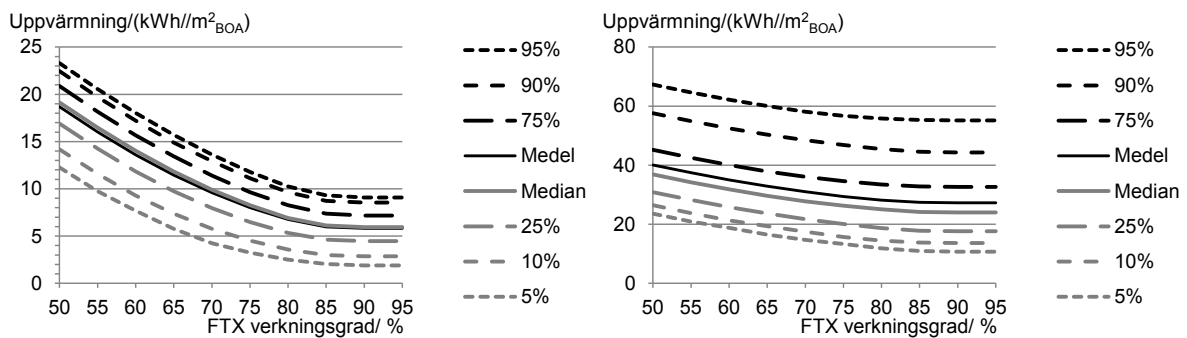
När fönsterarean ökar från noll till 45 % ökar totaluppvärmningens medelvärde med $17 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten och $23 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.3 och 4.4. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med $13 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten och $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.5 och 4.6. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är $43 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i mittlägenheten respektive $42 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 29 och $42 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna nästan 50 % större än medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet lika stor som medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är ungefär hälften av skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-percentilerna. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka en tredjedel av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



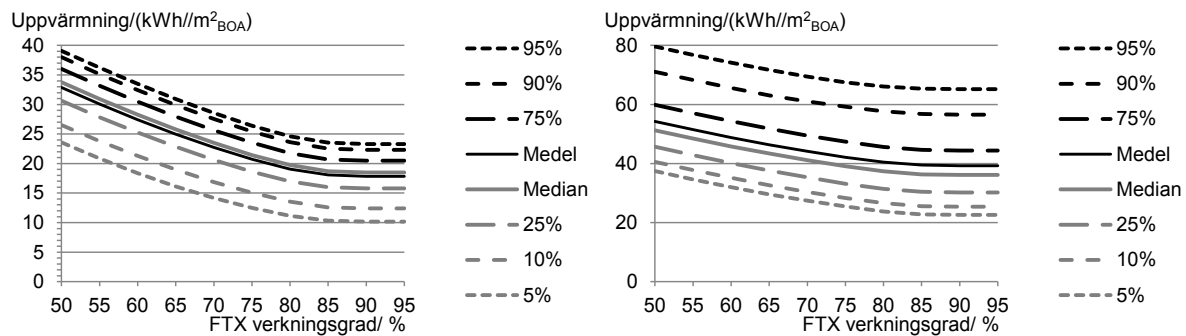
Figur 4.3 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett passivhus för olika fönsterareor.



Figur 4.4 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett passivhus för olika fönsterareor.



Figur 4.5 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett passivhus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.6 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett passivhus för olika temperaturverkningsgrader.

4.2.2 Passivhus 3 rok

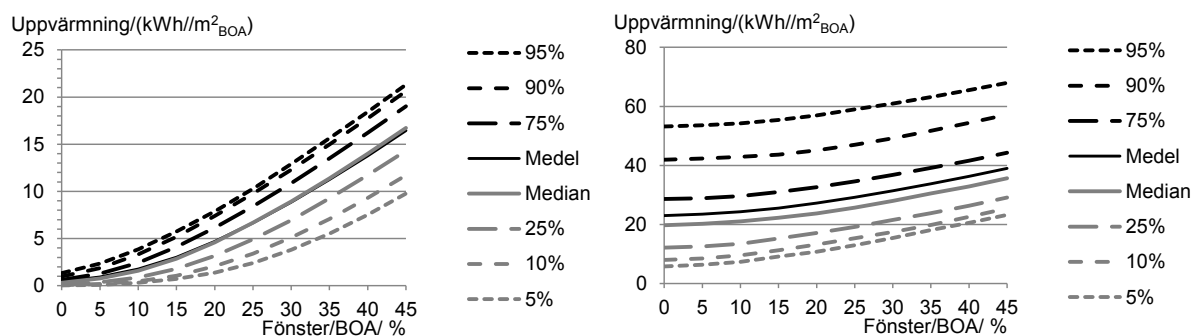
4.2.2.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med 16 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 22 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.7 och 4.8. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med 10 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 12 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.9 och 4.10. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 7,9 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 13 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 6,7 och 18 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna något större än medeluppvärmningen och i en gavellägenhet drygt 70 % av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är ungefär dubbelt så stor i mittlägenheten respektive nästan dubbelt så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten något större respektive i gavellägenheten något mindre än skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

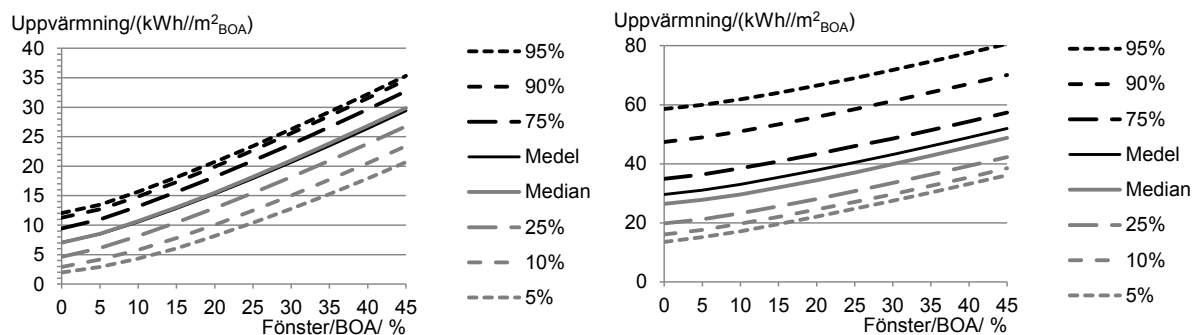
4.2.2.2 Totaluppvärmning

När fönsterarean ökar från noll till 45 % ökar totaluppvärmningens medelvärde med 16 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 22 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.7 och 4.8. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med 10 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 12 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.9 och 4.10. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 46 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 44 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medelanvändningar är 29 och 40 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna nästan 60 % större än medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet något större än som medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är mindre än hälften av skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-

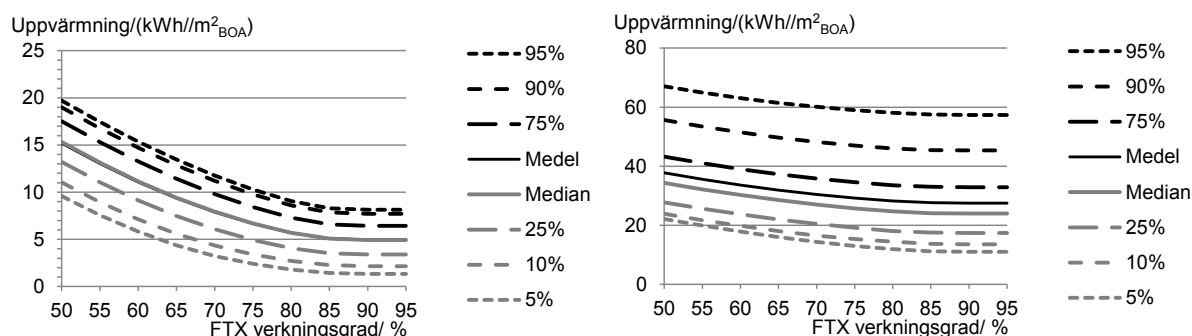
percentilerna. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka en fjärdedel av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



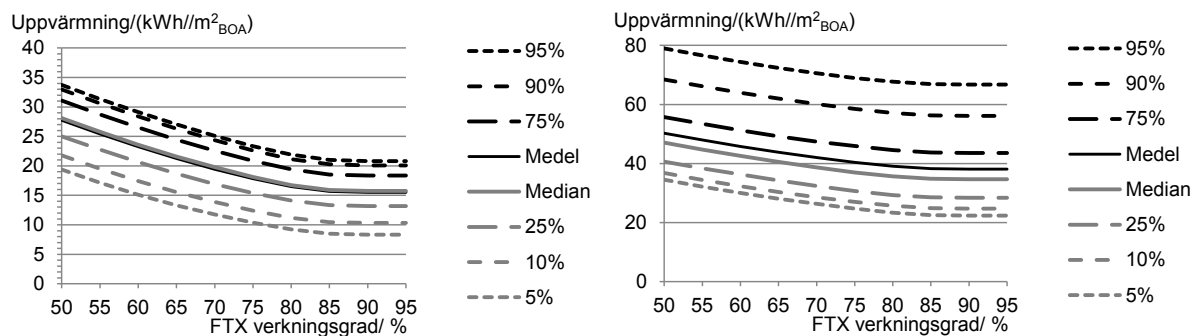
Figur 4.7 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok mittlägenhet i ett passivhus för olika fönsterareor.



Figur 4.8 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett passivhus för olika fönsterareor.



Figur 4.9 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok mittlägenhet i ett passivhus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.10 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett passivhus för olika temperaturverkningsgrader.

4.2.3 Standardhus 2 rok

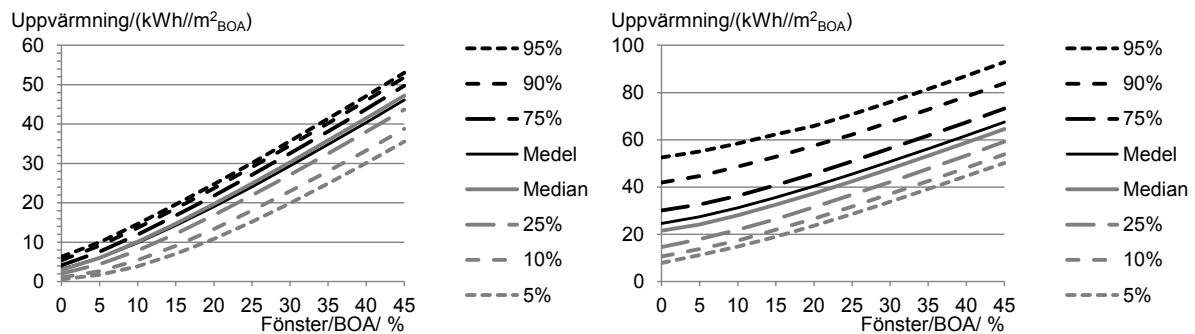
4.2.3.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med 43 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 47 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.11 och 4.12. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med 15 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 17 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.13 och 4.14. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 15 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 20 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 24 och 53 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna drygt 60 % av medeluppvärmningen och i en gavellägenhet strax under 40 % av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är nästan tre gånger så stor i mittlägenheten respektive drygt dubbelt så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten samma som respektive i gavellägenheten något mindre än skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

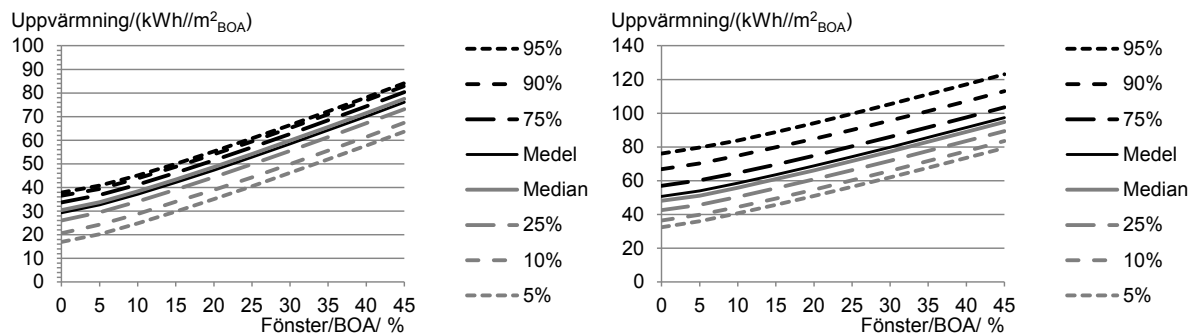
4.2.3.2 Totaluppvärmning

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar totaluppvärmningens medelvärde med 43 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 47 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.11 och 4.12. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med 15 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 17 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den högra delen i figurerna 4.13 och 4.14. Differensen mellan 95- och 5- percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 42 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 43 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medelanvändningar är 45 och 74 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna ungefär samma som medeltotaluppvärmningen och i gavellägenheten drygt hälften av medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är ungefär samma som skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-percentilerna.

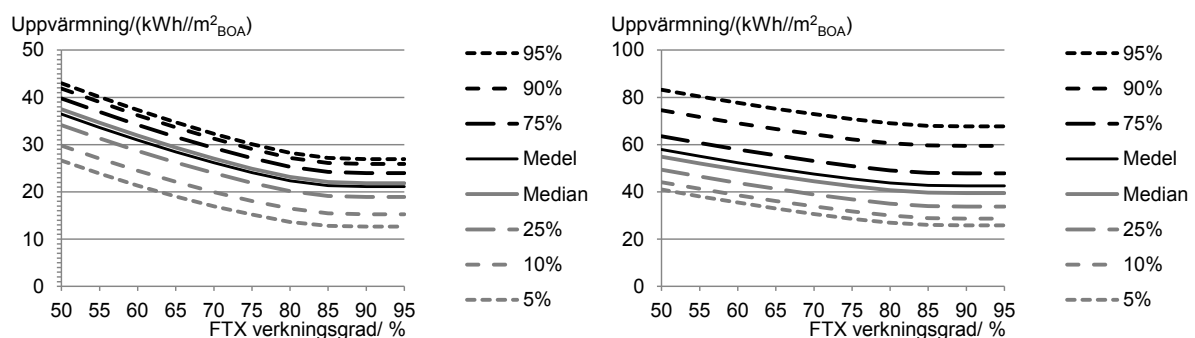
Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka 40 % av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



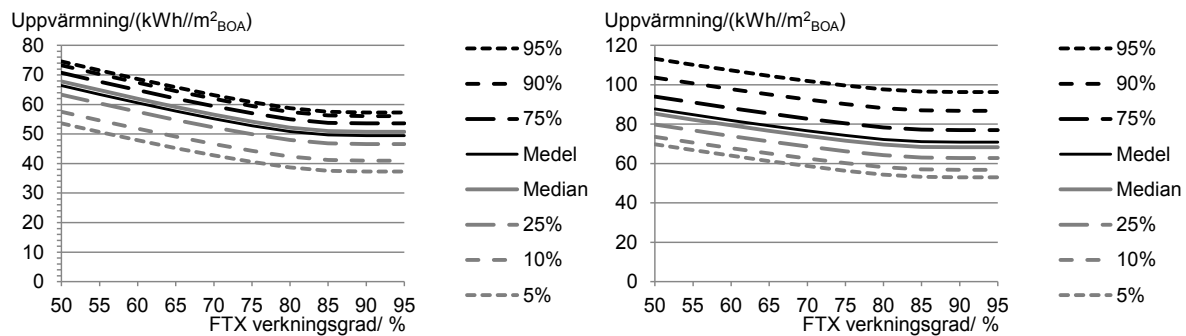
Figur 4.11 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett standardhus för olika fönsterareor.



Figur 4.12 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett standardhus för olika fönsterareor.



Figur 4.13 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett standardhus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.14 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett standardhus för olika fönsterareor.

4.2.4 Standardhus 3 rok

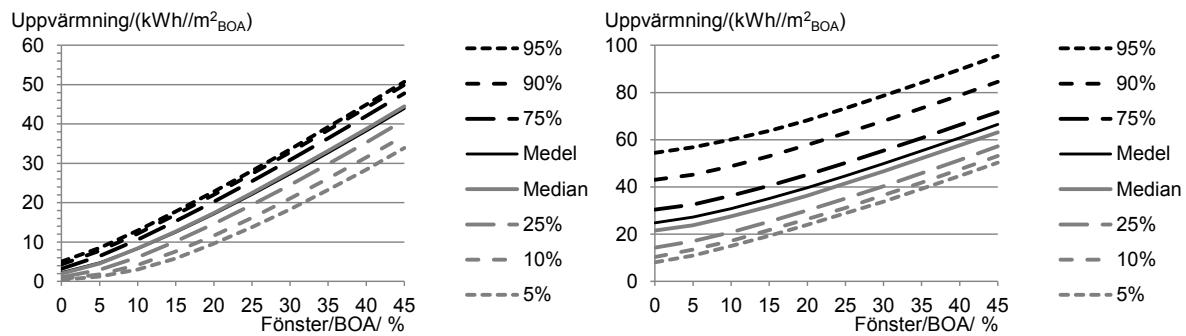
4.2.4.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med 42 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 47 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.15 och 4.16. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med 13 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 14 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.17 och 4.18. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 14 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 19 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 22 och 48 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna drygt 60 % av medeluppvärmningen och i en gavellägenhet 40 % av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är tre gånger så stor i mittlägenheten respektive drygt dubbelt så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten ungefär samma som respektive i gavellägenheten något mindre än skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

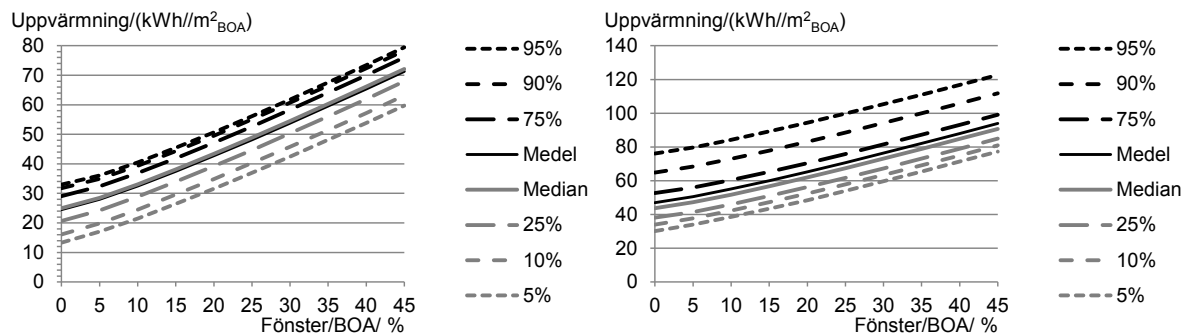
4.2.4.2 Totaluppvärmning

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar totaluppvärmningens medelvärde med 42 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 47 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.15 och 4.16. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med 13 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 14 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den högra delen i figurerna 4.17 och 4.18. Differensen mellan 95- och 5- percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 44 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 46 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 45 och 71 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna ungefär samma som medeltotaluppvärmningen och i gavellägenheten drygt hälften av medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är ungefär samma som skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-percentilerna.

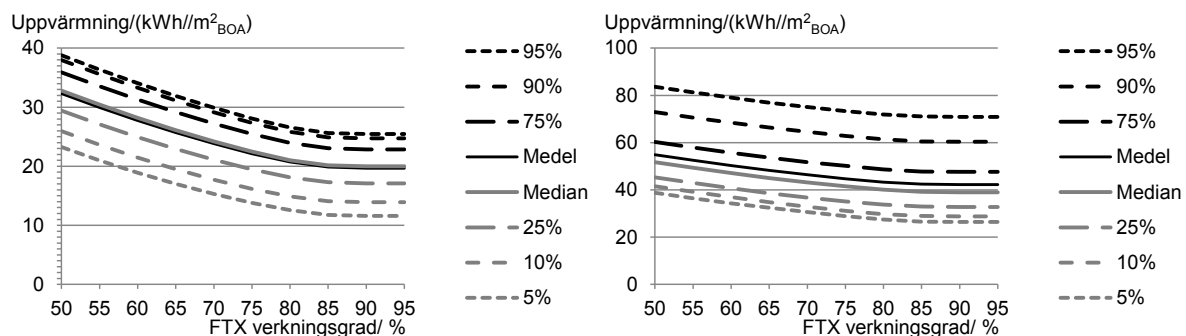
Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka en tredjedel av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



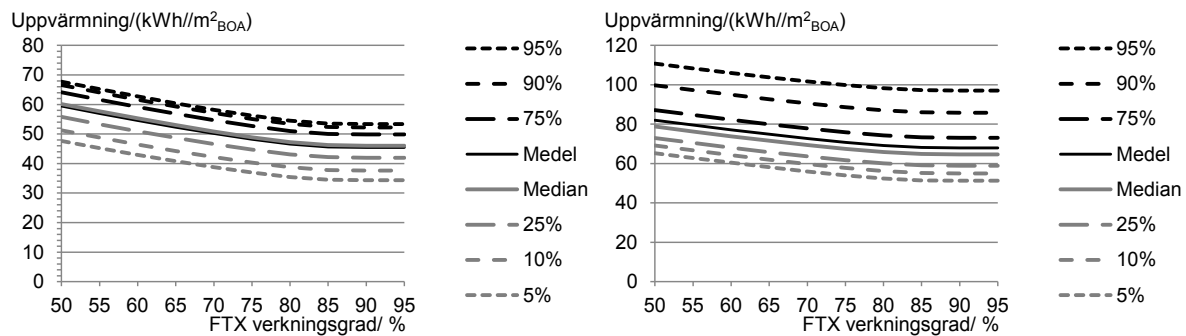
Figur 4.15 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totalt uppvärmningsbehov inklusive uppvärmning av tappvarmvatten (till höger) i en 3 rok mittlägenhet i ett standardhus för olika fönsterareor.



Figur 4.16 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett standardhus för olika fönsterareor.



Figur 4.17 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok mittlägenhet ett standardhus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.18 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett standardhus för olika temperaturverkningsgrader.

4.2.5 1960-talshus 2 rok

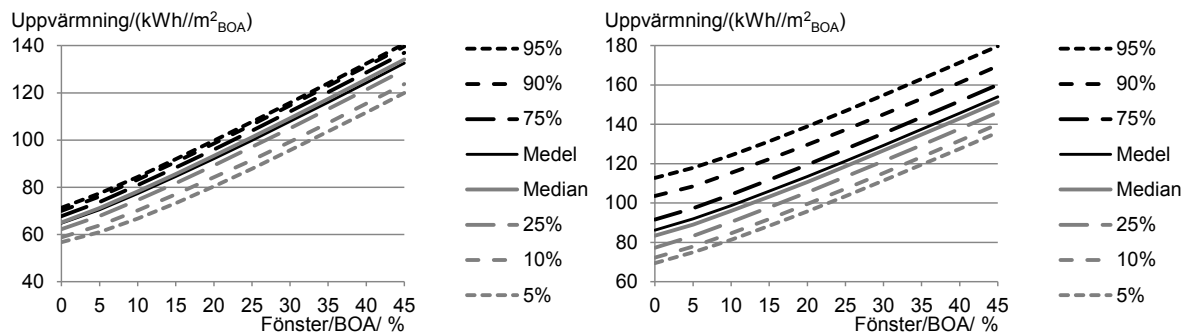
4.2.5.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med 68 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 65 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.19 och 4.20. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med 17 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 18 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.21 och 4.22. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på noll och en fönsterarea/BOA på 25 % är 20 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 25 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 100 och 161 kWh/m²_{BOA}. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 20 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 25 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 51 och 112 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet utan värmeåtervinning 20 % av medeluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka 15 % av medeluppvärmningen. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet med 75 % värmeåtervinning cirka hälften av medeluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka en fjärdedel av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är drygt tre gånger så stor i mittlägenheten respektive nästan tre gånger så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten något mindre respektive i gavellägenheten nästan 30 % mindre än skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

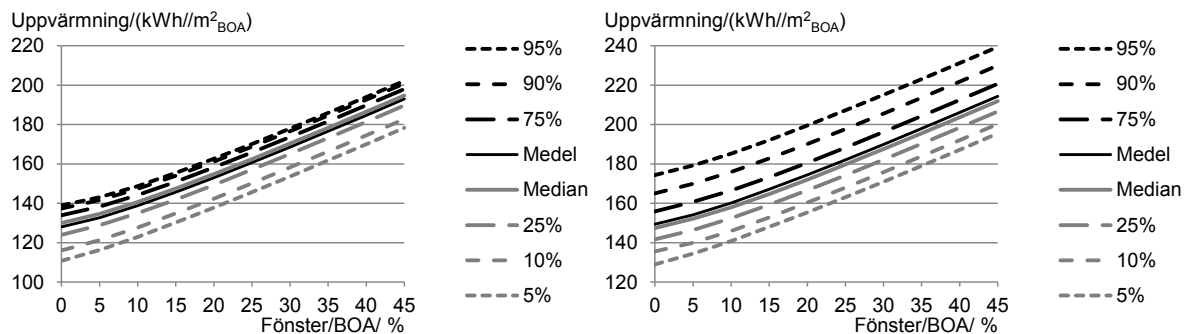
4.2.5.2 Totaluppvärmning

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar totaluppvärmningens medelvärde med 68 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 65 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.19 och 4.20. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med 17 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 18 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den högra delen i figurerna 4.21 och 4.22. Differensen mellan 95-

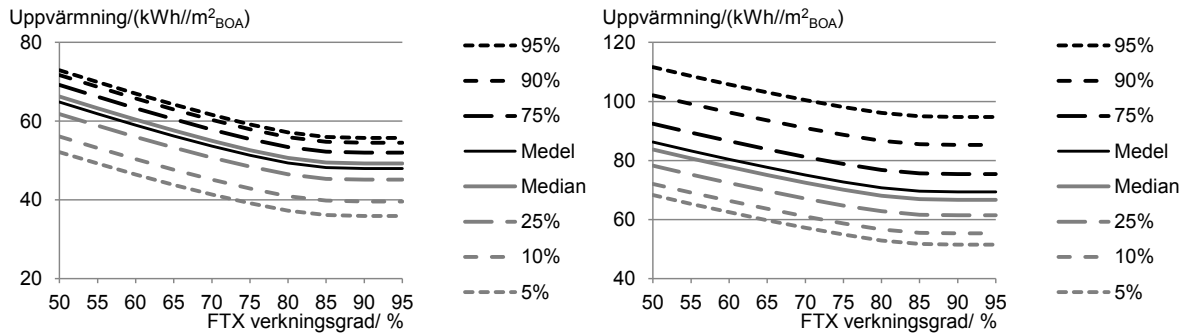
och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på noll och en fönsterarea/BOA på 25 % är 43 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 44 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 121 och 182 kWh/m²_{BOA}. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 43 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 44 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 73 och 134 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet utan värmeåtervinning en tredjedel av medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet en fjärdedel av medeltotaluppvärmningen. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet med 75 % värmeåtervinning drygt hälften av medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka en tredjedel av medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är 50 % större än skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-percentilerna. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka en tredjedel av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



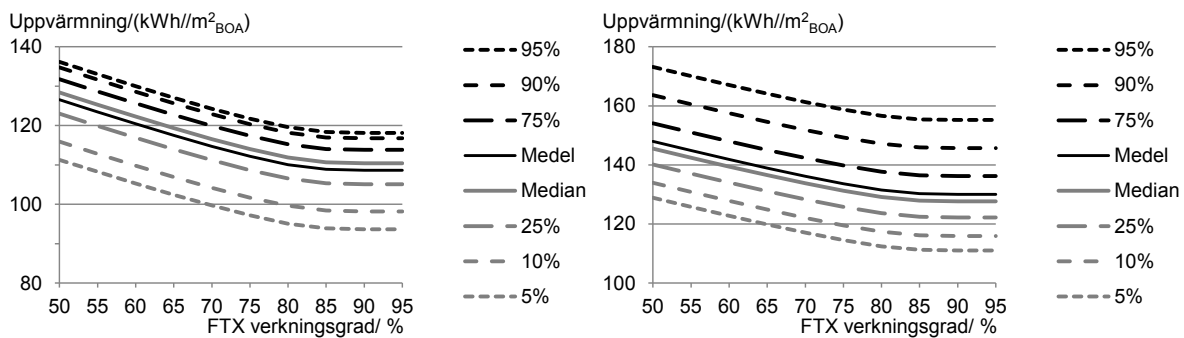
Figur 4.19 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett 1960-talshus för olika fönsterareor.



Figur 4.20 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett 1960-talshus för olika fönsterareor.



Figur 4.21 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok mittlägenhet i ett 1960-talshus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.22 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 2 rok gavellägenhet i ett 1960-talshus för olika temperaturverkningsgrader.

4.2.6 1960-talshus 3 rok

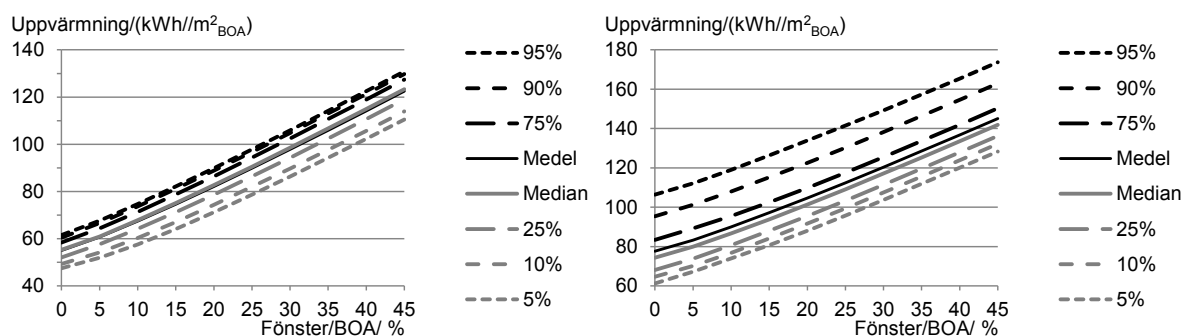
4.2.6.1 Uppvärmning av lägenhet till innetemperatur

När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar uppvärmningens medelvärde med 67 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 66 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till vänster i figurerna 4.23 och 4.24. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeluppvärmningen med 14 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 15 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den vänstra delen i figurerna 4.25 och 4.26. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på noll och en fönsterarea/BOA på 25 % är 19 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 24 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 90 och 145 kWh/m²_{BOA}. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 19 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 24 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeluppvärmningar är 49 och 105 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet utan värmeåtervinning drygt en femtedel av medeluppvärmningen och i en strax under en femtedel av medeluppvärmningen. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet med 75 % värmeåtervinning strax under 40 % av medeluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka en fjärdedel av medeluppvärmningen. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster

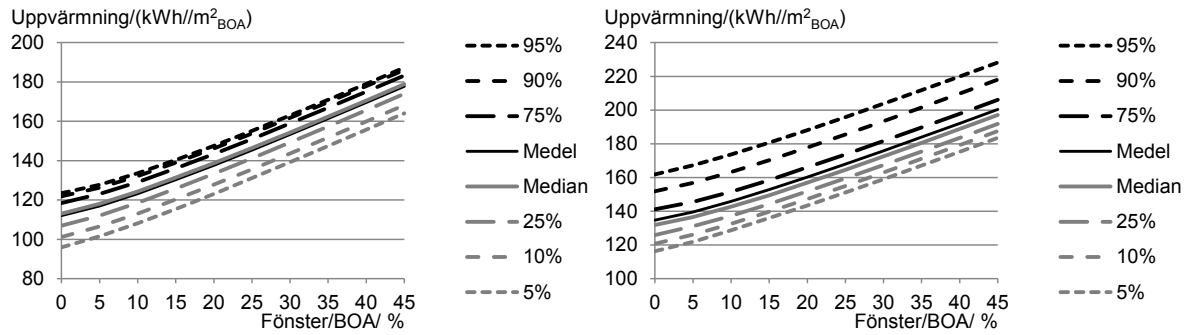
och inga fönster är drygt tre gånger så stor i mittlägenheten respektive nästan tre gånger så stor i gavellägenheten som skillnaden i uppvärmning mellan 95- och 5 percentilerna. Skillnaden i medeluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är i mittlägenheten något mindre respektive i gavellägenheten drygt 30 % mindre än skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.

4.2.6.2 Totaluppvärmning

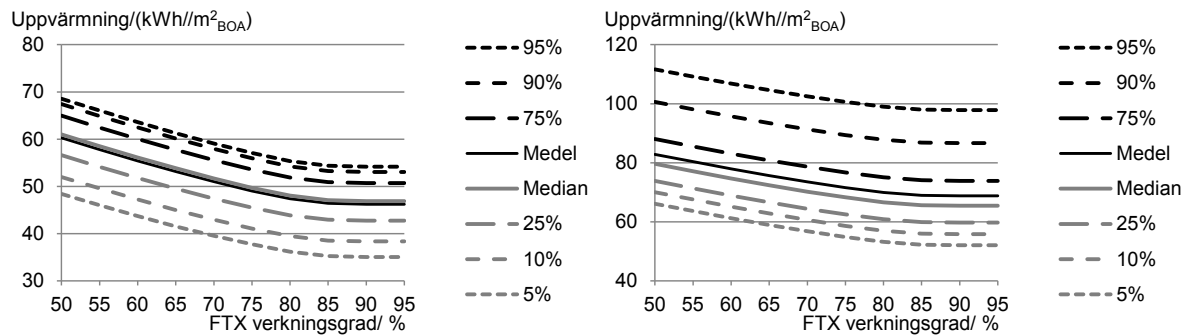
När fönsterarean ökar från noll till 45 % av BOA ökar totaluppvärmningens medelvärde med 67 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive med 66 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas till höger i figurerna 4.23 och 4.24. När temperaturverkningsgraden för FTX-aggregatet ökar från 55 % till 95 % minskar medeltotaluppvärmningen med 14 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten och 15 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten vilket redovisas i den högra delen i figurerna 4.25 och 4.26. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på noll och en fönsterarea/BOA på 25 % är 46 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 45 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 112 och 168 kWh/m²_{BOA}. Differensen mellan 95- och 5-percentilerna vid en temperaturverkningsgrad på 75 % och en fönsterarea/BOA på 25 % är 46 kWh/m²_{BOA} i mittlägenheten respektive 45 kWh/m²_{BOA} i gavellägenheten. Motsvarande medeltotaluppvärmningar är 72 och 127 kWh/m²_{BOA}. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet utan värmeåtervinning 40 % av medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka fjärdedel av medeltotaluppvärmningen. I mittlägenheten är skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna i fallet med 75 % värmeåtervinning drygt 60 % av medeltotaluppvärmningen och i en gavellägenhet cirka en tredjedel av medeltotaluppvärmningen. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 45 % fönster och inga fönster är cirka 50 % större än skillnaden i totaluppvärmning mellan 95- och 5-percentilerna. Skillnaden i medeltotaluppvärmning mellan fallen med 55 % och 95 % temperaturverkningsgrad är cirka en tredjedel av skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna.



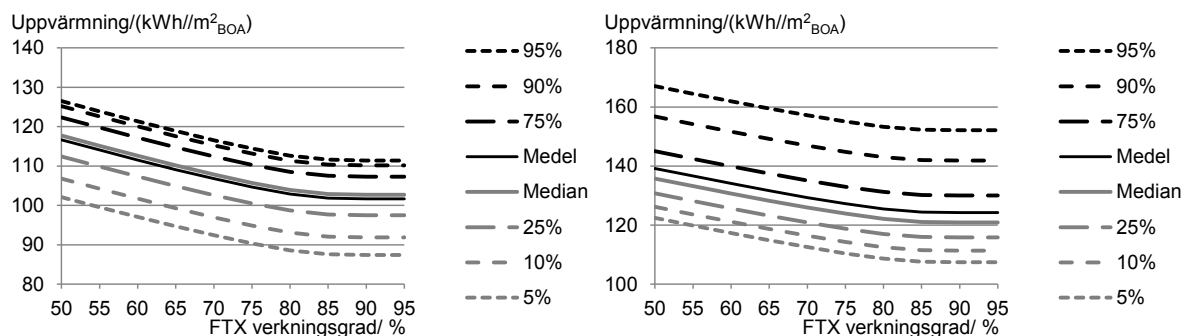
Figur 4.23 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok mittlägenhet i ett 1960-talshus för olika fönsterareor.



Figur 4.24 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett 1960-talshus för olika fönsterareor.



Figur 4.25 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok mittlägenhet i ett 1960-talshus för olika temperaturverkningsgrader.



Figur 4.26 Årligt uppvärmningsbehov för att värma lägenheten till innetemperatur (till vänster) och årligt totaluppvärmningsbehov, inklusive uppvärmning av tappvarmvatten, (till höger) i en 3 rok gavellägenhet i ett 1960-talshus för olika temperaturverkningsgrader.

4.3 Diskussion

Figurerna som presenterats i resultatkapitlet beskriver statistik för resultatet från den genomförda parameterstudien. För att diskutera resultatet används resultaten som erhållits när parametern fönsterarea/BOA är 25 % och parametern temperaturverkningsgrad är 75 % förutom när det gäller 60-talshuset då parametern temperaturverkningsgrad är noll.

I passivhusets mittlägenheter, är medelvärdet för det simulerade årliga totaluppvärmningsbehovet för att värma till innetemperatur $7,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna $8,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Detta kan jämföras med 60-talshuset utan värmeåtervinning vars mittlägenheter har ett simulerat uppvärmningsbehov på $95 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och en skillnad mellan 95- och 5-percentilerna på $20 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Passivhusets gavellägenheter, har ett simulerat årligt uppvärmningsbehov på i medeltal $19 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och en skillnad mellan 95- och 5-percentilerna på $14 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ medan 60-talshuset (utan värmeåtervinning) har ett simulerat uppvärmningsbehov på $153 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i gavellägenheterna och en skillnad mellan 95- och 5-percentilerna på $24 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I standardhuset är det simulerade årliga uppvärmningsbehovet för mittlägenheterna $23 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och skillnaden mellan 95- och 5-percentilerna $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och motsvarande siffror för gavellägenheterna $51 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $20 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

Differensen mellan 95- och 5-percentilerna representerar det spann som inkluderar de mittersta 90 % av uppvärmningsbehoven för att värma bostaden till innetemperatur. Spannet ökar med minskad energiprestanda på byggnadens klimatskal och installationer. I gavellägenheterna i 60-talshuset är spannet tre gånger så stort som i passivhusets mittlägenheter samtidigt som uppvärmningsbehovet är nästan 15 gånger större i 60-talshuset gavellägenheter jämfört med passivhuset mittlägenheter. Spannet som differensen mellan 95- och 5-percentilerna utgör är i passivhusets mittlägenheter 113 % av medeluppvärmningen och i gavellägenheterna 70 % av medeluppvärmningen medan motsvarande förhållande i 60-talshusets mittlägenheter är 21 % och i gavellägenheter 16 %. I standardhuset är motsvarande förhållande i mittlägenheterna 63 % och i gavellägenheterna 39 %.

När det gäller totaluppvärmningsbehovet vilket motsvarar specifik energianvändning exklusive elanvändning utanför lägenheten är differensen mellan 95- och 5-percentilerna i stort sett samma, mellan 43 och $45 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$, för de olika studerade byggnadstyperna. Spannet i totaluppvärmning kan jämföras med differensen mellan 90-percentilen och minimumvärdet för tappvarmvattenanvändningen, $46 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ i medeltal för 2 rok och 3 rok enligt figur 4.1. Hushållselanvändningen är i samtliga studerade fall större än noll vilket innebär att det finns spillvärme att tillgå från denna. Detta innebär att följaktligen att differensen mellan totaluppvärmningens 95- och 5-percentiler bör vara mindre än differensen mellan tappvarmvattenanvändningens 90-percentil och minimum. Hushållselens 90 % mittersta värden ligger mellan $14 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $50 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$, se figur 4.1 och för de flesta värden inom detta spann i hushållselanvändning finns stor variation i tappvarmvattenanvändning, därav en svag korrelation mellan hushållsel och tappvarmvatten, vilket medför att differensen mellan 95- och 5-percentilen till stor del bestäms av olika brukares tappvarmvattenanvändning.

I passivhusets mittlägenheter är medelvärdet för det simulerade årliga totaluppvärmningsbehovet $29 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och i gavellägenheterna $41 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. 60-talshuset utan värmeåtervinning har för mittlägenheterna ett simulerat totaluppvärmningsbehov på $117 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och för

gavellägenheterna $175 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I standardhuset är det simulerade årliga totaluppvärmningsbehovet för mittlägenheterna $45 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och för gavellägenheterna $73 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Spannet som differensen mellan 95- och 5-percentilerna utgör är i passivhusets mittlägenheter 153 % av medeluppvärmningen och i gavellägenheterna 105 % av medeluppvärmningen, medan motsvarande förhållande i 60-talshusets mittlägenheter är 38 % och i gavellägenheter 25 %. I standardhuset är motsvarande förhållande i mittlägenheterna 100 % och i gavellägenheterna 61 %.

Resultatet visar att när tappvarmvatten inkluderas i den energianvändning som ska representera en byggnads energiprestanda kommer det att på lägenhetsnivå innebära en mycket stor spridning beroende på olika brukares användning av tappvarmvatten. Tappvarmvattnet påverkar endast till liten del en byggnads energibalans för uppvärmning till innetemperatur, ett visst värmetillskott kan finnas från tappvarmvatten men samtidigt finns det även värmeförluster till tappkallvatten, och dessa tillskott och förluster brukar inte hanteras i simuleringar. Även om de 5 % lägsta och 5 % högsta totaluppvärmningarna exkluderas så är spannet större än medelvärdet för totaluppvärmningen i passivhuset, strax under medeltotaluppvärmningen i standardhuset och cirka en tredjedel av medeltotaluppvärmningen i 60-talshuset. Brukarpåverkan på totaluppvärmningen i form av tappvarmvattenanvändning är påtaglig även i äldre byggnader, men det är i moderna lågenergihus den tar sig mycket stora proportioner och även i mer standardbetonade moderna byggnader är den i samma storleksordning som medeltotaluppvärmningen. Detta innebär förutom att variationen i tappvarmvatten måste beaktas vid predikteringar och att totaluppvärmningsbehovet bör redovisas inom ett spann, att tappvarmvattenanvändning bör mätas separat från uppvärmning av lägenheter eller byggnad till innetemperatur. Detta för att kunna fastställa uppvärmningsbehovet och därmed kunna fastställa byggnadens energiprestanda som bör vara oberoende av hur brukarna använder tappvarmvatten.

Om man istället studerar uppvärmningsbehovet för att värma lägenheten eller byggnaden till innetemperatur visar resultatet att brukarnas olika användning av hushållsel väsentligt påverkar uppvärmningsbehovet även när de 5 % lägsta och 5 % högsta uppvärmningsbehoven exkluderas. I passivhuset är spannet för de 90 % mittersta uppvärmningsbehoven ungefär samma som medeluppvärmningen, i standardhuset ungefär hälften av medeluppvärmningen och i 60-talshuset ungefär en sjättedel av medeluppvärmningen. I moderna lågenergihus där värmeförlusterna till stor del ska täckas med värmetillskott från hushållselen och dessa är en väsentlig del i energibalansen för att värma byggnaden är det tydligt att det är svårt och osäkert att bestämma byggnadens energiprestanda om inte hushållselanvändningen är känd. Det är även tydligt att predikerat uppvärmningsbehov bör redovisas i ett spann som tar hänsyn till olika brukares användning av hushållsel.

5 Analys av skillnader i årlig användning under en sexårsperiod

Kapitlet analyserar skillnader i användning under de sex studerade åren i samma lägenheter, totalt 539 stycken, fördelat på 25 byggnader. De olika underkapitlen som hanterar hushållsel och tappvarmvatten i lägenheter och byggnader är utformade för att kunna läsas separat och har samma upplägg. När lågenergiprodukter och andra energieffektiva produkter introduceras och implementeras i bostäder är det intressant att studera om det visar sig i minskad användning med tiden. Exempelvis borde övergång till lågenergilampor visa sig i lägre användning av hushållsel med tiden samtidigt som det finns en möjlighet att detta inte blir så tydligt när eventuellt fler elektriska produkter såsom datorer används. Moderna lågenergihus är välisolerade vilket innebär att de blir mindre beroende av uteklimatet och interna värmekällor, såsom internvärme från hushållsel, får en större påverkan på uppvärmningsenergin. Om det visar sig att hushållselen varierar mellan olika år bör man även kompensera för denna skillnad mellan år precis som man kompenserar för skillnader i uteklimat mellan olika år.

5.1 Metod

Ett tidigare projekt som studerade 2008 och 2009 års hushållselanvändning och tappvarmvattenanvändning i lägenheter i Karlstad visade att skillnaden mellan användningarna 2008 och 2009 kunde vara förhållandevis stor i cirka 30 % av lägenheterna medan skillnaden i användningarna i medeltal för hela materialet var liten. När skillnaden i samma lägenhet visat sig kunna skilja mycket mellan två år är det av intresse att studera hur skillnaden i årlig användning är under flera sammanhängande år som ett led i att beskriva karaktäristiken för brukarrelaterad energianvändning. När lågenergiprodukter och andra energieffektiva produkter introduceras och implementeras i bostäder är det intressant att studera om det visar sig i minskad användning med tiden. Det är värt att påpeka att minskad hushållselanvändning sannolikt kommer att resultera i högre specifik energianvändning. Vad gäller lägenheter är dessa grupperade i byggnader och i praktiken är det ofta energianvändningen i byggnaden som mäts. Därför studeras även hur användningen i samma byggnad varierat mellan åren.

För analyserna i detta kapitel har 539 lägenheter valts ut ur huvudmaterialet baserat på att det för dessa finns mätdataserier för samtliga år från och med 2008 till och med 2013. Av dessa lägenheter är 13,3% 1 rok, 40,4 % 2 rok, 32,3 % 3 rok och 12,2 % 4 rok och 1,7 % 5 rok. I de analyser som berör användningen i byggnader som helhet är endast byggnader som innehåller tio eller fler lägenheter med. 44 av de 539 lägenheterna är i byggnader som innehåller nio eller färre antal lägenheter. De 495 lägenheter som finns i byggnader med tio eller fler lägenheter är fördelade på 25 olika byggnader. Uppmätt varmvattenanvändning är i volym men för att i få jämförbara värden mellan hushållsel och tappvarmvatten har den uppmätta tappvarmvattenvolymen multiplicerats med 55 kWh/m^3 för att beskriva tappvarmvattenanvändningen i $\text{kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Metoder för att analysera skillnader beskrivs fortlöpande i resultatkapitlet. Resultatkapitlet har två underkapitel, ett för hushållsel och ett för tappvarmvatten vilka i sin tur har två underkapitel som analyserar lägenheter respektive byggnader.

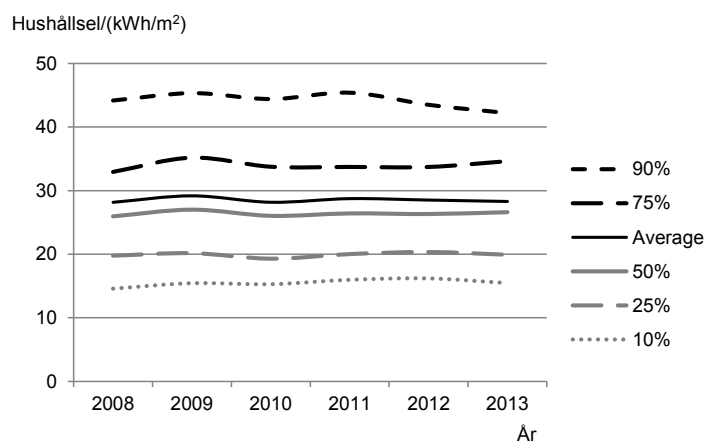
5.2 Resultat

5.2.1 Hushållsel

5.2.1.1 Lägenheter

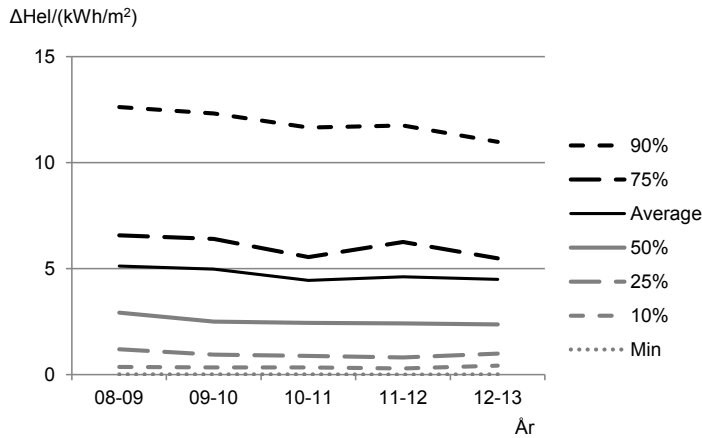
Figur 5.1 redovisar statistik för hushållselanvändningen under de sex studerade åren.

Medelanvändningen under de studerade åren varierade mellan $28,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $29,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Medelanvändningen år 2008 var $28,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och år 2013 var den $28,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Även för de andra statistiska mått som redovisas i Figur 5.1 är det förhållandevis små skillnader mellan de olika åren, vilket tyder på att i den studerade gruppen lägenheter är användningen stabil under de sex åren. Medelanvändningen i hela materialet, som innehåller olika lägenheter och olika antal lägenheter under de olika åren, varierade mellan $28,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $29,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ under de sex studerade åren. Medelanvändningen minskade i dessa från $29,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ år 2008 till $28,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ år 2013.



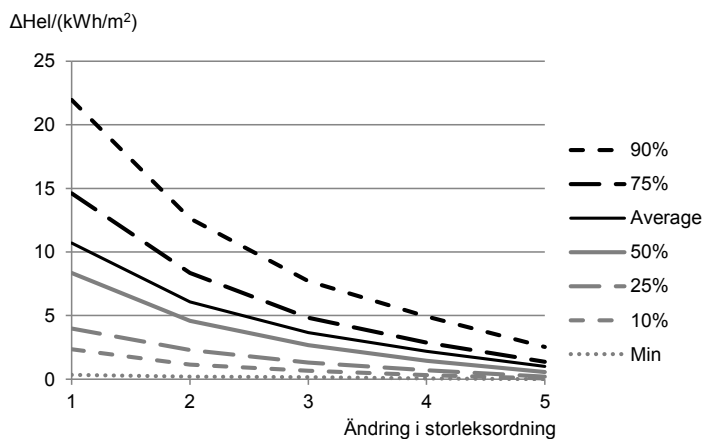
Figur 5.1. Statistik för hushållselanvändningen i de studerade lägenheterna under åren 2008 till och med 2013.

Även om medelanvändningen i den studerade gruppen lägenheter är stabil under åren kan det vara stora skillnader i användning i samma lägenhet mellan de olika åren. Figur 5.2 visar statistik för absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år. I medeltal är skillnaden mellan två på varandra följande år i samma lägenhet cirka $5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ medan 10 % av lägenheterna har en skillnad på mer än cirka $12 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Statistiken för ändringarna är ungefär samma för de olika åren.



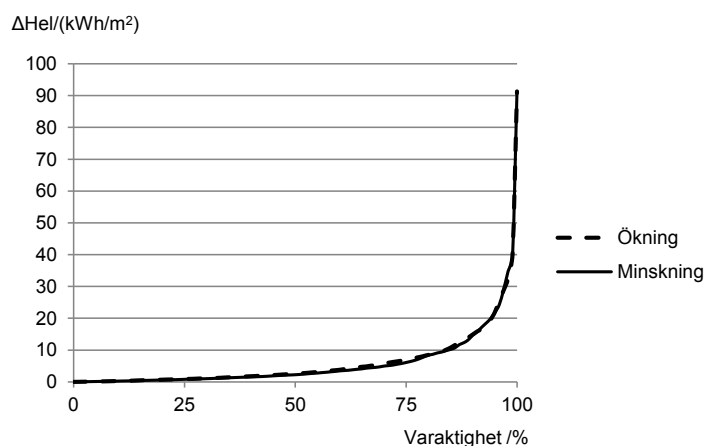
Figur 5.2. Absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år.

Värdena som redovisas i Figur 5.2 säger inget om hur ändringarna i samma lägenhet ser ut under de sex sammanhängande åren. Trots att medelvärdet för ändringarnas absolutbelopp är ungefär samma för samtliga år enligt Figur 5.2 är det inte säkert att en lägenhet sex år i följd ändrar sin användning med cirka $5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Det är rimligt att tänka sig att något år är ändringen större och andra år är den mindre. För att studera fördelningen av storleken på ändringarna under de sex åren i samma lägenhet sorteras lägenheternas ändringar i fem grupper där grupp ett innehåller varje lägenhets största ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren. Grupp två innehåller varje lägenhets näst största ändring mellan två på varandra följande år under de sex åren och så vidare till grupp fem som innehåller varje lägenhets minsta ändring mellan två på varandra följande år under de sex åren. Figur 5.3 redovisar statistiken för de fem grupperna. Hälften av lägenheterna har under perioden en skillnad mellan två sammanhängande år på mellan 8,3 och $61 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. 10 % av lägenheterna har en skillnad på högst $2,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ mellan två på varandra följande år.



Figur 5.3. Ändringar mellan två på varandra följande år storlekssorterade där grupp 1 gäller för den största förändringen under de studerade åren och därefter i fallande ordning i grupperna 2 till och med 5. Maxvärde för respektive grupp är 61, 41, 25, 20, 12 $\text{kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

Hittills har skillnaderna i användning mellan åren i samma lägenhet endast diskuterats i absoluta tal, det vill säga utan ett resonemang kring om det är en ökning eller minskning mellan åren. Utifrån Figur 5.1 vet vi att i medeltal för samtliga lägenheter är användningen i stort sett lika under de studerade åren vilket bör innebära att ökning och minskningar i de olika lägenheterna mellan två på varandra följande år tar ut varandra och likaså över de sex studerade åren. De ökning och minskningar som skett i enskilda lägenheter mellan två på varandra följande år har ungefär samma storlek under de studerade åren. Fördelningen av storleken på ökning och minskningar mellan två på varandra följande år i samma lägenhet under de sex studerade åren redovisas i Figur 5.4. Fördelningen för ökning och minskningar är mycket lika.



Figur 5.4. Fördelning av storlekar på ökning och minskningar mellan två på varandra efterföljande år i samma lägenhet under de sex studerade åren.

Även om Figur 5.3 visar att det kan förekomma stora skillnader mellan två på varandra följande år i enskilda lägenheter finns det ett antal skillnader som är förhållandevis små. Om skillnaden i användning mellan två på varandra följande år är mindre än $\pm 1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras det här efter som en konstant användning under de två åren. En skillnad i användning mellan två på varandra följande år där det efterföljande årets användning är $>1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras som en ökning i användning och om det efterföljande årets användning är $<1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras det som en minskning i användning. Tabell 5.1 redovisar i hur stor andel av lägenheterna användningen ökat, minskat eller varit konstant mellan olika på varandra följande år.

Tabell 5.1. Andel i % av lägenheterna som mellan två på varandra följande år har haft en användning som ökat (/), minskat (\) eller varit konstant (--).

År	/	\	--
2009-2008	48.4	29.5	22.1
2010-2009	31.0	42.1	26.9
2011-2010	42.3	29.5	28.2
2012-2011	38.2	32.1	29.7
2013-2012	33.2	41.6	25.2

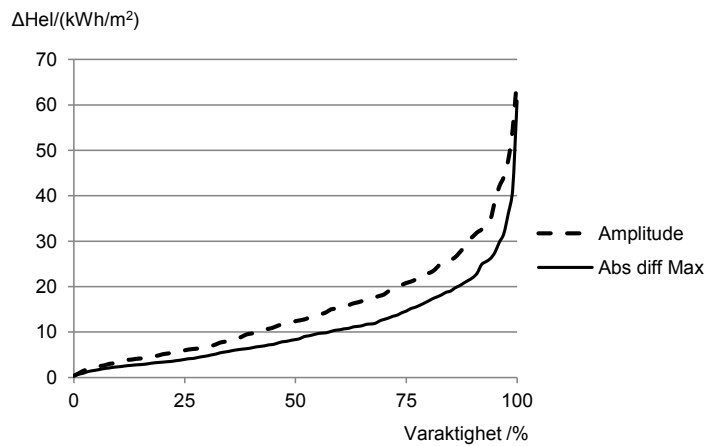
För samma lägenhet kan variationen i användning under de sex åren beskrivas som en kombination av händelserna "ökning", "minskning" och "konstant". Detta ger 21 möjliga kombinationer. Tabell 5.2 redovisar andelen lägenheter uttryckt i procent som har en viss kombination av händelserna. Kombinationerna av händelserna är sorterade efter hur vanliga de är. Vanligast är kombinationen två ökning, två minskningar och en konstant. De fem vanligaste kombinationerna täcker in 52,5 % av lägenheterna och de tio vanligaste kombinationerna täcker in 81,3 % av lägenheterna. Gemensamt för de resterande elva mest ovanliga kombinationerna, täcker in 18,7 % av lägenheterna, är att de saknar någon av händelserna "ökning" eller "minskning". Det innebär att i dessa lägenheter beskrivs variationen under åren av en kombination av händelserna "ökning" och "konstant" eller "minskning" och "konstant" eller av endast händelsen "ökning" eller endast händelsen "minskning". I så lite som i 0,8 % av lägenheterna förekommer endast "ökning" eller endast "minskning" under de studerade åren medan det i 2,6 % av lägenheterna varit en "konstant" användning under hela den studerade perioden.

I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer fyra gånger sker dessa fyra ökning på varandra direkt följande år i 41 % av lägenheterna medan de i 59 % av lägenheterna inträffar uppdelat så att det först är antingen tre ökning på varandra följande år alternativt en ökning. Motsvarande andelar för de lägenheter där händelsen "minskar" förekommer fyra gånger är 50 % och 50 %. I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer tre gånger inträffar dessa tre ökning på varandra direkt följande år i 31 % av lägenheterna medan de i 62 % av lägenheterna inträffar under två på varandra följande år. Motsvarande andelar för de lägenheter där händelsen "minskar" förekommer tre gånger är 26 % och 71 %. I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer två gånger sker dessa på varandra följande år i 43 % av lägenheterna medan motsvarande andel då händelsen "minskar" förekommer två gånger är 49 %.

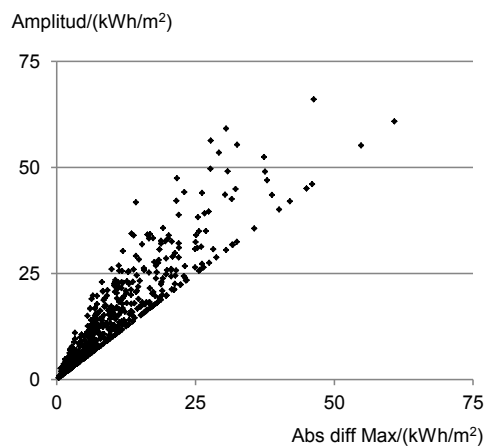
Tabell 5.2. Olika kombinationer av händelserna ökning (/), minskning (\) och konstant (--), och andelen lägenheter med en viss kombination av händelser.

/	\	--	Andel/%
2	2	1	12.2
3	2	0	11.9
2	3	0	10.8
2	1	2	9.3
3	1	1	8.3
1	2	2	6.7
1	3	1	6.5
4	1	0	6.3
1	1	3	5.4
1	4	0	3.9
1	0	4	3.0
0	2	3	3.0
0	0	5	2.6
0	1	4	2.0
2	0	3	2.0
3	0	2	2.0
0	3	2	1.5
4	0	1	1.3
0	4	1	0.6
5	0	0	0.4
0	5	0	0.4

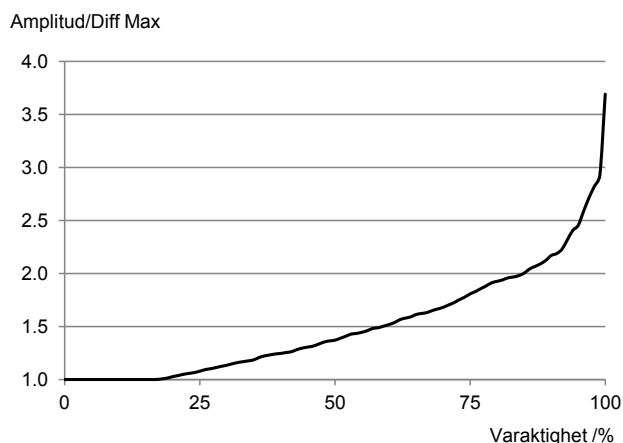
Med en användning som varierar under åren blir det för varje lägenhet en viss maximal amplitud, skillnaden mellan året med högst användning och året med lägst användning under de sex åren. Figur 5.5 redovisar den maximala amplituden och den maximala differensen, samma som grupp 1 i figur 5.3, mellan två på varandra följande år, storleksorterade. Generellt är den maximala amplituden under de sex åren något högre än den maximala differensen mellan två år. Figur 5.6 presenterar för enskilda lägenheter den maximala amplituden som funktion av den maximala differensen mellan två på varandra följande år och figur 5.7 presenterar fördelningen av kvoten mellan den maximala amplituden under de sex åren och den största differensen mellan två på varandra följande år. De 50 procent lägenheter som är närmast medianen har en kvot mellan 1,08 och 1,8 medan den maximala kvoten är 3,7. I 17 % av lägenheterna är den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren samma som den maximala amplituden för användningen i lägenheten under samma sex år. Det innebär att det är den största skillnaden mellan två på varandra följande år som även är den största skillnaden mellan samtliga år under perioden i dessa lägenheter. För att detta ska kunna uppfyllas måste de två år, mellan vilka den maximala differensen skett, föregås och följas av antingen en motsatt förändring eller en konstant användning. I 83 % av lägenheterna är amplituden större än den största differensen mellan två på varandra följande år.



Figur 5.5. Storleks sorterad maximal amplitud under de studerade sex åren och maximal absolut differens mellan två på varandra följande år under de studerade åren.



Figur 5.6. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.

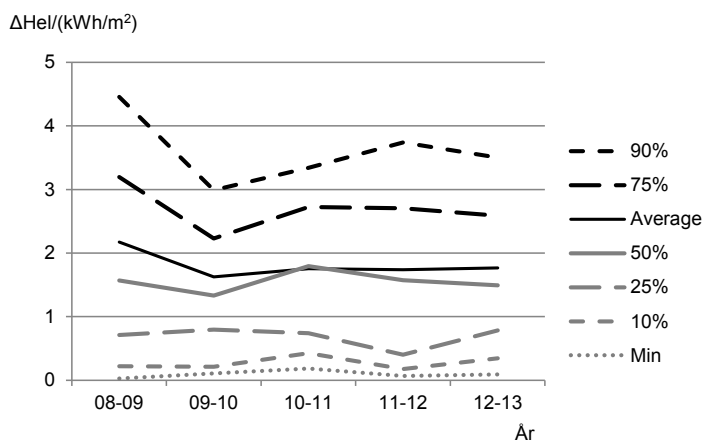


Figur 5.7. Storlekssorterad kvot mellan Amplituden under sex år och den maximala differensen mellan två på varandra följande år (Diff Max).

5.2.1.2 Byggnader

Medelanvändningen under de studerade åren varierade mellan $27,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $28,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Medelanvändningen år 2008 var $27,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och år 2013 var den $27,9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

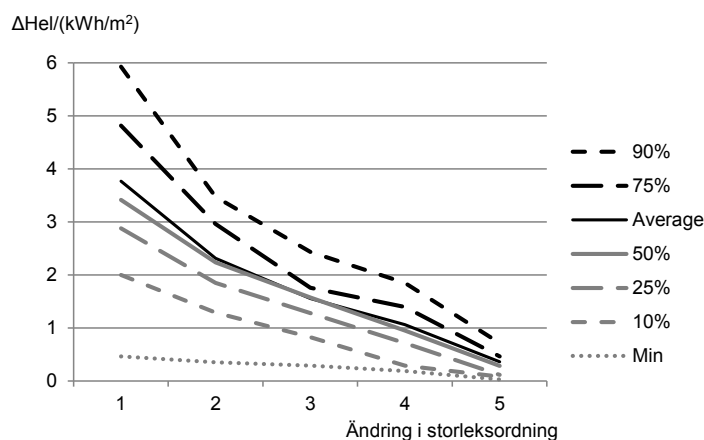
Även om medelanvändningen i den studerade gruppen byggnader är stabil under åren kan det vara stora skillnader i användning i samma byggnad mellan de olika åren. Figur 5.8 visar statistik för absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år. I medeltal är skillnaden mellan två på varandra följande år i samma byggnad cirka $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ medan 10 % av byggnaderna har en skillnad på mer än $3,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.



Figur 5.8. Absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år.

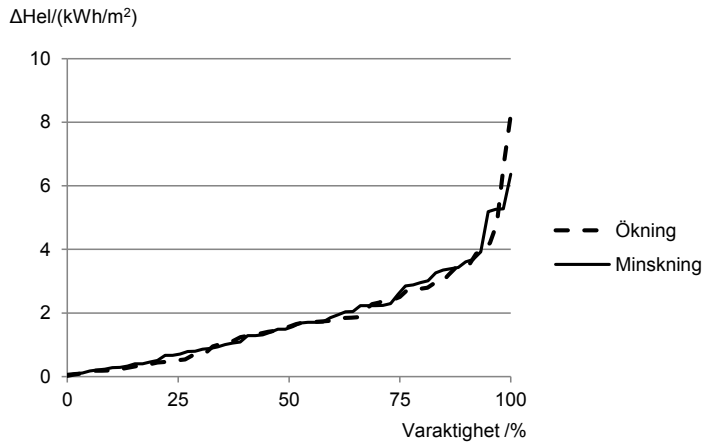
Värdena som redovisas i Figur 5.8 säger inget om hur ändringarna i samma byggnad ser ut under de sex sammanhängande åren. Trots att medelvärdet är ungefär samma för samtliga år enligt figur 5.8

är det inte säkert att en byggnad sex år i följd ändrar sin användning med cirka $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Det är rimligt att tänka sig att något år är ändringen större och andra år är den mindre. För att studera fördelningen av storleken på ändringarna under de sex åren i samma byggnad sorteras byggnadernas ändringar i fem grupper där grupp ett innehåller varje byggnads största ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren. Grupp två innehåller varje byggnads näst största ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren och så vidare till grupp fem som innehåller varje byggnads minsta ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren. Figur 5.9 redovisar statistiken för de fem grupperna. Hälften av byggnaderna har under perioden en skillnad mellan två sammanhängande år på mellan 3,4 och $8,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. 10 % av byggnaderna har en skillnad på högst $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.



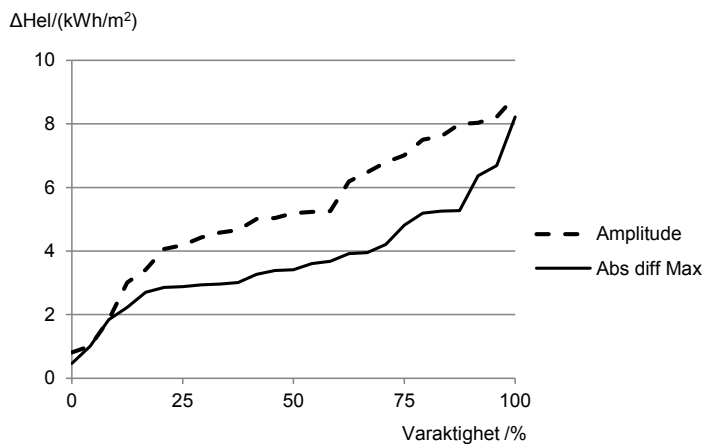
Figur 5.9. Ändringar mellan två på varandra följande år storlekssorterade där grupp 1 gäller för den största förändringen under de studerade åren och därefter i fallande ordning i grupperna 2 till och med 5. Maxvärde för respektive grupp är $8,2$; $3,9$; $2,8$; $2,3$ och $1,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

Hittills har skillnaderna i användning mellan åren i samma byggnad endast diskuterats i absoluta tal, det vill säga utan ett resonemang kring om det är en ökning eller minskning mellan åren. Användningen i medeltal för samtliga byggnader är i stort sett lika under de studerade åren vilket bör innebära att ökning och minskningar i de olika byggnaderna mellan två på varandra följande år tar ut varandra och likaså över de sex studerade åren. De ökning och minskningar som skett i enskilda byggnader mellan två på varandra följande år har ungefär samma storlek under de studerade åren. Fördelningen av storleken på ökning och minskningar mellan två på varandra följande år i samma byggnad under de sex studerade åren redovisas i Figur 5.10. Fördelningen för ökning och minskningar är förhållandevis lika.

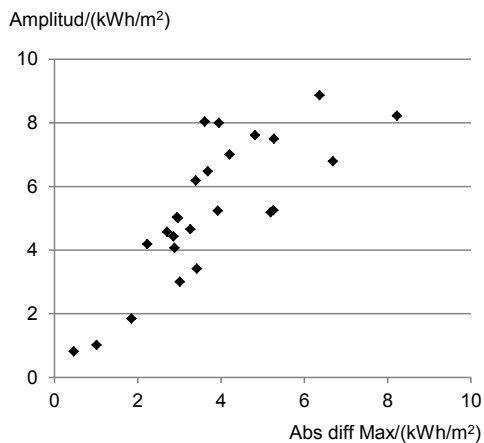


Figur 5.10. Fördelning av storlekar på ökning och minskningar mellan två på varandra efterföljande år i samma byggnad under de sex studerade åren.

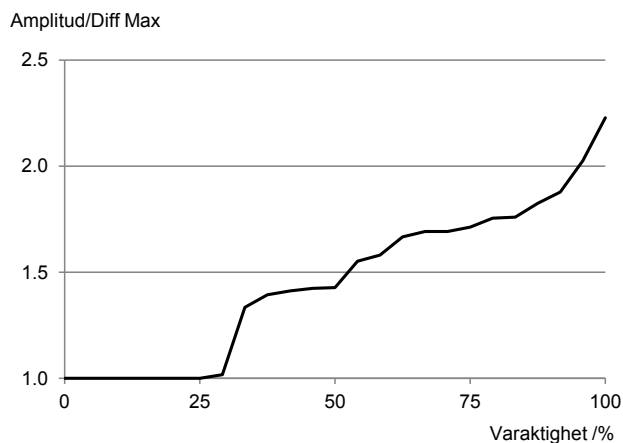
Med en användning som varierar under åren blir det för varje byggnad en viss maximal amplitud, skillnaden mellan året med högst användning och året med lägst användning under de sex åren. Figur 5.11 redovisar den maximala amplituden och den maximala differensen, samma som grupp 1 i figur 5.9, mellan två på varandra följande år, storleksorterade. Generellt är den maximala amplituden under de sex åren något högre än den maximala differensen mellan två år. Figur 5.12 presenterar för enskilda byggnader den maximala amplituden som funktion av den maximala differensen mellan två på varandra följande år. Figur 5.13 presenterar fördelningen av kvoten mellan maximala amplituden under de sex åren och den största differensen mellan två på varandra följande år. De 50 procent byggnader som är närmast medianen har en kvot mellan 1 och 1,7 medan den maximala kvoten är 2,2. I 25 % av byggnaderna är den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren samma som maximala amplituden för användningen i byggnaden under samma sex år. Det innebär att det är den största skillnaden mellan två på varandra följande år som även är den största skillnaden mellan samtliga år under perioden i dessa byggnader. För att detta ska kunna uppfyllas måste de två år mellan vilka den maximala differensen skett föregås och följas av antingen en motsatt förändring eller en konstant användning. I 75 % av byggnaderna är amplituden större än den största differensen mellan två på varandra följande år.



Figur 5.11. Storleksorterad maximal amplitud under de studerade sex åren och maximal absolut differens mellan två å varandra följande år under de studerade åren.

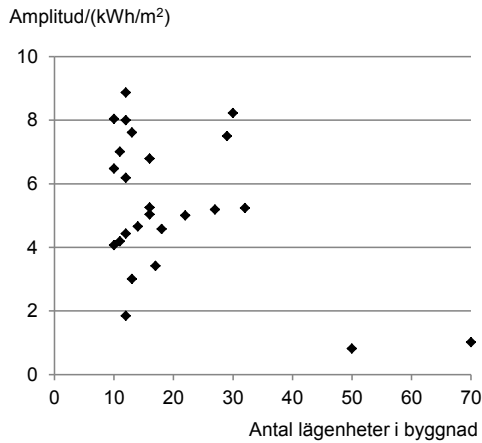


Figur 5.12. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.



Figur 5.13. Storlekssorterad kvot mellan amplituden under sex år och den maximala differensen mellan två på varandra följande år.

Det känns rimligt att skillnaden mellan åren i samma byggnad skulle minska med ökat antal lägenheter i byggnaden. Exempelvis om samtliga studerade lägenheter hade varit i samma byggnad hade den haft en mycket liten variation mellan åren. Figur 5.14 visar maximala amplituden som funktion av antalet lägenheter i respektive byggnad. De två byggnaderna som har störst antal lägenheter, 50 respektive 70 stycken, har den minsta amplituden, kring $1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I byggnader som har mellan 10 och 18 lägenheter är medelvärdet för amplituden $5,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och varierar mellan $1,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $8,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. I byggnader som har mellan 22 och 32 lägenheter är medelvärdet för amplituden $6,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och varierar mellan 5 kWh/m^2 och $8,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

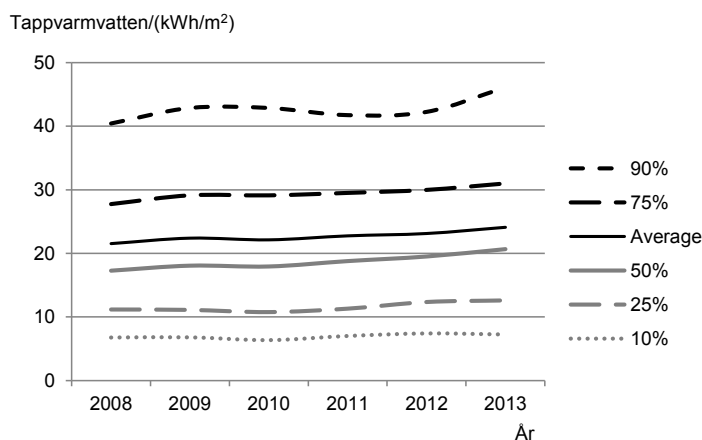


Figur 5.14. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av antalet lägenheter i respektive byggnad.

5.2.2 Tappvarmvatten

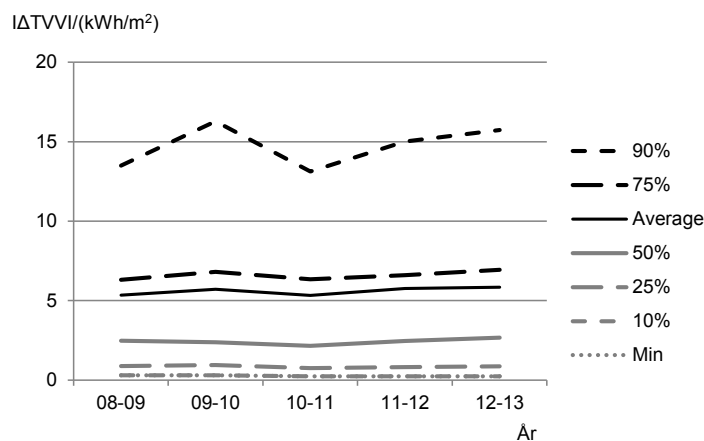
5.2.2.1 Lägenheter

Figur 5.15 redovisar statistik för tappvarmvattenanvändningen under de sex studerade åren. Medelanvändningen under de studerade åren varierade mellan $21,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $24,1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Medelanvändningen år 2008 var $21,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och år 2013 var den $24,1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ vilket innebär att medelanvändningen ökat med $2,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ eller 12 %. Mellan samtliga på varandra följande år har det varit en ökning i medelanvändning med undantag för mellan 2009 och 2010. Även för de andra statistiska mått som redovisas i figur 5.15 är det i huvudsak en ökning över åren. Medelanvändningen i hela materialet, där det är olika lägenheter och olika antal lägenheter varje år, cirka 1 300 lägenheter, varierade mellan $21,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $25,0 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ under de sex studerade åren. Medelanvändningen år 2008 var $21,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och år 2013 var den $25,0 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ med ökning mellan samtliga på varandra följande år förutom mellan 2009 och 2010.



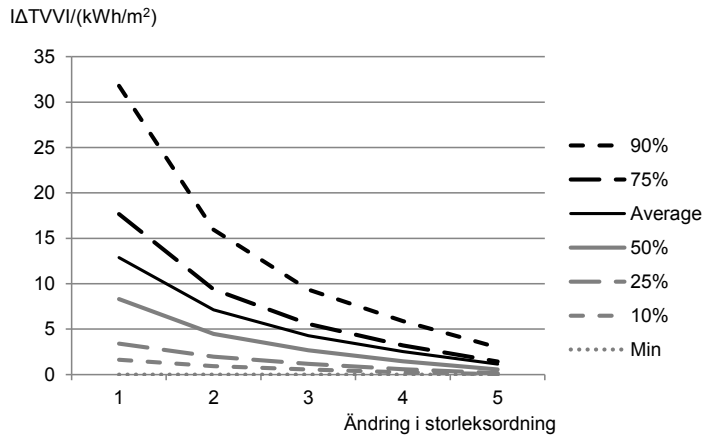
Figur 5.15. Tappvarmvattenanvändningen i de studerade lägenheterna under åren 2008 till och med 2013.

Även om medelanvändningen i den studerade gruppen lägenheter är stabil under åren kan det vara stora skillnader i användning i samma lägenhet mellan de olika åren. Figur 5.16 visar statistik för absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år. I medeltal är skillnaden mellan två på varandra följande år i samma lägenhet drygt 5 kWh/m²_{BOA} medan 10 % av lägenheterna har en skillnad på mer än cirka 15 kWh/m²_{BOA}. Statistiken för ändringarna är ungefär samma för de olika åren.



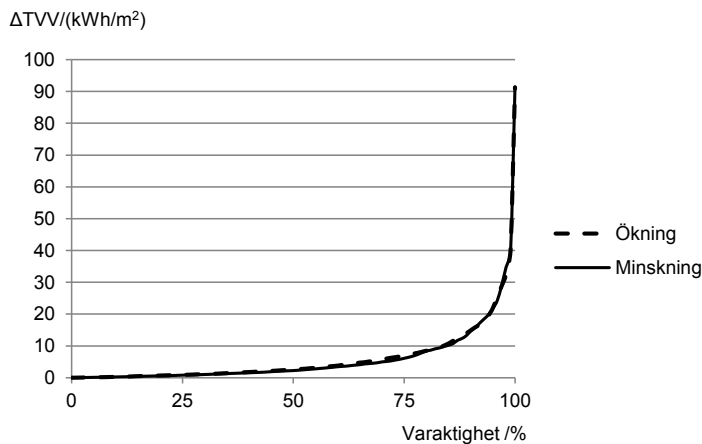
Figur 5.16. Absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år.

Värdena som redovisas i figur 5.16 säger inget om hur ändringarna i samma lägenhet ser ut under de sex sammanhängande åren. Trots att medelvärdet är ungefär samma för samtliga år enligt figur 5.16 är det inte säkert att en lägenhet sex år i följd ändrar sin användning med drygt 5 kWh/m²_{BOA}. Det är rimligt att tänka sig att något år är ändringen större och andra år är den mindre. För att studera fördelningen av storleken på ändringarna under de sex åren i samma lägenhet sorteras lägenheternas ändringar i fem grupper där grupp ett innehåller varje lägenhets största ändring mellan två på varandra följande år under de sex åren. Grupp två innehåller varje lägenhets näst största ändring mellan två på varandra följande år under de sex åren och så vidare till grupp fem som innehåller varje lägenhets minsta ändring mellan två på varandra följande år under de sex åren. Figur 5.16 redovisar statistiken för de fem grupperna. Hälften av lägenheterna har under perioden en skillnad mellan två sammanhängande år på mellan 8,3 och 91 kWh/m²_{BOA}. 10 % av lägenheterna har en skillnad på högst 1,6 kWh/m²_{BOA} mellan två på varandra följande år.



Figur 5.16. Ändringar mellan två på varandra följande år storlekssorterade där grupp 1 gäller för den största förändringen under de studerade åren och därefter i fallande ordning i grupperna 2 till och med 5. Maxvärde för respektive grupp är 91, 59, 34, 24 och 16 kWh/m²_{BOA}.

Hittills har skillnaderna i användning mellan åren i samma lägenhet endast diskuterats i absoluta tal, det vill säga utan ett resonemang kring om det är en ökning eller minskning mellan åren. Utifrån Figur 5.15 vet vi att i medeltal för samtliga lägenheter är användningen i stort sett lika under de studerade åren med en liten ökning mellan åren, vilket bör innebära att ökningarna är antingen något fler eller större än minskningarna. Fördelningen av storleken på ökningarna och minskningarna mellan två på varandra följande år i samma lägenhet under de sex studerade åren redovisas i figur 5.17. Fördelningen för ökningarna och minskningarna är mycket lika men man kan se en antydning till att linjen för ökningarna ligger ovanför linjen för minskningarna mellan 25 % och 75 %.



Figur 5.17. Fördelning av storlekar på ökningarna och minskningarna mellan två på varandra efterföljande år i samma lägenhet under de sex studerade åren.

Även om figur 5.16 visar på att det kan förekomma stora skillnader mellan två på varandra följande år i enskilda lägenheter finns det ett antal skillnader som är förhållandevis små. Om skillnaden i användning mellan två på varandra följande år är mindre än $\pm 1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras den härifrån

som en konstant användning under de två åren. En skillnad i användning mellan två på varandra följande år där det efterföljande årets användning är $>1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras som en ökning i användning och om det efterföljande årets användning är $<1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ definieras det som en minskning i användning. Tabell 5.3 redovisar i hur stor andel av lägenheterna användningen ökat, minskat eller varit konstant mellan olika på varandra följande år.

Tabell 5.3. Andel i % av lägenheterna som mellan två på varandra följande år har haft en användning som ökat (/), minskat (\) eller varit konstant (--).

År	/	\	--
9-8	43.6	29.3	27.1
10-9	36.0	37.5	26.5
11-10	37.3	30.4	32.3
12-11	38.6	31.9	29.5
13-12	38.6	33.8	27.6

För samma lägenhet kan variationen i användning under de sex åren beskrivas som en kombination av händelserna "ökning", "minskning" och "konstant". Detta ger 21 möjliga kombinationer. Tabell 5.4 redovisar andelen lägenheter uttryckt i procent som har en viss kombination av händelserna.

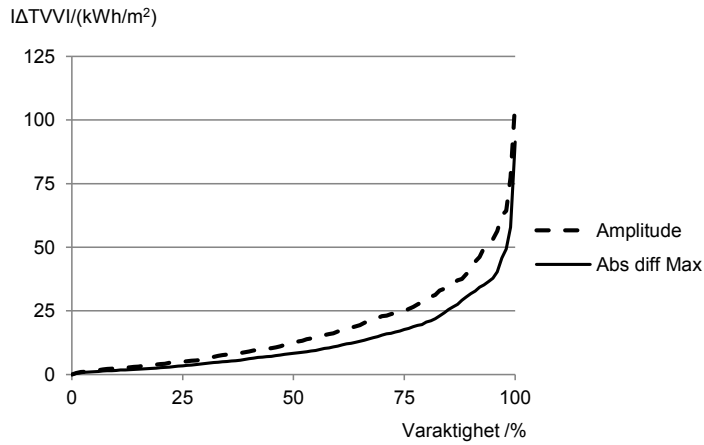
Kombinationerna av händelserna är sorterade efter hur vanliga de är. De båda kombinationerna tre ökningar och två minskningar samt två ökningar och två minskningar är vanligast och utgör 23,4 %. De fem vanligaste kombinationerna täcker in 51 % av lägenheterna och de tio vanligaste kombinationerna täcker in 77 % av lägenheterna. Gemensamt för de nio ovanligaste kombinationerna, 14,7 % av lägenheterna, är att de saknar någon av händelserna "ökning" eller "minskning". Det innebär att i dessa lägenheter beskrivs variationen under åren av en kombination av händelserna "ökning" och "konstant" eller "minskning" och "konstant" eller av endast händelsen "ökning" eller endast händelsen "minskning". I 1,1 % av lägenheterna förekommer endast "ökning" och i 0,4 % endast "minskning" under de studerade åren medan det i 4,5 % av lägenheterna varit en "konstant" användning under hela den studerade perioden.

I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer fyra gånger sker dessa fyra ökningar på varandra direkt följande år i 53 % av lägenheterna medan de i 47 % av lägenheterna inträffar uppdelat så att det först är antingen tre ökningar på varandra följande år alternativt en ökning. Motsvarande andelar för de lägenheter där händelsen "minskar" förekommer fyra gånger är 50 % och 50 %. I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer tre gånger inträffar dessa tre ökningar på varandra direkt följande år i 31 % av lägenheterna medan de i 63 % av lägenheterna inträffar under två på varandra följande år. Samma andelar gäller för de lägenheter där händelsen "minskar" förekommer tre gånger. I de lägenheter där händelsen "ökar" förekommer två gånger sker dessa på varandra följande år i 40 % av lägenheterna medan motsvarande andel då händelsen "minskar" förekommer två gånger är 39 %.

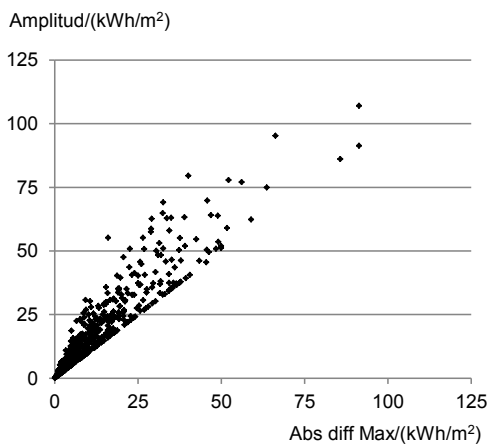
Tabell 5.2. Olika kombinationer av händelserna ökning (/), minskning (\) och konstant (--), och andelen lägenheter med en viss kombination av händelser.

/	\	--	Andel/%
3	2	0	11.7
2	3	0	11.7
2	2	1	10.2
2	1	2	9.1
3	1	1	8.3
1	2	2	5.6
1	3	1	5.6
1	1	3	5.2
4	1	0	5.0
1	0	4	4.6
0	0	5	4.5
1	4	0	3.9
2	0	3	3.5
3	0	2	2.6
0	2	3	2.2
0	1	4	1.7
4	0	1	1.7
5	0	0	1.1
0	3	2	0.9
0	4	1	0.6
0	5	0	0.4

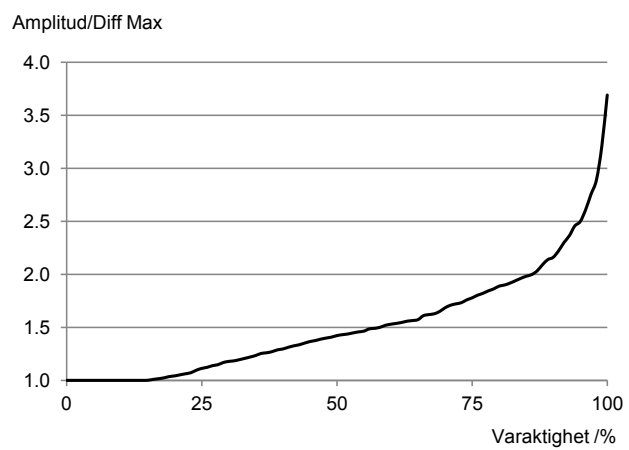
Med en användning som varierar under åren blir det för varje lägenhet en viss maximal amplitud, skillnaden mellan året med högst användning och året med lägst användning under de sex åren. Figur 5.18 redovisar den maximala amplituden och den maximala differensen, samma som grupp 1 i figur 5.16, mellan två på varandra följande år, storleksorterade. Generellt är amplituden under de sex åren något högre än den maximala differensen mellan två år. Figur 5.19 presenterar för enskilda lägenheter den maximala amplituden som funktion av den maximala differensen mellan två på varandra följande år. Figur 5.20 presenterar fördelningen av kvoten mellan amplituden under de sex åren och den största differensen mellan två på varandra följande år. De 50 procent lägenheter som är närmast medianen har en kvot mellan 1,1 och 1,8 medan den maximala kvoten är 3,7. I 15 % av lägenheterna är den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren samma som amplituden för användningen i lägenheten under samma sex år. Det innebär att det är den största skillnaden mellan två på varandra följande år som även är den största skillnaden mellan samtliga år under perioden i dessa lägenheter. För att detta ska kunna uppfyllas måste de två år mellan vilka den maximala differensen skett föregås och följas av antingen en motsatt förändring eller en konstant användning. I 85 % av lägenheterna är amplituden större än den största differensen mellan två på varandra följande år.



Figur 5.18. Storlekssorterad maximal amplitud under de studerade sex åren och maximal absolut differens mellan två på varandra följande år under de studerade åren.



Figur 5.19. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.

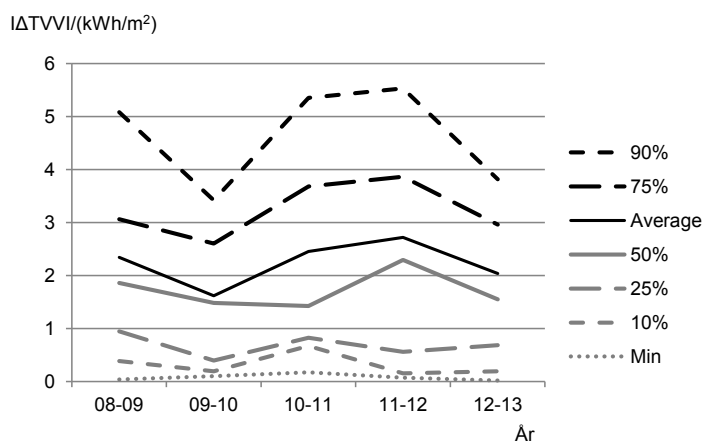


Figur 5.20. Storleks sorterad kvot mellan amplituden under sex år och den maximala differensen mellan två på varandra följande år.

5.2.2.2 Byggnader

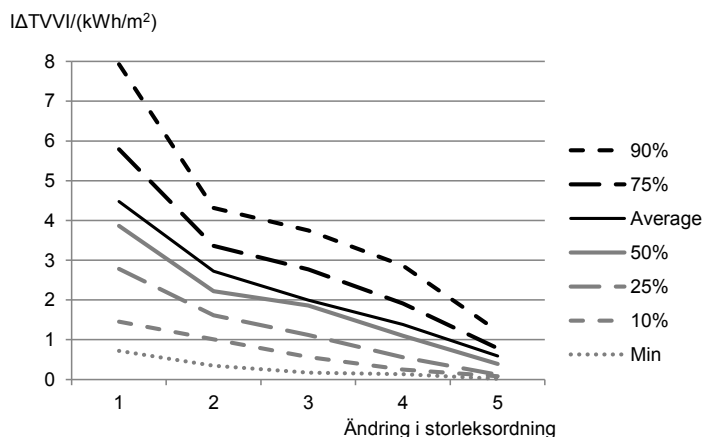
Medelanvändningen av tappvarmvatten under de studerade åren varierade mellan $21,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $24,0 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Medelanvändningen år 2008 var $21,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och år 2013 var den $24,0 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Användningen ökar mellan samtliga år förutom mellan 2009 och 2010. Den största skillnaden mellan två på varandra följande år är $1 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.

Även om medelanvändningen i den studerade gruppen byggnader är förhållandevis stabil under åren kan det vara större skillnader i användning i samma byggnad mellan de olika åren. Figur 5.21 visar statistik för absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år. I medeltal är skillnaden mellan två på varandra följande år i samma byggnad drygt $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ medan 10 % av byggnaderna har en skillnad på mer än $4,6 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$.



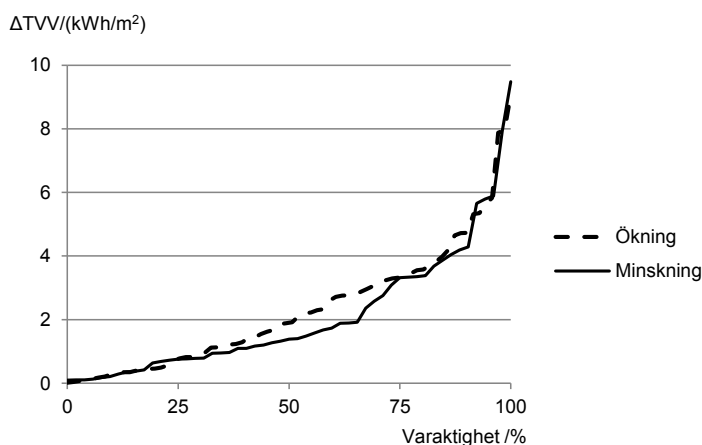
Figur 5.21. Absolutbeloppet för skillnaden mellan användningarna under två på varandra följande år.

Värdena som redovisas i Figur 5.21 säger inget om hur ändringarna i samma byggnad ser ut under de sex sammanhängande åren. Trots att medelvärdet är ungefär samma för samtliga år enligt Figur 5.21 är det inte säkert att en byggnad sex år i följd ändrar sin användning med drygt $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Det är rimligt att tänka sig att något år är ändringen större och andra år är den mindre. För att studera fördelningen av storleken på ändringarna under de sex åren i samma byggnad sorteras byggnadernas ändringar i fem grupper där grupp ett innehåller varje byggnads största ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren. Grupp två innehåller varje byggnads näst största ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren och så vidare till grupp fem som innehåller varje byggnads minsta ändring mellan två efter varandra följande år under de sex åren. Figur 5.22 redovisar statistiken för de fem grupperna. Hälften av byggnaderna har under perioden en skillnad mellan två sammanhängande år på mellan $3,7$ och $9,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. 10 % av byggnaderna har en skillnad på högst $1,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.



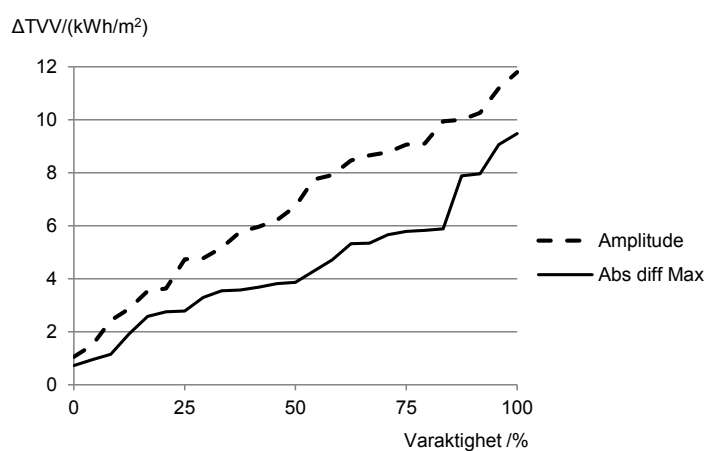
Figur 5.22. Ändringar mellan två på varandra följande år storleks sorterade där grupp 1 gäller för den största förändringen under de studerade åren och därefter i fallande ordning i grupperna 2 till och med 5. Maxvärde för respektive grupp är 9,5; 7,9; 4,6; 4,0 och 3,3 kWh/m_{BOA}².

Hittills har skillnaderna i användning mellan åren i samma byggnad endast diskuterats i absoluta tal, det vill säga utan ett resonemang kring om det är en ökning eller minskning mellan åren. Användningen i medeltal för samtliga byggnader är i stort sett lika under de studerade åren vilket bör innebära att ökning och minskningar i de olika byggnaderna mellan två på varandra följande år tar ut varandra och likaså över de sex studerade åren. Användningen är i stort sett lika under de studerade åren med en liten ökning mellan åren vilket bör innebära att ökning är antingen något fler eller större än minskningarna. Fördelningen av storleken på ökning och minskningar mellan två på varandra följande år i samma byggnad under de sex studerade åren redovisas i figur 5.23. Fördelningen för ökning och minskningar är förhållandevis lika men linjen för ökning ligger tydligt ovanför linjen för minskningar mellan 30 % och 75 %.

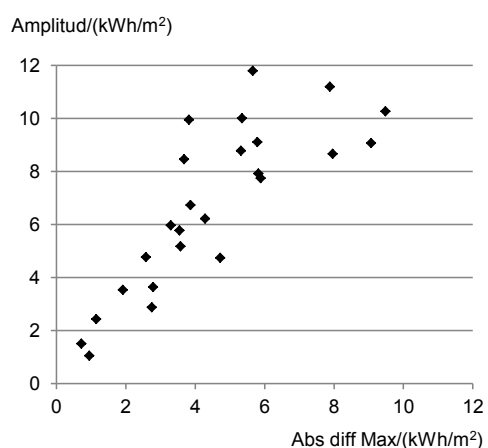


Figur 5.23. Fördelning av storlekar på ökning och minskningar mellan två på varandra efterföljande år i samma byggnad under de sex studerade åren.

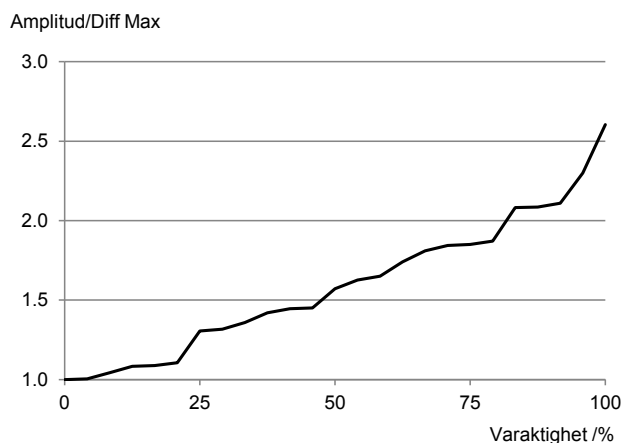
Med en användning som varierar under åren blir det för varje byggnad en viss maximal amplitud, skillnaden mellan året med högst användning och året med lägst användning under de sex åren. Figur 5.24 redovisar den maximala amplituden och den maximala differensen, samma som grupp 1 i figur 5.22, mellan två på varandra följande år, storleksorterade. Generellt är amplituden under de sex åren något högre än den maximala differensen mellan två år. Figur 5.25 presenterar för enskilda byggnader den maximala amplituden som funktion av den maximala differensen mellan två på varandra följande år. Figur 5.26 presenterar fördelningen av kvoten mellan amplituden under de sex åren och den största differensen mellan två på varandra följande år. De 50 procent byggnader som är närmast medianen har en kvot mellan 1,3 och 1,9 medan den maximala kvoten är 2,6. I en enda av de studerade byggnaderna, 4 %, är den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren samma som amplituden för användningen i byggnaden under samma sex år. I 96 % av byggnaderna är amplituden större än den största differensen mellan två på varandra följande år.



Figur 5.24. Storlekssorterad maximal amplitud under de studerade sex åren och maximal absolut differens mellan två å varandra följande år under de studerade åren.

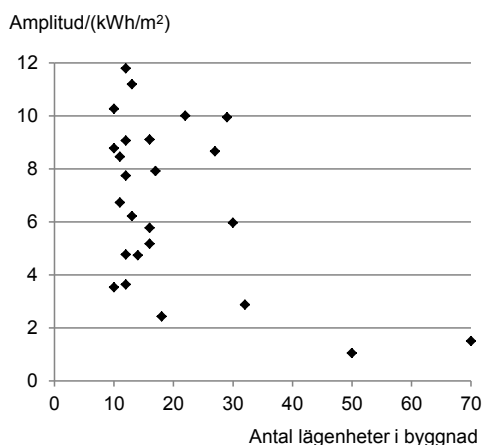


Figur 5.25. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av den största skillnaden mellan två på varandra följande år under de sex studerade åren.



Figur 5.26. Storleks sorterad kvot mellan amplituden under sex år och den maximala differensen mellan två på varandra följande år.

Det känns rimligt att skillnaden mellan åren i samma byggnad skulle minska med ökat antal lägenheter i byggnaden. Exempelvis om samtliga studerade lägenheter hade varit i samma byggnad hade den haft en mycket liten variation mellan åren. Figur 5.27 visar amplituden som funktion av antalet lägenheter i respektive byggnad. De två byggnaderna som har störst antal lägenheter, 50 respektive 70 stycken per byggnad, har de minsta amplituderna, cirka 1 respektive 1,5 kWh/m²_{BOA}. Notera att byggnaden med 70 lägenheter har en större amplitud jämfört med byggnaden med 50 lägenheter. I byggnader som har mellan 10 och 18 lägenheter är medelvärdet för amplituden 7,1 kWh/m²_{BOA} och varierar mellan 2,4 kWh/m²_{BOA} och 11,8 kWh/m²_{BOA}. I byggnader som har mellan 22 och 32 lägenheter är medelvärdet för amplituden 7,5 kWh/m²_{BOA} och varierar mellan 2,9 kWh/m²_{BOA} och 10 kWh/m²_{BOA}.



Figur 5.27. Den största amplituden under de sex studerade åren som funktion av antalet lägenheter i respektive byggnad.

6 Slutsatser

Användning av hushållsel och tappvarmvatten har mätts i drygt 1000 lägenheter på fyra orter under sex år. Uppmätt användning har presenterats för att kunna fungera som ett referensmaterial på brukarrelaterad energianvändning. Statistik har presenterats på årlig användning såväl som på variationer under vardagar och helgdagar under olika årstider. Referensmaterialet ska kunna användas för att välja antaganden om användning vid predikteringar och för att ha som jämförelsematerial till uppmätt användning. Höganvändare och låganvändare har identifierats och deras karakteristik har beskrivits. I 79 lägenheter har närvaron mätts med elektroniska närvarodagböcker under cirka två veckor per lägenhet och hur hushållsel och tappvarmvatten beror på närvaron har kunnat studeras. En byggnads uppvärmningsbehov och specifika energianvändning påverkas av hur mycket internvärme från hushållsel som finns och hur mycket tappvarmvatten som används. Hur olika uppmätta kombinationer av hushållsel- och tappvarmvattenanvändning påverkar uppvärmningsbehovet i olika typer av byggnader har studerats för att beskriva hur olika typiska brukare kan påverka en byggnads uppvärmningsbehov. Hushållselanvändning och tappvarmvatten ändrar sig med tiden och under de sex år som mätdata finns har skillnader mellan år studerats för hela materialet, för enskilda lägenheter och på byggnadsnivå.

Slutsatsen av resultatet som helhet är att det är stora skillnader i användning av hushållsel och tappvarmvatten i olika lägenheter och det är endast ett svagt samband mellan användningarna och även svaga samband mellan de brukarrelaterad energianvändning och närvaron och antal boende i lägenheterna. Särskilt i lågenergihus har olika användning av hushållsel och tappvarmvatten mycket stor påverkan på uppvärmning och specifik energianvändning och även om extremvärden exkluderas är brukarnas påverkan avsevärd. Både i enskilda lägenheter och på byggnadsnivå varierar användningen av hushållsel och tappvarmvatten mellan olika på varandra följande år i sådan storleksordning att det påverkar uppvärmning och specifik energianvändning mer än skillnad i uteklimat mellan olika år. Detta innebär att bör det korrigeras även för skillnader mellan år i användning av hushållsel och tappvarmvatten.

Det är mycket stora skillnader mellan hur mycket hushållsel och tappvarmvatten som används i de olika studerade lägenheterna och även inom samma lägenhetsstorlekar är skillnaderna stora. De statistiska fördelningarna ser i huvudsak likadana ut för de sex studerade åren men vad användningen är i lägenheten med högst användning kan variera förhållandevis mycket mellan åren. Det är en faktor på drygt fyra mellan de 10 % lägenheter som använder minst hushållsel och de 10 % som använder mest. För tappvarmvatten är motsvarande faktor nästan 14. Trots att det är mycket stor absolut skillnad mellan hög- och låganvändare är karakteristiken, när på dygnet användningen ökar eller minskar, mycket lik i de båda grupperna. Samma sak gäller för hushållselanvändningen som mätts på fyra olika orter och där användningen i absoluta tal skiljer sig åt men karakteristiken uppvisar stora likheter. Att beskriva brukarrelaterad energianvändning såsom hushållsel inte bara som absoluta värden på årsanvändning utan även som variationer under dygnet och under olika årstider ger en mer komplett bild och möjlighet till säkrare bedömning av användningen. Då vi människor typiskt har beteende som följer liknande mönster under dygnet är det naturligt att brukarrelaterad energianvändning studeras på denna tidsskala för att karakterisera dem högre kvalitet än bara ett årsmedelvärde. Det är stora skillnader i hur mycket hushållsel och tappvarmvatten som används vid olika tidpunkter på dygnet vilket gör att om användningen approximeras med ett medelvärde för hela dygnet görs överskattningar eller underskattningar vid

många tidpunkter under dygnet. Detta kan ha betydelse för både predikteringar av uppvärmningsbehov, kylbehov, analys av övertemperaturer samt vid analyser av implementering av lokalt producerad energi från exempelvis sol.

Då hushållsel och tappvarmvatten till stor del bedöms vara beroende av brukaren är det naturligt att även anta att närvaron har en koppling till användningen. En högre närvaro borde resultera i en högre användning. Resultatet av de analyser som gjorts i denna rapport visar att det endast är svaga samband mellan närvaro och användning av hushållsel respektive tappvarmvatten. En viss medelnärvaro i en lägenhet kan vara på grund av ett visst antal personer som är i lägenheten konstant eller dubbelt så många personer som är i lägenheten under halva tiden och så vidare. Inte heller antalet personer som bor i lägenheten förklarade användningen. Vid samma medelnärvaro och vid samma antal boende är det stor variation i användning. Det visade sig alltså att närvaron eller antalet boende inte är en parameter som tydligt förklarar en hög eller låg användning av hushållsel respektive tappvarmvatten. Det är troligtvis andra parametrar i beteende som inte enkelt låter sig mätas fysiskt som förklarar skillnader i användning. Närvaron är en internvärmekälla som särskilt i moderna lågenergihus kan utgöra en betydande andel av den internvärme som under stora delar av året värmer upp huset. Under natten när inget värmestillskott finns från solen och då temperaturskillnaden mellan inne och ute typiskt är som störst är internvärmens från personer lika stor som internvärmens från hushållselen. Det innebär att om uppvärmningen i ett lågenergihus ska utvärderas eller dess energiprestanda verifieras är närvaron en angelägen post att ha kunskap om. Kunskap om närvaron är också viktigt för att kunna motivera och dimensionera behovsstyrda system för att minska energianvändningen.

Det är svaga samband mellan användning av hushållsel och användning av tappvarmvatten vilket innebär att bland de lägenheter som använder lite hushållsel återfinns både lägenheter som använder endast lite tappvarmvatten och lägenheter som använder mycket tappvarmvatten. Samma sak gäller för lägenheter som använder mycket hushållsel. Motsvarande resonemang gäller även för tappvarmvatten där hög- och låganvändare av hushållsel återfinns både bland lägenheter som använder lite och mycket tappvarmvatten. Det är alltså svårt att beskriva en brukare avseende både användning av hushållsel och tappvarmvatten. Detta påverkar predikteringar av både energi för uppvärmning och specifik energianvändning genom att internvärmens från hushållselen påverkar uppvärmningsenergin och hushållsel och tappvarmvatten påverkar den specifika energianvändningen. I en passivhuslägenhet är skillnaden i uppvärmningsenergi, som de 90 % mittersta brukarna av hushållsel resulterar i, större än den absoluta uppvärmningsenergin vid medelvärdet på hushållsel. Skillnaden i uppvärmningsenergi för de 90 % mittersta brukarna är i en passivhuslägenhet lika stor som skillnaden i uppvärmningsenergi med 30 % fönster/BOA och 10 % fönster/BOA eller som skillnaden i uppvärmningsenergi vid 85 % temperaturverkningsgrad och 55 % temperaturverkningsgrad på ventilationsvärmeåtervinningen. Även om de 5 % mest extremt låga värdena och de 5 % mest extremt höga värdena bortses från, påverkar olika användare av hushållsel uppvärmningsenergin i passivhuslägenheter mer än vad rimliga osäkerheter i byggnadsparametrar som fönsterarea, U-värde och FTX-verkningsgrad gör. De 90 % mittersta användarna resulterar i ett spann i specifik energianvändning på $40 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Resultatet pekar på angelägenheten i att om tappvarmvattenanvändning ska ingå i måttet på byggnadens energiprestanda måste denna mätas för att kunna bedöma uppvärmningen av byggnaden. Särskilt i lågenergihus är det tydligt att även hushållselen måste mätas för möjliggöra en beskrivning av uppvärmningen av byggnaden.

I de mätningar som har gjorts i samma lägenheter under sex år är hushållselanvändningen 2013 i stort sett samma som under 2008 medan tappvarmvattenanvändningen ökat med 12 % mellan samma år. Medan skillnaderna mellan åren i medeltal för alla lägenheter är förhållandevis små kan det vara stora skillnader mellan åren i enskilda lägenheter och byggnader. Under sexårsperioden har hälften av lägenheterna en skillnad i hushållselanvändning mellan två på varandra följande år på mellan $8,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $61 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och hälften av lägenheterna har en motsvarande skillnad i tappvarmvattenuppvärmning på mellan $8,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $91 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Skillnaderna kan säkert till viss del kopplas till att lägenheter bytt lägenhetsinnehavare men det ska poängteras att antalet personer och vilka som bor i en lägenhet inte med nödvändighet är konstant under samma kontraktstid. Även på byggnadsnivå förekommer stora skillnader och i hälften av de studerade flerfamiljshusen är skillnaden i hushållsel mellan två på varandra följande år under de sex åren mellan $3,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $8,2 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och för tappvarmvattenanvändning mellan $3,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och $9,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$. Det är sannolikt att ännu större skillnader skulle uppmätts om energianvändning studerats under fler år. Att det är så stora skillnader i brukarrelaterad användning som påverkar både uppvärmningen av byggnaden och den specifika energianvändningen pekar på ett behov av att mäta de båda hushållsel och tappvarmvatten och korrigera för skillnader på motsvarande sätt som man i dagsläget korrigerar för skillnader i uteklimat mellan olika år för att korrekt kunna bestämma en byggnads energiprestanda. Även i byggnader som innehåller ett trettiotal lägenheter varierar hushållselanvändningen under en sexårsperiod med $8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ och tappvarmvattenuppvärmning med $10 \text{ kWh/m}^2_{\text{BOA}}$ vilket är mycket om man jämför med hur mycket typiska skillnader i uteklimat mellan olika år påverkar energianvändningen för uppvärmning.