

HUSHÅLLSEL I NYBYGGDA FLERBOSTADSHUS

Rasmus Westin

2019-12-15

Projektet har delfinansierats av:

Svenska Byggbranschens utvecklingsfond, SBUF

Elteknikbranschens utveckling i Sverige AB, ETU

Hushållsel i nybyggda flerbostadshus

SBUF 13627

Rasmus Westin

2019-12-15

FÖRORD

Denna studie har delfinansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond SBUF och Elteknikbranschens utveckling i Sverige AB. Studien genomfördes under 2019 med syftet att minska kostnader i projektering och avvikelser vid energiuppföljning av flerbostadshus. Från observationer från Skanskas egna energiuppföljningar såg Energigruppen på Skanska Teknik att den uppmätta hushållselanvändningen i Skanskas nybyggda flerbostadshus var lägre än förespråkad branschgemensam schablon från Sveby och Boverket som används vid beräkning av byggnadens energiprestanda enligt BBR i samtliga fall där Skanska hade underlag. I denna studie har ett stort underlag tagits fram som åskådliggör hushållselanvändningen i nybyggda flerbostadshus idag. Skanska hoppas att underlaget i studien kan bidra till en förenklad process för Sveby och Boverket vid justering av schablonen för hushållsel samt i förlängningen ligga till grund som beslutsunderlag för finansiering av en uppdaterad och fördjupad mätstudie av hushållselanvändningen i svenska hushåll idag.

Det huvudsakliga arbetet i studien utfördes av undertecknad som är författare till rapporten.

Stort tack till referensgruppen och ett särskilt tack till Olle Tjälldin från Infometric, Tomas Eckerud, HSB, Petter Dahlbäck, Skanska Nya Hem och Kaisa Nordh, Skanska Teknik som bidragit med energiuppföljnings- och mätdataunderlag på hushållselanvändning från över 3000 lägenheter i Sverige. Vill även tacka Mikael Engström, Skanska Teknik och Björn Berggren, Skanska Sverige, som varit värdefulla bollplank under projektet. Alla har, prestigelöst, bidragit till innehållet i denna rapport.

Referensgrupp:

Per Levin, Sveby/Projektengagemang
Mikael Näslund, Boverket
Olle Tjälldin, Infometric
Hans Bagge, Lunds Tekniska Högskola
Mari-Louise Persson, Riksbyggen
Pär Carling, EQUA
Sune Häggbom, Sunda Hus Rådgivning
Per Kempe, Projektengagemang
Ludvig Dahlqvist, NCC
Branko Simanic, Skanska
Björn Berggren, Skanska

/Rasmus Westin – Energigruppen, Skanska Teknik

Hudiksvall, 2019-12-15

SAMMANFATTNING

Denna studie baserar sig på litteraturstudier och nya data på uppmätt hushållselanvändning från över 3000 lägenheter från Skanskas, HSB:s och Infometrics energiuppföljningar och databaser. I studien har uppmätt hushållselanvändning i nybyggda flerbostadshus sammanställts med avseende på energianvändning och dess karaktäristik över månader, veckor och dygn.

Idag anger Sveby och BEN att en schablon om 30 kWh/m² Atemp, år skall användas vid beräkningar av flerbostadshus och småhus energianvändning enligt BBR. Detta motsvarar i genomsnitt cirka 3000 kWh per lägenhet och år eller 40 kWh/m² BOA, år. Skanska har observerat från egna energiuppföljningar att hushållselanvändningen ser ut att ligga mycket lägre än den förespråkade schablonen.

Litteraturstudien visar att Svebys och Boverkets schablon till stor del baseras på numera delvis utdaterade källor. Information gällande hushållselanvändningen kommer bland annat från mätningar i äldre flerbostadshusbestånd, passivhus och småhusbestånd där i vissa fall stor energieffektiviseringspotential fanns tillgängliga i bestånden då mätningarna ägde rum. Mätstudier som utförts efter att indata till Sveby togs fram indikerar lägre hushållselanvändning. En svagt minskande trend i hushållselanvändning för flerbostadshus kan skimras i det sammanställda underlaget från litteraturstudien.

Internationella studier visar på stora energibesparingar vid uppmätt energianvändning av hushållens vitvaror sedan mitten av 1990-talet. Motsvarande besparingsåtgärder har troligen införlivats även på belysningsidan där majoriteten glödlampor och halogenlampor i hushållen har bytts ut mot lågenergi- och LED-lampor sedan mitten på 2010-talet.

Studier och underlag innehållandes uppmätt hushållselanvändning i Sverige från år 2014 och framåt har ej hittats i litteraturstudien vilket tyder på att den senaste tillgängliga informationen i litteraturen är över 5 år gammal. Hur hushållselanvändningen har utvecklats med avseende på förändrade vanor och ändamål i hushållen saknas helt och hållet för den senaste 10-årsperioden trots att teknikutveckling och beteendeförändringar utvecklats i rasande fart under samma period.

Sammanställd hushållselanvändning från ca 3000 lägenheter från Skanskas interna energiuppföljningar, energiuppföljningar från HSB och anonymiserade data från företaget Infometric har gett en tydlig bild gällande den genomsnittliga hushållselanvändningen i nybyggda och äldre flerbostadshus för mätåren 2017 och 2018.

Resultaten från sammanställningen visar på en hushållselanvändning i nybyggda flerbostadshus som är över 30 % lägre jämfört med förespråkad schablon i Sveby och BEN. En schablon motsvarande 20 kWh/m² Atemp, år eller i genomsnitt cirka 2000 kWh per lägenhet och år skulle ge en mer rättvis bild av hushållselanvändningen i nybyggda flerbostadshus idag. Uppföljningarna ger indikationer på att i flerbostadshus med eldriven komfortgolvvärme i badrum används knappt 1000 kWh mer hushållsel per lägenhet och år vilket stämmer väl överens med Svebys föreslagna schablon för komfortgolvvärme i badrum.

Hushållselens karaktäristik över tid i de uppföljda projekten överensstämmer väl med litteraturen i de allra flesta fall, med undantag gällande vissa vägledande källor där rekommenderade månadsprofiler utan inslag av elvärme eller komfortgolvvärme ser ut att överensstämma med uppmätta månadsprofiler där eldriven komfortgolvvärme är inkluderad i mätningen. Detta innebär en risk för överskattning av hushållselens relativa månadslast vintertid jämfört med sommartid. Om denna indata används vid energisimuleringar av en byggnads energianvändning kan det i förlängningen leda till avvikelser i beräknat uppvärmningsbehov jämfört med uppmätt.

Nya förslag på schabloner och karaktäristik för hushållselanvändning har tagits fram och presenteras i denna rapport. Schablonerna baseras på resultaten från sammanställningen av uppmätt hushållselanvändning samt från

Skanska Teknik

Publik information

litteraturstudien. En känslighetsanalys med energisimuleringar har genomförts som en fallstudie med Sveby och Boverkets schablon samt ett urval av de föreslagna schablonerna och typisk karaktäristik som indata. I resultaten från fallstudien redovisas skillnaden i resulterande mängd hushållsel, simulerat uppvärmningsbehov och beräknat primärenergital för två olika typer av flerbostadshus.

I resultaten från fallstudien framgår att en schablon för hushållselanvändning utslagen per boyta ger en bättre överensstämmelse mot litteraturen och sammanställda mätresultat i denna studie, jämfört med en schablon för hushållselanvändning utslagen på tempererad area, A_{temp} . Bäst överensstämmelse bland föreslagna schabloner fås vid användande av specifika schabloner baserade på lägenhetsstorlek (1rok, 2rok o.s.v.) utslaget på boyta.

Resultaten visar också att de nya föreslagna lägre schablonerna på hushållselanvändningen ökar det simulerade uppvärmningsbehovet med som mest cirka 5 kWh/m² A_{temp} , år i Kiruna och som minst i Malmö, med cirka 2,5 kWh/m² år jämfört med Sveby och Boverkets schablon.

En stor osäkerhet i resultaten från fallstudien jämfört med verkligt utfall kvarstår då Svebys antagande, om att 70 % av hushållselen kommer huset tillgodo under uppvärmningssäsongen om behov finns, används i simuleringarna i fallstudien. Detta antagande baseras på bristfälliga referenser från 1990-talet och rekommenderas att analyseras närmre i en uppdaterad och fördjupad studie på området.

Sammanfattningsvis dras slutsatsen att resultatet från denna studie väl kompletterar litteraturen gällande uppmätt hushållselanvändning då senaste statistiken från litteraturen är från 2013. Resultat och underlag från denna studie kan användas av Sveby och Boverket i syfte att ta fram nya schabloner och riktlinjer gällande indatahanteringen av hushållsel som internvärme i energiberäkningar. Delar från rapportens innehåll kan även med fördel användas som hjälp och underlag vid dimensionerings- och lönsamhetsanalyser kopplat till investeringar i mikroproduktion på nybyggda och befintliga flerbostadshus.

Avslutningsvis pekar innehållet i rapporten på behovet av ytterligare datainsamling och analys avseende uppdelad hushållsel i befintliga och nya flerbostadshus. Rapporten kan användas som underlag för beslut om finansiering av framtida mätstudier samt utökad forskning och utveckling inom området.

INNEHÅLL

1.	Inledning.....	7
1.1.	Bakgrund.....	7
1.2.	Syfte.....	8
1.3.	Genomförande	8
1.4.	Rapportupplägg.....	8
2.	Litteraturstudie	9
2.1.	Definitionen av hushållsel	9
2.2.	Utvalt från litteraturen.....	10
2.3.	Sveby, BEN och hushållsel som indata vid energiberäkningar.....	13
2.4.	Internvärme från Hushållsel i Sveby och BEN	14
2.5.	Hushållselens karaktäristik.....	15
2.6.	Fördelning av hushållselanvändningen mellan olika lägenheter	17
2.7.	Relativa bidrag i energianvändning från olika hushållsprodukter.....	19
2.8.	Sparpotential.....	20
2.9.	Utveckling baserat på teknikutveckling och förändrade vanor.....	21
2.10.	Analys och diskussion	23
3.	Hushållselanvändning från energiuppföljningar	25
3.1.	Granskning av mätdata	25
3.2.	Sammanställning hushållselanvändning från Skanskaprojekt.....	25
3.3.	Sammanställning hushållselanvändning från HSB-projekt.....	32
3.4.	Sammanställning hushållselanvändning från Infometrics databas	35
3.5.	Sammanställning från alla datakällor.....	38
3.6.	Analys och diskussion	41
4.	Schabloner & karaktäristik.....	44
4.1.	Schablon baserad på tempererad area, Atemp.....	44
4.2.	Schablon baserad på boarea, BOA.....	44
4.3.	Schablon baserat på lägenhetsstorlek och boarea.....	45
4.4.	Schablon baserad på antal lägenheter	45
4.5.	Hushållselanvändningens fördelning mellan lägenheter	45
4.6.	Hushållselens karaktäristik.....	46
5.	Fallstudier	49
5.1.	Metod.....	49
5.2.	Flervåningshuset	49

Skanska Teknik

Publik information

5.3.	Radhuset.....	51
5.4.	Varianter av IDA-modeller på flervåningshuset.....	52
5.5.	Parametrar som varierar i alla simulerade modeller.....	52
5.6.	Avgränsningar.....	54
5.7.	Sammanfattning upplägg fallstudier.....	55
5.8.	Resultat fallstudier.....	56
6.	Slutsatser.....	63
7.	Förslag till vidare studier.....	65
8.	Referenser.....	66
9.	Bilagor.....	69
9.1.	Gränsdragning fastighetsel, hushållsel inom byggnaden samt hushållsel utom byggnaden.....	69
9.2.	Resultatdiagram fallstudier flervåningshus med KL-trästomme.....	71
9.3.	Resultatdiagram fallstudier flervåningshus med lägre U-medel.....	72
9.4.	Beräkningsexempel internvärme från hushållselanvändning.....	73

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Krav avseende energiprestanda har skärpts succesivt i Sveriges byggregler sedan dess att krav på specifik energianvändning infördes 2006 [1, 2, 3, 16] och för närvarande pågår arbete med att skärpa kraven för näronnenergibygnader. Kraven för nära-nollenergiregler är införda i Boverkets byggregler, BBR avsnitt 9 Energihushållning, sedan den 1 juli 2017 och skärpta krav träder i kraft 2020 [17].

En stor del av flerbostadshusens energianvändning är idag direkt eller indirekt beroende av brukarna. Det gäller främst hur mycket varmvatten och hushållsel de använder men även personnärvaro, vädring, användande av komfortgolvvärme i badrum m.m.

För att likställa förutsättningar, skapa sund konkurrens och möjliggöra verifiering av energiprestanda i byggnader har branschen skapat SVEBY (www.sveby.org).

I brukarindata för energiberäkningar för bostäder anger SVEBY bl.a. vilken inomhustemperatur som skall förutsättas, hur stor mängd varmvatten som kan antas nyttjas, samt hur mycket hushållsel som används m.m. [5]

I Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnaders energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN) har Boverket dels definierat normalt brukande i byggnader med olika verksamheter samt definierat hur uppmätt energianvändning skall normaliseras [6]. Föreslagna schabloner och metodik i BEN baseras till stor del på SVEBYs arbete.

Avseende hushållsel i flerbostadshus anger BEN en årsschablon på 30 kWh/m² Atemp och år. Eventuell variation över dygnet anges inte.

Sveby rekommenderar vid energiberäkningar en årsschablon för hushållsel på 30 kWh/m² Atemp och år för både småhus och flerbostadshus. Dessutom finns ett äldre excelblad där hushållselen kan beräknas utgående från beteende- och utrustningsstyrda indata för vitvaror, brunvaror m.m.

Schablonen om 30 kWh/m² Atemp och år baseras till största delen på ett antal olika studier och vägledning som utförts mellan åren 2000 till 2008. Andelen av hushållselanvändningen som är möjlig att tillgodogöras till uppvärmning om behov finns antas till 70 % både av Boverket och Sveby.

I takt med förändrade vanor hos brukare, energisnålare hushållsprodukter och belysning kan man anta att energianvändningen för hushållsändamål minskar, trots ökningen av antalet apparater i hushållen. Redan idag finns exempel som visar uppmätta värden som är er än 20 % lägre än dagens schabloner [7, 8, 9]. Dessa exempel stämmer väl med Skanskas egna erfarenheter från både externa och egenutvecklade projekt. Denna avvikelse medför att verkligt uppvärmningsbehov riskerar att bli högre än beräknat. Även problem av pedagogisk karaktär uppstår, när denna avvikelse mot beräkning skall förklaras för byggherren eller fastighetsägaren.

Utöver problematiken ovan kan användandet av Svebys och Boverkets nuvarande schablon minska incitament för olika former av kostnadseffektiva effektiviseringsåtgärder i projekteringsskedet, eftersom branschen räknar med en hög internvärmelast från hushållsenergianvändning i beräkningar av byggnaders energiprestanda. Minskad mängd hushållsel innebär i de allra flesta fall ökad mängd köpt energi för uppvärmning och därmed ökat incitament för energieffektiva och kostnadseffektiva systemval.

Det är naturligtvis möjligt för ett projekt att under projekteringen dels utföra energiberäkningar med schabloner fastställda av Sveby och BEN, dels använda schabloner som man tror är mer realistiska i förhållande till normalt brukande. Detta medför dock vissa problem. Exempelvis kan förvirring uppstå då det är flera olika resultat och dessa kan blandas ihop, att antalet beräkningar blir fler vilket leder till ökade kostnader samt att det uppstår ett

Skanska Teknik

Publik information

pedagogiskt problem i dialog med byggherre om denna inte har fördjupad kompetens kopplat till energiberäkningar o.s.v. Följden av en avvikande schablon blir slutligen ökade projekteringskostnader vid framtagande av flera parallella energiberäkningar, förvirring vid energiuppföljning samt oförutsedda kostnader för uppvärmning.

1.2. Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att minska kostnader vid projektering, minska avvikelser vid energiuppföljning, samt skapa bättre förutsättningar för kostnadseffektiva systemval vid projektering av flerbostadshus.

Detta uppnås genom följande resultat:

- 1) Framtagande av uppdaterade schabloner som beskriver hushållselanvändningen för flerbostadshus samt hur de kan karaktäriseras.
- 2) Exempel på hur en byggnads energianvändning och primärenergital påverkas av lägre internlast från hushållselanvändning.

Resultaten är till nytta för alla aktörer i branschen som är involverade i projekt med flerbostadshus, oavsett om det är som entreprenör, byggherre, fastighetsägare eller annan aktör.

1.3. Genomförande

Projektet har genomförts i tre steg:

- 1) Nya studier samt tidigare undersökningar från SVEBYs referenser kopplat till hushållsel har inventerats. En litteraturstudie har utförts i syfte att undersöka hur elanvändningen för hushållsändamål har förändrats sedan underlaget till Sveby togs fram och en sammanfattande sammanställning av resultatet från litteraturstudien har tagits fram.
- 2) Insamlad uppmätt data på hushållselanvändning från tusentals lägenheter i nybyggda flerbostadshus från Skanska, HSB och Infometrics databas har sammanställts, analyserats och förslag på nya schabloner har tagits fram baserat på detta.
- 3) Genom simuleringar och parameterstudier i energisimuleringsprogramvaran IDA ICE i två typer av flerbostadshus har effekten av nya föreslagna schabloner och dess karaktäristik undersökts avseende uppvärmningsbehov och beräknat primärenergital enligt BBR.

1.4. Rapportupplägg

I aktuellt avsnitt beskrivs bakgrund, syfte, genomförande samt omfattningen av arbetet. I avsnitt två redovisas en sammanfattande litteraturstudie över aktuella studier inom ämnet samt en kort genomgång av Svebys referenser. Resultat gällande specifik hushållselanvändning från litteraturstudien sammanställs och sammanfattas. I avsnitt tre redovisas resultatet från genomförd sammanställning av uppmätt hushållselanvändning från energiuppföljningar från Skanska, HSB samt data från Infometric. I avsnitt fyra tas ett antal förslag fram på schabloner och dess karaktäristik baserat på resultaten från litteraturstudien och sammanställningen av uppmätt data från avsnitt tre. I avsnitt fem utförs en fallstudie där schabloner från avsnitt fyra används i simuleringar av två typer av flerbostadshus på fyra orter i Sverige. Resultatet från simuleringarna analyseras och diskuteras. I avsnitt sex följer ett avsnitt med slutsatser och i avsnitt sju förslag till vidare studier. Slutligen redovisas referenser i avsnitt åtta och bilagor i avsnitt nio.

2. Litteraturstudie

2.1. Definitionen av hushållsel

Hushållsel är ett välkänt begrepp och i vardaglig bemärkelse kännetecknas oftast hushållselen i flerbostadshus som den el som lägenheterna betalar för direkt via sina elabbonnemang. Det vill säga den el som används av hushållet inom lägenheten och innefattar el till vitvaror, brunvaror, matlagning, disk, tvätt och tork, dammsugning m.m. I denna uppdelning ingår även el till elgolvvärmslingor och handdukstorkar avsedda för uppvärmning i badrum samt exempelvis infravärmare på balkonger som oftast ligger på hushållselabbonnemanget.

Skilt från hushållsel är fastighetsel. Fastighetsel är den el som används till utrustning som betjänar flerbostadshusets funktioner och system som hissar, pumpar och fläktar till ventilation, värmesystem och sanitet, belysning i gemensamma utrymmen, teknikrum samt el till andra fastighetsanknutna funktioner i flerbostadshuset. Oftast har hushållen mycket liten möjlighet att påverka användningen av fastighetsel.

Motorvärmare, laddstolpar till elbilar, el till gemensamma tvättstugor, spaanläggningar, belysning till promenadstråk eller parkeringsplatser på tomten hör till hushållsel. Utvändig elanvändning ska dock i de flesta fall inte användas vid normaliseringen av uppmätt värmeanvändning p.g.a. avvikande brukande.

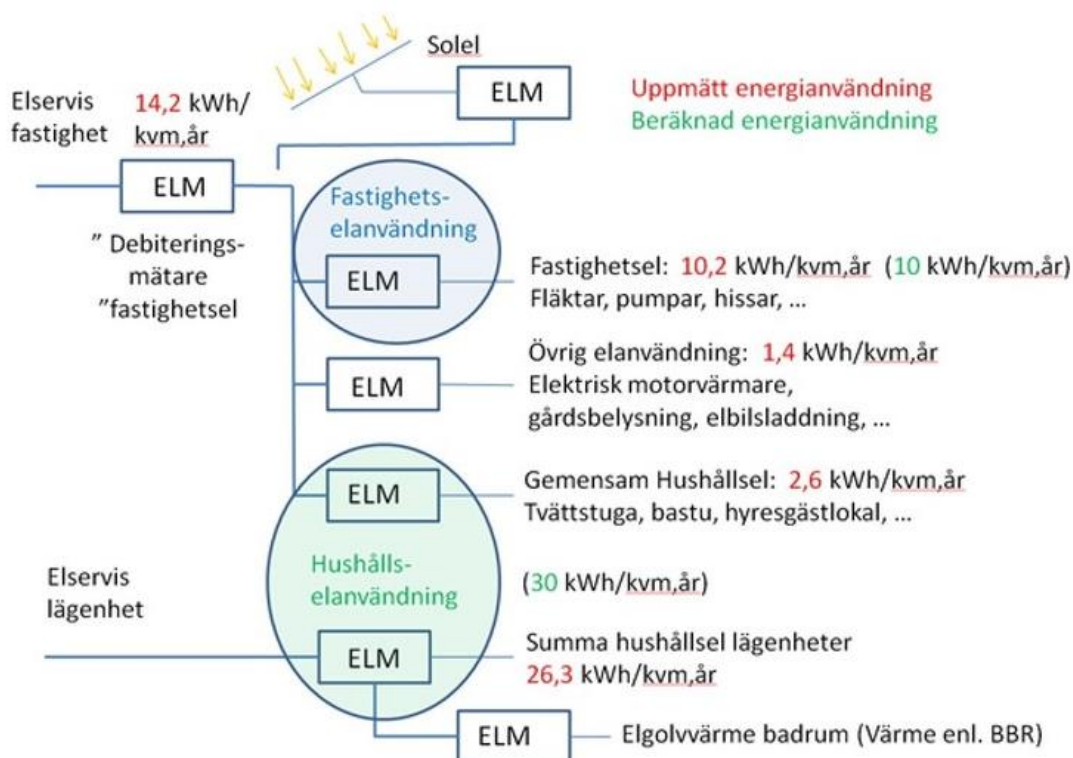
Vid framarbetande av energihushållningsreglerna, avsnitt 9 i Boverkets byggregler har gränsdragningen gällande vad som ingår i byggnadens energianvändning succesivt gjorts tydligare eftersom fastighetsel ingår i byggnadens energiprestanda och hushållselen ingår inte. Denna gränsdragningslista har tydliggjorts och arbetats fram i branschen, främst av Sveby [5], men Boverket har tagit vid Svebys arbete och släppte 2016 en gränsdragningslista [18] i samband med framtagandet av skriften BEN som visar vilka poster som ingår i byggnadens energianvändning, och därmed inte ingår i hushållselen enligt Boverket och Sveby.

Den tydligaste diskrepansen i denna gränsdragningslista jämfört med den vardagliga definitionen ovan är att olika former av hushållsbunden elvärme inte ingår i hushållselen enligt Boverket och Sveby. Komfortgolvvärme i badrum, handdukstorkar som syftar till att värma både badrum och handdukar är energianvändning som ingår i el till uppvärmning (elvärme) och därmed kan uteslutas från hushållselbegreppet enligt Boverket.

Energianvändningen till motorvärmare, el till gemensamma tvättstugor eller spaanläggningar med bastuaggregat ingår i hushållsel enligt Sveby. El till laddstolpar för elbilar ingår inte i byggnadens energianvändning enligt Boverkets gränsdragningslista vilket indirekt innebär att det bör ingå i begreppet hushållsel. Detta är dock olika typer av elanvändning som sker utanför byggnaden eller i gemensamhetsutrymmen utanför lägenheterna.

Det finns anledningar att utvidga begreppet hushållsel och specificera *hushållsel inom byggnad* och *hushållsel utom byggnad*. *Hushållsel inom byggnad* är el som används inom byggnaden och kommer delvis byggnaden tillgodo som värme om uppvärmningsbehov finns. *Hushållsel utom byggnad* är all el som definieras som hushållsel men som används utanför byggnaden och inte kommer huset tillgodo som internvärme. Hushållsel utom byggnad kan även kallas "övrig elanvändning" [42].

Vid mätning och uppföljning av ett flerbostadshus energiprestanda är det viktigt att mäta så det är möjligt att särskilja hushållsel utom byggnaden från hushållsel inom byggnaden då hushållselen inom byggnaden kan användas för normalisering för normalt brukande av energi till uppvärmning enligt BEN. Vid projektering av flerbostadshus ska en mätplan tas fram under systemhandlingskedet. I mätplanen ges strukturen för elsystemet och dess mätare vilket underlättar inför uppföljningen. Posterna som skall gå att urskilja är *Hushållsel inom byggnaden*, *fastighetsel*, *el till uppvärmning* (exempelvis eldriven komfortgolvvärme) och *hushållsel utom byggnaden* (även kallad *övrig elanvändning*). Udermätning av ev. elproduktion rekommenderas. Se figur 1 nedan.



Figur 1. Schematisk exempelbild som visar mätningssupplägg av ett flerbostadshus elanvändning (Per Kempe, 2019).

Se bilagor i slutet av rapporten för en utökad version av Svebys gränsdragningslista för fastighetsel, hushållsel inom respektive utom byggnaden för flerbostadshus.

Hushållselanvändning som nämns i denna studie syftar på hushållsel inom byggnaden om inget annat framgår.

2.2. Utvalt från litteraturen

Hushållselanvändningen i bostäder är ett väl omskrivet ämne och en stor mängd studier med olika perspektiv och ansats kopplat till ämnet finns tillgängligt i litteraturen, både nationellt som internationellt. I denna rapport sammanfattas kortfattat utvalda delar ur litteraturen och de områden som beskriver ämnet, men fokus i litteraturstudien läggs på studier utförda i Sverige med någon form av mätningar med ett större antal lägenheter som underlag. Även referenser som ligger till grund för Svebys schablon läggs extra vikt och fokus.

Sveby refererar till studier och mätningar i Sverige som gjorts på småhus, passivhus och lägenheter mellan 2000 till 2008. Detta innebär att schablonen för hushållsel i Sveby baserar sig på källor som är cirka 10 till 20 år gamla, i vissa fall äldre. Sedan underlaget till Sveby togs fram har ett antal svenska mätstudier publicerats som ger ett utökad underlag gällande hushållselanvändning i flerbostadshus.

Rent generellt kan man se att det är stor skillnad mellan genomsnittlig hushållselanvändning och ytterligheter när olika separata lägenheters hushållselanvändning jämförs i litteraturen. Ofta presenteras dygns-, vecko- och månadsprofiler som beskriver hushållselanvändningens variation över tid.

På beställning av energimyndigheten utfördes en stor mätstudie på 400 hushåll i Sverige, *End-use metering campaign in 400 households in Sweden, Assessment of the Potential Electricity Savings* [19, 31] (Zimmerman, 2009). I denna studie mättes hushållselanvändningen i 200 småhus och 200 lägenheter och uppdelat på olika

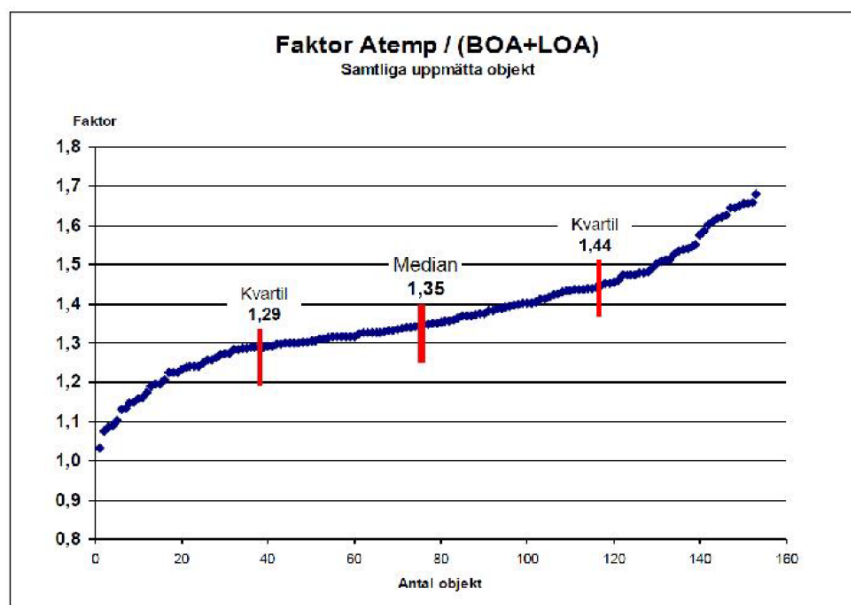
Skanska Teknik

Publik information

användningsområden och hushållsändamål. Mätstudien var unik i sitt slag i Sverige och gav en ökad förståelse kopplat till hushållselanvändningens fördelning på apparatnivå, brukarnas beteenden samt lastprofiler över dygnet och över säsongen. Studien gav också en tydlig bild hur hushållselanvändningen kunde kopplas till olika brukargrupper som exempelvis flerbarnsfamiljer, pensionärer och singelhushåll. I resultaten från studien varierar medelsanvändningen för separata hushåll mellan 5 till 90 kWh/m² BOA, år med ett medelvärde på runt 40 kWh/m² BOA, år.

I en annan studie från LTH som analyserat hushållselanvändningen i nybyggnadsområdet Bo01 i Malmö hade ett flerbostadshus utan eldriven komfortgolvvärme en hushållselanvändning motsvarande 23 kWh/m² uppvärmd area [20] (Bagge, 2007).

Då hushållselanvändningen presenteras med olika enheter i olika studier blir jämförelsen av värden utmanande i denna litteraturstudie. Risken för misstolkning är stor vid jämförelser. Relationen mellan boyta och tempererad area beror på planlösningen i varje specifikt fall vilket innebär att det är svårt att en omräkning av Atemp till boyta och vice versa endast skall ses som vägledande. Enligt en studie som utfördes av Byggsektorns kretsloppsråd och Profu på uppdrag av Boverket analyserades faktorn $Atemp/(BOA+LOA)$. Denna studie gjordes som underlag till framtagande av omräkningsfaktorer för BOA till Atemp för användning i energideklarationer. Resultatet från studien som innefattade hundratals flerbostadshus visade på stor spridning för faktorn $Atemp/(BOA+LOA)$ med en median på 1,35. De valda omräkningsfaktorerna som Boverket till slut valde var lägre p.g.a. att man inte ville riskera att överskatta Atemp vid omräkningen [21]. Vid användande av omräkningsfaktor på 1,35 för värdet från Bo01 i studien ovan fås värdet 31 kWh/m² BOA, år som kan jämföras med medelvärdet på 40 kWh/m² BOA, år från energimyndighetens studie (där beståndet inte var nybyggt).



Figur 2. Resultat från undersökning gjord av Byggsektorns kretsloppsråd och Profu (2007)

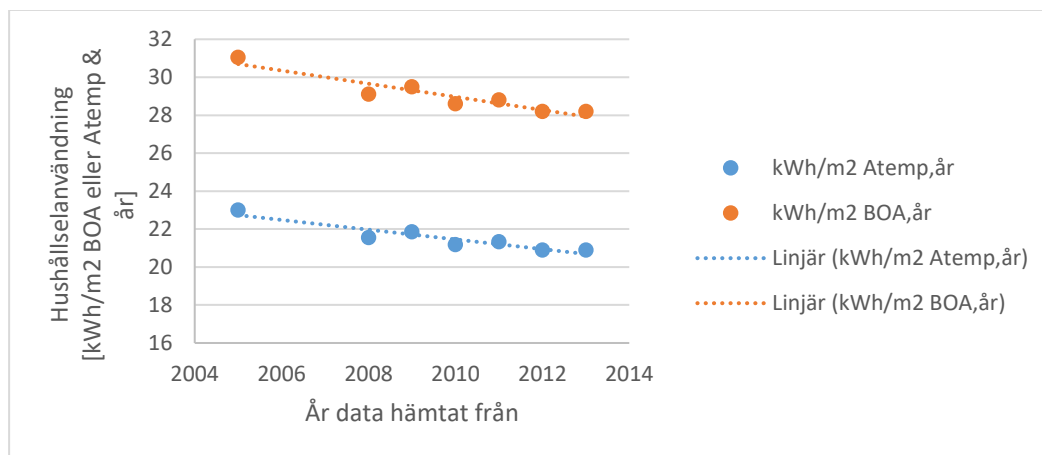
Två andra svenska studier från LTH som tillkommit efter underlaget till Sveby togs fram och där man tittat på brukarrelaterad hushållselanvändning är *Brukarrelaterad energianvändning, Resultat från mätningar i 1300 lägenheter*, (THUVA I, 2012) [22], respektive *Brukarrelaterad energianvändning av hushållsel och tappvarmvatten* (THUVA II, 2015) [9], som baseras på resultat från mätningar av cirka 1300 hyresrättslägenheter, de flesta belägna i Karlstad och majoriteten byggda mellan 1940 och 1980. Studierna presenterar medelanvändning, dygnsprofiler vid olika typdagar, fördelningar mellan olika lägenheter samt hur medelanvändningen varierar mellan bl.a. veckans dagar och årets månader. Resultaten visar på stora spridningar i förbrukningar lägenheter sinsemellan, att hushållselanvändningen är upp till 15 % högre än årsmedel de kallaste

Skanska Teknik

Publik information

vintermånaderna och att högst användning på dygnet infaller i genomsnitt runt 20-tiden på kvällen. I den senare studien (THUVA II) presenteras en sammanslagen mätdataperiod från 2008 till 2013, dock med ökat lägenhetsbortfall mot slutet av mätperioden.

Om data från den tidigare studien från Bo01 i studeras tillsammans med data från THUVA-studierna kan en svag neråtlutande trend observeras i hushållselens specifika hushållselanvändning. Presenterad hushållselanvändning i THUVA-studierna är exklusive el som åtgår till tvätt och torkning då studerade bestånd har separat tvättstuga som inte ingår i mätningen. I Figur 3 nedan har medelanvändningen från mätstudier utförda på LTH sammanställts och plottats på mot åren då mätdata inhämtats. Värden utslagna per Atemp från data för åren 2008-2013 är omvandlade från värden utslaget per BOA med en Atemp/BOA-faktor på 1,35. På samma sätt har värdet från Bo01 utslaget per Atemp använts för att erhålla värdet utslaget per BOA.



Figur 3. Sammanställning av hushållselanvändning från Bagge, Bo01 2005, Thuva II, Bestånd i Karlstad 2008-2013, Atemp-baserade värden för data från åren 2008-2013 är omvandlade från BOA-baserade med en Atemp/BOA-faktor på 1,35.

I Thuva II-studien presenteras uppmätt hushållselanvändning från år 2013, vilket är det senaste året med publicerad statistik gällande uppmätt sammanställd hushållselanvändning från en större mängd lägenheter i Sverige som hittats i denna litteraturstudie.

I litteraturstudien i den färskaste E2B2-rapporten "Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNE-byggnader" [10] refereras till nyligen publicerade forskningsartiklar där metodiker med stokastisk eller deterministisk ansats beskrivs för att fabricera lastprofiler för hushållselanvändning. Bland annat beskrivs så kallad "bottom up"-metodik där användningsmönster från olika hushållsapparater baserat på enkätstudier sammanlagras och skapar lastprofiler som indataunderlag till energisimuleringar [23]. I E2B2-rapporten refereras också till akademiska studier som tar upp osäkerheter i energisimuleringsresultat kopplat till brukarberoende parametrar där brukarrelaterade osäkerheter undersöks med hjälp av bl.a. Monte Carlo-simuleringar [24, 25]. Dessa typer av studier har blivit allt vanligare i litteraturen enligt författarna. Osäkerheter i brukarberoende parametrar som exempelvis tappvarmvattenanvändning, vädring och hushållselanvändning ses som komplexa att beskriva jämfört med fysiska parametrar som exempelvis isoleringsprestanda, täthet och köldbryggor. De brukarberoende parametrarna är svåra att beskriva med en normalfördelad spridning då de ofta helt och hållet bygger på stokastiska händelser som är tidsberoende. I en specifik studie används s.k. diskret händelsestyrd simulering för att hantera detta, där en slumpmässig parameter påverkar utfallet av andra parametrar i simuleringen. Exempelvis styrs närvaron i en lägenhet slumpmässigt av sannolikheten att någon skulle vara där. Nästa händelse i simuleringen som kopplat till brukarberoende parametrar är därefter betingad av närvaron o.s.v. [26].

Skanska Teknik

Publik information

I E2B2 rapporten framhålls att brukarrelaterad energianvändning bör beskrivas med hjälp av nya former av indata i energisimuleringar av byggnaders energiprestanda, där medelvärden och enkla deterministiska tidsscheman bör bytas mot indata i form av data baserat på verkliga uppmätta och statistiskt baserade resultat.

Denna typ av analys är också något som utförs i studien där stokastiska brukarbeteenden med resulterande internlast och dess effekt på simulerat uppvärmningsbehov och effektbehov undersöks på ett antal typhus. På grund av brukarnas slumpmässiga påverkan på simulerad hushållselanvändning kan det årliga simulerade uppvärmningsbehovet variera inom ett intervall på upp till 17 kWh/m² år för en lågenergibyggning med två lägenheter i södra Sverige. Vid större flerbostadshus med 64 lägenheter minskar det resulterande intervallet till 4 kWh/m² år. Ju större flerbostadshus, ju mindre blir risken för avvikande uppvärmningsbehov som resultat av slumpmässigt avvikande hushållselanvändning jämfört med genomsnittlig medelanvändning.

2.3. Sveby, BEN och hushållsel som indata vid energiberäkningar

I *Sveby Brukarindata bostäder, Version 1.0 2012-10-10*, beskrivs vilken schablon som kan användas för hushållselanvändning vid beräkningar av byggnadens energianvändning och primärenergital. Denna schablon ligger också till grund för samma schablonvärde som anges i *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnaders energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN)*.

Rekommenderat inmatningsalternativ	Värde (FH/SH)
Årsschablon i kWh/m ² (A _{temp})	30/30
Beteende- och utrustningsstyrda indata för vitvaror, brunvaror m.m	Byggnadsanpassat

FH=Flerbostadshus; SH=Småhus

Figur 4. Rekommenderat inmatningsalternativ för hushållselanvändning i Sveby brukarindata bostäder version 1.0

Sveby refererar till ett antal studier och källor där mestadels uppmätt hushållselanvändning i olika typer av bostäder ligger som grund till värdena för hushållselanvändning. Sveby refererar till mätstudier och referenser som undersöker både energianvändningen i småhus och flerbostadshus. De referenser som studerat hushållselanvändningen i småhus eller passivhus har generellt högre hushållselanvändning per hushåll jämfört med flerbostadshus. Sammantaget skapar dessa referenser beslutsunderlaget till valet av den rekommenderade schablonen på 30 kWh/m² A_{temp}, år för både flerbostadshus och småhus. Nedan refereras endast till studier gällande flerbostadshus.

Sveby refererar till ett preliminärt resultat från energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder där okorrigerade resultat visade att en lägenhet i snitt använde 3000 kWh per år.

Sveby refererar till Boverkets vägledande handbok *Termiska Beräkningar* från 2003, där det rekommenderades att räkna med 2200 kWh per lägenhet samt 22 kWh per m² vid energiberäkningar av byggnaders energiprestanda. Sveby refererar också till forskningsprogrammet ELAN som var ett tvärvetenskapligt forskningsprogram som arbetade inom området ”vardagens elanvändning” under 2010-talet vars syfte var att utröna framtida trender inom hushållens energianvändning baserat på beteende- och teknikutveckling. Enligt en källa som deltog i ELAN-programmet var hushållselanvändningen 4600 kWh per lägenhet i flerbostadshus år 2000 [27].

Vidare refererar Sveby till MEBY-projektet som var en teknikupphandling av en energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus i början på 2000-talet. Bakgrunden till MEBY-projektet var att uppföljningen av Stockholms stads program för energieffektiva sunda flerbostadshus visade på stora avvikelser mellan beräknad och uppmätt energianvändning runt millennieskiftet, där uppmätt energianvändning var högre

Skanska Teknik

Publik information

än beräknad. Gällande hushållselanvändning förespråkade MEBY-projektet att använda en schablon för hushållselanvändning på 1040 kWh/lägenhet plus 300 kWh/person exklusive energianvändning för vitvaror som kyl, frys, tvätt, tork och ev. elvärmare [28]. Valda värden för vitvaror skulle vara projektspecifika och utrustningsstyrda där energianvändningsdata kunde tas från produktdatablad för de typer av vitvaror som skulle installeras i det specifika projektet.

Sveby refererar också till en undersökning från 2003 som konsumentverket gjorde i 1000 flerbostadshuslägenheter. Denna undersökning visade på en genomsnittlig hushållselanvändning motsvarande 2400 kWh per lägenhet och år med en variation mellan lägenheter på 1800 och 4400 kWh per år [29]. Slutligen nämns också en energistatistiksammanställning av cirka 1200 flerbostadshuslägenheter i Stockholm uppförda mellan 1995 och 2002 som visade en genomsnittlig hushållselanvändning på 2680 kWh per år och lägenhet [30]. Sveby sammanfattar därefter, baserat på referenserna, att hushållselanvändningen för flerbostadshus kan beskrivas med ett standardvärde på 2000 kWh per hushåll + 800 kWh per person och år.

Under 2012 släppte Sveby beräkningshjälpmedlet *Energianvisningar* som utgör en uppdatering av Bilaga 2 till Stockholm Stads program för miljöanpassat byggande. I dessa anvisningar ges riktvärden för belysning, spisar, kyl, frys, tork och tvätt med olika energiklassning. Utöver detta finns en post för övriga apparater som varierar med lägenhetens storlek. Syftet med energianvisningarna är enligt Sveby att inmatningar ska utföras på ett likartat sätt och att beräkningsresultaten bättre skall stämma överens med verkliga förhållanden i de projekterade bostäderna. Hur energianvisningarnas värden skall tolkas i relation till rekommenderad schablon på 30 kWh/m² Atemp år framgår inte i beräkningshjälpmedlet. Nedan sammanfattas resulterande hushållselanvändning för en typklägenhet på 3rok och 76 m² BOA baserat på Svebys referenser och rekommendationer.

Tabell 1. Sammanställd beräknad hushållselanvändning för en 3rok på 76 m² BOA baserat på Svebys referenser.

Källa	Användning per lägenhet	Användning per m ² BOA	Användning per m ² Atemp
Energimyndigheten, mätprojekt 400 bostäder, Bennich (2008)	3000	39	29
Boverkets termiska beräkningar (2003)	3872	51	38
Elan programmet, flerbostadshus år 2000 (Bladh, 2005)	4600	61	45
MEBY-projektet beräkning med A++ klassade vitvaror	2389	31	23
MEBY-projektet beräkning med B klassade vitvaror	2671	35	26
Konsumentverket (Ekholm, 2003)	2400	32	23
Energistatistikundersökning (Henriksson & Kellner, 2005)	2680	35	26
Sveby sammanfattning (2000+800 kWh / person)	3744	49	36
Sveby Energianvisningar med bästa valbara energiklasser	2796	37	27
Sveby & BEN årsschablon 30 kWh/m ² Atemp & år	3078	40,5	30

*3rok, 2,18 personer, 76 m² BOA, Atemp/BOA = 1,35

2.4. Internvärme från Hushållsel i Sveby och BEN

Under uppvärmningsperioden kommer delar av hushållselen huset tillgodo för uppvärmning. All el som används kommer dock inte huset tillgodo som värme, utan en del försvinner i avloppet och en del resulterar i övertemperaturer som enligt Sveby vädras bort. Sveby rekommenderar att 70 % av hushållselanvändningen kan komma byggnaden till godo i form av värme som, om behov finns, kan nyttiggöras under uppvärmningssäsongen. I BEN föreskrivs att 70 % av hushållsenergin är möjlig att tillgodogöras. Underlaget till Svebys rekommendation baseras på ett antal källor baserade på studier utförda under 1990-talet och början på 2000-talet [32, 33, 34]. Huruvida dessa källor är relevanta i dagsläget anses som högst osäkert då både hushållsapparaternas energieffektivitet, beteenden samt fördelningen av hushållsprodukternas bidrag till den totala energianvändningen har förändrats sedan dessa uppskattningar togs fram. Redan när underlaget till Sveby

Skanska Teknik

Publik information

togs fram ansågs källorna som bristfälliga och föråldrade, men antagandet om 70 % valdes baserat på bästa tillgängliga information som fanns tillgänglig då.

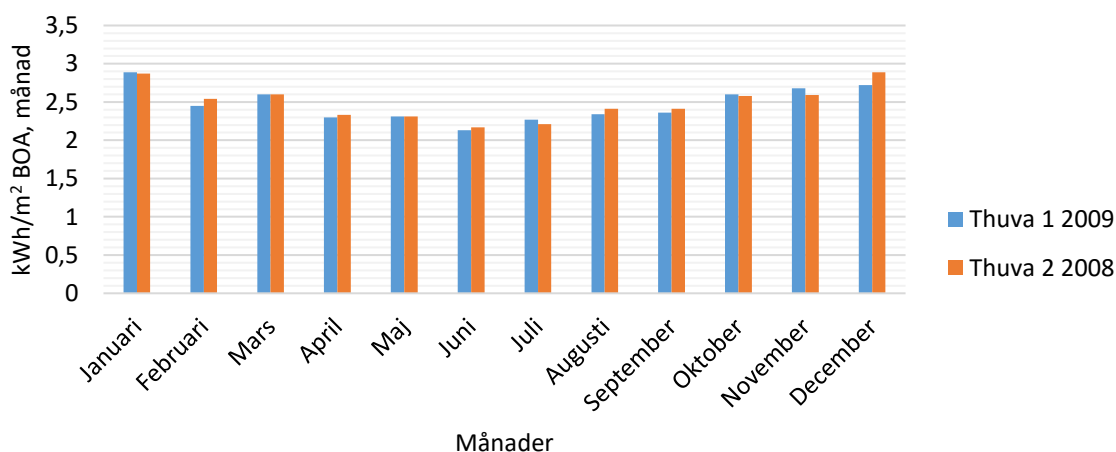
I bilaga avsnitt 9.4 redovisas ett beräkningsexempel baserat på hushållselens användningsfördelning från energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder. I beräkningsexemplet antas att 35 % av elanvändningen till mat och disk frigörs som internvärme i byggnaden och 15 % av elanvändningen till tvätt och tork frigörs som internvärme. Värmen som inte frigörs som internvärme går ut via avloppet och kommer inte huset tillgodo som internvärme. Resterande hushållselanvändning i lägenheten antas resultera i 100 % frigjord internvärme. Ingen del av internvärmens som frigörs förväntas vädras bort om uppvärmningsbehov föreligger i lägenheten. Dessa antaganden resulterar i att 83 % bör komma byggnaden tillgodo, jämfört med Sveby och boverkets antagna värde på 70 %. Ett jämförande beräkningsexempel med lägre hushållselanvändning baserat på troliga effektiviseringsåtgärder beräknas också, där resulterande andel internvärme som frigörs blir 78 %.

Vid samtal med kontaktperson på Sveby framgår att antagandet om 70 % internvärme måste ses över och analyseras på nytt baserat på att ny litteratur, förändrade vanor, teknikutveckling m.m.

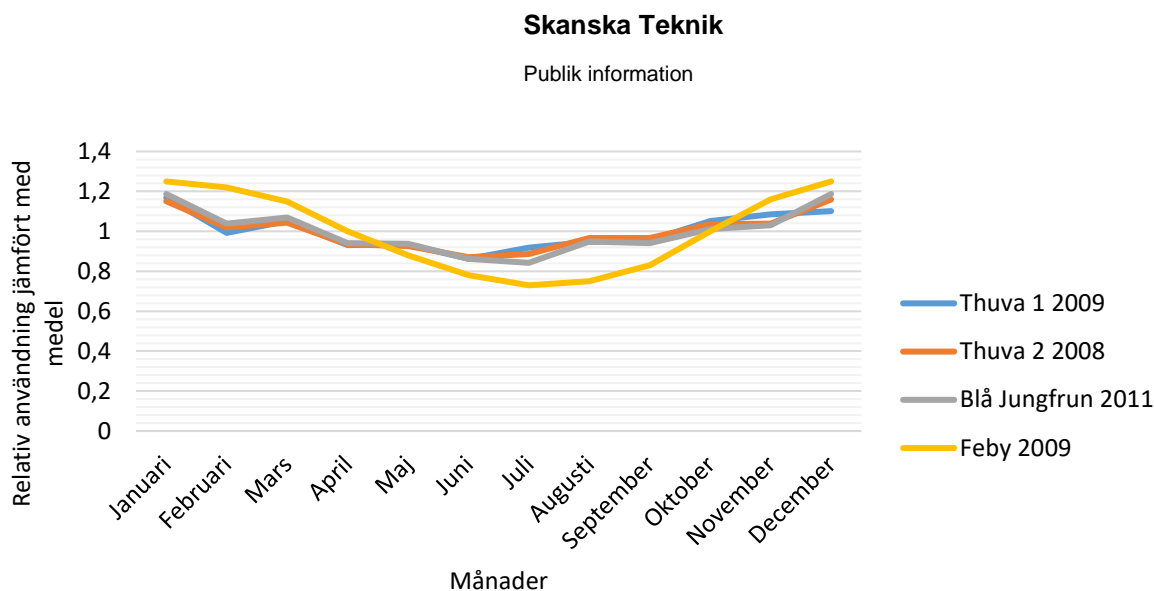
2.5. Hushållselens karaktäristik

Månadsprofil

Hushållselanvändningen kan vara 30% högre än årsmedelvärdet vintertid och cirka 30 % lägre sommartid enligt Byggvägledning 8, Svensk Byggtjänst, (Elmroth, 2007) [35]. Tittar man på månadskaraktäristiken från mätdata från studien Thuva I samt från Skanskaprojektet Blå jungfrun [36] ser det ut som att motsvarande faktor ligger på 17 %. Från beräkningsanvisningar i Feby 2009 & 2012 är motsvarande siffra ungefär 25 %. Vad denna stora skillnad mellan olika källor beror på är inte klarlagt, men det kan vara så att elvärmeanvändning från exempelvis komfortgolvvärme, eller helt enkelt att belysning med etc. glödlampor och halogenlampor, som har en tydlig säsongsmässig variation, delvis ligger med i den statistik Feby och Elmroth baserar sina vägledningar och slutsatser på.



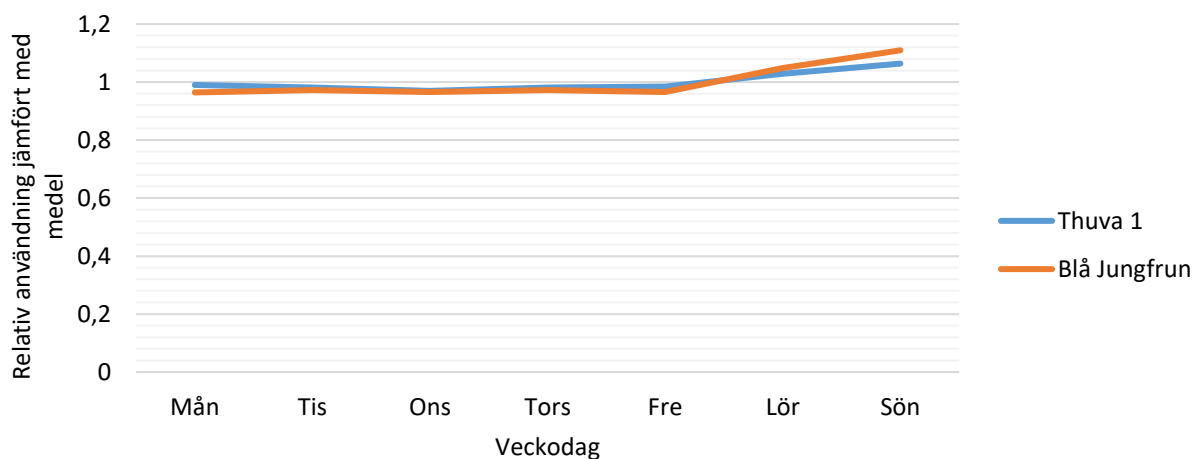
Figur 5. Specifik hushållselanvändning per kvadratmeter BOA & månad sammanställt från Thuva I.



Figur 6. Relativa månadslaster för hushållsel sammanställt från Thuva I, Blå Jungfrun och Feby.

Veckoprofil

Motsvarande statistik för variation mellan dygnen under en genomsnittlig typvecka har sammanställts från litteraturen. Det är ganska liten skillnad mellan användningen under vardagarna som i medeltal har 2-3 % lägre energianvändning än veckomedelanvändningen. Under helgerna ökar energianvändningen och på lördagar respektive söndagar används cirka 3-5 % respektive 6-10 % mer hushållsel jämfört med veckomedel. I Thuva-studierna beskrivs användningen mellan dagarna med ytterligare granularitet genom att dela upp statistiken i typveckor för höst, vinter, vår och sommarvecka där dagarna inom sommarveckan avviker mest från övriga typveckor, troligen p.g.a. semesterperioden.



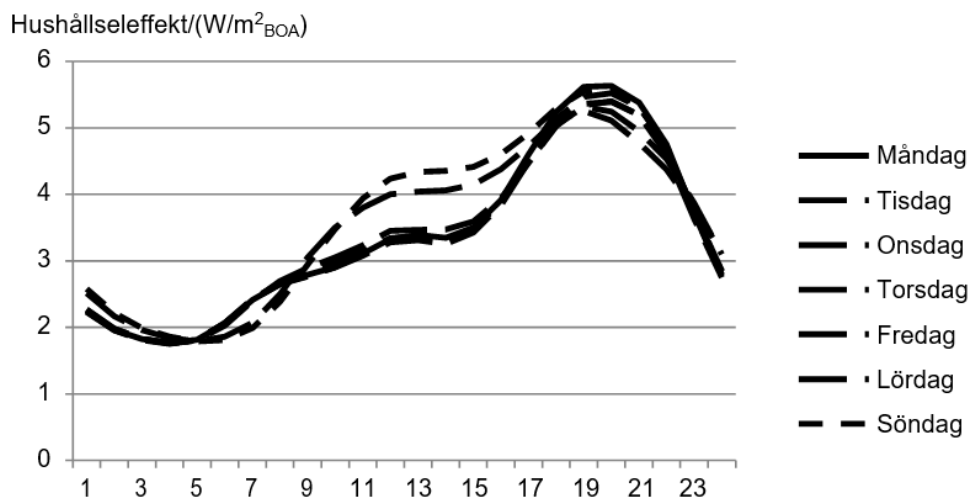
Figur 7. Relativa dygnslaster för hushållsel en typvecka sammanställt från Thuva I och Blå Jungfrun.

Dygnsprofil

Tittar man på energianvändningen över dygnet ser man större relativa variationer jämfört med månad och veckobasis. I Thuva-studierna presenteras stor mängd dygnsprofiler under olika delar av året samt synliggörande av den stora statistiska spridningen mellan olika lägenheter och brukare. Tittar man på medelanvändningen ser man att hushållselanvändningen bottenar under natten mellan 03.00 och 04.00 och toppar på kvällen någon gång mellan 18.00-20.00.

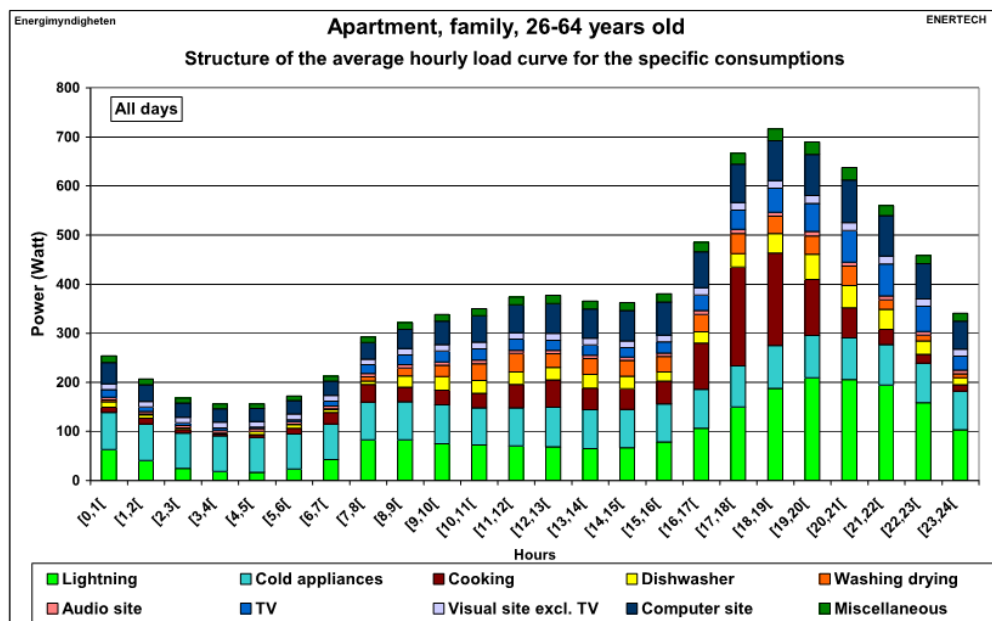
Skanska Teknik

Publik information



Figur 8. Dygnsvariation av hushållselens medeleffekt för olika veckodagar under år 2009 (Thuva I).

I energimyndighetens mätstudie från 2008 med 400 bostäder har man tagit fram en mängd av motsvarande dygnslastprofiler för olika brukargrupper där man dessutom har undermått ändamål/användningsområden. De flesta lastprofiler utan eluppvärmning visar på liknande karaktäristik, dock med än högre relativa skillnader mellan olika tider på dygnet jämfört med Thuva-studierna.



Figur 9. Dygnsvariation med specifik apparatanvändning för ett medeldygn från energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder (Zimmerman, 2009).

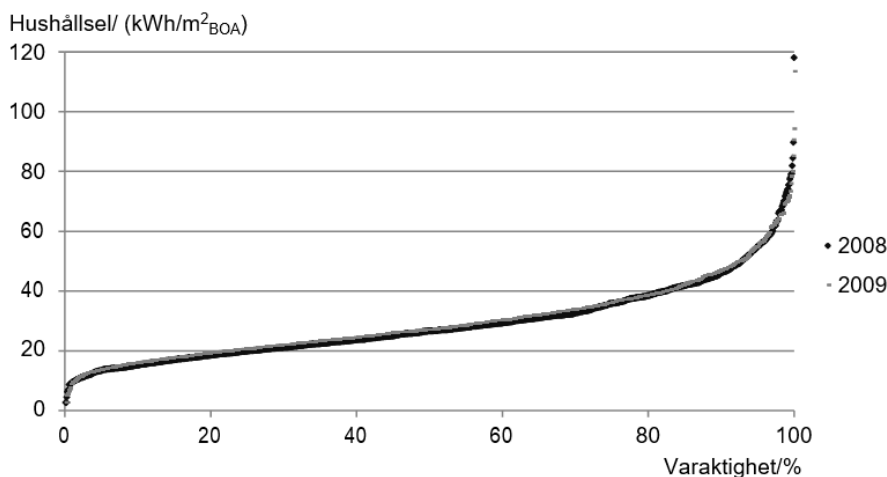
2.6. Fördelning av hushållselanvändningen mellan olika lägenheter

Fördelningen av låg- medel- och höganvändare kan enkelt presenteras i ett varaktighetsdiagram där alla lägenheters separata specifika hushållselanvändning i mätunderlaget sorteras i storleksordning. Detta ger en tydlig bild av hur fördelningen av hushållselanvändningen ser ut mellan olika lägenheter i ett stort statistiskt underlag. I figuren nedan visas fördelningen för uppmätt hushållselanvändning i Thuva I-studien för alla lägenheter år 2008 respektive 2009. Varaktigheterna visar på stor likhet för de båda åren trots att olika enskilda lägenheter har ändrat sin förbrukning individuellt över mätperioden. Detta tyder på att man i större statistiska

Skanska Teknik

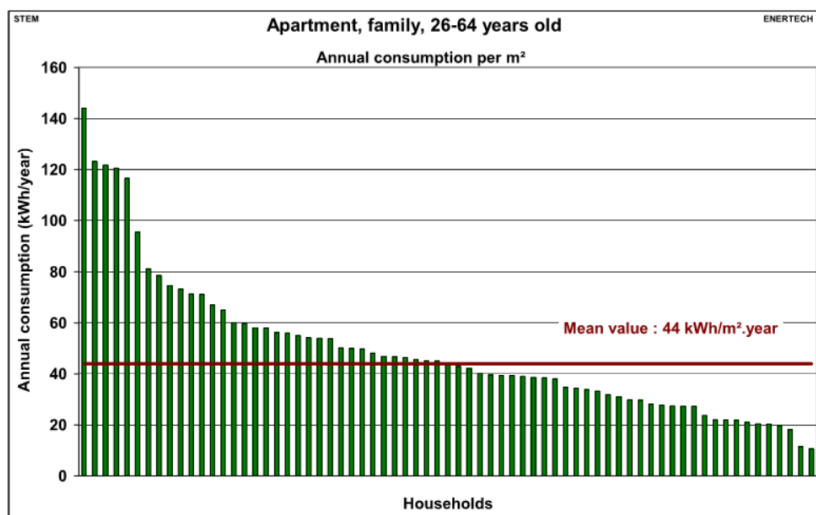
Publik information

underlag och större flerbostadshusprojekt troligen kan förvänta sig en liknande fördelning, med viss förskjutning beroende på lägenhetstyper och brukarsammansättning. I underlaget från Thuva I ser vi från figuren att cirka 25 % av lägenheterna har en hushållselanvändning under 20 kWh/m², år BOA. Endast 5 % har en energianvändning över 55 kWh/m² år BOA och cirka 50 % av alla lägenheter har en hushållselanvändning mellan 20 – 35 kWh/m² år BOA.



Figur 10. Varaktighet av hushållselanvändning i olika lägenheter för år 2008 respektive 2009 från Thuva I.

Liknande fördelningar presenteras i energimyndighetens mätstudie av 400 bostäder för olika typer av brukargrupper, se figur 11.

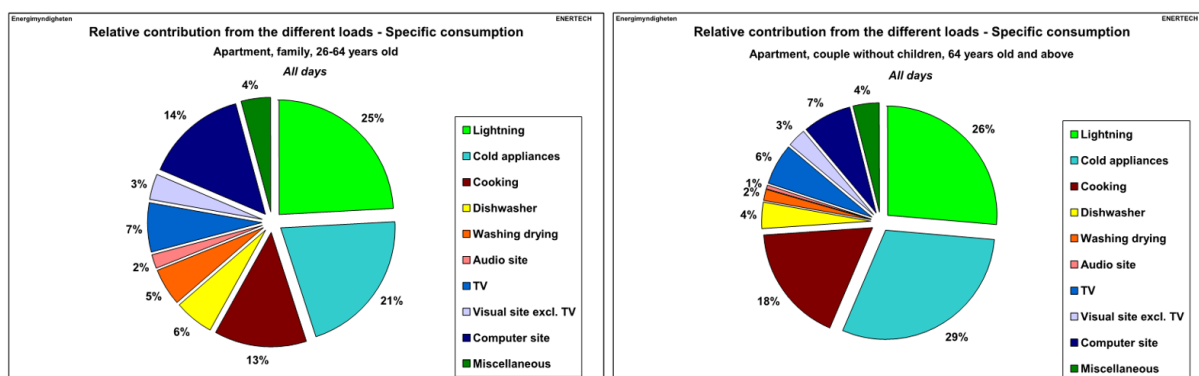


Figur 11. Varaktighet av hushållselanvändning för en mängd lägenheter med familjer, 26-64 år (Zimmerman, 2009)

Hur användandet av en liknande fördelning som simuleringsindata i kan tänkas påverka simulerat uppvärmningsbehov i en energisimuleringsmodell i jämförelse med en medelanvändning i varje lägenhet kommer utredas i fallstudieavsnittet senare i rapporten.

2.7. Relativa bidrag i energianvändning från olika hushållsprodukter

Eftersom det statistiska underlaget från Thuva-studierna saknar energianvändning för tvättning och torkning i lägenheterna har andelen energianvändning som åtgår till detta studerats närmre i studien från energimyndigheten. I denna studie ha lägenhetsbaserad tvätt- och tork undermätts och beroende på typ av brukarsammansättning varierar användningen mellan 2-5 % av den totala hushållselanvändningen. Från samma statistiksammansättning kan man se att belysningen i de studerade lägenheterna stod för cirka 25 % av elenergianvändningen för hushållsändamål. Motsvarande andel från kyl och frys är 20-30 %, från matlagning 13-18 %, från datorer 7 -14 % och 6-7 % från tv-tittande. Till diskning åtgick cirka 4-6 %. Se övriga poster i Figur 12 och Figur 13 nedan.



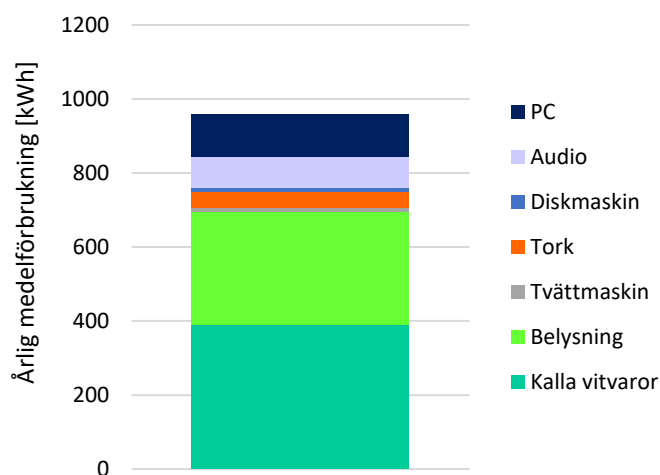
Figur 12. Relativa bidrag från olika laster för en familj med barn respektive pensionärspar utan barn (Zimmerman, 2009)

Lägenhet [kWh/yr]	Alla hushåll	Singel, > 64	Familj barn
Kyl och frys	720	530	830
Belysning	630	525	805
Matlagning och disk	510	305	630
Tvätt och tork	210	50	230
Stereo	60	-	85
TV	150	190	105
DVD, VCR etc	60	105	275
PC o dyl.	270	50	430
Övrigt	60	30	80
”Not followed”	330	250	430
Totalsumma:	3000	2035	3900

Figur 13. Preliminära resultat för hushållselanvändning från energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder (Bennich, 2007) baseras på justerade siffror från (Zimmerman, 2009)

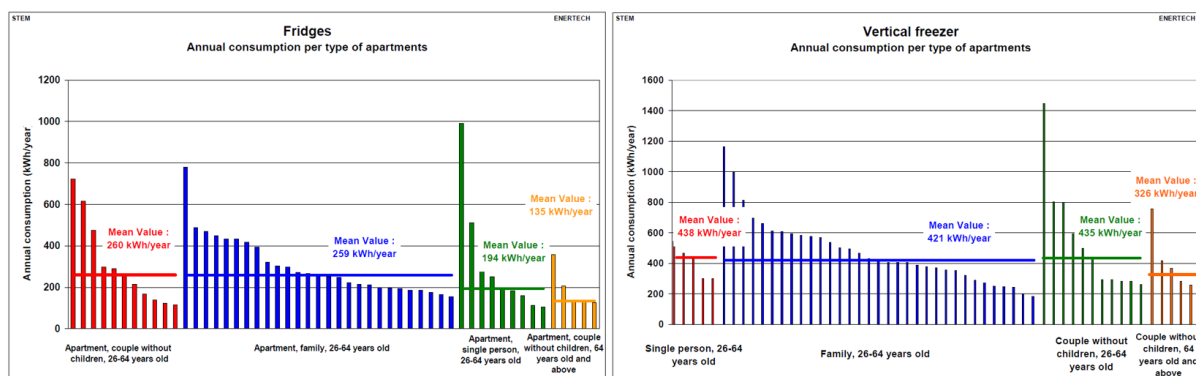
2.8. Sparpotential

Hur hushållsenergianvändningen har förändrats på grund av teknikutveckling och beteendeförändringar sedan energimyndighetens studie *Mätning av hushållsel i 400 bostäder* utfördes 2008 är svårt att svara på, men redan då beskrev författarna att det fanns en stor sparpotential i de studerade hushållen endast genom att byta ut produkter mot energieffektivare typ som fanns på marknaden vid den tidpunkten. I det studerade bostadsbeståndet var exempelvis majoriteten av belysningen av typen glödlampor och halogenlampor. Många vitvaror var av äldre ineffektiv typ, trots att energianvändningen från dessa hade minskat kraftigt sedan tidigare liknande mätningar från 1994. De flesta datorer var av stationär typ och många audio- videoprodukter hade ett högförbrukande standby läge. Sparpotentialen uppskattades till 600 – 1800 kWh per hushåll och år beroende på brukartyp och lägenhetsstorlek. I denna studie har en uppskattning utifrån underlaget gjorts att den dåvarande besparingspotentialen uppgick till nära 1000 kWh per år och lägenhet. Se Figur 14.



Figur 14. Uppskattad genomsnittlig besparingspotential i lägenhetsbeståndet i energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder 2008, baserat på data från (Zimmerman, 2009).

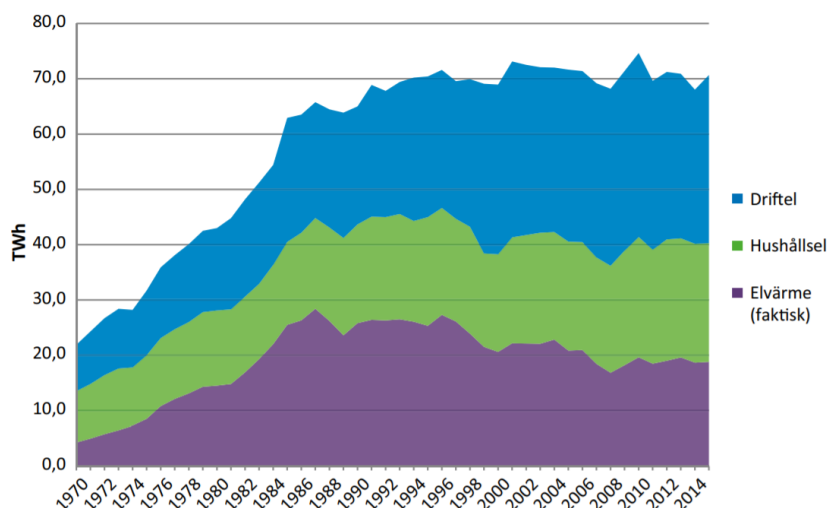
Enligt en underlagsrapport till *Belysningsutmaningen* uppskattas att energi till belysning i våra hushåll har minskat med 25 % sedan 2008, men att ytterligare 33 % besparingspotential finns tillgänglig, dessa slutsatser baseras dock inte på uppmätt energianvändning [43]. I figuren nedan redovisas uppmätt separat energianvändning för studerade lägenheters kylar och frysar i mätprojektet. När en fullstor kyl respektive kyl installeras idag väljs oftast energiklass A++ i nybyggda flerbostadshus. Som jämförelsetal har dessa en förväntad årlig energianvändning på cirka 100 respektive 220 kWh per år.



Figur 15. Årlig uppmätt energianvändning för kylar och frysar installerade i lägenhetsbeståndet i energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder.

2.9. Utveckling baserat på teknikutveckling och förändrade vanor

Användningen av hushållsel i Sverige ökade enligt energimyndighetens statistik från 9 till 22 TWh mellan åren 1970 till 2015. Ett ökat antal hushåll och fler apparater förklarar större delen av ökningen som skedde mellan 1970-1980-talet [37].



Figur 16. Utvecklingen av elanvändning i bostads- och servicesektorn i Sverige sen 1970. Användning av elvärme (faktisk inrapporterad statistik), hushållsel (beräknad med schablon) och driftsel (beräknad restpost) (Energiläget, 2017).

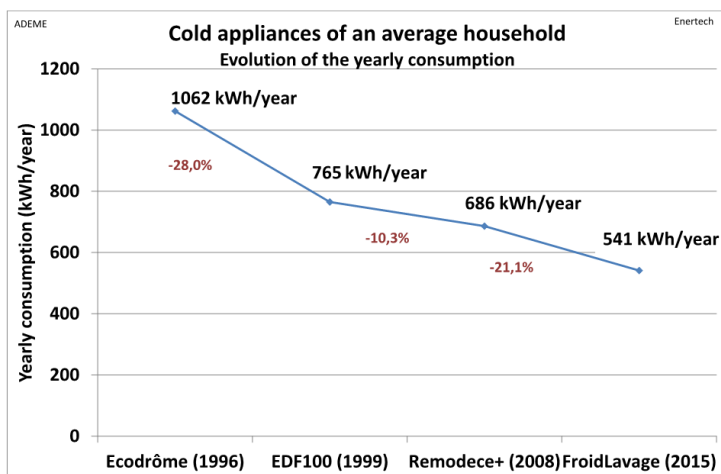
I statistiken som redovisas i Energimyndighetens rapport *Energiläget 2017* [37] och i den nyligen publicerade statistiken *Energiläget i siffror 2019* [38] har hushållselanvändningen beräknats med hjälp av en schablon för hushållselanvändning för småhus och flerbostadshus med statistik på antal byggda småhus respektive total BOA för Sveriges alla flerbostadshus som underlag. Driftelen är en sammanslagning av all fastighetsel och verksamhetsel i Sveriges alla lokaler och flerbostadshus.

Den redovisade i statistiken för driftel i Figur 16 ovan är en beräknad restpost som räknats fram genom att dra av faktisk inrapporterad elvärmeanvändning och schablonberäknad hushållsel från total elanvändning för bostads- och servicesektorn. Detta innebär att driftelen skulle kunna underskattas i statistiken om använd hushållsel-schablon för småhus respektive flerbostadshus är högre jämfört med den verkliga användningen. Enligt *Energiläget i siffror 2019* är schablonen för hushållsel i flerbostadshus satt till 40 kWh/m² BOA, år vilket motsvarar den specifika energianvändningen för lägenheterna i energimyndighetens mätprojekt 400 bostäder som troligen är källan till schablonen.

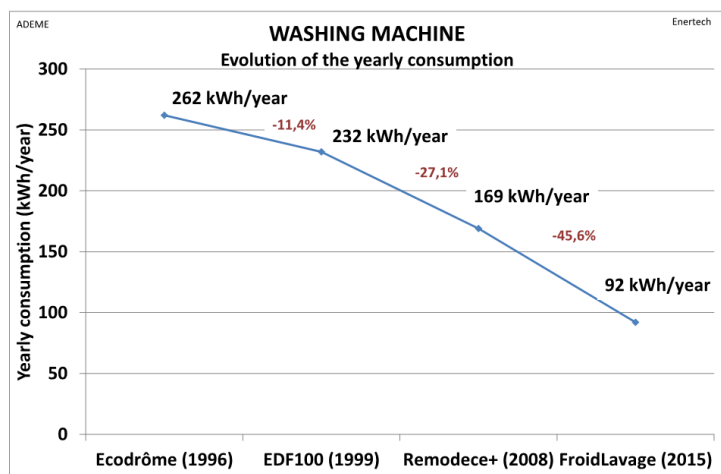
Enligt Energimyndigheten har energimärkningssystemet halverat energianvändningen för tvätt, disk, matförvaring och tillagning från 1996 till 2006. Idag står energimärkning och ekodesign fortfarande för knappt hälften av EU:s energieffektiviseringsmål på 20 % energieffektivisering fram till 2020 [39]. I en fransk studie sammanfattas resultatet från olika forskningsprojekt gällande uppmätt energianvändning för kylar, frysar, diskmaskiner och tvättmaskiner sedan det europeiska energimärkningssystemet infördes i mitten på 90-talet. Studierna visar på kraftiga minskningar i energianvändning motsvarande 50 % för kylar och frysar, nästan 300 % för tvättmaskiner och nära 40 % för diskmaskiner. Den stora reduktionen i årlig energianvändning. Vi tvättar mer sällan och när vi väl tvättar fyller vi maskinen med mer tvätt än tidigare vilket leder till mycket effektiva tvätt-cykler [40].

Skanska Teknik

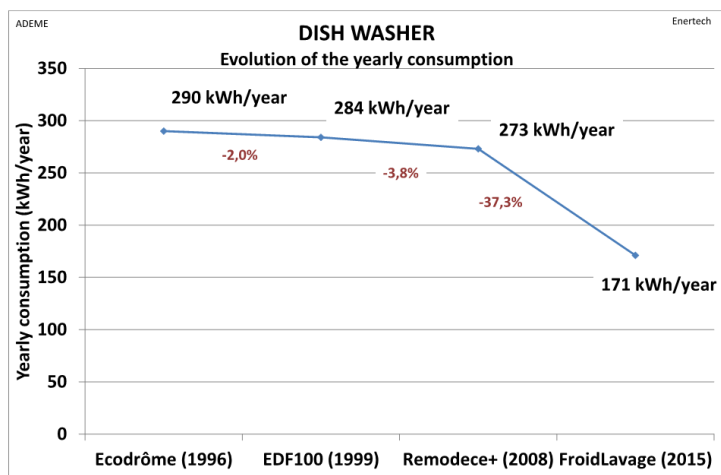
Publik information



Figur 17. Utvecklingen av uppmätt årlig energikonsumtion för kylar och frysar i olika franska bestånd och mätprojekt sedan 1996 (Zimmerman, Dupret, 2015).



Figur 18. Utvecklingen av uppmätt årlig energikonsumtion för tvättmaskiner i olika franska bestånd och mätprojekt sedan 1996 (Zimmerman, Dupret, 2015).



Figur 19. Utvecklingen av uppmätt årlig energikonsumtion för diskmaskiner i olika franska bestånd och mätprojekt sedan 1996 (Zimmerman, Dupret, 2015).

Författarna av den franska studien drar slutsatsen att de flesta tvätt-, diskmaskiner samt vitvaror som finns i de franska hemmen idag är av energieffektiv typ och att de flesta av den äldre typen har blivit urfasade sen 1990-

Skanska Teknik

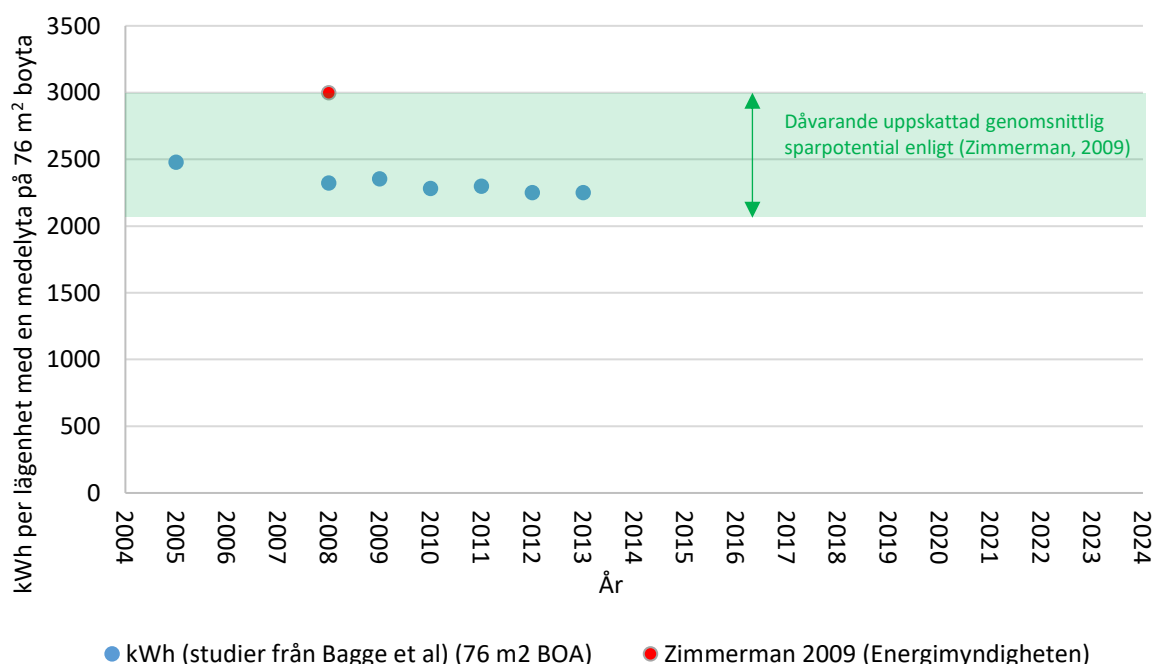
Publik information

talet. Man menar också att ingen vet hur fördelningen av hushållselanvändningen för olika ändamål ser ut idag och slutsatsen dras att resultaten från de flesta studier som utfördes i början av 2010-talet är redan är inaktuella. Det finns enligt författarna ett behov att ta fram en ny färsk europeisk studie som kartlägger dagens användning av hushållsel på djupet.

2.10. Analys och diskussion

En utmaning i litteraturstudien har varit att hitta säkra jämförbara värden för hushållselanvändning i flerbostadshus. Ett problem har varit att det används olika ytenhet för den sammanställda specifika hushållselanvändningen, vilket gör det utmanande att jämföra siffror. Specifik hushållselanvändning per BOA, Atemp, ”uppvärmd yta” eller per lägenhet förekommer i litteraturen. Av denna anledning har faktorn 1,35 används för omräkning från BOA till Atemp och vice versa och en typlägenhet på 76 m² BOA har använts vid sammanställningar och jämförelser i denna rapport.

Ett annat problem är att många studier och mätningar har gjorts på äldre befintligt flerbostadshusbestånd, vilket innebär att utfasningseffekter av äldre vit- och brunvaror, belysningskällor m.m. inte verkat fullt ut i många av de rapporterade värden som ligger till grund för resultaten från de största studierna med säkrast underlag från 2005-2013. Ser man till de referenser som baseras på mätningar av relativt nybyggda flerbostadshus finner man relativt lägre värden jämfört med Svebys schablon och de riktvärdena exempelvis angivits i Boverkets handbok om termiska beräkningar från 2003. Ett annat problem med äldre referenser från tiden före Sveby togs fram är osäkerheten i definitionen av begreppet hushållsel. Här finns en stor osäkerhet kopplat till vad som ingått i mätningarna. I studier från uppföljningar av Bo01 i Malmö från 2005 kommuniceras siffror för uppmätt hushållsel inklusive komfortgolvvärme och i vissa fall el till lägenhetsventilationsaggregat med eftervärmning, energi som hör till fastighetsel eller el till uppvärmning enligt nuvarande definition från Boverket och Sveby. Detta ger en stor spridning i hushållselanvändning bland olika äldre källor och innebär en risk för missuppfattningar och jämförelser av ”äpplen och päron”.



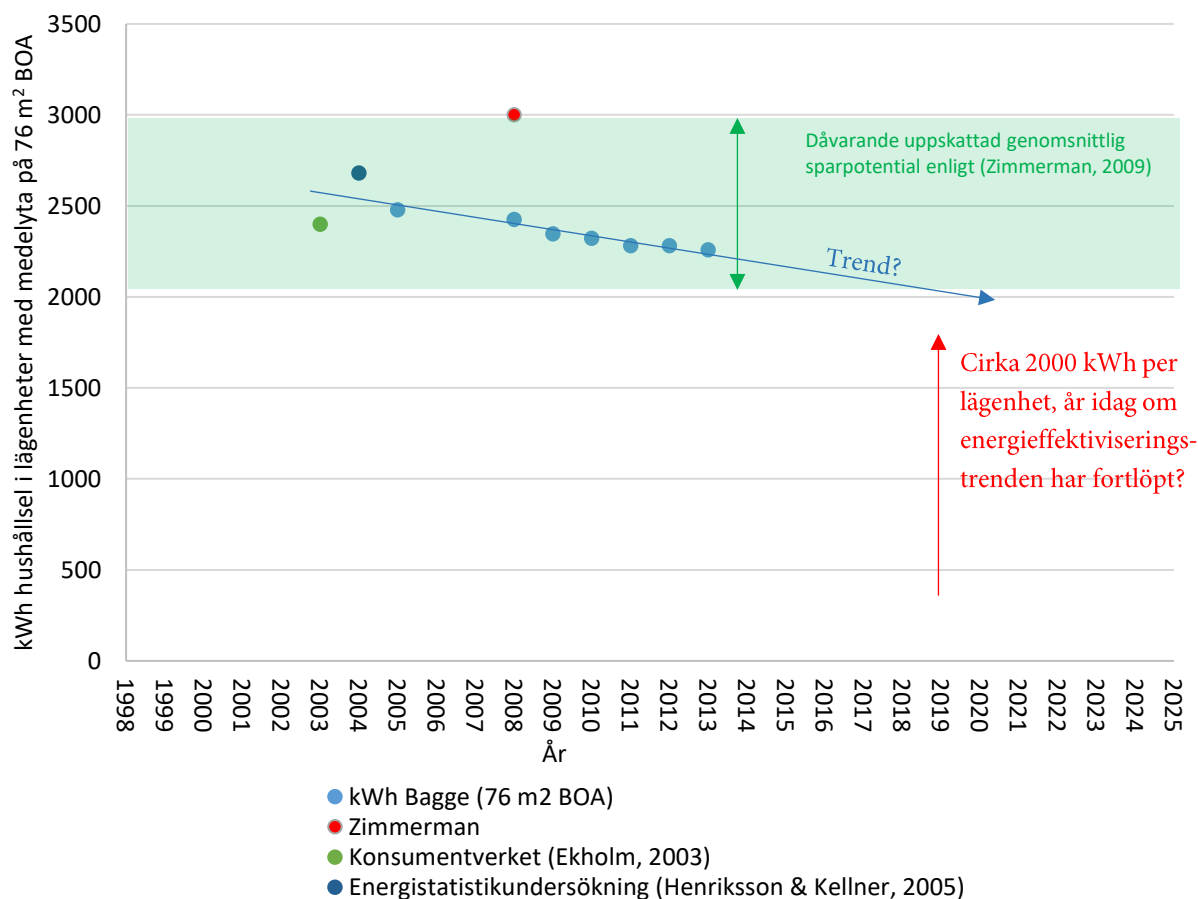
Figur 20. Jämförelse av beräknad medelanvändning av hushållsel för en typlägenhet på 76 m² BOA baserad på specifik hushållselanvändning från studier av (Bagge et al.) jämfört med Energimyndighetens mätprojekt 400 hushåll (Zimmerman, 2009)

Skanska Teknik

Publik information

I Figur 20 visas beräknad årlig hushållselanvändning för en typlägenhet på 76 m² BOA. Underlag till beräkningen är specifik hushållselanvändning från studier utförda på LTH [9, 20,22] samt från energimyndighetens studie med mätning av 400 hushåll [19]. Värdena från studierna utförda på LTH har korrigerats med en ökning med 5 % av den totala energianvändningen för att kompensera för tvätt och tork som inte ingår i de ursprungliga uppmätta värdena. En intressant observation är att om hänsyn tas till sparpotentialen i det aktuella beståndet i energimyndighetens studie gör att energianvändningen inte framstår som avvikande jämfört med resultaten från studierna från LTH. Om beståndet i Karlstad som ligger till grund för värdena från 2008 till 2013 redan genomgått delar av de energieffektiviseringarna av belysning, vitvaror m.m. som beskrivs i energimyndighetens studie framgår dock inte i dessa rapporter.

Adderas ytterligare beräknade värden baserat på Svebys källor som direkt härrör från mätstudier av flerbostadshus förstärks bilden ytterligare. Det är möjligt att skymta en nedåtgående trend (ej statistiskt signifikant) baserat på de få datapunkterna. På grund av avsaknad av studier med uppmätt hushållselanvändning efter år 2013 är det dock svårt att bekräfta en eventuell nedåtgående trend med minskande hushållselanvändning i flerbostadshus.



Figur 21. Jämförelse av den beräknade årliga medelanvändningen av hushållsel per lägenhet baserat på specifika värden och lägenhetsförbrukningar från studier från LTH (Bagge et al, 2005, 2012, 2015), Energimyndighetens mätprojekt 400 hushåll (Zimmerman, 2009), en undersökning av Konsumentverket (Ekholm, 2003) samt en energistatistiksammanställning (Henriksson & Kellner, 2004).

3. Hushållselanvändning från energiuppföljningar

Hushållselanvändning från över 3000 lägenheter har sammanställts i denna studie. Data kommer huvudsakligen från Skanskas egna energiuppföljningar, några energiuppföljningar från nybyggda flerbostadshus från HSB och förbrukningsdata för ca 2000 lägenheter från Infometrics databas.

3.1. Granskning av mätdata

Granskning av mätdata har gjorts genom okulär granskning av tidsserier och avläsningar från vardera energiuppföljning. Utöver denna granskning har också granskning gjorts vid vardera energiuppföljning av ansvarig energisamordnare. Ett antal projekt utförda åt externa kunder har valts bort på grund av osäkerheter i indata samt ovisshet gällande hur stor andel av lägenheterna som har eldriven komfortgolvvärme.

Mätdata erhållet från Infometric har inte granskats i samma utsträckning då data är anonymt och tillgången till metadata kopplat till flerbostadshusen är begränsat. Endast en okulär granskning av exporterade dygnsdata från Infometrics system har utförts. Datat från Infometric har av denna anledning endast används i jämförande syfte i denna studie då avsaknaden av viktig tillhörande metadata som bl.a. Atemp, information gällande ev. komfortgolvvärme, tvättstugor, spaanläggningar, lokaler m.m. saknas.

3.2. Sammanställning hushållselanvändning från Skanskaprojekt

Analyserade projekt och tillhörande metadata

Datat från Skanskas energiuppföljningar består bland annat av uppmätt hushållselanvändning från över 900 bostadsrätter från egenutvecklade projekt från Skanska Nya Hem i Stockholmsområdet. Dessa flerbostadshusprojekt är relativt stora med mellan 70 till 225 lägenheter per projekt. De egenutvecklade projekten har alla system för individuell mätning och debitering vilket innebär att datamaterialet innehåller lägenhetsförbrukningar med månadsupplösning. Alla projekt har ett känt antal av lägenheterna med komfortgolvvärme installerat i badrummen. Dessvärre finns ingen undermätning på de eldrivna komfortgolvvärmeslingorna i lägenheterna som ingår i uppmätt hushållsel. Data har också inhämtats från hyresfastighetsprojekt och bostadsrätter motsvarande totalt 330 lägenheter som Skanska uppfört åt externa kunder i Hökarängen, Lindesberg och Malmö. Projektet i Hökarängen är Blå Jungfrun som är välkänt från litteraturen. Blå Jungfrun är det enda uppföljda projektet i denna studie med gemensam extern tvättstuga varför inhämtade data för detta projekt har korrigerats med en faktor motsvarande 5 % för att kompensera för energianvändning till tvätt och torkning. Ingen av projekten utförda åt externa kunder har komfortgolvvärme vilket innebär att uppmätt hushållselanvändning inte behöver korrigeras för dessa projekt. Datat på uppmätt energianvändning från externa projekt har inhämtats och sammanställts på månadsbasis.

Skanska Teknik

Publik information

Tabell 2. Projektspecifika data för uppföljda projekt utförda åt externa kunder.

	Skanska Blå Jungfrun*	Skanska Brf Tenoren	Skanska Åkilsbacken 1	Skanska Åkilsbacken 3	Skanska Brf Focken
Mätdata år	2014	2017	2017	2017	2017
Ort	Sthlm	Malmö	Lindesberg	Lindesberg	Malmö
Antal lägenheter	97	72	35	35	87
Typ av flerbostadshus	Hyresrätter	Brf	Hyresrätter	Hyresrätter	Brf
Andel lägenheter med komfortgolvvärme	0%	0%	0%	0%	0%
Total Atemp bostäder [m ²]	11 003	7 186	2 796	2 796	9 521
Medel-Atemp per lägenhet [m ²]	113	100	80	80	109
Medel-BOA per lägenhet [m ²]	84	76	59	59	83
Total BOA projekt [m ²]	8 173	5 472	2 071	2 071	7 221
Atemp/BOA faktor projekt	1,35	1,31	1,35**	1,35**	1,32
Littera i figurer	HR 97 0% KGV	BRF 72 0% KGV	HR 35a 0% KGV	HR 35b 0% KGV	BRF 87 0% KGV
Kommentar	*Värden exklusive tvättstuga, 5% påslag för tvätt/tork i lägenheter **Atemp okänt, beräknat från boarea med faktor 1,35				

Tabell 3 Projektspecifik data för uppföljda egenutvecklade projekt från Nya Hem

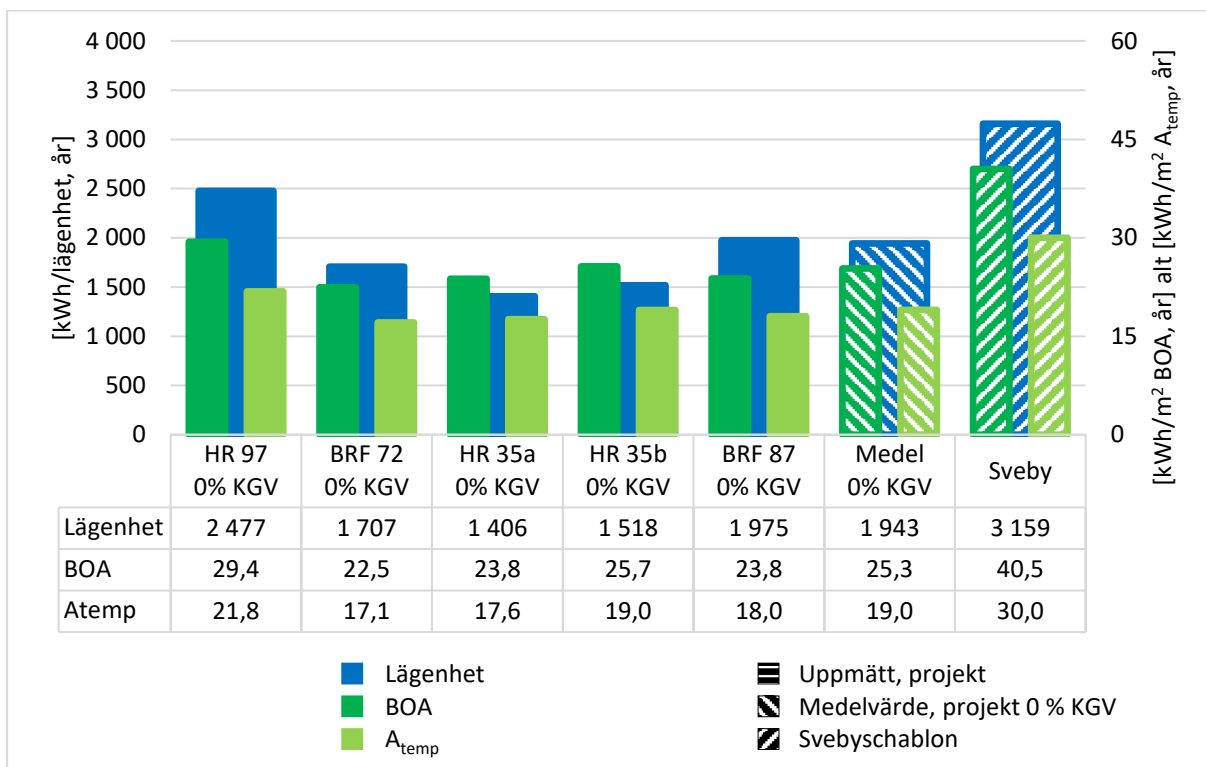
	Liljekonvaljen	Fredriksdalskajen	Linabergs allé	Linabergshöjden	Fredriksdalsbryggan	Leendet	Annedals Entré
Mätdata år	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017
Ort	Sthlm	Sthlm	Sthlm	Sthlm	Sthlm	Sthlm	Sthlm
Antal lägenheter	145	178	97	71	104	225	84
Typ av flerbostadshus	Brf	Brf	Brf	Brf	Brf	Brf	Brf
Andel lägenheter med komfortgolvvärme	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Total Atemp bostäder [m ²]	14 971	19 169	10 290	8 106	9 469	25 541	9 300
Medel-Atemp per lägenhet [m ²]	103	108	106	114	91	114	111
Medel-BOA per lägenhet [m ²]	81	78	75	84	80	87	86
Total BOA projekt [m ²]	11 774	13 884	7 275	5 964	8 320	19 575	7 224
Atemp/BOA faktor projekt	1,27	1,38	1,41	1,36	1,14	1,30	1,29
Littera i figurer	BRF 145 50% KGV	BRF 178 100% KGV	BRF 97 100% KGV	BRF 71 100% KGV	BRF 104 100% KGV	BRF 225 100% KGV	BRF 84 100% KGV

Skanska Teknik

Publik information

Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för projekt utförda åt externa kunder
 För projekten utförda åt externa kunder varierar den genomsnittliga medelhushållselanvändningen mellan 1400 och 2500 kWh per lägenhet och värdet för den specifika hushållselanvändningen varierar mellan 17 till 22 kWh/m² Atemp år respektive 22,5 – 29,4 kWh/m² BOA år. Den areaviktade genomsnittliga energianvändningen för alla fem projekt hamnar på 1940 kWh per lägenhet, 19 kWh/m² Atemp år respektive 25,3 kWh/m² BOA år.

Den genomsnittliga specifika hushållselanvändningen på 19 kWh/m² Atemp, år kan jämföras mot Svebys rekommenderade schablon på 30 kWh/m² år.



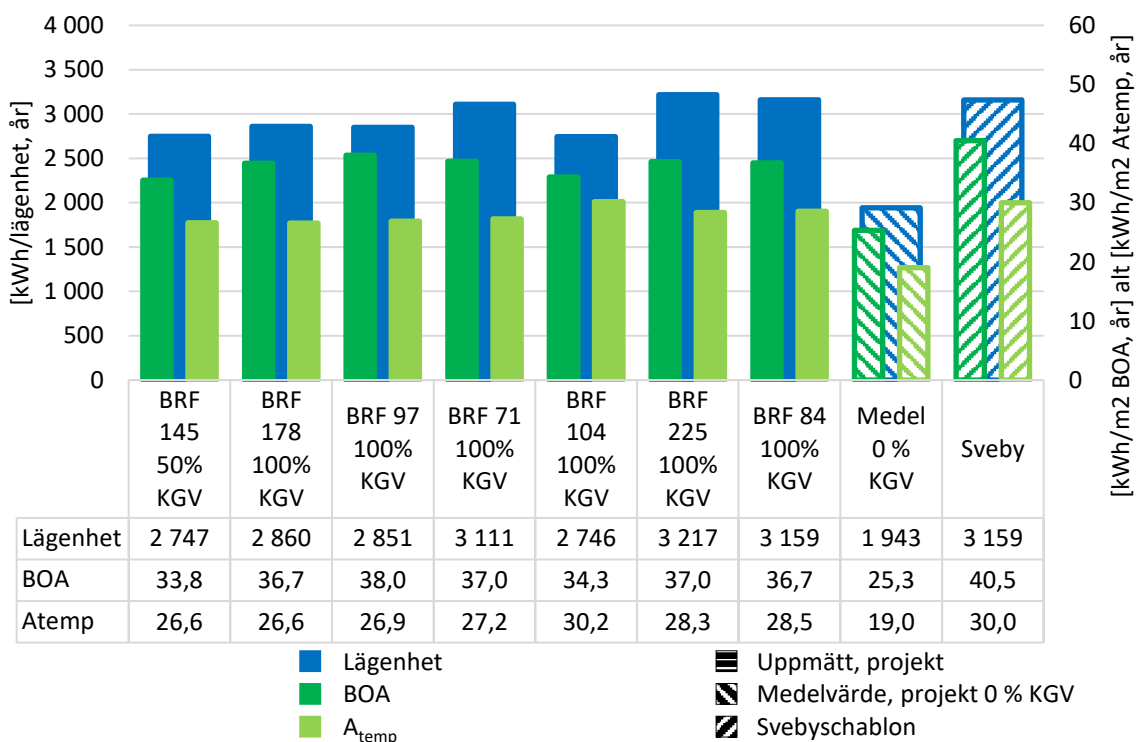
Figur 22. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för Skanskaprojekt utförda åt externa kunder. Uppmätt elanvändning i HR 97 0% KGV har räknats upp med 5 % enligt ovan i rapport. Se Tabell 2 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för egenutvecklade projekt med komfortgolvvärme

För Skanskas egenutvecklade flerbostadshus från Nya Hem varierar hushållselanvändningen mellan 2750 och 3200 kWh per lägenhet och år (27 till 30 kWh/m² Atemp, år respektive 34 – 38 kWh/ m² BOA, år). Den areaviktade genomsnittliga energianvändningen för projekten med komfortgolvvärme hamnar på cirka 3000 kWh per lägenhet (28 kWh/m² Atemp, år respektive 37 kWh/m² BOA, år). Den specifika hushållselanvändningen inklusive komfortgolvvärme på 28 kWh/m² Atemp år kan jämföras mot Svebys rekommenderade schablon på 30 kWh/m² år (som inte innehåller energianvändning till komfortgolvvärme!).



Figur 23. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för egenutvecklade Skanskaprojekt från Nya hem. Se Tabell 3 för förklaring av littera.

I Tabell 4 nedan har areaviktade månadsmedelvärden (kWh/m² månad, år) för alla Skanskaprojekt med och utan komfortgolvvärme sammanställts. Differensen mellan dessa månadserier skulle på ett sätt kunna representera den extra energianvändningen som åtgått till komfortgolvvärme om man antar att alla lägenheterna med komfortgolvvärme har samma lägenhetsförbrukning exklusive el till komfortgolvvärme som lägenheterna utan komfortgolvvärme. Detta är givetvis inte sant, men jämförelsen ger en indikation gällande hur stor den genomsnittliga komfortgolvvärmeanvändningen skulle kunna vara i alla redovisade egenutvecklade projekt.

Hushållselanvändningen per lägenhet för lägenheterna med komfortgolvvärme bör dock ha upp till 7 % högre hushållselanvändning (exklusive el till komfortgolvvärme) baserat på att medelarean på dessa lägenheter är cirka 7 % högre. Det intressanta i detta resultat är att den resulterande skillnaden mellan lägenheternas lägenhetsförbrukningar stämmer väl överens med Svebys förespråkade schablontillägg om 1000 kWh/ lägenhet och år för komfortgolvvärme. Se tabell 4 nedan för genomsnittlig månadsanvändning och indikationen på komfortgolvvärmeanvändningen.

Skanska Teknik

Publik information

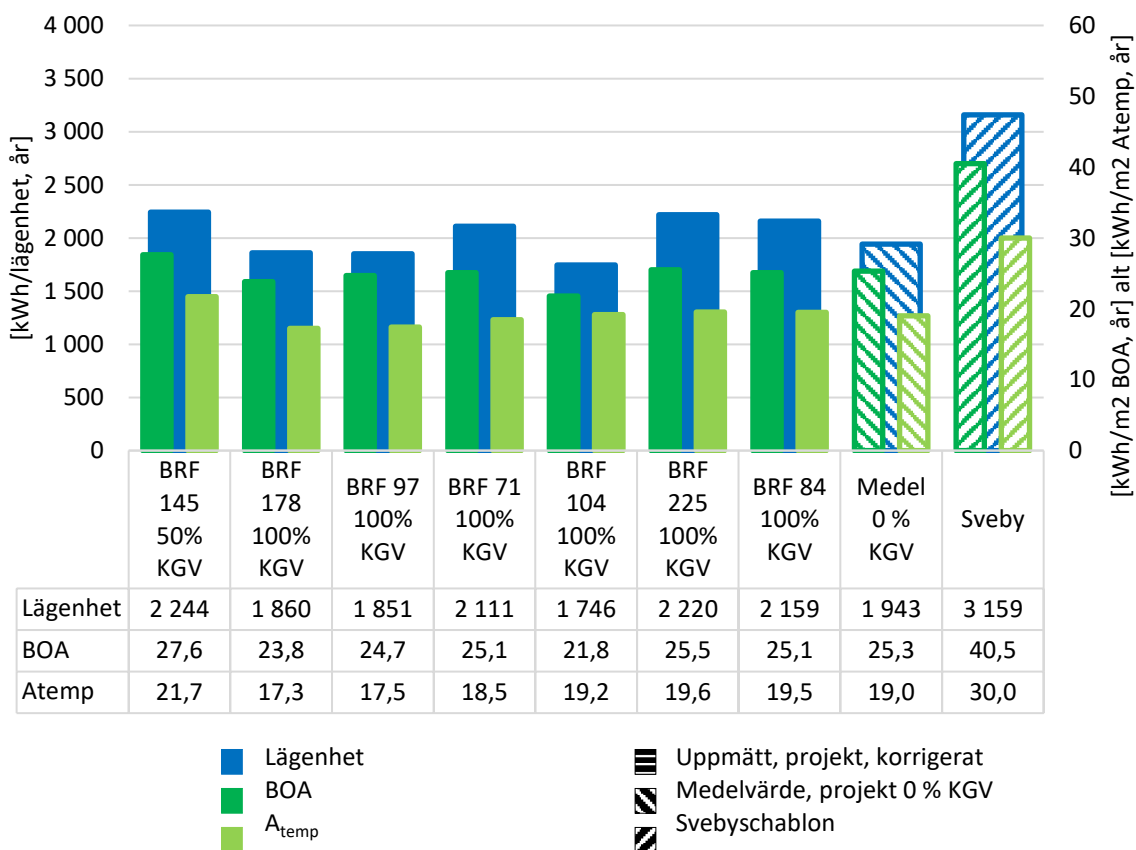
Tabell 4. Månadsanvändning för projekt med och utan komfortgolvvärme samt differensen mellan dessa serier.

Månad	Area-viktat Skanskaprojekt utan golvvärme [kWh/m ² BOA månad]	Area-viktat Skanska-projekt med golvvärme i alla lgh [kWh/m ² BOA månad]	Differens mellan viktade månadsserier - Får representera komfortgolvvärme-användning
Januari	2,3	3,8	1,5
Februari	2,1	3,5	1,4
Mars	2,2	3,7	1,5
April	2,0	3,2	1,2
Maj	2,0	2,7	0,7
Juni	1,8	2,3	0,5
Juli	1,7	2,0	0,3
Augusti	2,0	2,3	0,3
September	2,1	2,7	0,6
Oktober	2,3	3,2	1,0
November	2,3	3,5	1,2
December	2,6	3,8	1,3
kWh/m² BOA år	25,3	36,8	11,5
kWh/m ² Atemp år	19,0	27,9	8,84
kWh/ lägenhet	1943	3006	1063
Antal lägenheter	326	759	-
Medelarea per lägenhet [m ² Atemp]	100,1	107,9	-
Medelarea per lägenhet [m ² BOA]	75,4	82,0	-

Skanska Teknik

Publik information

I Figur 24 visas hushållselanvändning med bortdragen energianvändning till komfortgolvvärme enligt Sveby. Detta innebär att flerbostadshusets totala hushållselanvändning i kWh har reducerats med 1000 kWh x anta lägenheter med komfortgolvvärme. Efter korrigering blir värdena för flerbostadshusen med komfortgolvvärme jämförbara mot flerbostadshusen utan komfortgolvvärme och den viktade korrigerade medelanvändningen hamnar på 19 kWh/m² Atemp år, (samma värde som projekten utan komfortgolvvärme!). Se Figur 24 för specifik användning per projekt.



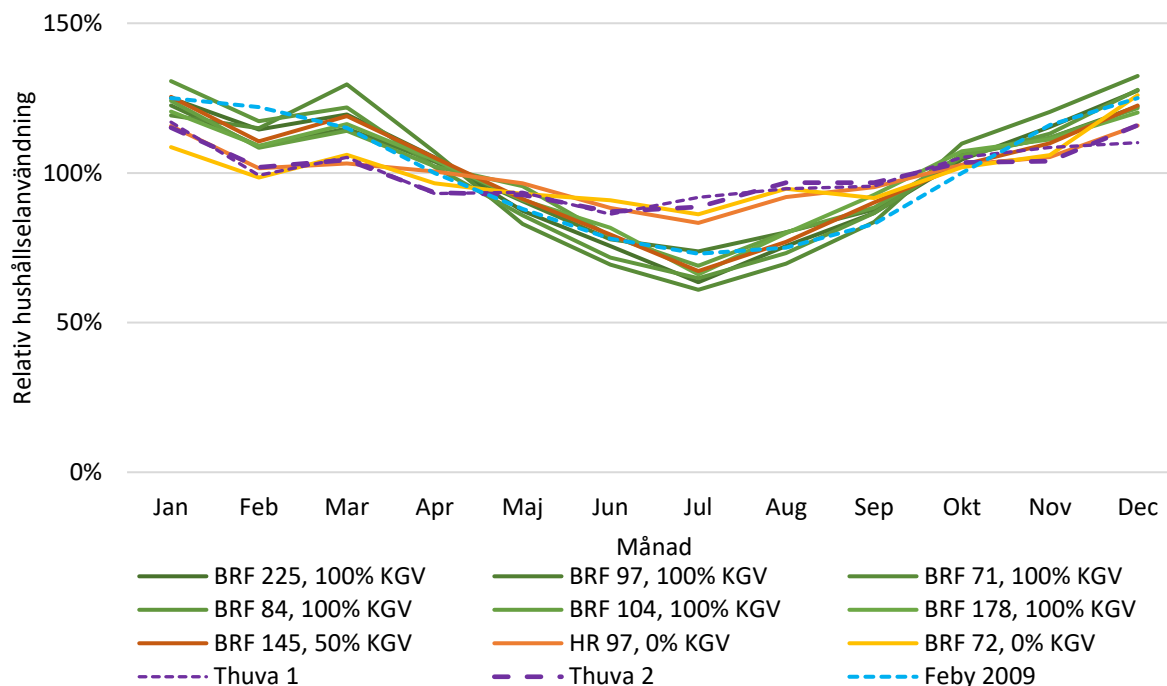
Figur 24. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för egenutvecklade Skanskaprojekt från Nya hem, bortdragen energianvändning för komfortgolvvärme enligt Sveby. Se Tabell 3 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

Månadskarakteristik

För projekt där månadsavläsningar har kunnat inhämtats och sammanställts har karaktäristiken tagits fram och jämförts med litteraturen. Månadsprofilen för flerbostadshus utan komfortgolvvärme stämmer väl med observationer från Thuva-studierna. Se rosa-lila färgskala i Figur 25. Hushållselanvändningen är ungefär 35 % högre i januari jämfört med i juli. För projekt med komfortgolvvärme kan man förvänta sig en månadsprofil med relativt högre värden under vinterhalvåret relativt sommaren och detta är också något som kan observeras tydligt i Figur 25. Hushållselanvändningen inklusive el till komfortgolvvärme är ungefär 85 % högre i januari jämfört med i juli månad.



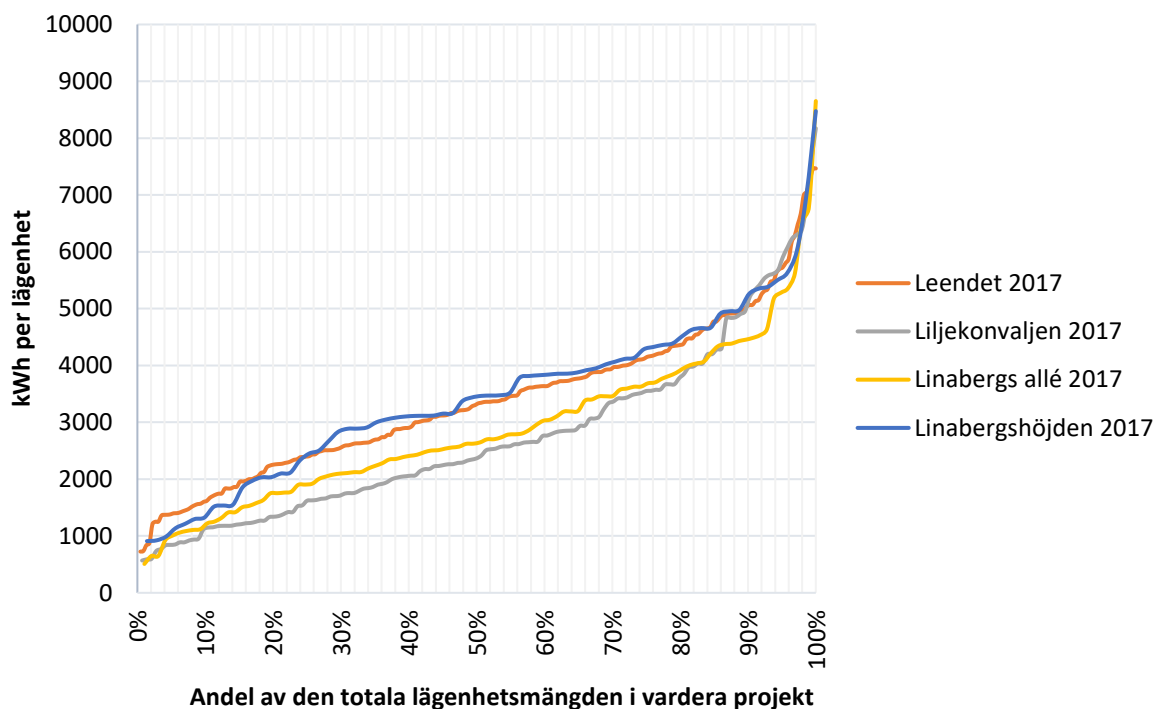
Figur 25. Relativ månadsanvändning jämfört med årsmedel för Skanskaprojekt med och utan eldriven komfortgolvvärme samt referenser från litteraturen utan komfortgolvvärme. Uppmätt elanvändning i HR 97 0% KGV har räknats upp med 5 % enligt ovan i rapport. Se Tabell 2 och Tabell 3 för förklaring av littera.

En annan intressant iakttagelse är att månadsprofilen föreslagen i FEBY 2009 och FEBY 12 som föreslås användas vid beräkning av byggnadens specifika energianvändning överensstämmer i högre grad med profilerna som inkluderar komfortgolvvärme i badrum, vilket bör innebära en överskattning av internvärmebidragen vintertid från hushållsel vid beräkning av byggnadens energiprestanda enligt Feby. Hacket i kurvan i februari beror till största del på att februari endast har 28 dagar per månad.

I Figur 26 nedan presenteras även fördelningen av lägenhetsvis hushållselanvändning (inklusive el till komfortgolvvärme) från fyra egenutvecklade flerbostadshus i Stockholmsområdet. Från diagrammet kan man se utläsa att ungefär 5 % av alla lägenheter har en energianvändning som överstiger 5500 kWh och det finns enstaka lägenheter i alla flerbostadshus som använder över 8000 kWh. Från diagrammet kan man också se att Brf Leendet och Linabergshöjden har övervägande högst energianvändning. Detta beror troligen delvis på att dessa lägenheter har i störst genomsnittlig yta per lägenhet i jämförelsen. Liljekonvaljen är ett projekt där endast 50 % av lägenheterna har komfortgolvvärme i badrummen varför dess lägre användning är förväntad. Tittar man på exemplet Linabergs allé kan det observeras att cirka 50 % av lägenheterna har en användning som ligger mellan 2000-3500 kWh per lägenhet och år.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 26. Fördelning av hushållselanvändning inklusive el till komfortgolvvärme i lägenheter 4 Nya Hem projekt.

3.3. Sammanställning hushållselanvändning från HSB-projekt

Analyserade projekt och tillhörande metadata

Datat från ett urval från HSB:s energiuppföljningar består av uppmätt hushållselanvändning från cirka 150 bostadsrätter fördelat på tre projekt i Mellansverige. Dessa flerbostadshusprojekt är medelstora projekt med 42-55 lägenheter per projekt. Mätdata består av månadsavläsningar och i två av projekten finns ett känt antal lägenheter med komfortgolvvärme installerat i badrummen. Precis som i Skanskas egenutvecklade projekt finns dessvärre ingen undermätning installerad på de eldrivna komfortgolvvärmslingorna. I lägenheterna finns även handdukstorkar värmda med VS-krets vintertid och med el-patron sommartid.

Tabell 5. Projektspecifika data för uppföljda projekt från HSB

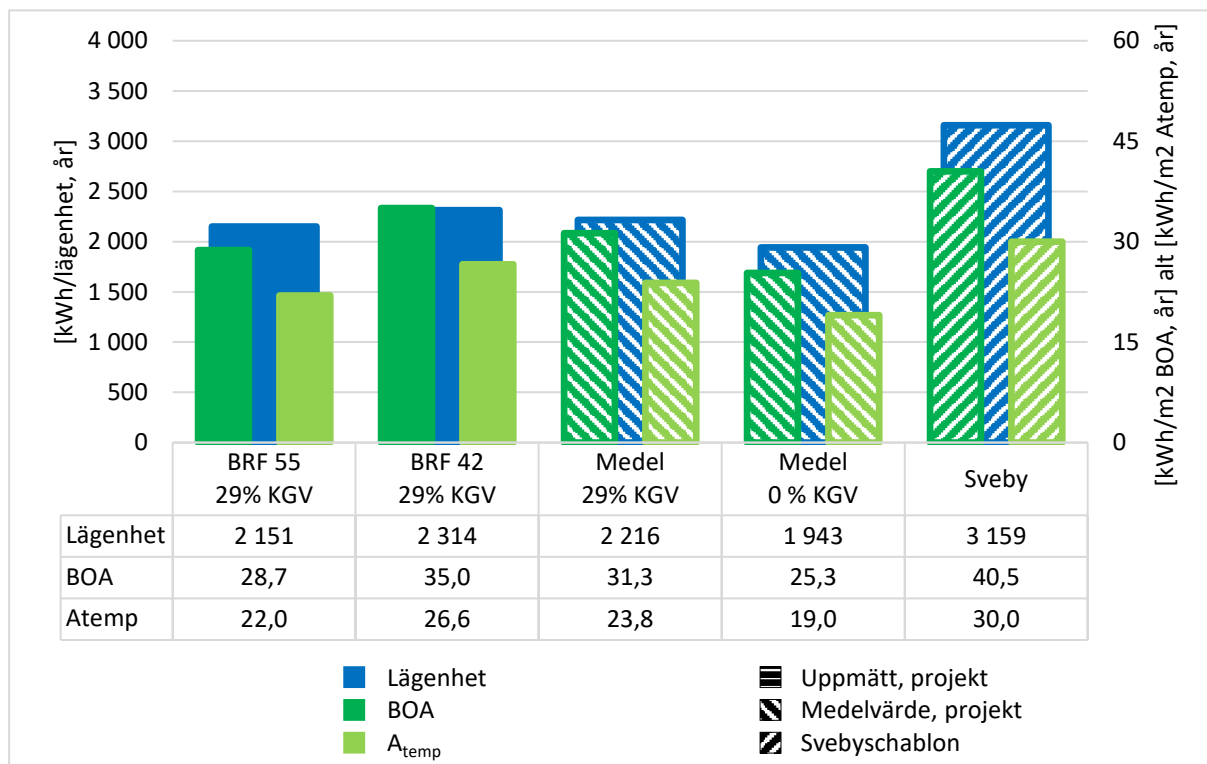
	HSB, Nybyggt, Brf 1	HSB Nybyggt, Brf 2	HSB Nybyggt, Brf 3
Mätdata år	2018	2018	2018
Ort	Mellansverige	Mellansverige	Mellansverige
Antal lägenheter	55	42	51
Typ av flerbostadshus	Brf	Brf	Brf
Andel av totalt antal lägenheter med komfortgolvvärme	29%	29%	Okänt
Total Atemp bostäder [m ²]	5 386	3 650	5 834
Medel-Atemp per lägenhet [m ²]	98	87	114
Medel-BOA per lägenhet [m ²]	75	66	86
Total BOA projekt [m ²]	4 116	2 775	4 400
Atemp/BOA faktor projekt	1,31	1,32	1,33
Littera i figurer	BRF 55 29% KGV	BRF 42 29% KGV	BRF 51 ?% KGV

Skanska Teknik

Publik information

Sammanställd uppmätt hushållselanvändning

På grund av att Brf 3 saknar information ang. antalet lägenheter med komfortgolvvärme har detta projekt uteslutits ur sammanställningen i Figur 27 nedan i syfte att uppnå så korrekt jämförelse som möjligt. Hushållselanvändningen Brf 3 ligger på 2700 kWh/ lägenhet och har en specifik hushållselanvändning på 23 kWh/ m² Atemp år respektive 31,5 kWh/m² BOA år. För hushållselanvändning i Brf 1 & 2, se Figur 27 nedan.

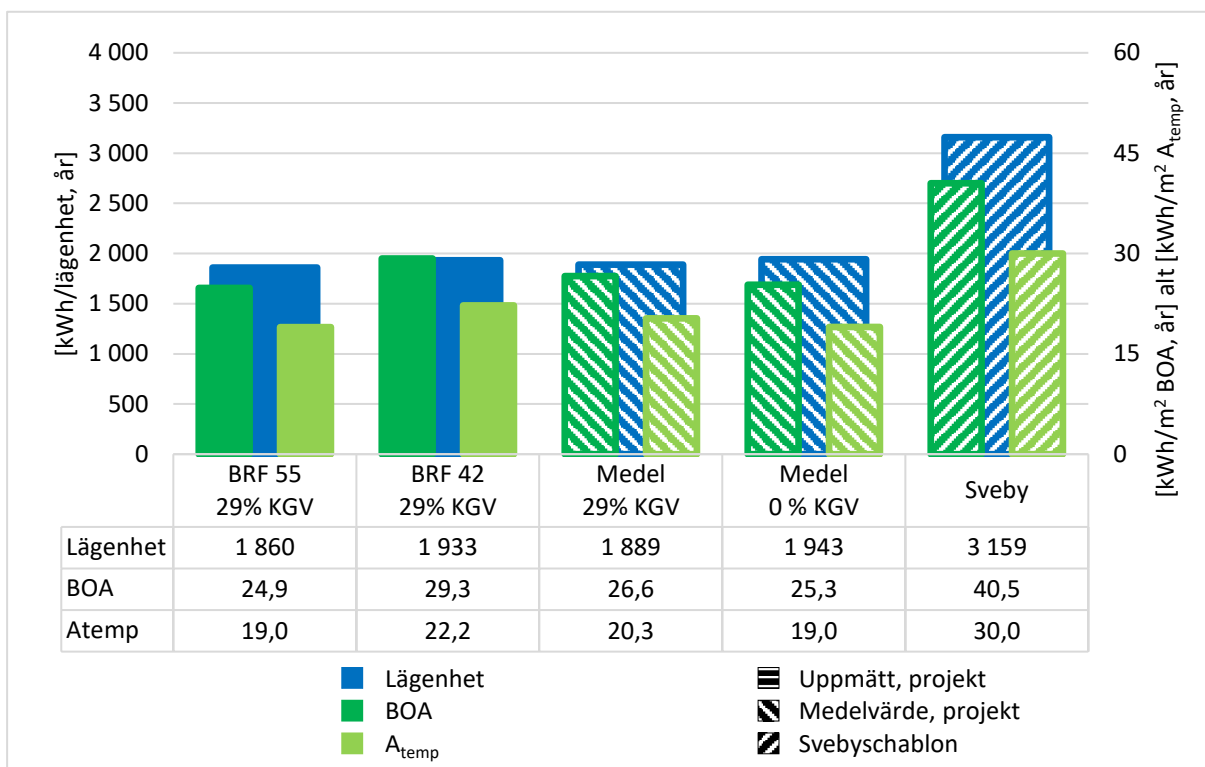


Figur 27. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för HSB-projekt inklusive el till komfortgolvvärme i 29 % av lägenheterna. Se Tabell 5 för förklaring av littera.

Den areaviktade genomsnittliga energianvändningen för projekten med komfortgolvvärme hamnar på cirka 2200 kWh per lägenhet (24 kWh/m² Atemp år respektive 31 kWh/m² BOA, år). Den specifika hushållselanvändningen inklusive komfortgolvvärme på 24 kWh/m² Atemp, år kan jämföras mot Svebys rekommenderade schablon på 30 kWh/m² Atemp, år.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 28. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för projekt från HSB, bortdragen energianvändning för komfortgolvvärme enligt Sveby. Se Tabell 5 för förklaring av littera.

I Figur 28 visas uppmätt hushållselanvändning med bortdragen energianvändning till komfortgolvvärme enligt Sveby. Efter korrigering blir redovisad hushållselanvändning med bortdragen komfortgolvvärmeanvändning jämförbara mot övriga projekt utan komfortgolvvärme och den viktade korrigerade medelanvändningen hamnar på cirka 1900 kWh/lägenhet och 20 kWh/m² Atemp år, mycket nära sammanställda värden från Skanskas energiuppföljningar på 19 kWh/m² år.

Skanska Teknik

Publik information

3.4. Sammanställning hushållselanvändning från Infometrics databas

Analyserade projekt och tillhörande metadata

Data från över 2000 lägenheter har inhämtats från Infometrics databas. Datat består av uppmätt hushållselanvändning på lägenhetsnivå med dygnsupplösning. Alla lägenheterna i datamaterialet har system med individuell mätning och debitering. Information som byggår, hyresrätt eller brf, lägenhetsantal och boarea har inhämtats och sammanställts. Uppgift gällande Atemp samt om komfortgolvvärme eller annan eluppvärmning ligger med i uppmätt hushållsel är okänt för alla projekt utom ett. Mätdata från cirka 1600 av lägenheterna härrör från två fastighetsbestånd byggda under 60-talet och har troligtvis en del äldre vitvaror och brunvaror installerade. Övriga byggnader är nybyggda och kan därför förväntas innehålla energieffektiva vitvaror för matförvaring, matlagning, tvätt och tork. Vanligtvis byggs hyresrätter utan komfortgolvvärme i badrum och i nybyggda bostadsrätter brukar komfortgolvvärme erbjudas som tillval. I tabell 6 nedan sammanfattas inhämtad tillhörande metadata för aktuella flerbostadshus och bestånd. Eftersom data har exporterats med dygnsupplösning finns möjlighet att undersöka månads- och veckoprofiler för jämförelse mot litteraturen.

Tabell 6. Projektspecifika data för flerbostadshus vars hushållselanvändning har exporterats från Infometrics databas.

	Samling Brf:er, äldre bestånd 60-tal	Samling Brf:er, äldre bestånd 60-tal	Hyresrät- te r, nybyggt	Hyresrät- te r, nybyggt	Brf 4, nybyggt	Brf 5, nybyggt	Brf 6, nybyggt
Mätdata år	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2017
Ort	Stockholm	Stockholm	Stockholm	Karlstad	Göteborg	Uppsala	Stockholm
Antal lägenheter	906	639	131	167	85	116	129
Typ av flerbostadshus	Brf	Brf	Hyresrätter	Hyresrätter	Brf	Brf	Brf
Andel av totalt antal lägenheter med komfortgolvvärme	Okänt, troligen liten del av lgh.	Okänt, troligen liten del av lgh.	Okänt, högst troligen utan	Okänt, högst troligen utan	Okänt, troligen med/tillval	100%	Okänt, troligen med/tillval
Total Atemp bostäder (syntetisk)* [m ²]	85 334	73 325	10 897	12 990	8 951	12 029	10 846
Medel-Atemp per lägenhet (syntetisk)* [m ²]	94	115	83	78	105	104	84
Medel-BOA per lägenhet [m ²]	70	85	62	58	78	85	62
Total BOA projekt [m ²]	63 210	54 315	8 072	9 622	6 630	9 860	8 034
Atemp/BOA faktor projekt (antagen)*	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,22	1,35
Littera i figurer	BRF 906 ?% KGV	BRF 639 ?% KGV	HR 131 0% KGV?	HR 167 0% KGV?	BRF 85 ?% KGV	BRF 116 100% KGV	BRF 129 ?% KGV

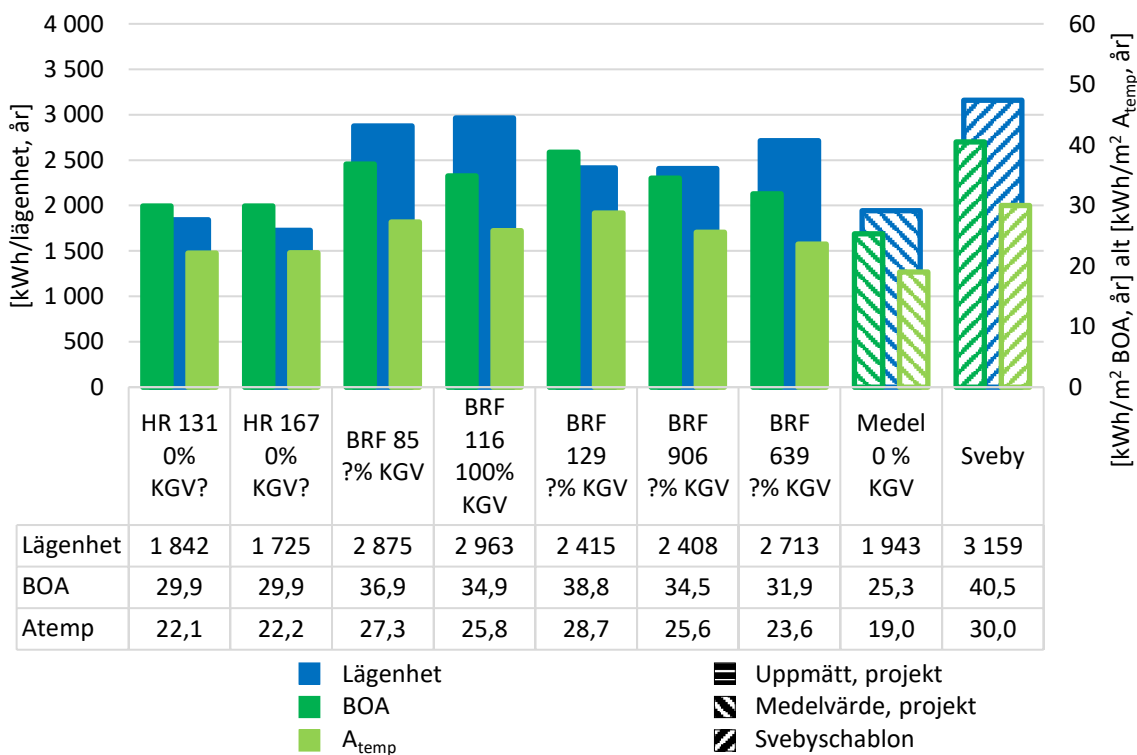
* Använd Atemp/BOA-faktor vid okänd Atemp: 1,35

Skanska Teknik

Publik information

Sammanställd uppmätt hushållselanvändning

För flerbostadshusen inhämtade från Infometrics databas varierar hushållselanvändningen för hyresrätterna mellan cirka 1700 och 1850 kWh per lägenhet och den specifika hushållselanvändningen ligger på cirka 30 kWh/m² BOA år. Eftersom lägenheterna i hyresrätterna har relativt små lägenheter jämfört med övriga projekt kan man förvänta sig en lite högre användning utslaget per kvadratmeter. De nybyggda bostadsrätterna har som förväntat 600 – 1000 kWh högre energianvändning per lägenhet vilket troligtvis beror på installerad komfortgolvvärme. För Brf 5 vet vi att 100 % komfortgolvvärme är installerat och detta flerbostadshus har en genomsnittlig hushållselanvändning per lägenhet som ligger 1000 kWh per år över ett typiskt Skanskaprojekt utan komfortgolvvärme. Det äldre bostadsrättsbeståndet har en genomsnittlig hushållselanvändning som varierar mellan 2400 till 2700 per lägenhet vilket känns rimligt då man kan förvänta sig att en del av dessa lägenheter kan ha äldre vitvaror och kan ha komfortgolvvärme installerat.



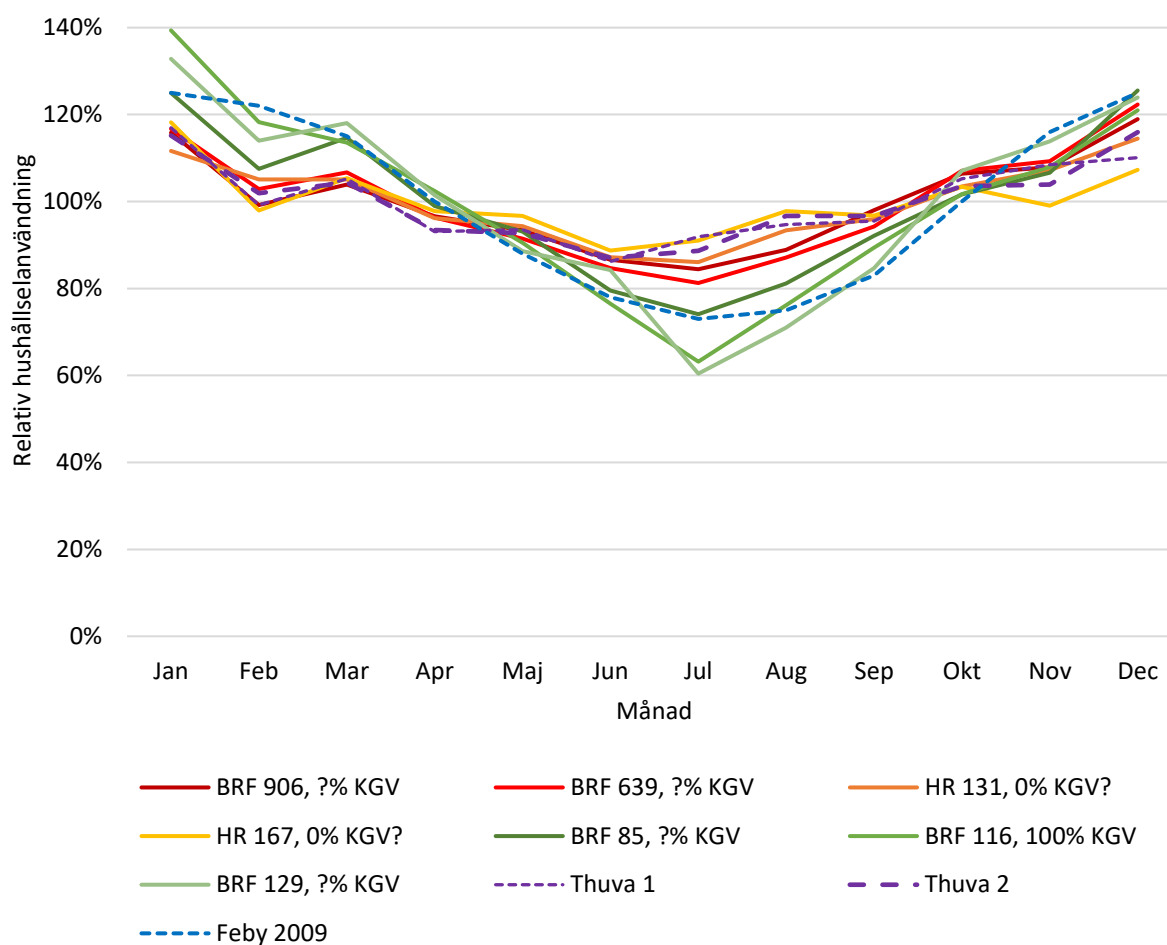
Figur 29. Sammanställd uppmätt hushållselanvändning för projekt från Infometrics databas, jämfört med Skanskaprojekt och Svebys schablon. Se Tabell 6 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

Månadskaraktäristik

Månadsstatistik har sammanställts och jämförts. Månadsprofilen för nybyggda bostadsrätter visar på en karaktäristik som skvallrar om någon form av elvärme eller komfortgolvvärme vintertid då elanvändningen är cirka 100 % högre den kallaste vintermånaden jämfört med sommartid. Månadsprofilen för hyresrätterna ser som väntat inte ut att ha några inslag av elvärme och karaktäristiken liknar den från litteraturen med 30-35 % högre användning vintertid jämfört med sommartid. Månadsprofilen för bostadsrätterna från det äldre beståndet visar på relativt svagare elvärmekaraktäristik trots högre hushållselanvändning (se Figur 30). Detta tyder på att det kan finnas en del äldre ineffektiva vitvaror och brunvaror kvar i de äldre bestånden som inte är urfasade, men det skulle också kunna vara en effekt av att brukarbeteendet och användningen av hushållsel kan skilja sig från brukare som köper nybyggda bostadsrätter och flyttar in i nya hyresrätter.



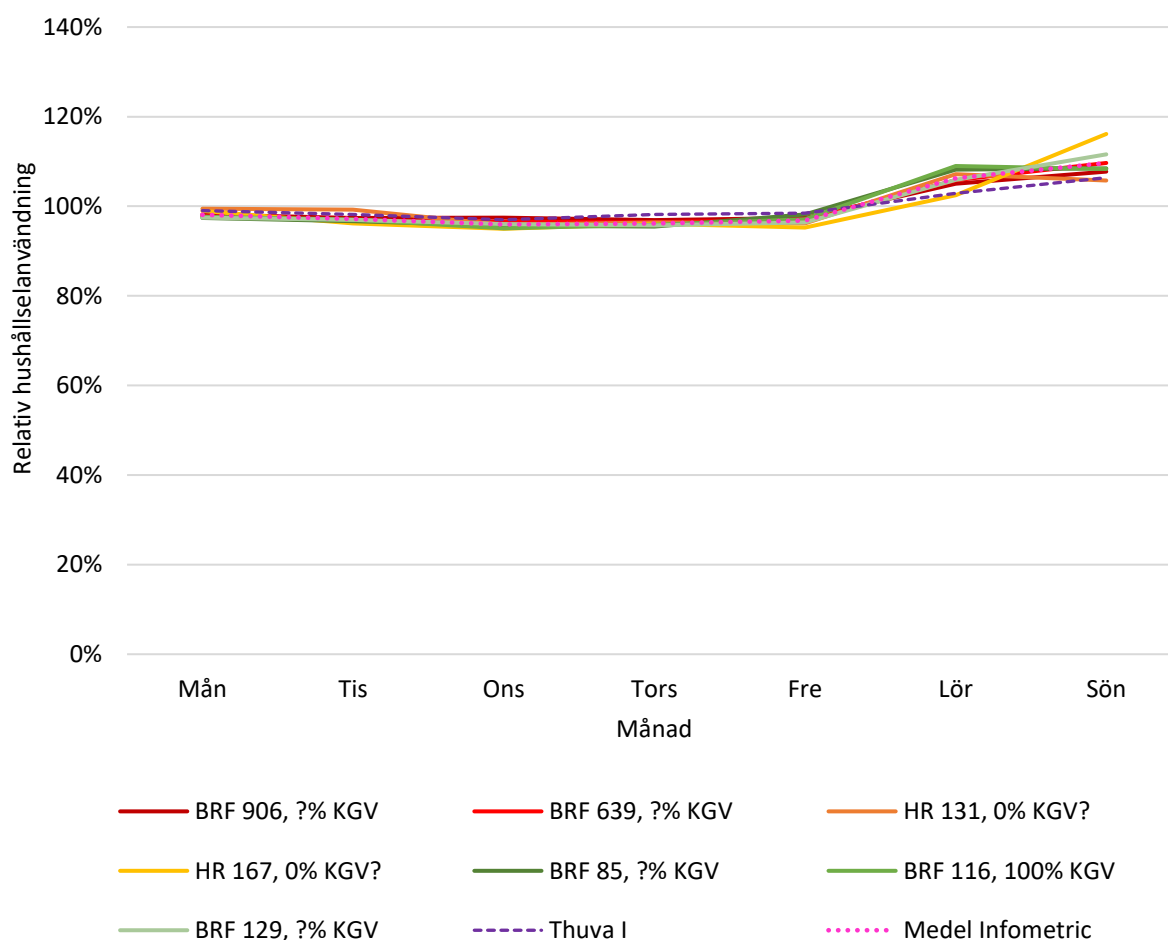
Figur 30. Relativ månadsanvändning jämfört med årsmedel för projekt från Infometrics databas samt referenser från litteraturen utan komfortgolvvärme. Se Tabell 6 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

Veckokaraktäristik

Genomsnittliga veckoprofiler har sammanställts och jämförts projekten sinsemellan samt mot litteraturen. Den relativa användningen över veckans olika dagar skiljer sig inte nämnvärt mellan hyresrätter, nybyggda brf: er eller brf: er i äldre bestånd och karaktäristiken överensstämmer väl med beståndet i Karlstad från litteraturen [22]. Viss avvikelse kan observeras där helger ser ut att ha lite högre användning och vardagar lite lägre användning i flerbostadshus från Infometrics databas jämfört med beståndet i som analyserats i Karlstad, men skillnaderna är dock mycket små i absoluta termer.



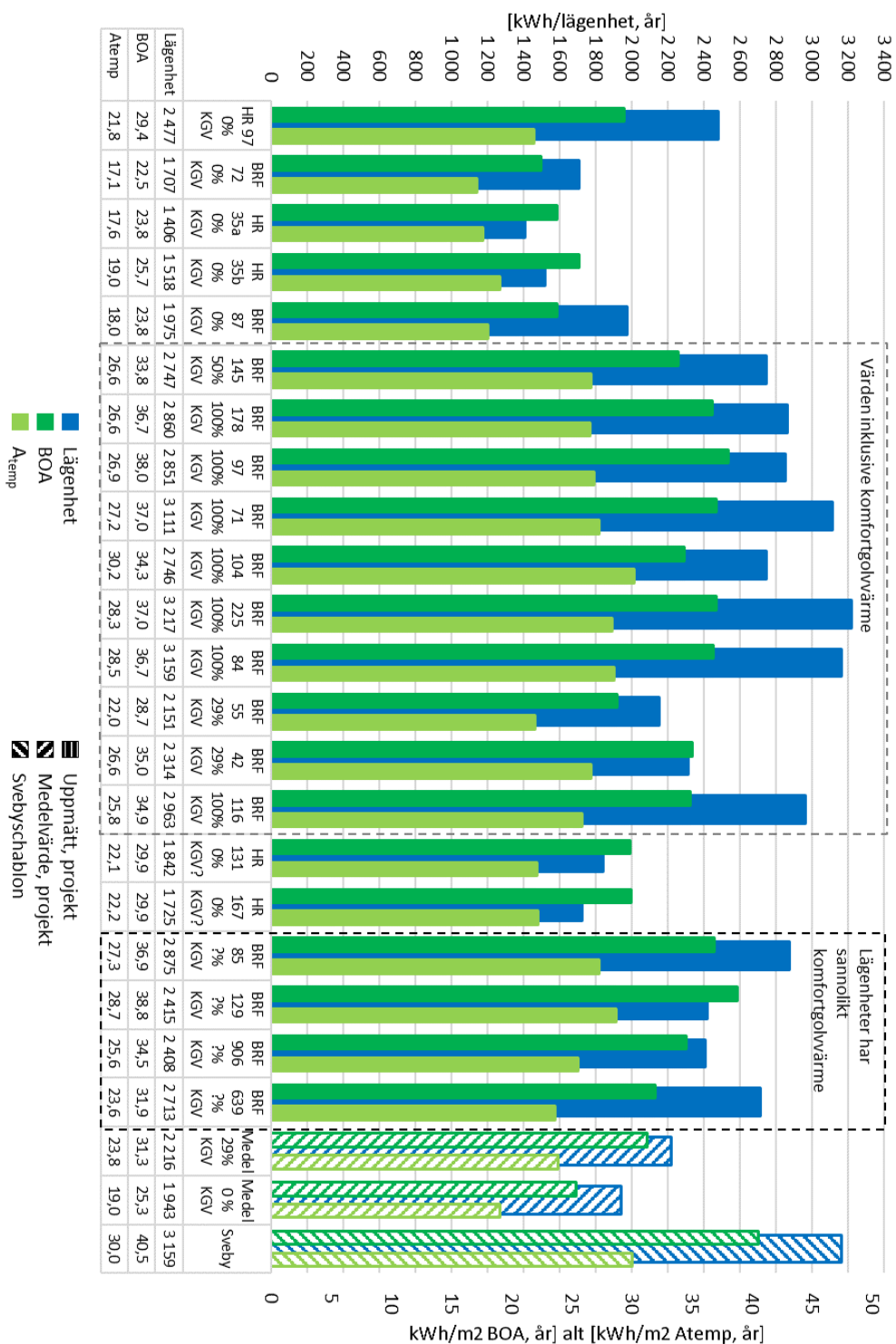
Figur 31. Relativa hushållselanvändning olika veckodygn för flerbostadshus från Infometrics databas jämfört med bestånd i Karlstad (Thuva I). Se Tabell 6 för förklaring av littera.

3.5. Sammanställning från alla datakällor

I Figur 32 och Figur 33 visas en sammanställning från alla datakällor. I den senare har hushållselanvändning korrigerats för de projekt med känt antal lägenheter med komfortgolvvärme. Uppmätt elanvändning i HR 97 0% KGV har räknats upp med 5 % enligt avsnitt 3.2 i denna rapport.

Skanska Teknik

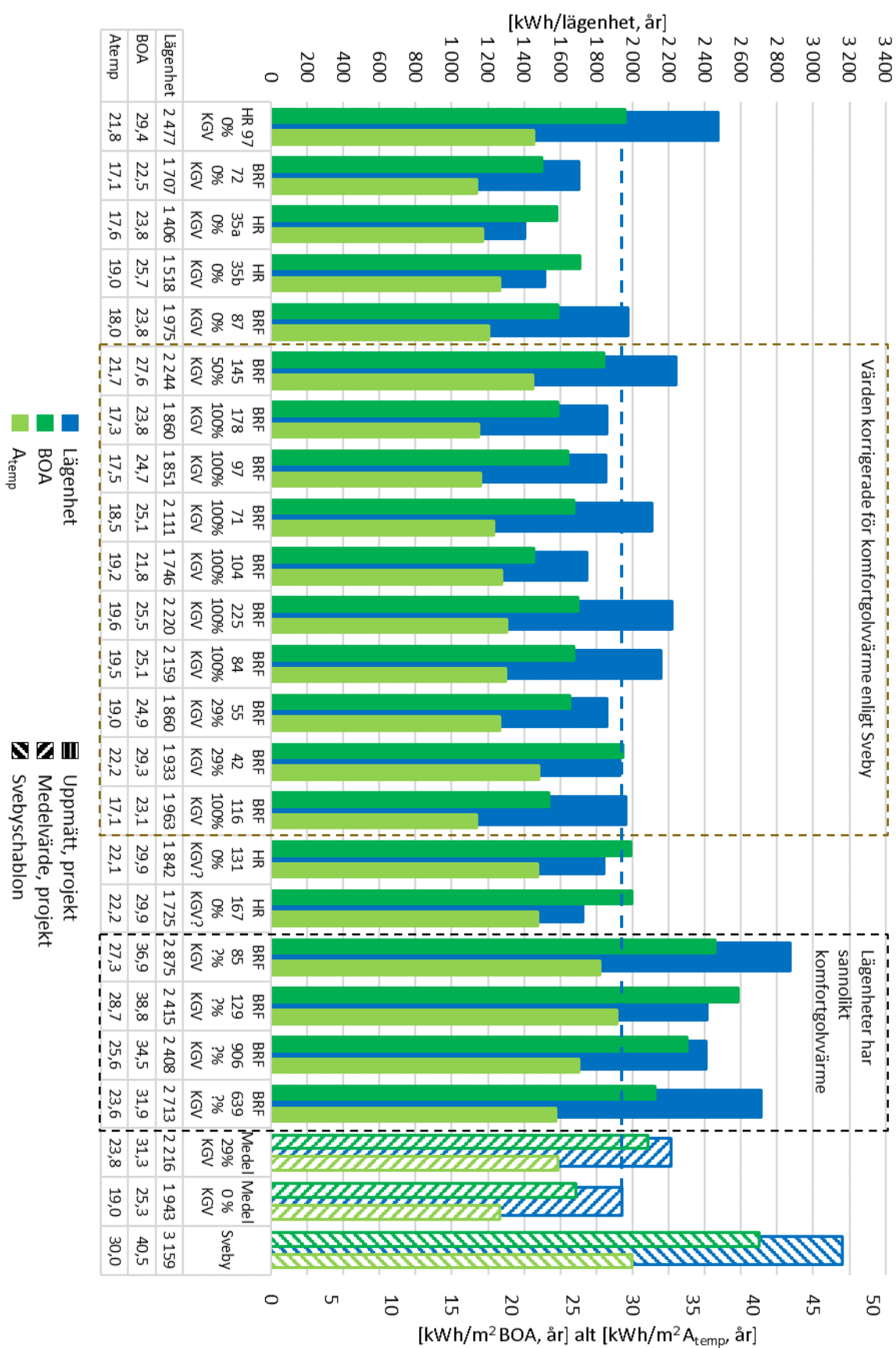
Publik information



Figur 32 Sammanställd hushållselanvändning från all data i projektet där ingen korrigering gjorts för komfortgolvvärm användning. Uppmätt elanvändning i HR 97 0% KGV har räknats upp med 5 % enligt avsnitt 3.2 i denna rapport.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 33 Sammanställd hushållselanvändning från all data i projektet där korrigering gjorts för komfortgolvvärmeanvändning gjort i tillämpbara fall. Uppmätt elanvändning i HR 97 0% KGV har räknats upp med 5% enligt avsnitt 3.2 i denna rapport.

3.6. Analys och diskussion

Sammanställningen av uppmätt hushållselanvändning från flerbostadshusen i denna studie kompletterar information som finns tillgänglig i litteraturen. Baserat på sammanställt underlag från litteraturstudien och den observerade svagt nedåtgående trenden i hushållselanvändning, hade man kunnat förvänta sig att den genomsnittliga hushållselanvändningen i nybyggda flerbostadshus med moderna vitvaror och hushållsprodukter skulle ligga strax över 2000 kWh/lägenhet år 2019. Se Figur 21 i sammanfattningen av litteraturstudien. Eftersom studier och data gällande hushållselanvändningen i flerbostadshus mellan perioden 2014-2019 inte hittats behövdes nya underlag för att bekräfta denna observation.

Sammanställningen av uppmätt energianvändning från över 3000 lägenheter talar för att hushållselanvändningen i genomsnitt ligger mellan 1900 till 2000 kWh per lägenhet och år i större nybyggda flerbostadshus idag.

Hushållselanvändningens genomsnittliga månadsprofiler och veckoprofiler stämmer väl överens med litteraturen och i de projekt där lägenhetsvis undermätning av hushållselanvändningen finns tillgänglig observeras, liksom litteraturen, stor spridning mellan lägenheterna och dess användning. Däremot hamnar den genomsnittliga användningen av hushållsel i större flerbostadshusprojekt i de allra flesta fall runt 2000 kWh per lägenhet och år +/- 250 kWh.

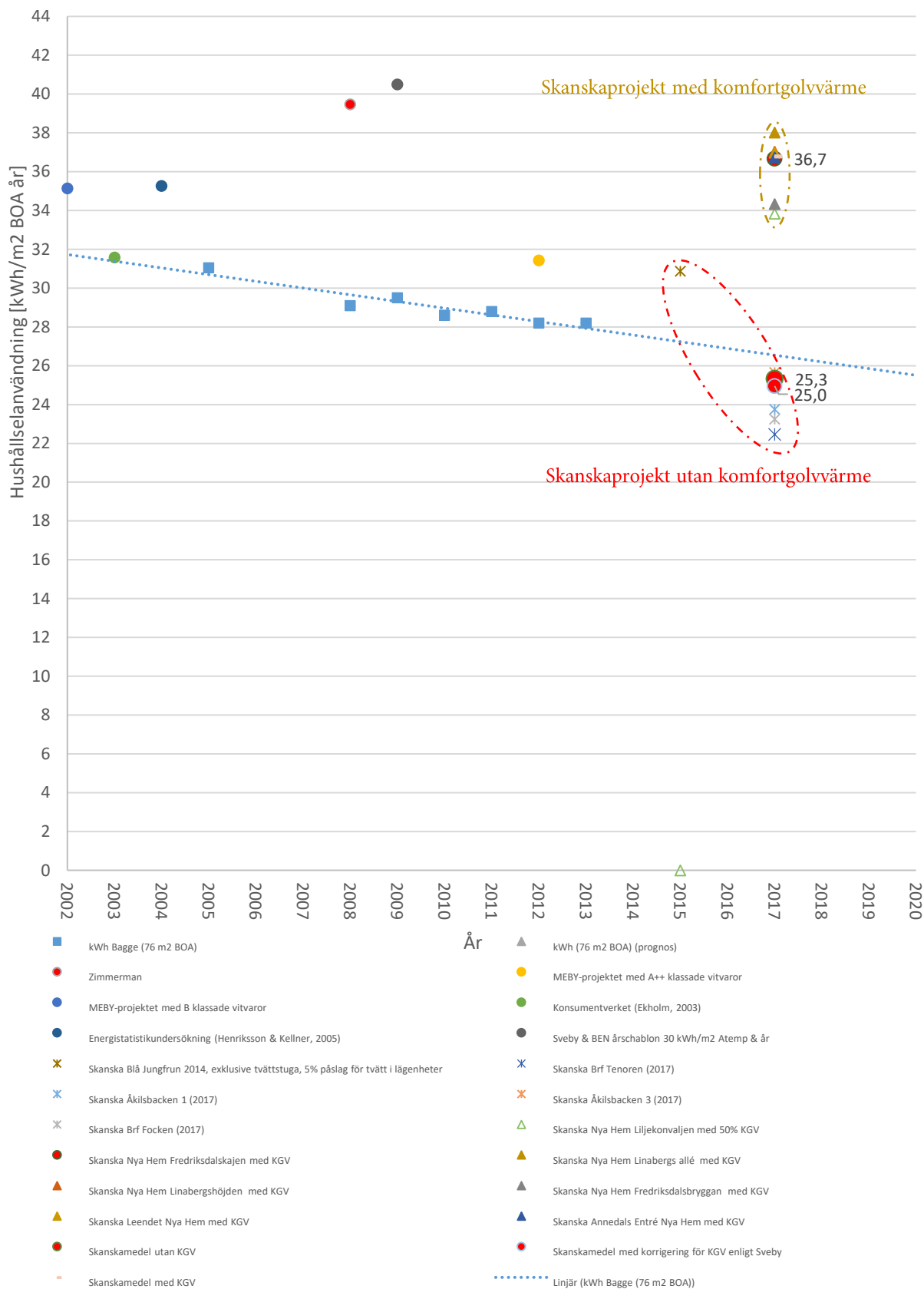
Ett stort problem i sammanställningen av datamaterialet har varit att hitta uppmätt hushållselanvändning som inte innehåller inslag av elvärme och i huvudsak komfortgolvvärme. Indikationer visar att de flerbostadshus som innehåller komfortgolvvärme ser ut att använda knappt 1000 kWh mer hushållsel per år och lägenhet jämfört med flerbostadshus utan komfortgolvvärme.

Genom att korrigera uppmätt hushållsenergianvändning för komfortgolvvärme enligt Sveby har data för aktuella flerbostadshusprojekt gjorts jämförbara och resultatet från korrigeringen visar att även dessa lägenheter troligen använder i genomsnitt 1900-2000 kWh hushållsel per lägenhet och år exklusive komfortgolvvärmeanvändningen. Den specifika hushållselanvändningen från sammanställningen ser ut att ligga på runt 20 kWh/m² Atemp år respektive 25-26 kWh/m² BOA år för åren 2017-2018 då majoriteten av mätdata i studien är hämtat ifrån.

Huruvida den nedåtgående trenden gällande hushållselanvändning i nybyggda flerbostadshus kommer fortsätta är svårt att svara på, men effektiviseringspotentialen från 2008 verkar nu vara utnyttjad. Det finns anledning att tro att användningen kan komma att stabilisera sig runt nuvarande nivå om inga större beteendeförändringar sker inom hushållen eller ny banbrytande teknikutveckling sker inom hushållsproduktområdet den närmaste tiden. I figur 34 & 35 nedan åskådliggörs sammanställd specifik hushållselanvändning från studerade projekt i denna studie tillsammans med studier och vägledningar från litteraturen. Resultaten bekräftar tesen gällande en nedåtgående trend i flerbostadshusens hushållselanvändning de senaste 15 åren.

Skanska Teknik

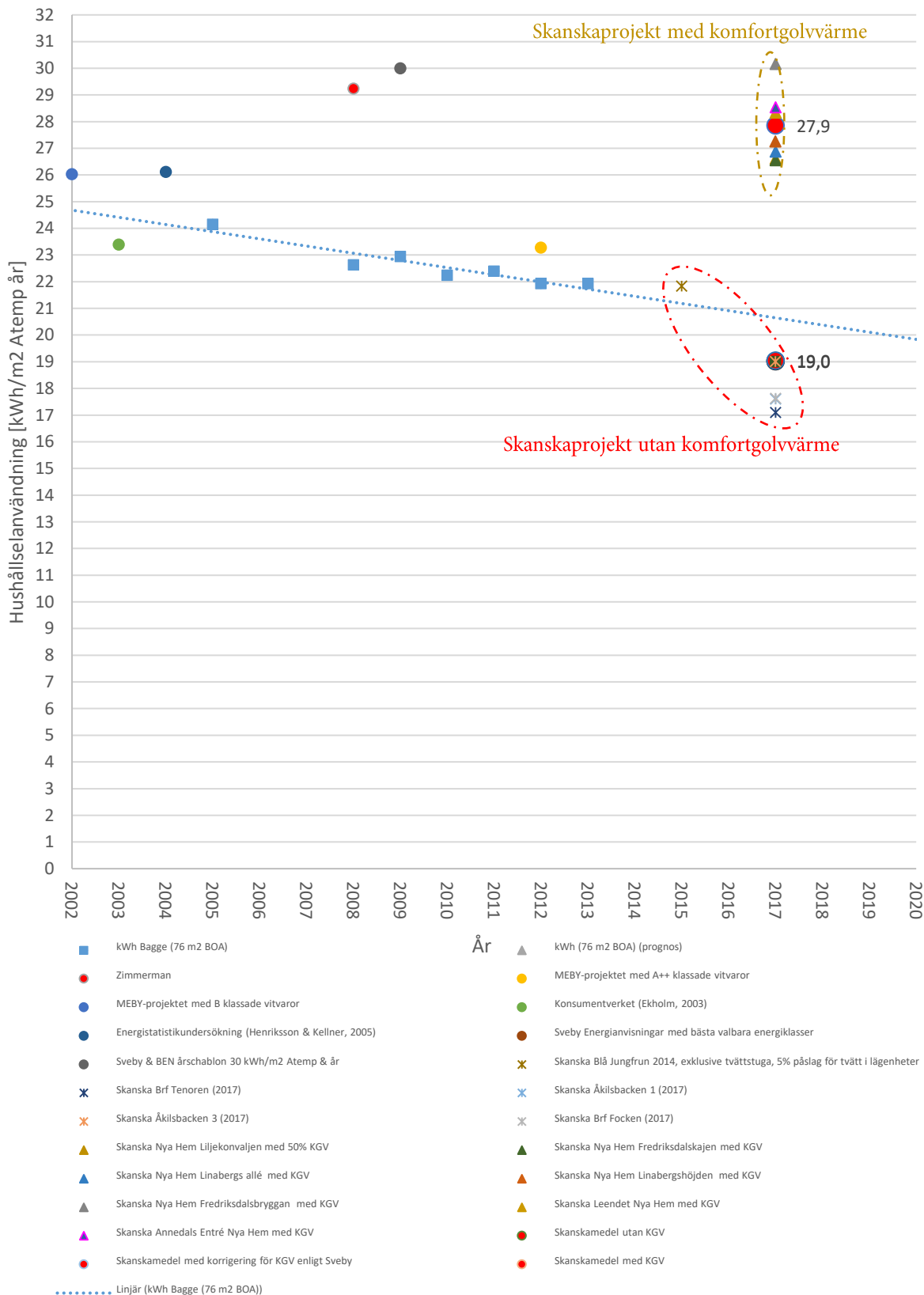
Publik information



Figur 34. Specifik hushållselanvändning per m² BOA och år för ett antal källor från litteraturen samt från Skanskas nybyggda flerbostadshus

Skanska Teknik

Publik information



Figur 35. Specifik hushållselanvändning per m² Atemp och år för ett antal källor från litteraturen samt från Skanskas nybyggda flerbostadshus.

4. Schabloner & karaktäristik

Baserat på resultaten i denna studie, föreslås i följande avsnitt ett antal schabloner som skulle kunna användas vid simulering av flerbostadshus energiprestanda och primärenergital EPpet enligt BBR och Sveby. I syfte att få hög precision och träffsäkerhet skulle schablonen kunna beräknas och vara beroende av en mängd projektspecifika och utrustningsstyrda parametrar likt inmatningsförfarandet i Sveby Energiplanering och MEBY-projektet. Problemet med detta förfarande är att jämförbarheten mellan projekt försvinner, ju fler parametrar men blandar in, ju mer komplex blir uppföljningen och ju större blir risken att missförstånd och felinmatning uppstår. Av dessa anledningar väljs denna typ av parameterberoende schablon bort bland förslagen.

Beräkningar av byggnaders energiprestanda påverkas redan, i allra högsta grad, av många indataparametrar och det finns mycket som talar för att inte komplicera detta ytterligare. Schablonen i Sveby baseras på Atemp vilket är en ytenhet som används som grund för många andra schabloner och nyckeltal i Sveby och BEN. I de flesta fall korrelerar analyserade storheter väl med Atemp, men gällande mängd hushållsel finns en tydligare korrelation till den totala mängden boyta eller antal lägenheter. Det går också att hitta korrelationer för hushållselanvändning mellan olika lägenhetsstorlekar. Hushållselanvändningen är också starkt kopplad till vilken brukargrupp (flerbarnsfamilj, singelhushåll, pensionärer etc.) som bor i de specifika lägenheterna, men eftersom det vid projekteringen av flerbostadshus är omöjligt att veta vem eller hur många som kommer flytta in, väljs denna typ av parameter bort som bas för föreslagna schabloner.

4.1. Schablon baserad på tempererad area, Atemp

Den specifika hushållselanvändningen baserat på Atemp rekommenderas att sättas till:

20 kWh/m² Atemp, år

Denna föreslagna schablon är alltså 10 kWh/m² år lägre än schablonen i Sveby. Schablonen anses ge god överensstämmelse med förväntad total genomsnittlig hushållselanvändning i godtyckligt flerbostadshusprojekt om inte (Atemp/BOA+LOA) avviker allt för mycket från intervallet 1,15-1,45. Schablonen passar mindre bra i projekt där majoriteten av storleken på lägenheterna avviker tydligt från en normal lägenhetsfördelning för flerbostadshus.

4.2. Schablon baserad på boarea, BOA

Schablonen för den specifika hushållselanvändningen baserat på BOA rekommenderas att sättas till:

26 kWh/m² BOA, år

Denna föreslagna schablon anses ge en bättre överensstämmelse med förväntad total genomsnittlig hushållselanvändning i ett godtyckligt flerbostadshusprojekt. Nackdelen med schablonen är att informationen gällande total BOA inte alltid finns tillgänglig eller kan vara svår att mäta vilket kan försämra effektiviteten i utförandet av energiberäkningar och energideklarationer samt öka risken för missförstånd. Schablonen passar mindre bra i projekt där majoriteten av storleken på lägenheterna avviker tydligt från en normal lägenhetsfördelning för flerbostadshus.

4.3. Schablon baserat på lägenhetsstorlek och boarea

Schablonen för den specifika hushållselanvändningen baserat på lägenhetsstorlek och BOA rekommenderas enligt Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Föreslagna schabloner för hushållselanvändning baserat på lägenhetsstorlek.

Förslag inmatning hushållsel, lägenhetsnivå	[kWh/m ² BOA år]			
	1rok	2rok	3rok	4rok
Specifik hushållselanvändning	30	25	25	28

Dessa föreslagna schabloner anses ge mycket god överensstämmelse med förväntad total genomsnittlig hushållselanvändning i ett godtyckligt flerbostadshusprojekt. Schablonen är dessutom bra i projekt där majoriteten av storleken på lägenheterna avviker tydligt från en normal lägenhetsfördelning för flerbostadshus. Nackdelen med schablonen är att informationen gällande total BOA samt antal lägenheter och lägenhetsstorlekar inte alltid finns tillgängligt i tidiga skeden eller kan vara svår att mäta vilket kan försämra effektiviteten i utförandet av energiberäkningar och energideklarationer samt öka risken för missförstånd.

4.4. Schablon baserad på antal lägenheter

Schablonen för genomsnittlig hushållsenergianvändning per lägenhet rekommenderas att sättas till

2000 kWh/lägenhet, år

Denna föreslagna schablon anses ge god överensstämmelse med förväntad total genomsnittlig hushållselanvändning i ett godtyckligt flerbostadshusprojekt och informationen gällande antal lägenheter bör finnas tillgänglig i de flesta projekt i tidiga skeden. Schablonen passar mindre bra i projekt där majoriteten av storleken på lägenheterna avviker tydligt från en normal lägenhetsfördelning för flerbostadshus.

4.5. Hushållselanvändningens fördelning mellan lägenheter

Tidigare föreslagna schabloner ger en genomsnittlig hushållselanvändning för ett helt flerbostadshus som slås ut som ett medelvärde på alla lägenheter i flerbostadshuset vid beräkning. Detta beskriver på intet sätt verkligheten där alla lägenheter har en unik lägenhetsanvändning och där hushållselanvändningen varierar med upp till fyra gånger mellan höganvändare och låganvändare. I fallstudierna i kommande kapitel kommer effekten av detta vid beräkning av en byggnads energianvändning och primärenergital undersökas. Om man vill ha med en effekt av denna fördelning i energiberäkningen kan följande ekvation användas för att få fram lägenheternas specifika användning enligt fördelningen beskriven i litteraturen. Syftet är med användande av funktionen att ge en mer representativ bild av en slumpmässigt förväntad fördelning av lägenhetsanvändningar i ett godtyckligt flerbostadshus. Se funktionen $F(x)$ nedan.

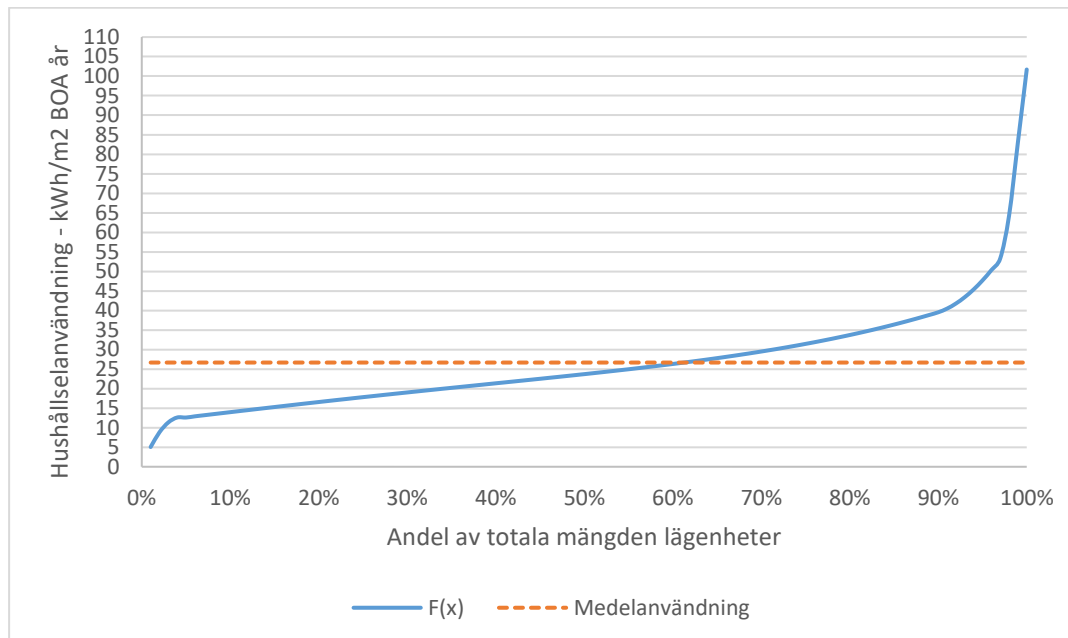
$$F(x) = f(x) * \frac{27}{30}$$

$$f(x) = \begin{cases} -7028,6x^2 + 631,43x & x \leq 5\% \\ 48,873x^4 - 44,253x^3 + 6,4208x^2 + 29,283x + 12,576 & 5\% < x \leq 90\% \\ 1840x^2 - 3222x + 1453,3 & 90\% < x \leq 97,5\% \\ 2080x - 1967 & x > 97,5\% \end{cases}$$

Skanska Teknik

Publik information

Där x är andelen stegvis ackumulerad lägenhetsboyta jämfört med flerbostadshusets totala boyta och där $F(x)$ ger den specifika hushållselanvändningen per kvadratmeter BOA för vardera lägenhet i flerbostadshuset. Om $F(x)$ plottas mot andelen av den totala mängden lägenheter fås varaktighetsdiagrammet som visas i figur 36.



Figur 36. Funktion som ger ett exempel på representativ fördelning av hushållselanvändning i lägenheter utan komfortgolvvärme i badrum.

4.6. Hushållselens karaktäristik

Förslag på hushållselanvändningens karaktäristik över tid med olika tidsupplösning baseras på litteraturstudien samt sammanställda data för utförda energiuppföljningar.

Månadsprofil

Vid simulering av hushållsenergianvändning exklusive komfortgolvvärme rekommenderas följande relativa månadslaster jämfört med årlig hushållselanvändning respektive årsmedeleffektanvändning.

Tabell 8. Föreslagna relativa månadslaster energi, respektive effekt, vid simulering.

Föreslagna relativa månadslaster	Jan	Feb	Mars	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Faktor multiplicerat med årsmedeleffekt	1,11	1,09	1,03	0,97	0,92	0,87	0,81	0,93	0,98	1,05	1,1	1,14
Faktor multipliceras med årsmedelenergi	1,13	1,00	1,05	0,96	0,94	0,86	0,82	0,95	0,97	1,07	1,09	1,16

*Antalet decimaler är valda så att summan av talen skall bli lika med 12,00.

Effekten av ev. komfortgolvvärme rekommenderas att simuleras i energisimuleringsmodell med separat zon för rummet där golvvärmeslingan ligger samt med termostatstyrd börvärdesreglering. Om detta inte är möjligt rekommenderas att internlasten från komfortgolvvärme läggs in enligt fördelningen i Tabell 4, sida 29.

Skanska Teknik

Publik information

Veckoprofil

Vid simulering av hushållselanvändning exklusive komfortgolvvärme rekommenderas följande relativa dygnslaster jämfört med veckomedeleffekt.

Tabell 9. Föreslagna dygnslaster vid simulering jämfört med veckomedeleffekt

Föreslagna relativa dygnslaster	Mån	Tis	Ons	Tor	Fre	Lör	Sön
Lägenheter utan komfortgolvvärme	0,98	0,98	0,961	0,97	0,97	1,04	1,1

*Antalet decimaler är valda så summan av talen skall bli lika med 7,00.

Dygnsprofil

Vid simulering av hushållsenergianvändning exklusive komfortgolvvärme rekommenderas följande relativa timlaster jämfört med dygnsmedeleffekt.

Tabell 10. Föreslagna timlaster vid simulering jämfört med dygnsmedeleffekt

Relativa timlaster*	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Mån-Fre	0,658	0,578	0,54	0,52	0,54	0,62	0,745	0,829	0,867	0,902	0,954	1,008
Lör-sön	0,667	0,565	0,5	0,462	0,449	0,462	0,536	0,68	0,857	1,004	1,117	1,184
	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00
Mån-Fre	1,005	0,995	1,044	1,162	1,361	1,544	1,65	1,647	1,557	1,368	1,082	0,829
Lör-sön	1,2	1,206	1,226	1,293	1,402	1,511	1,582	1,55	1,447	1,271	1,027	0,792

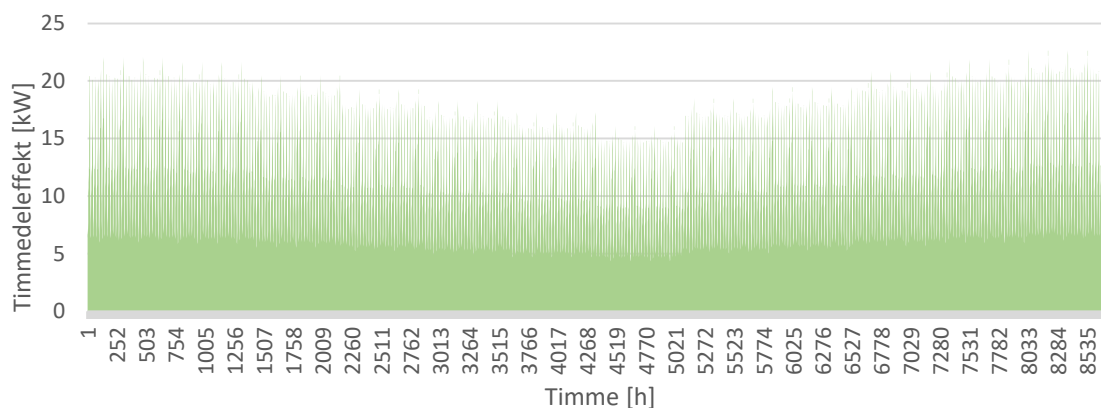
*Antalet decimaler är valda så summan av talen skall bli lika med 24,00.

Skanska Teknik

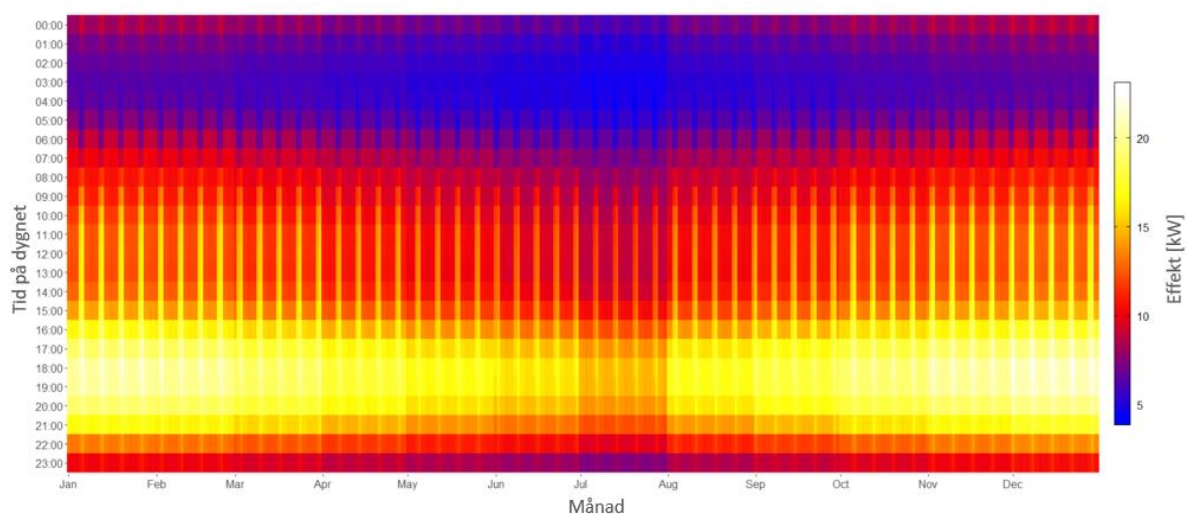
Publik information

Sammanlagrad helårskaraktäristik

Vid användande av alla profiler sammanlagrat fås en syntetisk karaktäristik som förväntas väl efterlikna uppmätt karaktäristik över helåret för ett godtyckligt flerbostadshus utan komfortgolvvärme eller annan elvärme som ligger på hushållselen. Denna sammanlagrade profil nämns i kommande avsnitt som "Allvariation". I figur 37 & 38 nedan plottas en total hushållselanvändning på 100 000 kWh per år för ett nybyggt flerbostadshus med den sammanlagrade helårskaraktäristiken. Denna syntetiska karaktäristik kan med fördel användas vid energisimuleringar i flerbostadshus, men även vid solcellsstudier och vid investeringsanalyser för olika typer av mikroproduktion där syftet kan vara att utreda produktionens s.k. "load match" mot hushållselanvändningen.



Figur 37. Syntetisk helårskaraktäristik för ett flerbostadshus med total årlig hushållselanvändning på 100 000 kWh per år.



Figur 38. Carpet plot som visar syntetisk helårskaraktäristik för ett flerbostadshus med total årlig hushållselanvändning motsvarande 100 000 kWh per år.

5. Fallstudier

5.1. Metod

I syfte att undersöka hur användande av föreslagna schabloner för hushållsel påverkar beräknat uppvärmningsbehov, total hushållselanvändning och beräknat primärenergital (EP_{pet}) jämfört med ett referensfall har ett antal fallstudier utförts. Simuleringar i IDA ICE 4.8[41] har utförts med två olika modeller på två typhus som grund för analysen. Ett flervåningshus med åtta våningar och 30 lägenheter och ett radhus med två våningar och 12 lägenheter. I fallstudierna varieras ett antal parametrar som klimatfiler och geografisk plats, typhus, typ av stomme, klimatskalets U-medelvärde, olika typer av schabloner för hushållselanvändningens internlast samt olika typer av karaktäristik/profiler för hushållselanvändningen över tid. Sammanfattande tabeller av utförda fallstudier och simuleringar sammanfattas i Tabell 15 och Tabell 16 under avsnitt 5.7.

Byggnaderna som används som analysobjekt i studien har i referensfallen ett primärenergital som motsvarar cirka 15-20 % bättre energiprestanda i Stockholm jämfört med energikravnivåerna i remissen för de skärpta kraven i energihushållningsreglerna för nära-nollenergibyggnader (*Förslag till ändring av Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2020: xx*). Detta innebär att primärenergitalen som presenteras i denna rapport bygger på viktningsfaktorer och geografiska faktorer som föreslås i remissen och inte motsvarande faktorer som gäller i aktuella byggregler (2019 års energihushållningsregler, BBR 26). Syftet att använda sig av kravnivåer från remissen är att rapportens resultat skall vara aktuellt och jämförbart även i framtiden där resultat inte jämförs mot byggregler som inte är aktuella.

Zonupplösningen i IDA-modellerna har ritats upp på lägenhetsnivå med balanserade luftflöden. Detta innebär att modellen beräknar medelenergibalansen för vardera lägenheten och eventuella effekter från exempelvis börvärdestemperaturskillnader i olika rum inom lägenheten, eller att hushållsenergi som frigörs i exempelvis kök resulterar rumsvisa temperaturdifferenser över tid, inte fås med i modellens simulerade resultat. Valet av zonupplösning på lägenhetsnivå har gjorts dels på grund av att Skanskas energiberäkningar görs med denna upplösning av tids- och kostnadsskäl, samt att uppfattningen är att branschen generellt väljer liknande zonupplösning eller lägre, vid modellering och simulering av byggnaders energiprestanda. Valet gjordes också på grund av att en ökad upplösning också ställer högre krav på information gällande rumsvis användning av hushållsel, tappvarmvatten, fastighetsel m.m. vilket inte finns tillgängligt i litteraturen och i den utsträckning som krävs för att kunna utföra denna typ av studier inom ramen för detta projekt. Utöver lägenheter simuleras förråds- och teknikutrymmen, kommunikationsstråk, entréer samt trapphus som separata zoner med unika indata avseende internlast, belysning och fastighetsenergi i IDA-modellerna.

5.2. Flervåningshuset

Flervåningshuset består av 8 våningar med en källare med förrådsutrymmen och teknikrum i souterräng där den översta våningen har takterrasser samt något högre våningshöjd. Fläktrummet är placerat på taket. Flervåningshusets arkitektur, konstruktion och planlösning bygger på ett verkligt arkitekturritat flerbostadshus från ett projekt inom Skanska. Huset står väl skuggat bland andra flerbostadshus med motsvarande antal plan i ett tätbebyggt område. Energisimulering är utförd med indata och schabloner enligt Svebys brukarindata för bostäder [5].

Skanska Teknik

Publik information



Figur 39. 3D-vy som visar IDA-modellen av flervåningshuset

Flervåningshuset har ett högeffektivt FTX-aggregat med mycket hög temperaturverkningsgrad, låg formfaktor och ett U-medelvärde i nivå med lagkravet i remissen. Fönsterandelen är relativt hög, med stora fönsterpartier med passiv solavskärmning från balkonger samt mellanglaspersienner på övriga fönster. Atemp/BOA faktorn ligger inom normalt intervall för flerbostadshus av denna typ utvecklad av Skanska idag. I Tabell 11 nedan redovisas utvalda indata för flerbostadshuset och dess IDA-modell.

Tabell 11. Utvalda indata av vikt i analysen för flervåningshuset

Indata flervåningshuset	
Uppvärmning, tappvarmvatten & VVC	Fjärrvärme
Ventilation	Balanserad, FTX
Torr temperaturverkningsgrad (platt-värmväxlare av polykarbonat)	89%
Tillufttemperatur [C]	20
Avluftens temperatur begränsas till [C]	2
U-medel [W/m ² K]	0,39
Formfaktor	1
Fönsterandel av total fasad	32%
Atemp [m ²]	2649
Atemp/BOA	1,26

I tabell 12 nedan redovisas beräknad energiprestanda för orten Stockholm för flervåningshuset.

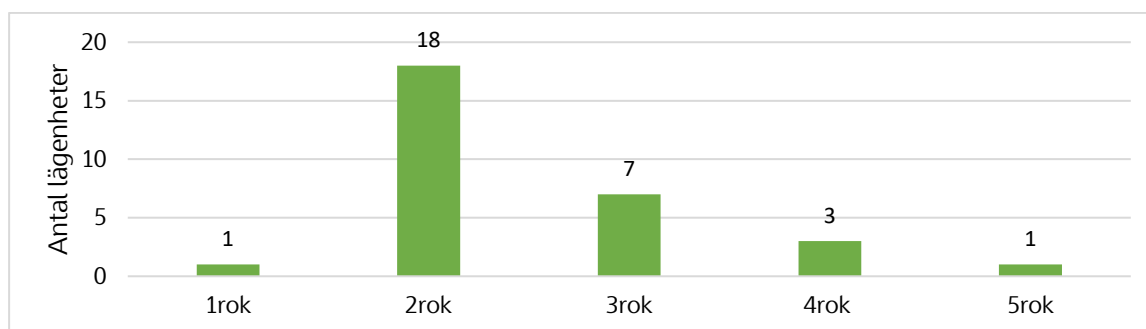
Tabell 12. Beräknade energiprestandata för BBR24, BBR26 respektive BBR remiss 2020.

	Fastighetsel	Fjärrvärme uppvärmning	Tappvarm- vatten	Beräknat Total	Total inkl. säkerhets- marginal 10%	Kravnivå
Köpt energi	10	31	25	66	73	-
EPpet BBR26	16	31	25	72	79	85
EPpet remiss 2020	18	22	18	57	63	75

Lägenhetsfördelningen motsvarar en normal fördelning för ett flerbostadshus av denna storlek placerat i ett urbant område. Se lägenhetsfördelningen i flervåningshuset i figur 40 nedan.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 40. Lägenhetsfördelning i flervåningshuset.

5.3. Radhuset

Radhuset består av två våningar med sex stycken lägenheter i markplan och sex stycken lägenheter på plan 2. Huset har sex entréer där vardera lägenhetspar på markplan och övervåning delar gemensam entré. Utöver entréerna har radhusen inga gemensamma kommunikationsytor, förråd eller biytor. Dessa ytor finns inom lägenheterna och ingår i boarean samt i externa byggnader på fastigheten. Radhusets arkitektur, konstruktion och planlösning bygger på ett verkligt arkitektritad flerbostadshus från ett projekt utfört av Skanska. Huset står oskuggat motsvarande öppen landskapsmiljö. Energisimulering är utförd med indata och schabloner enligt Svebys brukarindata för bostäder. Stommen på radhuset i IDA-modellen är konventionell träbyggnad med regelstomme och stenullsisolering med utvändigt obrutet isolerskikt med installationsskikt och diffusionsspärr.



Figur 41. 3D-vy som visar IDA-modellen av radhuset

I Tabell 13 nedan redovisas utvalda indata för radhuset och dess IDA-modell.

Tabell 13. Utvalda indata av vikt i analysen för radhuset

Indata radhuset	
Uppvärmning, tappvarmvatten & VVC	Fjärrvärme
Ventilation	Balanserad, FTX
Temperaturverkningsgrad plattvärmväxlare FTX	82%
Tillufttemperatur [C]	20
Avluftens temperatur begränsas till [C]	2
U-medel [W/m ² K]	0,27
Formfaktor	1,65
Atemp [m ²]	966
Atemp/BOA+LOA	1,06

Skanska Teknik

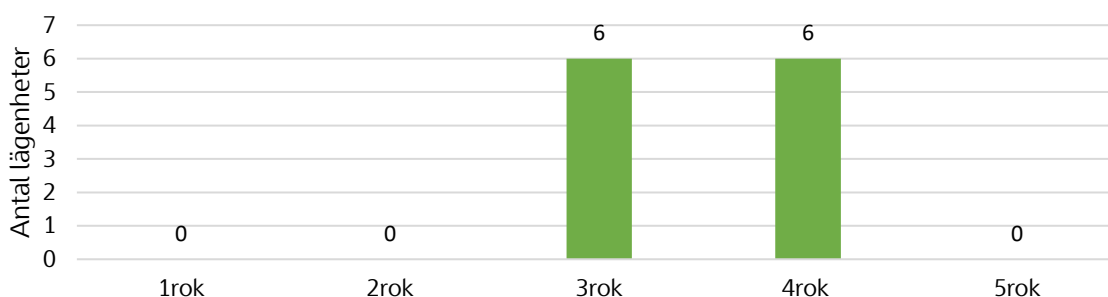
Publik information

I tabell 12 nedan redovisas energiprestanda beräknat med klimatfil för Stockholm för radhuset.

Tabell 14. Beräknade energiprestandata för BBR24, BBR26 respektive BBR remiss 2020.

	Fastighetsel	Fjärrvärme uppvärmning	Tappvarm- vatten	Beräknat Total	Total inkl. säkerhets- marginal 10%	Kravnivå
Köpt energi	7	36	25	68	75	-
EPpet BBR26	12	36	25	73	80	85
EPpet remiss 2020	13	25	18	56	61	75

Lägenheterna i radhusen består av större lägenheter främst riktade till målgruppen pensionärer, barn- och flerbarnsfamiljer. Se lägenhetsfördelningen i radhuset i figur 42 nedan.



Figur 42. Lägenhetsfördelning i radhuset.

5.4. Varianter av IDA-modeller på flervåningshuset

Stomme

Simuleringar och fallstudier för flervåningshuset har utförts med både prefabricerad betongstomme med sandwichväggar och med en stomme med korslimmat trä i bjälklag, ytterväggar och lägenhetsavskiljande väggar. Syftet med detta är att undersöka effekten hur olika stomlösningar påverkar resultatet då KL-trä blir alltmer vanligt på grund av högt ställda klimatmål i byggbranschen.

Lägre U-medel och minskad andel fönsterarea

Flervåningshuset har relativt högt U-medelvärde och stor fönsterandel. För att undersöka om detta kan påverka resultaten utförs fallstudier beskrivna i delavsnitt 5.5 för flervåningshuset med både U-medel = 0,39 W/m² K och i en modell med lägre transmissionsförluster med U-medel = 0,26 W/m² K. I det sistnämnda fallet har även fönsterandelen av total fasadarea minskats från 32 till 24 % samtidigt som flervåningshuset ställs i ett mindre skuggat läge.

5.5. Parametrar som varieras i alla simulerade modeller

I parameterstudien ingår ett antal fall inklusive referensfall som simuleras i alla modelltyper beskrivna i avsnitt 5.2 till 5.4. I analyspaketet används olika utvalda schabloner för hushållselanvändning som indata i simuleringarna, internlastens karaktäristik och profiler över säsongen, veckan och dygnet ändras och varieras. Även simuleringar där fördelningen av hushållselen mellan lägenheter och dess påverkan på simulerat uppvärmningsbehov studeras. Dessutom studeras hur valet av ytor i simuleringsmodellen där internvärmens frigörelse påverkar simuleringens resultat. Avslutningsvis simuleras alla dessa fall på fyra olika orter i Sverige.

Skanska Teknik

Publik information

Schabloner för hushållselanvändning

Schablonerna som valts ut för studier i fallstudien är de som baseras på Atemp, BOA samt lägenhetsstorlek och BOA beskrivna i kapitel 4. Dessutom görs simuleringar där vardera lägenhet får en unik hushållselanvändning, baserad på fördelningen som beskrivs i avsnitt 4.5. Inmatningsförfarandet av schabloner i modellen beskrivs i följande delavsnitt.

Hushållselanvändningen i referensfallet läggs in som en konstant värmeeffektlast i IDA-modellerna motsvarande årsmedeleffekten som resulterar i en hushållselanvändning motsvarande 70 % av Svebys schablon på 30 kWh/m² Atemp, år. Enligt Sveby kan endast 70 % av hushållsenergin tillgodogöras byggnaden under uppvärmningssäsongen om värmebehov finns. Detta innebär att den årliga energimängden som frigörs i lägenhetszonerna är 21 kWh/m² Atemp, år i referensfallet. För fallen där de nya schablonerna på 20 kWh/m² Atemp år respektive 26 kWh/m² BOA år används frigörs på samma sätt endast 70% av hushållselanvändningen som tillgänglig internvärme. Detta resulterar i att endast 14 kWh/m² Atemp, år respektive 18,2 kWh/m² BOA, år frigörs som internvärme i energimodellen i dessa fall. Beroende på om uppvärmningsbehov föreligger eller inte i zonerna nyttjas internvärmebidraget till uppvärmning i modellen. Detta innebär att en större del av internvärmebidraget kommer kunna tillgodogöras i Kiruna jämfört med Malmö, eftersom uppvärmningssäsongen är längre ju längre norrut i landet vi kommer.

Inmatningstyper

Vilken schablon som används samt var i IDA-modellen internvärmebidraget från hushållselanvändningen frigörs i de olika fallen beskrivs nedan.

"AtempAtemp"

70 % av energin i föreslagen schablon på 20 kWh/m² Atemp, år fördelas på zoner som definieras som Atemp i modellen, d.v.s. alla zoner i aktuella modeller då ingen modell innehåller garage eller liknande som ej definieras som Atemp.

"BOAiBOA"

70 % av energin i föreslagen schablon på 26 kWh/m² BOA, år fördelas på zoner som motsvarar lägenhetsytornas del av total Atemp i modellen. Ingen internvärme från hushållselen frigörs i fastighetsknutna ytor som förråd, kommunikationsstråk och trapphus där främst internvärme från fastighetsel frigörs i verkligheten.

"AtempBOA"

70 % av energin i föreslagen schablon på 20 kWh/m² Atemp, år fördelas på zoner som motsvarar lägenhetsytornas del av total Atemp i modellen. Ingen internvärme från hushållselen frigörs i fastighetsknutna ytor som förråd, kommunikationsstråk och trapphus där främst internvärme från fastighetsel frigörs i verkligheten.

"BOAiBOA LGN.VIS"

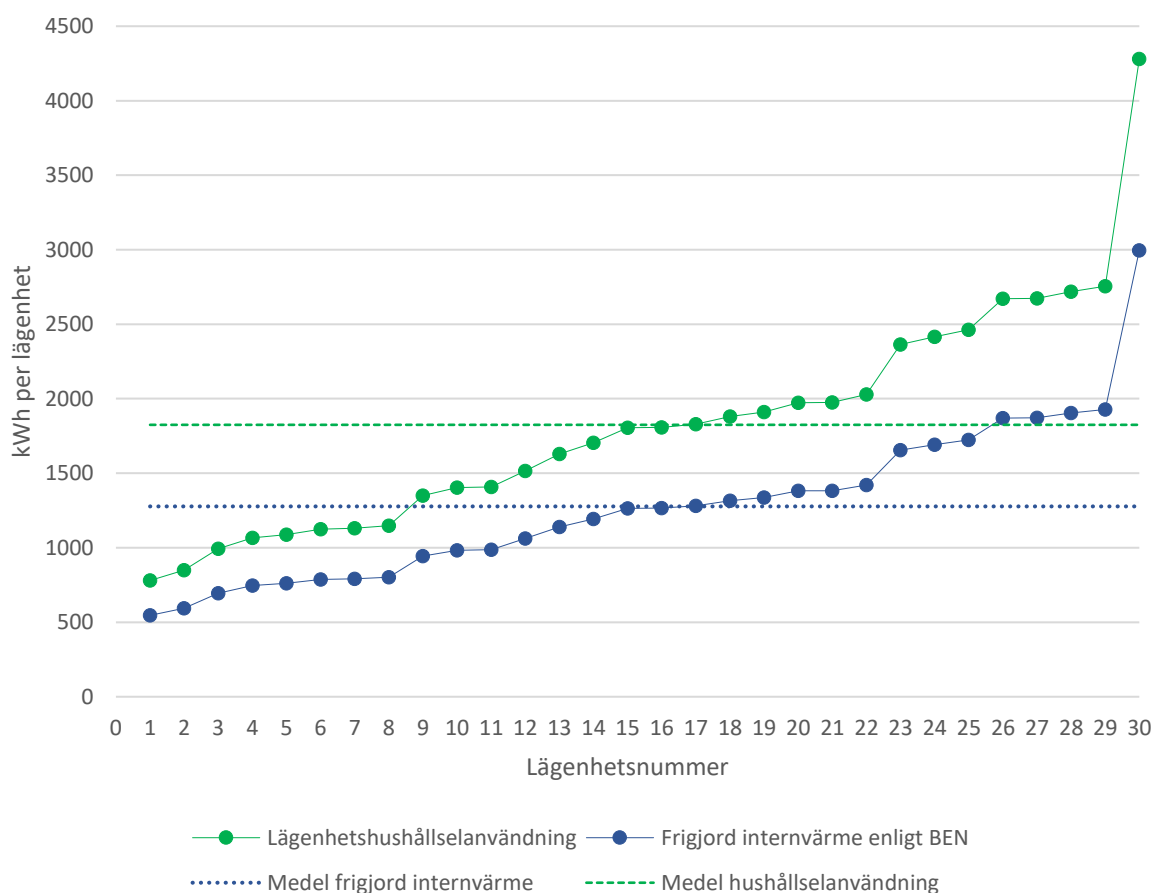
70 % av energin i föreslagna schabloner på 30, 25, 25 respektive 28 kWh/m² BOA, år för 1rok, 2rok, 3rok respektive 4rok fördelas på zoner som motsvarar de specifika lägenhetsstorlekarna i modellen. I 5rok används värdet för 4 rok. Ingen internvärme från hushållselen frigörs i fastighetsknutna ytor som förråd, kommunikationsstråk och trapphus där främst internvärme från fastighetsel frigörs i verkligheten.

"BOAiBOA med fördelning"

70 % av energin i föreslagen fördelningsekvation $F(x)$ används och resulterande unika lägenhetsförbrukningar fördelas i zoner som motsvarar lägenhetsytorna i modellen. Ingen internvärme från hushållselen frigörs i fastighetsknutna ytor som förråd, kommunikationsstråk och trapphus där främst internvärme från fastighetsel frigörs i verkligheten.

Skanska Teknik

Publik information



Figur 43. Hushållselanvändning - fördelning av hushållsel och internlaster i simulering av flervåningshuset för inmatningstyp "BOAiBOA med fördelning" enligt funktionen $F(x)$.

Orter

I syfte att studera vilken effekt den geografiska spridningen får på resultatet har simuleringar av flerbostadshusens energianvändning utförts i *Malmö*, *Stockholm*, *Umeå* och *Kiruna* för alla studerade fall. Klimatfiler som använts är tagna från SVEBY/SMHI (www.sveby.org).

5.6. Avgränsningar

Inga övriga parametrar utöver de som beskrivs i avsnitten ovan varierar i fallstudien. Brukarberoende indata som tappvarmvattenanvändning, inomhustemperatur, antal brukare per lägenhet och lägenhetstyp, närvaro samt tillgodgjord andel internvärme från hushållsel sätts enligt BEN [6].

Skanska Teknik

Publik information

5.7. Sammanfattning upplägg fallstudier

I tabellerna nedan sammanfattas fallstudierna samt alla simuleringar som har utförts i vardera beskriven simuleringsmodell.

Tabell 15. Analyspaket schablonförslag, inmatningsarea, karaktäristik och ort

Benämning av fall, benämning i figurer inom parantes	Inmatningsarea i modell*	Schablon Hushållselanvändning	Karaktäristik	Simulering utförs med klimatfil och position för följande orter
Referensfall 30kWh* (Ref)	Fördelat på Atemp-zoner i modell	Enligt Sveby/BEN, 30 kWh/m ² Atemp år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
AtempiBOA 30kWh* (AiB 30)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt Sveby/BEN, 30 kWh/m ² Atemp år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
AtempiAtemp, 20kWh*, årsmedelprofil (AiA 20ÅM)	Fördelat på Atemp-zoner i modell	Enligt förslag, 20 kWh/m ² Atemp år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
AtempiBOA, 20kWh*, årsmedelprofil (AiB 20ÅM)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 20 kWh/m ² Atemp år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, 26kWh*, årsmedelprofil (BiB 26ÅM)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 26 kWh/m ² BOA år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, 26kWh*, månadsprofil (BiB 26M)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 26 kWh/m ² BOA år	Månadsupplösning, konstant last dygnet runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, 26kWh*, veckoprofil (BiB 26V)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 26 kWh/m ² BOA år	Dygnsupplösning, konstant last dygnet runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, 26kWh*, dygnsprofil (BiB 26D)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 26 kWh/m ² BOA år	Timupplösning,	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, 26kWh*, allvariation (BiB 26AV)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 26 kWh/m ² BOA år	Sammanlagrad månads-, dygns- och timupplösning	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA, LGN.VIS. 25-30kWh*, årsmedelprofil (BiB 25-30)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt förslag, 25-30 kWh/m ² år	Årsmedeleffekt, konstant last året runt	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna
BOAiBOA med fördelning, allvariation (BiB 26Fx)	Fördelat på lägenhetzoner i modell	Enligt funktion, F(x), (genomsnitt ca 26 kWh/m ² BOA år)	Timupplösning	Malmö, Stockholm, Umeå & Kiruna

Sammanfattningsvis motsvarar fallen i tabell 15 totalt 11 fall x 4 orter = 44 stycken simuleringar. Dessa simuleringar utförs därefter i fyra olika modeller sammanfattade i tabell 14 vilket innebär att totalt 176 årssimuleringar med unika resultat har utförts i parameterstudien.

Tabell 16. Typfall/IDA-modeller där analyspaketet simuleras.

Benämning	Typfall	IDA-modell
A	Basfall	Flervåningshus Betongprefabstomme U-medel = 0,39
B	Basfall	Radhus Konventionell träregelstomme U-medel = 0,27
Ab	Fördjupat fall	Flervåningshus Betongprefabstomme och lågt U-medel = 0,24
Ac	Fördjupat fall	Flervåningshus KL-trästomme U-medel 0,39

5.8. Resultat fallstudier

Resultaten från fallstudien är ett omfattande material varför delar av figurerna i resultatavsnittet läggs som bilagor till rapporten. Resultat från basfallen i Tabell 16 redovisas i rapporten, övriga biläggs. Resultaten som presenteras i resultatavsnittet sammanfattas i punktform nedan:

1. Mängd hushållsel baserat på val av schablon

Detta resultat ger information gällande hur valet av schablon kan påverka den totala mängden hushållselanvändning i simuleringen. Utöver vald schablon påverkar i detta fall även flerbostadshusets Atemp/BOA faktor den resulterande totala mängden internvärme som används i modellen vid simulering. För jämförelse redovisas också typisk hushållselanvändning baserat på sammanställda energiuppföljningar i avsnitt 4.

2. Påverkan på uppvärmningsbehov jämfört med referensfall

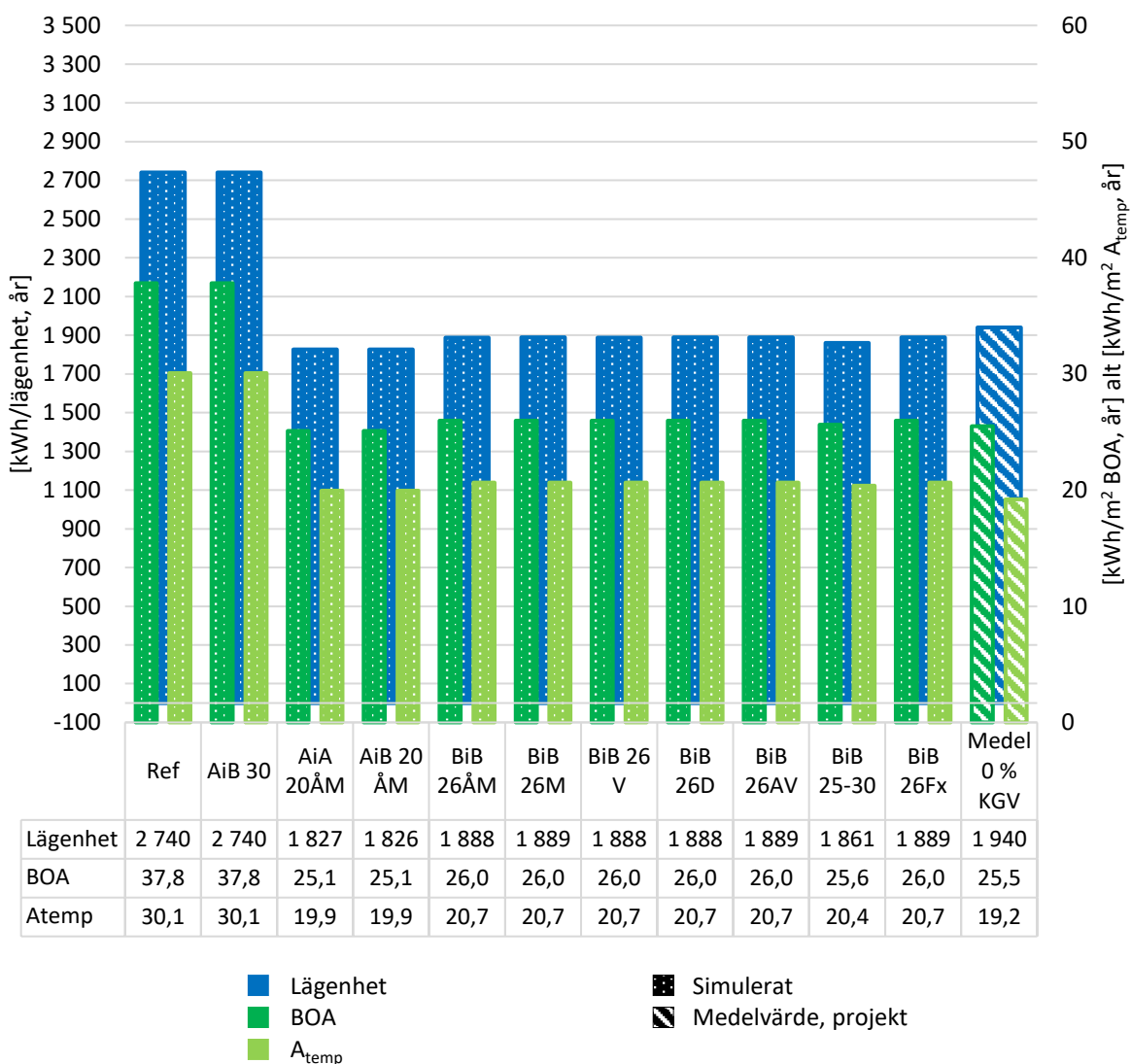
Detta resultat ger information hur valet av schablon, hushållselanvändningens karaktäristik, hur energin fördelas på energiberäkningsmodellens ytor samt hur fördelningen av hushållsel mellan olika lägenheter påverkar det beräknade uppvärmningsbehovet i jämförelse med referensfallet i vardera modell och klimatort. Resultatet visas i specifikt ökat uppvärmningsbehov, kWh/m² Atemp år, jämfört med referensfallet i varje simulerad modell och specifik ort. Inga absoluta tal redovisas, endast skillnader mellan fall och referensfall. Till detta resultat redovisas också den minskade mängden internvärme från hushållselanvändningen jämfört med referensfallet i enheten kWh/m² Atemp år. Syftet med detta är att förändringen i internvärmelast kan sättas i relation till förändringen i uppvärmningsbehov jämfört med referensfallet.

3. Påverkan på EPpet, remiss jämfört med referensfall

Detta resultat ger information om hur resultaten under punkt 2 ovan i kombination med föreslagna geografiska faktorer och viktningfaktorer i remissen för de nya kraven i energihushållningsreglerna för nära-nollenergibyggnader påverkar byggnadens primärenergital. Resultatet redovisas i ökad beräknad EPpet jämfört med beräknad EPpet i referensfallet och inga absoluta tal redovisas, endast skillnader mellan fall och referensfall.

Mängd hushållsel baserat på val av schablon – Resultat och analys

I Figur 44 redovisas resultat från simuleringar för flervåningshuset med betongstomme. Det framgår tydligt hur användandet av schablonen från BEN/Sveby ger förväntad avvikelse motsvarande cirka 45% jämfört med föreslagna schabloner som baseras på litteraturen och energiuppföljningar. Skillnaden mellan schablonerna baserade på Atemp och BOA är liten i detta fall, då Atemp/BOA-faktorn för flervåningshuset ligger nära branschmedel. Även schablonerna baserat på lägenhetsstorlek ger väl överensstämmelse och mycket liten avvikelse mot litteraturen då lägenhetsfördelningen för flerbostadshuset troligen ligger i linje med det normala för nybyggda flerbostadshus.



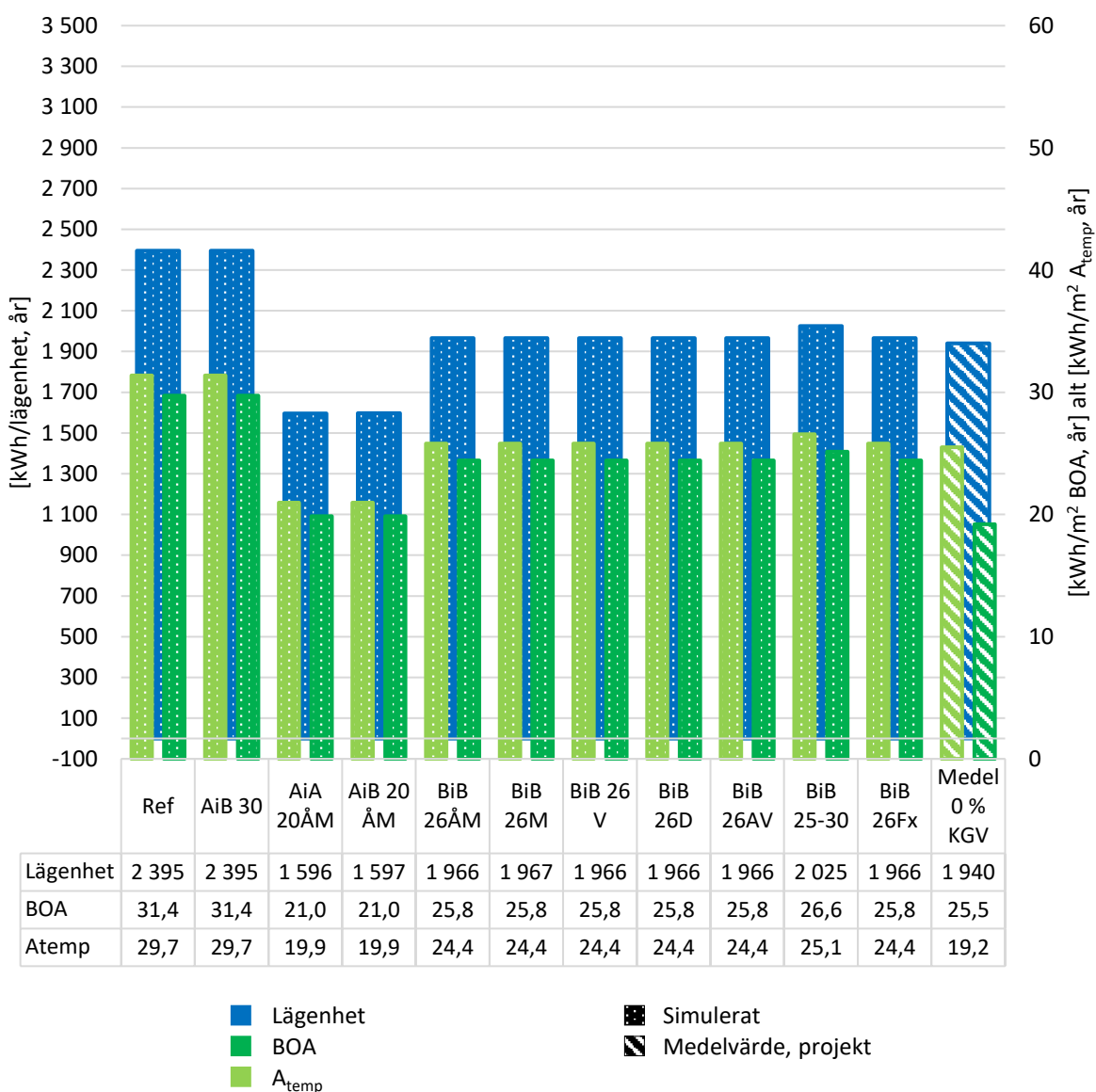
Figur 44. Resultat från simuleringar för flervåningshus med betongstomme. Hushållselanvändning för olika fall jämfört med medelanvändning från energiuppföljningar. Se Tabell 16 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

I Figur 45 redovisas resultat från simuleringar för radhuset med trästomme. Det framgår tydligt hur användandet av schablonen från BEN/Sveby ger en förväntad avvikelse motsvarande cirka 50% jämfört med motsvarande föreslagen schablon på 20 kWh/m² Atemp per år. Schablonen på 20 kWh/m² Atemp, år ger dock låg hushållselanvändning jämfört med sammanställd medelanvändning från Skanskas energiuppföljningar.

Resultaterande skillnaden mellan föreslagna schabloner baserade på Atemp respektive BOA är cirka 400 kWh i detta fall, vilket motsvarar ungefär 20 % lägre hushållsenergianvändning jämfört med typisk hushållselanvändning baserat på sammanställda energiuppföljningar. Detta beror på att Atemp/BOA-faktorn för radhuset är låg jämfört med branschmedel. Schablonerna baserat på BOA ger dock god överensstämmelse och mycket liten avvikelse mot typisk hushållselanvändning från energiuppföljningar. Schablonen baserad på lägenhetsstorlekar ger ungefär 5 % högre energianvändning jämfört med typisk hushållselanvändning baserat energiuppföljningar vilket är rimligt då lägenhetsfördelningen för radhuset innehåller större lägenheter med förväntat högre hushållselanvändning per lägenhet.



Figur 45. Resultat från simuleringar för radhus med betongstomme. Hushållselanvändning för olika fall jämfört med medelanvändning för Skanskaprojekt. Se Tabell 16 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

Ökat uppvärmningsbehov jämfört med referensfall – Resultat och analys

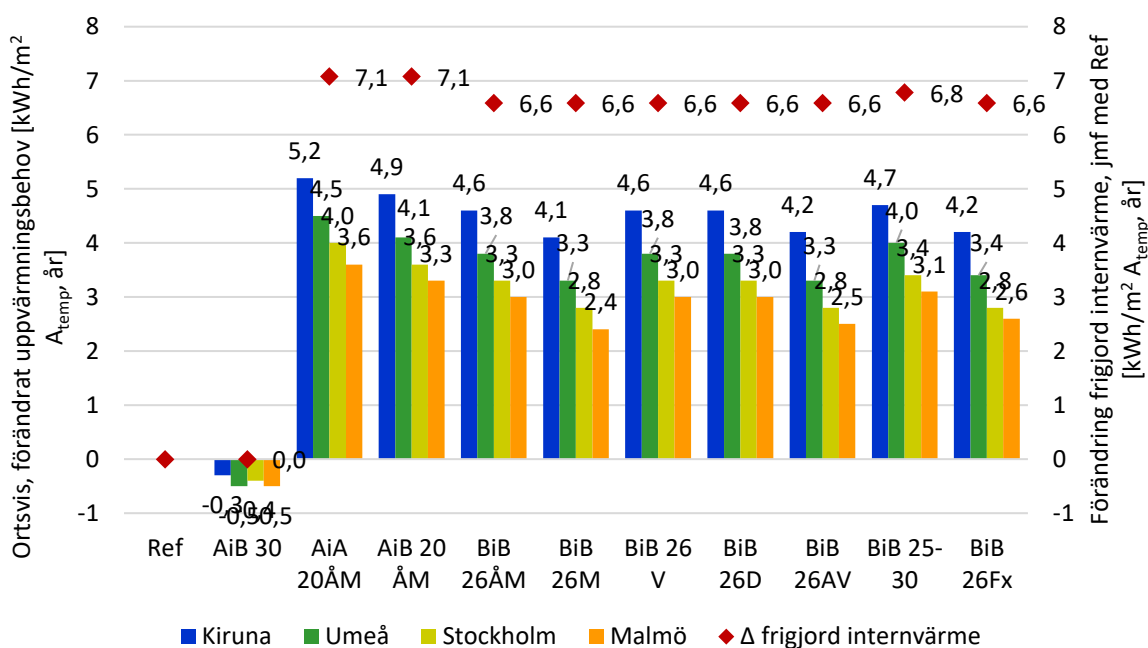
Flervåningshuset med betongstomme

I Figur 46 redovisas resultaten från fallstudien för flervåningshuset med betongstomme. Förändringen (Δ) frigjord internvärme avser förändrad mängd värmeenergi som avges i jämförelse med referensfall.

Ur diagrammet kan flera resultat utläsas. Att mata in hushållselanvändningen enbart i lägenhetszonerna och inte i fastighetsknutna zoner minskar det beräknade uppvärmningsbehovet i det specifika fallet, dock marginellt. I Kiruna ökar beräknat uppvärmningsbehov med cirka 4-5 kWh/m² Atemp år genom att använda någon av de föreslagna schablonerna istället för Svebys schablon. För Malmö är motsvarande ökning cirka 3,5 – 2,5 kWh/m² år och övriga orter ligger däremellan. I övrigt är det små skillnader, mindre än 1 kWh/m² Atemp år, i ökat uppvärmningsbehov mellan olika studerade fall. Simulering med månadsprofil jämfört med årsmedelvärde ger ett minskat beräknat uppvärmningsbehov motsvarande cirka 0,5 kWh/m² år för alla studerade orter. Simulering med veckoprofil respektive dygnsprofil ger ingen synbar skillnad jämfört med beräkning med konstant årsmedeleffekt. Användning av sammanlagrad karaktäristik från månads-, vecko- och dygnsprofiler ger ungefär samma resultat som vid simulering med endast månadsprofil. Att simulera med olika hushållselanvändning i lägenheterna enligt fördelningen från litteraturen får inte heller någon effekt på beräkningsresultatet.

Fallstudierna på flervåningshuset med lägre U-medel, typfall Ab, visar resultat med lägre skillnader i ökat uppvärmningsbehov på ungefär 0,7 kWh/m² Atemp år. Detta beror troligen på att uppvärmningssäsongen är kortare för flervåningshuset med lägre U-medel vilket innebär att uppvärmningsbehovet inte blir lika stort och därmed inte heller skillnaderna vid förändrad schablon för internvärme från hushållselanvändning, då mindre andel internvärme kommer tillgodo för uppvärmning.

Fallstudierna på flervåningshuset med KL-stomme, typfall Ac, visar inga skillnader i ökat uppvärmningsbehov jämfört med basfallet med betongstomme. Detta tyder på att inlagringseffekterna av överskottsenergi i stommen som resultat av olika lastkaraktäristik på hushållselanvändningen inte ger någon skillnad i påverkan på uppvärmningsbehovet vid jämförelse av betongstomme och KL-stomme. Värt att nämna i detta fall är att valet av zonupplösning i simuleringsmodellen kan ha en effekt på detta resultat varför resultatet endast kan ses som vägledande.

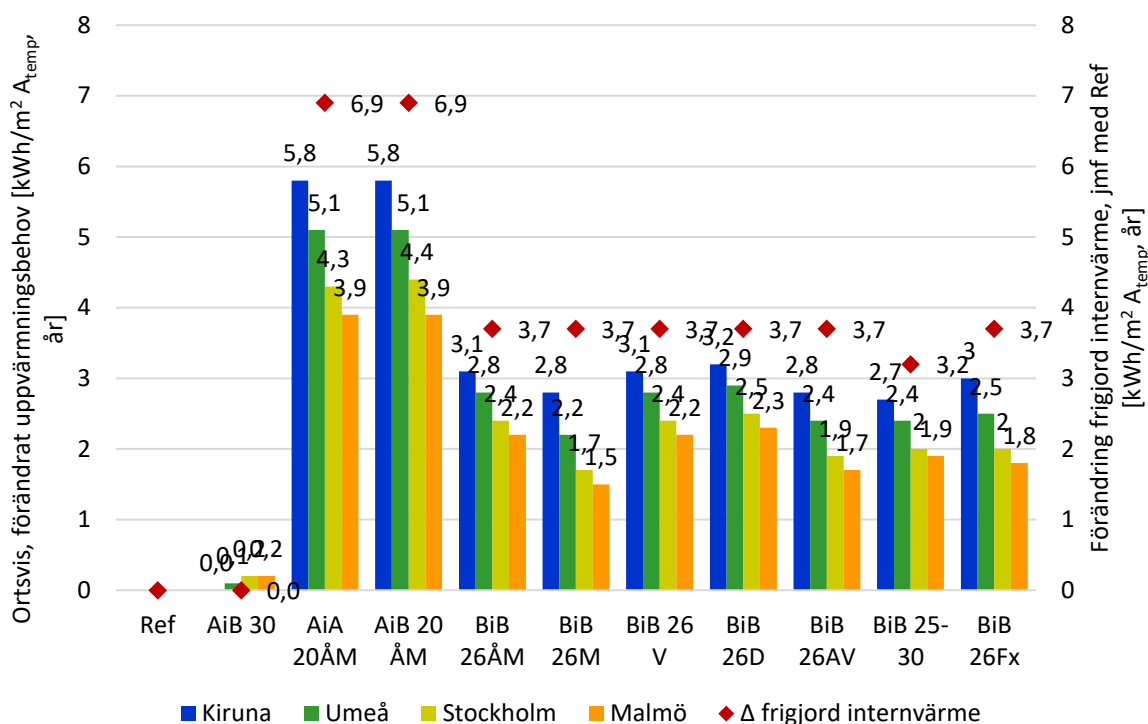


Figur 46. Resultat från simuleringar för flerbostadshus vid jämförelse mot referensfall (Ref). Se Tabell 16 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

I Figur 47 redovisas resultaten från fallstudien för radhuset med trästomme. Förändringen (Δ) frigjord internvärme avser förändrad mängd värmeenergi som avges i jämförelse med referensfall. På grund av att boytan i radhuset tar upp en stor del av A_{temp} blir skillnaden mellan BOA och A_{temp} liten. Detta innebär en avvikelse på ungefär $2,5 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$, år i beräknat uppvärmningsbehov beroende på om schablonen per $\text{m}^2 A_{temp}$ eller BOA väljs som underlag till beräkningen. I övrigt observeras likt flervåningshuset, små skillnader gällande hur hushållselens karaktäristik påverkar simulerat uppvärmningsbehov. Användning av månadsprofil på internvärmens ger en ökning på cirka $0,3$ och $0,7 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$ och år i simulerat uppvärmningsbehov i Kiruna respektive Malmö. Användandet av lägenhetspecifika schabloner minskar beräknat uppvärmningsbehov med cirka $0,4$ och $0,3 \text{ kWh/m}^2 A_{temp}$ år i Kiruna respektive Malmö. Övriga studerade parametrar påverkar utfallet i mindre grad eller ger ingen påverkan alls.



Figur 47. Resultat från simuleringar för radhus vid jämförelse mot referensfall. Se Tabell 16 för förklaring av littera.

Skanska Teknik

Publik information

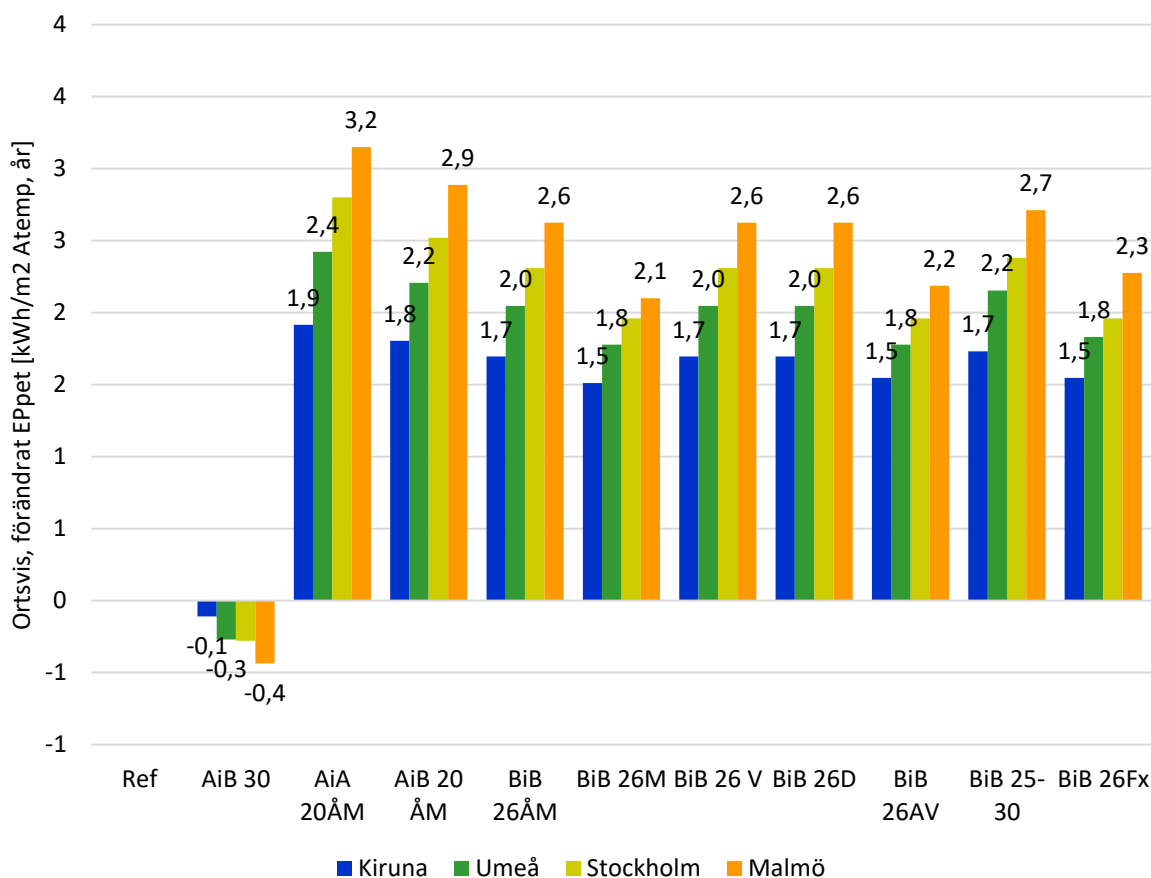
Påverkan på EPpet jämfört med referensfall – Resultat och analys

I Figur 48 redovisas resultaten från fallstudien för flervåningshuset med betongstomme och i Figur 49 redovisas resultat från fallstudien för radhuset med trästomme.

Det är enbart uppvärmningsbehovet och indirekt den geografiska faktorn F_{geo} och viktningsfaktorn för fjärrvärme, VF_i , som påverkar beräknat EPpet i denna jämförelse. Resultatet visar att minst påverkan på beräknad EPpet fås i Kiruna och störst påverkan i Malmö, d.v.s. omvänt resultat jämfört med resultaten från tidigare avsnitt med påverkat uppvärmningsbehov. Orsaken till detta resultat beror på att den relativa skillnaden mellan de geografiska faktorerna och internvärmeanvändningens påverkan på uppvärmningsbehovet inte tar ut varandra för de olika orterna. Den geografiska faktorn ger en högre vikt i Kiruna och Umeå jämfört med hur minskad andel internvärme påverkar uppvärmningsbehovet och motsatsförhållandet gäller för Malmö. För Stockholm är $F_{geo} = 1,0$ vilket innebär att endast viktningsfaktorn för energibäraren påverkar EPpet. En generell slutsats blir att påverkan inte blir lika stor på EPpet som på uppvärmningsbehovet och den geografiska faktorn resulterar i en relativ lättnad med avseende på kravnivå i för Umeå och Kiruna samt en skärpning för Malmö i relation till minskad internvärmelast. Beräknad EPpet ökar med cirka $1,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ Atemp, år}$ Kiruna och $2,6 \text{ kWh/m}^2 \text{ Atemp, år}$.

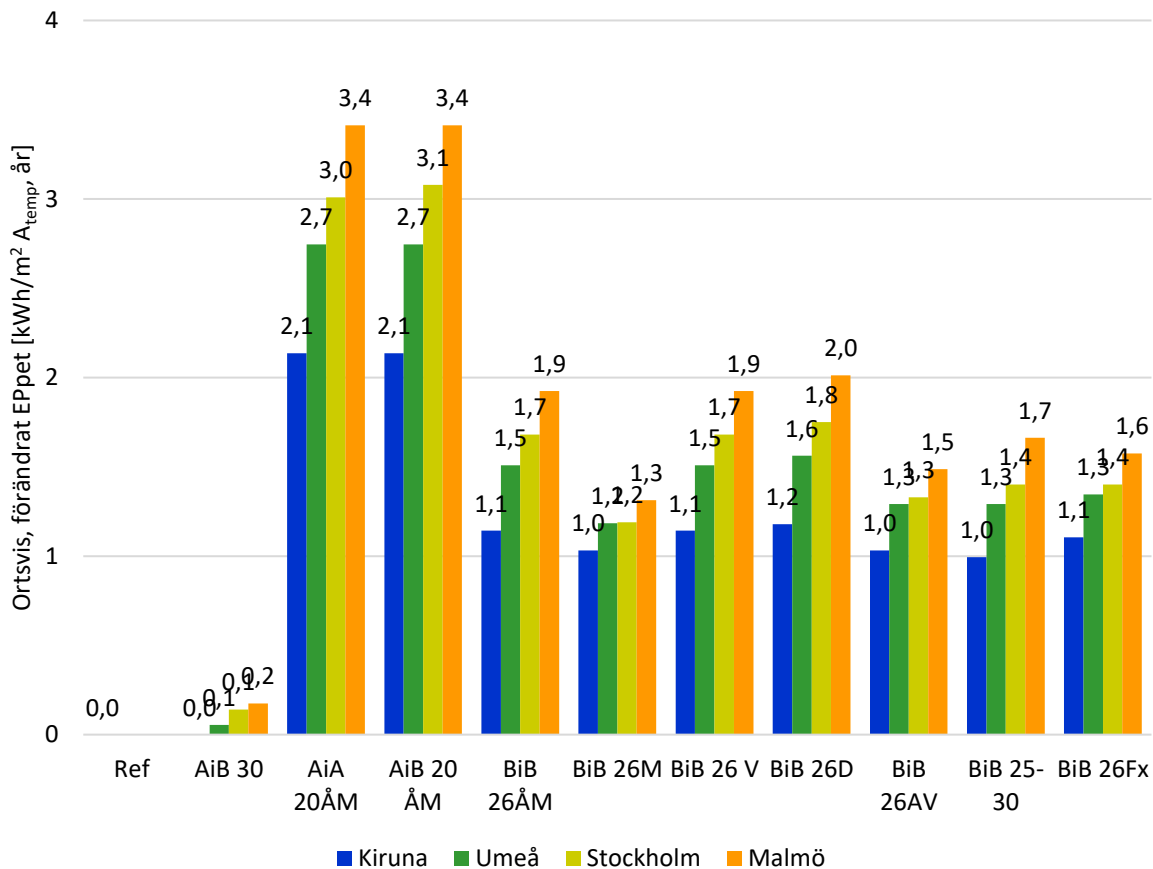
För radhuset kan samma effekter på EPpet observeras, men på grund av lägre skillnad i mängd hushållsel och resulterande uppvärmningsbehov blir också skillnaderna än lägre på EPpet för radhuset jämfört med flervåningshuset.

Flervåningshuset



Figur 48. Skillnaden i beräknad EPpet i $\text{kWh/m}^2 \text{ Atemp}$ år jämfört med referensfall för flervåningshuset. Se Tabell 16 för förklaring av littera.

Radhuset



Figur 49. Skillnaden i beräknad EPpet i kWh/m² Atemp år jämfört med referensfall för flervåningshuset. Se Tabell 16 för förklaring av littera.

6. Slutsatser

En slutsats som kan dras från litteraturstudien är att definitionen av hushållsel har utvecklats och omdefinierats i branschen över tid varför risken är stor att definitionen varierar mellan olika publicerade studier. Detta orsakar osäkerheter och risk för missuppfattningar gällande jämförbar mängd hushållsel enligt definitionen i Boverkets och Svebys gränsdragningslistor. Risken för jämförelser av äpplen och päron är stor i litteraturen och troligen finns en del referenser där elvärme ingår i kommunicerad hushållselanvändning, men detta är inget som kan bekräftas i denna studie.

Utöver detta kommuniceras hushållselanvändningen i olika specifika enheter som per Atemp & år, per BOA & år och per lägenhet & år vilket ytterligare orsakar svårigheter i jämförelser eftersom olika projekt har olika stora lägenheter, samt olika fördelning mellan BOA och Atemp. Av denna anledning har hushållselanvändningen i denna studie tydligt redovisats per Atemp & år, BOA & år och per lägenhet & år i syfte att inga missförstånd skall kunna uppstå vid inhämtning av data från denna studie.

Det framgår tydligt att det saknas färskare studier kopplat till hushållselanvändning i dagens hushåll och den senaste statistiken med undermätning på apparatnivå från litteraturen är mer än 10 år gammal, i en tid då beteendeförändringar och teknikutveckling har gått fortare än någonsin tidigare. Vi är i behov av en större mätstudie där hushållselanvändning mäts ned på apparatnivå, med och utan komfortgolvvärme, samt i olika bestånd, nybyggda och befintliga. Syftena med denna mätstudie är flera. Dels behövs studien för att lära oss mer om hur vi använder el i hushållen idag samt var det fortfarande finns effektiviseringsåtgärder. Dels behövs bättre underlag till beräkningar av byggnaders energiprestanda, samt bättre underlag för beräkningar av lönsamhet och lastmatchning med solcellsproduktion och annan mikroproduktion.

I litteraturstudiesammanställningen observerades en tendens till att hushållselanvändningen har minskat per kvadratmeter boyta under 2000-talet vilket också bekräftar till viss del av statistik från energimyndigheten som sammanställt den totala användningen av hushållsel i Sverige. Statistiken visar att användningen ökade kraftigt mellan 1970 fram till 2000-talet för att därefter stanna av för att öka i långsam takt, trots att antalet bostäder har ökat kraftigt de senaste åren. Resultaten i energimyndighetens statistik bör dock ifrågasättas då hushållselanvändningen beräknas med en schablon, som enligt denna studie är för hög jämfört med verklig uppmätt energianvändning, både i nya och äldre flerbostadshusbestånd idag. Detta leder till att energimyndighetens kommunicerade statistik för både hushållsel och driftel i bostads- och servicesektorn är missvisande. Troligen är driftelen högre, och hushållselen lägre än vad som kan utläsas från statistiken.

I resultaten från sammanställda energiuppföljningar bekräftar denna trend och det ser ut som att hushållselanvändningen är mer än 30 % lägre i nybyggda flerbostadshus idag jämfört med vad vi räknar med vid beräkning och uppföljning av byggnaders energiprestanda och primärenergital enligt boverkets byggregler. En schablon motsvarande 20 kWh/m² Atemp, år eller i genomsnitt cirka 2000 kWh per lägenhet och år skulle ge en mer rättvis bild av hushållselanvändningen i nybyggda flerbostadshus idag. Uppföljningarna ger indikationer på att i flerbostadshus med eldriven komfortgolvvärme i badrum används knappt 1000 kWh mer hushållsel per lägenhet och år vilket stämmer väl överens med Svebys föreslagna schablon för komfortgolvvärme i badrum.

Effekten av socioekonomiska faktorer har inte undersökts i denna studie. Större delen av uppmätt data för hushållselanvändning härrör från nybyggda bostadsrätter och nybyggda hyresrätter. Huruvida denna brukargrupp använder mer eller mindre hushållsel än brukargrupper i äldre hyresrättsbestånd har inte analyserats närmre. Stora delar av uppmätt hushållselanvändning från beståndet i Karlstad [22] kommer från äldre hyresrättsbestånd och vid jämförelser mot resultaten för nybyggda lägenheter i denna studie observeras inga större skillnader.

Skanska Teknik

Publik information

Resultat från fallstudien visar att den resulterande avvikelser mellan den branschgemensamma schablonen för hushållsel och föreslagna schabloner i denna studie ger ett ökat simulerat uppvärmningsbehov på 5 till 2,5 kWh/m² Atemp, år för Kiruna respektive Malmö. Detta resultat gäller för ett energieffektivt nybyggt fjärrvärmewärmt flerbostadshus med FTX. Motsvarande effekt på beräknad energiprestanda (enligt remissen för de nya energihushållningsreglerna) är ett ökat primärenergital E_{Ppet} motsvarande 1,7 respektive 2,6 kWh/m² Atemp år för Kiruna i norr till Malmö i söder. Ett omvänt förhållande jämfört med påverkat uppvärmningsbehov på grund av viktningfaktorer och geografiska justeringsfaktorer som används vid beräkning av E_{Ppet}.

Stora osäkerheter anses dock finnas gällande antagandet om hur stor del av hushållselanvändningen som frigörs i byggnaden som internvärme. Boverket och Sveby föreskriver en siffra på 70 %, men denna siffra baseras på källor från 1990-talet och i dagsläget, enligt Sveby, bristfälliga referenser. Branschen är i stort behov av en separat studie som undersöker detta ämnesområde närmre. Det kan vara så att andelen internvärme från hushållsenergin som kommer byggnaden tillgodo är mycket högre än 70 %, vilket i sådant fall skulle innebära att de resulterande avvikelserna i beräknat uppvärmningsbehov inte är så stora som de avvikelser som presenteras för fallstudierna i denna rapport.

Av denna anledning skall resultaten från delar av resultatavsnittet tas i beaktan med viss försiktighet eftersom beräkningarna är utförda med antagande om att 70 % av hushållselanvändningen blir till internvärme som minskar uppvärmningsbehovet om värmebehov föreligger.

Andra slutsatser som kan dras från utförda fallstudier är att hushållselens karaktäristik och variation över veckan och över dygnet har mycket liten påverkan på simulerat årligt uppvärmningsbehov. Det är endast vid användning av månadsprofiler som vi får en synlig minskande effekt av simulerat uppvärmningsbehov på cirka 0,5 kWh/m² Atemp, år jämfört med att simulera med ett årsmedelvärde. Denna effekt reduceras ytterligare för fjärrvärmewärmda hus när byggnadens primärenergital, E_{Ppet}, beräknas.

Även simulering där unika lägenhetsförbrukningar enligt fördelning från litteraturen användes, fick mycket liten påverkan på simulerat uppvärmningsbehov jämfört med simulering med samma medelanvändning i alla lägenheter vilket tyder på att variationen av hushållselanvändning mellan lägenheter sinsemellan inte har en så stor effekt på uppvärmningsbehovet, om inte hushållselanvändningen avviker totalt sett i absoluta tal från genomsnittet.

På grund av osäkerheten i hur stor del av hushållselen som kan tillgodoräknas som internvärme till uppvärmning om värmebehov finns, samt tidsbrist i denna studie, har avsnittet om kostnadseffektiva systemval utgått i rapporten. För fall där investeringar i fastighetsanknutna solceller skall göras och där tanken är att delar av hushållselen skall förses med egenproducerad el blir resultaten från denna studie värdefulla, då timvärden för sammanlagrad karaktäristik för ett helår enligt avsnitt 4 och figur 39 & 40 i denna rapport kan tas fram och användas som underlag i en sådan analys.

Avslutningsvis dras slutsatsen att innehållet i denna rapport tillför ny information och kunskap kopplat till användning av hushållsel i nybyggda flerbostadshus idag. Denna information kan användas för vidare studier av hushållselanvändning och är tänkt som underlag till Sveby och Boverket vid utformningen av nya schabloner som kommer användas som indata till beräkning av byggnaders primärenergital, vid energideklarationer och vid uppföljning och normalisering av byggnaders energiprestanda. Delar av innehållet kan utöver detta också komma byggbranschen, hyresfastighetsägare och bostadsrättsföreningar till nytta vid analyser av solcellsinvesteringar och dess lönsamhet. Avslutningsvis kan resultaten i denna rapport också användas som beslutsunderlag för företag, organisationer och berörda myndigheter för finansiering av fördjupade studier av hushållselanvändning i svenska flerbostadshus.

7. Förslag till vidare studier

Nedan listas förslag till vidare studier inom området:

1. **Fördjupad uppdaterad mätstudie** liknande Energimyndighetens *mätprojekt 400 bostäder* där hushållselanvändning undermäts ner på ändamålsnivå, helst med och utan komfortgolvvärme, samt i olika bestånd, nybyggda samt befintliga flerbostadshus och småhus.
2. **Hushållsel som internvärme.** En studie där det utreds hur stor del av hushållselanvändningen inom byggnaden som frigörs som internvärme under året. Detta ämnesområde är något som bör ses över och prioriteras då nuvarande antagande om 70 % internvärme från hushållsel som föreskrivs i BEN och Sveby baseras utdaterade och bristfälliga källor. Se vidare beräkningsexempel i bilaga avsnitt 9.4.
3. **Konsekvenser av ny hushållsel-schablon vid energiuppföljning och normalisering.** En studie som utreder konsekvenserna av hur en ny schablon för hushållselanvändning, baserat på underlag i denna studie, kan tänkas påverka resultaten vid normalisering av uppmätt energianvändning till uppvärmning enligt BEN. Om en ny lägre schablon föreskrivs i BEN och Sveby innebär det att normalisering på grund av avvikande hushållselanvändning troligen kommer utföras i mindre utsträckning inom branschen, vilket indirekt skulle kunna innebära en skärpning i krav på uppmätt energianvändning på olika orter i Sverige om byggnaden skall verifieras genom mätning.
4. **Sammanställning av mätdata från projekt med undermätning av komfortgolvvärme i flerbostadshus.** När ett tillräckligt stort statistiskt mätunderlag finns tillgängligt, bör denna data sammanställas och analyseras. Helst ska komfortgolvvärmen undermäts under ett antal mätår samt på olika orter, från norra till södra Sverige i syfte att se effekten av komfortgolvvärmens energianvändning på grund av effektiviserande åtgärder, brukande, ort, samt kalla och varma år.
5. **Tappvarmvatten i nybyggda och äldre flerbostadshus.** Även tappvarmvattenanvändningen ser ut att ligga lägre än förespråkad schablon i Sveby och BEN i nybyggda flerbostadshus. Den föreslagna studien skulle kunna ha ett liknande upplägg som denna studie, samt undersöka effekterna av användandet av A-klassade tappvarmvattenarmaturer.

8. Referenser

- 1 Boverket (2006), Boverkets byggregler, BFS 2006:12 – BBR 12
- 2 Boverket (2011), Boverkets byggregler, BFS 2011:26 – BBR 19
- 3 Boverket (2016), Boverkets byggregler, BFS 2016:13 – BBR 24
- 4 EU (2010), EPBD Recast (Directive 2010/31/EU)
- 5 SVEBY (2012), Brukarindata bostäder - Version 1.0, 2012-10-10
- 6 Boverket (2017), Boverkets byggregler, BFS 2017:6 - BEN-2
- 7 Berggren et al (2017), Two Methods for Normalisation of Measured Energy Performance— Testing of a Net-Zero Energy Building in Sweden, Buildings
- 8 Janson (2010), Passive houses in Sweden - From design to evaluation of four demonstration projects
- 9 Bagge et al. (2015), Brukarrelaterad energianvändning av hushållsel och tappvarmvatten
- 10 Bagge et al. (2018), Brukarnas påverkan på energianvändning och effektbehov i NNE-byggnader
- 11 Levin, Per (2009), Anvisningar för val av brukarindata för beräkning av specifik energianvändning i bostäder, SBUF 11998.
- 12 Stockholms stads LIP-kansli, 2002, Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag.
- 13 Elmroth, A., 2007, Energihushållning och värmeisolering. Byggvägledning 8. Svensk Byggtjänst, Stockholm
- 14 Ekholm, F, Opublicerad rapport, Konsumentverket, 2003.
- 15 Henriksson, KÅ., Kellner, J. ”Energistatistik för bostadshus i Stockholm stad uppförda 1995- 2002. Mätperiod 1 april till 30 mars”, Opublicerad rapport, 2005.
- 16 Boverket (2017), Boverkets byggregler, BFS 2016:13 – BBR 25
- 17 Boverket (2019), Boverkets byggregler, remiss, BFS 2020:xx
- 18 Boverket (2016), Gränsdragningslista, Diariernr: 1690/2016, Promemoria
- 19 Zimmerman, Jean-Paul. (2009). End-use metering campaign in 400 households in Sweden, Assesment of the Potential Electricity Savings (ss. 341). www.energimyndigheten.se.
- 20 Bagge H (2007), Energy Use in Multi-family Dwellings – Measurements and Methods of Analysis, Building Physics LTH, Lund University, Sweden
- 21 Antell, M (2013), En jämförelse mellan uppmätt och framräknad A-Temp, Exmensarbete, Institutionen för teknikvetenskaper, Byggnadsfysik, Uppsala universitet.
- 22 Bagge, H., Lindstril, L., Johansson D., (2012), Brukarrelaterad energianvändning, Resultat från mätningar i 1300 lägenheter, LÅGAN, KBAB, SBUF, SBUF: ID 12410

Skanska Teknik

Publik information

- 23 Blight, Thomas S., & Coley, David A. (2013). Sensitivity analysis of the effect of occupant behaviour on the energy consumption of passive house dwellings. *Energy and Buildings*, 66, 183-192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.06.030>
- 24 Hopfe, Christina J., & Hensen, Jan L. M. (2011). Uncertainty analysis in building performance simulation for design support. *Energy and Buildings*, 43(10), 2798-2805. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.06.034>
- 25 Burke, Stephen., Kronwall, Johnny., Wiktorsson, Magnus., & Sahlin, Per. (2017). Beräkningsmetod för sannolik energianvändning i bostadshus. I SBUF (Red.), SBUF: ID 13074. www.sbuf.se.
- 26 Gunay, H. Burak, O'Brien, William, Beausoleil-Morrison, Ian, Goldstein, Rhys, Breslav, Simon, & Khan, Azam. (2014). Coupling stochastic occupant models to building performance simulation using the discrete event system specification formalism. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(6), 457-478.
- 27 Bladh, M., "Hushållens elförbrukning – storlek och trender", Elan-projektet, April 2005.
- 28 Stockholms stads LIP-kansli, 2002, Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY). Anbudsunderlag.
- 29 Ekholm, F, Opublicerad rapport, Konsumentverket, 2003.
- 30 Henriksson, KÅ., Kellner, J. "Energistatistik för bostadshus i Stockholm stad uppförda 1995- 2002. Mätperiod 1 april till 30 mars", Opublicerad rapport, 2005.
- 31 Bennich, P. "Förbättrad energistatistik i bebyggelsen – Mätning av hushållsel i 400 bostäder", Energimyndigheten, opublicerad, 2007.
- 32 Svensson och Käberger, 1991, "Handla el-effektivt", Naturskyddsföreningen ISBN: 91 558 7641 2
- 33 Eriksson, J., Wahlström, Å. "Reglerstrategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus", ISBN 91-7848-858-3, ISSN 1650-1489, *En rapport från EFFEKTIV 2001:04*, in Swedish, 2001.
- 34 Lövehed Li. 1995, "Villa '95 ett yt- och energisnålt enfamiljshus", Lunds universitet, Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Rapport TABK -95/3029.
- 35 Elmroth, A., 2007, Energihushållning och värmeisolering. Byggvägledning 8. Svensk Byggtjänst, Stockholm
- 36 Nilsson, F., Westberg, F. (2012), *Energianvändning i lågenergihus - analys av mätningar från 97 lägenheter med passivhusteknik*. Examensarbete, Division of Building Services,
- 37 Energimyndigheten, Energiläget 2017, Rapport, Oktober 2017: Länk: <file:///C:/Users/WestinR/Downloads/Energil%C3%A4get%202017.pdf>
- 38 Energimyndigheten, Energiläget i siffror 2019, Exceldatablad, Länk: <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/Nu-finns-siffror-pa-energilaget-i-Sverige/>
- 39 Energimyndigheten, Energimärkning – 20 år i konsumentens tjänst (2016), jubileumsskrift, Länk: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?resourceId=109658>

Skanska Teknik

Publik information

- 40 Dupret, M., Zimmerman, JP., Electricity consumption of cold appliances, washing machines, dish washers, tumble driers and air conditioners. On-site monitoring campaign in 100 households. Analysis of the evolution of the consumption over the last 20 years.
- 41 EQUA Simulation AB. *EQUA Simulation AB*. 2016 [cited 2019; Available from: <http://www.equa.se/en/>].
- 42 Kempe, Per, Öka möjligheten att byggnad uppfyller energiprestanda/ primärenergital, LinkedIn-artikel, 2019. Länk: <https://www.linkedin.com/pulse/%C3%B6ka-m%C3%B6jligheten-att-byggnad-uppfyller-energiprestanda-per-kempe/>
- 43 Bring, Johan, *Belysningsel i bostäder och lokaler, 2018, underlagsrapport belysningsutmaningen, 2018*

9. Bilagor

9.1. Gränsdragning fastighetsel, hushållsel inom byggnaden samt hushållsel utom byggnaden

Svebys gränsdragningslista för fastighetsel och hushållsel med hushållselen uppdelad inom och utom byggnaden. Hushållsel inom byggnaden kan användas för normalisering av byggnadens uppmätta värmebehov.

Gränsdragning flerbostadshus	Fastighetsel	Hushållsel inom byggnad	Hushållsel utom byggnad (Övrig elanvändning)
El för apparater i bostäder, exempelvis diskmaskin, tvättmaskin, torkapparat (även i gemensam tvättstuga), spis, kyl, frys, och andra hushållsmaskiner, datorer, TV och annan hemelektronik, verktyg och dyligt.		x	
Golvvärme, handdukstork eller annan apparat i våtrum avsedd för uppvärmning.	x		
Handdukstork eller annan apparat i våtrum, (dock ej golvvärme, skärpt tolkning enligt BBR 16) med annat primärt syfte än uppvärmning (exempelvis handdukstorkning) och där rummet har annan värmare för uppvärmning eller ligger centralt, utan kylande ytor mot kallare utrymmen eller mot det fria.		x	
Infravärme på balkong, inglasad balkong, loggia, terrass eller uteplats som installerats av hyresgäst eller brukare.			x
Motorvärmare på parkeringsplats.			x
Tvätt gemensamhetstvättstuga belägen i byggnaden. Elanvändning vars enda funktion är tvätt för boende i fastigheten.		x	
Forcering av spiskåpa. Ökad elenergi till fläkt vid forcering av spis- kåpan i anslutning till matlagning eller annan aktivitet.		x	
Utebelysning avsedd att lysa upp byggnadens fasad eller entréer som är gemensamma för flera lägenheter (även om ljuskällan är placerad på ett avstånd från byggnaden).	x		
Utebelysning som belyser utrymmet under större skärmtak	x		
Utebelysning vars funktion är att lysa upp området kring byggnaden, men inom fastigheten (gårdsbelysning).			x
Utebelysning på byggnadens fasad vid entréer till enskilda lägenheter och deras balkonger, uteplatser, terrasser etc.			x

Skanska Teknik

Publik information

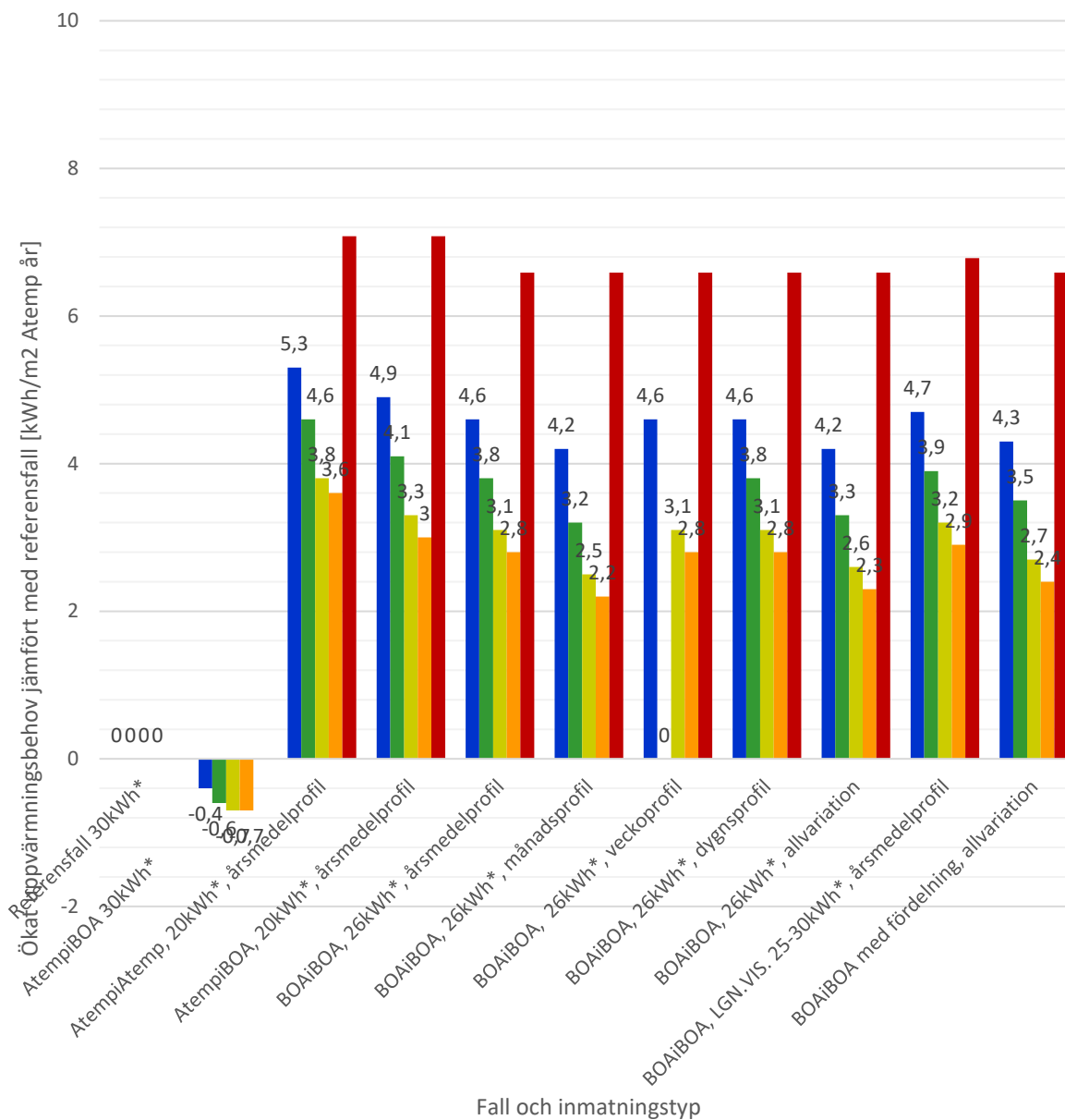
Belysning inomhus i bostadslägenheter och lokallägenheter.		x	
Belysning inomhus i gemensamma utrymmen som trapphus och källare.	x		
Belysning inomhus i gemensamma utrymmen som tvättstuga och förråd.	x		
El till hiss och hissbelysning	x		
Elvärme i hängrännor, stuprör och dagvattenbrunnar i tak eller terrasser, avsedda att förhindra isbildning.	x		
Värmekabel i mark, avsedd för snösmältning, frysskydd för ledning eller liknande.			x
El till pool eller bassäng inomhus avsedd för privat bruk eller en hyresgäst.		x	
El till pool eller bassäng inomhus avsedd för allmänhet eller flera hyresgäster.		x	
El till pool eller bassäng utomhus avsedd för privat bruk eller en hyresgäst.			x
El till pool eller bassäng utomhus avsedd för allmänhet eller flera hyresgäster.			x
El till bastuaggregat		x	
El till laddstolpar till elbilar*			x

*hämtad från boverkets gränsdragningslista

9.2. Resultatdiagram fallstudier flervåningshus med KL-trästomme

Flerbostadshus med åtta våningar, trästomme & 30 lägenheter.

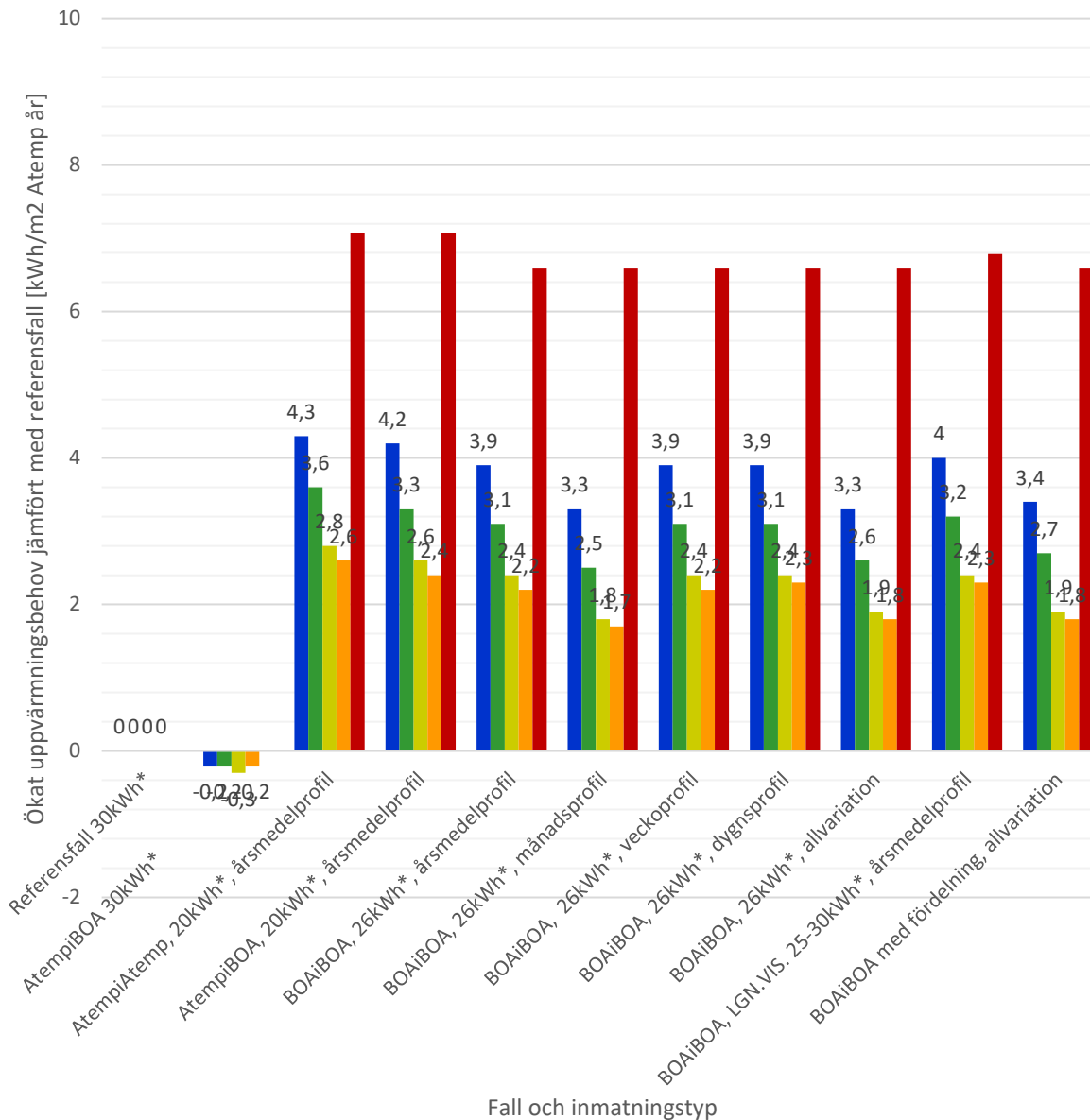
Ökat uppvärmningsbehov jämfört med referensfall



- Kiruna
- Umeå
- Stockholm
- Malmö
- Minskad mängd hushållsel frigjord i modell jämfört med referensfall

9.3. Resultatdiagram fallstudier flervåningshus med lägre U-medel

Flerbostadshus med lägre U-medel och fönsterandel åtta våningar, betongstomme & 30 lägenheter.
Ökat uppvärmningsbehov jämfört med referensfall



- Kiruna
- Umeå
- Stockholm
- Malmö
- Minskad mängd hushållsel frigjord i modell jämfört med referensfall

9.4. Beräkningsexempel internvärme från hushållselanvändning

Ar 2008

	Hushållselanvändning per lägenhet Innan spårätgärder [kWh]
Kyl och frys	720
Belysning	630
Mattlagning och disk	510
Tvätt och tork	210
Stereo	60
TV	150
DVD VCR etc	60
PC o dyl	270
Ovrigt	60
"Not followed"	330
Total utan effektivisering	3000

Antagande:	Antagen procent som vädras bort p.g.a. övertemperatur under uppvärmningssäsongen
Andel som frigörs som värme i zonen	100%
	100%
	35%
	15%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%

Energi som frigörs i byggnadens zoner innan spårätgärder [kWh]
720
630
179
32
60
150
60
270
60
330
2490

Att jämf mot Sveby 70 % → 83%

Ar 2017??

	Sparpotential (~Zimmerman, 2009)	Hushållselanvändning Efter spårätgärder [kWh]
Kyl och frys	-400	320
Belysning	-300	330
Mattlagning och disk	-50	460
Tvätt och tork	-50	160
Stereo	-30	30
TV	-70	80
DVD VCR etc	-20	40
PC o dyl	-80	190
Ovrigt	0	60
"Not followed"	0	330
Total utan effektiviseringar	-1000	2000

Antagande:	Antagen procent som vädras bort p.g.a. övertemperatur under uppvärmningssäsongen
Andel som frigörs som värme i zonen	100%
	100%
	35%
	15%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%
	100%

Energi som frigörs i byggnadens zoner efter spårätgärder [kWh]
320
330
161
24
30
80
40
190
60
330
1565

Att jämf mot Sveby 70 % → 78%