

NORMALISERING AV UPPMÄTT ENERGIANVÄNDNING I BYGGNADER

Förstudie

Björn Berggren

2018-05-15 rev 2

FÖRORD

Denna studie inleddes under hösten 2017 och avslutades våren 2018. I samband med att Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår (BEN) publicerades, sågs ett behov av att skapa ett underlag för vidareutveckling av metoder för normalisering av uppmätt energianvändning.

Det huvudsakliga arbetet med rapporten har utförts av undertecknad. Dock hade rapporten inte kunnat sammanställas utan den arbetsgrupp som aktivt bidragit. Vidare har deltagare vid workshop och referensgruppsmöten bidragit med värdefull kunskap och engagemang.

Att fastställa byggnaders energiprestanda på ett rättvist och transparent sätt är viktigt. Förhoppningen är att denna förstudie ska kunna bidra till fortsatt arbete.

/Björn Berggren – Stockholm 2018-05-15

Arbetsgrupp:

- Björn Berggren, Skanska Sverige
- Lisa Flawn Orpana, Skanska Sverige
- Ludvig Dahlqvist, NCC Sverige
- Henrik Davidsson, Lunds Tekniska Högskola
- Maria Wall, Lunds Tekniska Högskola
- Niko Gentile, Lunds Tekniska Högskola
- Per Levin, Sveby/Projektengagemang

Referensgrupp:

- Mikael Näslund, Boverket
- Pontus Cerin, Energimyndigheten (byte under projektet till LiU)
- Johanna Nordström, Skanska Sverige
- Anders Ljungberg, NCC Sverige
- Stefan Amnehagen, Assemblin
- Pia Hedenskog, Svenska Bostäder
- Kenneth Ahlström, Kopparstaden
- Helen A Magnusson, Kfast i Eskilstuna

Deltagare på workshop:

- Björn Berggren, Skanska Sverige
- Björn Eldvall, Eon
- Lisa Flawn Orpana, Skanska Sverige
- Mikael Näslund, Boverket
- Carin Råberger, Energimyndigheten
- Erik Thörnström, Energiföretagen
- Harry Matero, Skanska Sverige
- Jenny Sahlén, PEAB
- Johan Svensson, PEAB
- Ola Larsson, WSP
- Per Levin, Sveby
- Pär Carling, EQUA
- Åsa Wahlström, CIT
- Per Kempe, Projektengagemang
- Pontus Cerin, Energimyndigheten (byte under projektet till LiU)

SAMMANFATTNING

Att fastställa byggnaders energiprestanda på ett rättvist och transparent sätt är viktigt.

För att kunna fastställa en byggnads energiprestanda i drift och för att identifiera prestandaavvikelser behöver uppmätt energianvändning normaliseras. Detta görs genom att korrigera uppmätt energianvändning för avvikelser som förelegat vid mätning jämfört med de förutsättningar som antagits vid projektering.

I slutet av 2016 publicerade Boverket föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN 1, som uppdaterades och idag är BEN 2 gällande. BEN innehåller två övergripande metoder för att normalisera uppmätt energianvändning, där det är möjligt att välja en av dessa. En stegvis/statisk metod där olika korrigeringsfaktorer används för att korrigera uppmätta värden samt en dynamisk metod där korrigering baseras på förhållandet mellan en energisimulering för faktiska förutsättningar och en för projekterade förutsättningar.

För att skapa underlag för vidareutveckling av dessa metoder har en förstudie genomförts. Syftet har varit att identifiera viktiga områden/parametrar som kan vidareutvecklas med avseende på normalisering. Arbetet har bedrivits genom arbetsmöten, litteraturstudier och en workshop.

Resultatet visar att det finns ett stort antal parametrar som påverkar en byggnads energianvändning och att Boverkets statistiska metod ej tar hänsyn till dessa fullt ut. Samtidigt är Boverkets statistiska metod den mest kompletta statistiska metod som identifierats under studien. Den dynamiska metoden, som kan användas i BEN och Sveby, kan ta hänsyn till så många brukarrelaterade parametrar som det finns mätunderlag för.

Det finns behov för vidareutveckling av metoder för normalisering, främst gällande:

- Förtydligande kring dynamisk normalisering
- Utveckling av statisk metod, främst avseende:
 - Luftflöden
 - Inomhustemperatur
 - Driftstider
 - Personnärvaro
 - Vädring
 - Elinternlast
 - Utomhusklimat, främst utomhustemperatur och solstrålning

Ovanstående bör undersökas för olika energieffektiva byggnader eftersom det tydligt framgån att byggnader med lågt energibehov jämfört med byggnader med stort energibehov påverkas olika när olika parametrar varierar.

En viktig fråga är också med vilken noggrannhet som önskas för normaliseringen samt vilka krav på mätunderlag som blir en följd av detta.

SUMMARY

Determining the energy performance of buildings in a fair and transparent manner is important.

In order to determine a building's energy performance in operation and to identify performance deviations, measured energy consumption needs to be normalised. This is done by adjusting the measured energy consumption for deviating conditions during measuring compared with the conditions assumed in design phase.

By the end of 2016, the Swedish Board of Housing, Building and Planning (Boverket) published regulations regarding verification of energy performance of buildings (BEN). These regulations introduce two different methods for normalisation, where it is possible to choose one of these. The first method is a static approach where the normalisation is carried out in four steps. The second method is a dynamic approach using a simulation tool.

In order to create a basis for further development of these methods, a pre-study has been carried out. The purpose has been to identify important aspects/parameters that can be further developed with regard to normalisation. The work has been conducted through work meetings, literature review and a workshop.

The results show that there are a large number of parameters that affect a building's energy use. Furthermore, the static method from Boverket static method does not fully take all these parameters into account. However, the static method from Boverket is the most complete method identified during the study.

There is a need for further studies regarding normalisation, which should focus on:

- Clarifications regarding dynamic normalisation
- Further development regarding static normalisation, mainly:
 - Ventilation/air exchange rates
 - Indoor temperature
 - Operation hours
 - Occupancy
 - Airing
 - Heat gains from electricity
 - Outdoor climate, mainly temperature and solar radiation

The above-mentioned parameters should be investigated for buildings with varying energy-efficiency, as buildings with low energy demand compared to buildings with high energy demand are affected differently when different parameters vary.

INNEHÅLL

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INLEDNING | 5 |
| 1.1 | ALLMÄN INFORMATION | 5 |
| 1.2 | BAKGRUND..... | 5 |
| 1.3 | SYFTE..... | 6 |
| 1.4 | GENOMFÖRANDE..... | 6 |
| 1.5 | RAPPORTUPPLÄGG | 6 |
| 2 | RESULTAT | 7 |
| 2.1 | PARAMETRAR SOM PÅVERKAR ENERGIANVÄNDNING..... | 7 |
| 2.2 | OLIKA METODER FÖR ATT NORMALISERA ENERGIANVÄNDNING..... | 15 |
| 3 | DISKUSSION | 20 |
| 4 | SLUTSATSER | 22 |
| 5 | REFERENSER | 23 |
| 6 | BILAGA – WORKSHOP | 27 |

1 INLEDNING

1.1 Allmän information

Detta projekt har initierats av Skanska Sverige AB och genomförts i samverkan med Lunds Tekniska Högskola, NCC och Projektengagemang/Sveby.

1.2 Bakgrund

Byggnadssektorn har länge strävat mot mer och mer energieffektiva byggnader och idag finns det flera exempel på att det går att bygga mycket energieffektiva byggnader, exempelvis passivhus, netto-nollenergihus m.m., med befintlig teknik. Samtidigt som vi förbättrar energieffektiviteten ökar intresset och relevansen för att byggnaders förväntade energiprestanda även uppnås i drift.

Det finns dock en stor mängd både nationella och internationella studier som visar på att förväntad energiprestanda inte alltid uppnås under byggnadens användande [1-20]. Vissa av dessa studier visar en stor avvikelse (uppmätt energianvändning som är mer än 50 % högre jämfört med beräknad och/eller förväntad energianvändning) [1, 3-5, 11, 17], där extremfallen visar på mer än 500 % högre energianvändning. Samtidigt visar vissa studier en liten avvikelse (uppmätt energianvändning som är mindre än 10 % högre jämfört med beräknad och/eller förväntad energianvändning) [6, 8, 18, 19].

Orsaker till avvikelser har tidigare analyserats [1, 3, 4, 13, 16, 17, 21] och kan sorteras på olika sätt. Sammantaget kan dock sägas att orsakerna kan härledas till hela byggprocessen. Under idé-, plan- och projekteringsskedet kan exempelvis osäkerheter i indata för energisimuleringar [1, 17] och felaktigt hanterade av mjukvaror för energisimuleringar [4, 13] bidra till avvikelser. Under produktionen kan missförstånd och felaktigt utförande, som i sin tur kan leda till bristande lufttäthet, obalans i luftflöden m.m., bidra till avvikelser [1, 13]. Avslutningsvis så kan avvikelser under driftsskedet, där brukarbeteendet ofta anses vara den största bidragande orsaken, bidra till avvikelser [1, 9, 16, 17].

Att fastställa byggnaders energiprestanda på ett rättvist och transparent sätt är viktigt. Bland annat för att det är en del i våra byggregler och för att det hjälper oss att arbeta för att byggnader ska få en låg miljöpåverkan i dess driftsfas. Det är även viktigt för att främja sund konkurrens inom byggbranschen och för att undvika onödiga konflikter mellan beställare/byggherre och entreprenör/entreprenörer. Noteras bör att normaliseringen av uppmätta värden ska utföras för avvikelser mot avsett brukande, för att dokumentera kvarvarande fel, inte för att dölja dessa.

För att kunna fastställa en byggnads energiprestanda i drift och för att identifiera prestandaavvikelser behöver uppmätt energianvändning normaliseras. Noterbart är att av de studier som nämns ovan, visas mindre avvikelser avseende energiprestanda i drift när uppmätt energianvändning normaliserats.

Normalisering kan idag göras i olika. Dels avseende vad man normaliserar för, dels hur man normaliserar för detta. Exempelvis kan normalisering för avvikande utomhushusklimat bland annat göras genom graddagskorrigering eller korrigering med energiindex, där man i Sverige ofta nyttjar underlag från SMHI [22].

Sedan november 2016 finns Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2016:12 – BEN 1 [23]. Under 2017 har boverket även remitterat och publicerat BEN 2 [24]. BEN definierar bland annat hur byggnads energianvändning kan bestämmas genom beräkning, men även hur uppmätt energianvändning i drift kan normaliseras. Normaliseringens syfte är att byggnadens redovisade

energiprestanda (om den bestäms genom mätning) ej påverkas av avvikande förutsättningar avseende utomhusklimat eller användning av byggnaden.

Normaliseringen kan enligt Boverket utföras enligt två olika principer, en statisk (stegvis) metod och en dynamisk metod. Dock saknar exempelvis den statiska metoden föreskrifter för hur korrigering av energi till komfortkyla ska göras för avvikande inomhustemperatur och den dynamiska metoden föreskriver ej vilka parametrar som ska inkluderas i normaliseringen.

Det finns stort behov av utveckling av normalisering av uppmätt energianvändning för byggnader.

1.3 Syfte

Avsikten med förstudien är att skapa en grund för fortsatt arbete med nuvarande normaliseringsmetoder genom att belysa behov av utveckling.

En transparent och tydlig normaliseringsmetod ger en sund konkurrens och minskar risken för konflikt mellan beställare/byggherre och entreprenör/entreprenörer.

1.4 Genomförande

Boverkets nuvarande metoder i BEN samt andra metoder har inventerats och analyserats. Arbetet har genomförs i samråd med Boverket och Energimyndigheten som deltagit via referensgrupp och vid workshop.

I arbetet inkluderas ej att definiera normalt brukande av byggnad, gränsdragning mellan vad som ingår i en byggnads energianvändning (E_{bea}) enligt BBR [25] eller omfattning av mätning för att kunna fastställa byggnads energianvändning i drift.

Arbetet har bedrivits genom arbetsmöten och litteraturstudier som har fokuserat på att identifiera viktiga parametrar som påverkar en byggnads energiprestanda och hur eventuella normaliseringsmetod för dessa är definierade. Vidare genomfördes en workshop med experter från branschen (se Bilaga) med fokus på att identifiera viktiga parametrar som påverkar en byggnads energiprestanda.

1.5 Rapportupplägg

I rapportens första avsnitt beskrivs bakgrund till arbetet samt genomförande och avgränsningar. I kapitel två redovisas resultaten från studien. Resultaten har delats upp i två huvudsakliga delar; Identifierade parametrar som kan ge stor påverkan på en byggnads energianvändning och olika metoder för normalisering av uppmätt energianvändning. Därefter diskuteras resultaten och svagheter lyfts fram. I kapitel fyra dras slutsatser och rekommendationer för fortsatta studier ges. Efter sista kapitlet, Referenser, finns en Bilaga som är en sammanställning från genomförd workshop.

2 RESULTAT

2.1 Parametrar som påverkar energianvändning

En byggnads energiprestanda är till stor del beroende av tekniska byggnadsrelaterade parametrar, det vill säga isolering, klimatskalets lufttäthet, verkningsgrad för värmeväxlare, fläktars energieffektivitet m.m. Det finns dock ett stort antal parametrar som inte byggherren kan råda över. Exempelvis när personer vistas i en byggnad, hur mycket solen strålar m.m. Förutom utomhusklimatet är stor del av parametrarna beroende av brukarna och brukandet av en byggnad.

I detta avsnitt redovisas resultat från litteraturstudier och workshop där fokus varit på parametrar som påverkar energianvändningen som inte är tekniskt byggnadsrelaterade.

2.1.1 Litteraturstudier

2.1.1.1 Inomhustemperatur

Avseende val av inomhustemperatur, och dess påverkan på en byggnads energibehov, så har det undersökts i förhållandevis många tidigare studier, se Tabell 1. Studierna undersöker främst hur energibehov för uppvärmning påverkas. Exempel finns där energianvändningen påverkas med cirka 10 % - 15 % för varje grad som inomhustemperaturen höjs eller sänks [5, 8, 9, 11, 26, 27]. Av de studier som visar större relativ påverkan, > 15 %, så avser två av studierna energieffektiva bostadsbyggnader [14, 28] och en studie som utgått från en skolbyggnad i Storbritannien [16]. Samtliga studier utom två [16, 27], avser bostadshus. Skolbyggnaden i Storbritannien, som visar störst ökat energibehov vid ökad inomhustemperatur, ventileras till merparten med självdrag.

Inomhustemperaturens inverkan på energibehov för komfortkyla är relativt större [26, 27], men lägre sett till absoluta tal mätt i kWh/m² A_{temp} och år.

Tabell 1 Inomhustemperaturens möjliga påverkan på energianvändning

| Parameter | Möjlig påverkan per grad | Källhänvisning |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|
| Inomhustemperatur | Uppvärmning: 7-40 % | [5, 8, 9, 11, 14, 16, 26-28] |
| | Komfortkyla: 25-33 % | [26, 27] |

2.1.1.2 Luftflöden

Tre studier har identifierats som undersöker hur en ökning eller minskning av luftflöden påverkar en byggnads energibehov. I Tabell 2 har resultaten från två av studierna sammanställts. Bägge dessa studier baseras på energieffektiva bostadsbyggnader och har balanserad ventilation med värmeväxling, FTX. I den tredje studien [16] är energianvändningen presenterad på ett sätt som inte gör det möjligt att särskilja hur förändrad energianvändning fördelar sig mellan exempelvis fläktel och uppvärmning. I den sistnämnda studien, som baseras på en skolbyggnad där merparten av ventilationen sker genom självdrag, ökar den totala energianvändningen med 25 % då ventilationen ökar med 25 % under dagtid. Denna ökning är mycket större jämfört med de andra två studierna som baseras på ventilation med FTX.

Utöver ökning/minskning av luftflöden kan även energibehov öka i byggnader med FTX-system om till- och frånluftslöden är i obalans [29]. I ett mindre flerbostadshus/radhus kan en obalans om 20 %, där frånluftslödet är 20 % högre jämfört med tillluftslödet, öka effektbehovet för uppvärmning i samma storleksordning.

Tabell 2 Luftflödets möjliga påverkan på energianvändning

| Parameter | Möjlig påverkan vid 10 % justering av luftflöden | Källhänvisning |
|------------|--|-----------------|
| Luftflöden | Uppvärmning: 3-5 % Fläktel: 10 % | [8, 19] [19] |

2.1.1.3 Vädring

Hur vädring sker i bostadshus påverkar energibehov för uppvärmning [30-32]. I samband med framtagande av brukarindata för bostäder [32] inom Sveby-programmet gjordes beräkningar baserat på tidigare studier och det fastslogs att ett påslag på beräknat uppvärmningsbehov ska göras för att ta hänsyn till vädring. Påslaget bestämdes till 4 kWh/m² A_{temp} och år. En detaljerad studie gjordes under 2013, där enkäter om vädringsvanor genomfördes för ett område om 16 fastigheter och 630 lägenheter i Malmö. Baserat på vädringsvanorna gjordes beräkningar som konstaterade att påverkan på energiprestanda kan uppgå till mer än 20 kWh/m² A_{temp} och år [30]. Detta är dock extremfall för vissa bostäder. Studiens beräkningar visar sammantaget att ökad energianvändning är lägre jämfört med Svebys påslag.

Simuleringar där man gör antaganden om att fönster är konstant 25 % öppna om dygnsmedeltemperatur utomhus överstiger 15 °C visar att energibehov för uppvärmning kan öka med 18-36 kWh/m² A_{temp} och år, beroende av väderstreck [31]. Detta är kraftig vädring, men det finns exempel i detaljerade studier som visar att det inte är orimligt [33].

2.1.1.4 Värme från personer

Effekten av avgiven värme från personer har främst undersökts genom simuleringar tidigare, se Tabell 3 för sammanställning. Av de studier som identifierats är det ingen som undersökt effekter i kombination med ventilation med variabla luftflöden.

I samband med uppföljning av passivhus i västra Sverige beräknades värme från personer kunna variera mellan 1 till 4 W/m², i bostäder [8].

En konstant alstring av värme från personer om 1 W/m² i en byggnad med stort energibehov för uppvärmning året runt skulle innebära att energianvändning för uppvärmning skulle kunna minska med en energimängd nära 8,8 kWh/m² A_{temp} och år. Det vill säga att i princip all värme kan komma byggnaden tillgodo. I de identifierade studierna så minskar energianvändningen med 3-6 kWh/m² A_{temp} och år. Där de lägre värdena är för bostäder som uppförts som passivhus och de högre värdena är för äldre flerbostadshus. Påverkan på energibehov för kyla är lägre.

Tabell 3 Personlasts möjliga påverkan på energianvändning

| Parameter | Möjlig påverkan vid förändring om 1 W/m ² | Källhänvisning |
|------------|--|------------------------------|
| Personlast | Uppvärmning: 3-6 kWh/m ² A _{temp} och år Komfortkyla: 2-3 kWh/m ² A _{temp} och år | [14, 19, 26, 27] [26, 27] |

2.1.1.5 Solinstrålning

Förutom att solstrålning varierar från år till år kan den mängd som kan komma att värma byggnaden variera beroende av val av tekniska lösningar (g-värde för fönsterglas, persienner, osv.), skuggning från omkringliggande objekt (träd, byggnader, osv.) och användande av rörliga solskydd (exempelvis persienner). Tekniska lösningar och omkringliggande objekt bör till stor del vara kända, även om omkringliggande objekt kan variera. Användandet av rörliga solskydd kan dock variera. Exempelvis kan persienner som tänkts nyttjas för att undvika höga

inomhustemperaturer användas även för mörkläggning i klassrum och därmed användas mer och följaktligen öka värmeenergiebehovet [16].

Generellt kan sägas att andel av solstrålning som kommer byggnad tillgodo minskar i energieffektiva byggnader likt passivhus eller liknande [8, 14]. Om inkommande solstrålning ökar så minskar en byggnads energibehov för uppvärmning och energibehov för komfortkyla ökar [14, 26, 27, 34]. Vid jämförelse mellan olika solskydd har en tidigare studie [31] visat att fast solskydd (solskyddsglas eller skärm/balkong) ger högre energibehov för uppvärmning jämfört med utvändigt rörligt solskydd. Detta på grund av att de fasta solskydden även avskärmar inkommande solstrålning när värmebehov finns och solen skulle komma byggnaden till nytta.

2.1.1.6 Värme från elanvändning

Värme som alstras på grund av elanvändning inne i byggnader kommer att påverka byggnadens energibehov för uppvärmning och kyla. Elanvändningen kan variera med mer än faktor 5 i bostäder [8]. Funna studier som inkluderar värme från elanvändning och hur de påverkar övrig energianvändning sammanfattas Tabell 4.

En konstant alstring av värme från elanvändning om 1 W/m^2 i en byggnad med stort energibehov för uppvärmning året runt skulle innebära att energianvändning för uppvärmning skulle kunna minska med en energimängd nära $8,8 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Det vill säga att i princip all värme kan komma byggnaden tillgodo. I de identifierade studierna så minskar energianvändningen med $3\text{-}8 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år. Där de lägre värdena är för bostäder som uppförts som passivhus och de högre värdena är för byggnader med sämre energieffektivitet. När en ökning/minskning om värmealstring sker från en låg nivå så är påverkan större än om värmealstringen redan är hög. Detta kan även ses tydlig i en studie som inkluderar hur värmealstring från komfortgolvvärme påverkar energianvändningen [35]. Där andel tillgodogjord energi minskar ju mer värme som alstras från användandet av komfortgolvvärmen.

Utöver mängd värme som alstras så kan även dess variation i tid få inverkan [36]. Om värme som alstras antas vara konstant över ett dygn eller om den antas varieras, samt om den antas säsongsvariera, påverkar övrig energianvändning.

Tabell 4 Värme från elanvändning möjliga påverkan på energianvändning

| Parameter | Möjlig påverkan vid förändring om 1 W/m^2 | Källhänvisning |
|-----------------------------|--|---|
| Verksamhets-/hushållsenergi | Uppvärmning: $3\text{-}8 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år Komfortkyla: $2\text{-}3 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ och år | [9, 14, 19, 26, 27, 37] [26, 27, 37] |

2.1.1.7 Utomhusklimat

Utomhusklimatet kan ge stor påverkan på en byggnads energibehov. Främst avseende uppvärmning och kyla. Det framgår tydligt av att vi idag i våra byggregler har geografiska justeringsfaktorer som innebär att vi tillåter att byggnader i norra Sverige använda mer än dubbelt så mycket energi för uppvärmning jämfört med byggnader i södra Sverige [25].

Exempel finns i tidigare studier där man bland annat undersökt effekten av förändrat utomhusklimat avseende bland annat utomhustemperatur, solstrålning, vind och lufttryck [19, 26, 34, 38]. Om en byggnad har ett otätt klimatskal (motsvarande $q_{50} = 0,8 \text{ l/s, m}^2$) visar en av studierna att ökade vindlaster om drygt 40 % kan påverka en byggnads energibehov för uppvärmning med $3\text{-}9 \%$ [34]. För byggnader med tätare klimatskal är påverkan mindre. Sammanfattningsvis är utomhustemperatur den klimatrelaterade parameter som har störst

påverkan på en byggnads energibehov för uppvärmning. För komfortkyla så har utomhustemperatur en betydande roll, men solstrålning har ofta större påverkan.

Att utomhusklimatet får en stor påverkan visades även i samband med att nya klimatfiler för energiberäkningar togs fram under 2015 [39]. Där uppdatering med mer aktuell klimatdata generellt visade en minskning av energi för värme. Arbetet visade även en tydlig korrelation mellan uppvärmningsbehov och graddagar för ett flerbostadshus. Korrelationen var inte lika tydlig för ett kontorshus.

2.1.2 Resultat från workshop

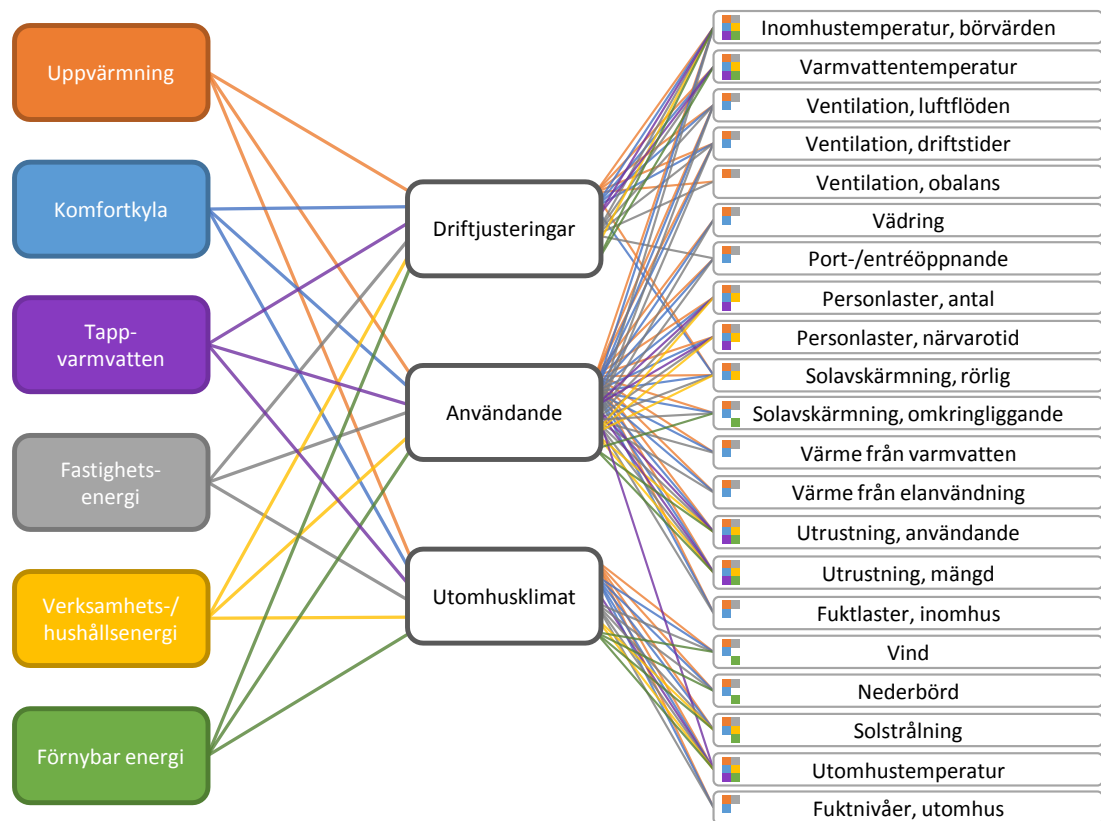
Baserat på resultaten från workshopen har en figur tagits fram som visar de samband och parametrar som lyftes fram där, se Figur 1. Denna figur skapades efter genomförd workshop. Det är ett relativt stort antal parametrar som identifieras och dessa kan delas in i tre huvudgrupper; driftsjusteringar, användande och utomhusklimat.

Driftsjusteringar avser parametrar som en organisation eller person som är ansvarig för drift av en fastighet kan justera vilket kan innebära att de faktiska driftsförutsättningarna avviker från den tidigare projekterade driften. Det kan exempelvis vara börvärden för inomhustemperatur eller ventilationens driftstider. *Användande* avser parametrar som brukarna av fastigheten påverkar. Dessa omfattar generellt sett både en mängd relaterat till antal och en mängd relaterat till tid/användande. Exempelvis kan både antal och användningstid av datorer variera.

Utomhusklimat avser parametrar som relaterar till utomhusklimatet. Exempelvis solstrålning, utomhustemperatur, osv.

Gemensamt för alla tre grupperna är att de påverkar alla de olika delar som räknas in i en byggnads energianvändning, enligt Boverket, samt att de även påverkar verksamhets-/hushållsenergi och generering av förnybar energi.

Respektive parameter (till höger i figuren) har ett fält med ett antal färger. Färgerna indikerar vad de främst påverkar. Exempelvis anses ventilationens driftstider främst påverka uppvärmning, komfortkyla och fastighetsel. Samtliga dessa linjer går till huvudgruppen driftsjusteringar.

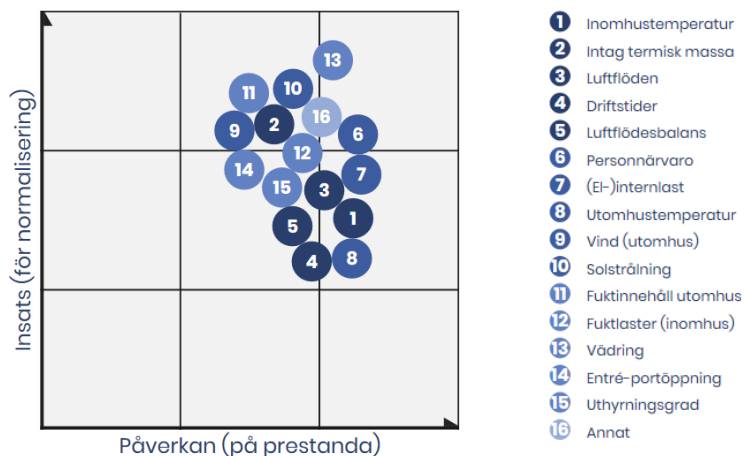


Figur 1 Samband mellan energianvändning (till vänster) och påverkande parametrar (till höger). Färgerna representerar typ av energianvändning och färgläggning i parameterrutorna indikerar vilken energianvändning de främst påverkar.

Vid workshopen genomfördes även omröstningar för vilka parametrar som ansågs ha störst påverkan på uppvärmning, komfortkyla, fastighetsenergi, verksamhets-/hushållsenergi och generering av förnybar energi. De parametrar som man kunde rösta på arbetades fram under workshopen. Vid samtliga omröstningar kunde man även rösta på "Annat". Deltagarna ombads att ge "Annat" ett lågt värde om man ansåg att de alternativ som man kunde rösta på var heltäckande. Om man ansåg att det saknades parametrar skulle man värdera det högre.

En sammanställning av resultaten avseende energi för uppvärmning visas i Figur 2 där deltagarna vid workshopen ombads rösta avseende olika parametrars påverkan och insats för att normalisera för dessa.

De parametrar som ansågs ha störst påverkan på energianvändning för uppvärmning var inomhustemperatur, personnärvaro, elinternlast och utomhustemperatur. Det ansågs vara enklast att normalisera för avvikande driftstider och utomhustemperatur. Om man skall prioritera parametrar som både har stor påverkan och låg insats för normalisering så innebär det att utomhustemperatur, inomhustemperatur och driftstider bör vara prioriterat. De parametrar som bör prioriteras lägst är vind och fukt utomhus.

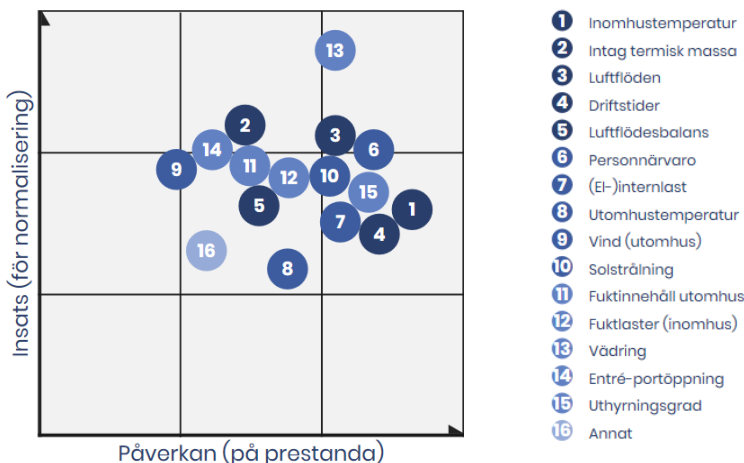


Figur 2 Resultatsammanställning från omröstning avseende olika parametrar och uppvärmning

En sammanställning av resultaten avseende energi för komfortkyla visas i Figur 3 där deltagarna vid workshopen ombads rösta avseende olika parametrars påverkan och insats för att normalisera för dessa.

De parametrar som ansågs ha störst påverkan på energianvändning för kyla var inomhustemperatur, personnärvaro, driftstider och uthyrningsgrad. Det ansågs vara enklast att normalisera för avvikande driftstider och utomhustemperatur. Om man skall prioritera parametrar som både har stor påverkan och låg insats för normalisering så innebär det att inomhustemperatur och driftstider bör vara prioriterat. De parametrar som bör prioriteras lägst är vind, entré- och portöppning och intag av termisk massa.

Med intag av termisk massa avses om en stor massa med avvikande temperatur tas in i byggnaden. Exempelvis om en stor mängd varor levereras till byggnaden vintertid med lastbil och dessa då har en temperatur nära utomhustemperaturen då de tas in i byggnaden.



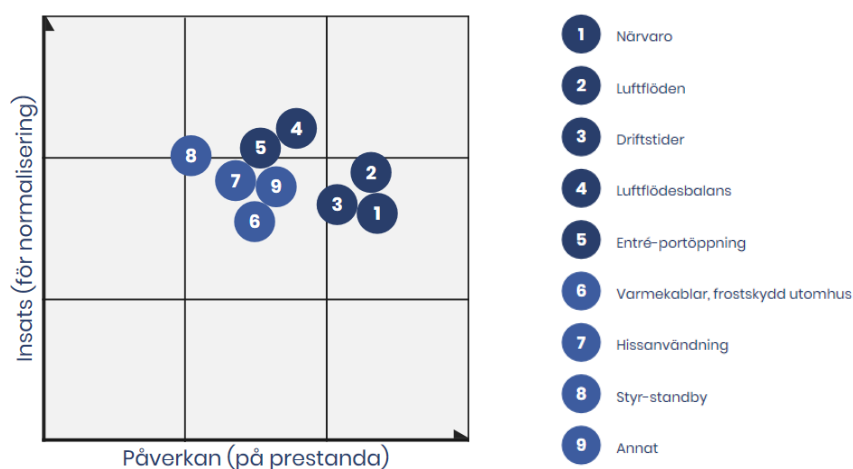
Figur 3 Resultatsammanställning från omröstning avseende olika parametrar och komfortkyla

En sammanställning av resultaten avseende fastighetsenergi visas i Figur 4 där deltagarna vid workshopen ombads rösta avseende olika parametrars påverkan och insats för att normalisera för dessa.

De parametrar som ansågs ha störst påverkan på fastighetsenergi var närvaro, luftflöden och driftstider. Det ansågs vara enklast att normalisera för närvaro, driftstider och

värmekablar/frostskydd. Om man skall prioritera parametrar som både har stor påverkan och låg insats för normalisering så innebär det att närvaro, luftflöden och driftstider bör vara prioriterat.

Energianvändning på grund av styr-standby bör vara lägst prioriterat.

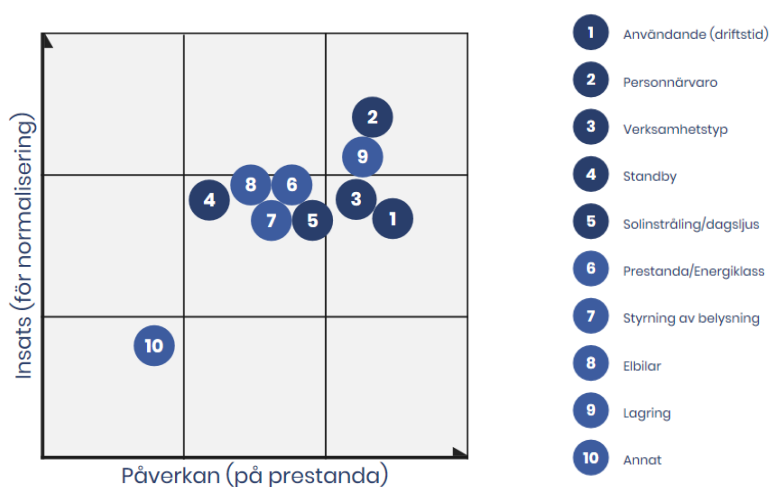


Figur 4 Resultatsammanställning från omröstning avseende olika parametrar och fastighetsenergi

En sammanställning av resultaten avseende verksamhets-/hushållsenergi visas i Figur 5 där deltagarna vid workshopen ombads rösta avseende olika parametrars påverkan och insats för att normalisera för dessa.

De parametrar som ansågs ha störst påverkan på verksamhets-/hushållsenergi var användande (driftstid), personnärvaro, verksamhetstyp och energilagring. Det ansågs vara enklast att normalisera för användande (driftstid), solinstrålning och belysningsstyrning. Om man skall prioritera parametrar som både har stor påverkan och låg insats för normalisering så innebär det att användande (driftstid) och verksamhetstyp bör vara prioriterat. Med verksamhetstyp avsågs vid denna workshop exempelvis om man i en lokal förändrade verksamheten från att vara kontor till restaurang.

Energianvändning på grund av standby bör vara lägst prioriterat.



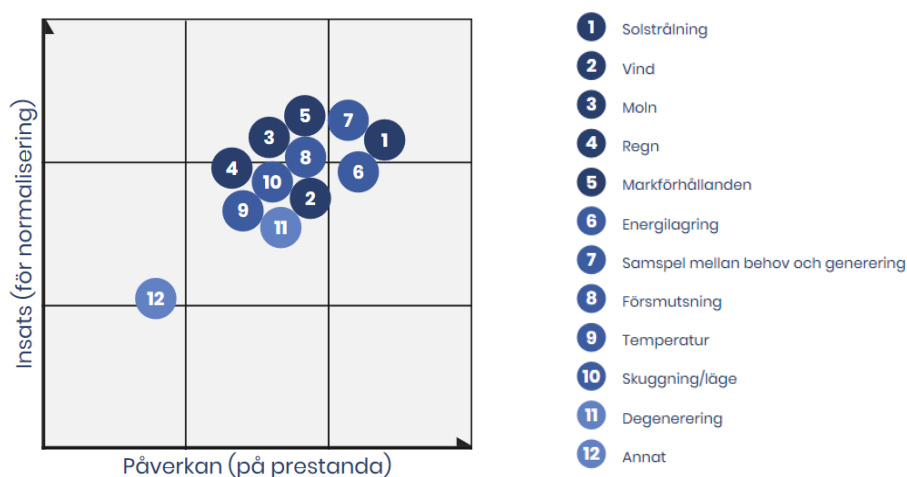
Figur 5 Resultatsammanställning från omröstning avseende olika parametrar och verksamhets-/hushållsenergi

En sammanställning av ett av resultaten avseende förnybar energi visas i Figur 6 där deltagarna vid workshopen ombads rösta avseende olika parametrars påverkan och insats för att normalisera för dessa.

De parametrar som ansågs ha störst påverkan på nyttjande avseende förnybar energi var solstrålning, energilagring och samspel mellan behov och generering. Med samspel mellan behov och generering avses hur energi från exempelvis elgenerering med hjälp av solcellspaneler sammanfaller med elenergibehov.

Det ansågs vara enklast att normalisera för degenerering, temperatur och vind. Om man skall prioritera parametrar som både har stor påverkan och låg insats för normalisering så innebär det att solstrålning och energilagring bör vara prioriterat.

Påverkan av moln, regn och markförhållanden bör vara lägst prioriterat.



Figur 6 Resultatsammanställning från omröstning avseende olika parametrar och förnybar energi

2.2 Olika metoder för att normalisera energianvändning

2.2.1 Graddagskorrigerering för värme och kyla

Graddagar definieras som differensen mellan balanstemperatur och utomhustemperatur, baserat på dygnsmedelvärden och kan redovisas dygnsvis men summeras och sammanställs vanligen månadsvis eller årsvis, se Ekvation 1.

$$GD = \sum_i (t_{balans,i} - t_{ute,i}) \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ dagar} \quad \text{Ekvation 1}$$

Där GD är graddagar, t_{balans} är balanstemperaturen och t_{ute} är utomhustemperaturen.

Balanstemperaturen för värme kan vara olika för olika byggnader. Inom EU nyttjas vanligtvis 15,5°C [40]. I Sverige utgår man vanligen från 17°C, vilket även är den gränstemperatur som används av SMHI för beräkning av graddagar. Till och med år 2014 användes andra balanstemperaturer för vår, sommar och höst eftersom denna tid på året hade mer solstrålning. Från och med 2015 utgår dock SMHI från 17°C för hela året [41]. Det innebär att den indirekta hänsynen till solstrålning, som tidigare inkluderats, utgått.

Graddagskorrigeringsfaktorer för att korrigera uppmätt energianvändning för värme beräknas enligt Ekvation 2. Där normal utomhustemperatur baseras på perioden 1981-2010.

$$F_{GD} = \frac{GD}{GD_{normal}} \quad \text{Ekvation 2}$$

Där F_{GD} är korrigeringsfaktor för uppmätt energianvändning, GD_{normal} är graddagar för ett normalår och GD är graddagar vid aktuell mätning.

Graddagskorrigeringsfaktorn, F_{GD} , används sedan som en nämnare (trots benämningen faktor) och den uppmätta energianvändningen för värme divideras med denna.

Graddagar för kyla kan beräknas på liknande sätt. Korrigering av uppmätt energianvändning för komfortkyla med graddagar används i mindre utsträckning jämfört med värme. Detta beror sannolikt främst på att energianvändning för kyla ofta har relativt lägre påverkan på byggnads energianvändning, samt att andra faktorer såsom solstrålning och internlast har stor påverkan (se tidigare kapitel), vilket inte inkluderas med graddagar.

2.2.2 Korrigering med energiindex och kylindex

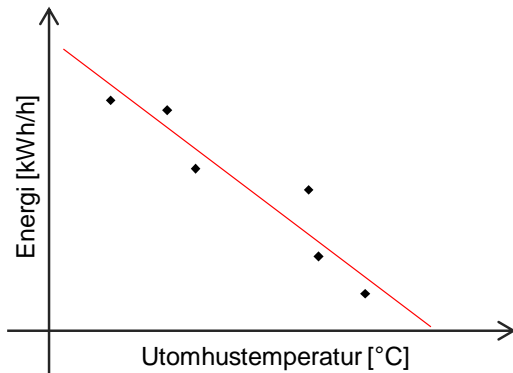
SMHI har utvecklat SMHI Energiindex som uttrycks i ekvivalenta graddagar och korrigering med hjälp av energiindex kan därmed utföras på samma sätt som med graddagar. Energiindex skiljer sig från graddagar genom att energiindex, utöver utomhustemperaturen, tar hänsyn till sol och vind samt byggnadstyp och användning. Energi-Index kan fås för ett antal fördefinierade typhus, men för blandad bebyggelse tar SMHI vanligtvis fram ett "ortsindex" som bygger på ett typhus som de anser vara representativt för svensk tätortsbebyggelse [42].

Beräkningarna baseras på SMHIs ENLOSS-modell som bland annat har testats och beskrivits av Chalmers Tekniska Högskola [43].

SMHI kan även leverera kylindex som presenteras i samma format som graddagar och energiindex och kan därmed nyttjas på samma sätt. Utöver korrigeringsfaktorer levererar/presenterar även SMHI max- och minvärden för korrigeringsfaktorerna. Detta eftersom komfortkyla och korrigering av denna är mer komplicerat och mindre beroende av utomhusklimat, jämfört med uppvärmning.

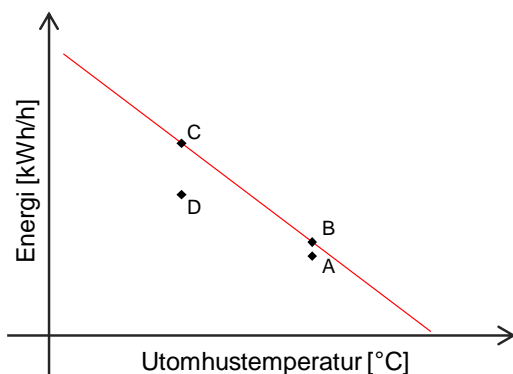
2.2.3 Energisignatur

Normalisering baserat på energisignatur innebär vanligtvis att en byggnads energisignatur bestäms baserat på uppmätt energianvändning i drift i förhållande till utomhustemperatur, se exempel i Figur 7. Med hjälp av uppmätta värden (svarta punkter) bestäms en ekvation för en energisignatur (röd linje). Baserat på ekvationen för energisignaturen och utomhustemperatur för normalår kan energianvändning för ett normalår beräknas. En energisignatur kan även delas upp i flera segment.



Figur 7 Fiktiv energisignatur (värme) för exempelbyggnad

Uppmätt energianvändning korrigeras baserat på förhållandet mellan uppmätt energianvändning och förväntad energianvändning vid aktuell utomhustemperatur, multiplicerat med förväntad energianvändning vid förväntad temperatur vid aktuell tidpunkt, se Figur 8 och Ekvation 3.



Figur 8 Normalårskorrigerad med hjälp av energisignatur. A = Uppmätt energianvändning vid aktuell temperatur, B = Förväntad energianvändning vid aktuell temperatur, C = Förväntad energianvändning och förväntad temperatur & D = Korrigerad energianvändning. Se Ekvation 3.

$$E_{korr} = D = \frac{A}{B} \cdot C \quad \text{Ekvation 3}$$

Där E_{korr} är korrigerad energi för aktuell tidsperiod, A är uppmätt energianvändning för aktuell tidsperiod, B är normal energianvändning vid aktuell temperatur och C är förväntad energianvändning och temperatur för aktuell tidsperiod.

2.2.4 Svebys metod

Svebys metod är mer omfattande jämfört med tidigare beskrivna metoder (Graddagar, Energiindex och Energisignatur). Där de tidigare tre metoderna kan nyttjas för korrigerad energianvändning för avvikelser avseende användande av byggnad samt för att följa upp att mätunderlaget är relevant för jämförelse med förväntad energianvändning, t.ex. att elanvändningen utanför byggnad inte ingår i mätvärdena.

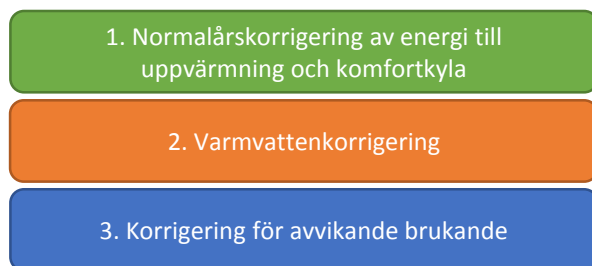
För metoden finns bland annat en handledning avseende energiprestandaanalys [44] och en verifieringsmall [45].

Se Figur 9 som sammanfattar Svebys metod i tre steg.

Inledningsvis korrigeras uppmätt energianvändning för uppvärmning och komfortkyla för avvikande utomhusklimat enligt graddagsmetod, energisignatur eller annan metod som projekt kan ha avtalat om. Alternativt kan upprepade energiberäkningar med normalt och uppmätt uteklimat användas.

Uppmätt energianvändning för tappvarmvatten ersätts med normalvärden, vilket innebär att energi för tappvattenvärmning som är högre än normal användning subtraheras, alternativt adderas levererad energi för tappvattenvärmning som är lägre än normal användning.

Svebys rekommenderade metod inkluderar även att uppmätt energianvändning kan korrigeras för avvikande brukande och samtidigt uteklimat. För att korrigera för avvikande brukande kan den energiberäkning som tidigare upprättats uppdateras med de nya/aktuella driftsförutsättningarna. Differensen mellan den första och andra energiberäkningen nyttjas som korrigering för att fastställa energiprestanda.



Figur 9 Sammanfattning av Svebys metod korrigering av uppmätt energianvändning

2.2.5 Boverkets statistiska metod

Boverkets statistiska metod innebär att man stegvis korrigerar uppmätt energianvändning i fyra steg, se Figur 10.

Inledningsvis ersätts uppmätt energianvändning för tappvarmvatten med normalvärden. Boverket förtydligar att normalvärden är exklusive energianvändning för VVC-förluster och skall ta hänsyn till verkningsgraden för varmvattenproduktionen. Har energianvändning för tappvarmvatten mätts inklusive VVC-förluster eller i volym tappvarmvatten finns det en metod för hantering av detta med schabloner.

Det andra steget innebär att energianvändning för uppvärmning under uppvärmningssäsong korrigeras med 5 % per grad avvikande inomhustemperatur. Denna avvikelse får dock inte bero på installationstekniska brister, exempelvis bristfällig injustering.

Det tredje steget innebär att uppmätt energi för uppvärmning och komfortkyla korrigeras för avvikande internlast avseende elanvändning för hushåll eller verksamhet. Den avvikande internlasten ska vara mer än 3 kWh/m² A_{temp} och år. Avseende avvikande hushållsenergi i bostäder ger Boverket råd om att 70 % av hushållsenergin kan antas komma byggnaden tillgodo, vilket innebär att 70 % av avvikelsen används som korrigering. För lokaler finns inget liknande råd. Dock anges under brukarindata för kontorslokaler att 100 % av internlast kan tillgodogöras, vilket skulle kunna tolkas som att man anser att 100 % kan nyttjas.

Det sista steget innebär att klimatberoende energianvändning korrigeras för utomhusklimat. Boverket ger råd om att använda SMHIs energiindex för korrigering av energi för uppvärmning.

Råd saknas för energi för komfortkyla. SMHI:s energiindex tar hänsyn till utomhustemperatur, solstrålning och vind.

Avseende korrigering i de fyra stegen som Boverket föreskriver så finns det inget råd eller krav avseende om korrigering skall göras baserat på årsvärden eller i annan upplösning.



Figur 10 Sammanfattning av Boverkets statistiska metod för korrigering av uppmätt energianvändning

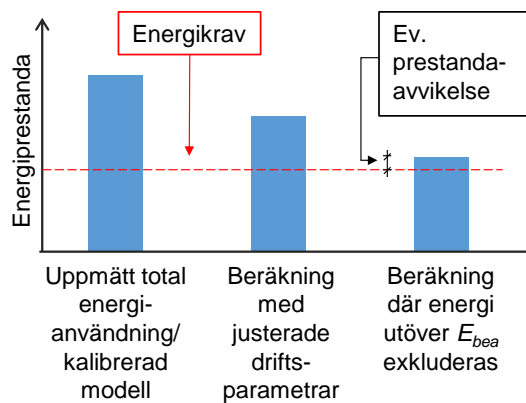
2.2.6 Boverkets dynamiska metod

Boverket anger att normalisering kan ske genom att uppmätt energi till byggnaden korrigeras utifrån förhållandet mellan byggnadens beräknade energianvändning vid normalt brukande och för ett normalår, och byggnadens beräknade energianvändning vid faktiskt brukande och utomhusklimat under mätåret. Energiberäkningen för normalt brukande och normalår ska ske på samma sätt som energiberäkningen vid faktiskt brukande och utomhusklimat under mätåret. Byggnadsrelaterade parametrar (exempelvis isoleringsmängder) ska avse färdig byggnad och hållas oförändrade i de dynamiska energiberäkningar som ligger till grund för normaliseringen.

Vidare anges att korrigering av uppmätt energi åtminstone ska ske för energi till tappvarmvatten och på grund av avvikelser i innetemperatur och internlast och att denna metod enbart får användas om faktiskt brukande av byggnaden kan verifieras.

2.2.7 Kalibrerad energiberäkning

Ett alternativt sätt att verifiera en byggnads prestanda är att nyttja en kalibrerad energiberäkning. Metoden som beskrivs nedan presenterades under 2014 [17] och baseras på att en energiberäkning nyttjas för att fastställa byggnads energiprestanda, istället för att normalisera uppmätt energianvändning. Metoden innebär att energiberäkning först kalibreras för att överensstämma med uppmätt total energianvändning för aktuell byggnad, inklusive hänsyn till aktuella driftsparametrar. Därefter så uppdateras energiberäkning med de förutsättningar som varit aktuella vid projekteringen. Exempelvis så kan det innebära att energiberäkningen uppdateras med andra börvärden avseende inomhustemperatur. Avslutningsvis så rensas den beräknade energianvändningen från energianvändning som ej ingår i kravställningen, exempelvis hushållsel. Detta resultat är byggnadens fastslagna/verifierade prestanda och eventuell avvikelse mot energikrav ska hanteras som en prestandaavvikelse. Se även Figur 11.



Figur 11 Beskrivning av arbetssätt för att verifiera energiprestanda med kalibrerad energimodell

2.2.8 Byggtreprenörens energisignatur

Ett alternativt sätt att beskriva en byggnads prestanda föreslogs i ett SBUF-projekt som genomfördes under 2014-2015 [46].

Metoden innebär att byggnadens energisignatur analyseras och att byggnadens totala värmeförlustfaktor tas fram, och ett separat värmeförlustmått för klimatskalet i form av transmissionsförluster (inklusive luftläckage) bestäms. Denna del kallas byggtreprenörens energisignatur.

2.2.9 Normalisering av solenergi

Eftersom solstrålning kommer att avvika från normalår i samband med att byggnads energiprestanda mäts och bestäms; behöver eventuell energigenerering med hjälp av solenergi normaliseras. En enkel metod har beskrivits i samband med uppföljning av netto-nollenergihus i Växjö [28], se Ekvation 4.

$$F_{sol} = \frac{G}{G_{norm,sol}} \quad \text{Ekvation 4}$$

Där F_{sol} är korrigeringsfaktorn energi för aktuell tidsperiod, G är uppmätt globalsolstrålning för aktuell tidsperiod och plats och $G_{norm,sol}$ är normal globalsolstrålning för aktuell tidsperiod och plats. Även här nyttjas korrigeringsfaktorn som nämnare; uppmätta värden divideras med F_{sol} .

I studien ovan jämfördes effekten av att beräkna och använda F_{sol} för helår och månadsvis. De två olika sätten visade liten skillnad på resultatet. I studien så hade de solcellspaneler som använts genererat 17 % mer energi jämfört med beräknat. Efter normalisering var avvikelsen 5 %, oavsett om månadsvis eller årsvis korrigering gjordes.

2.2.10 Tidigare studier/jämförelser av metoder för normalisering

Olika metoder för att normalisera uppmätt energianvändning för avvikande inomhusklimat har tidigare undersökts och jämförts [28, 47-49]. Samtliga studier utom en [28], har genomförts innan SMHI justerade metod för balanstemperatur för graddagar. De äldre studierna visade att graddagsmetoden var mer träffsäker än energiindex [47, 48]. Den tredje av de äldre studierna rekommenderar energisignaturmetoden [49]. I den senaste studien jämförs korrigering med energiindex och dynamisk korrigering enligt Boverkets metod. Där visar resultatet att dynamisk korrigering ger ett slutgiltigt resultat som är närmare det beräknade, jämfört med korrigering med energiindex. Samtliga studier pekar på osäkerhet i resultat och behov av fortsatt utveckling.

Den senaste studien [28] visade även att normaliseringen kunde få olika stor effekt baserat på om årsvärden eller månadsvärden nyttjades.

3 DISKUSSION

Litteraturstudierna och genomförd workshop visar att det finns ett stort antal parametrar som påverkar en byggnads energianvändning, som inte är tekniskt byggnadsrelaterade.

Resultaten från workshopen som presenteras i denna rapport representerar medelvärden av den subjektiva bedömningen som gjordes i samband med workshopen. Dessa resultat ska därför tolkas försiktigt. De kan dock ge ytterligare stöd för de slutsatser som kan dras baserat på litteraturstudierna.

Gällande val/styrning av inomhustemperatur så visar litteraturstudierna att detta kan få stor påverkan på en byggnads slutgiltiga energianvändning i drift. Främst avseende energi för uppvärmning, men även för komfortkyla och till viss del fastighetsenergi. Detta bekräftas även av workshopen där inomhustemperatur ansågs ha stor påverkan på både uppvärmning och komfortkyla. Föreslagen justering i BEN för avvikande inomhustemperatur enligt den statistiska metoden (5 % per °C) kan ge mycket felvisande resultat.

Luftflöden och obalans i ventilationssystem påverkar en byggnads energianvändning. Litteraturstudierna visar dock att de sannolikt kan få mindre påverkan jämfört med exempelvis inomhustemperatur och värmealstring från personer och elanvändning. De kan dock ge en relativt stor påverkan på fastighetselanvändning, vilket även togs upp under genomförd workshop. I Boverkets statistiska metod för normalisering finns inte korrigering för avvikande ventilation. Brister i injustering av system ska givetvis inte normaliseras bort. Avvikande ventilation kan dock vara en aktivt utförd driftsjustering som genomförts om exempelvis brukande av byggnad förändrats.

Vädring kan ge stor påverkan på byggnads energianvändning, främst avseende energi för uppvärmning. Litteraturstudier finns som visar stor påverkan, vädring togs upp som en av de mest påverkande parametrarna vid workshop, även om det fanns andra parametrar som ansågs ha större påverkan. I Boverkets statistiska metod för normalisering finns inte korrigering för vädring med. Vädringspåslag som finns genom Sveby och BEN avser att ta hänsyn till normal vädring, men onormal vädring kan rimligen aldrig en energiberäkning under projektering ta hänsyn till.

El som genereras från personer och elanvändning inne i byggnader kan ge stor påverkan på byggnads energianvändning. Detta bekräftas dels av tidigare studier, dels genom att det lyftes som en viktig parameter vid genomförd workshop. Vidare visar tidigare studier visar att värme som genereras kan variera mycket. Exempelvis i bostäder, där värme från personer kan variera mellan 1 och 4 W/m². Andelen av denna internlast som tillgodogörs i byggnaden, i tidigare studier (som påverkar energibehovet för värme och kyla) varierar mellan 34 och 91 % avseende värme och mellan 23 och 34 % avseende kyla. Den lägre påverkan på kylbehov beror sannolikt på att andel tid av året som en byggnad aktivt behöver kylas och mängd energi som vanligtvis behövs för kyla, är mindre jämfört med uppvärmning. Boverkets rekommendation om att utgå från att 70 % av den avvikande hushållselenergin kan antas påverka bostädernas uppvärmningsenergi kan ge mycket felvisande resultat. Andel som påverkar/tillgodogörs varierar mycket.

Avseende utomhusklimat så kan framförallt utomhustemperatur och solstrålning ge stora effekter på en byggnads energianvändning. Korrigering för avvikande utomhustemperatur kan göras enligt flera olika metoder. Dels enligt den dynamiska metod som Boverket beskriver, dels enligt ett antal statistiska metoder (bl.a. Graddagar, Energiindex och Effektsignatur). Tidigare studier som utvärderat och jämfört de olika statistiska metoderna kommer till olika resultat

avseende vilken metod som kan anses vara mest träffsäker. Vidare har dessa studier genomförts innan SMHI uppdaterade val av balanstemperatur för graddagsberäkningar. Detta gör att delar av de resultat och slutsatser som görs i tidigare studier inte kan antas gälla idag. Att ta hänsyn till effekt från solstrålning kompliceras ytterligare av att effekter från solskydd och eventuellt användande av detta behöver beaktas.

I Tabell 5 nedan har viktiga parametrar och vad de främst påverkar, baserat på genomförd workshop, sammanställts. Flera av de parametrar som identifierats som viktiga inkluderas idag ej i Boverkets statistiska metod.

Tabell 5 Viktiga parametrar och dess främsta påverkan, baserat på genomförd workshop.

| Huvudgrupp | Parameter | Påverka främst | | | | |
|-------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | Uppvärmning | Komfortkyla | Fastighetsenergi | Hushålls-/Verksamhetsenergi | Förnybar energi |
| Driftsjusteringar | Luftflöden | | | X | | |
| | Inomhus-temperatur | X | X | | | |
| | Driftstider | | X | X | X | |
| Användande | Person-närvaro | X | X | X | X | |
| | Vädring | X | | | | |
| | El-internlast | X | X | | | |
| Utomhus-klimat | Utomhus-temperatur | X | | | | |
| | Solstrålning | | X | | | X |

4 SLUTSATSER

Inledningsvis kan det konstateras att den statistiska metod som Boverket presenterat är den statistiska metod som är mest komplett/omfattande som identifierats i förstudien. Trots detta kan användande av denna metod ge missvisande resultat.

Denna förstudie har visat att det finns behov för vidareutveckling av metoder för normalisering och att dessa främst bör fokusera på följande:

- Förtydligande kring dynamisk normalisering
- Utveckling av statistisk metod, främst avseende:
 - Luftflöden
 - Inomhustemperatur
 - Driftstider
 - Personnärvaro
 - Vädring
 - Elinternlast
 - Utomhusklimat, främst utomhustemperatur och solstrålning

Ovanstående bör undersökas för olika energieffektiva byggnader eftersom det tydligt framgått att byggnader med lågt energibehov jämfört med byggnader med stort energibehov påverkas olika när olika parametrar varierar.

Frågan om önskad noggrannhet på normaliseringen kommer sannolikt att blir viktig i framtiden, eftersom möjligheter till att ta fram mätunderlag för vissa parametrar, t.ex. vädring, kan vara tid- och resurskrävande.

5 REFERENSER

- [1] A.C. Menezes, A. Cripps, D. Bouchlaghem, R. Buswell, Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap, *Applied Energy*, 97 (2012) 355-364.
- [2] C. Demanuele, T. Tweddell, M. Davies, Bridging the gap between predicted and actual energy performance in schools, *World Renewable Energy Congress XI*, Abu Dhabi, 2010.
- [3] B. Bordass, R. Cohen, J. Field, Energy performance of non-domestic buildings – closing the credibility gap, *International conference on improving energy efficiency in commercial buildings*, Frankfurt, 2004.
- [4] Carbon Trust, Closing the gap - Lessons learned on realising the potential of low carbon building design, 2011. Tillgänglig via: <https://www.carbontrust.com/media/81361/ctg047-closing-the-gap-low-carbon-building-design.pdf> Besökt: 2018-05-15.
- [5] J. Rekstad, M. Meir, E. Murtnes, A. Dursun, A comparison of the energy consumption in two passive houses, one with a solar heating system and one with an air–water heat pump, *Energy and Buildings*, 96 (2015) 149-161.
- [6] K. Mahapatra, S. Olsson, Energy Performance of Two Multi-Story Wood-Frame Passive Houses in Sweden, *Buildings*, 5 (4) (2015) 1207.
- [7] M. Norbäck, Å. Wahlström, Sammanställning av lågenergibygnader i Sverige, 2016. Tillgänglig via: http://www.laganbygg.se/UserFiles/Filer/LAGAN_SALIS_2015.pdf Besökt: 2018-05-15.
- [8] U. Janson, Passive houses in Sweden, From design to evaluation of four demonstration projects, *Lunds Universitet*, 2010. Tillgänglig via: http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Doc_avhandling_U_J_Bok_webb.pdf Besökt: 2018-05-15.
- [9] D. Majcen, L. Itard, H. Visscher, Actual and theoretical gas consumption in Dutch dwellings: What causes the differences?, *Energy Policy*, 61 (2013) 460-471.
- [10] D. Majcen, L.C.M. Itard, H. Visscher, Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications, *Energy Policy*, 54 (2013) 125-136.
- [11] G. Branco, B. Lachal, P. Gallinelli, W. Weber, Predicted versus observed heat consumption of a low energy multifamily complex in Switzerland based on long-term experimental data, *Energy and Buildings*, 36 (6) (2004) 543-555.
- [12] O. Guerra-Santin, L. Itard, The effect of energy performance regulations on energy consumption, *Energy Efficiency*, 5 (3) (2012) 269-282.
- [13] P. de Wilde, The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation, *Automation in Construction*, 41 (2014) 40-49.
- [14] M. Wall, Energy-efficient terrace houses in Sweden: Simulations and measurements, *Energy and Buildings*, 38 (6) (2006) 627-634.

- [15] N. Kampelis, K. Gobakis, V. Vagias, D. Kolokotsa, L. Standardi, D. Isidori, C. Cristalli, F.M. Montagnino, F. Paredes, P. Muratore, L. Venezia, M.K. Dracou, A. Montenon, A. Pyrgou, T. Karlessi, M. Santamouris, Evaluation of the performance gap in industrial, residential & tertiary near-Zero energy buildings, *Energy and Buildings* (2017) 58-73.
- [16] A. Dasgupta, A. Prodromou, D. Mumovic, Operational versus designed performance of low carbon schools in England: Bridging a credibility gap, *HVAC&R Research*, 18 (1/2) (2012) 37-50.
- [17] E. Burman, D. Mumovic, J. Kimpian, Towards measurement and verification of energy performance under the framework of the European directive for energy performance of buildings, *Energy*, 77 (2014) 153-163.
- [18] A. Korjenic, T. Bednar, Validation and evaluation of total energy use in office buildings: A case study, *Automation in Construction*, 23 (2012) 64-70.
- [19] A. Molin, P. Rohdin, B. Moshfegh, Investigation of energy performance of newly built low-energy buildings in Sweden, *Energy and Buildings*, 43 (10) (2011) 2822-2831.
- [20] C. Hjortling, F. Björk, M. Berg, T.a. Klintberg, Energy mapping of existing building stock in Sweden – Analysis of data from Energy Performance Certificates, *Energy and Buildings*, 153 (Supplement C) (2017) 341-355.
- [21] D. Coakley, P. Raftery, M. Keane, A review of methods to match building energy simulation models to measured data, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37 (2014) 123-141.
- [22] SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, www.smhi.se Besökt: 2018-05-15.
- [23] Boverket, Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2016:12 BEN 1, Karlskrona, 2016.
- [24] Boverket, Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BFS 2017:6 BEN 2, Karlskrona, 2017.
- [25] Boverket, Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR 25, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2017:5, Karlskrona, 2017.
- [26] A. Doodoo, U. Yao Ayikoe Tettey, L. Gustavsson, On input parameters, methods and assumptions for energy balance and retrofit analyses for residential buildings, *Energy and Buildings*, 137 (Supplement C) (2017) 76-89.
- [27] K. Flodberg, Very Low Energy Office Buildings in Sweden - Simulations with low internal heat gains, Lunds Universitet, 2012. Tillgänglig via: http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok_Kajsa_F_Lic_a_vhandl_web.pdf Besökt: 2018-05-15.
- [28] B. Berggren, M. Wall, Two methods for normalisation of measured energy performance – a test on a net zero-energy building in Sweden, *Buildings* 2017, 7, 86; doi:10.3390/buildings7040086
- [29] P. Kempe, Installationssystem i energieffektiva byggnader - Förstudie, SBUF, 2013. Tillgänglig via: <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/8a1c0fbb-c184-4e4a-a79b-7e1be21d3344/FinalReport/SBUF%2012541%20-%20Slutrapport%20-%20Installationssystem%20i%20energieffektiva%20byggnader.pdf> Besökt: 2018-05-15.

- [30] A.A. Hamid, I. Ibrahimovic, Energiförluster på grund av vädring i nybyggda flerbostadshus, Byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola, 2013.
- [31] B. Berggren, M. Wall, K. Flodberg, U. Janson, E. Karlsson, Å. Blomsterberg, O. Dellson, Arkitekten och brukaren har makten över inomhustemperaturen!, Bygg & Teknik, (2/13) (2013).
- [32] P. Levin, Brukarindata bostäder version 1.0, Sveby, 2012. Tillgänglig via: http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby_Brukarindata_bostader_version_1.0.pdf Besökt: 2018-05-15.
- [33] H.B. Rijal, P. Tuohy, M.A. Humphreys, J.F. Nicol, A. Samuel, J. Clarke, Using results from field surveys to predict the effect of open windows on thermal comfort and energy use in buildings, Energy and Buildings, 39 (7) (2007) 823-836.
- [34] A. Dodoo, U.Y.A. Tettey, L. Gustavsson, Influence of simulation assumptions and input parameters on energy balance calculations of residential buildings, Energy, 120 (2017) 718-730.
- [35] B. Berggren, R. Westin, Komfortgolvvärme i flerbostadshus - Olika tekniska lösningar och beräkningsmetodikers påverkan på energiprestanda, SBUF, 2016. Tillgänglig via: <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/2a9db9c2-d16f-4952-b903-362a066f8a0b/FinalReport/SBUF%2013208%20Slutrapport%20Komfortgolvv%C3%A4rme%20i%20flerbostadshus%20161111.pdf> Besökt 2018-05-15.
- [36] D. Johansson, H. Bagge, Simulating space heating demand with respect to non-constant heat gains from household electricity, Journal of Building Performance Simulation, 4 (3) (2011) 227-238.
- [37] P. Levin, Brukarindata kontor 1.1, Sveby, 2013. Tillgänglig via: <http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2013/06/Brukarindata-kontor-version-1.1.pdf> Besökt: 2018-05-15.
- [38] H. Bagge, Building Performance – Methods for improved prediction and verification of energy use and indoor climate, Building Physics, Lunds Universitet, 2011. Tillgänglig via: <http://portal.research.lu.se/portal/files/3937427/1896086.pdf> Besökt: 2018-05-15.
- [39] P. Levin, A. Clarholm, C. Andersson, Nya klimatfiler för energiberäkningar, Lågan-rapport, 2016. Tillgänglig via: <http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2015/02/Rapport-Sveby-klimatfiler-L%C3%85GAN-150227.pdf> Besökt: 2018-05-15.
- [40] European Environment Agency, Heating and cooling degree days, European Environment Agency, 2016. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/heating-degree-days> Besökt: 2018-05-15.
- [41] SMHI, Viktig information för Graddagskunder, 2017. Tillgänglig via: <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/fastighet/viktig-forandring-for-graddagskunder-1.109970> Besökt: 2018-05-15.
- [42] SMHI, SMHI Energi Index, 2015. Tillgänglig via: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.3499!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Produktexempel%20f%C3%B6rklarings%20Energi%20Index%20151026.pdf Besökt: 2018-05-15.
- [43] A.S. Kalagasidis, ENLOSS testing with HAM-Tools, Report number 2005:6, ISSN 1652-9162, 2006. Tillgänglig via: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/25704/25704.pdf> Besökt: 2018-05-15.

[44] Å. Wahlström, B. Bergsten, P. Levin, Energiprestandaanalys - avvikelser som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov, 2012. Tillgänglig via: http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/10/Sveby_Energiprestandaanalys_version_1.0.pdf Besökt: 2018-05-15.

[45] Sveby, Sveby - Verifieringsmall för energiprestanda, 2012. Tillgänglig via: http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2016/03/Sveby_Verifieringsmall_version_1.0_excel.xlsx Besökt: 2018-05-15.

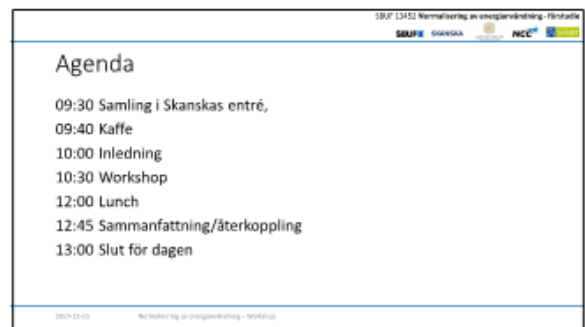
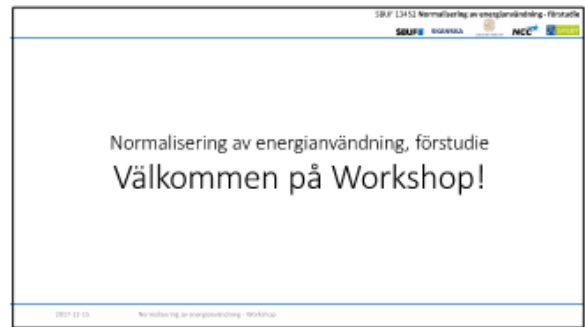
[46] S. Lidelöw, K.F. Munck, SBUF 12864 Byggentreprenörens energisignatur, 2015. Tillgänglig via: http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/e5278707-a931-4a89-8bb4-ca69b4334c75/FinalReport/Slutrapport_SBUF%2012864%20Byggentr%20energisignatur_inkl%20Obilaga_150911.pdf Besökt 2018-05-15.

[47] P. Isaksson, P. Carling, Normalisering av byggnadens energianvändning, Stockholm, 2012. Tillgänglig via <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/77a72df9-9172-4c68-ae5f-87e0394aee86/FinalReport/SBUF%2012342%20Slutrapport%20Normalisering%20av%20byggnadens%20energianvändning.pdf> Besökt: 2018-05-15

[48] M. Dahl, För- och nackdelar med olika normalårskorrigeringsmetoder, Industriell teknik och management, KTH, 2012.

[49] L. Schulz, Schultz, 2003 Normalårskorrigerering av energianvändning i byggnader – en jämförelse av två metoder, 2003.

6 BILAGA – WORKSHOP



SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Presentationsrunda



SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Inledning

- Bakgrund
 - Energianvändning genererar växthusgaser
 - Boverket har publicerat BEN
 - Utrymme finns för utveckling



SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Inledning

- Syfte
 - Belysa behov/möjligheter för utveckling
 - En transparent och tydlig normaliseringsmetod ger goda förutsättningar för sund konkurrens



SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Inledning

- Genomförande
 - Litteraturstudier
 - Vad har gjorts tidigare nationellt och internationellt, identifiera de viktigaste parametrarna
 - Seminarium
 - 1-2 seminarium med experter för att identifiera branschanknutna viktiga normaliseringsbehov
 - Rapportskrivning
- Avgränsningar
 - Inkluderar ej arbete med:
 - Normat brukande
 - Gränsdragningslista
 - Omfattning för motivering



SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Inledning

Fokus i detta projekt....

~~Processer/
arbetsätt~~

Metod/
ekvationer

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SEUFE SVAABGA NCC

Inledning

Den övergripande planen...

Förstudie/
utvärdering

➔

Forskning och utveckling

SEU1 13452 Normalisering av energianvändning - Förstudie

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Inledning

| Tidplan | Aug | Sep | Okt | Nov | Dec | Jan | Feb | Mar |
|-------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| Projektering | [Orange bar] | | | | | | | |
| Litteraturstudier | [Grey bar] | | | | | | | |
| Workshop | | | | | [Yellow bar] | | | |
| Rapportering | | | | | | | [Green bar] | |
| Milstötar | Arbetsplan | Boverkets | Boverkets | Boverkets | Boverkets | Boverkets | Boverkets | Boverkets |

2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Litteraturstudier

| | Normalisering | | Faktorer som påverkar | | | |
|--------------------|--|--|-----------------------|------|-------------|------------|
| | Normaliserad (Energ) (Normalisering i Sverige) | Normaliserad (Energ) (Standardiserad i Europa) | Värme | Lyda | Skuggskador | Övrigt |
| Akademiska studier | (7) 3 | (25) 18 | | | | (5-11) 123 |
| Rapporter | (1) 1 | (4) 4 | | | | |
| Annat | (1) 1 | | | | | |

De mest relevanta/intressanta studierna var/är:

- Bergqvist, B., Nall, M. (2017) Test methods for Normalisation of Absolute Energy Performance - Testing of a Non-Zero Energy Building in Sweden
- De Wilde, P. (2014) The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation, Austin, Texas
- Burman, E., Mihalovic, S., Krumpal, I. (2014) Towards measurement and verification of energy performance under the framework of the European directive for energy performance of buildings - Energy
- Korhonen, J., Tuohimäki, T. (2012) Verification and evaluation of solar energy use in office buildings: A case study, Aachen, Germany
- Chen, Y., Wang, P., Brown, M. (2014) A review of methods to match building energy simulation models to measured data, Aachen, Germany
- Boverkets (2013) Årsrapport Boverkets årsrapport om energiprestanda i byggnader och områden - Områden och byggnader - Energiprestanda i normaliserade och ett normaliserat Boverket
- Svebys (2012) Energiprestanda i byggnader - en studie om den faktiska tillfredsställelsen i bostäder, verksamheter eller skolor i Sverige, Svebys
- Svebys (2012) SMN/Småskaliga byggnader
- Svebys (2012) Normalisering av byggnaders energiprestanda i Sverige

2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Litteraturstudier, Boverkets metod

Statisk metod

- Varmvatten**
Ett värmevärdigt värmesystem med utgående vatten
- Inomhustemperatur**
Svaga uppvärmda rum och/eller för stora rum med värmesystem i rummet
- Internlaster**
Andra uppvärmda rum än de som är tillräckligt stora för att användas som sovrum eller kontor
- Normaliseringskorrigerad**
Normaliserad energiprestanda i byggnader

Dynamisk metod

$$EP_1 = M_{E_{int}} \cdot (S_{int} - S_{ext}) \quad 15 = 20 \cdot (21 - 16)$$

odvålar?

$$EP_1 = M_{E_{int}} \cdot \left(\frac{S_{int}}{S_{ext}} \right) \quad 15,2 = 20 \cdot \left(\frac{21}{16} \right)$$

EP_1 = Verifierad/beräknad energiprestanda för energibäraren
 $M_{E_{int}}$ = Uppvärmningsenergi för energibäraren i
 S_{int} = Standard energi för energibäraren i bostäder på dagtid
 S_{ext} = Standard energi för energibäraren i bostäder på natt

BN: Vid normalisering genom dynamisk energiprestanda ska uppvärmda rum tillräckligt stora för att användas som sovrum eller kontor användas som sovrum eller kontor. Energiprestanda i byggnader ska för energi tillräckligt stora för att användas som sovrum eller kontor.

2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Litteraturstudier, alternativ metod

Uppskattad/beräknad energiprestanda

Förväntad/beräknad prestanda

Byggnadens energiprestanda E_{total}

Analys av driftparametrar

Boverkets metod

Verifierad prestanda

Justering av driftparametrar

Faktorer som påverkar energiprestanda

Korrigerad metod

Boverkets metod, C. Skarvén, A. Skarvén, 2008. Energy measurement and verification of energy performance under the framework of the European directive for energy performance of buildings. Energy Performance of Buildings Centre

2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Preliminära slutsatser

- Många diskuterar att avvikande driftförutsättningar spelar roll, ingen "komplett metod" funnen.
- Boverkets metod + Svebys mätning, den mest utvecklade
- Tydliga ekvationer finns för korrigerad av utomhusklimat
- Boverket beskriver tydlig metod för statisk korrigerad värmevattenanvändning, inomhustemperatur och internlast
- Tidigare studier visar på större avvikelser (ex.vis 8-20% för en grads avvikande inomhustemperatur)

2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SBIF 13452 Normalisering av energiprestanda - föreläsning

SEUFE SHARSKA NCC

Workshop

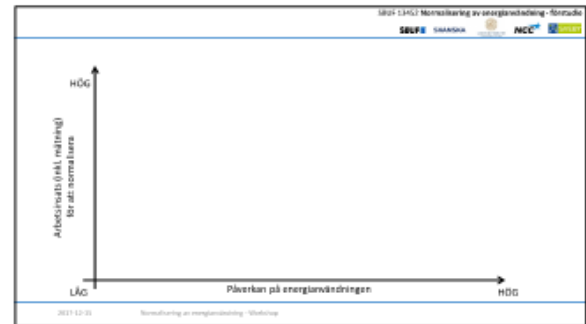
2021-12-01 Normalisering av energiprestanda - Workshop

SEI 1342 Normalisering av energivärdering - Fortsätt

Workshop

- Syfte med workshop:
 - 1) Identifiera viktiga parametrar som påverkar en byggnads energivärdering som kan härledas till brukare/drift (ej tekniska parametrar, ex.vis isolering)
 - 2) Klassificera parametrar
- Två grupper
 - Respektive grupp ska utse/fördela, tidsansvarig, ordförande och redovisare
- Tid: 2x45 minuter
 - Tänka själv 3-5 minuter och skriv ned respektive parameter på post-it
 - Gå runt bordet 20-25 minuter, en parameter i taget, placera på blädderblocksblad
 - Redovisning 10-15 minuter (5 minuter/grupp)

2021-12-01 Normalisering av energivärdering - Workshop



SEI 1342 Normalisering av energivärdering - Fortsätt

Olika energianvändning i en byggnad

| Energi användning | Energi användning |
|--|--|
| Energi till uppvärmning <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Energi till kylning <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Energi till tappvarmvatten <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Fastighetsenergi <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Hushåll <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Verksamhetsenergi <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |
| Övrig energi <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp | <ul style="list-style-type: none"> • Frysbox • Frysboxer • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp • Kylskåp |

2021-12-01 Normalisering av energivärdering - Workshop

- SEI 1342 Normalisering av energivärdering - Fortsätt
- ## Vanliga/viktiga indata för energiberäkning*
- Utomhusklimat
 - Inomhusklimat
 - Luftflöden
 - Solavskärmning
 - Varmvattenanvändning
 - Elanvändning (belysning och apparater)
 - Personlast
 - Drifttider
- * De flesta/Flertalet av Sockby/Kovvatn
- 2021-12-01 Normalisering av energivärdering - Workshop

SEI 1342 Normalisering av energivärdering - Fortsätt

Avgränsningar/tidsramar

- Tid: 2x45 minuter
 - Tänka själv 3-5 minuter och skriv ned respektive parameter på post-it
 - Gå runt bordet 20-25 minuter, en parameter i taget, placera på blädderblocksblad
 - Redovisning 10-15 minuter (5 minuter/grupp)

2021-12-01 Normalisering av energivärdering - Workshop

SEI 1342 Normalisering av energivärdering - Fortsätt

Resultat

2021-12-01 Normalisering av energivärdering - Workshop

