

Resultat från energiberäkningstävling för ett flerbostadshus

Svebyprogrammet

Projektrapport
2011-10-03

Förord

Sveby står för "Standardisera och verifiera energiprestanda för byggnader" och i programmet fastställer bygg- och fastighetsbranschen standardiserat brukande för beräkning och hur verifiering av energiprestanda skall gå till.

Sveby-programmet är bygg- och fastighetsbranschens tolkning av de funktionskrav på energihushållning som finns i Boverkets Byggregler, BBR. Genom en gemensam syn på dessa, till synes enkla men i avtalssammanhang mycket komplicerade, föreskrifter skapas överenskommelser och praxis för att klara funktionskraven och undvika tvister mellan olika aktörer i byggprocessen.

För att förankra och sprida projektresultaten i branschen utlyste Sveby hösten 2010 en energiberäkningstävling. Tävlingen skulle också ha ett sådant upplägg att Swebys material skulle testas i en verklig situation. Man hoppades också på att få en uppfattning om beräkningsresultatens spridning och precision jämfört med uppmätta värden.

En särskild tävlingsgrupp utsågs av Swebys styrgrupp för att sköta organisationen. Projektengagemang har fungerat som kansli. En oberoende jury, bestående av tre personer, utsågs också för att kora vinnaren och förankra tävlingen. För att sprida informationen om möjlighet att delta i tävlingen hölls ett informationsmöte, där även Swebys nya rapporter presenterades. Dessutom skrevs flera artiklar om tävlingen och inbjudningar skickades ut till ett stort antal beräkningsintresserade konsulter. En ekonomisk delersättning erbjöds till de 12 först anmälda bidragen, under förutsättning att de slutförde tävlingens båda steg.

I tävlingsgruppen har följande personer ingått:

Johanna Nordström/Skanska
Jan-Ulric Sjögren/NCC
Johnny Kellner/Veidekke
Henrik Örneblad/Huge Fastigheter
Roland Jonsson / HSB
Yngve Green/Svenska Bostäder
Kjell-Åke Henriksson/JM
Per Levin/Projektengagemang
Johanna Snygg/Projektengagemang

Juryn träffades vid fem tillfällen för att granska de inlämnade redovisningsmallarna från steg 1 och 2 samt vissa sammanställningar av materialet. De har även diskuterat bedömningsgrunder för korande av vinnare.

Juryn utgjordes av:

Arne Elmroth/professor emeritus
Signhild Gehlin/Energi- och miljötekniska föreningen
Per Forsling/Fastighetsägarna Stockholm

Tre vinnare i tävlingen korades slutligen under Energiutblick i mars -11. Denna rapport sammanfattar tävlingsresultaten och de indata som togs fram för att beskriva byggnaden.

Danderyd i september 2011

Per Levin och Johanna Snygg

Sveby

Sveby betyder "Standardisera och verifiera energiprestanda för byggnader". Sveby är ett utvecklingsprogram som drivs av bygg- och fastighetsbranschen och finansieras av SBUF och CERBOF samt av följande bransch-representanter: NCC/Hannes Schmied, Skanska/Jonas Gräslund, JM/Kjell-Åke Henriksson, SABO/Gösta Gustavsson, Veidekke/Johnny Kellner, HSB/Roland Jonsson, Diligentia/Lars Pellmark, Byggherrarna/Mats Björs, Fastighetsägarna/Yogesh Kumar, och Svenska Bostäder/Yngve Green. Projektledare är Projekt-engagemang/Per Levin.

Sammanfattning

Huvudsyftet med energiberäkningstävlingen var att tillämpa Sveby-programmets resultat för att förankra och sprida anvisningarna i branschen, och genom detta öka kunskapsnivån hos deltagande företag och personer. Det fanns också en tydlig ambition att få en bild av precisionen och spridningen på resultaten av energiberäkningar idag och hur de skiljer sig åt beroende på användare och programvara.

Tävlingen genomfördes i två steg. Det första skulle likna ett projekteringsstadium, där tävlingsdeltagarna fick tillgång till ritningar och grundläggande information om byggnaden. Därtill uppmanades tävlingsdeltagarna att använda Svebys anvisningar om brukarindata. Till det andra steget skulle tävlingsdeltagarna få tillgång till ett antal uppmätta värden för vissa indataparametrar och ytterligare information om fastigheten för att kunna göra en ny beräkning med dessa som indata.

I början av projektet beslutades vilka krav som tävlingens byggnad måste uppfylla. Flera förslag fanns och den som valdes var Huse Fastigheters flerbostadshus i kv Kansliet 1, med 117 lägenheter i 10 trapphus med inflyttning i slutet av år 2008. Huset är i byggt för att klara kraven i BBR 2006 (12), även om byggnaden projekterades innan BBR 2006 trädde i kraft.

14 personer lämnade in sammanlagt 18 bidrag till steg 1 och dessa fullföljde även steg 2. Spridningen för båda stegen visade sig vara relativt stor för många poster, både för indata och för utdata. Redan i stadiet area-mängdning märktes stora skillnader. De flesta redovisade en A_{temp} -area mellan 10 000 och 10 400 m², men även värden under 9 500 m² och över 13 000 m² förekom. Flera tävlingsdeltagare valde också att inte använda Svebys brukarindata i steg 1, trots att det föreskrevs som ett krav i tävlingsreglerna.

Många poster redovisades på mycket varierande sätt, som exempelvis fastighetsel och värmeförluster. Oavsett om det beror på olika tolkning av indata, olika beräkningsresultat, olika tolkning av utdata eller olika tolkning av hur redovisning bör ske i redovisningsblanketten så blir det praktiska resultatet att uppdatering av beräkningen blir svår om inte samma person utför den. I många fall var skillnaderna mellan bidragen större än mellan steg 1 och 2 för samma bidrag, vilket indikerar att personen som beräknar har större betydelse för resultatet än vad tillgång till uppmätta värden har.

De inlämnade beräkningsresultaten visade stor spridning. För steg 1 varierade den specifika energianvändningen från 67 till 142 kWh/m², A_{temp} och för steg 2 från 70 till 113 kWh/m², A_{temp} . Dock var det ett mindre antal bidrag som stod för ytterlighetsvärdena. Medelvärde för alla blev ca 86 kWh/m², A_{temp} med en standardavvikelse på 10 %. Det skilde inte nämnvärt mellan de båda stegen.

Beräkningsresultaten skulle sedan jämföras med uppmätta värden för husets energiprestanda. Det visade sig dock inte bli riktigt så enkelt. När den uppmätta specifika energianvändningen skulle sammanställas visade den sig bli betydligt högre än förväntat. En utredning genomfördes och flera felaktigheter upptäcktes i de uppmätta värden som givits till tävlingsdeltagarna i steg 2. Det handlade om värden för tappvarmvattenmängd, fastighetsel och temperaturverkningsgrad på FTX-aggregatet som fastighetsägaren redovisat. Dessutom framkom det att förlusterna i en utvändigt kulvert blev över 10 kWh/m², A_{temp} . Efter kvalificerade antaganden om storleken av utvändigt el m.m. samt felaktigheternas inverkan korregerades det uppmätta värdet från 125 till 80-85 kWh/m², A_{temp} .

Juryn granskade så bidragen noga utifrån de flesta redovisade poster och kunde kora tre vinnare, som alla redovisade en rimlig specifik energianvändning och trovärdiga in- och utdata.

Resultaten av tävlingen kan sammanfattas i nedanstående slutsatser.

- Bättre kvalitetsrutiner behövs vid beräkningarna. Ett flertal brister i rimlighetskontroll av in- och utdata upptäcktes vid granskningen. Areaberäkningar är svåra att detaljgranska vilket gör kvalitetskontrollen extra viktig här.
- Utbildningsnivån på programanvändarna verkar i många fall inte vara tillräcklig. Många handhavandefel och felaktiga tolkningar har upptäckts. Här behövs bättre utbildningar i programanvändning och förståelse för energiberäkningar.
- Redovisningen av energibalansposter och terminologi i programutskriften behöver likriktas.
- Många användare skapar egna tolkningar av Svebys anvisningar, men säger ändå att de följt dem, vilket visar att tydligare anvisningar behövs.
- Det är inte troligt att vi kan förvänta oss bättre prognoser än med 10 % marginal utan att ha uppmätta värden att kalibrera beräkningarna emot. Beräknade värden kan vara ett mål att sträva mot för driftspersonal som arbetar med att trimma in system i nya byggnader.
- Mätningar bör kvalitetssäkras bättre och en tydlig verifieringsmetodik tillämpas.

Innehåll

Förord.....	2
1 Bakgrund	5
2 Syfte	5
3 Byggnaden	5
4 Genomförande	8
4.1 Steg 1	8
4.2 Steg 2	8
5 Resultat för uppmätta värden	9
5.1 Tappvarmvatten.....	10
5.2 Kulvertförluster	10
5.3 Temperaturverkningsgrad	10
5.4 Driftel.....	10
5.4.1 El till motorvärmare och gårdsbelysning.....	11
5.4.2 El till extern tvättstuga	11
5.4.3 Hushållsel	11
5.5 Innetemperaturer	11
5.6 Klimatfil	11
5.7 Tryckprovning och termografering	11
5.8 Sammanfattning av korrigerade indataposter.....	12
6 Beräkningsresultat.....	13
6.1 Areaberäkningar	13
6.2 Klimatskärm.....	14
6.3 Ventilation	15
6.4 Brukarindata	16
6.5 Totala värmeförluster och värmebehov	19
6.6 Specifik energianvändning.....	22
7 Juryns utvärdering.....	24
8 Analys och diskussion.....	25
8.1 Beräkningsresultat	25
8.1.1 Datahantering.....	25
8.1.2 Användaraspekter	26
8.1.3 Samma användare av olika beräkningsprogram	27
8.1.4 Olika användare med samma beräkningsprogram	29
8.2 Uppmätta värden.....	29
9 Slutsatser.....	31
9.1 Energiberäkningar – rutiner och utförare	31
9.2 Användning av Sveby-materialet och standardiserade indata	31
9.3 Energiberäkningsprogram.....	31
9.4 Uppmätta värden.....	31
9.5 Säkerhetsmarginaler, spridning och precision?	32
10 Bilagor.....	32
1. Bilder på tävlingshuset.....	32
2. Tävlings-PM	32
3. Indata-utdata-mall steg 1	32
4. Handlingsförteckning.....	32
5. Instruktioner och mätdata steg 2	32
6. Indata-utdata-mall steg 2	32
7. Rapport kv Kansliet felsökning 11-02-24	32
8. Sammanställning av beräkningsresultat.....	32
9. Vägen till korande av vinnare.....	32

1 Bakgrund

Sveby-programmet skall genom att ta fram branschgemensamma riktlinjer underlätta för fastighetsägare, byggherrar, entreprenörer, konsulter och byggnadsnämnder att samverka om att nå uppställda krav på byggnaders energiprestanda och att undvika tvister pga. oklarheter i föreskrifter, metoder, branschöverenskommelser och avtal. En beskrivning av Sveby-programmet samt rapporter för gratis nedladdning finns på www.sveby.org.

I Boverkets byggregler nämns i allmänna råd att energiberäkningar ska utföras med tillräckliga säkerhetsmarginaler. Det finns dock ingen vägledning om hur stora dessa marginaler ska vara och många olika principer och storlekar tillämpas vid energiberäkningar. Det finns även en osäkerhet bland de som räknar vilket datorprogram som är bäst att använda. Så kallade valideringsstandarder finns, men är inte möjliga att använda på enklare program och standardtester har endast utförts för ett fåtal program.

När resultaten från de hittills genomförda Sveby-projekten behövde tillämpas för att förankra och sprida projektresultat från Sveby i branschen, valde man att utlysa en beräkningstävling där olika personer med olika beräkningsprogram fick räkna på samma byggnad med samma förutsättningar.

2 Syfte

Det fanns flera syften med att genomföra beräkningstävlingen i den form som valdes. Huvudsyftet var att tillämpa olika delprojekt inom Sveby för att förankra och sprida projektresultatet i branschen, och genom detta öka kunskapsnivån hos deltagande företag och personer. För Svebys del fanns även en förhoppning om att tävlingen skulle ge erfarenhetsutbyte och återkopplingar. Det fanns också en tydlig ambition att få en bild av precisionen och spridningen på resultaten av energiberäkningar idag och hur de skiljer sig åt beroende på användare och programvara.

En stor spridning skulle kunna indikera att mer detaljerade riktlinjer och hjälpmedel på beräkningsområdet skulle fylla en funktion.

Tanken med tävlingen var att den skulle bestå av två steg. Det första steget skulle likna ett projekteringsskede, där tävlingsdeltagarna fick tillgång till ritningar och grundläggande information om byggnaden. Därtill uppmanades tävlingsdeltagarna att använda Svebys anvisningar om brukarindata. Till det andra steget skulle tävlingsdeltagarna få tillgång till ett antal uppmätta värden för vissa indataparametrar och ytterligare information om fastigheten, för att kunna göra en ny beräkning med dessa. Skillnaderna mellan resultaten från steg 1 och steg 2 skulle då ge en indikation på hur väl Svebys material fungerar. Dessutom skulle spridningen kunna visa på skillnader i dagens energiberäkningar, beroende på valt program och på användare.

3 Byggnaden

I början av projektet beslutades följande kriterier, vilka tävlingens byggnad måste uppfylla.

- Byggnaden bör vara ett nästan eller just färdigt flerbostadshus, så att uppmätta data på energianvändning kan finnas en kort tid efter det att beräkningarna lämnats in till juryn.
- Byggnadsort har mindre betydelse.
- Byggnaden ska vara avgränsad med egen mätning.
- Byggnaden ska inte vara alltför enkel i geometri och verksamhet, utan kan t.ex. ha en lokal i bottenvåningen.
- Handlingar ska finnas som underlag för energiberäkning. Dessa bör kunna avidentifieras.
- Den skall kunna utrustas med mätfunktioner så att omräkning till standardiserad användning låter sig göras. Minimum: Värme, Tappvarmvatten, Driftel, Hushållsel.
- Momentana mätningar av luftflöden (inkl. OVK-protokoll), luftläckning m.m. ska kunna göras.
- Samma information om byggnaden ska vara tillgänglig för alla tävlande. Personer som känner till byggnaden ska inte ha rätt att delta i tävlingen.
- Byggnaden ska vara utrustad med värmeåtervinning på ventilationsluften.

Flera förslag fanns på möjlig byggnad och den som valdes var Huga Fastigheters byggnad Kansliet 1, se figur 1 och för flera bilder bilaga 1. Byggnaden är ett 4 respektive 5 våningar högt flerbostadshus med 10 trapphus. Lägenhetsfördelningen är 110 hyresrätter på 1 till 5 rum och kök samt ett gruppboende, som i tävlingen räknats som sex mindre lägenheter samt en på 5 rum och kök, d.v.s. totalt 117 lägenheter. A_{temp} -arean var inte uppmätt före tävlingen men är cirka 10 200 m². Den uthyrbara arean, BOA inkl. LOA, är enligt fastighetsägaren 8074 m².

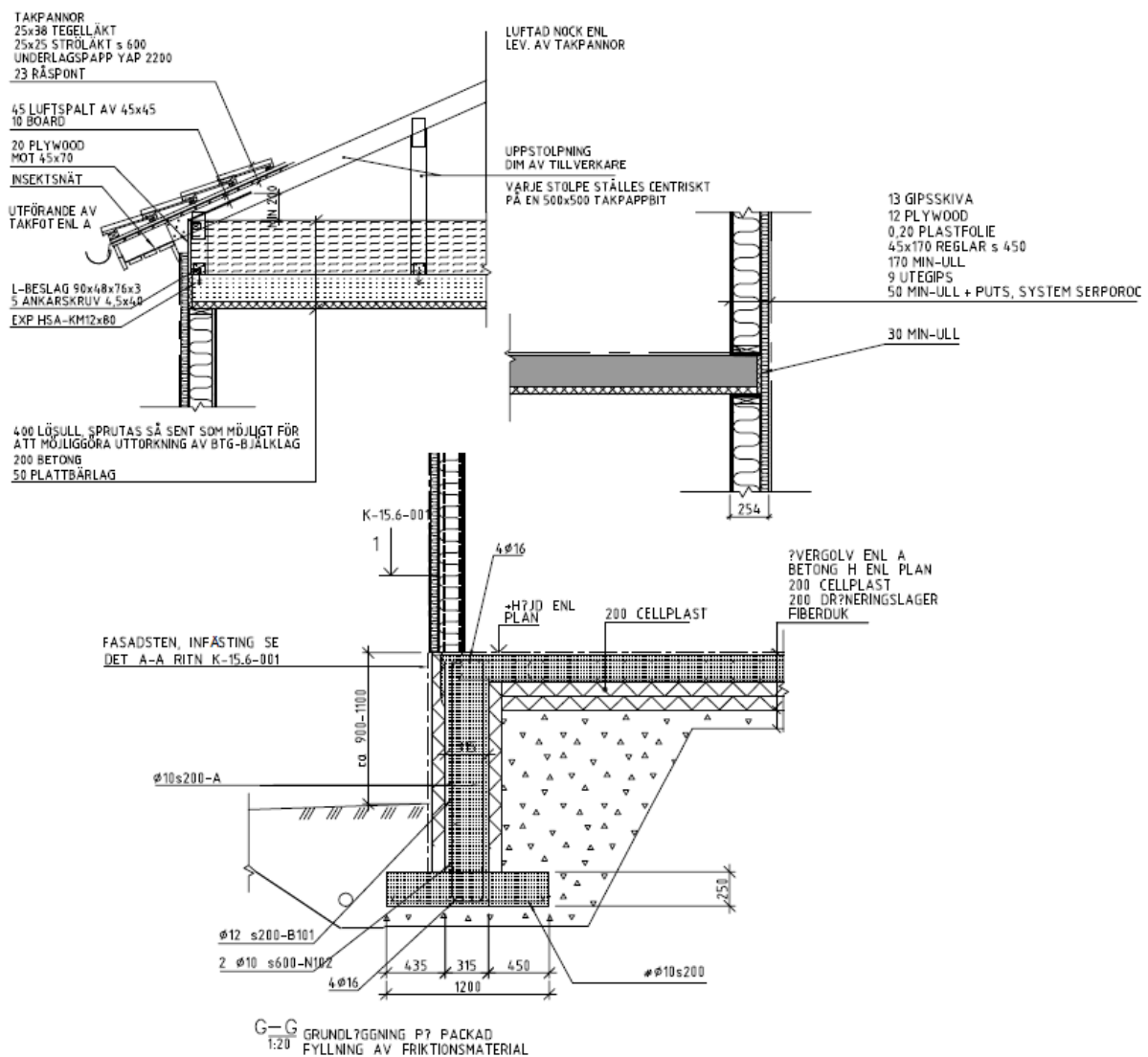


Figur 1. Tävlingsbyggnaden, Huga Fastigheters Kansliet 1 i Huddinge.

Byggnaden är belägen i Huddinge, söder om Stockholm, och togs i bruk i slutet av 2008. Som tävlingsår valdes 2009. I byggnaden finns två boplygsbara tvättstugor och i en mindre byggnad på gården finns ytterligare två tvättstugor samt förråd. Den mindre byggnaden ingår inte i tävlingen.

Byggnadskonstruktionen är cellstomme med lätta utfackningsväggar av träregelkonstruktion med viss förstärkning av stålpelare i yttervägg. Isolertjockleken är 170+50 mm mineralull, med putsfasad, se figur 2. Grundläggning är platta på mark och fönstren är 3-glas med argonfyllning.

Ventilationssystemet består av ett till- och frånluftssystem och byggnaden värms med fjärrvärme. Värmeåtervinning sker med tre stycken dubbla plattvärmeväxlare. Värmedistribution och tappvarmvatten till lägenheterna och eftervärmning av tilluften sker med sekundära rörsystem från undercentralen.



Figur 2. Några utvalda konstruktionsdetaljer för tävlingshuset Kansliet 1.

4 Genomförande

Inga särskilda krav eller restriktioner sattes upp för vilka dataprogram som fick användas eller vilka företag och personer som fick möjlighet att anmäla sig, mer än att de inte skulle ha förkunskaper om den aktuella byggnaden.

Stor vikt lades vid att tävlingsdeltagarna inte skulle få tillgång till någon annan information om huset än den som var tillhandahållen av Svebys tävlingsledning, detta för att säkerställa att alla tävlingsdeltagare skulle ha samma förutsättningar. Fastighetsägare och energileverantörer informerades därför om att inte lämna ut någon information till obehöriga. Ritningarna ansågs dock inte rimligt att helt avidentifiera, varför fastighetsbeteckningen och fastighetsägaren blev synliga på ritningarna. Tävlingsregler med kompletterande byggnadsinformation redovisades i ett särskilt PM, se bilaga 2.

4.1 Steg 1

Steg 1 genomfördes med information motsvarande för en projektering, och följande information delgavs tävlingsdeltagarna:

- Utvalda byggnadshandlingar i PDF och DWG-format, (A, K, VVS).
- Kompletterande byggnadsinformation, bl.a. om byggnadens orientering och lägenhetsfördelning, fönstrens egenskaper och typ av ventilationsaggregat.
- Redovisningsmallar för indata och resultat.

Utöver given information uppmanades de tävlande att använda Svebys material för indata. Inga filer från beräkningsprogram skulle lämnas in utan enbart ifyllda redovisningsmallar för indata och utdata, märkta med tilldelat nummer för att säkerställa juryns objektivitet. I redovisningsmallen ingick även vilket beräkningsprogram och hur lång tid som använts. De tävlande hade en månad på sig att arbeta med steg 1. Redovisningsmall för indata och utdata återfinns i bilaga 3. Förteckning över utvalda bygghandlingar, i form av A-, K- och VVS-ritningar, återfinns i bilaga 4.

4.2 Steg 2

Syftet med steg 2 var att efterlikna byggnadens uppmätta energiprestanda vid drift, korrigerad för extern energi, t.ex. till tvättstugan på gården. Tävlingsdeltagarna fick då tillgång till uppmätta värden för:

- Tappvarmvatten, helår
- Driftel, månadsvis
- Hushållsel (för hela huset), helår
- Innetemperaturer
- Luftflöden
- Klimatfil för 2009
- Temperaturverkningsgrad på aggregat
- Resultat av tryckprovning och termografering i 6 lägenheter
- Uthyrningsgrad.

Instruktioner och kompletterande information för steg 2 återfinns i bilaga 5. De uppmätta värden som delgavs tävlingsdeltagarna, varav en del korrigerades, redovisas i kapitel 5 om uppmätta värden.

Inlämningen av steg 2 gjordes i en förkortad redovisningsmall för in- och utdata, där enbart de poster som kunde förändras av de uppmätta värdena gick att fylla i, se bilaga 6. Endast dessa poster var tillåtna att ändra ifrån beräkningen i steg 1. Det fanns dock en möjlighet att vid behov lämna in ytterligare en version av steg 2, med flera än de tillåtna förändringarna av indata, men då i en särskild, mer omfattande, redovisningsmall motsvarande den för steg 1. Ingen tävlingsdeltagare valde att lämna in en sådan. Anledningen till restriktioner i vilka ändringar som tilläts var att det för att kunna bedöma Svebys material behövs två identiska beräkningar förutom de värden som antagits i steg 1 med hjälp av Svebys material och sedan uppmätts i steg 2. Tävlingsdeltagarna hade två veckor på sig att arbeta med steg 2.

Redovisningsmallen för indata i steg 2 var utformad så att för varje ändrat värde skulle även motsvarande värde för steg 1 anges. I majoriteten av de inlämnade redovisningsmallarna fanns poster där angivet värde för steg 1 inte överensstämde med redovisningarna för steg 1 respektive steg 2. Detta gav upphov till ett antal bidragsspecifika följdfrågor som skickades ut till tävlingsdeltagarna för förtydliganden efter inlämning av steg 2.

5 Resultat för uppmätta värden

Levererad fjärrvärme och el var underlaget till tävlingens "facit" men när värdena insamlats upptäcktes att de var i storleksordningen dubbelt så höga som de förväntade. Specifik energianvändning enligt BBR uppmättes efter tillåtna korrekationer till 105 kWh/m². Tillåtna korrekationer är för den el som betalats av fastighetsägaren men som bör räknas som hushållsel (till exempel för gruppboendet, motorvärmare och tvättstugor) och för den höga tappvarmvattenanvändningen (från 38,1 kWh/m², A_{temp} till 25 kWh/m², A_{temp}).

2009 var i princip byggnadens första driftsår och i ett första skede var fastighetsägaren inte förvånad över mätvärdena. Därefter började man delge Sveby att problem med avfrostningen på FTX-aggregaten var mer omfattande än vad man tidigare trott. På flera möten gick mätvärden kritiskt igenom och granskades för att hitta orsaker till den höga fjärrvärmeanvändningen. Felaktigheter upptäcktes i de uppgifter som tidigare redovisats och använts som indata av tävlingsdeltagarna, gällande tappvarmvattenanvändning, driftel samt årstemperaturverkningsgrad på FTX-aggregaten. Dessutom misstänktes större förluster för en värmekulvert, belägen i marken utanför huset och inte medtagen i tävlingsinformationen.

En opartisk expert, Bengt Bergqvist, kontaktades för en kompletterande utredning vilken redovisas i bilaga 7. Olika loggningar av el, varmvattenflöde och temperaturer genomfördes. Uppmätt fjärrvärmevärde dubbelkollades med fjärrvärmeleverantören och korrigerades därefter utifrån utredningens resultat, samt för värme till den externa tvättstugan som inte ingick i tävlingen. I tabell 1 nedan visas utförda korrekationer från energi- och elleverantörernas debiteringsmätningar till att åstadkomma ett värde som kunde jämföras med energiberäkningarnas resultat. I den efterföljande texten redovisas ursprungliga och korrigerade mätvärden för olika indataparametrar. En sammanfattning av dessa redovisas i slutet av kapitlet.

Tabell 1. Uppmätt fjärrvärme och fastighetsel med korrigeringar för att nå ett rimligt jämförelsetal för tävlingsberäkningarna.

	Fjärrvärme	Fastighetsel	TOTALT	Fjärrvärme	Fastighetsel	TOTALT
	kWh/år	kWh/år	kWh/år	kWh/m ² , A _{temp} , år	kWh/m ² , A _{temp} , år	kWh/m ² , A _{temp} , år
Uppmätt värde 2009	1 025 700	252 088*	1 277 788	100,6	24,7*	125,3
Avdrag el till						
Gruppboende		-21 000	-21 000	0,0	-2,1	-2,1
Gårdsbelysning		-16 000	-16 000	0,0	-1,6	-1,6
Tvättstuga på gården		-25 000	-25 000	0,0	-2,5	-2,5
Motorvärmare		-10 000	-10 000	0,0	-1,0	-1,0
Avdrag värme till						
Tvättstuga på gården	-8 050		-8 050	-0,8	0,0	-0,8
Korrigerig för felaktiga tävlingsvärden						
Driftel**		19 084	19 084	0,0	1,9	1,9
Tappvarmvatten	-197 200		-197 200	-19,3	0,0	-19,3
Kulvertförluster	-105 120		-105 120	-10,3	0,0	-10,3
Försämrad temp.verkn.-grad från 65 - 50 %	-75 000		-75 000	-7,4	0,0	-7,4
SUMMA	640 330	199 172	839 502	63	20	82

* Uppmätt värde för 2010 användes i granskningsarbetet, skillnaden utjämnas dock i och med korrigeringen som beskrivs i **.

** Korrigerig på grund av att gruppboendet ingick i lämnad information om fastighetsel i steg 2, samt avrundningsavvikelser för övriga korrekationer (ett rimligt jämförelsetal för beräknade värden bör alltså ha el till gruppboende inräknad i fastighetselen).

5.1 Tappvarmvatten

En mätare för tappvarmvatten finns installerad före värmeväxlaren, men ingen kontinuerlig avläsning eller loggning av tappvarmvatten hade genomförts av fastighetsägaren. Vid två separata tillfällen avlästes de totala värdena för använt kallvatten och tappvarmvatten och båda gångerna utgjorde tappvarmvattnet 38 % av kallvattnet.

Från vattenleverantören fick fastighetsägaren ett årsvärde på kallvatten som redovisades för tävlingskansliet och från vilket 38 % till tappvarmvatten beräknades. För tävlingsdeltagarna redovisades då en kallvattenanvändning på 9 209 m³/år och en tappvarmvattenanvändning på 3 500 m³/år.

Under 2010 läste fastighetsägaren månadsvis av total vattenanvändning och kom fram till ett årsvärde på 16 260 m³. Vattenleverantörens siffra för 2009, 9 209 m³, vilken användes för steg 2, framstod i jämförelsen som misstänkt låg och grundade sig troligen på en schablon. Varmvattnets 38 % blev med 2010 års vattenanvändning knappt 6 000 m³, vilket också styrktes av utredningens loggningar. Den högre tappvarmvattenanvändningen beräknas stå för ca 197 MWh av differensen mellan uppmätt och förväntad fjärrvärmeanvändning.

5.2 Kulvertförluster

Den sammanlagda värmekulvertlängden, 800 m, i marken utanför huset förser de 10 trappuppgångarna och ventilationsaggregaten med värme från undercentralen. Enligt Bengt Bergqvists utredning blir värmeförlusterna i kulverten ca 105 MWh per år, eftersom värmeförluster föreligger både vinter- och sommartid. Beräkningarna återfinns i utredningen, vilken redovisas i bilaga 7.

5.3 Temperaturverkningsgrad

Enligt information från fastighetsägaren utfördes momentan mätning av verkningsgraden på varje aggregat. Luftflödena varierar något på grund av styrningen. Temperaturverkningsgrader redovisades av fastighetsägaren, som anger att vid avläsningstillfället var totalflödet relativt lågt och verkningsgraden 63 – 65 %. Utifrån den informationen redovisades temperaturverkningsgraden 64 % för tävlingsdeltagarna.

De tre luftbehandlingsaggregaten har varit inställda på avfrostning vid utetemperaturer lägre än -3 °C och därmed har bypassjället förbi första värmeväxlaren varit öppet större delen av vinterhalvåret. Årsverkningsgraden har då enligt utredningen minskat till ca 50 %, vilket motsvarar ca 75 MWh per år i minskad återvinning jämfört med optimal avfrostning, utgående från de momentana temperaturverkningsgraderna. Utförligare beskrivning av problematiken återfinns i bilaga 7.

5.4 Driftel

Ett totalt värde för driftel för 2009 redovisades av fastighetsägaren. I det ingick dock el till motorvärmare, belysningsstolpar på innergården samt el till två tvättstugor i en egen liten gårdsbyggnad som inte ingick i tävlingen. Dessa poster var dessvärre inte försedda med separata elmätare, varför tävlingskansliet beräknade avdrag utifrån antaganden och efterforskningar.

Driftelen angavs av fastighetsägaren till ca 248 MWh för 2009. I granskningen av mätvärden i samband med felsökningen upptäcktes att det i detta värde även låg en mätning av hushållsel till gruppboendet, som i tävlingen räknats som 7 lägenheter och vars el redan medräknats under posten hushållsel. Inga mätvärden för enbart driftel finns för tiden före juli 2009, men årsvärdet för juli 2009 till och med juni 2010 redovisas i granskningsarbetet till 236 MWh. Till utredningen rapporterar fastighetsägaren 252 MWh för 2010 och vid specifik förfrågan att 21 MWh av dem är gruppboendets hushållsel.

Utredningens avdrag för extern tvättstuga, gårdsbelysning och motorvärmare är delvis baserade på loggade värden och delvis antagna. De skiljer sig dock inte mycket från de siffror som togs fram för korrigering inför steg 2 i tävlingen. Den av fastighetsägaren utlovade loggningen av temperaturer och el till bland annat motorvärmare har inte redovisats enligt överenskommelse. Till BBR-värdet korrigeras driftelen med de nya uppgifterna men för tävlingens facit behölls det äldre värdet som angavs till tävlingsdeltagarna, 199 MWh.

5.4.1 El till motorvärmare och gårdsbelysning

De 62 motorvärmarna är utrustade med timer och utetemperaturstyrning, grundat på information från fastighetsägaren. Antaget att 2/3 används, fördelat över $4 + 2 \cdot \frac{1}{2}$ månader, gav ett totalt avdrag på 9 920 kWh/år för motorvärmare.

På plats räknades till totalt 31 belysningsstolpar på innergård och parkering och leverantören redovisade 70 W metallhalogenlampor för samtliga stolpar. Belysningen styrs på dagsljus, men då varken fastighetsägare eller leverantör kunde redovisa hur många timmar det handlade om per månad, gjordes en beräkning utifrån dagsljustimmar från www.prognosen.se + två timmar/dygn för skymning och gryning. Det totala avdraget för gårdsbelysning beräknades då till 13 536 kWh för 2009.

5.4.2 El till extern tvättstuga

Hur mycket driftel som skulle dras bort för tvättstugorna på gården berodde på hur mycket utrustningen i tvättstugorna användes och hur mycket el varje maskin använde per tvätt, något som var oväntat svårt att få klarhet i. Fastighetsägaren redovisade ett antagande om att tvättstugorna används fyra pass per dag, sju dagar i veckan, vilket skulle resultera i en energianvändning på 23 000 kWh/år. En beräkning i Swebys excelblad "Energianvisningar" gav 20 126 kWh/år och en uträkning med information från fabrikantens produktdatablad och antagande om fyra tvättpass/dag, fyra tvättar/pass samt två torktumlingar och två torkskåpstorkningar/pass gav 53 728 kWh/år vilket avfärdades som en orimligt hög siffra. Därför användes för avdraget fastighetsägarens siffra, jämnt fördelat över året.

5.4.3 Hushållsel

Vid inhämtning av information om hushållsansvändning i byggnaden uppstod också vissa bekymmer. Tävlingskansliet önskade information om månadsvisa värden för byggnadens totala hushållsel. Elleverantören ville dock endast lämna ut informationen mot en fullmakt från antingen fastighetsägare eller samtliga hyresgäster. Fastighetsägaren i sin tur hävdade att informationen om använd hushållsel var kontroversiell och svår att få tillgång till. Slutligen redovisades dock värden, vilket visade sig vara för november 2009 till och med oktober 2010 och inte fördelat på månader, men väl på lägenheter. Skillnaden för hushållsel mellan åren bedömdes som marginell och möjligheterna att via denna kanal få tillgång till mera adekvata värden ansågs vara liten. Värdet för hushållsel godtogs och redovisades till tävlingsdeltagarna som ett årsvärde på 348 763 kWh.

5.5 Innetemperaturer

Redan i ett tidigt skede redovisade fastighetsägaren ett medelvärde av temperaturer uppmätta i gemensamma frånluftskanaler före ventilationsaggregaten. Frånluften tas från kök och badrum och det befarades att konstant användning av de eldrivna handdukstorkarna skulle medföra att temperaturen i frånluften blir missvisande hög. Detta befarande avlogs efter besök i sex lägenheter där samtliga handdukstorkar var avstängda. Vid besöken, i november 2010, mättes också innetemperaturer, vilka visade sig vara något högre än de av fastighetsägaren redovisade värdena. Dock gjordes besöken uteslutande i lägenheter där de boende var hemma, vilket kan förklara en högre innetemperatur dagtid. Vid besöken mättes även temperaturen i två trapphus till 20,5 °C, vilket redovisades till tävlingsdeltagarna. Det värde för innetemperatur i lägenheter som slutligen redovisades i materialet till tävlingsdeltagarna var $22 \pm 0,5$ °C, något högre än fastighetsägarens värde på grund av de uppmätta temperaturerna vid besöket.

5.6 Klimatfil

En klimatfil för området införskaffades innehållande timvärden och dygnsvärden för temperatur, global solstrålning, vindhastighet, vindriktning samt relativ luftfuktighet. Klimatfilen kom från mätningar i Högdalen 2009, beläget några kilometer från tävlingsbyggnaden och hämtades från www.slb.nu/lvf/. Endast två bidrag valde att inte använda sig av den tillhandahållna klimatfilen för 2009 i steg 2.

5.7 Tryckprovning och termografering

Tryckprovning och termografering i sex lägenheter utfördes under november i Swebys regi. Luftläckningen i lägenheterna varierade från 35 till 76 l/s vid 50 Pa. Ett större luftläckage i klimatskärmen och några mindre punktläckage noterades av besiktningsmannen. Resultatet redovisades till tävlingsdeltagarna i tabellform för de provade lägenheterna och återfinns i bilaga 5.

5.8 Sammanfattning av korrigerade indataposter

I tabell 2 nedan redovisas uppmätta värden angivna till tävlingsdeltagarna i steg 2, samt de korrigerade värden som togs fram efter kontroller, utredningar och loggningar.

Tabell 2. Uppmätta värden redovisade för tävlingsdeltagarna i steg 2, samt ändringar i dessa efter utredning.

	Angivet i tävlingens steg 2	Ändrat i efterarbetet	
Vatten			
Kallvattenanvändning 2009	9 209	ca 16 000	m ³ /år
Varmvattenanvändning 2009	3 500	ca 6 000	m ³ /år
Driftel			
Total användning för 2009	199 172	180 088	kWh/år
Månadsvis fördelning	Se bilaga G		%
Hushållsel			
Årsvärde för hushållsel	348 763		kWh/år
Innetemperatur			
Lägenheter	22 ± 0,5		°C
Trapphus (uppmätt i två trapphus)	20,5		°C
Luftflöden			
Totalflöde FTX-system TA1/FA1	1,68 / 1,86		m ³ /s
Totalflöde FTX-system TA2/FA2	1,61 / 1,66		m ³ /s
Totalflöde FTX-system TA3/FA3	1,8 / 1,98		m ³ /s
Klimatfil			
Temperatur	Timvärden & dygnsvärden Högdalen 2009 från www.slb.nu/lvf		
Globalstrålning			
Vindhastighet			
Vindriktning			
Relativ luftfuktighet			
Temperaturverkningsgrad på aggregat			
Temperaturverkningsgrad vid totalflöde	64	ca 50	%
Förluster på sekundärkulvert	ingen uppgift	ca 105	MWh/år
Resultat av tryckprovning & termografering			
Tryckprovning	Redovisas i bilaga 5		
Termografering	Besiktningsmannens kommentar: I lägenhet 531 upptäcktes större brister i klimatskärmen, bl.a. en spricka i takvinkeln i vardagsrum mot balkong, med utbrett luftläckage på ca 2 meter. Brister fanns också vid vissa fönster och balkongdörrar. Övriga lägenheter noterades för mindre punktläckage.		
Uthyrningsgrad	100		%

6 Beräkningsresultat

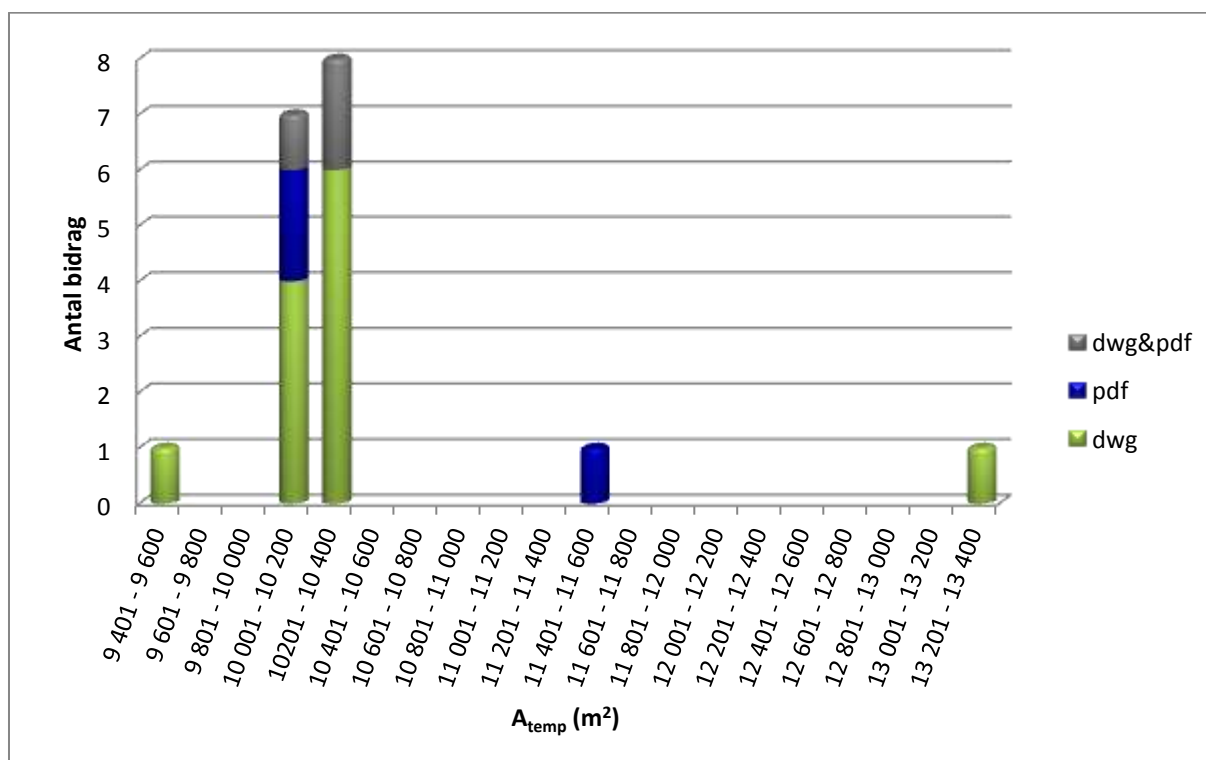
Av 33 anmälda bidrag lämnades 18 in till steg 1 och dessa fullföljde även steg 2. De beräknades av 14 olika personer från 12 olika företag. Resultaten av inlämnade in- och utdatatablanketter redovisas här för utvalda poster. En sammanställning av alla inlämnade redovisningsmallar återfinns i bilaga 8. Bidragen har i rapportens redovisningar kallats för A till och med R.

De energiberäkningsprogram som användes var följande, där ett par olika versioner av VIP och IDA ICE förekom. Antal bidrag med respektive program visas inom parentes.

VIP (7)
 IDA ICE (5)
 Enorm (2)
 BV2 (1)
 Energy Plus (1)
 Fastighetsenergiprogrammet (1)
 www.energiberakning.se (1)

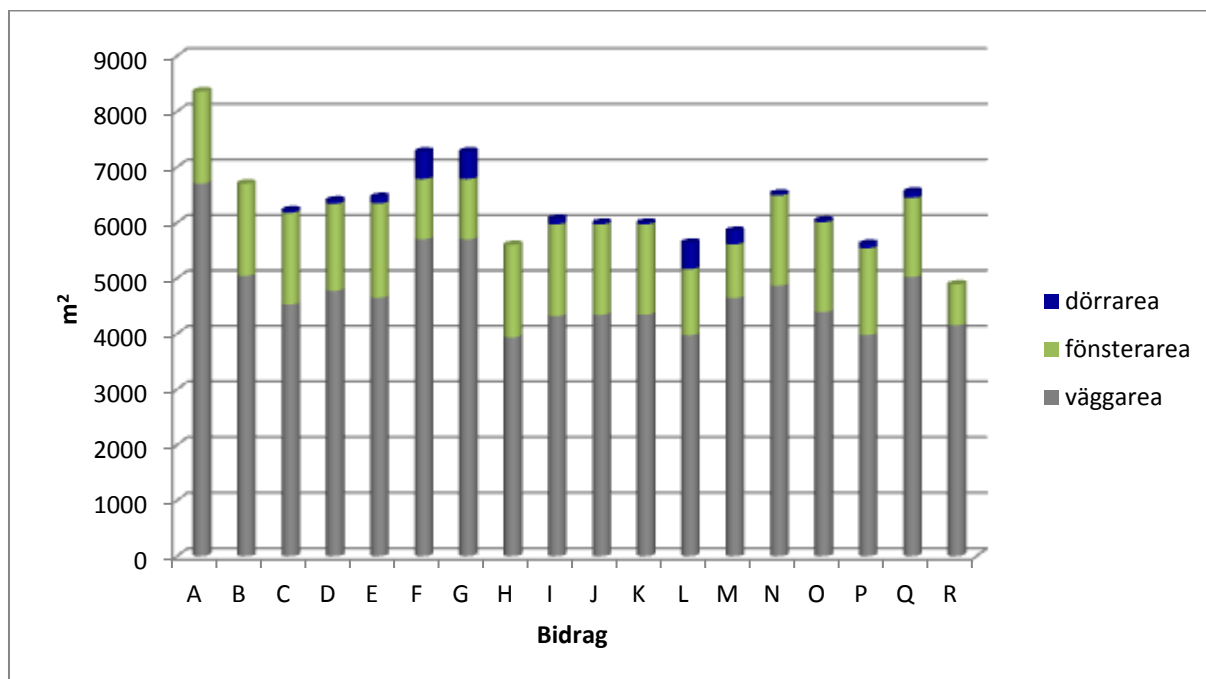
6.1 Areaberäkningar

Den största tidsåtgången i beräkningen är att mäta upp byggnadens geometri. Majoriteten av tävlingsdeltagarna redovisade en A_{temp} mellan 10 000 och 10 400 m² men tre bidrag skilde sig markant från mängden, se figur 3. Eftersom många tävlade ägnat tid åt att beräkna A_{temp} , och ingen uppmätt A_{temp} fanns hos fastighetsägaren, valdes medianvärdet, 10 252 m², som den bästa uppskattningen av A_{temp} . I diagrammet kan också ses att de flesta deltagarna har använt sig av dwg-filer (CAD) som underlag för mängdningen, vilket dock inte verkar ha minskat spridningen. Endast tre bidrag har enbart använt pdf-filer som underlag.



Figur 3. A_{temp} -areor för inlämnade bidrag, fördelat på källa för uppmätning. Dwg-filer används i CAD-program.

Variationen är större för redovisade väggareor, där resultaten varierar från 3938 m² till 6705 m², se figur 4. Det totala värdet för fönster- och dörrareor är för de flesta bidrag omkring 1600 m² men redovisningen av fördelningen mellan fönster och dörrar skiljer sig en del mellan bidragen. Två bidrag, A och B, lämnade kommentarer om att fönster och dörrar räknats ihop, samt att fönster och dörrar troligtvis räknats dubbelt för bidrag A på grund av missförstånd av programutskriften.



Figur 4. Fördelning av redovisad yttervägg-, fönster- och dörrarea.

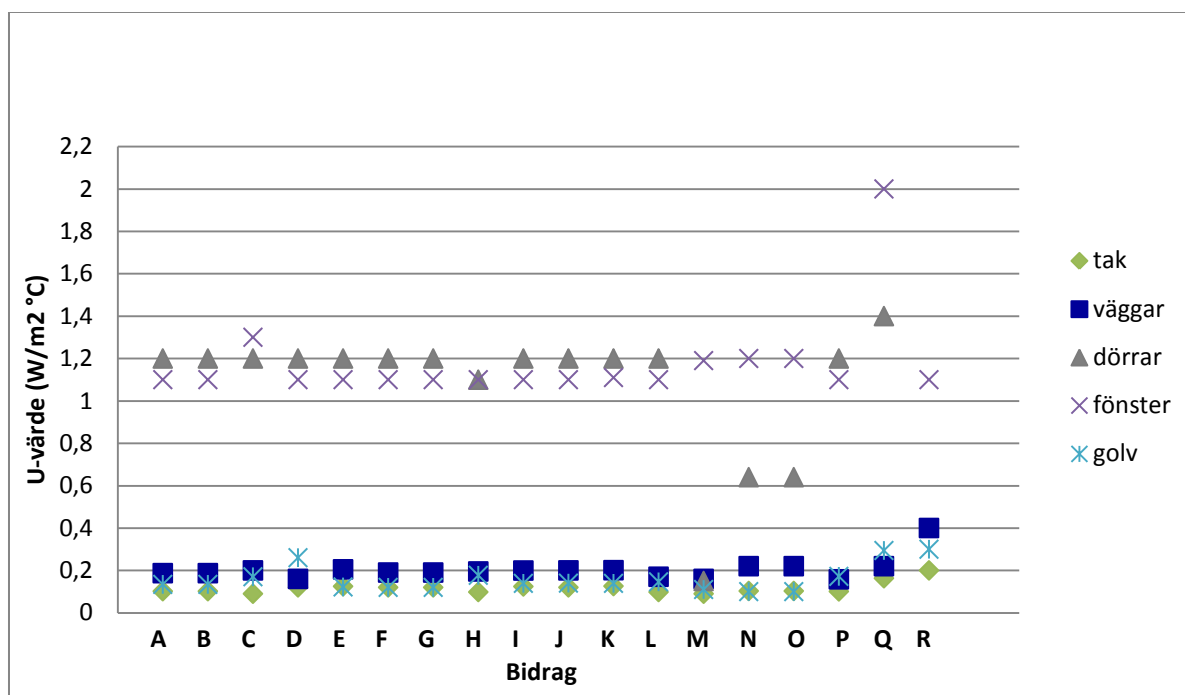
För golv- och takareor avviker två respektive tre bidrag med mer än 10 % från medianvärdet. Alla utom ett bidrag redovisar dock liknande värden för golvarea som takarea. Det avvikande bidraget redovisar 14 % större takarea än golvarea, något som en rimlighetskontroll kunnat påvisa som en potentiell felräkning.

6.2 Klimatskärm

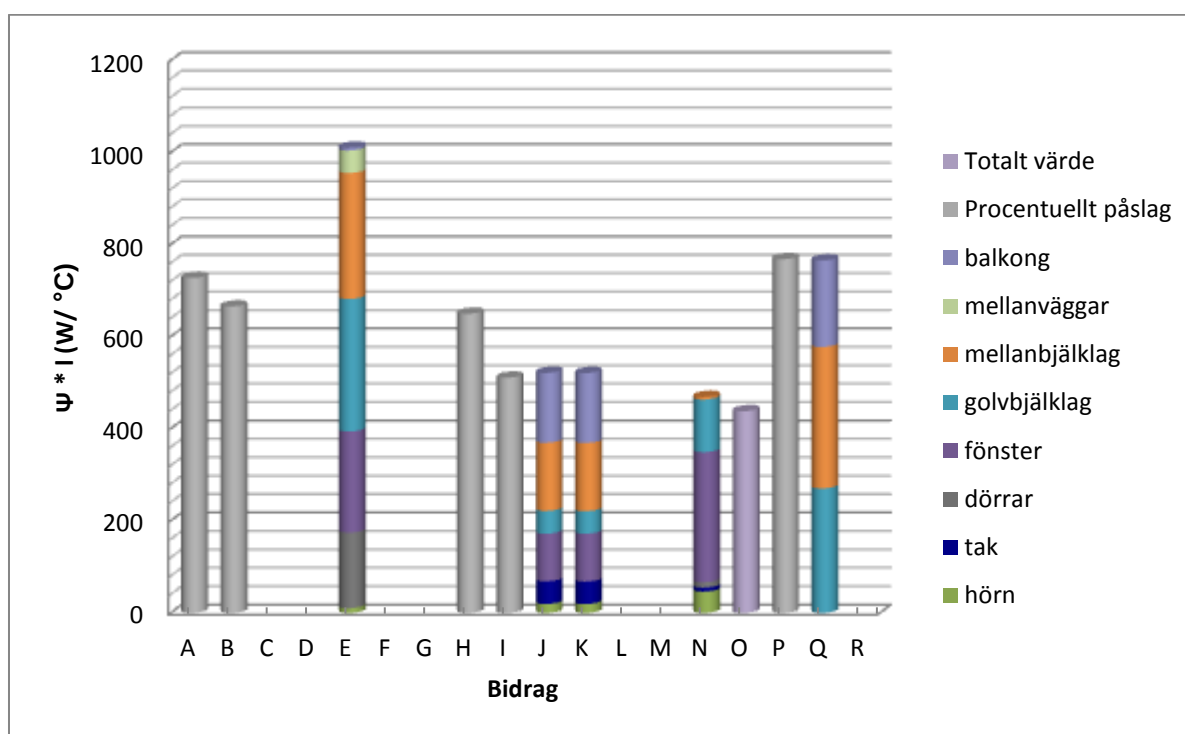
U-värden för fönster angavs i byggbeskrivningen i tävlingshandlingarna till 1,1 W/m²K. Trots det har fem bidrag använt sig av andra, högre värden, utan att kommentera detta. Övriga U-värden fick tävlingsdeltagarna beräkna utifrån de tillhandahållna konstruktionsritningarna. Spridningen för väggar, tak och golv är ganska liten, förutom bidrag R som i stort sett fördubblat U-värden för väggar och tak, se figur 5.

U-värdet för dörrar skiljer också, men dörrar utgör endast en liten andel av klimatskärmen och är för vissa bidrag inte medräknade alls.

Köldbryggor redovisas på flera olika sätt, se figur 6. Fem bidrag har använt sig av ett procentuellt påslag på 15-25 % av summa U*A. Sju bidrag har inte redovisat köldbryggor, tre av dem har istället angett att köldbryggor ingår i angivna U-värden. Ett bidrag har angett ett totalt värde för köldbryggornas längd*värmegenomgångskoefficient, Ψ , och fem bidrag har dessutom visat fördelningen av hur stor hänsyn som tagits till olika köldbryggor i konstruktionen. De olika beräkningsprogrammen tar hänsyn till köldbryggor på olika sätt, vilket kan vara en anledning till den spridda redovisningen. Vissa tävlingsdeltagare kan också ha valt att inte fylla i redovisningsmallen trots att de kunnat ta reda på informationen.



Figur 5. Bidragens redovisade U-värden för olika byggnadsdelar.



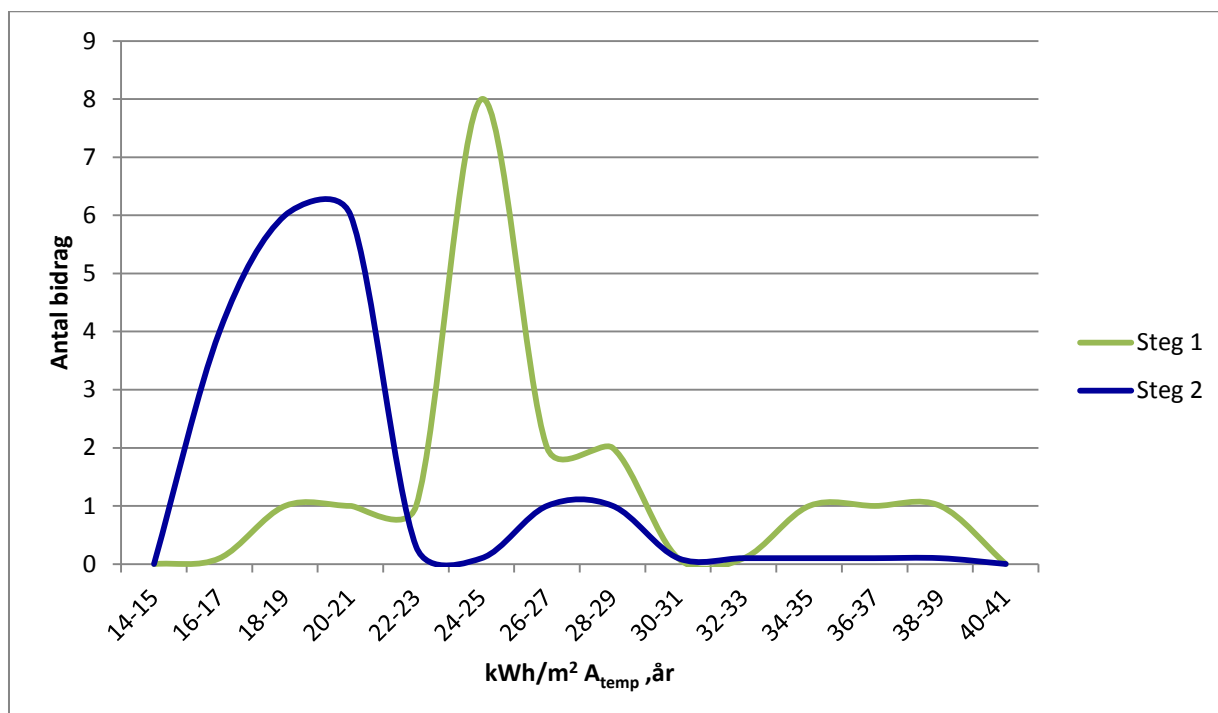
Figur 6. Bidragens redovisade köldbryggor i $\Psi \cdot l$ längd.

6.3 Ventilation

Alla bidrag ökade sitt luftflöde, de flesta med ca 0,07 l/s,m² mellan steg 1 och steg 2. Temperaturverkningsgraden sänktes för de allra flesta från 65 till 64 %.

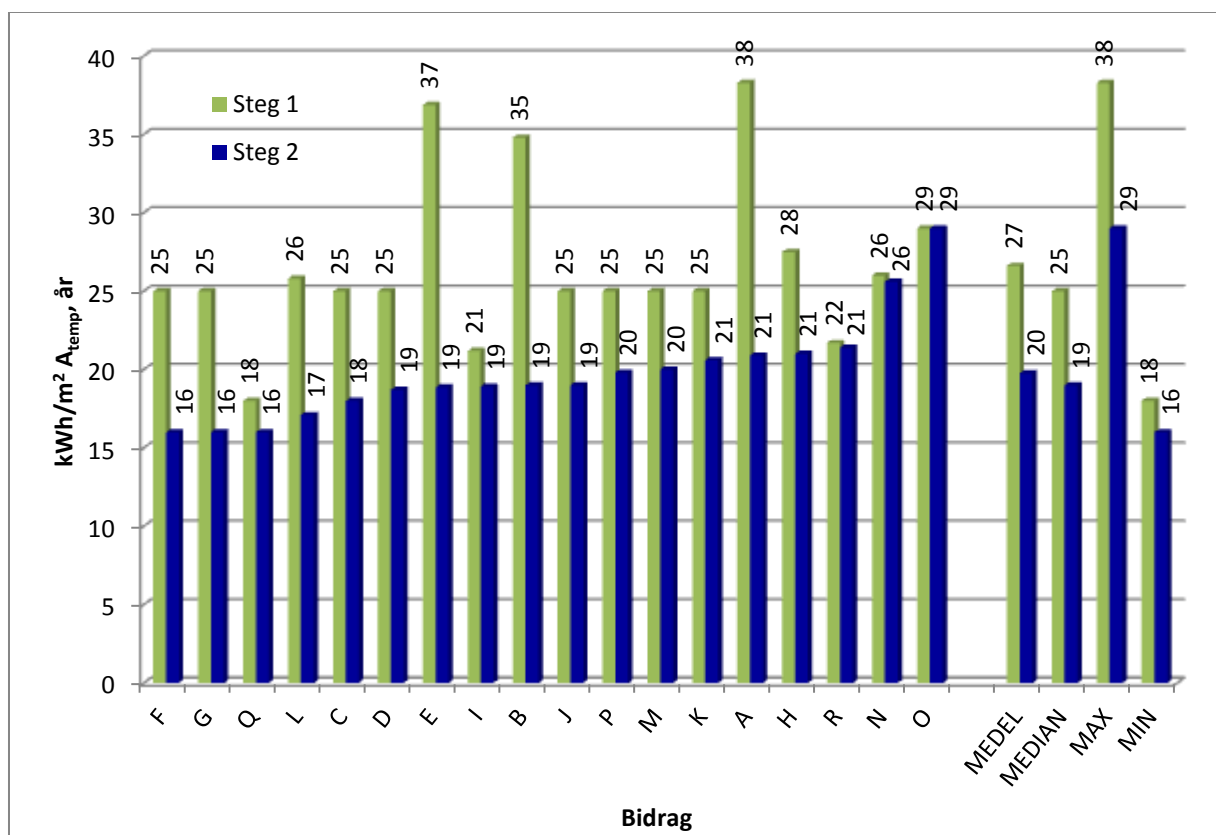
6.4 Brukarindata

Trots att ett av villkoren redovisade i tävlings-PM var att i steg 1 använda Swebys standardiserade indata har endast 13 av de 18 bidragen angett att de använt innetemperatur 21 °C i steg 1 och bara 8 bidrag redovisar en tappvarmvattenanvändning på 25 kWh/m² A_{temp}, vilka är värden som anges i Swebys riktlinjer. I steg 2, där tävlingsdeltagarna har fått tillgång till uppmätt volym för varmvatten, visar redovisningarna också ett något spritt resultat i utdata, se figur 7. Beräknat enligt Swebys brukarindata med riktvärdet 55 kWh/m³ för tappvarmvattenberedning blir energianvändningen för 3 500 m³ ca 19 kWh/m². Notera att användningen efter korrigeringen av mätvärdena blev ca 38 kWh/m², vilket redovisades i kapitel 5.



Figur 7. Fördelning av redovisat tappvarmvatten för steg 1 respektive steg 2.

Några bidrag ger förklaringar i redovisningsmallens kommentarfält, till att tappvarmvattnet avviker från Swebys indata. Bidrag E, N och O anger påslag för VVC-förluster för steg 1, bidrag E med 40 %. Bidrag I har också angivit att man tolkat Swebys material så att tappvarmvattnet bara är fördelat på lägenhetsarean och får därför ett lägre värde i redovisning fördelat på hela A_{temp}. Bidrag A, N och O har för steg 2 kommenterat att vvc-förluster ingår i värdet, bidrag A med 10 %. Resultaten per bidrag redovisas i figur 8.

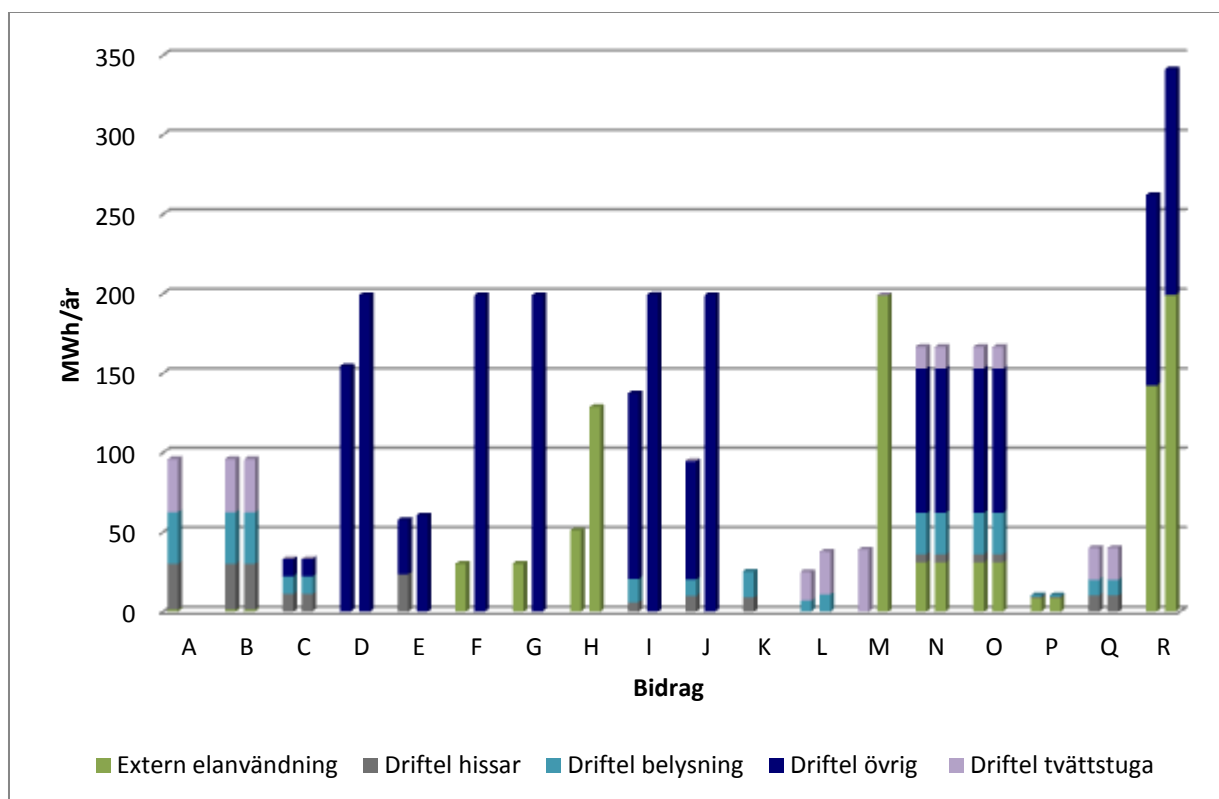


Figur 8. Redovisad utdata för tappvarmvatten, per bidrag för steg 1 respektive steg 2. Vissa avvikande värden kan helt eller delvis förklaras med hur VVC-förluster redovisats och vilken area som använts vid fördelningen.

De flesta har använt sig av den nya informationen för steg 2 med uppmätta värden för temperaturer, luftflöden, temperaturverkningsgrad samt klimatfil. Innetemperaturen i zon 1 uppmättes till $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ och de flesta bidrag korregerade upp sina indata till 22°C . Bidrag C, E och Q, som redan i steg 1 använt innetemperatur 22 respektive 23°C behöll sina temperaturer i steg 2.

Få har redovisat hur hänsyn tagits till värmetilskott från solen. Som med köldbryggarna kan det bero på val av program eller hur noga tävlingsdeltagarna fyllt i redovisningsmallen. Kanske var också de många olika posterna för redovisande av tillgängligt och nyttiggjort tillskott från sol i redovisningsmallarna, förvirrande eller svåra att tolka. För de sju som redovisat nyttiggjort sol till fönster är dock spridningen från 3 till 29 kWh/m², A_{temp} för steg 1, och 6 till 29 kWh/m², A_{temp} för steg 2, med medianer på 16 respektive 8 kWh/m², A_{temp}. Redovisningen för driftel verkar också ha varit komplicerat upplagd, även här skiljer sig bidragen åt i form för redovisning, se figur 9.

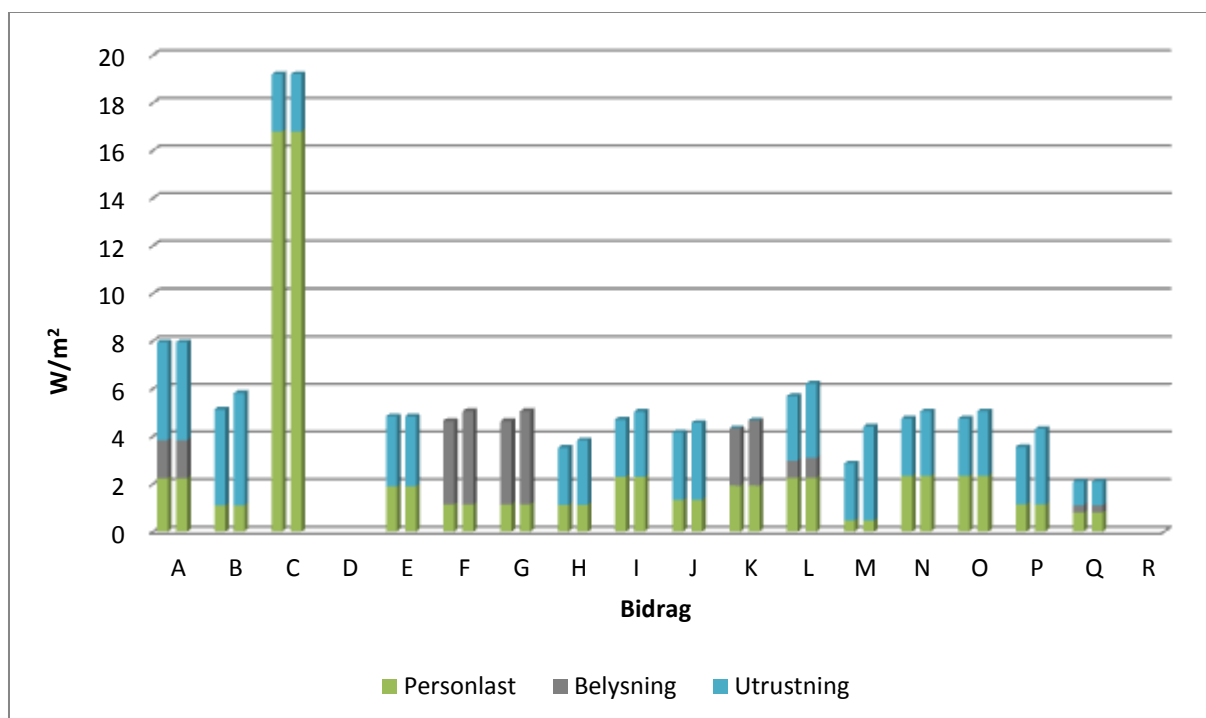
Sex bidrag har valt att inte ändra indata för driftel mellan steg 1 och steg 2. För två bidrag har dessutom ändring i indata angivits, men inte redovisat till vad, som orsak har svårighet att kategorisera driftel som indata uppgivits. En av dem kunde vid förfrågan ange ett totalt värde, samma som det av tävlingskansliet tillhandahållna värdet, 199,2 MWh. Av svaren på de bidragsspecifika frågorna som skickades ut efter steg 2, framkom att redovisningsmallen i stort tolkats på olika sätt och att det inte sällan förekom felskrivningar med hopblandade värden, fel enhet eller olika syn på vad som bör redovisas som ett negativt värde. Det finns också skillnader i vilken area och antal timmar vissa laster och tappvarmvatten beräknats på.



Figur 9. Fördelning av angiven driftel som indata, staplarna vid varje bidrag står för steg 1 respektive steg 2. Bidrag A och K har angivit ändrade värden för steg 2 men utan att specificera ett värde. Uppmätt, korregerat värde är 199,2 MWh/år.

En annan post som varierat mycket i redovisningsform och i hur uppmätta värden använts är internlaster. Här fanns i redovisningsmallen de tre delposterna personlast, belysning och utrustning att fördela värden på. Även här kan val av program spela en viss roll, då de olika programmen redovisar internlaster på lite olika sätt. Vissa tävlingsdeltagare har redovisat en hopslagning av utrustning och belysning under en av posterna, för att programmet inte redovisar dem separat. Därför sammanställs internlaster i ett gemensamt diagram i figur 10. Skillnaden mellan de olika bidragens värden är dock överlag större än skillnaden mellan steg 1 och steg 2 för respektive bidrag, även om de flesta valt att ändra indata för posterna något med tillgången till uppmätt hushållsel i steg 2.

Vissa poster har alltså varit svårare att sammanställa än andra. Efter de bidragsspecifika frågorna fanns dock jämförbara resultat redovisade för de allra flesta poster och bidrag. En sammanställning av detta återfinns i bilaga 8.



Figur 10. Redovisade internlaster för de olika bidragen, i steg 1 respektive steg 2. Några har redovisat belysning och utrustning sammanslaget under någon av posterna. Förändringen mellan steg 1 och steg 2 ter sig mindre än skillnaden mellan bidragen.

6.5 Totala värmeförluster och värmebehov

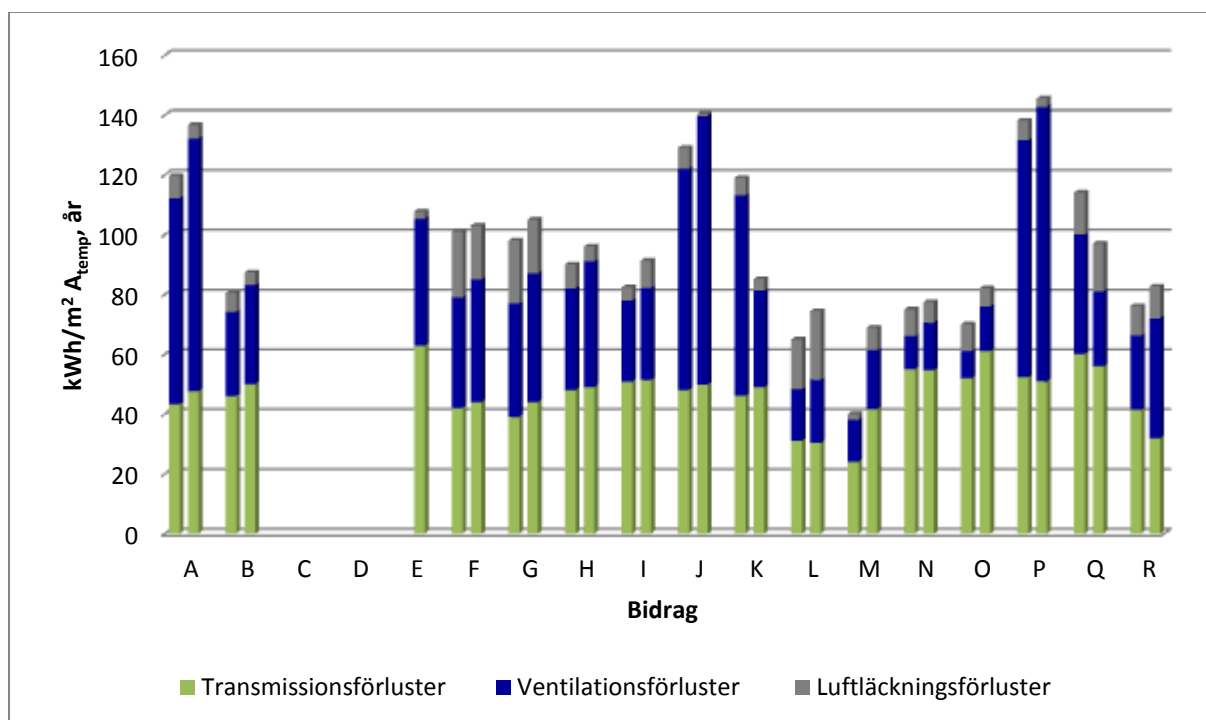
Även värmeförlusterna varierar mycket mellan bidragen, se figur 11, trots att alla som redovisat också fyllt i för alla tre posterna transmissionsförluster, ventilationsförluster och luftläckningsförluster enligt redovisningsmallen. Endast två bidrag valde att inte använda sig av den tillhandahållna klimatfilen för 2009 i steg 2.

Bidraget som hade minsta areorna, redovisar högst värmeförluster för steg 2. De redovisade värdena i enheten kWh/m², A_{temp} , skulle kunna antyda att det är den låga A_{temp} -arean som förstörar värdet, men även omräknat till kWh/m², $A_{temp, median}$ ligger bidraget högst.

Bidrag P redovisar de högsta värmeförlusterna med 138 respektive 145 kWh/m² A_{temp} , alltså mer än tre gånger högre än lägsta värde för steg 1 och dubbelt så högt som det i steg 2.

Det är främst för ventilationsförluster som de avgörande skillnaderna återfinns. De olika bidragen visar på tre olika nivåer för redovisningen, runt 17, 40 respektive 90 kWh/m² A_{temp} . Bidrag P:s värden för ventilationsförluster är 5,5 respektive 4,5 gånger högre än bidrag M:s värden för steg 1 respektive steg 2. De bidragen har inte skrivit några kommentarer om värmeförluster, men bidrag K, som visar en halvering av ventilationsförlusterna från steg 1 till steg 2, har kommenterat att värmeåtervinning är medräknat i steg 2 men ej i steg 1. Förklaringen till att tre bidrag redovisar dubbelt så mycket värmeförluster som de andra är därför troligen att de inte räknat med värmeåtervinning i redovisade värden.

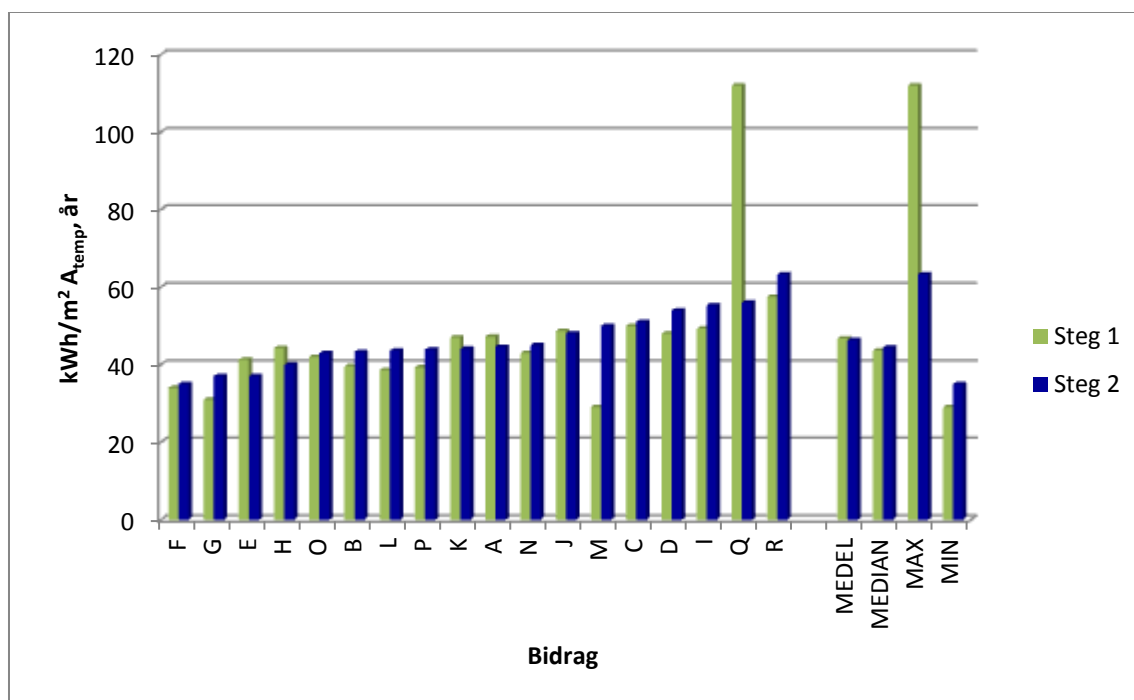
Värmeförluster via luftläckning varierar mycket, i steg 1 från 2 till 22 kWh/m², A_{temp} och i steg 2 från 0,7 till 23 kWh/m², A_{temp} . 14 bidrag ändrade sin indata för luftläckning utifrån informationen från tryckprovningen som redovisades i steg 2. Tolkningen av uppmätta värden, som redovisades i l/sm² A_{om} vid ± 50 Pa för sex olika lägenheter, skiljer sig dock åt. Använda värden för steg 2 varierar från 0,34 till 0,60 l/sm² för ändrade värden från steg 1. De tre bidrag (F, G respektive Q) som valt att inte ändra indata för luftläckning för steg 2, ligger betydligt högre än de andra för värmeförluster via luftläckning. Lika högt ligger dock ännu ett bidrag, bidrag L, som har redovisat lägst luftläckning för båda stegen, också enda bidraget som redovisade ett lägre värde än 0,8 l/sm² för indata luftläckning för steg 1. Fem bidrag redovisar en ökad värmeförlust via luftläckning för steg 2, trots en minskad eller oförändrad luftläckning i indata.



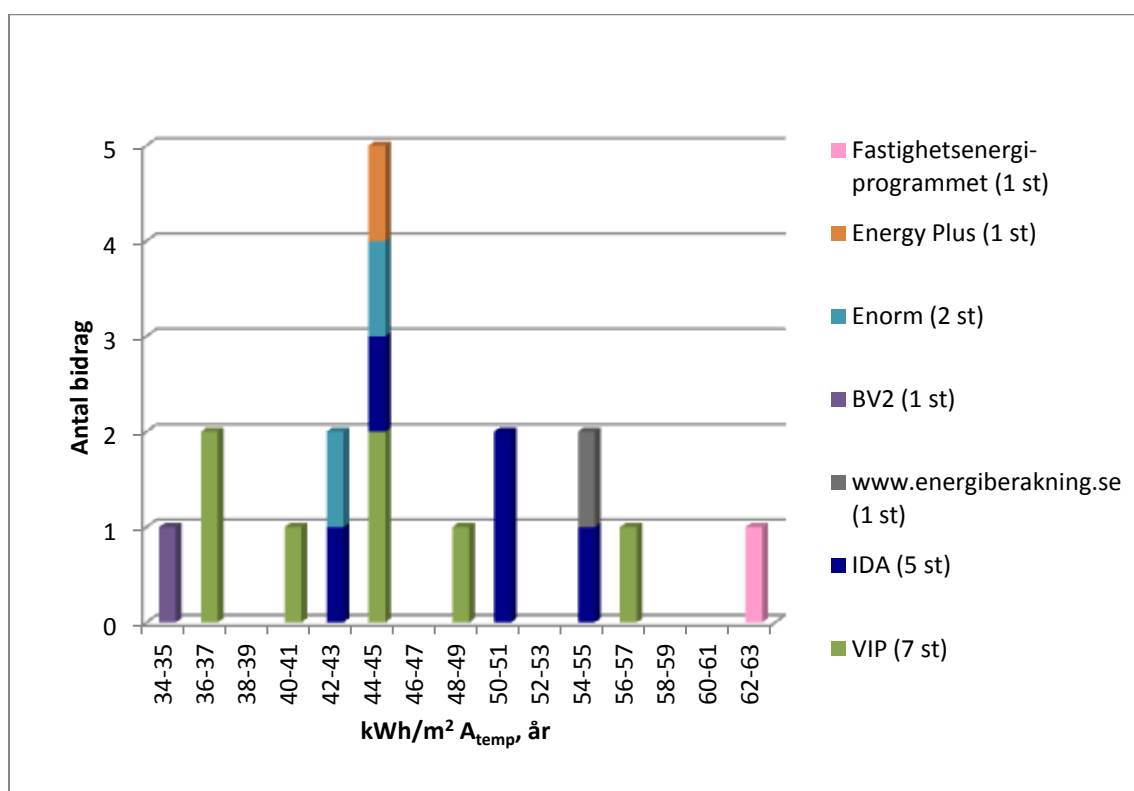
Figur 11. Redovisade värmeförluster i utdata för steg 1 respektive steg 2. Totala värmeförluster för steg 2 varierade mellan 70 och 146 kWh/m² A_{temp}, år.

Redovisade utdata för värmebehov, dvs när interna tillskott tillgodogjorts, visar en stor spridning mellan lägsta och högsta värde, se figur 12. Detta är ju ett beräkningsresultat som kan jämföras med uppmätt fjärrvärmeanvändning för rumsuppvärmning. Spridningen av resultaten är stor även efter att man bortsett från bidrag Q som i steg 1 redovisar en värmeanvändning på 112 kWh/m² A_{temp}, år, med förklaringen i steg 2 att default-valet för programmet, Arjeplog, råkat väljas som klimatfil för steg 1. Anmärkningsvärt är dock att inlämning ändå skett med detta värde, trots att det var förvånansvärt högt.

Även utan detta värde är spridningen nära en faktor två mellan lägsta och högsta värde, i båda inlämningarna. Skillnaderna mellan bidragen är ofta större än skillnaden mellan steg 1 och steg 2 för de enskilda bidragen. Undantag är bidrag M och Q som båda frångått sina extremvärden från steg 1, bland övriga har alla bidrag ändrat mindre än 10 kWh/m² A_{temp}, år mellan steg 1 och 2. Även fördelat på program är spridningen stor, se figur 13, och varken VIP eller IDA visar någon likriktning. Fyra olika program hamnar i det enda intervall som innehåller fler än två bidrag, 44-45 kWh/m² A_{temp}. Medelvärdet för värmebehovet för alla bidrag blev 46,8 kWh/m² för steg 1 och 46,3 kWh/m² för steg 2, således en mycket liten skillnad.



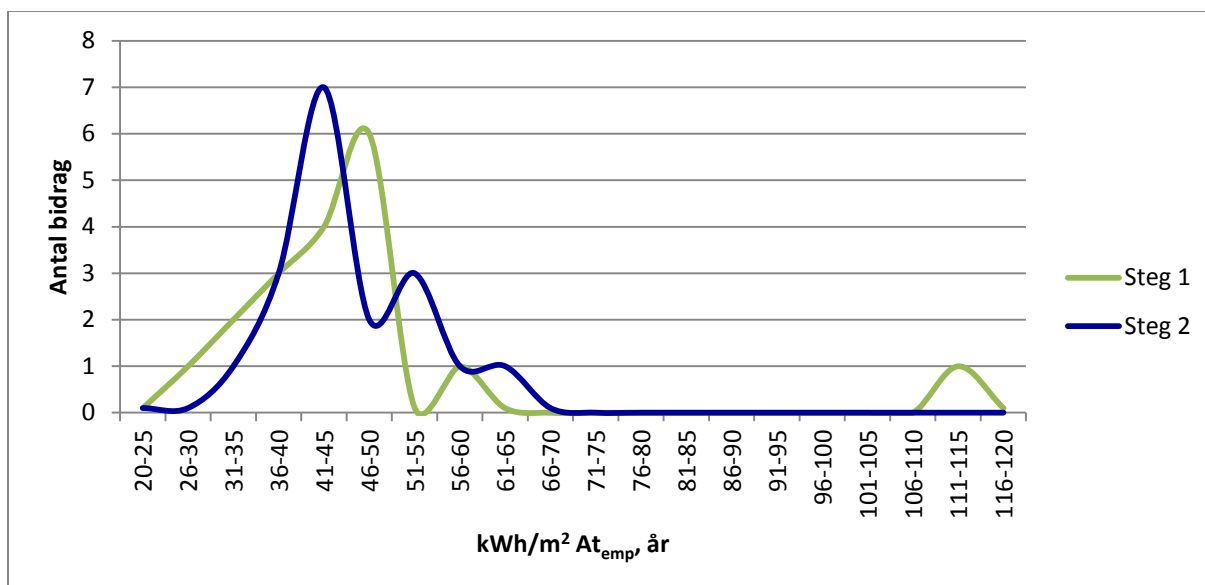
Figur 12. Utdata för värmebehov redovisat bidragsvis för steg 1 och steg 2.



Figur 13. Utdata värmebehov redovisat för steg 2, fördelat på program. Spridningen är stor, även vid användning av samma program, i detta fall för VIP och IDA, vilka flera tävlande använde.

Standardavvikelsen för beräknat värmebehov blev stor för steg 1, 17,8 kWh/m², och för steg 2 betydligt mindre, 7,5 kWh/m². Om man inte räknar med det bidrag som använt Arjeplog som klimatfil för steg 1, och

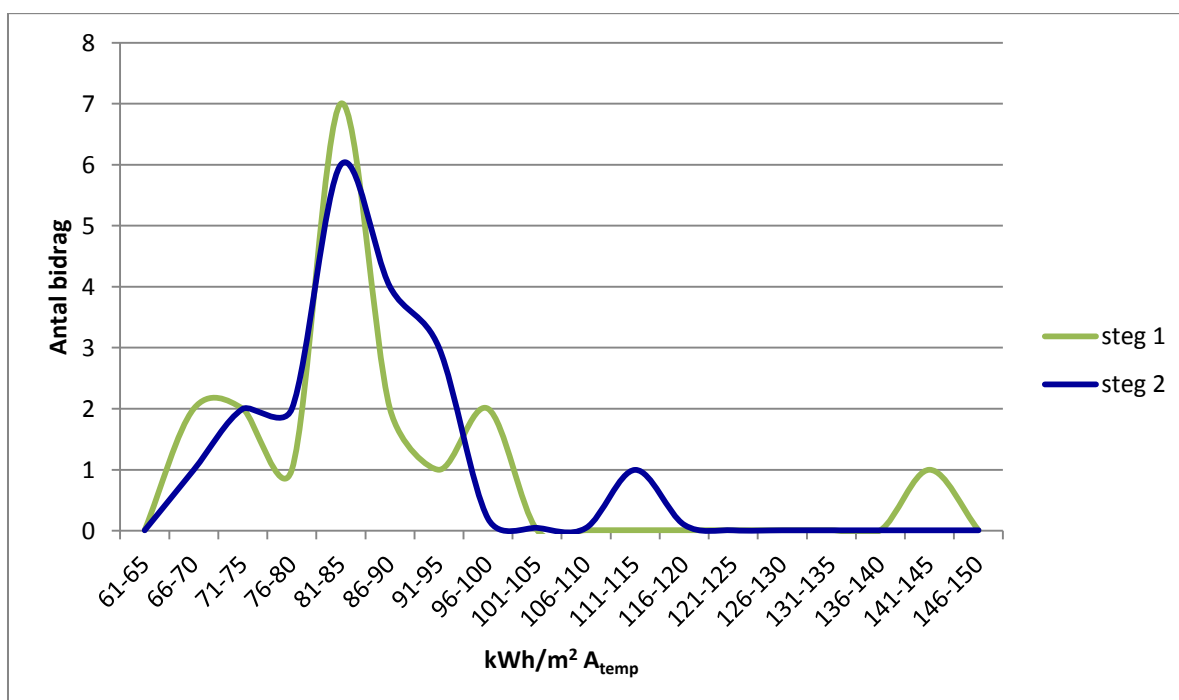
därför fått ett mycket avvikande värde på värme, så blir standardavvikelsen 7,3 för båda stegen, vilket antyder att informationen i steg 2 inte nämnvärt förbättrat spridningen på värmebehovsberäkningen. Fördelningen av redovisade utdata visas grafiskt i figur 14, nedan.



Figur 14. Fördelning av redovisade utdata för värmebehov för steg 1 respektive steg 2.

6.6 Specifik energianvändning

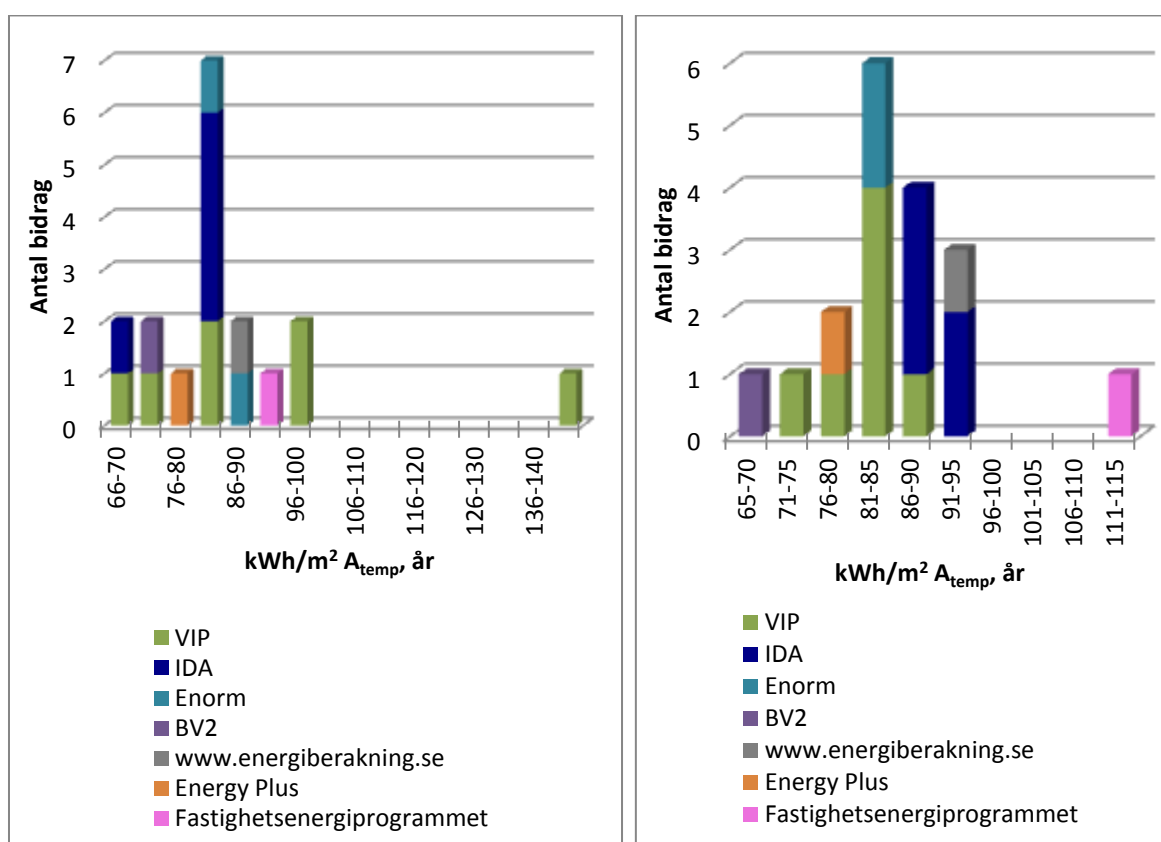
För den specifika energianvändningen blir förhållandet ungefär detsamma. Medelvärdet sjönk minimalt, från 86,1 till 85,8 kWh/m² för steg 1 respektive steg 2 när alla bidrag räknades. Standardavvikelsen blev 9,1 kWh/m² för steg 1 utan bidraget med klimatfil för Arjeplog (16,5 med bidraget medräknat) och 9,3 för steg 2 med alla bidrag inräknade, se figur 15.



Figur 15. Fördelning av redovisad specifik energianvändning för steg 1 respektive steg 2.

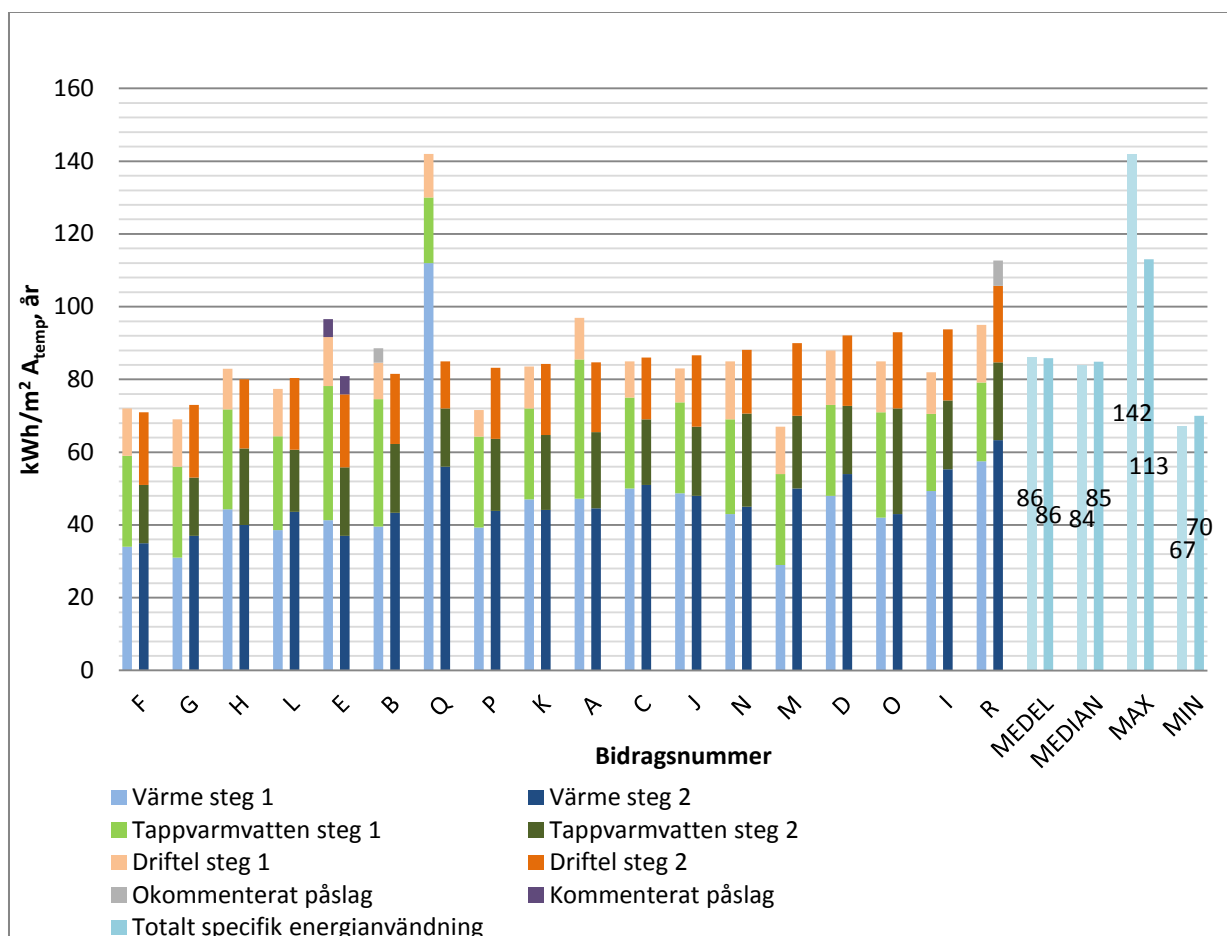
Knappt hälften av bidragen hamnar för steg 2 i intervallet 80-85 kWh/m² A_{temp}, som av juryn sattes som rimligt för den beräknade specifika energianvändningen. Två bidrag redovisar lägre värden och åtta bidrag redovisar högre värden. Eftersom den specifika energianvändningen innehåller såväl värme som varmvatten och driftel finns det utrymme för att kompensera exempelvis en hög värmeanvändning med en låg tappvarmvattenanvändning och ändå hamna på ett rimligt värde för specifik energianvändning. I några få bidrag kan man se exempel på det, men lika ofta kombineras en låg värmeanvändning med låga värden även för tappvarmvatten, eller motsvarande för överlag höga värden. Däremot blir det för den specifika energianvändningen, som för många andra poster, tydligt att skillnaden mellan steg 1 och steg 2 för de flesta bidrag är mindre än skillnaden mellan olika bidrag.

Resultaten för båda stegen visar en ganska jämn spridning kring samma medelvärde, ca 85 kWh/m² A_{temp}, dock med några utlöpare. För steg 2 verkar tyngdpunkten vara något förskjuten mot högre värden. Sju bidrag har ändrat sitt värde mer än 10 kWh/m² A_{temp} mellan steg 1 och steg 2, tre av dem har lägre specifik energianvändning i steg 2 än i steg 1 och resterande fyra har högre, se figur 16.



Figur 16. Specifik energianvändning för steg 1 respektive 2, fördelat på program. Både VIP och IDA ligger mera samlade i resultatet för steg 2 än för steg 1.

Figur 17 sammanfattar resultaten på specifik energianvändning för både steg 1 och steg 2 inklusive delposter, sorterat i stigande följd.



Figur 17. Specifik energianvändning för steg 1 respektive steg 2. Det kommenterade påslaget är för vädring och systemförluster i värmesystemet.

7 Juryns utvärdering

Det första utgångsläget, att uppmätt värme skulle bli avgörande facit, fick efter problemen med att få fram ett trovärdigt uppmätt värde stå tillbaka något. Ett riktvärde för specifik energianvändning lades till 80-85 kWh/m² A_{temp}, år (utifrån 82 kWh/m² A_{temp}, beräknat med tidigare beskrivna korrigeringar). Det visade sig dock att den kvalitativa granskningen av varje bidrag, som också fastslagits som en viktig del av bedömningsarbetet, sållade bort ett stort antal av tävlingsbidragen.

Som nödvändigt för att räknas som vinnarkandidat ansågs att de olika efterfrågade areorna inte skiljde sig för mycket från medel- och medianvärde av alla bidrag, samt att Svebys indata använts för steg 1, något som stod med i de första instruktionerna. Därefter granskades resterande bidrag utifrån de flesta poster på redovisningsmallarna, för att upptäcka eventuella oklarheter, se bilaga 9. Dessa undersöktes djupare och bidrag avfärdades om avvikelserna ansågs för stora, för många och utan godtagbar förklaring.

Med anledning av osäkerheter i uppmätt fjärrvärmvärde och beräkningar, beslutades att utse flera vinnare än en, som utgångsläge tre stycken. Det visade sig också vara tre bidrag som kvarstod med tillfredställande små avvikelser i sina redovisade resultat, nämligen bidragen H, J och K.

8 Analys och diskussion

8.1 Beräkningsresultat

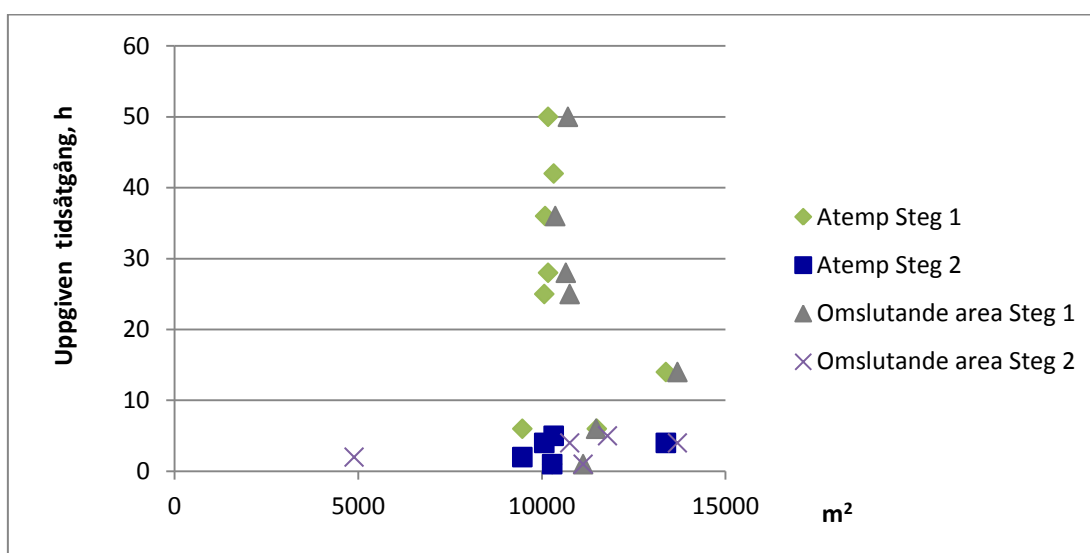
8.1.1 Datahantering

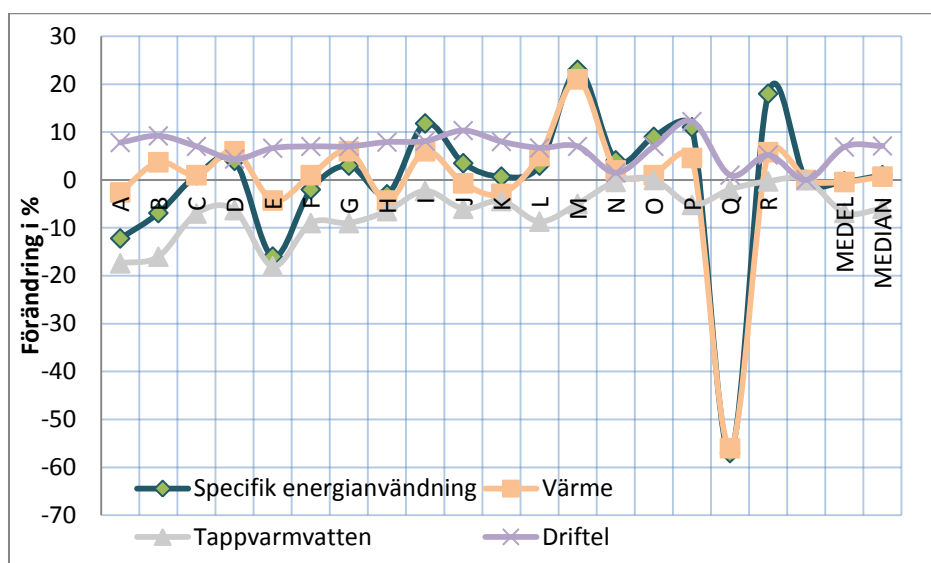
Areamängdning för en så pass komplicerad byggnad som tävlingshuset är tidskrävande och risken att missa något är relativt stor. Det är mycket viktigt att ha en kvalitetskontroll med rimlighetsrutin. 15 av de 18 bidragen redovisade en rimlig A_{temp} -area, men tre bidrag avvek från median- och medelvärde med mer än 8 %.

För de vertikalt omslutande areorna för väggar, fönster och dörrar var resultatet mer spritt, 7 av 18 bidrag skilde sig mer än 10 % från median- och medelvärden och det var nära en faktor två mellan största och minsta värde. Samma bidrag redovisade lägst A_{temp} -area och totalarea för väggar, fönster och dörrar.

Figur 18 visar sambandet mellan uppgiven tidsåtgång och beräknade areor. Ur figuren kan utläsas att de största avvikelserna finns bland de som uppgivit att de lagt relativt liten tid på beräkningarna.

Tidsåtgången för steg 2 ska inte innehålla någon tid för areaberäkning, eftersom arbetet utfördes under steg 1.





Figur 19. Förändring i % mellan steg 1 och steg 2 för de inlämnade bidragen. Ett positivt värde innebär en ökning i steg 2 jämfört med steg 1.

8.1.2 Användaraspekter

Svebys brukarindata har ifrågasatts eller missförstått av flera tävlingsdeltagare. Ett exempel är tappvarmvatten som enligt Sveby kan antas till 25 kWh/m², A_{temp} , vilket några deltagare istället fördelat ut på lägenhetsarea enligt ett eget resonemang. Likadant med hur stor andel av tappvarmvattenenergin som är möjlig att tillgodogöras för uppvärmning samt påslag för VVC-förluster. Var och om vädringspåslaget läggs på är ett annat exempel på att det finns olika tolkningar av Svebys instruktioner. Driftel är en annan parameter som visar stor spridning på grund av deltagarnas olika tolkningar av beskrivningar. I Svebys anvisningar styrs inte driftelen i detalj, men den kan beräknas i Svebys excelblad, vilket också några deltagare använt.

Trots mycket ny information för steg 2 har några tävlingsdeltagare valt att inte ändra sina indata. Ibland har redovisade utdata dock förändrats, trots att den borde bero nästan enbart på motsvarande indatapost. Ett sådant exempel är tappvarmvatten, ett annat är driftel. Här kan man misstänka slarv i redovisade indata.

Att använda samma indata för att beräkna samma hus i en jämförelse, antingen i ett programskede eller i ett uppföljningsskede är svårt då det ligger så mycket tolkning i hur redovisningen av använda indata sker för att kunna mata in dessa i de olika beräkningsprogrammen. Till exempel har några deltagare valt att redovisa all driftel som extern el, det vill säga att den ej tillför byggnaden något värmebidrag, vilket givetvis påverkar beräkningsresultatet. Ett scenario där man vill prova olika åtgärder för ett hus är också beroende av att driftel, exempelvis till belysning, är rätt redovisad för att rätt post ska kunna justeras i åtgärdsberäkningen. Driftel till tvättstuga ska enligt BBR inte ingå i den specifika energianvändningen, en viktig orsak till att i en beräkning kunna redovisa den separat. Det har endast 7 av 18 bidrag gjort.

Samma redovisningsproblematik återfinns för värmeförluster. Möjligen beror det på hur programmen redovisar, eller snarare hur resultatet tolkas av den som beräknat. Men även här kan missförstånd föreligga för vad som egentligen ingår i ett begrepp. Ventilationsförluster har en spridning där högsta värdet är ca fem gånger högre än lägsta värde, som verkar vara uppdelade i tre nivåer. En kommentar till ett av bidragen visar på att den högsta nivån för ventilationsförluster troligen beror på att värmeförlusten sedan redovisats utan värmeåtervinning. Vad som skiljer de övriga två nivåerna åt har inte kunnat utrönas.

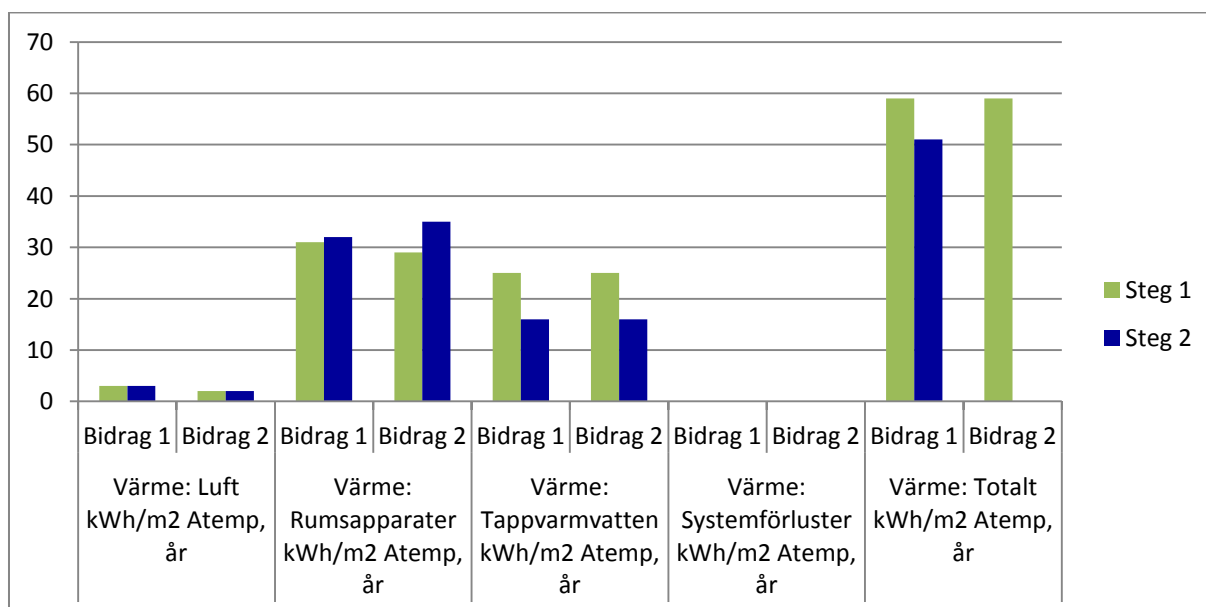
Även värmeförlusten via luftläckning skiljer sig mycket åt. Anmärkningsvärt är att det bidrag som redovisar lägst luftläckning som indata visar högst värmeförlust via luftläckning för steg 2. De tre bidrag som valt att inte ändra indata i steg 2 redovisar klart högre värmeförlust via luftläckning i båda stegen. En tredjedel av dem som valt att redovisa värmeförluster via luftläckning för båda stegen har, trots en minskad luftläckning som indata, fått högre värmeförlust via luftläckning för steg 2 än för steg 1. Det kan finnas

olika orsaker till detta, men i t.ex. VIP-programmets manual finns inte entydiga anvisningar hur luftläckningen ska matas in (höjden för byggnadsdelarnas högsta och lägsta otäthet).

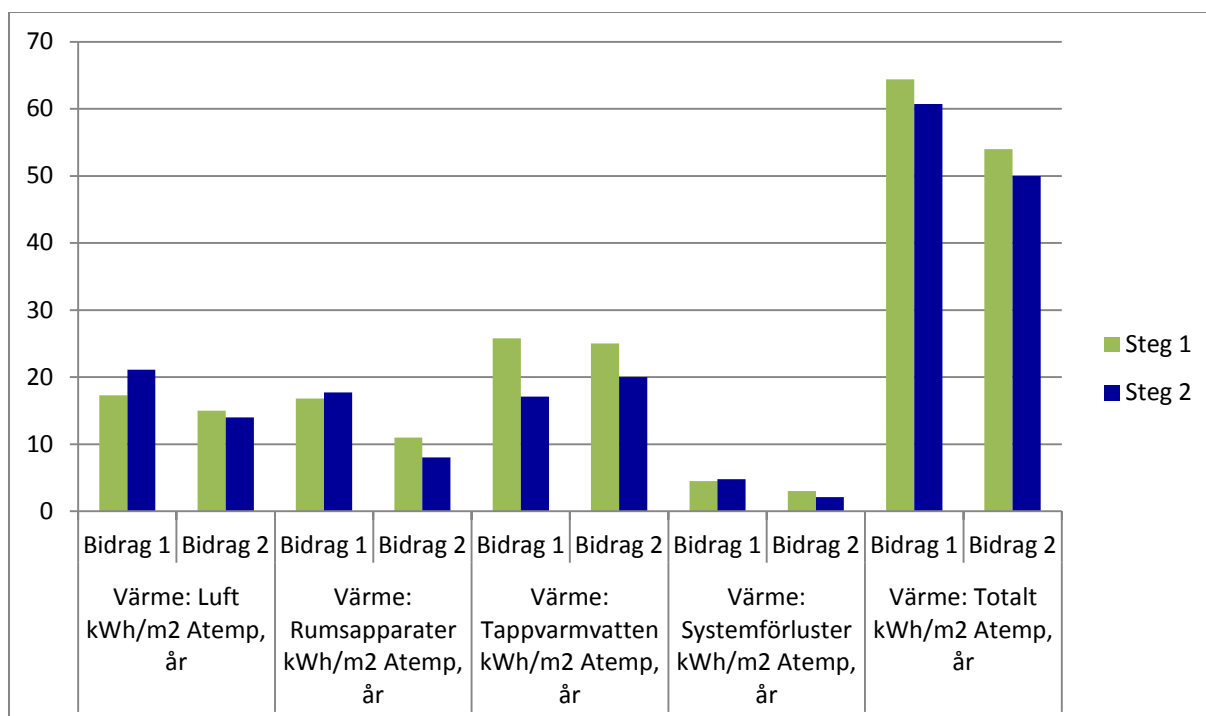
En gemensam definition för vad som ska ingå i redovisningen av olika värmeförluster tycks alltså behövas för att göra energiberäkningar mer tillförlitliga, inte minst som felsökningsredskap eller vid uppföljning av energianvändningen.

8.1.3 Samma användare av olika beräkningsprogram

I några fall har företag lämnat in flera beräkningar med olika program, vilket borde innebära att likvärdig inmatning utförts och att skillnader främst beror på programvarans olikheter i beräkningssätt och begränsningar i inmatningsrutinerna. Skillnaden mellan programmen BV2 och VIP, vilket visas i figur 20, är liten i detta fall. Skillnaden mellan IDA och Energy plus är större, nästan 20 % på totalt värmebehov, se figur 21. Eftersom endast två jämförelser finns med, är det svårt att dra några större slutsatser om beräkningsprogrammen av detta.

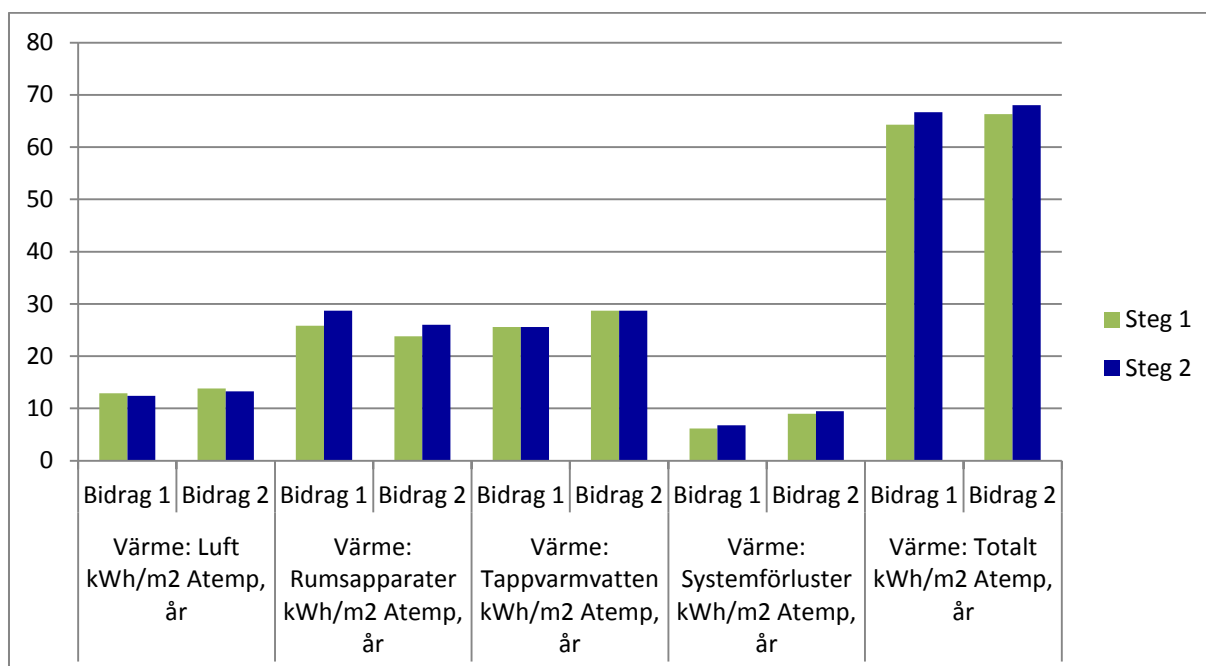


Figur 20. Jämförelse av beräkningsresultat mellan BV2 och VIP för olika delposter i värmebehovet.



Figur 21. Jämförelse mellan Energy Plus och IDA ICE för olika delposter i värmebehovet.

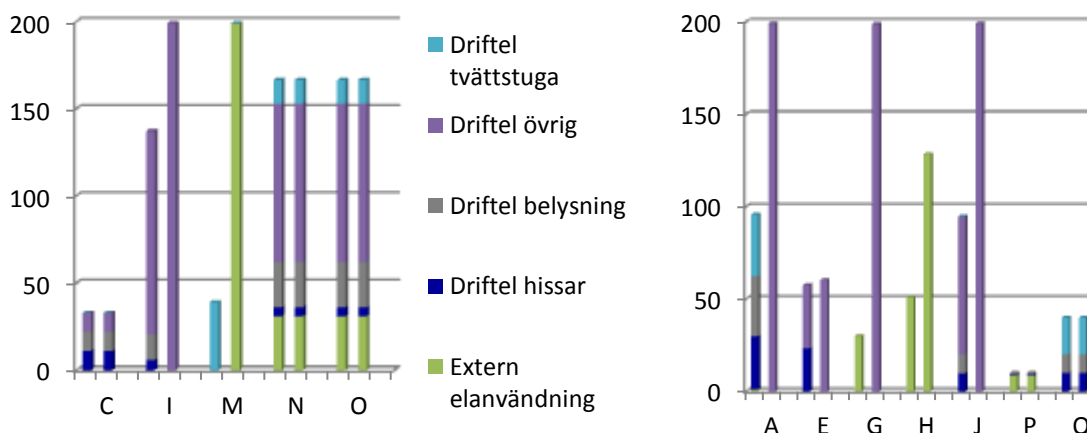
En deltagare lämnade in två olika IDA-beräkningar baserade på 2 respektive 157 temperaturzoner, se figur 22. I det senare fallet blir i princip varje lägenhet och utrymme egna zoner, vilka sedan läggs ihop för att få slutresultatet. Skillnaden mellan dessa beräkningar är mycket liten, vilket tyder på att resultatet av beräkningar i flerbostadshus inte vinner på en uppdelning i många zoner.



Figur 22. Två-zoners beräkning i IDA jämfört med en 157-zoners beräkning.

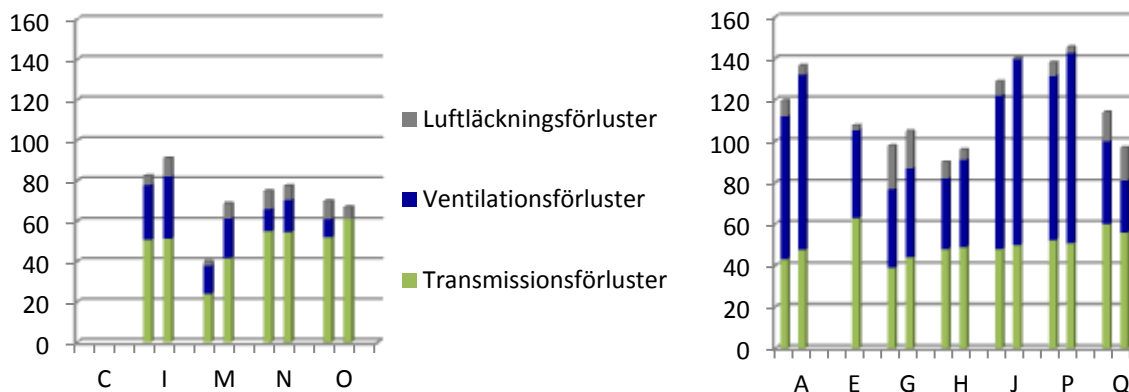
8.1.4 Olika användare med samma beräkningsprogram

För beräkningsprogrammen IDA och VIP har 5 respektive 7 bidrag lämnats in. Några utvalda in- och utdatavärden presenteras här. I figur 23 visas uppskattade indata för byggnadens driftel, vilken baseras på deltagarnas bedömningar av husets utrustning (exklusive fläktar och pumpar som behandlas separat i beräkningsprogrammen). Skillnaderna mellan deltagarna är mycket stora för bägge programmen, vilket också speglar olika tolkningar hur indatablanketten skulle fyllas i. I Svebys riktlinjer finns ett excelblad som vägledning för inmatning av driftel, vilket användes av en del deltagare.



Figur 23. Indata för driftel (MWh/år) för steg 1 och steg 2 för IDA (vänstra diagrammet) respektive VIP från de olika bidragen.

I figur 24 visas de olika deltagarnas beräknade värmeförluster. Förlustposterna varierar en hel del i storlek, som också tidigare visats i kapitel 6. Man kan också se att ventilationsförlusterna ibland är före återvinning och ibland efter.



Figur 24. Beräknade förluster i kWh/m² för steg 1 och steg 2 för IDA (vänstra diagrammet) respektive VIP. Observera skillnaden i skala på y-axlarna.

8.2 Uppmätta värden

Det visade sig bli stora problem med att få fram tillförlitliga uppmätta värden. Även av de värden som fastighetsägaren trodde var riktiga, visade sig flera vid en närmare granskning inte stämma.

Kallvattenvolymen togs från leverantörssiffror för år 2009 men mättes av fastighetsägaren under år 2010, vilket visade att leverantörssiffran var orimligt låg och troligen är ett uppskattat preliminärt värde och inte ett uppmätt.

De temperaturverkningsgrader som fastighetsägaren mätt upp visade sig vara grundade på momentanvärden som inte var representativa för hela uppvärmningssäsongens temperaturverkningsgrad. Ingen uppföljning på värmeåtervinningsaggregaten gjordes under 2009 och därför upptäcktes inte avfrostningsproblemen förrän året efter. Loggning av temperaturverkningsgrader under en vinterperioden gav en bra indikation på värmeåtervinningsaggregatets funktion och är dessutom en viktig indata för en pålitlig energiberäkning.

Enligt BBR ska den specifika energianvändningen inte omfatta energi som används utanför byggnaden. För att kunna redovisa rätt värden i uppföljningen av BBR-kravet, är det viktigt att veta hur mycket energi som går till gårdsbelysning, motorvärmare och externa förråd m.m. Fastighetsägaren hade i tävlingshusets fall inte några sammanställda uppgifter om hur mycket energi som förväntades gå till utvändiga installationer och inte heller några mätningar för att följa upp den externa energianvändningen. Ett annat problem var också att hushållselen till det gruppboende som finns i byggnaden redovisades ihopslagen med driftelen. Orsaken är troligen att fastighetsägaren betalar för båda abonnemangen och därför inte såg något behov av att särskilja mätarna. Ur uppföljningssynpunkt är det dock avgörande att skilja på byggnadens driftel och den el som går till verksamheter.

Den höga uppmätta energianvändningen berodde, förutom det som redan nämnts ovan, på stora kulvertförluster i den sekundära värmekulverten som var placerad i marken utanför byggnaden. Även om fastighetsägaren i det här fallet inte kan göra mycket åt den här förlusten i dagsläget, är det en viktig erfarenhet för kommande projekt.

9 Slutsatser

9.1 Energiberäkningar – rutiner och utförare

Det verkar behövas bättre kvalitetskontroll vid beräkningarna. En mycket viktig faktor för att erhålla en pålitlig beräkning är att ha väl utarbetade beräknings- och granskningsrutiner. Speciellt viktigt är detta för beräkning av areor från ritningsunderlaget, vilket är det mest tidsödande momentet och också det som är svårast att granska. Nästan alla deltagare fick följdfrågor där slarv upptäcktes eller förklaringar behövdes. Skulle en beställare frågat eller granskat med rimlig tidsinsats? En automatisering av areaberäkningen har varit på gång länge, men används fortfarande bara i blygsam omfattning.

Det är inte tillräckligt att ha ett validerat beräkningsprogram för att få ett trovärdigt beräkningsresultat. Det är uppenbart att operatören måste vara väl förtrogen med programmet. Alldeles för många direkta fel hos redovisade data har upptäckts och ofta tycks operatören inte haft känsla för storleksordningar på de utdata som presenterats.

Om krav på utbildning i programvaror alternativt certifiering av beräknare ska kunna ställas, måste också bra kurser i beräkningsmetodik och handhavande av de olika programmen tas fram.

9.2 Användning av Sveby-materialet och standardiserade indata

Även om Svebys anvisningar sägs följas så skapar många användare egna tolkningar. För att göra olika beräkningar jämförbara behöver Svebys anvisningar förtydligas samt ev. kompletteras med motiveringar och ytterligare anvisningar, så att en gemensam och tydlig indatastandard skapas. Den måste också anpassas bättre till olika datorprogramms in- och utmatningsrutiner. Detta gäller t.ex. tappvarmvatten med VVC och hur driftel tas fram och inmatas.

Redovisningen av energiförluster och tillskott behöver också likriktas, t.ex. om värmeförluster för ventilation ska redovisas med eller utan värmeåtervinning.

9.3 Energiberäkningsprogram

Olika energiberäkningsprogram har olika inmatningsrutiner och olika detaljeringsgrad och hänsyn till verklighetens förhållanden. Behovet av en enhetlig terminologi och redovisning av energibalansens olika delposter är mycket stort. Användningen av en enhetlig ordlista för beräkningsord, t.ex. en komplettering av Svebys ordlista, skulle underlätta en enhetlig användning av standardiserade data även om olika beräkningsprogram används. Vid jämförelse av redovisningar från deltagare som lämnat in fler bidrag med olika program, kan man dock få intrycket att redovisningen är mer knuten till personen än programmet. Detta är ytterligare ett argument för tydligare anvisningar och bättre utbildningar.

9.4 Uppmätta värden

Det behövs betydligt större noggrannhet och kontroll vid mätning av energianvändning. Vanliga debiteringsmätningar är i många fall olämpliga för att använda till verifiering av byggnaders energiprestanda. Ett bra mätsystem borde vara ytterst lönsamt för en fastighetsägare eftersom det då finns en god möjlighet att kontrollera att olika börvärden innehålls. Avvikelse innebär onödigt hög energianvändning eller felaktiga debiteringar. Det kan inte nog understrykas hur viktigt det är med en väl genomförd idrifttagning som säkerställer att huset fungerar som avsett vid årets olika uteklimat.

Dagens systemgränser i BBR gör att redovisningen innehåller många korrigeringar och osäkerheterna ökar därmed. Detta leder ibland till att redovisade energiprestanda är betydligt bättre än vad verkligheten visar vilket ger konsumenten en ofullständig bild och en dålig koppling till fastighetsägarens energikostnad. Detta ställer krav på en tydlig verifieringsmetodik.

Samma resultat verkar kunna redovisas på flera olika sätt, vilket kan få konsekvenser vid uppfyllande av avtalskrav m.m. Om resultatredovisningen ska vara underlag för en kontrollerande eller jämförande beräkning är entydighet i form av en standardiserad redovisning viktig.

Det var till största utsträckningen större skillnad mellan olika bidrag än mellan steg 1 och steg 2 för enskilda bidrag, vilket kan tyda på att beräknaren gör större skillnad än tillgång till uppmätta värden. Hur får man tillräckligt tillförlitliga uppmätta värden? De få mätpunkter som normalt används för uppföljning ger en otillräcklig bild av hur byggnadens olika delsystem fungerar. Dålig kontroll av uppmätta värden kan också ge skeva referensramar för vad som är rimliga värden.

9.5 Säkerhetsmarginaler, spridning och precision?

Hur detaljerade behöver datormodellerna och datorprogrammen vara och hur mycket behöver indata delas upp i olika tidssteg och zoner? Beräkningarna måste enligt BBR innehålla tillräckliga säkerhetsmarginaler så att kraven uppfylls. När vi går mot allt lägre energianvändning i nya byggnader kommer marginalerna för fel att krympa. Beräkningarna avser oftast bara byggnadens årliga energiprestanda och alla förhållanden är inte kända när energiprognozen görs. Dessutom tillåts i BBR att korrigera för olika parametrar i brukandet, förutsatt att man har skaffat sig tillräckligt underlag för att bedöma inverkans storlek.

Spridningsmåttet för de olika deltagarnas beräkningar är ca 11 % av energiprestandavärdet och ca 16 % av värmebehovet. Skillnaderna mellan högsta och lägsta värde är betydligt större. Det är inte troligt att vi kan förvänta oss bättre prognoser än med 10 % marginal utan att ha uppmätta värden att kalibrera beräkningen emot.

Precisionen på beräkningarna jämfört med det uppmätta värdet blev inte bra i detta fall, eftersom byggnadens egenskaper inte uppfyllde förväntade värden. Däremot blir de beräknade värdena ett mål att sträva efter för driftspersonalen som arbetar med att trimma in byggnadens system.

10 Bilagor

1. Bilder på tävlingshuset
2. Tävlings-PM
3. Indata-utdata-mall steg 1
4. Handlingsförteckning
5. Instruktioner och mätdata steg 2
6. Indata-utdata-mall steg 2
7. Rapport kv Kansliet felsökning 11-02-24
8. Sammanställning av beräkningsresultat
9. Vägen till korande av vinnare