

Metodik för byggentreprenören att kvalitetssäkra byggnadens energieffektivitet

Thomas Olofsson, Ingrid Allard, Anders Åstrand

2016-09-01

FÖRORD

I denna förstudie redovisas en undersökning av möjligheter för byggtreprenörer att kvalitetssäkra byggnadens energieffektivitet. Finansiär har varit SBUF (proj ID-13120) samt deltagande företag. Projektet påbörjades i augusti 2015 och slutrapporterades i september 2016. Sökande för projektet är NCC Construction Umeå. Det löpande arbetet och slutrapporteringen har huvudsakligen bedrivits av Ingrid Allard, Anders Åstrand och Thomas Olofsson på Umeå universitet. I projektets styrgrupp deltog: Anders Frohm NCC, Johan Hallberg och Christer Johansson Sveriges Byggindustrier, Susanne Hallberg PEAB, Joakim Andersson HSB, Jennifer Forsell Riksbyggen, Berndt Elstig AB Bostaden, Erik Eklund Umeå kommun och Thomas Olofsson Umeå universitet, som också varit sammankallande. Vid styrgruppsmötena adjungerades Ingrid Allard och Anders Åstrand från Umeå universitet. Ett större antal deltagare från byggbranschen i Umeå har svarat på enkäter, deltagit och bidragit i de två workshops, samt på olika sätt delat med sig av kunskap och erfarenheter vid träffar och platsbesök på företagen.

Ett stort tack riktas till alla som bidragit till genomförande av projektet.

Thomas Olofsson

Umeå i september 2016

SAMMANFATTNING

Den klimatproblematik som världen står inför är starkt kopplad till energianvändningen. Inom byggsektorn, med 40% av den totala slutanvändningen, finns det en oerhörd potential att göra skillnad. I Sveriges så har Boverket utformat regelverk för att styra utvecklingen av byggbranschen, med byggtreprenörerna som viktiga nyckelaktörer, mot ökad energieffektivitet. För en byggtreprenör är det visserligen nödvändigt att producera byggnader som uppfyller de krav som Boverket byggregler (BBR) föreskriver, men i ett avtalsrättsligt sammanhang är det också viktigt att särskilja dessa myndighetsdirektiv från de tekniska parametrar som byggtreprenören påverkar. Den specifika energianvändningen i BBR omfattar ju samtidigt den tekniska prestandan i form av byggnadsskalets täthet, UA-värde och installerade komponenters energieffektivitet som entreprenören kan påverka i byggskedet och den brukarrelaterade energianvändningen som kan styras i förvaltningsskedet.

Allteftersom kraven på byggnadernas energiprestanda ökar så blir det allt viktigare att kraven är utformade på ett sätt som verkligen återspeglar det som byggtreprenören kan påverka och följa upp. I det perspektivet är förliggande förstudie initierad och genomförd.

Förstudien hade som syfte att jämföra och visa på behov av nya beräknings- och uppföljningskriterier, som ska vara tillämpbara när en byggtreprenör ska utlova energiprestanda på en byggand. Kriterierna förväntades vara både enkla att beräkna i projekteringsskedet och enkla att följa upp i driftskedet. Avgränsningen i denna studie var flerfamiljshus.

Studien genomfördes som två delstudier. Den första delstudien omfattade en kvantitativ undersökning av känsligheten hos sex indikatorer med 15 parametrar, som alla påverkar byggnadens energiprestanda. Denna jämförelse gjordes med hjälp av en fallstudie av ett väldokumenterat och mätt flerfamiljshus.

Den andra delstudien var kvalitativ och baserades på en enkätundersökning. Enkäten besvarades av experter med erfarenhet av upphandlingsprocessen och hade fokus på sådana resultatindikatorer som används för att ställa krav på energiprestandan i tidiga skeden. Resultaten av experternas svar analyserades med en metodik som kallas Delphi. Den användes för att urskilja deltagarnas kollektiva åsikt.

Den kvantitativa studien visade på ett antal energinyckeltal som har stor betydelse. Byggnadsskalets lufttäthet och installationernas SFP-värde hade signifikans, vid sidan av U-värdet. Den kvantitativa studien visade också på att det kan vara problematiskt att analysera byggandens förslustfaktor baserat på köpt energi. Analysen blir mindre känslig med nettoenergi. Konsekvensen blir att det föreligger en problematik med det mått på specifik energi, baserat på köpt energi, som finns i BBR.

I den kvalitativa studien uppvisade experterna stor enighet om att överlämnandet var den bästa tiden för utvärdering av byggandens energiprestanda och att den skulle baseras på mätningar. Experterna var också eniga om att ett betydande problem med kraven i BBR är att de boende har inverkan på specifika energin som ska följas upp. Det utgör också en stor risk för skevhet i ett

uppföljningsskede. Det uttrycktes en oro för att den skevheten kan gynna oseriöst beteende i branschen. Experterna visade stor enighet om att byggnadsskalets prestanda är det som byggnadsentreprenören kan påverka och att således U_m -värdet och U -värdet är viktiga energinyckeltal, men också lufttätheten ansågs vara betydelsefull.

Sammanfattningsvis så visade förstudien dels att kraven på energieffektivitet i BBR är betydelsefulla vid upphandling och dels att det finns ett stort behov av alternativa uppföljningskriterier. Det är avgörande att sådana nya nyckeltal också är utformade så det har relevans både med avseende på vad som ska mätas och till ansvarfrågan, som blir aktuell då det finns avvikelser. I en nära framtid med ännu mer energieffektiva krav så kommer den problematiken att bli allt mer påtaglig.

Föreliggande förstudie har varit begränsad till att undersöka sådana uppföljningskriterier som ska vara tillämpbara när en byggtreprenör ska utlova energiprestanda på en levererad byggnad. För att sådana kriterier ska kunna tillämpas i praktiken så krävs det att de testas i ett byggprocessperspektiv. För att kunna gå vidare med föreliggande studie så är det önskvärt att få möjlighet att simulera ett antal upphandlings-case baserat på de förslag på kompletterande krav som identifierats i denna studie. Målsättningen skulle vara att skapa en säkrare uppföljning, som minskar den ekonomiska risken som följer av avvikelser utanför byggtreprenörens rådighet, samt möjligöra en ökad kundnöjdhet.

Innehåll

1. PROJEKTETS BAKGRUND	5
1.2. PROJEKTETS SYFTE.....	6
2. PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	6
2.1. BESTÄMNING AV ENERGIPRESTANDA.....	6
2.2. VÄRDERING AV BERÄKNINGS- OCH UPPFÖLJNINGSMETODER	7
2.3 SAMMANSTÄLLNING, SLUTREDOVISNING OCH RAPPORTERING:	7
3. ÖVERGRIPANDE RESULTAT	8
4. ÖVERGRIPANDE SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE.....	9
DEL STUDIE 1(2): UNDERSÖKNING AV BERÄKNINGS- OCH UPPFÖLJNINGSKRITERIER BASERAT PÅ ETT REFERENSOBJEKT	10
INTRODUKTION.....	10
METOD.....	10
RESULTAT.....	13
SLUTSATSER OCH FRAMTIDA ARBETE	18
DELSTUDIE 2(2): ENKÄTUNDERSÖKNING MED AVSEENDE PÅ INDIKATORER SOM ANVÄNDS FÖR ATT STÄLLA KRAV PÅ ENERGIPRESTANDAN I UPPHANDLINGSPROCESSEN	19
INTRODUKTION.....	19
METOD.....	20
RESULTAT.....	22
SLUTSATSER OCH FRAMTIDA ARBETE	23
LITTERATURFÖRTECKNING	23
BILAGA: SAMMANSTÄLLNING AV INLÄMNADE ENKÄTSVAR	24

1. PROJEKTETS BAKGRUND

Samtidigt som världens resurser av fossila bränslen förbrukas i allt högre takt så stiger temperaturer på jorden och klimatet ändras. Stora ansträngningar görs för att minska klimatändringen. På EU-nivå så har en lång rad mål ställts upp för att vända utvecklingen. Ett sådant är det så kallade 2020-målet som innebär att minska växthusgaserna med 20%, öka användningen av av förnybara energilag med 20% och öka energieffektiviseringen med 20%, allt innan 2020. Bebyggelsens andel av energianvändningen är betydande och för att nå 2020-målet så krävs stora insatser i just den sektorn. I Sverige är energianvändningen i byggsektorn uppskattad till ca 40% och det är ett förhållande som är generellt inom EU. På den nivån så premieras målet att konvertera bebyggelsen till nära-nollenergihus. Från svenskt myndighetsperspektiv har Boverket ett stort ansvar för se till att landet följer utvecklingen i EU. Boverkets byggregler (BBR) är ett av Boverkets viktigaste instrument för att styra energianvändningen i bebyggelsen. I BBR finns ett flertal energieffektiviseringskriterier som nyproducerade byggnader måste uppfylla. Det kriterium som fått stor betydelse är den så kallade specifika energianvändningen. Den definieras som summan av köpt energi för uppvärmning, varmvattenproduktion och fastighetsel, minus eventuell fastighetsnära solelproduktion, normerat med den golvarea som är uppvärmd över 10°C, $A_{temp} \cdot [1]$

Beräkningar av byggnadens specifika energianvändning efterfrågas vid handläggning av bygganmälan till kommunen. Det kriteriet är framtaget som ett styrinstrument för att leda energieffektiviseringen av landets bebyggelse i en önskad riktning. Eftersom det för närvarande inte finns så många vedertagna alternativa metoder att värdera byggandens energiprestanda så blir ofta byggnadens specifika energianvändning vägledande och av stor betydelse i samband med överlämnandet av ett färdigproducerat hus, från en byggtreprenör till en beställare. Detta trots att alla parter vet att specifik energianvändning är framtaget som ett nationellt styrmedel och inte för att avspegla byggtreprenörens ansvar, dvs byggnadsskalets energiprestanda.

Ofta görs ingen ordentlig uppföljning av byggnadens energiprestanda, vilket innebär att man då inte vet om den beräknade specifika energianvändningen stämmer med verkligheten. Men när det har följts upp har det ofta visat sig att beräknad och uppföljd specifika energianvändningen avviker betydligt. Det är inte ovanligt att uppföljt värde överstiger beräkningen med 30%. Det visar sig att ansvaret för avvikelsen ofta är svårt att fastställa. En del av problematiken bottnar i att den mätta specifika energianvändningen beror av både teknisk prestanda och brukarnas inverkan, där brukarinverkan är svår att hantera. Något som ytterligare komplicerar det hela är att ju mer energieffektiva byggnaderna blir desto större blir brukarnas inverkan på den specifika energianvändningen.

För en byggtreprenör är det är visserligen nödvändigt att producera byggnader som uppfyller de systemparametrar som Boverkets föreskriver, men i ett avtalsrättsligt sammanhang är det viktigt att särskilja dessa myndighetsdirektiv från de tekniska parametrar som byggtreprenören påverkar. Den specifika energianvändningen i BBR omfattar ju samtidigt den tekniska prestandan i form av byggnadsskalets täthet, UA-värde och installerade komponenters energieffektivitet som entreprenören kan påverka i byggskedet och den brukarrelaterade energianvändningen som kan styras förvaltningskedet.

För att byggtreprenören ska ges förutsättningar att leverera en byggnad med efterfrågad energieffektivitet så behövs energieffektiviseringskriterier som speglar den del av prestandan som vederbörande kan påverka. Det var den problematiken som behandlades i föreliggande projekt.

1.2. Projektets syfte

Projektet hade som syfte att jämföra och visa på behov av nya beräknings- och uppföljningskriterier som ska vara tillämpbara när en byggtreprenör ska utlova energiprestanda på bygganden som tekniskt system till en beställare. Kriterierna förväntades vara både enkla att beräkna i designskedet och enkla att följa upp i driftskedet. Avgränsningen i denna studie var flerfamiljshus.

2. PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

Projektet bestod av tre delar. Den första delen handlade om att bestämma hur en relevant energiprestanda skulle kunna beskrivas. Den skulle både ha bäring till ett avtal mellan utförare och kund i byggprocessen och samtidigt ha en energiteknisk relevans. Den andra delen handlade om att utveckla en grund för beräkning och uppföljning. Slutligen, i tredje delen, ingick slutredovisning och rapportering. I detta avsnitt redovisas översiktligt hur de tre delarna genomförts. Mer detaljerade beskrivningar av metodiken återges i delstudierna 1 och 2.

2.1. Bestämning av energiprestanda

Processen för bestämningen av en relevant energiprestanda inbegriper två steg. Först togs det fram ett underlag. Det underlaget behandlades på en Workshop (Workshop I) med deltagare från både byggindustriföretag, konsulter, beställare, myndigheter och universitet.

Syftet med Workshopen var att, med stöd av den problematisering av energiprestanda som presenterades, värdera och prioritera alternativ för beskrivning av byggnaders tekniska energiprestanda. Värderingen baserades på användbarhet i avtal mellan byggtreprenör och beställare.

Konkret bestod det underlag som togs fram till Workshop I av en sammanställning av hur energiprestanda utlovas i branschen. Särskilt problematiserades specifik energianvändning baserat på att:

- Enbart en del av energianvändningen återspeglas.
- Den speglar köpt energi och inte använd energi
- Den normalisering som nu görs med A_{temp} innebär att enbart en delmängd av energin normeras med hela arean

Undersökningen gjordes på ett referensprojekt med tillgång till dokumenterade mätdata och byggnadsdata. Mätta data kunde användas tillsammans med resultat från simuleringar. Referensprojektet var väl dokumenterat och undersökt i tidigare undersökningar i forskningsprojekt vid Umeå universitet och beskrivs närmare i delstudie 1.

2.2. Värdering av beräknings- och uppföljningsmetoder

Målet med den här delen var att utveckla mer kunskap om de beräknings- och uppföljningsmetoder för energiprestanda som tidigare identifierats (dvs i Workshop 1). Ett underlag med förslag på beräknings och uppföljningsmetoder togs fram och bearbetades i Workshop 2.

Syftet med Workshop 2 var att värdera och prioritera beräknings- och uppföljningsmetoder.

Olika beräknings- och uppföljningsmetoder för att värdera energiprestandan presenterades, analyserades och diskuterades med deltagare från både byggindustriföretag, konsulter, beställare, myndigheter och universitet. Den metodik som valdes för analysen kallas för Delphi och beskrivs närmare i delstudie 2.

2.3 Sammanställning, slutredovisning och rapportering:

En viktig del med projektet var kommunikation av resultaten. Syftet har varit att nå både företrädare från byggindustriföretag, konsulter, beställare, myndigheter, universitet och högskolor. Förutom spridning av resultaten till deltagande företag och sammanställning av föreliggande rapport så har resultaten också kommunicerats på seminarier och i presentationer i olika sammanhang. Till det så ska det nämnas att den vetenskapliga delen av projektet ingått som en delmängd i ett pågående doktorandprojekt vid Umeå universitet som bedrivs av Ingrid Allard. Resultaten kommer således också utgöra en del av hennes doktorsavhandling, som ska publiceras under 2017.

3. ÖVERGRIPANDE RESULTAT

Undersökningen hade som mål att fastställa vilka indikatorer är mest lämpliga för att ställa sådana krav på energiprestanda för flerfamiljshus som efterfrågas vid upphandling av de berörda parterna i byggprocessen (t.ex. byggföretag, fastighetsförvaltare och kommun).

Undersökningen baserat på nedanstående två frågeställningar:

(A) Utifrån sju identifierade indikatorer undersöktes känsligheten för förändringar av klimat/klimatskalet/teknisk installationer/drift/ de boendes beteende

(B) Vilka är de största problemen med de nuvarande kraven på byggnaders energiprestanda i upphandlingsprocessen? Hur bör kraven på byggnadens energiprestanda fastställas och verifieras i upphandlingsprocessen?

Den första delen av studien (A) utgjordes av en kvantitativ studie. Känsligheten hos sex indikatorer till 15 parametrar som påverkar byggnadens energiprestanda jämfördes. Denna jämförelse gjordes med hjälp av en fallstudie av ett flerfamiljshus.

Den andra delen (B) var en kvalitativ enkätstudie. Den besvarades av experter med erfarenhet av upphandlingsprocessen och hade fokus på sådana resultatindikatorer som används för att ställa krav på energiprestandan i upphandlingsprocessen. Resultaten av detta analyserades med en metodik som kallas Delphi. Den användes för att urskilja deltagarnas kollektiva åsikt.

Baserat på simuleringsdelen av undersökning framkom det att indikatorn som värderar byggnadsskalets luftläckage skulle kunna vara befogad att användas som ett komplement till indikatorer som inte påverkas av luftläckaget, t.ex. den genomsnittliga U-värde, samt att den specifika fläkteffekten SFP. När beräkningen av förlustfaktorn, F, baserat på tillförd energi, så visade den sig vara mycket känslig för utförandet av de tekniska installationerna. Ett sätt att hantera problematiken kan vara att istället utgå från nettoenergin.

De inbjudna experterna belyste problematiken ur ett kompletterande perspektiv. De var tydligt att de ansåg att BBR i sin nuvarande form är problematisk ur konkurrens och kvalitetshänseende. Experterna framhöll att byggtreprenörernas fokus låg vid att säkerställa byggnadskonstruktionens prestanda och inte systemet byggnad, installationer och brukarna. De mest betydelsefulla parametrarna anses vara U_m -värdet och U-värdet för olika parametrar.

Resultaten redovisas mer i detalj i delstudie 1 och delstudie 2.

4. ÖVERGRIPANDE SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE

Undersökningarna som gjordes med simuleringar på referensbyggnaden visade på betydelsen av att värdera byggnadsskalets luftläckage och att skulle kunna vara befogad att använda den prestandan som ett komplement till indikatorer som föreskrivs i BBR. Det kan betraktas som en viktig faktor vid överlämnandet. Undersökningen visar också att den specifika fläkteffekten SFP är en betydelsefull kompletterande indikator på installationernas prestanda, vilket då kan få utgöra en särskild del med koppling till installationsentreprenaden. Förlustfaktorn, F, framstår som ett signifikant prestandamått på byggnadens prestanda om analysen ska baseras på mätta data. Undersökningen visar att det finns skäl att förordas att mätta data på energianvändningen används och att det kan vara av värde att använda nettoenergin vid en analys av t.ex. F.

Den kvalitativa undersökningen med experter från byggbranschen visade på en serie problematiska aspekter av att använda köpt energi enligt BBR för att mäta byggandets energiprestanda. Störst betydelse ansågs vara att hårda krav på energiprestanda och eventuellt vite blir riskabelt med anledning av att det inte är möjligt att påverka alla faktorer för analysen. Beträffande osäkerhet och ansvar så ansågs enligt experterna köpt energi i allt för hög grad påverkas av brukarnas beteende. För uppföljning av köpt energi, enligt BBR, så framhölls i första hand att problematiken med att konkurrensen vid upphandling blir snedvriden. Erfarenheten visar att när prestandamått beror av sådant som ligger utanför ansvaret så blir det svårt att visa orsaken till avvikelser. Experterna såg också en problematik i att värmekällans och värmesystemets effektivitet påverkar mängden köpt energi. Principiellt ansågs det som mest logiskt att byggnaderna skulle utvärderas vid överlämnandet och att byggnadsskalets prestanda var det primära. Experterna uttryckte i det perspektivet en stor tilltro att använda U_m -värdet och U-värdet som indikatorer på energiprestanda.

Det genomförda projektet visade på att det finns orsak att ytterligare undersöka konsekvensen av att ändra formfaktorn men inte storleken på byggnaden. Ett annat förslag på fortsatt arbete är att ytterligare undersöka metoder att använda nettoenergi istället för köpt energi i vid uppföljningar baserat på mätta data. Ansvarsfrågan vid uppföljning är också något som kan vara viktigt i en fortsatt studie.

DEL STUDIE 1(2): UNDERSÖKNING AV BERÄKNINGS- OCH UPPFÖLJNINGSKRITERIER BASERAT PÅ ETT REFERENSOBJEKT

Introduktion

Första delen av studien omfattade en undersökning av ett referensprojekt. Det genomfördes för att fastställa vilka indikatorer som är mest lämpliga för att följa upp de krav på energiprestanda för flerfamiljshus som efterfrågas av de berörda parterna i byggprocessen (t.ex. byggtreprenörer, fastighetsförvaltare och kommun).

Problematiken undersöktes baserat på nedanstående två frågeställningar: Vilka är de största problemen med de nuvarande kraven på byggnaders energiprestanda i upphandlingsprocessen? Hur bör kraven på byggnadens energiprestanda fastställas och verifieras i upphandlingsprocessen?

Metod

Studien baseras på en kvantitativ metodik. Avsikten var att jämföra känsligheten hos 15 parametrar som påverkar byggnadens energiprestanda. Denna jämförelse gjordes med hjälp av en ett referensobjekt.

Referensobjektet var ett flerfamiljshus med fyra lägenheter. Med tillgång till ritningsunderlag och uppgifter från byggföretaget beräknades den uppvärmda golvytan till 1495 m². Byggnaden värmdes med fjärrvärme och ventilerade med ett FTX-system där värmeväxlaren hade temperaturverkningsgraden 80%. Byggnadens U-värden uppskattades till 0,127 W/m²K för väggarna, 0,081 W/m²K för taket, 0,238 W/m²K mot mark, och 1,2 W/m²K för fönstren. Byggnaden hade också en hiss, som antogs använda 50 kWh per lägenhet och år (det antagande bygger på resultat från MEBY-projektet) [2]. Byggnaden antogs också ha tre ljuspunkter på bottenvåningen och två på övriga plan, om 25 W vardera.

Klimatdata baserades på insamlade tillgängliga medeldata från tidsperioden 1961-1990. Byggnadskalet luftläckage vid 50 Pa varierades symmetriskt runt 0,6 l/sm². Byggnadens formfaktor varierades genom att ändra golvytan med bibehållen konstruktion och design. För att undersöka mer extrema variationer undersöktes två scenarior. Det första scenariot hade 3 våningar, 17 lgh och 30 boende, 1167 m² uppvärmd golvyta, 0,29 W/m²K och det andra scenariot hade åtta våningar, 47 lgh och 82 boende, 2807 m² uppvärmd golvyta, 0,35 W/m²K,

Den genomsnittliga U-värdet varierades från 0,4 W/m²K, som är det högsta genomsnittliga U-värdet som tillåts i BBR och 50 % av detta krav. Areaförhållandet fönsterytan/golvyta varierades med 10%, som motsvarar den rekommenderade minsta procentandelen i BBR och dubbla den rekommendationen. Den specifika fläkteffekten (SFP) varierades symmetriskt med 25%, dvs med ca 2 kW/m³s. Verkningsgraden för ventilation värmeåtervinning varierades symmetriskt för

scenariot så att det lägsta värdet blev 70%, vilket är den rekommenderade minsta temperaturverkningsgraden i BBR. Förutom fjärrvärme i basscenariot undersöktes ytterligare fyra värmekällor. En kombination av fjärrvärme och 60 m² solfångare testades. För att studera alternativ av solpaneler som skulle ha störst inverkan på den specifika tillförd energi så valdes solfångare med verkningsgraden 75%. Värmepumpar var ett annat alternativ som undersöktes. Vald värmepump hade en COP faktor på 5 för uppvärmning och 3 för tappvarmvatten. En pelletspanna med en verkningsgrad på 70% testades och slutligen undersöktes ett alternativ med en naturgaspanna med en verkningsgrad på 90%.

Genomförda beräkningar baserades på ett litet undertryck i huset, för att undvika fuktproblem. Ventilationshastigheten varierades symmetriskt vid 0,35 l/sm², i enlighet med BBR. Inomhustemperaturen varierades symmetriskt 22 ± 1 °C. Parametrarna energi för hushållsapparater, energi för tappvarmvatten, antal boende, och vädring varierades symmetriskt med standardiserade ingångsvärden för energiberäkningar enligt SVEBY [3]. De två första parametrarna varierades 20-30%, baserad på de standardiserade värden som används för dessa parametrar i byggnormerna i Norge och Finland. Den andra två varierades 50%, enligt standardiserade ingångsvärden från SVEBY [3]. Vidare antogs att 70% av den energi som används av hushållsapparater och 20% av den energi som används för tappvarmvattenberedning blev internvärme. De boende antogs avge 80 W per person under 14 h/dygn. En sammanställning återges i Tabell 1.

Tabell 1. De 15 parametrar som testades för referensbygganden. Värden för grundscenariot i fetstil och variationer i kursiv stil, följt av "b" när de används i bästa fall och med "w" en när de används i värsta fall-scenario.

	Parameters	Variations
External conditions	Climate data	<i>Average Umeå 2000-2009</i>
		Average Umeå 1961-1990
Building envelope	Envelope air leakage @ 50 Pa [l/sm _{env} ²]	<i>0,9^w</i> 0,6 <i>0,3^b</i>
	Form factor (A_{env}/V)	<i>0,52^w (3 floors)</i> 0,47 (4 floors) <i>0,39^b (8 floors)</i>
	Average U-value [W/m ² K]	<i>0,40^w</i> 0,31 <i>0,20^b</i>
	Window/floor area [%]	<i>20^w</i> 16 <i>10^b</i>
Technical installations	SFP [kW/(m ³ /s)]	<i>2,5^w</i> 2,0 <i>1,5^b</i>
	Ventilation heat recovery efficiency [%]	<i>90^b</i> 80 <i>70^w</i>
	Heating system	<i>Heat pump^b (HP)</i> <i>District heating & 60 m² solar panels (DH+S)</i> District heating (DH) <i>Natural gas boiler (NGB)</i> <i>Pellet boiler^w (PB)</i>
Operation	Supply/exhaust airflow balance	<i>Supply air rate 105% of exhaust air rate^w (SAR 95%)</i> Balanced supply- and exhaust air rates^b <i>Supply air rate 95% of exhaust air rate (SAR 105%)</i>
	Ventilation rate [l/sm ²]	<i>0,45^w</i> 0,35 <i>0,25^b</i>
	Indoor temperature [°C]	<i>23^w</i> 22 <i>21^b</i>
User behaviour	Energy for household appliances [W/m ²]	<i>4,4^b (4,95 ac. Norway build. code)</i> 3,4 <i>2,4^w (2,6 ac. Finland)</i>
	Energy for domestic hot water [kWh/m ² year]	<i>30^w (35 ac. Finland)</i> 25 <i>20^b (20 ac. Norway)</i>
	Nr of occupants	<i>60^b</i> 40 <i>20^w (26 ac. Finland)</i>
	Airing [l/sm _{env} ²]	<i>0,75^w</i> 0,50 <i>0,25^b</i>

Ett antal "bästa" - och "värsta" scenarior studerades också. Undersökningen baserades på de fyra grupperna av parametrar som är relaterade till (1) klimatskalet, (2) de tekniska installationerna, (3) drift, och (4) boendes beteende, se Tabell 1. Parametrarna i varje grupp varierades var för sig, för att bestämma deras kombinerade effekt på indikatorerna. Dessutom studerades ett bästa och värsta fall i vilka parametrarna för både drift och boendes beteenden varierades till sina ytterligheter. Det gjordes för att bestämma deras kombinerade effekt på de studerade indikatorerna.

De två indikatorerna för energiprestanda och U-värdet utvärderades med hjälp av det dynamiska simuleringsverktyget IDA ICE. Det har utvecklats av det svenska företaget EQUA och är väl använt ofta i Sverige. IDA ICE har validerats med avseende på både CEN- och ASHRAE standarder och visat sig fungera väl. VFT utvärderades med hjälp av beräkningsmetoder och ekvationer som definieras av Feby [4]. F utvärderades med användning av en linjär regressionsmetod, energisignaturmetoden. Energisignaturmetoden är en etablerad och tidigare väl studerad metod och har också varit föremål för en undersökning i ett annat projekt som inom ramen för SBUF [5]. I föreliggande studie undersöktes en tre månaders period kring vintersolståndet. Energianvändningen plottades mot temperaturskillnaden mellan inomhus- och utomhusbruk. Förlustfaktorn F avlästes sedan som lutningen. Byggnadsskalets lufttäthet utvärderades baserat på konstruktionsdata. Utvärderingsmetoder kommer inte att beskrivas ytterligare här. Läsare som är intresserade av en detaljerad beskrivning av IDA ICE hänvisas till [6] och för läsare som är intresserade av en ytterligare beskrivning av energisignaturmetoden rekommenderas [7].

Resultat

I basscenariot antogs att den genomsnittliga U-värdet för referensbyggnaden vara $0,307 \text{ W/m}^2\text{K}$, den specifika energianvändningen $61,8 \text{ kWh/m}^2$, VFT $21,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, F $15,0 \text{ kWh/}^\circ\text{C}$, och att byggnadsskalets hade luftläckaget $0,60 \text{ l/sm}^2$. Avvikelserna för grundscenariot med de sex indikatorerna när parametrarna varierades, presenteras i tabell 2 .

En varmare medeltemperatur utomhus resulterade i ett lägre värde för de två energiindikatorerna, medan en kallare medeltemperatur utomhus resulterade i ett lägre värde för F.

Ett högre luftläckage resulterade i högre värden för båda energiindikatorerna (specifika tillförda- och nettoenergi), VFT och F. Maximala krav på dessa indikatorer skulle därför främja lägre luftläckage för byggnadsskalet. Likaså kunde högsta krav på den genomsnittliga U-värde, på både energiindikatorerna, VFT, och F främja en låg andel fönsteryta per golvyta. Krav på specifik tillförd energi, specifik nettoenergi och VFT visade sig främja byggnader med mindre formfaktor, medan den genomsnittliga U-värde och F visade sig främja byggnader med större formfaktor. F var den mest känsliga för förändringar i den formfaktorn. Krav på F främjade en mindre formfaktor ($0,52 = 0,7\%$, $0,39 = 1,1\%$).

Höga krav på båda energiindikatorerna, VFT, och F främjade en högre verkningsgrad på ventilationsvärmexlaren. När värmexlarens verkningsgrad varierades i kombination med användning av avfrostning visade det sig att en högre verkningsgrad resulterade i ett högre F när

avfrostningen användes (90% = 6,7%, 70% = -7,6%), i stället för ett lägre F som var fallet när avfrostningen inte användes. Krav på båda energiindikatorerna visade sig främja en högre effektivitet av ventilationsfläktarna (SFP). Ändrad värmeförsörjningen påverkade endast den specifika tillförda energin och F. Krav på den visade sig främja värmesystem med högre effektivitet, i detta fall främjades värmepumpar och fjärrvärme före pellets- och gaspannor. Eftersom energi från solpaneler inte ingår i den specifika tillförd energi enligt definitionen i BBR, kunde kraven på specifik tillförda energi främja användningen av solfångare mer än F. F påverkades mest av förändringar i värmesystemet eftersom det har beräknats baserat på den simulerade tillförda energin. Om energisignaturen istället gjordes baserat på den simulerade nettoenergin, påverkas F inte alls av förändringar i värmesystemet.

Obalanserade ventilationsströmmar resulterade i högre värden för de energiindikatorerna, eftersom ventilationsluftflöde genom värmeväxlaren reduceras. De två indikatorerna energi och F var mer känsliga för större tillufts- än frånluftflöden. Med ett större tillufts- än frånluftflödet påverkades F mest av de sex indikatorerna, medan övriga endast marginellt påverkades av mindre tillufts- än frånluftflöde. Ekvationerna som används för att beräkna VFT tar inte hänsyn till den reducerade luftflödet genom värmeväxlaren, men byggnadsskalets luftläckage minskar när luftflödena är obalanserade, vilket resulterar i en lägre VFT. Krav på de två energiindikatorerna, VFT och F visade sig främja en lägre ventilationshastighet. Krav på de två energiindikatorerna och VFT visades också att främja en lägre inomhustemperatur. Krav på de två energiindikatorerna och F visade sig främja en ökad användning av energi för hushållsapparater, ett större antal boende och mindre vädring. De två energiindikatorerna och F visade sig var mest känsliga för minskningar av antalet boende. Krav på de båda energiindikatorerna visade sig främja en lägre energianvändning för tappvarmvattenberedning. En sammanställning av resultaten för avvikelserna baserat på grundscenariot för indikatorerna återges i Tabell 2.

Tabell 2. Avvikelserna från grundscenariot för indikatorerna

		Envelope air leakage [l/sm ²]	Average U-value [W/m ² K]	VFT [W/m ² K]	F [kWh/°C]	Specific Net energy [kWh/m ²]	Specific Supplied energy [kWh/m ²]
Climate data	Umeå 2000- 2009	0,0%	0,0%	0,0%	3,5%	-1,6%	-1,6%
Envelope air leakage @ 50 Pa [l/sm _{env} ²]	0,9	50,0%	0,0%	5,9%	0,9%	1,8%	1,8%
	0,3	-50,0%	0,0%	-5,9%	-0,9%	-1,8%	-1,8%
Form factor (A _{env} /V)	0,52 (3 floors)	0,0%	-6,6%	3,5%	-21,4%	3,1%	3,1%
	0,39 (8 floors)	0,0%	12,8%	-6,1%	85,7%	-4,9%	-4,9%
Average U-value [W/m ² K]	0,4	0,0%	32,0%	21,9%	25,6%	23,6%	23,6%
	0,2	0,0%	-33,9%	-25,1%	-25,3%	-22,2%	-22,2%
Window/floor area [%]	20	0,0%	11,2%	8,0%	10,2%	5,7%	5,7%
	10	0,0%	-19,1%	-9,2%	-17,0%	-10,0%	-10,0%
SFP [kW/(m ³ /s)]	2,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	2,4%
	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	-2,4%	-2,4%
Ventilation heat recovery efficiency	90	0,0%	0,0%	-8,0%	-9,7%	-7,4%	-7,4%
	70	0,0%	0,0%	8,0%	9,8%	7,6%	7,6%
Heating system	HP	0,0%	0,0%	0,0%	-80,2%	0,0%	-67,3%
	DH	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	-14,7%
	NGB	0,0%	0,0%	0,0%	9,7%	0,0%	6,5%
	PB	0,0%	0,0%	0,0%	43,0%	0,0%	37,9%
Supply/exhaust airflow balance	SAR 105%	0,0%	0,0%	-1,3%	5,5%	3,4%	3,4%
	SAR 95%	0,0%	0,0%	-1,3%	-0,1%	0,5%	0,5%
Ventilation rate [l/sm ²]	0,45	0,0%	0,0%	4,6%	7,1%	7,3%	7,3%
	0,25	0,0%	0,0%	-4,6%	-6,8%	-7,3%	-7,3%
Indoor temperature [°C]	23	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%	4,9%	4,9%
	21	0,0%	0,0%	-2,4%	0,0%	-4,7%	-4,7%
Energy for household appliances [W/m ²]	4,43	0,0%	0,0%	0,0%	-0,1%	-5,7%	-5,7%
	2,43	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	6,0%	6,0%
Energy for domestic hot water [kWh/m ²]	30	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,7%	7,7%
	20	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-8,1%	-8,1%
Nr of occupants	60	0,0%	0,0%	0,0%	-0,1%	-1,1%	-1,1%
	20	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	5,4%	5,4%
Airing [l/sm ²]	0,75	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,5%	1,5%
	0,25	0,0%	0,0%	0,0%	-0,7%	-1,5%	-1,5%

Resultaten för bästa och värsta scenariorna för de fyra grupperna av parametrar (med avseende på klimatskalet, tekniska installationer, drift och de boendes beteende) presenteras i figur 1.

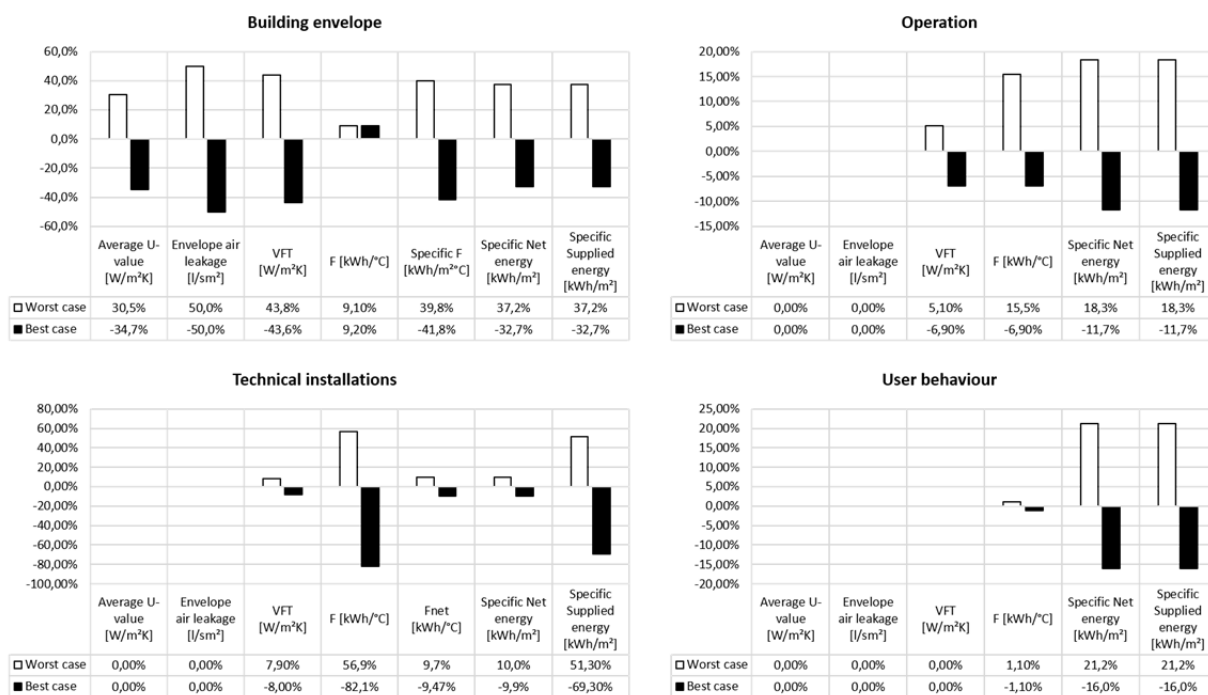
Byggnadsskalets luftläckage visade sig vara mest känsliga för förändringar i parametrarna för klimatskalet bland de sex studerade indikatorerna. Men bland dessa parametrar påverkas bara förändringar i byggnadsskalets luftläckage. Det påverkar inte någon av de testade parametrarna i de andra grupperna, även om en analys baserad på mätningar behövs för att studera dess känslighet för förändringar i luftflödet.

Den genomsnittliga U-värdet var mindre känsligt för förändringar av klimatskalet både än de två energiindikatorerna, VFT och byggnadsskalets luftläckage. Det påverkas av förändringar i den genomsnittliga U-värde, formfaktorn och andelen fönsteryta per golvyta, men inte av några parametrar i de andra tre grupperna.

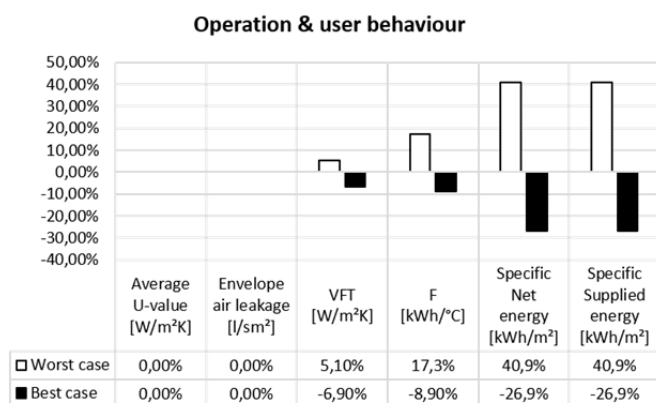
VFT var näst mest känslig för förändringar av parametrarna för klimatskalet, bland de sex indikatorerna. VFT var den minst känsliga, bland de indikatorer som påverkas genom förändringar av tekniska installationer och brukande. VFT påverkas inte av förändringar av de boendes beteenden.

F var den minst känsliga, bland de sex indikatorer på förändringar i parametrarna för klimatskalet när byggnader i olika storlekar jämfördes. Men om F normaliserades med golvytan var den mer känslig än de två energiindikatorerna och det genomsnittliga U-värde. F var den mest känsliga, för förändringar i parametrarna för de tekniska installationerna, bland de sex indikatorer. Men om F baserades på nettoenergi i stället för tillförd energi, var den näst minst känsligt för förändringar i parametrarna för de tekniska installationerna, av de analyserade indikatorerna. F var mindre känsligt för förändringar i parametrarna för fastighetsdrift och mycket mindre känsligt för förändringar i parametrarna för de boendes beteende än de två energiindikatorerna.

De två energiindikatorer, specifika nettoenergin och tillförda energin, var mindre känsliga än byggnadsskalets luftläckage, än VFT och F. De två energiindikatorer var också mest känsliga, bland de sex indikatorer på förändringar av fastighetsdrift och de boendes beteende. Den specifika tillförda energin var den näst mest känsliga för förändringar av parametrarna för de tekniska installationerna, på grund av den stora effekten av förändringar i värmesystemet. Den specifika nettoenergin var tredje mest känslig för förändringar i parametrarna för de tekniska installationerna, men mycket mindre känslig än den specifika tillförd energi. De två energiindikatorerna visade sig i allmänhet vara mycket mer känsliga för förändringar i parametrarna för drift och boendes beteende än F och VFT, se Figur 2 nedan.



Figur 1. Bästa och värsta scenarior för de grupper av parametrar som är relaterade till byggnaden byggnadsskalet, teknisk installationer, drift och de boendes beteende



Figur 2. Avvikelser från grundscenariot för de sex indikatorerna när alla studerade parametrar relaterade till drift och de boendes beteende varierades samtidigt

Slutsatser och framtida arbete

Analysen visar att indikatorn som värderar byggnadsskalets luftläckage skulle kunna vara befogad att användas som ett komplement till indikatorer som inte påverkas av luftläckaget, t.ex. den genomsnittliga U-värde. Vidare så skulle den specifika fläkteffekten SFP skulle kunna komplettera krav på indikatorerna genomsnittlig U-värde, byggnadsskalets luftläckage, VFT, och F.

Undersökningen visade att indikatorn F bör normaliseras i enlighet med storleken på byggnaden om byggnader av olika storlek ska kunna jämföras med syfte att uppfylla samma energikrav. F visade sig vara mycket känslig för utförandet av tekniska installationer när den beräknats baserat på tillförd energi. Individuella mätningar av installationerna kan därför vara befogade att göras oftare i dessa fall. Ett sätt att hantera problematiken med analysen av F beräknat på tillförd energi kan vara att istället utgå från nettoenergin. Det finns följaktligen en problematik i användandet av det specifika energinyckeltal baserat på köpt energi som BBR föreskriver.

Det genomförda projektet har gett följande förslag på fortsatta arbete

- Ett framtida arbete kan syfta till att normalisera F i enlighet med klimatdata
- Inverkan av hur de undersökta indikatorerna beror av till- och frånluftsflödesbalans bör utredas ytterligare
- Konsekvensen av att ändra formfaktorn men inte storleken på byggnaden bör kunna undersökas ytterligare
- På vilket sätt ventilationsvärmexlaren med avfrostning påverkar F bör utredas ytterligare

DELSTUDIE 2(2): ENKÄTUNDERSÖKNING MED AVSEENDE PÅ INDIKATORER SOM ANVÄNDS FÖR ATT STÄLLA KRAV PÅ ENERGIPRESTANDAN I UPPHANDLINGSPROCESSEN

Introduktion

Målet med denna andra och sista del av studien var att kartlägga energiindikatorernas användbarhet. Det gjordes med en kvalitativ enkätstudie besvarad av experter med erfarenhet av upphandlingsprocessen. Enkätundersökningen baserades på nedanstående sju identifierade indikatorer som används för att ställa krav på energiprestandan i upphandlingsprocessen.

1. **Nettoenergi:** Energi som aktivt avges från byggnadens installationer för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel. Energi från värmeåtervinning ej medräknad. [kWh/m²A_{temp}]
2. **Köpt energi enligt BBR:** Energi levererad till byggnadens installationer och ev. värmeproduktion inom byggnaden för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsel. Använd energi från ev. solpaneler på fastigheten ej medräknad. [kWh/m²A_{temp}]
3. **Värmeförlusttal (VFT) enligt FEBY (Sveriges Centrum för Nollenergihus):** Byggnadens effektförluster per grad p.g.a. transmission, luftläckage och ventilation, genom hela klimatskalet. [W/m²K]
4. **Värmeförlustfaktor (F):** Byggnadens energiförluster per grad, p.g.a. transmission, luftläckage och ventilation, genom de delar av klimatskalet som vetter mot uteluft. Beräknas med energisignaturmetoden, baserat på uppmätt energi. [kWh/°C]
5. **U_m-värde:** Klimatskalets genomsnittliga värmeledningsförmåga. [W/m²K]
6. **U-värden** för olika byggnadsdelar [W/m²K]
7. **Luftläckage @ 50 Pa:** Den luftmängd som passerar genom klimatskalet när alla ventilationsöppningar är stängda. [l/sm²A_{oms1}]

Undersökningen av indikatorerna baserades på en metodik som kallas Delphi. Metoden utvecklades av Olaf Helmer och Norman Dalkey vid RAND Corporation [8]. Metodens generiska syfte inbegriper att bestämma, förutsäga och utforska en grups attityder, behov och prioriteringar. En Delphistudie kan inte användas för att bestämma absoluta sanningar, utan erbjuder snarare en ögonblicksbild av ett expertutlåtande, för en specifik grupp, vid en viss [9]. Delphi kan karakteriseras som en metod för att strukturera kommunikationsprocessen för en grupp med syfte att ta itu med ett komplext problem. Delphimetoden kräver lite feedback av de

individuella bidragen av information och kunskap, bestämmer en bedömning av gruppens ståndpunkt och ger vissa möjligheter för individerna att revidera sina enskilda bedömningar. Feedback och tillförsel av inspel kan upprepas, tills inga ytterligare insikter erhålls, eller tills en tillfredsställande grad av enighet har nåtts. Delphi-metoden kan både användas som ett forskningsinstrument och som ett verktyg för lärande. Läsare som är intresserade av en mera detaljerad beskrivning av Delphimetoden hänvisas till [10].

I Delphistudier är genomsnittet av de enskilda svaren sämre än genomsnittet av det som produceras i en grupps beslutsprocess som kräver expertbedömning. För att komma fram till resultatet panelens storlek mer beroenden på gruppdynamik, än på statistisk styrka. Även om felet kan minskas och tillförlitligheten förbättras med ökat antal experter i gruppen så har det visat sig att den genomsnittliga gruppens fel sjunker snabbt när antalet ökas till cirka åtta till tolv deltagare. Efter att gruppen har nått 13 till 15 deltagare minskar felet mycket lite för varje ytterligare medlem.

Metod

En Delphimetod utformade enligt Keeney [11] valdes för att samla in åsikter från experter med praktisk erfarenhet av upphandling i byggprocessen. Studien tjänade ett trippelt syfte: värva åsikter från experter på fördefinierade frågor om byggnaders energiprestanda samt verifieras i upphandlingsprocessen (med ranking av de 7 föreslagna indikatorerna), samla in erfarenheter av svårigheter vid fastställandet samt verifikation av byggnaders energiprestanda och slutligen rangordna dessa svårigheter efter relevans. Respondenternas svar hölls anonyma för de övriga panelgruppmedlemmar, men inte för forskarna. För att öka den potentiella svarsfrekvensen var Delphistudien begränsad till två omgångar.

Användningen av en "kaskadmetod", där forskaren först identifierar experter inom sina personliga kontakter och därefter ber dem att utse ytterligare experter, har visat sig öka svarsfrekvensen i Delphi rundor (Frewer, 2011). Identifieringen av experter i denna studie gjordes med hjälp av en sådan kaskadmetod. Forskarna identifierade först experter bland sina personliga kontakter i organisationerna inom forskningsprojektet. Sedan ombads de att identifiera fler experter från deras organisation. Inledningsvis var 18 experter identifierades och inbjöds att delta i Delphi studien. Svarsfrekvensen för den första omgången var 89% och den andra omgången 94%, vilket innebär att 15 panelmedlemmar fullföljde studien. Av dessa var 8 anställda vid byggentreprenadföretag eller branschorganisationer, 5 var anställda på företag med fastighetsförvaltning och 2 i kommunal verksamhet.

Enligt [12] kan en pilotundersökning förbättra precisionen och förståelse av enkäten, kalibrera frågorna och att hantera och motivera expertpanelen. I denna studie, hölls en workshop före

första Delphirundan, med representanter från deltagarna inom forskningsprojektet. Baserat på de reaktioner och diskussioner som följde omformulerades och minskades frågebatteriet. De slutliga frågorna i den första undersökningsomgången bestod av 17 öppna och slutna frågor, se bifogad bilaga. Värderingen baserades på en likertskala med sju poäng. Sju av frågorna syftade till att erhålla åsikter om krav på byggnaders energiprestanda med verifiering i upphandlingsprocessen. Fem av frågorna syftade till att värdera problem nivån på kraven av byggnaders energiprestanda med verifieringen i upphandlingsprocessen. Därtill ingick fem bakgrundsfrågor för att dokumentera de svarandes erfarenhet och bakgrund. De sju resultatindikatorer som specificerats i introduktionen ovan utvärderades också i undersökningen.

Den första rundan av Delphistudien utfördes genom personliga besök på deltagarnas arbetsplatser. I den processen skapades "minifokusgrupper" där enkätfrågorna diskuterades, men besvarades individuellt. Diskussionerna i dessa minifokusgrupper skapade en risk för partiskhet i svaren, på grund av att de svarande som påverkar varandra (t ex efter yttranden från sina kollegor med högre position eller starkare personlighet). Å andra sidan gav det också en möjlighet för forskarna att undersöka respondenternas tolkningar av frågor och lämna ytterligare klargöranden. Baserat på resultaten från den första rundan kunde 24 "problem" identifieras. Dessa problem kategoriserades av forskarna som antingen (1) "problem gällande krav och kravnivåer", (2) "problem på grund av osäkerhet och ansvar", (3) "problem med verifieringsmetoden" eller (4) "problem på grund av specifika parametrar som påverkar byggnadens energiprestanda".

Innan runda två, var alla respondenter från omgång 1 inbjuden till en workshop. Resultaten presenterades i form av medelvärden och standardavvikelser baserat på likertskalan, fördelningen av svaren för flervalsfrågor och ranking, representativa kommentarer på frågor från diskussionerna i mini fokusgrupper, och i form av de 24 identifierade problemen. Resultaten från den parallella fallstudien presenterades också, som en ytterligare källa till kunskap i diskussionen. Anmärkningar som delgavs antecknades av forskarna under den följande diskussionen och dessa anteckningar sändes ut till alla respondenter som inte kunde delta i workshopen, tillsammans med presentationer innehållande alla resultaten.

I den sista rundan användes endast stängda frågor, utan utrymme för kommentarer och /eller motiv. Respondenterna ombads att omvärdera sina åsikter och besvara 7 frågor igen, om hur de trodde att krav på byggnaders energiprestanda borde fastställas och verifieras i upphandlingsprocessen. De ombads också att rangordna de identifierade problemen med kravet och verifieringsprocessen enligt vikt/relevans, både inom de fyra kategorierna och genom att välja de 10 viktigaste/relevanta problem bland alla 24. De svarande fick också en möjlighet att ge kommentarer till de identifierade problemen. Detta underlag återges i bilagan och utgjorde det material som undersöknings resultat baserats på.

Resultat

Beträffande när en utvärdering av byggnadens energiprestanda ska göras så ansåg en övervägande del att överlämnandet var rätt tid. Själva byggnadsskalet uppfattas som det primära och att installationernas funktion är mer sekundärt. Visserligen kräver installationer en tid för att bli injusterade, och måste i sådant fall utvärderas senare. För själva uppföljningen anses mätningar av energi vara centrala, men även behov av att mäta lufttäthet framhölls. Den främsta egenskapen för mätning av byggandens energiprestanda anses vara att det går fort. Det är viktigare än priset.

BBR anses som begränsat för uppföljning. Experterna viktade behovet till andra uppföljningstal än BBRs som 5,87 på en skala med max 7. Ett betydande problem anses vara att BBR inte verifierar vart energin tar vägen. För det anses det vara lämpligare att använda modellerna i FEBY och i andra han U_m -värdet.

Brukarinverkan på energianvändningen anses vara problematisk och bedömdes som 6,27 med 7 som max. De mest oberoende parametrarna anses vara U_m -värdet och U-värdet.

Experterna sätter en lägre värdering, 5,46, för betydelsen att energiprestandan är oberoende av hur byggnaden driftas. De mest driftberoende måtten anses vara U_m -värdet och U-värdet för olika parametrar.

Ännu lägre värderas betydelsen av oberoende till byggnadernas tekniska installationer, bara 4,40. Samma parametrar anses vara behjälpliga för den problematiken, U_m -värdet och U-värdet för olika parametrar.

Experterna ansåg att krav och kravnivåer förknippade med de mest problematiska aspekterna när köpt energi enligt BBR ska värderas. Störst betydelse ansågs vara att hårda krav på energiprestanda och eventuellt vite blir riskabelt att påverka då det inte är möjligt att påverka alla faktorerna för byggherren. Beträffande osäkerhet och ansvar så ansåg experterna att köpt energi påverkas mycket av brukarnas beteende. För uppföljning av köpt energi enligt BBR så framhölls i första hand att med bristande uppföljning så kan konkurrensen vid upphandling bli snedvriden. Då kan de som står för den utlovade prestandan få svårt att hävda sig. Slutligen så diskuterades också parametrar och det mest problematiska ansågs vara att värmekällans och värmesystemets effektivitet påverkar mängden köpt energi.

Slutsatser och framtida arbete

Experterna framhöll att deras fokus låg vid att säkerställa byggnadskonstruktionens prestanda och inte hela systemet med byggnad och de boende. Följaktligen framhölls tydligt problematiken som följer av att de boende påverkar energiprestandan. De mest betydelsefulla parametrarna anses vara U_m -värdet och U-värdet. I analysen så framkommer också intresse för lufttäthet och FEBYs modell. Att använda köpt energi som görs enligt BBR ansågs vara problematisk ur konkurrens och kvalitetshänseende.

LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2016:6, Karlskrona, 2016
- [2] Teknikupphandling av energiberäkningsmodell för energieffektiva sunda flerbostadshus (MEBY), LIP-kansliet, Näringslivskontoret,
- [3] Brukarindata för energiberäkningar i bostäder, Svebyprogrammet, Projektrapport 2009-04-14
- [4] FEBY 12, Nollenergihus, Passivhus och Minienergihus, Sammanfattning av kravspecifikation för bostäder utgiven av Sveriges Centrum för Nollenergihus, 2012
- [5] Lidelöw, Sofia; Flodberg Munck, Kajsa / Byggentreprenörens energisignatur, Stockholm : Svenska byggbranschens utvecklingsfond, 2015
- [6] Sahlin, P., A. Bring (1991), "IDA Solver - A Tool for Building and Energy Systems Simulation", paper presented at Building Simulation '91, Nice, France 1991
- [7] Hammarsten S 1987 A critical appraisal of energy-signature models. Appl Energy 26:97-110
- [8] Norman Dalkey and Olaf Helmer, 1963, An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts, The RAND Corporation, Santa Monica, California
- [9] Hansson & Sinead, 2011, The Delphi Technique in Nursing and Health Research, Wiley
- [10] Linstone & Turoff, 1975, The Delphi method: techniques and applications, Addison-Wesley Pub. Co., Advanced Book Program, 1975
- [11] Keeney, S. (2009). The Delphi technique. In K. Gerrish, & A. Lacey (Eds.), The Research Process in Nursing (6th ed.). London: Blackwell Publishing Frewer, 2011
- [12] Landeta J., (2006), "Current validity of the Delphi method in social sciences", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 73, No. 5, pp: 467-82.

BILAGA: SAMMANSTÄLLNING AV INLÄMNADE ENKÄTSVAR

1. Kön

Kvinna 13 Man

2. Ålder

20-29 30-39 40-49 50-59 60+ 1

3. Hur många års erfarenhet har du av arbete inom området energi och byggnader?

<1 år 1-3 år 4-10 år >10 år 8

4. Inom vilken typ av organisation arbetar du?

8 Byggföretag 3 Stighetsförvaltning 2 Kommun
 2 Branschorganisation 1 Sultfirma

5. Vilket byggnadsstadie arbetar du med? (Kryssa i flera alternativ om det är aktuellt)

9 Designstadiet/projektering 11 struktionsstadiet/Produktion

4 Förvaltningsstadiet

Mått på energiprestanda

6. När bör en byggnads energiprestanda utvärderas om du fick välja, för att verifiera de krav som ställts i upphandlingsprocessen? Välj flera alternativ om det är aktuellt.

1 projekteringsskedet 6 Slutbesiktning/Överlämnande

8 driftskedet

4 der byggtiden

Motivering/kommentarer:

- Säkerställ krav under byggtiden. Efter garantibesiktningen.
- Projekteringsstadiet för att visa på en teoretisk nivå, uppföljning i den färdiga byggnaden för att säkerställa denna nivå.
- Under drift bör år 1 vara intrimning av anläggningen.
- För att förtydliga önskemålet med upphandlingen bör kraven inarbetas på tydligast möjliga sättet redan i upphandlingsskedet.
- En mix av båda bara man inte mäter det som vi inte kan påverka i projektering och drift.
- Klimatskalet kan redovisas i slutbesiktning, men sedan för installationerna så skall de anpassas till verksamheten och personerna i fastigheten.
- Det är i driftsskedet som byggnaden används, i övriga scenarior används inte Byggnaden så att allt är preliminära värden.

7. Hur föredrar du att följa upp krav på en byggnads energiprestanda om du fick välja? Välj flera alternativ om det är aktuellt.

5 Med ett simuleringsprogram

2 Med handberäkning (t.ex. excellark eller liknande)

8 Med mätningar (ex mätdata energi) 12 ingar (ex lufttäthet, vvx-funktion, termografering)

Motivering/kommentarer:

- Simuleringsprogram bör utvärderas för att säkerställa att beräkningarna generellt sett närmar sig verkligheten.
- Simulering före byggprocessen, uppföljning med mätningar.
- Enas om en beräkning i upphandlingen, mät lufttäthet, vvx-funktion, rumstemperaturer.
- Det är ju inte enbart energi som är intressant för att utvärdera hur bra en byggnad är, hänsyn till boendes välmående och byggnadens hållbarhet är viktigt med.

8. Hur prioriterar du följande egenskaper hos mått på byggnaders energiprestanda som ska användas i upphandlingsprocessen? Rangordna egenskaperna nedan från 1 till 3, där 1 innebär högst prioritet och 3 lägst prioritet.

1-2st, 2 - 5st, 3 - 7st

Tar kort tid att följa upp

1-1st, 2 - 7st, 3 - 5st

Kostar lite att följa upp

1 Har hög robusthet (liten påverkan från faktorer som inte har med byggnadens energiprestanda att göra, t.ex. brukarbeteende, drift, och klimat)

Motivering/kommentarer:

- Tydlig skillnad på brukarbeteende och kvalitet på fysisk byggnad.
- Om inte noggrannhet är tillförlitlig behövs ingen uppföljning göras och då är det billigare och snabbare.
- När man ska jämföra hus med varandra så vill man ju inte ha äpplen och päron blandat.

9a. Hur stort behov upplever du att det finns i upphandlingsprocessen av att använda alternativ till de mått på energiprestanda som definieras i BBR för att uttrycka byggnadens energiprestanda? Ringa in ditt svar.

Medel ± SD : 5,87 ± 1,19

Inget behov						Mycket stort behov
1	2	3	4 – 3st	5 – 2st	6 – 4st	7 - 6st

Motivering/kommentarer:

- kWh/m² måste bort från upphandling av byggnader och ersättas.
- Vi måste komma bort från energiprestanda baserat på kWh/m².
- Det är för stora problem att verifiera BBR:s krav och se vart energin används till.
- Det räcker ej att ta hänsyn till energiprestanda, bygger de stora lgh minskar kWh/m² även om de totalt sett behöver mer energi än en annan lgh.

b. Vilka av måtten nedan anser du mest lämpade att använda för att ställa krav på byggnaders energiprestanda i upphandlingsprocessen?

Rangordna minst tre av måtten nedan i stigande skala, där 1 innebär mest lämpad.

1. Nettoenergi
2. Köpt energi enl. BBR
3. Värmeförlusttal enl. FEBY
4. Värmeförlustfaktor (F)
5. U_m -värde
6. U-värden för olika byggnadsdelar
7. Luftläckage @ 50 Pa
8. Netto varmvatten+Rumstemp+hushållsel

1	2	3
1	1	2
1	1	
7	2	2
	2	1
4	3	1
2	3	2
1	3	6

Motivering/kommentarer:

- Obs, vid upphandlingen, inte vid verifieringen.

10a. Hur viktigt är det att mått på en byggnads energiprestanda som används för att ställa krav i upphandlingsprocessen är oberoende av brukarnas beteende? (Ex. användning av hushållsel och tappvarmvatten, vädring etc.) **Medel \pm SD : 6,27 \pm 1,16**

Helt oviktigt						Mycket viktigt
1	2	3-1st	4	5-2st	6-3st	7-9st

b. Vilka av måtten nedan anser du vara mest oberoende av brukarnas beteende? Rangordna minst tre av måtten nedan i stigande skala, där 1 innebär mest lämpad.

1. Nettoenergi
2. Köpt energi enl. BBR
3. Värmeförlusttal enl. FEBY
4. Värmeförlustfaktor (F)

1	2	3
		1
1	1	2
		1

- 5. U_m -värde
- 6. U-värden för olika byggnadsdelar
- 7. Luftläckage @ 50 Pa
- 8. Netto
varmvatten+Rumstemp+hushållsel

7	6	1
7	6	
	2	9
		1

Motivering/kommentarer:

- Brukarna kan punktera plastfolien.
- Dock inte rimligt att endast ställa krav på dessa tre mått.

11a. Hur viktigt är det att mått på en byggnads energiprestanda som används för att ställa krav i upphandlingsprocessen är oberoende av hur byggnaden driftas? (Ex. inomhustemperatur, ventilationsflöde etc.) Medel ± SD : 5,40 ± 1,30

Helt oviktigt						Mycket viktigt
1	2	3	4 – 6st	5 – 1st	6 – 4st	7 – 4st

Motivering/kommentarer:

- Klimatskal och installationer ska samverka bra oavsett om system ändras över tid.
- Vi har i läget för upphandling svårt att veta vad driftorganisationen kan och utför.
- Ju uppvärmningssnåla hus vi bygger desto mer kommer dessa parametrar att slå igenom.
- Man måste även ställa krav på att inomhustemp, flöden i ventilationssystemet uppfylls vid den energiprestanda som man vill ha.

b. Vilka av måtten nedan anser du vara mest oberoende av hur byggnaden driftas? Rangordna minst tre av måtten nedan i stigande skala, där 1 innebär mest lämpad.

- 1. Nettoenergi

1	2	3

2. Köpt energi enl. BBR
3. Värmeförlusttal enl. FEBY
4. Värmeförlustfaktor (F)
5. U_m -värde
6. U-värden för olika byggnadsdelar
7. Luftläckage @ 50 Pa
8. Netto
varmvatten+rumstemp+hushållsel

		1
		1
9	4	1
4	8	2
2	3	9
		1

Motivering/kommentarer:

- U_m och läckage är faktiska värden även på klimatskalet.
- Dock inte rimligt att endast ställa krav på dessa tre mått.

12.a. Hur viktigt är det att mått på en byggnads energiprestanda som används för att ställa krav i upphandlingsprocessen är oberoende av byggnadens tekniska installationer? (Ex. verkningsgrad hos värmeväxlare eller värmepump) **Medel \pm SD : 4,40 \pm 1,72**

Helt oviktigt							Mycket viktigt
1 – 1st	2 – 1st	3 – 2st	4 – 4st	5 – 3st	6 – 2st	7 – 2st	

Motivering/kommentarer:

- Klimatskalet skall klara olika påverkan från installationer.
- Allt hänger ihop dvs klimatskal och installationer.
- Verkningsgraden är ett kvalitetsmått på utrustningen, men är svår att mäta i fält, borde ingå men svår att följa upp.
- Ju uppvärmningssnåla hus vi bygger desto mer kommer dessa parametrar att slå igenom.

b. Vilka av måtten nedan anser du vara mest oberoende av byggnadens tekniska installationer? Rangordna minst tre av måtten nedan i stigande skala, där 1 innebär mest lämpad.

1. Nettoenergi
2. Köpt energi enl. BBR
3. Värmeförlusttal enl. FEBY

1	2	3
	1	2

4. Värmeförlustfaktor (F)
 5. U_m -värde
 6. U-värden för olika byggnadsdelar
 7. Luftläckage @ 50 Pa
 8. Netto
 varmvatten+Rumstemp+hushållsel

7	2	2
7	5	3
1	4	7
		1

Motivering/kommentarer: _____

Nedan finns de problem som identifierats i förra enkäten rörande användandet av indikatorn "Köpt Energi" (enl BBR) som används idag. Försök att inom gruppen rangordna dem efter hur viktiga/relevanta du finner dem. Som tidigare står 1 för den mest viktiga/relevanta kommentaren.

1. Krav och kravnivåer	Antal i respektive rangordning							Totalt valda
	1	2	3	4	5	6	7	
Hårda krav på energiprestanda och eventuellt vite blir riskabelt då det inte är möjligt att påverka alla faktorer. Kommentar: - Risk för osund konkurrens. - Sant och viktigt.	8	4			1	1		5
Lägre formfaktor med mer gemensamhetsytor resulterar i lägre Köpt energi. Kommentar: - Förstår inte svaret.		1	1	4	6			
För att vara säker på att klara kraven på energieffektivitet behövs en betydande säkerhetsmarginal på grund av alla	4	3	3	3	1			1

osäkerhetsfaktorer. Kommentar: -Kostar bara pengar.								
Konsekvensen av höga energikrav blir att distributionen av värme och ventilation dimensioneras så snålt som möjligt. Kommentar: -Borde vara tvärt om.		1	1	3	4	3		
Kraven i BBR är för lätta att uppnå. Kommentar: - Nybyggnad och ombyggnad bör skiljas åt. I dagsläget är de lätta att uppnå, ex genom att använda en VP. -Gäller så idag.	1	1	4	3		4		1
Vid simulering av energiprestanda kan det vara möjligt att använda "kryphål" för att uppnå kraven. Kommentar: -Kräver kompetens för att analysera.	1	4	6			1		1
2. Osäkerheter och ansvar	Antal i respektive rangordning							Totalt valda
	1	2	3	4	5	6	7	
Köpt energi påverkas mycket av brukarnas beteende (dessutom är påverkan större med högre energieffektivitet) Kommentar: -Sant.	4	6	2		1			6
Svårt att särskilja hur den köpta energin påverkas av faktorer som beror på klimatskalet, installationer, drift och brukarbeteende. Kommentar:	1	2	6	5				2
Det kan bli en otydlig ansvarsfråga när/om krav inte uppnås. Kommentar:	3	2	1	4	3			4
Det är svårt att påverka byggnadens	3		1	3	6			

energi-prestanda efter projekteringen. Kommentar: - Beror på driften.								
Drifftider, ventilation och inomhustemperatur, liksom läckage och vädring är faktorer som har stor påverkan på den köpta energin. Kommentar: - Hur byggnaden ”körs” påverkar mycket.	3	4	4	1	2			5

3. Uppföljning	Antal i respektive rangordning							Totalt valda
	1	2	3	4	5	6	7	
<p>Osäkerhet vid uppföljning påverkas av bristande/ inaktuell kvalitet i SVEBYs data och ingående förutsättningar.</p> <p>Kommentar: -Stämmer bra idag.</p>	1	2	3	2	4	1		
<p>Det är problematiskt att göra uppföljningen under de första åren när byggnaden inte torkat ut ordentligt och styrningen av installationer inte har optimerats.</p> <p>Kommentar: -Tycker jag är fel.</p>	5	2	3	2	1	1		3
<p>Avvikelse mellan mätt och uppmätt köpt energi förekommer.</p> <p>Kommentar: -Sant.</p>		1	5	2	3	3		
<p>Det frågas sällan efter uppföljning och mätningar.</p> <p>Kommentar: - Ur energirådgivningssynvinkel är det sällan efterfrågan på det. -Varför?</p>		5		1	1	6		1
<p>Vid utvärdering kan det bli mycket dokumentation som kräver experter för utvärdering, något som är svårt att motivera utan incitament.</p> <p>Kommentar: - Trots expert -> bevisbörda. -Frågan kräver experter.</p>		2	1	3	3	4		2
<p>Med bristande uppföljning kan konkurrensen vid upphandling bli snedvriden då de som står för utlovad</p>	8	2		3				6

<p>prestanda kan få svårt att hävda sig mot oseriösa konkurrenter. Noggrann mätning vid uppföljning kan medföra stora kostnader för nödvändig utrustning.</p> <p>Kommentar: - Även med noggrann mätning blir det svårt pga brukarbeteende mm. -Snedvridning förekommer, inga större kostnader för mätning.</p>								
4. Parametrar	Antal i respektive rangordning							Totalt valda
	1	2	3	4	5	6	7	
<p>Klimatkorrigeringar blir mer osäkra på grund av de mer kraftiga svängningarna i klimatet.</p> <p>Kommentar:</p>		1	1	4	1	3	3	
<p>Varmvattenanvändningen ökar med fler personer/m² trots bättre installationer, dvs med små lägenheter.</p> <p>Kommentar:</p>	4	2		2	5		1	3
<p>Uppvärmningskällans och värmesystemets effektivitet påverkar mängden köpt energi (Värmepump favoriseras, solenergi)</p> <p>Kommentar:</p>	6	3	1	1		3		5
<p>Hur bra en byggnad kan ta tillvara på solvärme påverkar om man klarar kraven, dvs byggnadens form, placering, fönsterytor mm.</p> <p>Kommentar:</p>		1	2	5	2	3	1	
<p>Höga krav på energieffektivisering kan leda till att klimatskalet optimeras så mycket att det kan uppstå olägenheter som fukt i konstruktionen, frost på fönster och bristande ljuskomfort mm</p> <p>Kommentar:</p>	1	4	3	2	2	1	1	
<p>Kraven på luftväxling kan vara felaktig då den inte är kopplad till vistelsezon eller närvaro.</p>	1	1	3		3		5	1

Kommentar: - Inte så stora flöden.								
Storskaligt byggande kan bli en nödvändig konsekvens för att kostnadseffektivt kunna bygga energieffektiva lösningar Kommentar: - Problem? Möjlighet? - Tycker jag inte.	2	2	4		3	3		1

Försök välja ut 5 av alla ovanstående problemformuleringarna som du upplever som extra viktiga. Markera dem med att ringa in dem eller på annat sätt.