



Förenklad metod för energideklarering av småhus

LÅGAN Rapport
Februari 2026

Maria Jangsten
Mette Lager
Åsa Wahlström



Förord

En omfattande energieffektivisering i småhussektorn är avgörande för att nå klimatmålen, stärka elförsörjningen och förbättra småhusägares ekonomi. Samtidigt utgör höga kostnader för energideklarationer ett hinder för storskaliga renoveringar, särskilt då verifiering med mätdata krävs enligt EU:s taxonomiförordning och EPBD. En förenklad metod för att fastställa energiprestanda, utan platsbesök, skulle kunna minska kostnaderna och underlätta upprepade deklarerationer vid energieffektiviseringsåtgärder. I detta projekt har elva småhusägare bidragit med förbrukningsdata för el, vatten och fjärrvärme som har utgjort underlag för analysen och den föreslagna förenklade metoden för energideklarerationer. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och Maria Jangsten, CIT Renergy, har varit projektledare.

Göteborg, februari 2026



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket **LÅG** energi**AN**vändning) är Energimyndighetens nätverk som samlar Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Installatörsföretagen, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter. LÅGAN stöttar även regionala nätverk inom energieffektivisering och byggande av lågenergibygnader.

Genom en samlad entreprenörskompetens främjas utvecklingen av nya energieffektivare tekniker, produkter, metoder, system och tjänster för marknadsintroduktion av nya och renoverade resurseffektiva byggnader med låg klimatpåverkan under hela dess livscykel. Inom samverkan skapas gemensamma projekt, studier och kunskapsöverföring, för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

Allt material från LÅGAN finns tillgängligt på www.laganbygg.se

Sammanfattning

Syftet med denna förstudie har varit att teoretiskt undersöka möjligheten att förenkla genomförandet av en energideklaration för småhus genom att använda metoden effektsignatur, utan krav på platsbesök. Målet har varit att undersöka om en teoretisk beräkningsmodell kan användas för att fastställa årlig energianvändning för uppvärmning, baserat på mätdata för el- och fjärrvärme som kan erhållas från energibolagen, samt att föreslå en förenklad metod för energideklarationer som leder till liten variation i resultat mellan olika energiexperter.

Projektet har genomförts som en teoretisk förstudie, dels genom simuleringar i energiberäkningsprogrammet BV², dels genom analys av insamlad mätdata från el- och fjärrvärmeanvändning från elva småhus med olika uppvärmningssystem. Resultaten visar att metoden effektsignatur kan användas tillsammans med husets balanstemperatur och graddagar för att beräkna energi till uppvärmning och på så vis särskilja denna från övrig energianvändning.

Resultat från genomförd analys med metoden effektsignatur har jämförts med resultat från genomförandet av en begränsad energideklaration enligt gängse praxis i tre av småhusen. Lutningen på effektsignaturen (värmeförlustfaktorn) används i beräkningen av energi för uppvärmning och resultatet är därför inte helt avgörande av valda schabloner för energi till varmvatten och hushållsel som i energideklarering enligt gängse praxis. Eftersom de schabloner som används idag bestäms till stor del av den certifierade energiexperten, skulle en metod baserat på effektsignatur ge en mer transparent och systematisk uppskattning av husets energi för uppvärmning. Dessutom har beräkningen med effektsignatur potential till att automatiseras och en energideklaration skulle därmed kunna upprättas till låg kostnad. Dock kan det konstateras att ett inledande platsbesök ändå kommer att behövas.

I rapporten föreslås en förenklad metod för energideklarering som dels kan användas första gången en byggnad energideklareras, men där platsbesök behövs, och dels kan genomföras utan platsbesök vid en upprepad energideklaration, exempelvis efter genomförande av en energirenovering. I båda fall kan effektsignatur användas för att ta fram en transparent energiprestanda på ett enkelt och kostnadseffektivt sätt och som kommer att vara lika oavsett vilken energiexpert som utför deklarationen.

För att öka metodens tillförlitlighet krävs dock viss vidareutveckling. Detta eftersom resultaten påverkas av faktorer som närvaro i huset, innetemperatur och hushållsel, vilket kan leda till variation i balanstemperatur och värmeförlustfaktor.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål.....	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Genomförande.....	2
2	Teori.....	3
2.1	Energiprestanda och dagens energideklaration	3
2.2	Effektsignatur	5
2.3	Graddagar och beräkning av energi för uppvärmning.....	7
3	Beräkningsmodell i BV^2	8
3.1	Typhus.....	8
3.2	Resultat effektsignatur olika klimatskal.....	8
3.3	Känslighetsanalys av beteenderelaterade parametrar.....	10
4	Analys av befintliga småhus.....	14
4.1	Insamling av mätdata	14
4.2	Upplösning på data	15
4.3	Effektsignatur för 11 småhus	16
4.4	Egenproducerad solcellsel	25
4.5	Utetemperaturdata	26
5	Diskussion angående metodutveckling	27
5.1	Värdering av R^2 -värdet	27
5.2	Fastställande av balanstemperatur.....	27
5.3	Avvikande punkter.....	29
5.4	Automatiserad metod för att identifiera balanstemperaturen	29
5.5	Jämförelse med energisignatur	31
6	Genomförande av begränsad energideklaration enligt gängse praxis.....	34
6.1	Metod.....	34
6.2	Resultat.....	35
6.3	Diskussion angående metod enligt gängse praxis	36
7	Jämförelse mellan begränsad energideklaration enligt gängse praxis och metod med effektsignatur	37
8	Förslag på förenklad metod	40
9	Diskussion och slutsatser	41
10	Förslag till fortsatta arbete	43

10.1	Verifierande mätningar	43
10.2	Nästa steg	43
11	Referenser	45

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En storskalig energieffektivisering i småhussektorn är nödvändig både för att klara våra klimatmål och för försörjningstryggheten av el framöver, men också för att förbättra småhusägarnas ekonomiska situation och öka energiförsörjningstryggheten generellt. EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD) har fastställts och vi behöver nu mobilisera insatser med olika strategier om hur vi ska kunna nå minst 16 procent energieffektivisering i småhussektorn. Verifiering med uppmätta data är en viktig faktor för trovärdig energiprestanda t.ex. i taxonomiförordningen och CSRD redovisningen. Det kommer att krävas mycket omfattande åtgärder i det existerande byggnadsbeståndet om målen för EPBD ska nås för småhussektorn. Samtidigt finns det en stor potential att frigöra elkapacitet de kallaste vinterdagarna från småhussektorn till andra ändamål.

Endast ca 20 procent av Sveriges småhus har en giltig energideklaration, och många av de småhus som är energideklarerade har en energideklaration som är äldre än 5 år. Vid energirenovering kan en investering klassas som "grön" enligt taxonomiförordningen om det via mätning kan verifieras att ett småhus kommer ned till topp 15 procent bästa av småhusbeståndet, alternativt 30 procent förbättring av energiprestandan. Det skulle i praktiken innebära att det krävs två energideklarerationer, en före och en efter genomförda åtgärder. Dessutom, om de förväntade energibesparingskraven inte skulle uppnås under första året efter genomförda åtgärder kan ytterligare verifieringar behövas året efter. Det innebär i så fall att ytterligare en energideklaration behöver tas fram.

Inom den exportpool som drivs i samarbete mellan LÅGAN och BeSmå har det identifierats att kostnaden för genomförande av energideklarerationer är ett omfattande hinder för en storskalig energirenovering av småhussektorn. Företrädare för bank- och finanssektorn menar att beviljande av "förmånligare" lånevillkor behöver verifieras genom energideklarerationer för att undvika risk för "greenwash" och snedvriden konkurrens mellan banker. Det finns en risk att kostnaderna för att ta fram dessa upprepande energideklarerationer kommer att stjälpa lönsamheten i energieffektiviseringsåtgärderna.

Energideklarationen har idag två funktioner: 1) att fastställa en byggnads energiprestanda, 2) att föreslå kostnadseffektiva energiåtgärder. Att fastställa en byggnads energiprestanda för småhus skulle kunna genomföras av en energiexpert med en enklare analys utan platsbesök, och på så vis minska kostnaderna för genomförandet av energideklarationen och framförallt för att ta fram en uppdaterad energideklarationen efter genomförda energieffektiviseringsåtgärder. Grunden för tillvägagångssätt för hur en energiexpert upprättar en energideklaration togs fram kring år 2006 och har sedan utvecklats genom åren. En stor skillnad från det ursprungliga förfarandet är att de ordinarie energimätarna för el och fjärrvärme i småhus idag är fjärravlästa och timvisa data kan enkelt laddas ned från energibolaget för de senaste åren. Det här ger nya möjligheter där en dataanalys skulle kunna genomföras baserat på effektsignatur för att fastställa en byggnads energiprestanda.

Om det är möjligt att använda metoden effektsignatur utan platsbesök och samtidigt bibehålla eller förbättra kvaliteten jämfört med gängse metoder vid upprättande av energideklarerationer

finns stora möjligheter att minska kostnaderna (både tid och pengar) för att fastställa energiprestanda för ett småhus.

1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att teoretiskt undersöka om man kan förenkla genomförandet av en energideklaration för ett småhus, avseende den del som fastställer byggnadens energiprestanda. Detta genom att använda metoden effektsignatur utan platsbesök och samtidigt bibehålla kvalitet jämfört med gängse metoder vid upprättande av energideklarationer.

Mål för förstudien är att:

- Ta fram en beräkningsmodell för fastställande av energiprestanda baserat på energianvändningsdata för el och fjärrvärme och metoden effektsignatur.
- Testa metoden på ett antal småhus för att analysera om det är möjligt att bibehålla, eller kanske till och med förbättra, kvalitet på resultaten jämfört med gängse metoder vid upprättande av energideklarationer.
- Ta fram förslag på en förenklad metod för hur en energideklaration kan genomföras som säkerställer liten variation i kvalitet och resultat mellan olika genomförda energideklarationer.

1.3 Avgränsningar

De värden i energideklarationen som berör varmvatten, hushållsel och fastighetsel kommer inte att utredas närmre i denna studie då förutsättningarna är att dessa justeras för normalt brukande enligt befintliga schabloner. Studien kommer heller inte utreda hur del två av energideklarationer, vilka innehåller förslag på kostnadseffektiva åtgärder, kan förbättras.

1.4 Genomförande

Studien har genomförts teoretiskt genom analys av energidata från verkliga småhus och baseras på följande moment:

1. Litteratursökning avseende befintliga metoder, modeller och begrepp.
2. Framtagande av teoretisk beräkningsmodell i BV^2 för att undersöka hur en effektsignatur påverkas av olika klimatskal och beteenderelaterade parametrar.
3. Insamlande av energi- och vattenanvändningsdata från ett antal småhus.
4. Framtagande av en metod för effektsignatur där uppvärmning kan särskiljas från övrig energianvändning utifrån insamlade mätdata.
5. Genomförande av känslighetsanalys för beteenderelaterade parametrar så som innetemperatur, hushållsel etc. för att ta reda på hur stort felet blir om man inte har korrekt information om detta.
6. Genomförande av den begränsade energideklaration enligt gängse praxis, för ett antal av de småhus som mätdata samlades in från, för att på så vis kunna jämföra resultat från den begränsade metoden enligt gängse praxis med metoden baserad på effektsignatur.
7. Förslag på ny metod för att upprätta en energideklaration tas fram genom att analysera och jämföra resultaten från punkt 4 till 6.
8. Förslag på kravspecifikation när metoden kan användas och eventuella mätare som är erforderliga.

2 Teori

I detta kapitel presenteras inledningsvis hur småhus energiprestanda fastställs med dagens metoder för energideklarering av småhus. Därefter presenteras teori kring effektsignatur, balanstemperatur samt graddagar och hur den används för att beräkna energi för uppvärmning. Informationen i kapitel 2.1 är hämtad från Boverkets hemsida (Boverket, 2022), den digitala utbildningen Energilyftet (Energimyndigheten, 2022) samt erfarenhet från projektteamet.

2.1 Energiprestanda och dagens energideklaration

Enligt Boverkets regler används idag olika energiklasser för energimärkning av byggnader. Energiklassen för en viss byggnad återfinns i byggnadens energideklaration. En energideklaration är ett dokument som tas fram genom att en certifierad energiexpert genomför en energibesiktning av en byggnad. Syftet med energimärkning av byggnader är dels att på ett enkelt vis kunna beskriva byggnaders energiprestanda, dels att det ska gå att jämföra olika byggnader med varandra. Genom att använda normaliserad och normalårskorrigerad energianvändning samt viktnings- och justeringsfaktorer ska det vara möjligt att jämföra olika hus med varandra oberoende av exempelvis var de ligger i Sverige eller vilka som för tillfället bor i byggnaden. En certifierad energiexpert har verifierad kunskap om hur en byggnad ska energideklarerats och det ska därmed bli samma resultat oavsett vilken certifierad expert som genomför energideklarationen.

Energiprestanda bestämmer energiklass

Energiklassen i energideklarationen ska beskriva en byggnads energiprestanda på en skala från A till G. Energiklass A innebär en byggnad med låg energianvändning och därmed en bättre energiprestanda och G innebär en byggnad med hög energianvändning och därmed en sämre energiprestanda. En byggnad som har en energiprestanda som motsvarar det krav som ställs på ett nybyggt hus idag får energiklass C. Både energiklass A och B kan betraktas som lågenergibygnader.

I svenska regler används primärenergital (kWh/m^2 , år) för att beskriva en byggnads energiprestanda som baseras på byggnadens energianvändning. Byggnadens energianvändning är den energi som vid normalt brukande under ett normalår behöver levereras till byggnaden för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras i byggnaden eller på dess tomt och används till byggnadens uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och fastighetsenergi räknas inte med i byggnadens energianvändning. Övrig energi, utöver det som nämnts, benämns som hushållsenergi och ingår därför inte i byggnadens energianvändning. Primärenergitalet ska vara ett sammanvägt mått på en byggnads byggnadstekniska och installationstekniska egenskaper, därav ingår inte hushållsenergi.

Ibland kan det vara svårt att avgöra vilken energianvändning som ingår i en byggnads energianvändning. Därav har Sveby och Boverket i samverkan arbetat fram en gränsdragningslista (Boverket, 2016) som ska fungera som stöd. Där framgår exempelvis att golvvärme, handdukstork eller annan apparat i våtrum avsedd för uppvärmning ingår i byggnadens energianvändning. Handdukstork eller annan apparat i våtrum med annat primärt syfte än uppvärmning (såsom handdukstorkning) och där rummet har annan värmare för uppvärmning eller ligger centralt, utan kylande ytor mot kallare utrymmen eller mot det fria, ingår däremot inte. Dock ingår alltid golvvärme i byggnadens energianvändning oavsett dess syfte.

Primärenergitalet beräknas utgående från en byggnads energianvändning där energin till uppvärmning har korrigerats till normalt brukande, normalårskorrigerats samt korrigerats med en geografisk justeringsfaktor (F_{geo}). Byggnadens energianvändning för olika energibärare multipliceras sedan med energibärarens viktningsfaktor (VF) och divideras därefter med byggnadens tempererade area uttryckt i A_{temp} .

Primärenergitalet beräknas enligt ekvation (1) nedan:

$$EP_{pet}(kWh/m^2, \text{år}) = \frac{(\frac{E_{uppv}}{F_{geo}} + E_{kyl} + E_{tvv} + E_f) * VF}{A_{temp}} \quad (1)$$

där;

E_{uppv} är energi till uppvärmning (kWh/år), som ska korrigeras till normalt brukande samt normalårskorrigeras.

F_{geo} är geografisk justeringsfaktor

E_{kyl} är energi till komfortkyla

E_{tvv} är energi till tappvarmvatten (kWh/år), som skall korrigeras till normalt brukande

E_f är energi till fastighetsel (kWh/år)

VF är viktningsfaktor per energibärare, exempelvis 0,7 för fjärrvärme och 1,8 för el

A_{temp} är byggnadens tempererade area (m^2).

Innehåll i dagens energideklaration

En energideklaration för ett småhus innehåller information om:

- byggnadens energiklass
- byggnadens primärenergital som beskriver byggnadens energiprestanda
- nybyggnadskrav uttryckt som primärenergital
- specifik energianvändning
- energianvändning för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel där uppvärmning och tappvarmvatten justerats till normalt brukande
- uppgifter om byggnadens uppvärmningssystem och ventilationssystem
- uppgifter om solceller eller solfångare
- byggnadens uppvärmda area, kallad A_{temp}
- byggnadens radonvärde, om sådan mätning är utförd
- kostnadseffektiva åtgärdsförslag, för att minska energianvändningen, om energiexperten har föreslagit sådana. Åtgärder ska föreslås av energiexperten om byggnadens energiprestanda kan förbättras med beaktande av en god inomhusmiljö och utföras kostnadseffektivt.
- vilken energiexpert som utfört energideklarationen.

Normalisering och normalårskorrigerings av energianvändning

Vid upprättande av en energideklaration är huvudregeln att utgå från uppmätta värden (i vissa fall kan det göras genom beräkning). En byggnads energiprestanda ska enligt byggregler och

energideklarationsregler beskriva byggnadens tekniska egenskaper och inte hur de boende använder byggnaden. Därav behöver de uppmätta värdena korrigeras till normalt brukande för att bedöma byggnadens energiprestanda. Avsikten är att den fastställda energiprestandan inte ska påverkas av de som bor i huset och på så sätt ska energiprestanda kunna jämföras med andra byggnader. Exempel på direkt energianvändning som är knutet till de boendes beteende och brukande är tappvarmvatten och inomhustemperatur. Indirekt har också de boendes hushållselanvändning inverkan på byggnadens energiprestanda. Därav behöver energianvändningen som ligger till grund för byggnadens energiprestanda normaliseras för inomhustemperatur, tappvarmvattenanvändning och hushållselanvändning.

För att fastställa den energianvändning som ligger till grund för beräkning av primärenergitalet ska energiexperten följa Boverkets föreskrifter om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och normalår, BEN (Boverket, 2018). Föreskriften innehåller två olika metoder för fastställande av en byggnads energianvändning, en genom beräkning (används endast om mätdata saknas) och en genom mätning. I föreskriften definieras vad som är ett normalt brukande samt metod för att normalisera uppmätta värden så att de motsvarar normalt brukande. Därutöver definieras hur energianvändningen korrigeras så att den beskriver energianvändningen under ett klimatmässigt normalår. Det betyder att den uppmätta energin till uppvärmning (E_{uppv}) ska normalårskorrigeras genom justering som beror på om utomhustemperaturen har varit varmare eller kallare än normalt under mätperioden. Den certifierade energiexperten ansvarar för att energianvändningen normaliseras till normalt brukande på ett korrekt vis men inte för normalårskorrigeringen som görs automatiskt i energideklarationsregistreringen.

För att upprätta en energideklaration anger energiexperten i Boverkets formulär för energideklarationer slutligen energianvändning knuten till normalt brukande och tidsperiod för de mätdata som ligger till grund för energianvändningen. Beräkningen av energiprestanda, inklusive normalårskorrigerings, sker sedan automatiskt i formuläret.

2.2 Effektsignatur

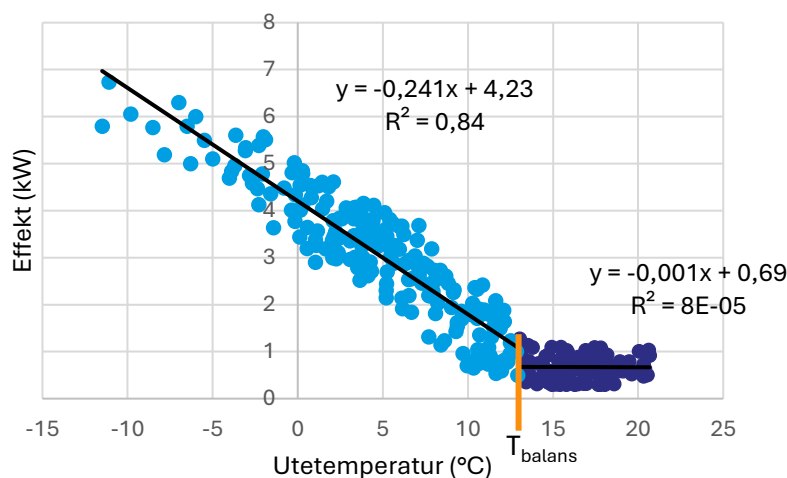
Energisignatur eller effektsignatur är en väletablerad metod för att analysera en byggnads energi- eller effektbehov i förhållande till utetemperaturen (ASHRAE, 2002) (Fumo N., 2015). För effektsignatur plottar man först byggnadens effektanvändning mot utetemperaturen. Därefter tas effektsignaturen fram genom räta linjens ekvation där lutningen på effektsignaturen motsvarar husets värmeförlustfaktor i $\text{W}/^\circ\text{C}$ (Nordström, 2014) enligt:

$$P = P_0 + K \cdot T_{\text{ute}} \quad (2)$$

Där P (Watt) är husets effektanvändning, P_0 (Watt) är den effekt som behövs vid 0°C ute, K ($\text{W}/^\circ\text{C}$) är husets värmeförlustfaktor och T_{ute} ($^\circ\text{C}$) är utetemperaturen, se exempel på effektsignatur i Figur 1.

Effektsignaturen kan delas in i två delar, med en brytpunkt som separerar dessa delar. Brytpunkten kallas för husets balanstemperatur. För utetemperaturer lägre än balanstemperaturen (till vänster om T_{balans} i Figur 1) behövs uppvärmning och husets effektbehov är således utetemperaturberoende. För utetemperaturer högre än balanstemperaturen (till höger om T_{balans} i Figur 1) är effektbehovet istället konstant och inte beroende av utetemperaturen (Fransson, 2014). Denna del av effektsignaturen kallas för baslast och består av hushållsel, fastighetsel och energi till varmvatten.

Exempel på effektsignatur för ett småhus



Figur 1: Exempel på effektsignatur för ett småhus.

Värmeförlustfaktorn, som är lutningen på effektsignaturen, motsvarar den effekt som huset behöver per grad utetemperatur. För att beräkna husets värmeförlustfaktor måste baslasten först exkluderas. Detta görs genom att identifiera husets balanstemperatur och dela upp effektsignaturen i två delar. För utetemperaturer lägre än husets balanstemperatur föreligger ett uppvärmningsbehov och det är de datapunkter som värmeförlustfaktorn beräknas utifrån. Baslasten är icke-utetemperaturberoende och har lutning på ca 0 W/°C (se Figur 1). Baslasten påverkar inte lutningen på effektsignaturen men kommer förskjuta effektsignaturen uppåt eller nedåt i y-led.

Att anta att energin för varmvatten inte är temperaturberoende och därav har lutning 0 W/°C kan dock i vissa fall vara en förenkling av verkligheten. Detta då det finns studier som har visat att den energi som används till varmvatten är högre på vintern än på sommaren. Det beror dels på att inkommande kallvatten har en lägre temperatur då utemperaturen är lägre, dels att mer och varmare varmvatten används på vintern (Aronsson, 1996) (I. Meireles, 2022). Energin till varmvatten får således också ett temperaturberoende och lutningen borde därav inte vara strikt 0 W/°C. Samtidigt blir dock denna utetemperaturberoende del för varmvattenanvändningen mindre betydelsefull vid utetemperaturer högre än husets balanstemperatur, som beroende på husets energiklass, är mellan ca 10-17 °C. Balanstemperaturen kommer även att variera beroende på beteenderelaterade parametrar så som innetemperatur och interna värmetillskott från personer och hushållsel, utöver klimatskalets byggnadstekniska egenskaper.

Även om baslasten primärt inte är för uppvärmning, bidrar den ändå till att värma upp huset. Detta då ca 20% av energin för varmvattenberedning och 70–80% av hushållselen är förluster som bidrar till uppvärmning av huset (Nordström, 2014).

I Figur 1 är även två så kallade R²-värden angivna för effektsignaturens två delar. R²-värdena är 0,84 respektive 0. Ett R²-värde visar hur väl den räta linjens ekvation passar dataunderlaget, vilket för en effektsignatur avser förhållandet mellan effekt och utetemperatur. Ekvationen för att beräkna R²-värdet definieras enligt:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Där y_i är det observerade värdet, $\hat{y}_i$ är ett värde förutsagt av modellen (räta linjens ekvation) och $\bar{y}$ är medelvärdet av alla y_i (observerade värden). R^2 innebär hur stor andel av variationen som modellen faktiskt fångar. Om $R^2=0$ så förklarar modellen ingenting, och om $R^2=1$ så förklarar modellen att all variation är perfekt, vilket innebär att alla datapunkter ligger på den räta linjen. Det är alltså rimligt att R^2 är 0 för den icke-utetemperaturberoende delen av effektsignaturen eftersom det då inte finns något samband mellan effekt och utetemperatur.

För hus med hög energianvändning och sämre energiklass är korrelationen mellan utetemperatur och effekt för uppvärmning stark och effektsignaturmodellen ger höga R^2 -värden. Detta för att de interna värmestillskotten och värmestillsförsel från solinstrålning är relativt små i relation till det totala energibehovet för uppvärmning. För lågenergihus å andra sidan, med höga U-värden tack vare ett bra klimatskal, får interna värmestillskott och värmestillsförsel från solinstrålning istället en stor inverkan på korrelationen mellan utetemperatur och effektbehov för uppvärmning. Detta leder till lägre R^2 -värden och gör det svårare att med metoden effektsignatur uppskatta klimatskalets prestanda (Fransson, 2014).

2.3 Graddagar och beräkning av energi för uppvärmning

Graddagar är en vedertagen metod för att beräkna energi för uppvärmning (Fransson, 2014) och definieras enligt följande:

$$GD = \sum_{d=1}^{365} \max(0, T_{balans} - T_{ute}(d)) \quad (4)$$

där GD är antal graddagar under året, T_{balans} är husets balanstemperatur (°C) och $T_{ute}(d)$ är dygnsmedelutemetemperaturen för dygn d , och $\max(0, .)$ innebär att om utomhustemperaturen är högre än balanstemperaturen är det noll graddagar för det dygnet.

En balanstemperatur på 17 °C är ett vanligt antagande för äldre hus (Fransson, 2014). Balaanstemperaturen för ett hus kommer dock att påverkas av antal personer i hushållet, hur mycket hushållsel som används och vilken innetemperatur man har, detta för att olika mycket internvärme genereras beroende på dessa beteenderelaterade parametrar. För att beräkna husets energi för uppvärmning så korrekt som möjligt är det därför viktigt att balanstemperaturen för det specifika huset används.

Årlig energi för uppvärmning beräknas med värmeförlustfaktorn från effektsignaturen, enligt Ekvation (2) och antal graddagar från Ekvation (4) enligt följande:

$$E_{uppv} = K \left(\frac{kW}{^{\circ}C} \right) \cdot GD(^{\circ}C \text{ dag}) \cdot 24 \left(\frac{h}{dag} \right) \quad (5)$$

Där E_{uppv} (kWh/år) är total årlig energi för uppvärmning, K (kW/°C) är husets värmeförlustfaktor och GD (°C dag) är antal graddagar under året.

Då den årliga energin för uppvärmning har beräknats enligt Ekvation (5) innebär det att den resterande delen av byggnadens uppmätta energianvändning utgör energi till tappvarmvatten och hushållsel.

3 Beräkningsmodell i BV²

Energiberäkningsprogrammet BV² har använts för att analysera hur effektsignaturen påverkas av två olika typer av klimatskal. Utöver detta har inverkan av följande beteenderelaterade parametrar undersökts genom en känslighetsanalys:

- innetemperatur
- hushållsel
- närvaro/frånvaro.

3.1 Typhus

Typhuset som har analyserats i BV² är ett 1-planshus med en boyta på 145 m² och geografisk placering i Göteborg. Två varianter av U-värden för klimatskalet analyseras, ett basfall och ett fall där åtgärder på klimatskärmen har genomförts, vilka redovisas i Tabell 1. Huset har ett vattenburet uppvärmningssystem med elpanna samt självdragsventilation med en antagen luftomsättning på 0,4 oms/h vilket motsvarar 0,26 l/s/m². För fallet med det förbättrade klimatskalet har en luftomsättning på 0,2 oms/h antagits vilket motsvarar 0,13 l/s/m². För varmvattenberedning har ett schablonvärde på 0,73 kW använts varav 14,3 % av värmeenergin till varmvattenberedning har antagits värma huset.

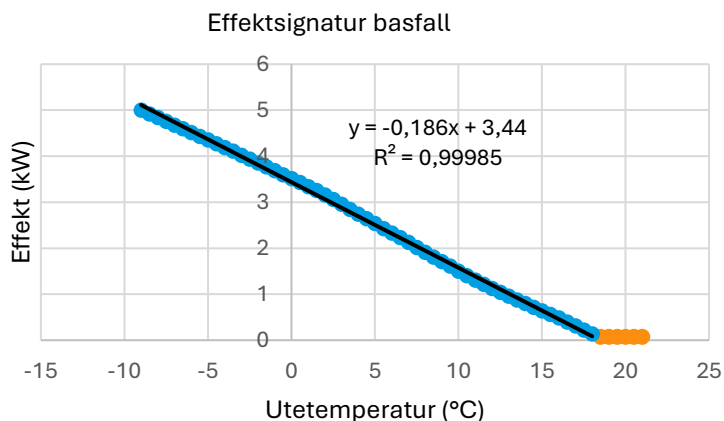
Tabell 1: Typhusets U-värden.

Byggnadsdel	U-värde basfall [W/m ² , K]	U-värde förbättrat klimatskal [W/m ² , K]
Yttervägg ¹	0,29	0,18
Fönster	2,20	1,00
Dörrar	1,87	1,87
Vind ¹	0,32	0,20
Bottenplatta ¹	0,37	0,37
¹ U-värde inkluderar 15 % påslag för köldbryggor		

För beräkningarna har inomhustemperatur 21°C, enligt normalt brukande i BEN (Boverket, 2018), använts. För hushållsel antas i basfallet 3,42 W/m², vilket motsvarar 30 kWh/m² per år enligt BEN, där 70 % av elanvändningen har antagits leda till internvärmestillskott enligt BEN. För närvaro i huset har ett schema antagits där 3,5 personer (som vardera avger 80 W) närvarar i huset mellan kl. 18:00 och 8:00 varje dag (vardagar och helger) och 0 personer har varit närvarande mellan kl. 8:00 och 18:00 enligt Svebys brukarindata (Sveby, 2024).

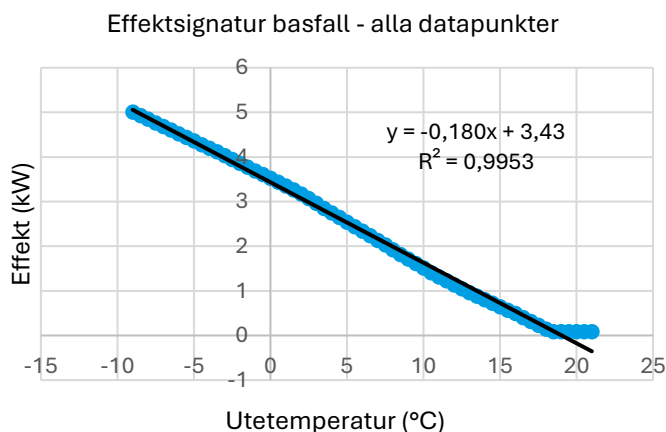
3.2 Resultat effektsignatur olika klimatskal

Beräkningsresultatet för effektsignatur kan ses i Figur 2. Typhuset har i detta fall U-värden enligt ”basfall” i Tabell 1.



Figur 2: Effektsignatur basfall. Svarta linjen är räta linjens ekvation med parametrarna inskrivna.

Effektsignaturen delas upp i två delar: en horisontell, icke-utetemperaturberoende del, och en utetemperaturberoende del. Lutningen på den del som är beroende av utetemperaturen motsvarar husets värmeförlustfaktor och ger en indikation på husets energiprestanda. I detta fall är den 186 W/°C. Den punkt som separerar den icke-utetemperaturberoende delen och den utetemperaturberoende delen kallas för husets balanstemperatur och motsvarar 18 °C i Figur 2. Den horisontella, icke-utetemperaturberoende delen kallas för baslast.

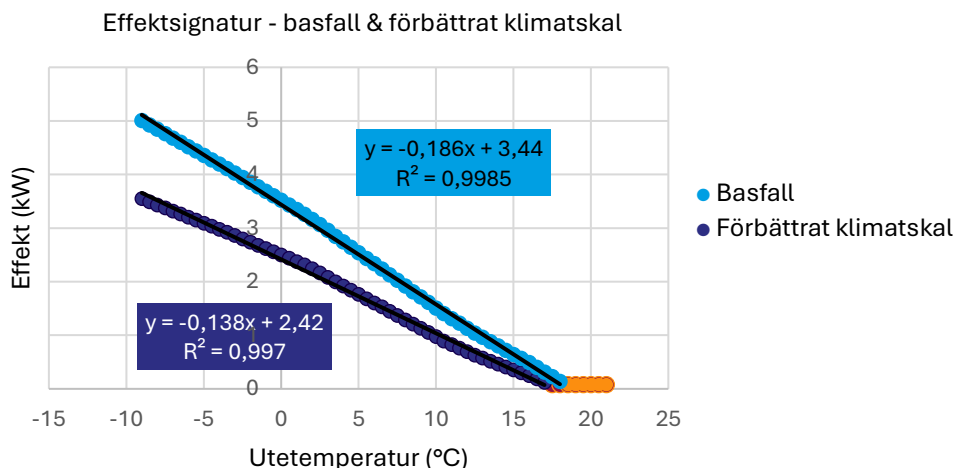


Figur 3: Effektsignatur för basfall för lutningen är beräknad på alla datapunkter.

I Figur 3 är effektsignaturen inte uppdelad i två delar, utan alla datapunkter är istället inkluderade för att beräkna lutningen. Detta resulterar i att värmeförlustfaktorn blir 180 W/°C istället för 186 W/°C. För att erhålla tillförlitliga resultat är det därför viktigt att effektsignaturen delas upp i två delar, och att endast den temperaturberoende delen används för att beräkna värmeförlustfaktorn. Annars kommer den icke-temperaturberoende delen att påverka lutningen, vilket resulterar i en felaktig bedömning av värmeförlustfaktorn.

Skillnaden i värmeförlustfaktor med eller utan baslast inkluderad är i dessa exempel endast 3 %. Detta beror på att enbart ett fåtal datapunkter har inverkan på lutningen (utetemperaturer högre än balanstemperaturen på 18 °C). Vid analys av effektsignaturer baserat på insamlad mätdata (se avsnitt 4.3) är antalet datapunkter för temperaturer högre än balanstemperaturen betydligt fler, och de icke-utetemperaturberoende datapunkterna skulle få en stor inverkan på lutningen om de inte exkluderades.

I Figur 4 visas effektsignaturen för typhuset både för basfall och för fallet med förbättrat klimatskal (se U-värden i Tabell 1). Med ett förbättrat klimatskal för väggar, fönster och tak (men övriga parametrar bibehållna) blir värmeförlustfaktorn 138 W/°C istället för 186 W/°C som för basfallet, vilket är en minskning med 26 %. Man kan också se i Figur 4 att effektsignaturen har förskjutits något i x-led mellan de två fallen. Balanstemperaturen med ett förbättrat klimatskal är 17 °C, jämfört med 18 °C för basfallet. Detta innebär att husets värmeförlustfaktor och balanstemperatur blir lägre och på så sätt bättre med ett förbättrat klimatskal.



Figur 4: Effektsignatur för basfall och förbättrat klimatskal för typhuset.

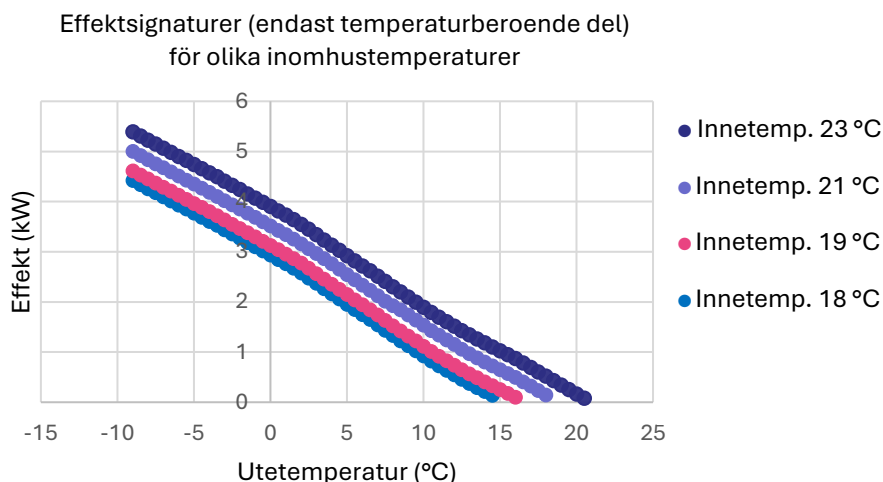
3.3 Känslighetsanalys av beteenderelaterade parametrar

I BV² har även inverkan av följande beteenderelaterade parametrar på effektsignaturen analyserats:

- Innetemperaturer 18, 19, 21 och 23 °C har jämförts.
- Hushållsel har i basfallet antagits vara 3,42 W/m² och i jämförelsefallet i känslighetsanalysen har den dubblats till 7,0 W/m². I båda fallen har 70% av elanvändningen antagits leda till internvärmetillskott.
- Närvaroschema där 3,5 personer är närvarande 24 timmar om dygnet respektive då bygganden helt saknar närvaro. Ytterligare en känslighetsanalys har genomförts där de boende är frånvarande helger under sommar respektive vinterhalvåret.

Innetemperatur och hushållsel

I Figur 5 kan effektsignaturerna, med baslast exkluderade, ses för inomhustemperaturer 23, 21, 19 och 18 °C. Det är uppenbart att den högsta inomhustemperaturen på 23°C ger högst effektbehov vid 0 °C ute och 18 °C inomhus ger lägst.



Figur 5: Effektsignaturer, endast temperaturberoende del, för fyra olika inomhustemperaturer: 23, 21, 19 och 18 °C.

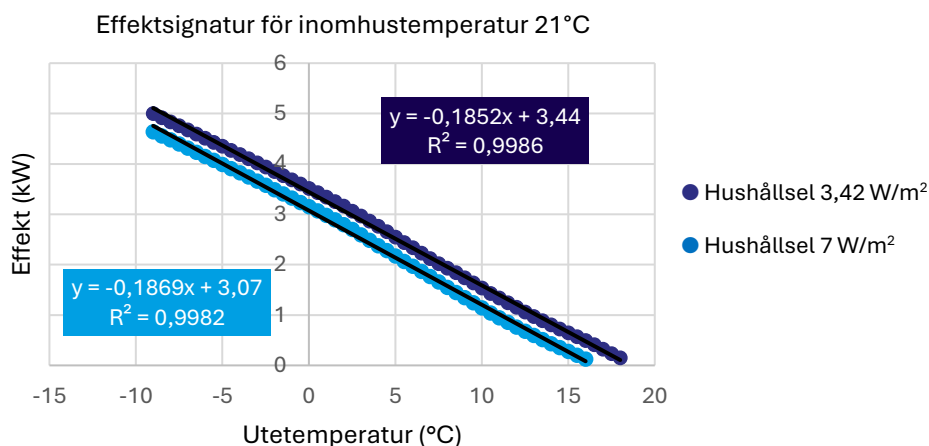
Värmeförlustfaktorn för respektive effektsignatur i Figur 5 är redovisade i Tabell 2, och varierar mellan 185,2 och 187,4 W/°C. Denna skillnad är marginell och kan inte särskiljas från beräkningsprogrammets noggrannhet. Detta indikerar att inomhustemperaturen enbart påverkar effektsignaturen genom att den förskjuts vertikalt och inte genom att dess lutning ändras.

Detta gäller under förutsättning att inomhustemperaturen är konstant under året. Om den däremot varierar under året innebär det att datapunkter kan återfinnas längs de fyra presenterade effektsignaturerna i Figur 5. Det innebär i sin tur att den resulterande effektsignaturens lutning skulle påverkas.

Tabell 2: Resultande värmeförlustfaktor och balans temperaturer för olika inomhustemperaturer och olika mycket hushållsel.

Inomhus-temperatur (°C)	Värmeförlustfaktor (W/°C) med hushållsel 3,42 W/m ²	Värmeförlustfaktor (W/°C) med hushållsel 7,0 W/m ²	Balans-temperatur (°C)
18	187,4	186,8	14,5
19	186,9	187,3	16
21	185,2	186,9	18
23	185,2	186,1	20,5

I Tabell 2 redovisas även värmeförlustfaktorn för de fyra olika inomhustemperaturerna för basfallet (3,42 W/m²) och fallet med fördubblad hushållsel (7,0 W/m²) vilka varierar mellan 186,1 och 187,3 W/°C. I Figur 6 återfinns effektsignaturer för basfallet respektive dubblerad hushållselanvändning för inomhustemperatur 21 °C. Detta exempel visar att fördubblad hushållselanvändning, på samma sätt som olika inomhustemperaturer, inte påverkar lutningen på effektsignaturen signifikant utan endast förskjuter den i y-led.



Figur 6: Effektsignatur för inomhustemperatur 21 °C för olika mycket hushållsel (3,42 W/m² och 7,0 W/m²).

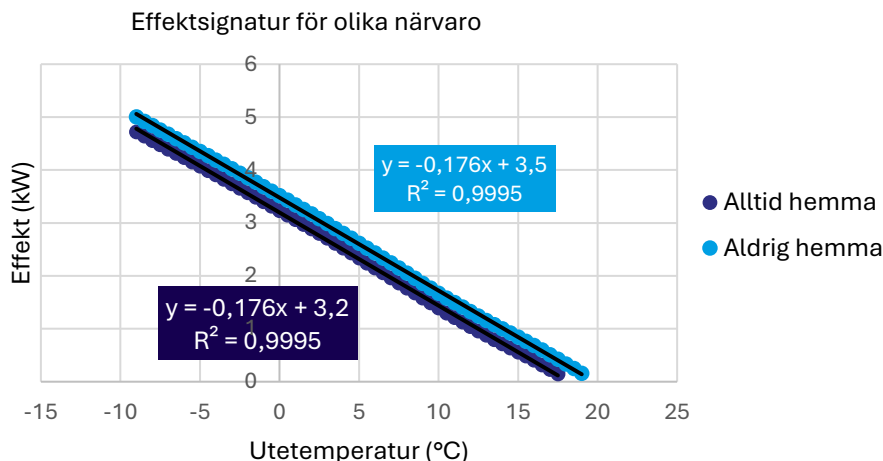
Vid en vertikal förskjutning av effektsignaturen i y-led (genom att t.ex. ändra inomhustemperatur eller använda mer hushållsel) sker dock även en förskjutning av husets balanstemperatur i x-led. Vid en inomhustemperatur på 23 °C behöver husets uppvärmningssystem vara igång för högre utetemperaturer jämfört med om inomhustemperaturen är 18 °C. Balanstemperaturen för inomhustemperatur 23°C är 20,5°C och för inomhustemperatur 18°C, är den 14,5°C. En lägre inomhustemperatur och balanstemperatur leder således till att mindre energi behövs för att värma upp huset. En högre elanvändning till hushållsel genererar mer internvärme som indirekt även används för att uppvärma huset. Påföljden blir att husets balanstemperatur blir lägre eftersom husets värmesystem inte behövs förrän vid lägre utomhustemperaturer tack vare den extra internvärmes, se Figur 6. Skillnad i värmeförlustfaktor (lutning) mellan lägre och högre hushållselanvändning är försumbar.

Sammanfattningsvis visar resultatet ovan att effektsignaturen förskjuts i både y-led och x-led (förändrad balanstemperatur) om beteendet i bostaden skulle ändras, men därefter vara konstant under den analyserade mätperioden. En ändrad balanstemperatur kommer i sin tur att påverka hur stor baslasten är, vilket hänger ihop med hur mycket energi som kommer att användas till uppvärmning från husets värmesystem.

Detta visar att husets balanstemperatur kan skilja sig mellan två olika år även om inga energibesparande åtgärder har genomförts. Det beror på att balanstemperaturen påverkas av beteenderelaterade parametrar så som antal personer i hushållet, hur mycket hushållsel som används samt husets innetemperatur.

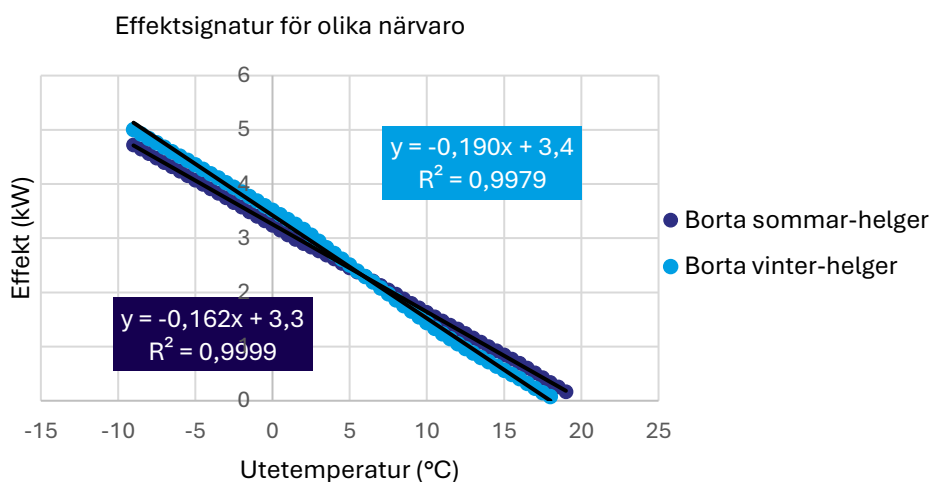
Närvaro

När de boende i huset är hemma och inte hemma påverkar dels effektsignaturens skärningspunkt med y-axeln, dels dess lutning. I Figur 7 visas effektsignaturer för två extremfall: att man alltid respektive aldrig är hemma. För detta exempel är värmeförlustfaktorn samma i de båda fallen, men i verkligheten kommer utfallet vara att man förflyttar sig mellan dessa två kurvor, då man är hemma och inte hemma (se exempel i Figur 8). Hushållselen är densamma i båda fallen.



Figur 7: Effektsignatur för olika närvaro i huset: aldrig hemma respektive alltid hemma.

I Figur 7 kan man se att värmeförlustfaktorn är densamma, 176 W/°C, för aldrig respektive alltid hemma. R²-värdet för alltid och aldrig hemma är högt (nära 1).



Figur 8: Effektsignatur för olika närvaro i huset: borta sommar-helger respektive borta vinter-helger.

Enligt Figur 8¹ är lutningen på effektsignaturen 162 W/°C om man är hemma då utetemperaturen är låg, men delvis bortrest (sommar-helger) då utetemperaturen är högre. Om man istället delvis är bortrest när utetemperaturen är låg (vinter-helger) och hemma när utetemperaturen är högre blir värmeförlustfaktorn 190 W/°C. Detta betyder att värmeförlustfaktorn kan variera upp till 17 % beroende på när under året man är hemma eller inte. Närvaron hos de boende kan därför ge en stor inverkan på vad husets energiprestanda blir enligt metoden effektsignatur. Av denna anledning kan det finnas ett behov av att analysera individuella datapunkter (dygnsmedelvärden) för att identifiera närvaro och frånvaro i huset och eventuellt ta bort datapunkter då boende är frånvarande, vilket är intentionen med energideklarationer.

¹ | BV² är vinter respektive sommar definierat enligt följande: vinter är 20 % av de kallaste utetemperaturerna på året och sommar är 30 % av de varmaste. Helger är 2/7 av tiden. Det som ses i Figur 8 blir ungefär två spegelbilder på hur byggnaden beter sig vid närvaro och frånvaro under sommar respektive vinter.

4 Analys av befintliga småhus

I följande avsnitt presenteras insamling av mätdata från 11 befintliga småhus, hur den har behandlats för att ta fram effektsignaturena samt utfallet från respektive hus effektsignaturanalys.

4.1 Insamling av mätdata

Energidata från 11 småhus har samlats in och utgjort dataunderlaget för analys och framtagande av förslag på förenklad metod för energideklARATIONER. I Tabell 3 finns översiktlig information om dessa hus så som geografisk placering, uppvärmningssystem, för vilket eller vilka år datan är insamlad samt befintlig energiklass om den informationen finns.

Tabell 3: Insamlad mätdata för analys av effektsignatur.

Hus nr	Kommun	Uppvärmningssystem	Data för år	Energi-klass ¹	ED Utförd enligt
1	Göteborg	Luft-vattenvärmepump	2023, 2024	-	
2	Möln dal	Luft-vattenvärmepump ²	2022, 2023, 2024	C	BBR25
3	Göteborg	Fjärrvärme	2023, 2024	-	
4	Göteborg	Fjärrvärme	2024	-	
5	Göteborg	Frånluftsvärmepump	2023, 2024	D	BBR25
6	Möln dal	Frånluftsvärmepump	2024	B	BBR29
7	Möln dal	Direktverkande el	2024	F	BBR25
8	Kungsbacka	Frånluftsvärmepump ²	2024	B	BBR29
9	Möln dal	Luft-vattenvärmepump ²	2024	-	
10	Halmstad	Passivhus, Bergvärmepump ²	2024	A	BBR29
11	Möln dal	Elpanna, bytt till luft-vattenvärmepump	2020–2024	E	BBR25

¹För de hus där en befintlig EnergideklARATION finns att tillgå.

²Solcellsanläggning finns. Egenproducerad sol el ej inkluderad i effektsignaturen.

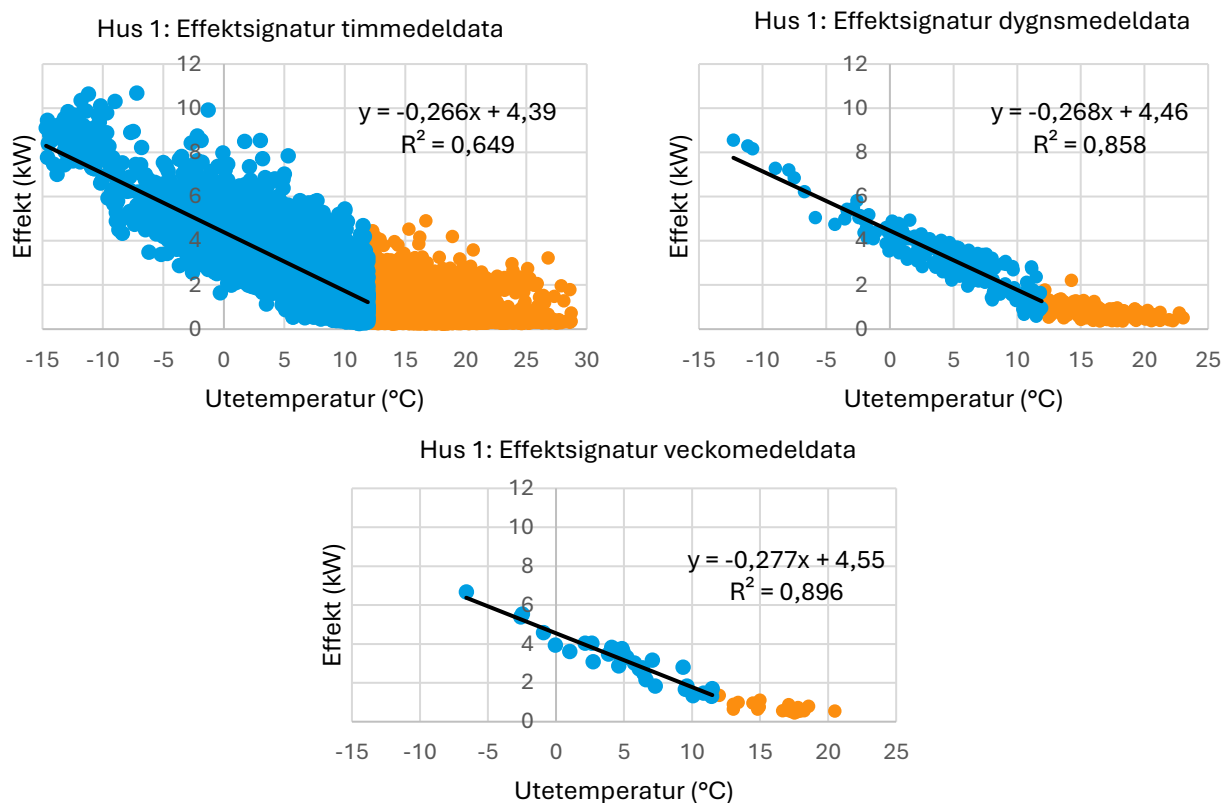
Data för husen i Tabell 3 samlades in genom att respektive husägare laddade ner elstatistik från sina elnätbolag (samt fjärrvärmestatistik från sina fjärrvärmebolag för de två husen med fjärrvärme). Data för totalvattenförbrukningen erhöles från husägarens avläsning av vattenmätaren vid debiteringstillfället och har därför skett med cirka ett års intervall. Användningen av totalvatten är således ett medelvärde för året.

För el- och fjärrvärmedata var upplösningen på erhållen data timmar, dygn och månad. För upplösning dygnsvärden dividerades energianvändningen i kWh/dygn med 24 timmar för att få dygnsmedeleffekt i kW/dygn. För upplösning veckovärden beräknades veckomedelvärden av dygnsmedelutetemperatur och dygnsmedeleffekt. För husen med fjärrvärme gjordes en effektsignatur vardera för fjärrvärmedata respektive eldata. Detta för att särskilja eventuell el för uppvärmning från hushållselen.

Utetemperaturdata har för några av husen erhållits från elnätbolaget i samband med nedladdning av elstatistiken. För övriga hus har utetemperaturdata hämtats från Sveby klimatdatafiler² för respektive år som data har erhållits.

4.2 Upplösning på data

I detta avsnitt presenteras effektsignatur för hus 1 med tre olika upplösningar på data: timmedel, dygnsmedel eller veckomedel, för att analysera vilken dataupplösning som ger resultat med bra tillförlitlighet.



Figur 9: Jämförelse av effektsignatur för tre olika dataupplösningar: timmedel (över, till vänster), dygnsmedel (över, till höger) och veckomedel (nedre).

Om man jämför de tre effektsignaturerna i Figur 9 kan man se att värmeförlustfaktorn är 266 W/°C för timmedeldata, 268 W/°C för dygnsmedeldata och 277 W/°C för veckomedeldata. Värmeförlustfaktorn är därmed endast 4 % större för veckomedeldata än för timmedeldata, och varierar därför lite beroende på dataupplösning. Detta betyder att för hus 1 kan vilken som av de tre dataupplösningarna användas, effektsignaturens utfall blir likartat.

Y-axelns skärningspunkt sker vid 4,4 kW för timmedeldata samt vid 4,5 kW för dygns- och veckomedeldata. Den högsta effekten för de tre olika dataupplösningarna är som förväntat högst för timmedeldata och lägst för veckomedeldata (10,7 kW för timmedel, 8,5 kW för dygnsmedel och 6,7 kW för veckomedel). Högst R^2 -värde erhålls med veckomedelsdata där variationer dygns- och timvis har jämnats ut. R^2 -värdet för dygnsmedeldata är lägre, vilket visar att det finns variationer mellan olika veckodagar, och lägst för timmedeldata som har stor variation.

² <https://www.sveby.org/okategoriserad/nya-klimatdatafiler-for-2024/>

I värmetröga byggnader (dvs byggnader som har stor värmelagringsförmåga) och i byggnader som har vattenburna värmedistributionssystem kommer en värmeeffekt en timme att ha inverkan på byggnaden med en fördröjning över fler timmar därefter. Därav stämmer inte alltid den uppmätta utetemperaturen under en timme överens med den använda värmeeffekten samma timma. Genom att använda dygnsmedelvärden för effektsignatur kan spridning på grund av fördröjning jämnas ut. Samtidigt möjliggör dygnsmedeldata att man kan identifiera avvikande datapunkter, exempelvis vid frånvaro eller ovanligt hög energianvändning ett visst dygn. Med 365 mätpunkter blir också dataunderlaget tillräckligt stort för att enstaka avvikelser inte ska påverka lutningen på effektsignaturen avsevärt.

Om uppvärmningssystemet består av golvvärme kan även dygnsmedeldata ge en stor variation mellan datapunkterna, eftersom husets värmetröghet är mer än ett dygn. För hus med hög värmetröghet, såsom vid golvvärme, men också lågenergihus, kan veckomedeldata vara mer representativt. Nackdelen är att antalet mätpunkter blir betydligt färre (endast 52 per år) vilket gör att en enskild vecka kan påverka lutningen på effektsignaturen påtagligt, till exempel om huset står tomt. För att kompensera för detta kan det därför vara önskvärt att använda data från flera år för att få ett tillräckligt stort dataunderlag för effektsignaturen om veckomedelsdata används.

För att jämföra effektsignaturens utfall mellan dygns- och veckomedeldata kan det vara värdefullt att ta fram en effektsignatur för vardera. Ytterligare upplösningar så som 3-dygnsmedelvärden kan också vara relevanta att undersöka. För användning veckomedelsdata skulle förfarandet underlättas om veckomedelsdata kan erhållas direkt från elnätsbolagets elstatistik eller ske automatiserat, så att ingen databearbetning krävs. För effektsignaturanalysen för respektive småhus nedan plottades både dygns- och veckomedeldata mot utetemperaturen för att jämföra utfallen, men endast resultaten från effektsignaturerna med dygnsmedeldata är presenterade i avsnitt 4.3.

4.3 Effektsignatur för 11 småhus

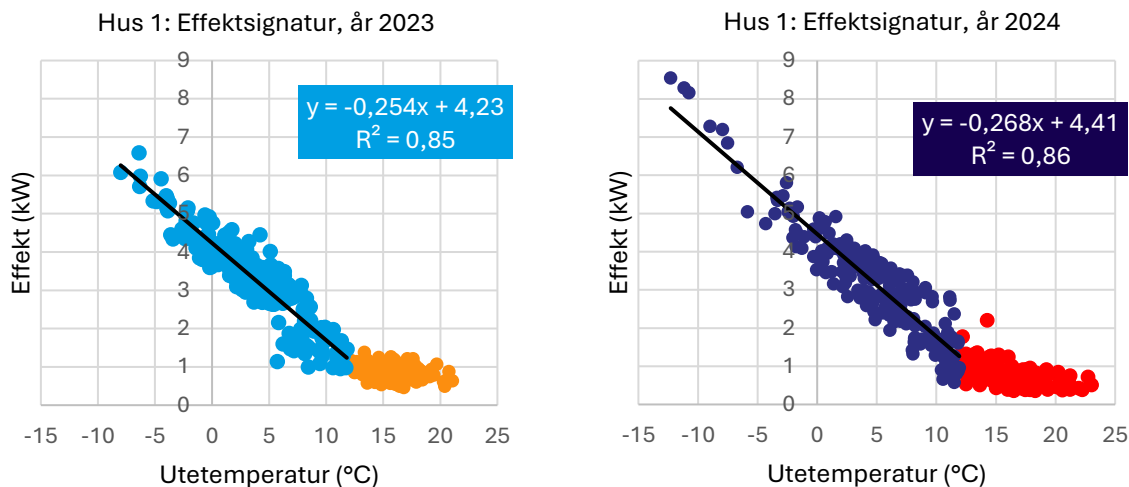
I detta kapitel presenteras resultaten från analyser med effekt- och energisignaturer baserat på insamlad mätdata tillsammans med beräkning av energi för uppvärmning enligt ekvation (5), samt resterande del som är energi för varmvatten och hushållsel. I Tabell 4 är resultaten från de 11 småhusen sammanfattad. Värdena har inte normalårskorrigerats utan avser faktiskt energianvändning för aktuellt år. Effektsignaturerna för respektive hus följer efter Tabell 4.

Tabell 4: Beräknad energi för uppvärmning med effektsignatur samt energianvändning för varmvatten och hushållsel utifrån data från energibolag.

Hus nr	Uppvärmnings-system	Data för år	Värmeför-lustfaktor (W/°C)	Balans-temp. (°C)	R ² -värde	Energi för upp-värmning (kWh/år)	<i>Resterande del: varmvatten (VV) och hushållsel (HH-el) (kWh/år)</i>
1	Luft-vatten-värmepump	2023	254	12	0,85	10 764	9 258
		2024	268	12	0,86	10 238	9 173
2	Luft-vatten-värmepump	2022	206	14	0,89	10 402	4 968
		2023	176	14	0,71	9 648	5 996
		2024	240	14	0,76	12 256	3 060
3	Fjärrvärme	2023, FV	97	12,5	0,54	4 389	VV: 4 051
		2023, el	39	22 ³	0,61	4 462	HH-el: 7 610
		2024, FV	94	14	0,71	4 656	VV: 4 822
		2024, el	54	22	0,57	5 987	HH-el: 7 486
4	Fjärrvärme	2024, FV	517	16,5	0,82	33 801	VV: 3 579 HH-el: 3 990
5	Frånlufts-värmepump	2023	141	11,5	0,68	5 255	7 043
		2024	129	11,5	0,57	4 285	8 153
6	Frånluftsvärme-pump	2024	121 (dygn)	9	0,84	3 054	4 175
		2024	97 (vecka)	13	0,94	4 984	2 244
7	Direktverkande el	2024	236	14,8	0,77	13 212	5 423
8	Frånluftsvärme-pump	2024	62	14	0,27	3 150	6 458
9	Luft-vatten-värmepump	2024	119	13	0,82	5 400	4 046
10	Bergvärmepump Passivhus	2024	52	11	0,17	1 559	5 584
11	Elpanna	2020	184	15	0,78	8 562	6 811
	Luft-vatten VP	2024	70	13	0,76	3 582	2 462

³ Antagande att golvvärme för komfortändamål är på från utetemperaturer 22°C och lägre.

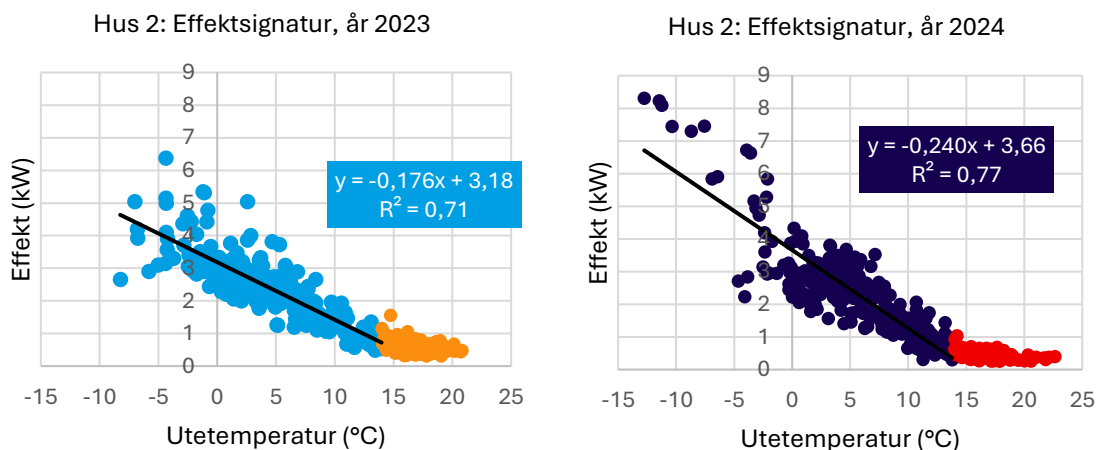
Hus 1



Figur 10: Effektsignatur för åren 2023 (till vänster) och 2024 (till höger) för hus 1 med luft-vattenvärmepump.

För hus 1, med en luft-vattenvärmepump, kan effektsignaturen för åren 2023 och 2024 ses i Figur 10. Värmeförlustfaktorn för respektive år är 254 W/°C och 268 W/°C och en balanstemperatur på 12 °C har använts för båda åren. Om man jämför totalvattenförbrukningen mellan respektive år skiljer den sig stort, 197 m³ för 2023 och 93 m³ för 2024.

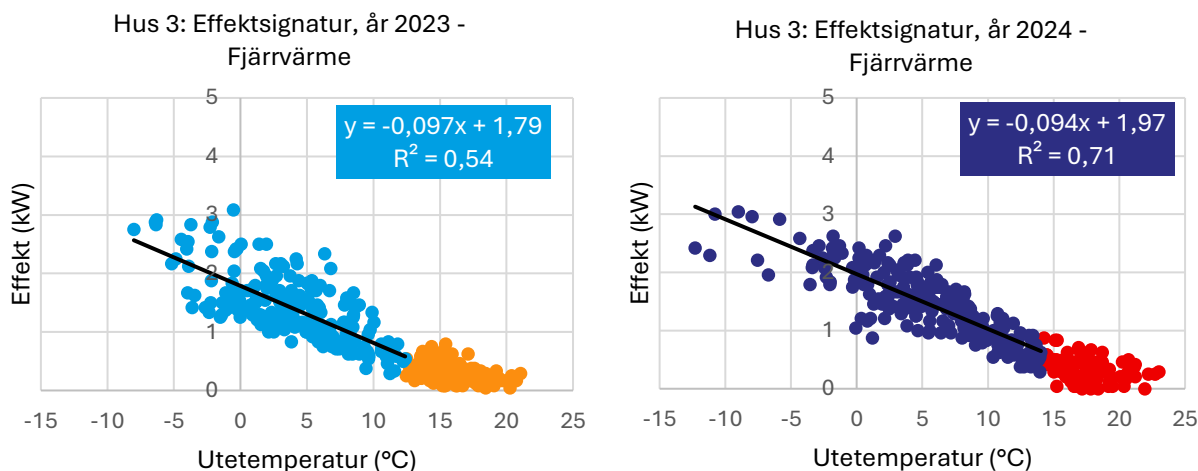
Hus 2



Figur 11: Effektsignatur för åren 2023 (till vänster) och 2024 (till höger) för hus 2 med luft-vattenvärmepump. Använd egenproducerad soler ej inkluderad.

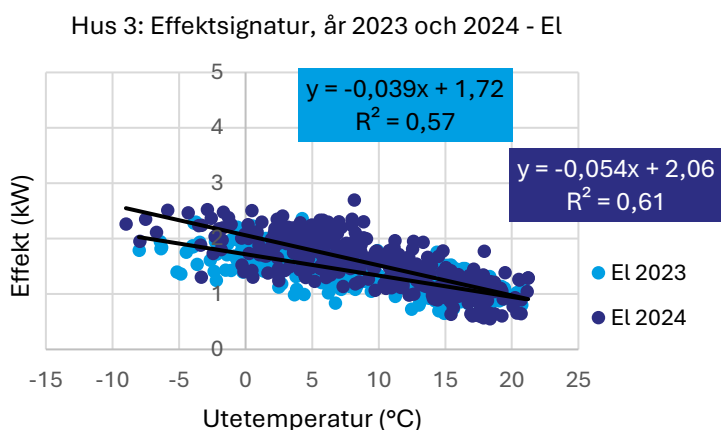
För hus 2 kan effektsignaturen för de två åren 2023 och 2024 ses i Figur 11. Hus 2 har även den en luft-vattenvärmepump. Under år 2023 installerades solceller på detta hus. Eldatan som ligger till grund för effektsignaturen år 2023 och 2024 inkluderar endast köpt el som erhålls från energibolaget och tar inte hänsyn till använd egenproducerad soler. Mellan dessa två år varierar värmeförlustfaktorn med drygt 36 %. Värmeförlustfaktorn är 176 W/°C år 2023 och 240 W/°C år 2024. Vattenförbrukningen är 104 m³ för år 2023 och 94 m³ för 2024. Luft-vattenvärmepumpen fungerade inte vid flera tillfällen år 2024 vilket sannolikt försämrade värmepumpens verkningsgrad, vilket kan utläsas från höga effektvärden vid låga utetemperaturer år 2024 jämfört med 2023.

Hus 3



Figur 12: Effektsignatur för åren 2023 (till vänster) och 2024 (till höger) för hus 3 med fjärrvärme.

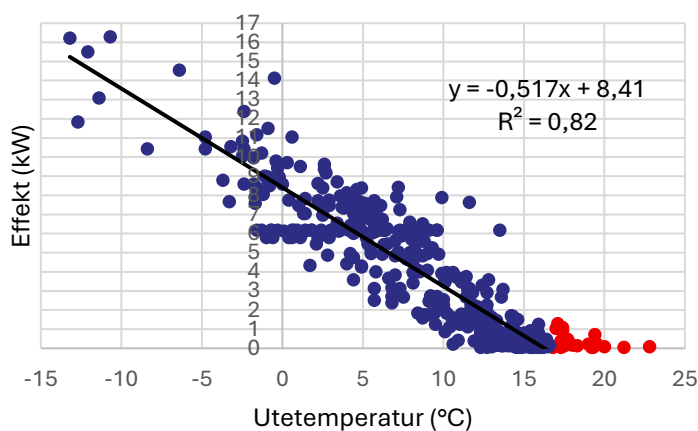
Hus 3 har fjärrvärme och effektsignatur baserad på fjärrvärmedata visas i Figur 12 för åren 2023 och 2024. Två olika balanstemperaturer har använts för vardera året: 12,5 °C för 2023 och 14 °C för 2024. Värmeförlustfaktorn baserad på fjärrvärmedata var lägre år 2024 än för år 2023. I Figur 13, visas värmeförlustfaktorn baserad på husets eldata. Trots att detta hus har fjärrvärme för uppvärmning så kan man i Figur 13 se att det finns ett samband mellan elanvändning och utetemperatur. Den främsta anledning till detta är att det finns golvvärme för komfortändamål i badrum och den inredda delen av källaren. Eftersom det inte finns en tydlig balanstemperatur och baslastdel, så som i de andra effektsignaturerna, har golvvärmesystemet antagits vara i drift för utetemperaturer upp till 22°C. Värmeförlustfaktorn baserad på eldata är högre år 2024 (54 W/°C) än år 2023 (39 W/°C). Det visar att mer elvärme och mindre fjärrvärme användes under 2024, och för år 2023 var det tvärtom.



Figur 13: Effektsignatur baserat på eldata för hus 3 för åren 2023 och 2024. El till golvvärmesystem för komfortändamål har antagits vara i drift upp till utetemperaturer på 22°C.

Hus 4

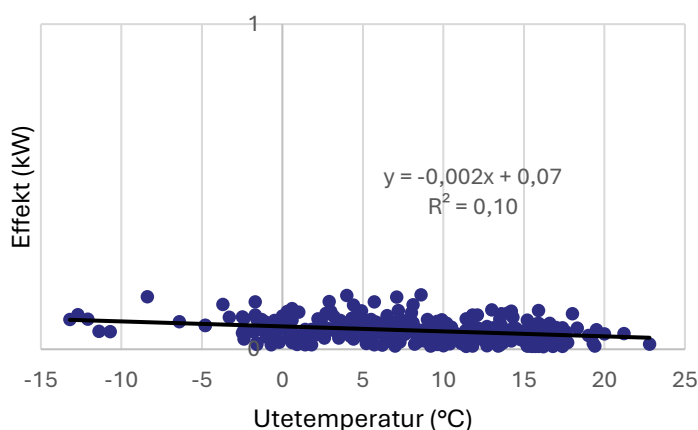
Hus 4: Effektsignatur, år 2024 - Fjärrvärme



Figur 14: Effektsignatur för fjärrvärme år 2024 för hus 4.

Hus 4 har också fjärrvärme och effektsignaturen visas i Figur 14. Detta hus har en betydligt högre A_{temp} än de övriga analyserade husen, och således en högre värmeförlustfaktor som är 517 W/°C. Balanstemperaturen för hus 4 bedöms vara 16,5 °C. Enligt Figur 14 hade även 15 °C varit relevant att anta som balanstemperatur. Det hade dock gett ett orimligt högt värde för energianvändning till varmvatten då den återstående energianvändningen, efter att uppvärmningsenergin beräknats, jämfördes med Boverkets schablonvärden för normalt brukande (Boverket, 2018). För balanstemperatur 16,5 °C blir däremot resultatet för energianvändning till varmvatten mer rimligt enligt schablonerna.

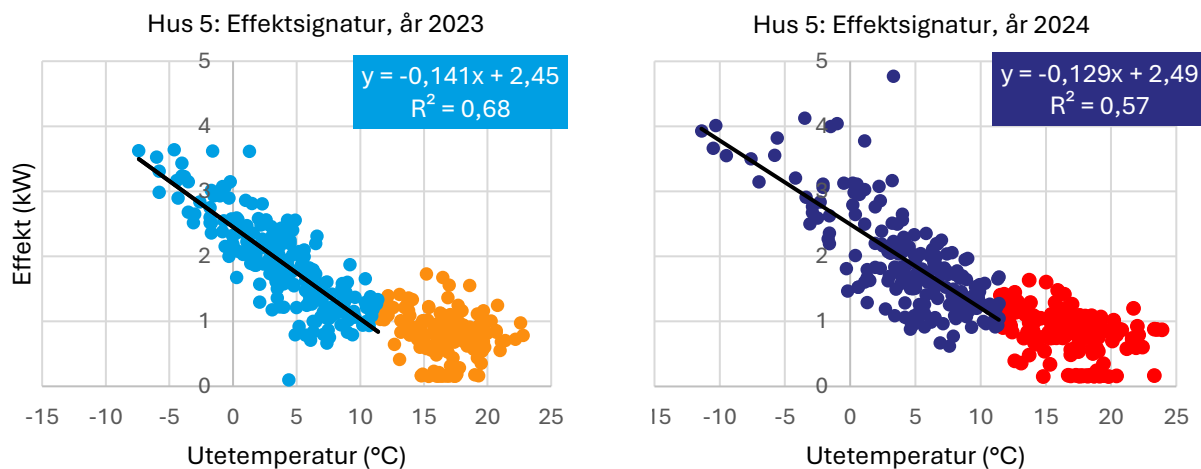
Hus 4: Effektsignatur, år 2024 - El



Figur 15: Effektsignatur för elanvändningen år 2024 för hus 4.

För elanvändningen i hus 4 är lutningen på effektsignaturen -0,002 W/°C, se Figur 15, vilket i detta fall kan avrundas till 0. Detta betyder att elanvändningen är icke-utetemperaturberoende och ingen el används till uppvärmning (jämfört med fjärrvärmehus 3). Eldatan motsvarar således hushållselen.

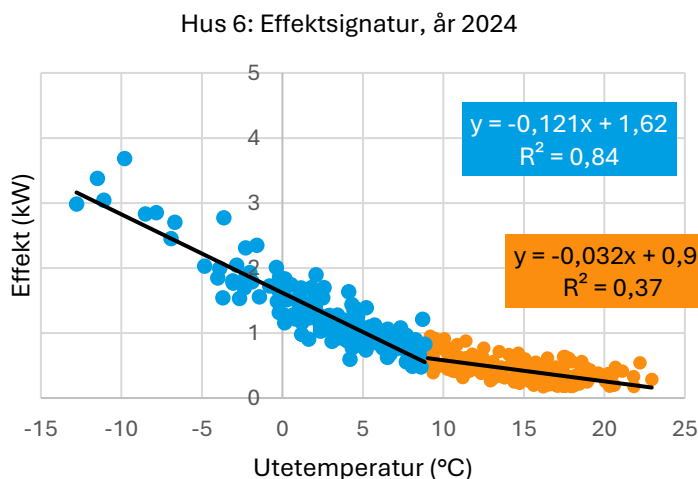
Hus 5



Figur 16: Effektsignatur för åren 2023 (till vänster) och 2024 (till höger) för hus 5 med frånluftsvärmepump.

I Figur 16 visas effektsignaturerna för hus 5 för åren 2023 (till vänster) och 2024 (till höger). Värmeförlustfaktorn är 141 W/°C år 2023 och 129 W/°C år 2024. Balanstemperatur har antagits vara 11,5 °C för båda åren. Detta hus har en frånluftsvärmepump och vattenburet golvvärmesystem. Utöver detta finns det ett friliggande garage med ett isolerat rum som värms med direktverkande el. Elanvändningen för detta rum är inkluderad i ovan effektsignaturer, men skall enligt metoden för energideklARATIONER exkluderas (se kapitel 6). Detta missades dock vid upprättandet av energideklARATIONER för det här huset.

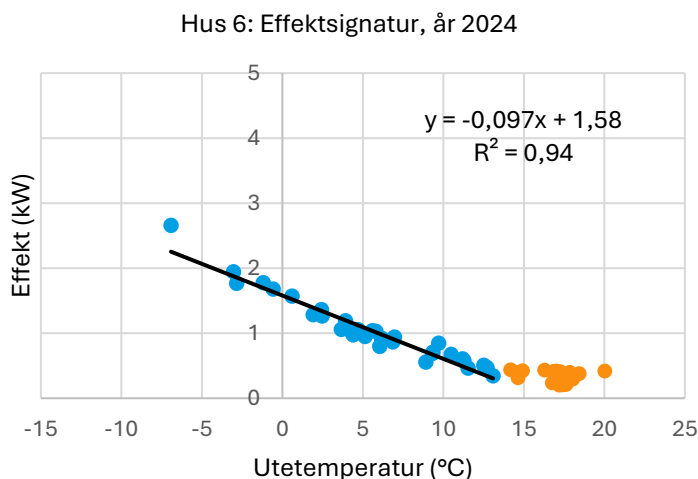
Hus 6



Figur 17: Effektsignatur år 2024 för hus 6 med frånluftsvärmepump.

Hus 6 har också frånluftsvärmepump och vattenburet uppvärmningssystem. Effektsignaturen för år 2024 visas i Figur 17. För hus 6 var det inte lika tydligt vilken utetemperatur som är husets balanstemperatur som för de andra husen. I Figur 17 går det att utläsa att baslasten också har ett tydligt utetemperaturberoende, med en lutning på 32 W/°C. Olika balanstemperaturer testades för att hitta en rimlig balanstemperatur genom att beräkna energianvändning för

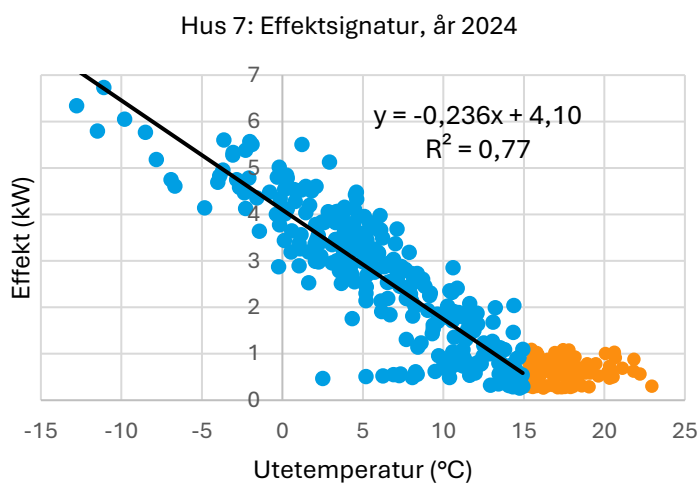
uppvärmning, och jämföra den resterande delen som utgör hushållsel och energi för varmvatten, mot schablonerna för att hitta rimliga värden. En fördjupad analys kring detta återfinns i avsnitt 5.2. En anledning att balanstemperaturen är svår att identifiera kan vara att uppvärmningen sker med en frånluftsvärmepump, där värmepumpens värmekälla beror av husets internvärmelaster. Huset har ett vattenburet golvvärmesystem vilket innebär att dataupplösning på dygnsmedelvärden kan vara för kort om husets värmetröghet är längre än ett dygn. I Figur 18 återfinns därför effektsignaturen baserat på veckomedelsdata.



Figur 18: Effektsignatur år 2024 för hus 6 med frånluftsvärmepump baserat på veckomedelsdata.

Balanstemperaturen för effektsignaturen i Figur 18 är 13 °C och det finns nu en tydligare brytpunkt mellan baslast och den del som är temperaturberoende. Värmeförlustfaktorn är 97 W/°C, men trots en lägre värmeförlustfaktor leder den högre balanstemperaturen till att energin för uppvärmning är 4984 kWh/år, vilket är 63% högre än energin för uppvärmning baserat på effektsignaturen i Figur 17 (3054 kWh/år).

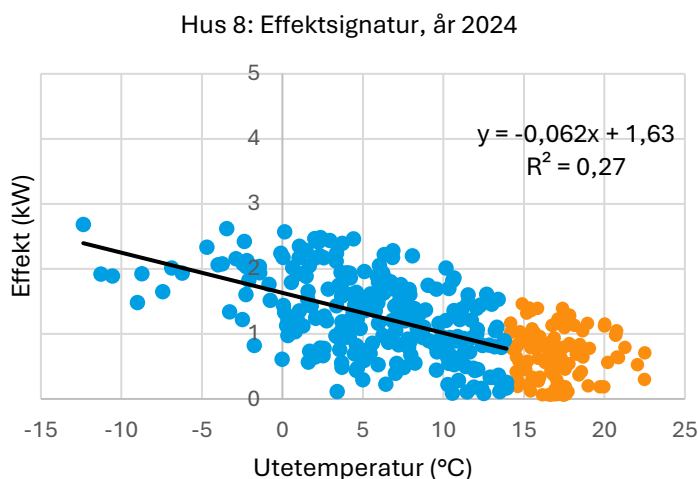
Hus 7



Figur 19: Effektsignatur år 2024 för hus 7 med direktverkande el.

Effektsignaturen för hus 7 visas i Figur 19. Huset har direktverkande el som uppvärmning och balanstemperaturen har bedömts vara 15 °C. För vissa utetemperaturer lägre än 10 °C är effekten låg vilket indikerar att boende har varit bortresta under dessa dygn med nedsatt effekt på värmesystemet. Dessa datapunkter kan således vara fördelaktiga att exkludera för att de inte ska påverka lutningen på effektsignaturen som de gör nu.

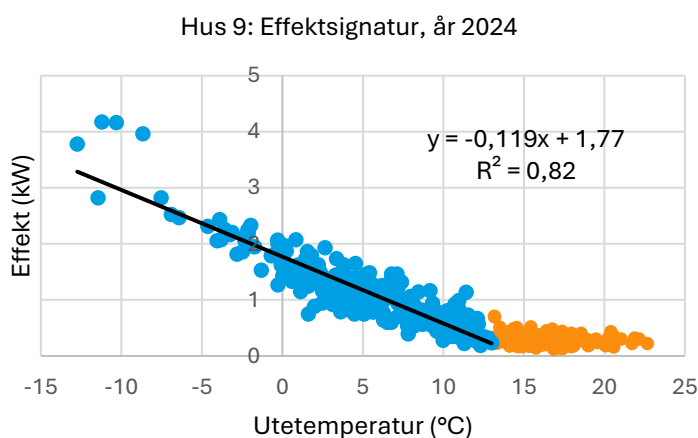
Hus 8



Figur 20: Effektsignatur år 2024 för hus 8 med frånluftsvärmepump. Använd egenproducerad sol el ej inkluderad.

I Figur 20 visas effektsignaturen för hus 8 med frånluftsvärmepump. Detta hus har en solcellsanläggning på taket, men i effektsignaturen presenteras endast den köpta elen från elnätbolaget, då data för producerad och såld el från solcellsanläggningen endast fanns att tillgå på månadsbasis. Värmeförlustfaktorn är 62 W/°C och balanstemperaturen bedöms vara 14 °C. Huset har braskamin som används samt elbil. Hus 8 har energiklass B, vilket kan vara en anledning till att R²-värdet är så lågt som 0,27, då sambandet mellan värmeenergi och utetemperatur är mindre tydligt för lågenergihus.

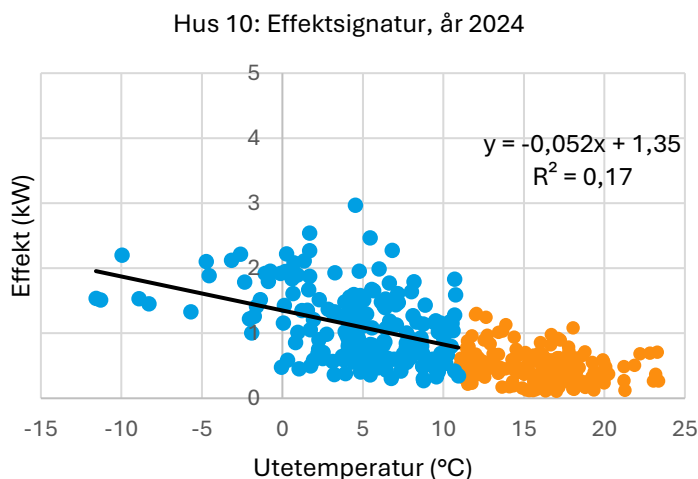
Hus 9



Figur 21: Effektsignatur år 2024 för hus 9 med luft-vattenvärmepump. Använd egenproducerad sol el ej inkluderad.

Hus 9 har en luft-vattenvärmepump samt en solcellsanläggning med en installerad kapacitet på drygt 11 kW, som producerar ca 10 MWh/år. Denna el är inte inkluderad i effektsignaturen i Figur 21, vilket är anledningen till att baslasten är så låg. Jämfört med hus 2 är andelen producerad solex större och troligen inte försumbar, varpå det behöver utredas vidare hur den ska hanteras.

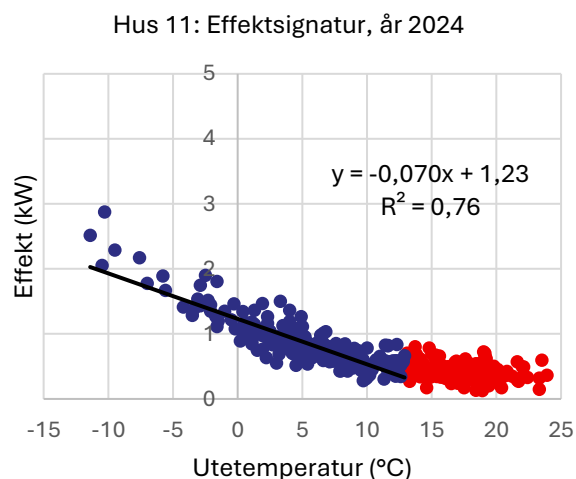
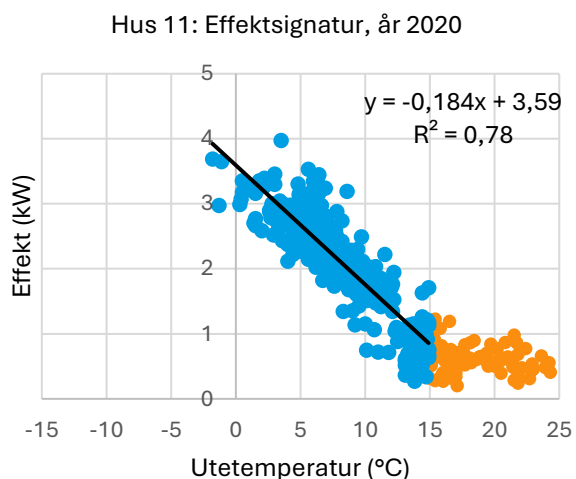
Hus 10



Figur 22: Effektsignatur år 2024 för hus 10 som är ett passivhus med bergvärmepump. Använd egenproducerad solex ej inkluderad.

Hus 10 är ett passivhus och har en solcellsanläggning samt en bergvärmepump för uppvärmning av tilluft, men också för ett komfortgolvvärmesystem som används sparsamt. R²-värdet för effektsignaturen är väldigt lågt, endast 0,17 (se Figur 22). Trots detta är den resulterande årliga energin på 1559 kWh/år i linje med vad detta hus är projekterat för.

Hus 11



Figur 23: Effektsignatur för hus 11, år 2020 (till vänster) innan energisparande förbättringar och år 2024 (till höger) efter förbättringar.

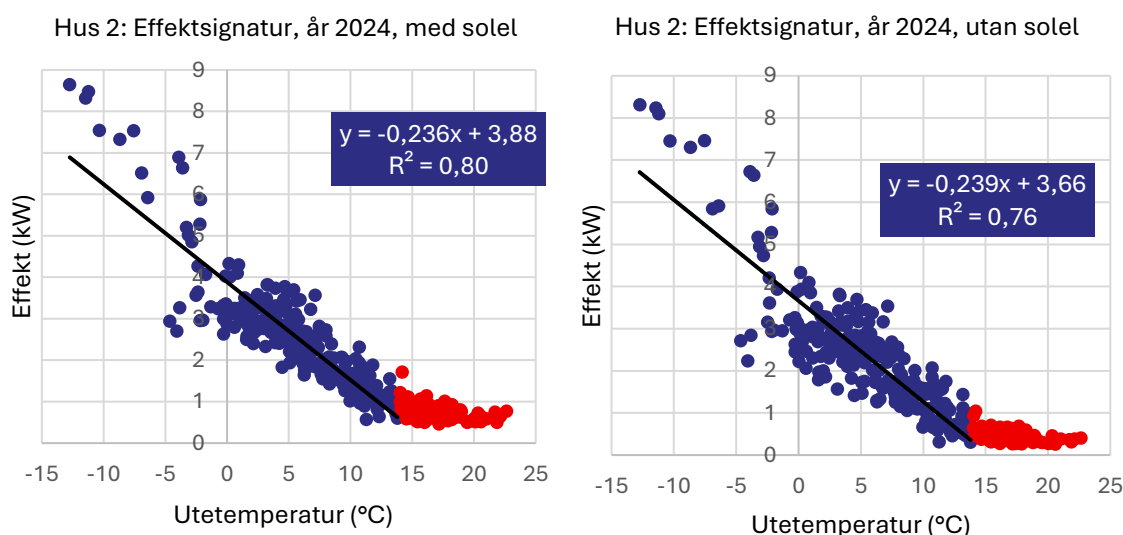
Hus 11 är ett radhus som har angränsade hus på vardera sida. För detta hus har energisparande åtgärder gjorts enligt följande:

- År 2021: byte av fönster.
- År 2023: ny luft-vattenvärmepump installerades samt mekanisk frånluftsventilation i badrum och tvättstuga.

I Figur 26 visas effektsignaturen före åtgärder genomförts till vänster, och efter åtgärder har genomförts till höger. Tack vare åtgärderna har effektsignaturens lutning minskat från 184 W/°C till 70 W/°C, och balanstemperaturen sänkts från 15 °C till 13 °C. Detta har resulterat i att den årliga energin för uppvärmning har minskat från 8562 kWh/år till 3582 kWh/år och byggnadens energiklass har förbättrats från E till C. Det här är ett bra exempel på att metoden med effektsignatur är ett effektivt sätt att verifiera utfall av energibesparande åtgärder. Effektsignaturen baserad på data från år 2021 (ej i bild) har en värmeförlustfaktor på 130 W/°C, vilket innebär en förbättring av värmeförlustfaktorn med 30 % genom ett förbättrat klimatskal. Detta resultat är i likhet med resultat från modellering i BV² med ett förbättrat klimatskal, se avsnitt 3.2. Detta är även en av användningarna som avses för den förenklades metoden för energideklarationer, dvs då en energideklaration ska upprättas både före och efter genomförandet av energibesparande åtgärder för att verifiera energibesparingen. Den resterande andelen energi för hushållsel och varmvatten är 6811 kWh/år för år 2020 och 2462 kWh/år för år 2024. Detta indikerar att en betydande minskning av använd hushållsel och el för varmvatten (inkl. en mer energieffektiv varmvattenproduktion) också har skett mellan dessa år.

4.4 Egenproducerad solcellsel

För hus med egen solcellsanläggning finns data för den egenproducerade använda solelen vanligtvis inte att tillgå om man inte har en egen elmätare för detta. Hus 2 har sedan ungefär mitten av 2023 en solcellsanläggning med egen elmätare. Effektsignaturer med och utan den egenproducerade använda solelen kunde därmed jämföras för att undersöka hur stor påverkan på effektsignaturens lutningen solcellselen har. Som kan ses i Figur 28 är skillnaden i värmeförlustfaktor för 2024 med och utan solen försumbar.



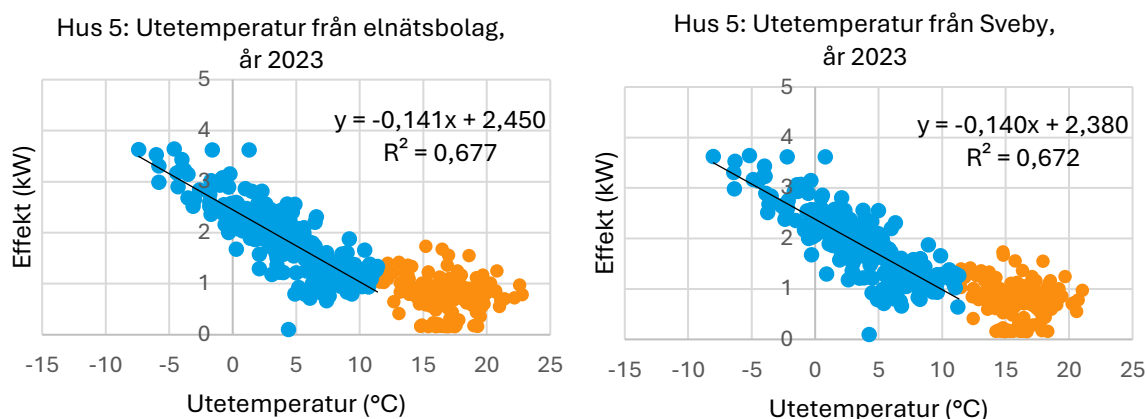
Figur 24: Effektsignatur för hus 2 med använd egenproducerad solen inkluderad (till vänster) och med enbart köpt el (till höger).

Anledningen till att inkludering av den använda egenproducerade solelen påverkar värmeförlustfaktorn så lite är att majoriteten av solelproduktionen sker när det är ett lågt

uppvärmningsbehov. Omvänt så är solexproduktionen begränsad vid låga dygnstemperaturer som däremot har stor inverkan på effektsignaturens lutning. Skillnaden i värmeförlustfaktor skulle kunna vara större för en byggnad med större solexanläggning eller för en byggnad placerad längre norrut som har ett stort uppvärmningsbehov i mars och april då mer solex produceras.

4.5 Utetemperaturdata

Från några av elnätsbolagen för husen i Tabell 3 kunde utetemperaturdata laddas ner tillsammans med elstatistiken. För de hus där detta inte var möjligt användes Swebys klimatdatafiler. För bland annat hus 5, se Figur 29, kunde effektsignaturen jämföras baserad på utetemperaturdata från elnätsbolaget samt Swebys klimatdatafiler.



Figur 25: Effektsignatur för hus 5 baserat på utetemperatur från elnätsbolaget (till vänster) och Swebys klimatdatafil (till höger).

Som kan ses i Figur 25 är värmeförlustfaktorn baserat på utetemperatur från elnätsbolaget 141 W/°C, och 140 W/°C baserat på Swebys utetemperaturdata. Detta visar att utetemperaturdata från dessa två olika källor inte påverkar effektsignaturens lutning nämnvärt. Å andra sidan är det inte bara lutningen som baseras på utemperaturen, utan även graddagsberäkningen. Eftersom utemperaturen under hela året är något olika från dessa två mätpunkter skiljer sig antalet beräknade graddagar, vilket i sin tur gör att den totala årliga energin för uppvärmning också blir olika. Den totala årliga energin för uppvärmning baserat på elnätsbolagets utetemperatur är 5255 kWh/år och 5554 kWh/år baserat på Swebys utetemperatur. I detta fall blir energianvändning ca 6 % högre baserat på Swebys utetemperatur. Skillnaden visar att det kan vara relevant med en utetemperaturgivare i direkt anslutning till huset. Ytterligare ett alternativ kan vara att använda metrologisk analys (MESAN) för utetemperaturdata⁴.

⁴ <https://www.smhi.se/data/sok-oppna-data-i-utforskaren/meteorologisk-analys-api>

5 Diskussion angående metodutveckling

I följande avsnitt följer en analys av att använda effektsignatur, balanstemperatur och graddagar för att beräkna energi för uppvärmning.

5.1 Värdering av R^2 -värdet

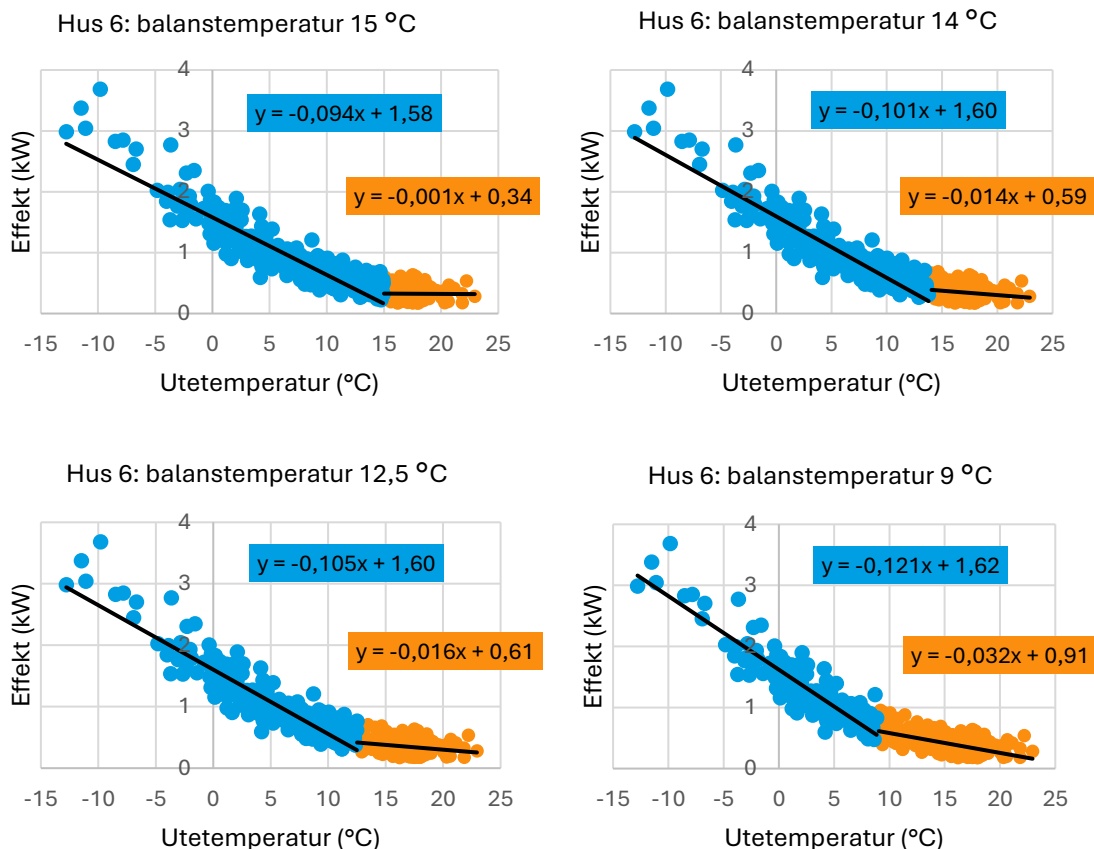
Energidata som effektsignaturen är baserad på är total använd energi i huset, dvs både energi till uppvärmning och varmvatten, samt hushållsel i de eluppvärmda husen. Därav finns det många faktorer som påverkar individuella datapunkter som i sin tur påverkar hur väl den linjära modellen förklarar sambandet mellan energi för uppvärmning och utetemperaturen. Ju högre andel av den totala energianvändningen som går till uppvärmning, desto mindre inverkan får varierande användning av hushållsel och varmvatten på effektsignaturen.

En modell är en förenklad beskrivning av verkligheten och R^2 -värdet är ett mått på hur bra modellen beskriver observationerna. Om R^2 -värdet är lågt kan man ifrågasätta om rätt modell har valts för att beskriva observationerna. I denna studie har R^2 -värden från 0,27 till 0,89 erhållits för effektsignaturerna för de analyserade husen. Ju högre värmeförlustfaktor som huset har, desto högre R^2 -värde har observerats. Detta gäller hus 1, 2, 4 och 7. Detta är relaterat till att energianvändningen och utetemperaturen har ett tydligare samband för hus med högre energianvändning (Fransson, 2014). Effektsignatur är således en bra modell för dessa hus.

Utöver detta var R^2 -värdet högt även för hus 6, vilket kan vara relaterat till att balanstemperaturen som användes för detta hus var låg (endast 9 °C), och det på så sätt var färre datapunkter som leder till en högre variation för den linjära modellen (det finns en tydlig lutning kvar i baslasten). Fler villkor än enbart R^2 -värdet behövs för att bedöma modellens tillförlitlighet.

5.2 Fastställande av balanstemperatur

För flera av de studerade husen var det inte uppenbart utifrån visuell inspektion av effektsignaturen vilken temperatur som är husets balanstemperatur. Istället återfanns den i ett intervall, se exempel för hus 6 i Figur 26 där balanstemperaturer mellan 9 och 15°C har testats.



Figur 26: Effektsignatur och värmeförlustfaktor för hus 6 för fyra olika antagna balanstemperaturer: 15 °C (övre, till vänster), 14 °C (övre, till höger), 12,5 °C (undre, till vänster) och 9 °C (undre, till höger).

I Figur 26 visas även lutningen för baslasten vid respektive antagen balanstemperatur. Baslastens lutning varierar mellan 1 W/°C och 32 W/°C. Eftersom baslasten delvis kan vara beroende av utetemperaturen, är det inte rimligt att anta att lutningen ska vara 0 W/°C, men lutningen behöver vara tillräckligt låg för att inte kunna tolkas som att det finns ett uppvärmningsbehov.

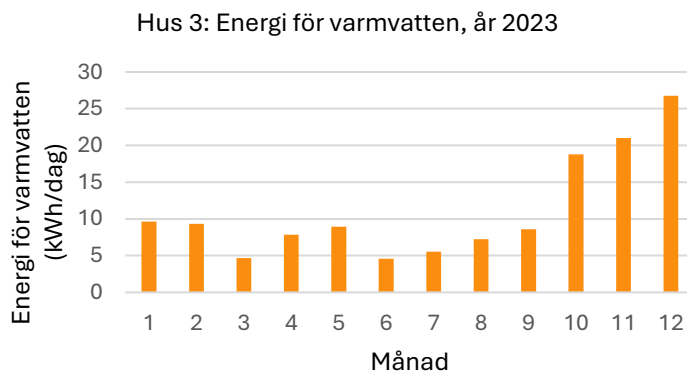
Därför behöver baslastens lutning och vad som kan vara rimligt undersökas vidare. Ett sätt är att bedöma om den resulterande energin för varmvatten och hushållsel är rimlig utifrån Boverkets schabloner vid normalt brukande. Om energianvändningen för varmvatten och hushållsel är orimligt låg har en för hög balanstemperatur använts. Den årliga energin för uppvärmning för balanstemperatur 9 °C är 3054 kWh/år och för 12,5 °C är den 4458 kWh/år. Resterande del el för varmvatten och hushållsel vid 9 °C motsvarar då 11,4 kWh/dag, och 7,6 kWh/dag för 12,5 °C. Utifrån känd kallvattenanvändning på 100 m³ under året skulle med schablonerna⁵ och antagen verkningsgrad på 1,7 för varmvattenproduktion med frånluftsvärmepump, endast 4,5 kWh/dag användas till hushållsel, vilket är väldigt lite. Av denna anledning bedöms balanstemperatur på 9 °C vara mer rimlig då det skulle resultera i 8,3 kWh/dag i hushållsel. Schabloner för normalt brukande kan därför behövas för att verifiera erhållet värde för årlig energi för uppvärmning med effektsignatur.

⁵ BFS 2017:6 BEN 2. Vid känd kallvattenvolym kan årlig energi för varmvatten beräknas enligt: $0,35 \cdot \frac{V_{KV}(m^3) \cdot 55}{\eta_{tvv}}$ kWh/år.

5.3 Avvikande punkter

Resultaten visar att husets värmeförlustfaktor beräknat med effektsignatur kan variera stort mellan två år. Utöver brukarrelaterade beteenden kan detta också bero på den lägsta utetemperaturen för året. För år med utetemperaturer lägre än minus 10 °C (i klimatzon Göteborg med omnejd) kan effektuttagen för dessa dygn ha stor inverkan på effektsignaturens lutning, antingen om effektuttagen är höga eller låga vid dessa utetemperaturer (se effektsignaturer för hus 1, 3 och 5).

Effektsignatursmetoden kan användas för att identifiera förändringar i antal personer i hushållet under året för byggnader med fjärrvärme. I Figur 27 kan fördelningen av energi för varmvatten för hus 3 ses per månad för år 2023 baserat på effektsignaturmetoden. I oktober månad ökar antalet brukar i hushållet från 2 till 3 personer vilket kan utläsas i Figur 27 då staplarna för månad 10–12 är högre än resten av året. Den årliga energin till varmvattenproduktion för hus 3 är 4051 kWh för år 2023 och 4822 kWh för år 2024. Genom att beräkna energin för uppvärmning baserat på effektsignatur och graddagar per månad kan förändringar i brukarmönster likt det i Figur 27 identifieras. Detta utan att använd kallvattenvolymen är känd.



Figur 27: Energi för varmvatten för hus 3 med fjärrvärme för år 2023.

Med effektsignatursmetoden beräknas husets värmeförlustfaktor genom räta linjens lutning. Dock beror denna lutning på fler faktorer än husets klimatskal, som presenterades i kapitel 3. Brukarrelaterade beteenden som varierar över året som t.ex. när man är hemma och bortrest samt antal personer i hushållet, gör att enskilda datapunkter kommer följa effektsignaturer som har olika skärningspunkter med y-axeln (de förskjuts i y-led). Detsamma gäller om inomhustemperaturen skulle variera under året samt om internlasterna från spillvärme från hushållsel till belysning och apparater gör det.

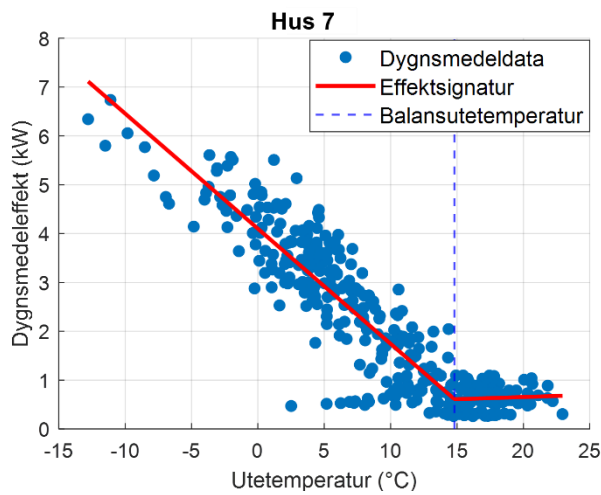
5.4 Automatiserad metod för att identifiera balanstemperaturen

För att beräkna energin för uppvärmning har husets balanstemperatur i tidigare avsnitt identifierats genom visuell bedömning av effektsignaturen. Ett automatiserat sätt att ta fram balanstemperaturen skulle både göra processen enklare och minska variationer i resultat från bedömning av olika personer. För att testa om det går att automatisera togs en regressionsmodell med en brytpunkt, också kallad styckvis linjär funktion, fram i Matlab. Brytpunkten och övriga parametrar (K_1 , K_2 , c) bestämdes automatiskt genom minimering av summan av kvadrerade avvikelser mellan uppmätta och modellerade värden. Regressionsmodellen med en brytpunkt definieras enligt:

$$P(T_{ute}) = \begin{cases} K_1(T_{ute} - T_{balans}) + c, & \text{om } T_{ute} < T_{balans} \\ K_2(T_{ute} - T_{balans}) + c, & \text{om } T_{ute} \geq T_{balans} \end{cases} \quad (5)$$

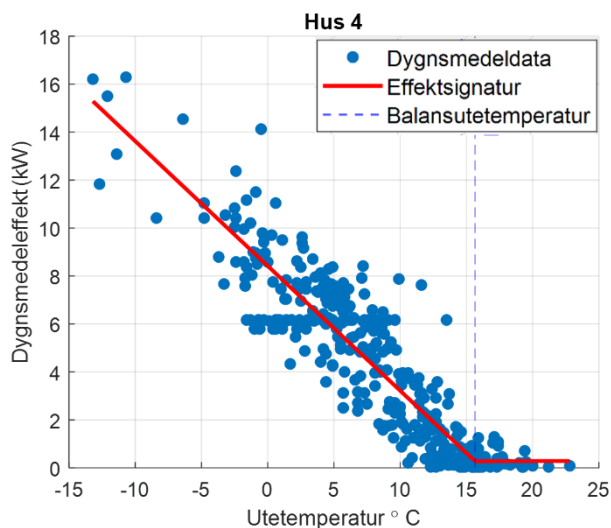
där P är dygnsmedeleffekten, T_{ute} är utetemperatur, T_{balans} är balanstemperaturen (brytpunkten), K_1 och K_2 är värmeförlustfaktorerna (effektsignaturens lutning) för utetemperaturer under respektive över brytpunkten, och c är baslasten vid brytpunkten.

Den automatiserade metoden testades för några av de analyserade husen. För hus 7 fungerade metoden väl, se Figur 28, där den erhållna balanstemperaturen blev 14,8 °C. Detta resultat är rimligt utifrån husets klimatskal och uppvärmningssystem samt likt det som erhållits vid visuell bedömning av effektsignaturen.



Figur 28: Effektsignatur med två delar och automatisk identifiering av balanstemperatur för hus 7.

Likaså för hus 4 fungerade den automatiserade metoden väl, se Figur 29. Den identifierade balanstemperaturen var 15,6 °C jämför med 16,5 °C som erhållits vid visuell inspektion av effektsignaturen.

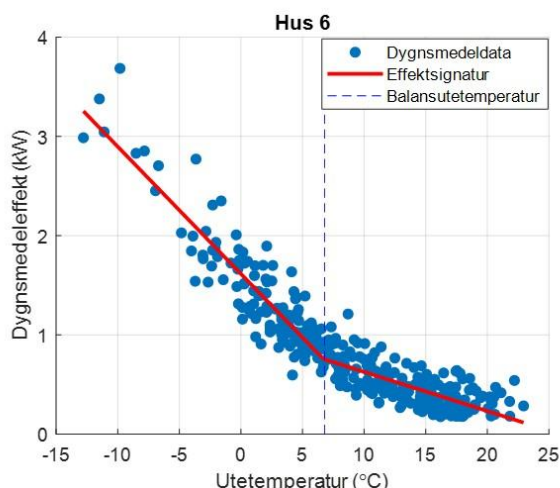


Figur 29: Effektsignatur med två delar och automatisk identifiering av balanstemperatur för hus 4.

För hus 6 å andra sidan, se Figur 30, blev den erhållna balanstemperaturen med den automatiserade metoden 6,8 °C. Detta kan eventuellt vara rimligt för ett hus med en

frånluftsvärmepump. Detta då de erhållna effektsignaturerna till vänster och höger om balanstemperaturen båda uppvisar två olika utetemperaturberoenden. Det skulle kunna innebära att baslasten innehåller uppvärmningsenergi där energi i frånluften är tillräcklig för att tillgodose behovet, medan för utetemperaturer lägre än 6,8 °C krävs även att energi tas från uteluften vilket ger ett annan lutning på effektsignaturen.

Av denna anledning kan det krävas fler villkor i en automatiserad metod som är baserade på vad som är rimliga balanstemperaturer för småhus med olika klimatskal och uppvärmningssystem. Till exempel ett förutbestämt intervall i vilket balanstemperatur måste identifieras, alternativt att lutningen på baslasten inte får överstiga en viss gräns.

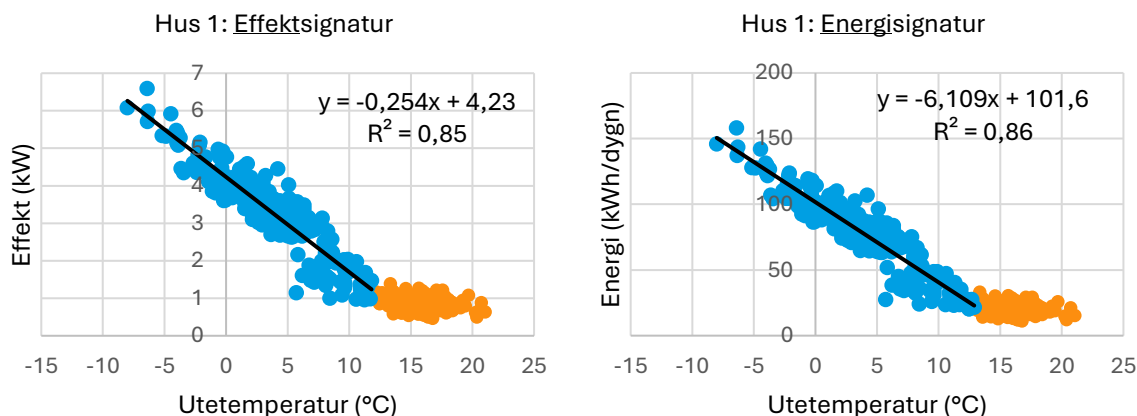


Figur 30: Effektsignatur med två delar och automatisk identifiering av balanstemperatur för hus 6.

I denna studie har alla husens effektsignaturer, utom ett, visat att baslasten (energianvändningen för $T_{ute} > T_{balans}$) också har en viss lutning (istället för att vara noll). I det fallet lutningen var nära noll var det för huset med direktverkande el. Vilken lutning för baslasten som är rimlig behöver dock vidare undersökas, samt om detta i sin tur kan användas som ett villkor för att fastställa husets balanstemperatur vid ett automatiserat förfarande.

5.5 Jämförelse med energisignatur

I avsnitt 4.3 presenterades *effektsignatur* för de analyserade husen. Detta innebar att dygnsmedelvärdet för energianvändningen dividerades med 24 timmar för att få dygnsmedeleffekter för energianvändningen. Istället för att beräkna dygnsmedeleffekt hade energianvändningen i kWh/dygn kunnat plottas mot utetemperaturen och resulterade graf blir husets *energisignatur*. Se Figur 31 för en jämförelse av effekt- och energisignatur för hus 1.



Figur 31: Jämförelse effekt- och energisignatur för hus 1.

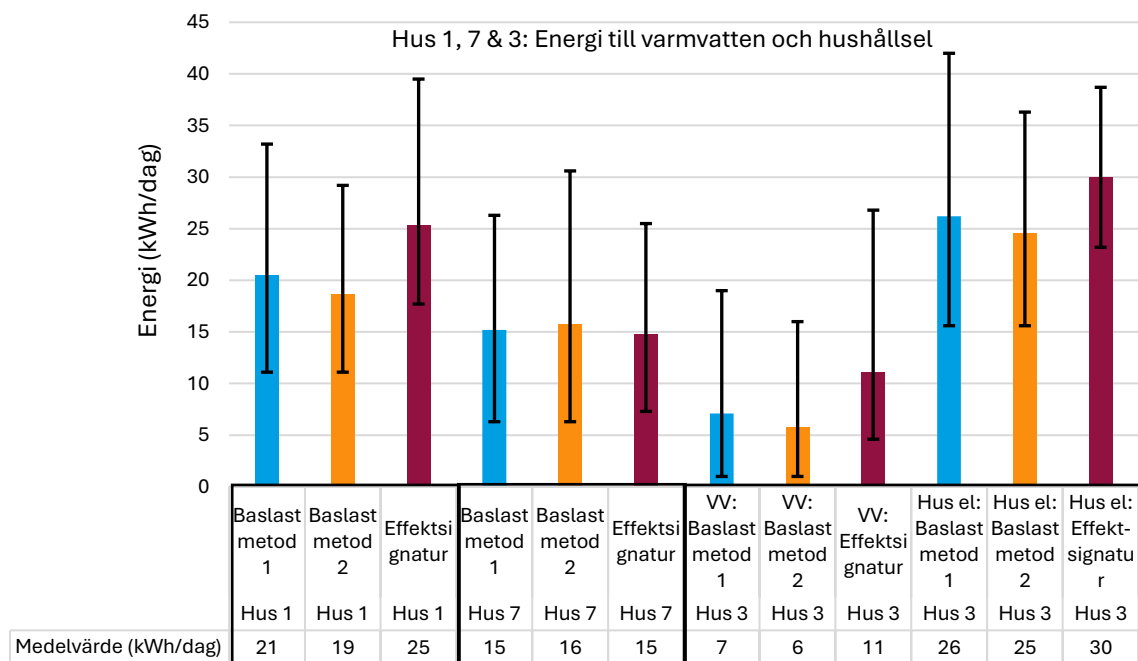
För energisignatur är värmeförlustfaktorns enhet kWh/K istället för kW/°C som för effektsignatur. För att beräkna den årliga energianvändning för uppvärmning med metoden effektsignatur används graddagar. För energisignatur behövs inte graddagar, men den del av energianvändningen som utgörs av varmvatten och hushållsel måste istället uppskattas och subtraheras för varje datapunkt för att därefter kunna summera total energianvändning för uppvärmning (för alla datapunkter med utetemperaturer lägre än balanstemperaturen).

Beräkning av baslast vid användning av energisignatur

Ett av målen för detta projekt är att ta fram en förenklad metod för att beräkna energianvändning för uppvärmning. Genom att använda effektsignaturmetoden kan energi till uppvärmning beräknas med hjälp av husets värmeförlustfaktor och balanstemperatur, utan att man behöver uppskatta och subtrahera energin som används till varmvatten och hushållsel.

Om man däremot använder energisignatur måste man först uppskatta och subtrahera energin som används till varmvatten och hushållsel innan energi för uppvärmning kan beräknas. Det kan göras genom två olika metoder:

- 1) Baslast metod 1: Energianvändningen för utetemperaturer större än husets balanstemperatur antas motsvara enbart energi för varmvatten och hushållsel, eftersom ingen uppvärmning behövs. Medelvärdet av denna baslast beräknas.
- 2) Baslast metod 2: Energianvändningen under månaderna juni-augusti antas motsvara enbart energi för varmvatten och hushållsel, eftersom ingen uppvärmning behövs under sommarmånaderna. Detta är ett antagande att lika mycket hushållsel och varmvatten används året runt. Under vinterhalvåret används normalt mer hushållsel med framförallt mer belysning. Även vattenanvändning kan variera med årstiden. Detta är en metod som vanligen används för att normalårskorrigera energianvändning med effektsignatur. Medelvärdet av energianvändningen för juni-augusti beräknas.



Figur 32: Energi till varmvatten och hushållsel för hus 1, 7 och 3, beräknat med baslast metod 1, baslast metod 2 och med metoden med effektsignatur och graddagar. Stapeln visar medelvärdet och felstaplarna visar min och max värden.

I Figur 32 är medelvärdet för energin till varmvatten och hushållsel presenterat för hus 1, 7 och 3, inklusive min och max värden. Hus 1 och 7 är eluppvärmda medan hus 3 har fjärrvärme. Medelvärdena har beräknats med baslast metod 1 och 2 ovan samt med metoden med effektsignatur och graddagar där baslasten är den resterande energianvändningen efter energi för uppvärmning subtraherats från den totala energianvändningen. I Figur 32 kan man se att medelvärdet för varmvatten och hushållsel är högst för hus 1 och 3 för metoden med effektsignatur och graddagar. Baslastmetod 2 ger som förväntat lägst medelvärden för varmvatten och hushållsel, även om värdena inte skiljer nämnvärt från utfallet för baslastmetod 1. Detta innebär således att energin till uppvärmning kommer att bli högre med de två baslastmetoderna jämfört med effektsignatur och graddagar. Detta eftersom baslasten subtraheras från den resterande energianvändningen. För hus 7 å andra sidan, som är direkteluppvärmt, spelar det ingen roll vilken av de tre metoderna som används för att uppskatta energi för varmvatten och hushållsel. Detta för att de tre olika tillvägagångssätten ger ungefär samma utfall. I de fall baslasten blir lägre (för hus 1 och 3) kommer det innebära att energin till uppvärmning blir högre, och riskerar att överskattas.

Eftersom baslasten subtraheras från den totala energianvändningen kan denna variation få en direkt och ibland betydande inverkan på den efterföljande beräkningen av energin för uppvärmning. Detta då det faktiska dygnsmedelvärdet för varmvatten vid respektive dygn kan vara som minst 1 kWh/dag eller som mest 19 kWh/dag, jämfört med medelvärdet på 7 kWh/dag som är det värde som subtraheras. Med metoden för effektsignatur och graddagar krävs däremot ingen uppskattning av baslasten. Istället beräknas energin till uppvärmning direkt utifrån husets värmeförlustfaktor, balanstemperatur och graddagar. Eftersom endast lutningen på effektsignaturen används i beräkningen behöver inte baslasten uppskattas, vilket gör metoden mindre känslig för variationer i varmvatten- och hushållselsanvändningen för att beräkna energin för uppvärmning. Därav föreslås en metod baserad på effektsignatur och inte energisignatur.

6 Genomförande av begränsad energideklaration enligt gängse praxis

Inom ramen för detta projekt har en begränsad energideklaration genomförts för hus 2, 5 och 6 utifrån gängse praxis. Detta för att jämföra utfallet för energi till uppvärmning från att använda den förenklade metoden, med den metod som energiexperten normalt använder vid upprättandet av energideklarationer.

De energideklarationer som utförts inom projektet har inte inkluderat normalisering av energi för uppvärmning och tappvarmvatten enligt BEN (Boverket, 2018), så som görs vid en fullständig energideklaration. För en komplett energideklaration skall man enligt BEN även:

- Korrigera energi för uppvärmning med 5% per grad om innetemperaturen avviker från 21 °C.
- Korrigera energi för tappvarmvatten genom att den verkliga eller uppskattade energin för tappvarmvatten dras från och den "normala" energin för tappvarmvatten läggs till. Den senare är $ETVV: 20 \times A_{temp} / \eta_{TVV}$, där η_{TVV} är "verkningsgraden" för beredning av varmvattnet. För tex. en frånluftsvärmepump kan den schablonmässiga värmefaktorn 1,7 tillämpas.
- Korrigera energi för uppvärmning om den interna värmegenereringen från hushållet avviker från 30 kWh/ A_{temp} , år.

6.1 Metod

A_{temp} är den golvarea som är eller kan uppvärmas till minst 15 °C. Om källare har radiatorer men dessa är avstängda skall denna area ändå ingå i A_{temp} . För de tre genomgångna byggnaderna har detta inte vållat frågetecken, endast en av dem har källare och den värms upp. Om garage/fordonsparkering finns i byggnaden skall denna area inte ingå i A_{temp} men eventuell uppvärmning av denna skall ingå ändå.

Fastighetsel är närmast försumbar för småhus. I denna ingår energi till cirkulationspumpar och ventilationsfläktar för de tre byggnaderna. Denna post kan dock bli stor om elektrisk golvvärme/komfortvärme är omfattande och räknas då som uppvärmning, även avfuktare i torpar/kryp-grund kan ingå.

Hushållsel är all el förutom el till andra byggnader, fastigheten, uppvärmning och tappvarmvattenberedning. För de aktuella byggnaderna har schablonen enligt Boverket och SVEBY tillämpats, 30 kWh/ $m^2 A_{temp}$. Undantaget är den byggnad som är nybyggd och här tillämpas istället 20 kWh/ $m^2 A_{temp}$.

Tappvarmvattenberäkning har gjorts baserat på BEN (Boverket, 2018). Vid känd kallvattenvolym kan årlig energi för varmvatten beräknas enligt: $E_{TVV} = 0,35 \times m^3 KV \times 55 / \eta_{TVV}$ (årsverkningsgrad för beredning). För de aktuella byggnaderna är årsverkningsgraden (värmefaktorn) ansatt till 1,7 för varmvattenproduktion för både frånluftsvärmepump och luft-vattenvärmepump.

Andra byggnader som är fristående från den byggnad som energideklareras skall inte ingå i energiprestandan, varken arean eller energianvändningen. Detta är aktuellt för två av byggnaderna och här har de fristående byggnadernas elanvändning uppskattats med hjälp av isolerstandard och graddagar för orten i kombination med innetemperaturen. Inte heller annan elanvändning utanför den byggnaden som energideklareras skall ingå, och en

av byggnaderna har laddning av elbil. Denna el har uppskattats med årlig körsträcka och uppskattad elförbrukning per mil.

Uppvärmning beräknas här genom att från total elanvändning dra av el till -andra byggnader, - annan användning utomhus, -hushåll, -fastighet och till -varmvattenberedning.

Energideklarationerna för hus 2, 5 och 6 har gjorts av en certifierad energiexpert. Energiexperten har genomfört intervjuer med respektive husägare, samt använt samma insamlade data som för upprättandet av effektsignaturen för att kunna upprätta energideklarationen enligt följande:

- Energi för uppvärmning av fristående byggnader som inte ska inkluderas i energideklarationen har uppskattats genom beräkning av transmissionsförlusterna för byggnaden utifrån uppskattade för U-värden och uppmätta ytor för väggar, tak och golv.
- Ev. elanvändning för laddning av elbil har uppskattats baserat på 2,5 kWh/mil och 1200 laddade mil per år baserat på intervju med boende.
- Hushållsel har beräknats enligt schablon $30 \cdot A_{temp}$ för hus 2 och 5. För hus 6 gjordes en uppskattning att mindre hushållsel används tack vare energieffektiva apparater varpå schablonen justerades till $20 \cdot A_{temp}$. Dessa siffror presenteras i Tabell 5.
- Fastighetselen har för alla tre hus uppskattats utifrån effekt och drifttid för cirkulationspumpar och fläktar.
- Energi för uppvärmning och tappvarmvatten har beräknats genom att subtrahera hushållsel och fastighetsel från den totala elanvändningen för år 2024.
- Årlig energi till tappvarmvatten har beräknats baserat BEN (Boverket, 2018) vid känd kallvattenvolym enligt: $0,35 \cdot \frac{V_{KV}(m^3) \cdot 55}{\eta_{ttv}}$ kWh/år. Antagen verkningsgrad på 1,7 för varmvattenproduktion med både frånluftsvärmepump och luft-vattenvärmepump. Dessa siffror presenteras i Tabell 5.
- Energi för uppvärmning har beräknats genom att subtrahera energi för tappvarmvatten från dessa två kombinerat. Dessa siffror presenteras i Tabell 5.
- Byggnadens energianvändning har beräknats genom att addera energi för uppvärmning och fastighetsel.

6.2 Resultat

I Tabell 5 visas resultaten från begränsade energideklarationer som utförts enligt gängse praxis för hus 2, 5 och 6. Värdena som presenteras i Tabell 5 är de värden energiexperten tar fram innan de har korrigerats för normalt brukande och normalårskorrigerats. Hushållselen har uppskattats enligt punkt 3 ovan.

Tabell 5: Resultat från begränsade energideklarationer enligt gängse praxis. Ej korrigerade för normalt brukande och ej normalårskorrigerade.

Hus	Hushållsel (kWh/år)	Energi för uppvärmning och tappvarmvatten (kWh/år)	Varav energi till tappvarmvatten (kWh/år)	Energi för uppvärmning (kWh/år)
2	7 098	8 098	1 076	7 022
5	4 330	3 953	1 348	2 605
6	2 634	4 175	1 132	3 042

6.3 Diskussion angående metod enligt gängse praxis

Projektgruppens erfarenhet visar att det saknas transparens och systematik vid genomförandet med dagens metod för att fastställa normalt brukande och därmed energiprestanda för ett småhus. Det avser främst metoden för att normalisera uppmätt elanvändning till att motsvara normalt brukande, dvs vilken del av elanvändningen som avser hushållsel och därav ska dras bort helt. Dras mer eller mindre hushållsel av kommer det att påverka byggnadens bedömda energianvändning som ligger till grund för att fastställa byggnadens energiprestanda. Exempel på oklarheter är om hushållselanvändning för normalt brukande gäller hela den tempererade arean (inklusive källare) eller om energiexperten kan göra andra antaganden. Detta är särskilt kritiskt för ett småhus eftersom det endast är en familj som bor i huset jämfört med ett flerfamiljshus där flera familjer bor vilket gör att respektive familjs beteendemönster inte får lika stor inverkan.

Det finns även exempel där en byggnads bedömda energianvändning varit för hög på grund av att elanvändning avseende uppvärmning av en intilliggande mindre byggnad felaktigt inkluderats i den aktuella byggnadens energideklaration. Konsekvensen blev en sämre energiprestanda vilket medförde en felaktig angiven energiklass.

7 Jämförelse mellan begränsad energideklaration enligt gängse praxis och metod med effektsignatur

I detta avsnitt jämförs begränsad energideklaration enligt gängse praxis med metoden med effektsignatur genom att analysera skillnaderna i vardera resultat.

Tabell 6: Energi för uppvärmning för hus 2, 5 och 6 baserat på begränsad energideklaration enligt gängse praxis och metoden enligt effektsignatur. Båda resultaten är baserade på data för år 2024.

Hus	Energi för uppvärmning		Hushållsel + varmvatten	
	Begränsad energideklaration enligt gängse praxis (kWh/år)	Metod med effektsignatur (kWh/år)	Begränsad energideklaration enligt gängse praxis (kWh/år)	Metod med effektsignatur (kWh/år)
2	7 022	12 256	$7098 + 1076 = 8\,174$	3 060
5	2 605	4 285	$7830^6 + 1348 = 9\,178$	8 153
6	3 042	3 054	$2634 + 1132 = 3\,766$	4 175

I Tabell 6 presenteras energianvändning för uppvärmning för hus 2, 5 och 6 för de två olika metoderna. De presenterade siffrorna har inte korrigerats för normalt brukande för någon av metoderna, dvs har inte korrigerats för normal inomhustemperatur eller normala interna laster. För hus 2 och 5 är energin för uppvärmning betydligt högre med effektsignaturmetoden än med metoden enligt gängse praxis, 75 % högre för hus 2 och 64 % högre för hus 5. De båda metoderna resulterar i nästan samma siffra för hus 6.

För den begränsade metoden enligt gängse praxis för både hus 5 och 6 har 467 kWh respektive 240 kWh subtraherats från den totala energin till fastigheten för fristående byggnader med uppvärmning. Denna energi till uppvärmning som inte ska inkluderas i energideklarationen har dock inte exkluderats i direkt användning med effektsignaturmetoden och finns således med i den totala energin för uppvärmning vilket bidrar till att den överskattas. För hus 5 och 6 är denna överskattning i storleksordningen 11 respektive 8 %, vilket beror på storleken av den energi som ska exkluderas. Detta är något som behöver hanteras som del av effektsignaturmetodens vidareutveckling.

En anledning till att hus 6 resulterar i nästan samma siffra för energi till uppvärmning med de två metoderna kan vara den låga balanstemperatur som antogs för detta hus, 9 °C, och att denna antogs genom att kontrollera andelen energi till varmvatten och hushållsel som återstod med hjälp av Boverkets schabloner vid normalt brukande.

Hushållselen har enligt den begränsade metoden enligt gängse praxis beräknats baserat på Boverkets schabloner vid normalt brukande. För hus 2 har hushållselen således beräknats till 7098 kWh/år. Hushållselen för hus 5 är 7830 kWh/år (inklusive 3500 kWh/år för laddning av elbil) och 2634 kWh/år för hus 6, se Tabell 6. Eftersom utfallet för hushållselen baserat på denna schablon påverkas av husets A_{temp} kan detta leda till att den har överskattats för hus 2, vilket i sin tur leder till att energin för uppvärmning har underskattats. Ett annat exempel är från hus 4 som har fjärrvärme för uppvärmning och varmvatten. Den använda hushållselen för året är 3990 kWh.

⁶ Inklusive 3500 kWh/år för laddning av elbil.

Om Boverkets schablon baserat på 30 kWh/m², år hade använts blir den totala hushållselen 9300 kWh/år. I detta fall, för hus med hög A_{temp} och samtidigt få brukare, överskattar schablonen på 30 kWh/m², år den faktiska användningen av hushållsel med nästan 2,5 gånger så mycket. Schablonen för hushållsel har därför en stor inverkan på den mängd energi till uppvärmning som återstår efter den har dragits bort från den totala energianvändningen, enligt den begränsade metoden enligt gängse praxis. Med effektsignaturmetoden behöver inte schabloner användas för att beräkna hur mycket energi för hushållsel och varmvatten som skall subtraheras.

Om man jämför energi för hushållsel och varmvatten för hus 5 och hus 6 enligt Tabell 6 kan man se att både effektsignaturmetoden och den begränsade metoden enligt gängse praxis resulterar i en högre andel för hus 5 än för hus 6. För den begränsade metoden enligt gängse praxis har 3500 kWh/år antagits användas till laddning av elbil, medan i effektsignaturmetoden är det okänt om det finns någon elbil som laddas med hushållsel. Trots detta är det tydligt att effektsignaturmetoden lyckas att identifiera att energi till hushållsel och varmvatten är högre för hus 5 än för hus 6, vilket indikerar att separat mätning för laddning av t.ex. elbil inte behövs med effektsignaturmetoden under förutsättning att laddningen sker på samma sätt under året.

Vad gäller energianvändningen till varmvatten enligt Tabell 6, är den 1076 kWh/år för hus 2, 1348 kWh/år för hus 5 och 1132 kWh/år för hus 6. Dessa är beräknade utifrån känd mängd kallvatten. Hade schablonen $20 \cdot A_{temp}$ använts istället hade energin till varmvatten blivit högre: 2765 kWh/år för hus 2, 1682 kWh/år för hus 5 och 1529 kWh/år för hus 6, och den resterande siffran för energi till uppvärmning blivit lägre. Eftersom det inte finns en energimätare för varmvatten eller hushållsel kan denna siffra inte beräknas separat med effektsignaturmetoden. Dock kan energin för varmvatten beräknas med effektsignaturmetoden för husen med fjärrvärme. För hus 4 är den beräknade energin till varmvatten 3579 kWh/år, baserat på effektsignaturmetoden. Hade istället Boverkets schabloner vid normalt brukande använts baserat på känd mängd kallvatten hade energin för tappvarmvatten blivit 2240 kWh/år och baserat på $20 \cdot A_{temp}$ hade den blivit 6200 kWh/år⁷. Detta visar att effektsignaturmetoden genererar en siffra mellan dessa två schabloner, vilket indikerar att schablonerna inte nödvändigtvis gör uppskattningarna mer tillförlitliga.

Ytterligare en aspekt är att fastighetsel som inte är utetemperaturberoende ska redovisas som del av byggnadens energianvändning. Dock har den inte tagits hänsyn till i effektsignaturmetoden eftersom den inkluderats som baslast, samt att den för de studerade husen har varit försumbar. Den påverkar inte lutningen på effektsignaturen och således beräknad energi för uppvärmning, men behöver hanteras för att separeras ut från hushållselen och adderas till byggnadens energiprestanda. Exempel på betydande fastighetsel som inte är temperaturberoende kan vara en avfuktare för en torpargrund. Även golvvärme som används oavsett utomhustemperatur kan vara betydande.

För hus som värms med pellets pannor är metoden med effektsignatur inte tillämplig. Det kan dock vara möjligt att elektroniskt mäta pelletsskruvens gångtid under inmatning för att samla in data som relaterar till energianvändningen. Genom att kombinera sådan mätning med pannans verkningsgrad skulle energianvändningen kunna beräknas på ett datadrivet sätt. För hus med braskamin beror dess inverkan på effektsignaturen på hur mycket man faktiskt eldar, från enstaka myseldning, som är försumbart, till att kaminen används som en faktisk värmekälla. För

⁷ Verkningsgrad = 1,0 för fjärrvärme

både pellets- och vedeldning gäller att de rapporterade mängderna bränsle ofta bygger på uppskattningar och gissningar snarare än uppmätta värden. Detta medför en betydande osäkerhet i rapporteringen av energianvändningen, men trots detta är det dessa uppgifter som energiexperten som utför energideklarationer har att utgå från. Samtidigt som effektsignatursmetoden inte fungerar för dessa uppvärmningssätt är metoden enligt gängse praxis inte heller tillfredsställande.

8 Förslag på förenklad metod

En förenklad metod för energideklarering som baseras på effektsignatur föreslås. I metoden beräknas energi till uppvärmning enligt beskrivning i Tabell 7. Då en energideklaration tas fram för första gången för ett småhus behöver energiexperten besöka byggnaden för att:

- fastställa den tempererade arean
- särskilja energianvändning som ska, eller inte ska, ingå i energiprestandan
- fastställa avvikelser från normalt brukande och
- föreslå kostnadseffektiva åtgärdsförslag.

Vid en återupprepad energideklaration, t.ex. efter en energieffektivisering, kan nya energidata laddas ned från energibolaget och effektsignaturmetoden användas direkt för att fastställa en ny energiprestanda. Detta kan då ske utan platsbesök och automatiserat utföras på några minuter.

Dock behöver den förenklade metoden vidareutvecklas så att beräkningen enligt Tabell 7 kan ske helt automatiskt genom att

- det från platsbesöket noteras om det finns energianvändning som behöver beaktas från den erhållna energidatan som ska, eller inte ska, ingå i energiprestandan
- hur analys, och eventuella mätare, för avvikelser från normalt brukande behöver hanteras.

Tabell 7: Beskrivning av tillvägagångssätt för att beräkna energi till uppvärmning utgående från effektsignatur.

- | | |
|----------------|--|
| Steg 1. | Ta fram husets effektsignatur genom att plotta dygnsmedeleffekt mot dygnsmedelutetemperatur. |
| Steg 2. | Identifiera husets balanstemperatur visuellt från diagrammet. |
| Steg 3. | För utemperaturer lägre än husets balansutetemperatur: ta fram lutningen (värmeförlustfaktorn, enhet kW/°C, Ekv. (2)). |
| Steg 4. | Utifrån husets balansutetemperatur, beräkna antal graddagar per år (Ekv. (4)). |
| Steg 5. | Beräkna energi för uppvärmning genom att multiplicera värmeförlustfaktor med graddagar (Ekv. (5)). |
| Steg 6. | Subtrahera beräknad energi för uppvärmning från total energianvändning för att få resterande del som utgör energi till varmvatten och hushållsel (enbart varmvatten för hus med fjärrvärme). |

9 Diskussion och slutsatser

Syftet med denna studie har varit att undersöka om man kan förenkla och förbättra genomförandet av en energideklaration för ett småhus genom använda metoden effektsignatur. I dagens metod för energideklarationer används Boverkets schabloner för att beräkna den mängd energi för hushållsel och tappvarmvatten som ska dras av för att ta fram husets energi för uppvärmning. I effektsignaturmetoden beräknas istället energi till uppvärmning direkt.

Den föreslagna metoden med effektsignatur bidrar till ökad transparens genom att analysen baseras på en tydligt definierad och systematisk metodik. Eftersom metoden är entydigt beskriven och bygger på samma indata och beräkningssteg, skulle resultatet i princip bli detsamma oavsett vilken energiexpert som utför analysen. Detta står i kontrast till dagens tillämpning av energideklarationer för småhus, där energiexperten inte behöver redovisa vilka metoder, antaganden eller beräkningar som ligger till grund för de redovisade värdena. I praktiken innebär detta att det i dag inte är möjligt för en extern granskare eller fastighetsägare att följa, verifiera eller förstå hur de redovisade siffrorna i energideklarationen har tagits fram. Effektsignaturmetoden skapar därmed bättre spårbarhet, jämförbarhet och förutsättningar för kvalitetssäkring av energideklarationer.

Effektsignaturen ger en tydlig och tillförlitlig bild av hur byggnadens värmebehov och prestanda förändras över tid. Den möjliggör både identifiering av avvikelser och uppföljning av effekten av genomförda energieffektiviseringsåtgärder på ett sätt som få andra metoder kan erbjuda. Metoden har därav potential att på ett mer tillförlitligt sätt fastställa energiprestandan för ett småhus.

Den föreslagna förenklade metoden kan göras till en helt automatiserad process, genom att till exempel vidareutveckla den testade regressionsmodellen i Matlab. En analys av ett småhus energiprestanda skulle därmed kunna genomföras på några sekunder, med potential att göras till mycket låg kostnad. Genom att använda en automatiserad process kan även effektsignaturer baserat på data med olika upplösning (timma, dygn, 3-dygn, vecka) snabbt tas fram för att användas som validering av datan och eventuellt identifiera avvikande datapunkter. Beroende på om huset är mer eller mindre värmetrögt kan även lämplig upplösning för effektsignaturen fastställas genom att jämföra värmeförlustfaktor och R^2 -värde för respektive effektsignatur.

I denna studie kunde det påvisas att effektsignaturer kan appliceras på hus med energiklasser från F till B, även om effektsignaturens R^2 -värde var högre (och metoden därför mer lämplig) för hus med sämre energiklasser. Förbättringar har dock identifierats för att utveckla effektsignatursmetoden så att den kan appliceras även på hus med bättre energiklass.

Bland annat behövs utveckling för hur balanstemperaturen ska fastställas för byggnader med låg energianvändning och för byggnader med temperaturberoende även i baslasten, t.ex i kombination med schabloner för hushållsel och tappvarmvatten. Analys av brukarrelaterade parametrar, så som närvaro och frånvaro i huset, och hur de ska exkluderas från analysen med effektsignatur behöver också vidareutvecklas. T.ex. om kompletterande mätare behövs för tillförlitligt resultat, så som inomhus- och utomhustemperaturgivare. Resultaten i denna studie indikerade att mätare för laddning av elbil och användning av varmvatten inte behövs, men denna indikation behöver verifieras. Utöver detta behöver även annan stor hushållselanvändning (som t.ex. om det finns en uppvärmd pool) hanteras i en vidareutveckling av metoden.

Effektsignaturen gör det möjligt att snabbt och tydligt identifiera både negativa avvikelser i huset, till exempel om mer värme än normalt används, men också positiva förändringar, såsom sänkt inomhustemperatur. Det är i praktiken den enda metod som på ett direkt och visuellt sätt visar hur byggnadens energianvändning förändras över tid. Oavsett om det råder normal utomhustemperatur eller inte kan effektsignaturen därmed ge en tillförlitlig bild av byggnadens specifika värmebehov och faktiska prestanda även för en kortare mätperiod. Genom att jämföra effektsignaturer före och efter genomförda energieffektiviseringsåtgärder som tilläggsisolering, isolering av vindsbjälklag, fönsterbyte eller förbättringar av ventilationen, kan man se hur husets energiprestanda förbättras. En effektsignatur före åtgärd och en efter visar direkt effekten av insatserna.

10 Förslag till fortsatta arbete

I detta kapitel presenteras förslag till fortsatt arbete för att vidareutveckla metoden med effektsignatur.

10.1 Verifierande mätningar

För att verifiera den förenklade metoden föreslås mätningar att genomföras i de hus som har analyserats i denna studie. Detta för att undersöka om värmeförlustfaktorn från effektsignaturen är rimlig utifrån brukarrelaterade parametrar och för att fastställa om permanenta mätare behövs eller inte.

För de hus som inte har fjärrvärme som uppvärmningssätt föreslås att elen till värmepumpen mäts separat, för att särskilja el till uppvärmning och varmvatten från hushållselen. Likt de två hus med fjärrvärme i denna studie kan man med denna data jämföra mot Boverkets schabloner samt vidare fastställa den förenklade metodens träffsäkerhet.

För att utreda hur stor påverkan brukarrelaterade parametrar har på effektsignaturens lutning föreslås mätning av inomhustemperatur, samt loggning av närvaro och frånvaro. Detta för att ta reda på om denna data kan hjälpa till att fastställa hur stor påverkan de brukarrelaterade parametrarna har på effektsignaturens lutning. Ytterligare en anledning att mäta inomhustemperaturen är för att kunna justera för detta i det steg av energideklarationen där värdena korrigeras för normalt brukande.

Eftersom ingen av utetemperaturerna som användes i analysen i denna studie är lokalt uppmätta vid huset, rekommenderas även mätningar med en utetemperaturgivare vid huset. Utöver detta rekommenderas att dessa mätningar jämförs med Svebys klimatdatafil samt utetemperaturdata med metrologisk analys (MESAN). Detta för att jämföra effektsignaturens utfall beroende på vilken av dessa utetemperaturdata som används, och för att fastställa om en utetemperaturgivare behövs för ett mer tillförlitligt resultat.

10.2 Nästa steg

Utöver ovan föreslagna mätningar skulle den förenklade metoden behöva vidareutvecklas genom följande fördjupade analyser:

- Eftersom det finns ett utetemperaturberoende för varmvattenanvändningen skulle dess effektsignaturlutning behöva undersökas vidare. Detta för att eventuellt kunna subtrahera varmvattnets lutning från värmeförlustfaktorn. Ett alternativ kan vara att använda de automatiskt kvartalsvisa kallvattenmätningar som implementeras i allt större utsträckning i småhus för analys.
- Identifiering av en så korrekt balanstemperatur som möjligt är avgörande för att få en tillförlitlig siffra för energin för uppvärmning. Baslastens lutningen måste inte vara nära noll för att balanstemperaturen ska vara korrekt identifierad. Dock behöver lutningen vara tillräckligt låg för att inte kunna tolkas som att det finns ett uppvärmningsbehov. Därför behöver baslastens lutning och vad som är rimligt undersökas vidare. En sådan analys kan därefter bidra till att mer precist fastställa byggnadens balanstemperatur.
- En metod för att hantera fristående uppvärmda byggnader som ska exkluderas från husets totala energianvändning för uppvärmning. Eftersom denna del av uppvärmningen

enligt dagens metod för energideklarationer ska exkluderas behöver detta inkorporeras i den förenklade metoden också.

- Likt uppvärmningsenergi för fristående byggnader behövs även en metod för att hantera komfortgolvvärme som ska inkluderas i total energi för uppvärmning. Om komfortvärmegolvet används året runt, även för utomhustemperatur över husets balanstemperatur, kan det visas som en baslast i effektsignaturmetoden.
- Husets fastighetsel ska rapporteras som del av dess energiprestanda. Ofta är mängden fastighetsel försumbar, men det finns fall då andelen fastighetsel kan vara betydande, t.ex. om huset har en torpargrund som behöver kontinuerlig avfuktning. Effektsignaturmetoden kommer att inkludera denna del i baslasten (hushållselen) eftersom den inte är temperaturberoende, därav behöver instruktioner utvecklas i metoden av hur fastighetsel kan identifieras och hanteras.
- Hus med en braskamin som används mer än för myseldning behöver också hanteras. Ett första steg är att föra en logg över när braskaminen används, för att utifrån effektsignaturen ta fram en metod för att identifiera dessa dygn och dess påverkan på lutningen.
- Hur större soleanläggningar kan påverka resultatet.

11 Referenser

- Aronsson, S. (1996). *Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov: analys baserad på mätresultat från femtio byggnader*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- ASHRAE. (2002). *ASHRAE Guideline - Measurement of Energy and Demand Savings*.
- Boverket. (den 09 12 2016). *Gränsdragningslista*. Hämtat från <https://www.boverket.se/contentassets/3964e21ec62c46ac901efd6e054af059/gransdragningslista.pdf>
- Boverket. (den 12 06 2018). *Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår*. Hämtat från Boverkets författningssamling: <https://rinfo.boverket.se/BFS2016-12/pdf/BFS2018-5.pdf>
- Boverket. (den 01 06 2022). *Primärenergital och byggnadens energiprestanda*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energiushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/>
- Energimyndigheten. (2022). *Energilyftet*. Energimyndigheten.
- Fransson, R. (2014). *Energisignatur som metod för att analysera klimatskalets förlustfaktor och brukarbeteenden på lågenergihus*. Luleå: Luleå Tekniska Högskola.
- Fumo N., B. M. (2015). Regression analysis for prediction of residential energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47/2015.
- I. Meireles, V. S. (2022). Domestic hot water consumption pattern: Relation with total water consumption and air temperature . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Nordström, G. (2014). *Use of energy-signature method to estimate energy performance in single-family buildings*. Luleå: Luleå University of Technology.
- Sveby. (2024). *Sveby brukarindata bostadshus 2.0*. www.sveby.org/wp-content/uploads/2024/11/Sveby-brukarindata-bostadshus-2.0-241111.pdf.

LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket **LÅG** energi**AN**vändning) är Energimyndighetens entreprenörsnätverk för energi- och resurseffektiva byggnader. LÅGAN samlar Byggföretagen, Energimyndigheten, Boverket, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Installatörsföretagen, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN

www.laganbygg.se

www.linkedin.com/company/laganbygg

