

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar – säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata.

SBUF 13106



Skanska Sverige

Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

Sammanfattning

Energiberäkningar av byggnader syftar till att förutbestämma byggnaders energianvändning i drift. Boverkets byggregler ger därför rådet att säkerhetsmarginal skall nyttjas. Med detta avses marginal så att kravet på byggnadens specifika energianvändning förväntas uppfyllas när byggnaden tagits i bruk.

I takt med att kraven på byggnaders energianvändning skärps blir säkerhetsmarginalens storlek avgörande och mer intressant att studera. Dels ger väl grundade säkerhetsmarginaler byggherren ett mer tillförlitligt beslutsunderlag och byggprojektet behöver inte ta på sig extra kostnader eller klimatbelastning för felmarginaler. Det övergripande syftet med detta projekt är att skapa ett underlag för val av säkerhetsmarginal vid energiberäkningar med hänsyn tagen till hur stora och många osäkerheter som finns i indata för energiberäkningen.

Utredningen behandlar tre byggnadstyper: småhus, flerbostadshus och kontorshus. Varje hustyp beräknas initialt med ett grundfall och sedan varieras parametrar för att se hur byggnadernas teoretiska energibehov därmed förändras. Varianserna beror på de osäkerheter som uppstår i byggprocessen – initialt finns många otagna beslut och därmed stora osäkerheter, vilka sedan minskar ju närmre byggstart projektet kommer. Genom intervjuer har branschen undersökts för att se hur säkerhetsmarginaler hanteras vid energiberäkningar.

Resultatet visar att för småhus och kontor är behovet av beräknad säkerhetsmarginal störst när det finns osäkerheter kring FTX-aggregatets verkningsgrad. För flerbostadshuset är säkerhetsmarginalen störst vid varians på U-värde på fönster.

Branschen svarar att säkerhetsmarginalen ofta adderas som en procentsats på färdigräknat resultat. Denna procentsats ligger oftast mellan 10 – 15% men kan också variera beroende på i vilket skede projektet befinner sig när beräkningen utförs. I denna studie är det beräknade behovet av säkerhetsmarginal i tidigt skede 25% för flerbostadshus, 15% för småhus och 12% för kontor. Behovet av säkerhetsmarginal varierar mycket mellan byggnadstyperna. För mer precisa beräkningsmetoder bör det övervägas att ha olika säkerhetsmarginaler beroende på byggnadstyp, något som bör studeras i framtida forskning.

Inom byggnadskonstruktion hanteras behovet av säkerhetsmarginaler med hjälp av probabilistiska beräkningsmetoder. Tidigare forskning har visat att detta även skulle vara ett mycket bra arbetssätt för energiberäkningar. Resultatet i denna studie, vilka parametrar som har störst betydelse för behovet av säkerhetsmarginaler, kan användas som bas i arbetet att ta fram en sådan beräkningsmetod.

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

Innehållsförteckning

ALLMÄN INFORMATION	5
1 BAKGRUND	5
1.1 PROJEKTETS OMFATTNING	6
1.2 SYFTE	6
1.3 AVGRÄNSNINGAR	7
2 LITTERATURSTUDIE	7
2.1 MATEMATISKT FRAMRÄKNADE SÄKERHETSMARGINALER	10
3 METOD	12
3.1 OSÄKERHETER	13
3.2 VARIABLER.....	17
3.3 INDATA SMÅHUS	18
3.4 FLERBOSTADSHUS	20
3.5 KONTOR.....	22
4 RESULTAT	24
4.1 SMÅHUS.....	24
4.2 FLERBOSTADSHUS	26
4.3 KONTOR.....	32
4.4 INTERVJUER	36
5 ANALYS	36
5.1 OLIKA PARAMETRARS PÅVERKAN.....	36
5.2 SUMMERADE SÄKERHETSMARGINALER.....	39
5.2.1 Summering sannolika osäkerhetsscenarion.....	40
5.2.2 Summerad säkerhetsmarginal med ökad förbättring.....	45

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

6	SLUTSATSER	49
6.1	FRAMTIDA FORSKNING.....	50
7	REFERENSER.....	51

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata
Uppdragsnummer
147808-500

Allmän information

Denna rapport är redovisningen av projektet Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata, som finansieras av Sveriges Byggindustriers Utvecklingsfond, SBUF. Projektet har utförts på Skanska Teknik i Malmö där Ulla Janson varit projektledare och Miroslav Bijelic har utfört alla simuleringar som resultaten i projektet baseras på.

Till projektet är knutet en referensgrupp som består av:

Martin Jansson, NCC
Rikard Thelander, Caverion
Jonas Gräslund, Skanska
Lisa Engqvist, Familjebostäder
Josefine Holmgren, Assemblin
Beate Hedén, Hedén & Co

Referensgruppen har träffats för genomgång av projektet före projektstart med huvudfokus att tillsammans besluta vad som ska varieras i beräkningarna. Gruppen har sedan lämnat synpunkter på rapporten via e-post och slutligen träffats före slutframställandet av rapporten.

Ett varmt tack till referensgruppen och Björn Berggren på Skanska Teknik för värdefulla synpunkter och stöd.

1 BAKGRUND

Energiberäkningar av byggnader syftar till att förutbestämma byggnaders energianvändning i drift. Boverkets byggregler ger rådet att en säkerhetsmarginal skall användas i energiberäkningar. Med detta avses att ha en viss marginal så att kravet på byggnadens beräknade specifika energianvändning förväntas uppfyllas när byggnaden tagits i bruk.

Säkerhetsmarginalen behövs för att hantera osäkerheter i beräkningen. Mycket tyder på att den största delen av osäkerheterna utgörs av brukarberoende faktorer men också hur tillförlitliga de bygg- och installationstekniska indata som används i energiberäkningen är.

Genom att skapa ökad säkerhet kring beräkningsparametrar och minimera skillnaden mellan beräknat och uppmätt värde skapas inte bara en energieffektiv byggnad, den är dessutom kostnadseffektiv.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

Osäkerheter kring bygg- och installationstekniska indata uppstår vid ännu ej fattade beslut; beroende på var ett projekt befinner sig i byggprocessen är osäkerheten i val av konstruktioner och komponenter olika stor. Från en ofta mycket stor osäkerhet i tidigt skede blir valen mer tydliga i systemhandlingsskedet, för att slutligen vara helt säkra vid bygghandling eller färdig byggnad. Eftersom energiberäkningar görs i olika skeden i byggprocessen så är osäkerheten olika stor i de olika skedena. I denna rapport studeras hur dessa osäkerheter kräver olika storlek på säkerhetsmarginal och hur de olika parametrarnas osäkerhet påverkar slutresultatet.

1.1 Projektets omfattning

Projektet omfattar initialt en genomgång av gällande regelverk, tidigare studier och resultat i frågan samt intervju med konsulter som utför energiberäkningar om hur de hanterar säkerhetsmarginaler.

Efter att de osäkra indata som vanligtvis uppkommer i beräkningar är detekterade och beslutade om de ska varieras i denna studie eller ej, kommer det i simuleringar studeras hur dessa parametrar ger upphov till olika behov av säkerhetsmarginaler för energiberäkningar av småhus, flerbostadshus och lokaler.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att skapa ett underlag för val av säkerhetsmarginal vid energiberäkningar med hänsyn tagen till hur stora och många osäkerheter som finns i indata för energiberäkningen. Projektet ska se till både bygg- och installationstekniska indata för energiberäkningar.

Indata kan variera från tidigt skede till bygghandlingsskede, oftast beroende på att beslut avseende material eller konstruktion ännu ej är fattade. Ju närmre byggskedet projektet kommer desto fler beslut är fattade och desto mindre blir osäkerheterna i energiberäkningen. Målet med denna studie är att utreda hur antalet kända indata för en energiberäkning kan bestämma och påverka storleken på beräkningens osäkerhet och ge vägledning för val och rekommendationer av lämpliga marginaler. Frågeställningar som utredningen ska ge svar på är:

- Hur tolkar branschen BBR:s allmänna råd om att säkerhetsmarginal bör användas och vilka tillvägagångssätt tillämpas av branschen idag rent praktiskt?
- Går det att komma fram till rimliga säkerhetsmarginaler beroende på antal kända indata?
- Är osäkerheten på vissa indata mer avgörande för resultatet än andra?
- Hur stor påverkan kan indatas inbördes beroende ha på resultatet?

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

1.3 Avgränsningar

Utredningen kommer att behandla tre byggnadstyper: småhus, flerbostadshus och kontorshus. Projektet omfattar endast osäkerheter i ingående konstruktioner och installationer. För brukarberoende parametrar används standardiserade värden fastställda av Sveby (www.sveby.org).

Det som studeras i denna studie är säkerhetsmarginal beroende på osäkerheter vid indata till energiberäkningar. Andra faktorer som bidrar till osäkerhet och som kan motivera en större säkerhetsmarginal, som exempelvis simuleringsprogrammets uppbyggnad och fel i indata, kommer inte att behandlas i denna utredning. Inte heller osäkerheter vid normalårskorrigerad ingår i denna studie. Faktorer såsom att monterad utrustning ej kontrollerats att den uppfyller angivna prestanda, eller faktorer såsom att en systematisk driftuppföljning och fintrimning ej genomförts, vilket påverkar den slutliga energianvändningen minst lika mycket som variationer i indata, kommer inte heller att behandlas i denna utredning. Vilka osäkerhetsfaktorer och säkerhetsmarginaler som behöver användas och adderas för att kompensera för eventuell avsaknad av processer för att hantera dessa två frågor under bygg- och driftskedet behöver utredas i annat utredningsarbete. Den säkerhetsmarginal som här anges är endast en simuleringsosäkerhet och överensstämmer därför ej med uppmätta säkerhetsmarginaler i verkliga projekt, som inkluderar säkerhetsmarginaler för byggprocess och drifttagning.

För att få korrekt procentuell förändring vid varians av indata kommer endast förändringar i byggnadens uppvärmningsbehov att studeras. Detta innebär att varmvatten ej inkluderas i beräkningen av småhus och flerbostadshus och därmed hanteras inte heller den osäkerhet som finns kring VVC-förluster.

2 LITTERATURSTUDIE

Energiberäkningar på byggnader utförs bland annat för att säkerställa att energikravet i Boverkets byggregler uppfylls (Boverket, 2015). Indata i beräkningarna är dels byggnadsrelaterade med konstruktioner, materialegenskaper och installationer, men även brukarrelaterade med exempelvis vädring och varmvattenanvändning. Det är viktigt att det beräknade resultatet hamnar så nära verkligheten som det går, både för att nå de av beställaren uppställda kraven på energianvändningen, men även för att få ett kostnadsoptimalt projekt för entreprenören.

Denna litteraturstudie syftar till att undersöka hur säkerhetsmarginalen vid energiberäkningar hanteras i tidigare studier och om det finns någon lämplig nivå framtagen. I de fall

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

säkerhetsmarginalen studerats är det även intressant att se vilka parametrar som varierats och hur dessa påverkar det beräknade slutresultatet. Genom att se vilka parametrar som gett stora utfall i tidigare studier kan en bas tas fram för lämpliga variabler för denna studie.

Frågan om rätt säkerhetsmarginal aktualiserades när Boverket förändrade byggreglerna 1 juli 2006. Reglerna gick då från byggnadstekniska detaljkrav till verifierbara funktionskrav och för första gången ställdes krav på högst tillåten specifik energianvändning (kWh/m^2 , år). Energikravet skulle redovisas dels genom beräkning innan byggnaden byggts och sedan skulle verklig energianvändning följas upp när byggnaden tagits i bruk. Skillnaden mellan beräknat och uppmätt energianvändning i en byggnad blev i och med detta mycket aktuell (Boverket, 2010).

I dagens byggregler ges rådet att vid beräkning av byggnadens förväntade specifika energianvändning tillämpa lämpliga säkerhetsmarginaler så att kravet på byggnadens specifika energianvändning uppfylls när byggnaden tagits i bruk (Boverket, 2015). Det anges dock inte vilken nivå på säkerhetsmarginal som ska användas eller hur säkerhetsmarginalen ska adderas; som procentuellt påslag efter färdig beräkning, som påslag på enskilda parametrar i beräkningen eller på annat sätt.

Boverket skriver att säkerhetsmarginalen är beroende av val av beräkningsmetod, kvalitet på indata, utförandekvalitet på byggnadsarbetet mm och det lämnas till den som utför beräkningen att avgöra en rimlig nivå på säkerhetsmarginalen för varje projekt. I ett direkt svar på frågan om lämplig storlek på säkerhetsmarginalen svarar Boverket lika formuleringen i byggreglerna; att det är upp till den som gör beräkningen att avgöra säkerhetsmarginalens storlek (Boverket, 2016).

I ett examensarbete från 2005 studerades orsaker till differenser som uppstår mellan beräknad energiprestanda och uppmätt (Hagengran, P. och Stenberg, K., 2005). Beräkningsprogrammet som användes i denna studie har brister och är långt ifrån så avancerat som dagens beräkningsprogram, vilket ger viss osäkerhet kring om de resultat som presenteras i studien är relevanta med dagens beräkningshjälpmedel. Slutsatserna visar dock att brukarberoende indata har hög påverkan på differenser i resultatet, men även byggnadsrelaterade faktorer påverkar. Studien pekar ut felaktiga areor, antagna inomhustemperaturer, utelämnande av köldbryggor, felaktiga ventilationsflöden, överskattning av solinstrålningen samt överskattning av värmetillskott som de faktorer som påverkar mest.

Köldbryggors osäkerhet är en viktig parameter i energiberäkningar. I en artikel i Energy and Buildings (Berggren, B., Wall, M., 2013) påvisades att kunskapen om hur köldbryggor beräknas är låg i branschen generellt. Köldbryggornas storlek beror bland annat på

Skanska Sverige

Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

byggnadens geometri. Beroende på hur ytan mäts ändras andelen förluster från köldbryggor i förhållande till totala transmissionsförluster. En osäkerhet i byggnadens utformning och tempererad area kommer därför att få mycket stor genomslagskraft på divergens mellan beräknat och uppmätt resultat. Osäkerheten i hur köldbryggor beräknas kan även bli en viktig aspekt om energifrågan delas upp i projekten och om exempelvis arkitekten ger mängder och ytor, konstruktören beräknar U-värde och köldbryggor och energiberäkningen utförs av en tredje part. Om det saknas samsyn mellan dessa tre hur en köldbrygga beräknas kommer avvikelserna bli än större.

Att variationer i energiberäkningarna främst beror på de variabler som är brukarberoende framkom i ännu ett examensarbete från 2005 (Lindell, Å., 2005) Den variabel som står för den enskilt största delen av energiberäkningens spridning är enligt denna studie innetemperaturen. Studien påvisar även att de variabler som är knutna till byggnadens brukare är svårast att bestämma. Även utomhustemperaturen påverkar det beräknade energibehovet mycket, vilket innebär att normalårskorrigerering får stor betydelse, något som presenteras i Svebyrapporten Normalisering av byggnaders energianvändning (Sveby, 2012:1).

Eftersom brukarbeteende har visat sig påverka energianvändningen mycket har standardiserade brukarindata funnits framtaget av exempelvis Stockholm Stad i deras program för miljöanpassat byggande (Stockholms stad, 2004) och som en följd av behovet av mer tillförlitliga indata för brukarbeteende sammanställde Boverket en rapport om vikten av trovärdiga säkerhetsmarginaler i skriften ”Indata för energiberäkningar i kontor och småhus” där brukarrelaterad indata till energiberäkningar fastställdes (Boverket, 2007). Denna har sedan följts av indata publicerat genom Sveby, där indata till energiberäkningar kontinuerligt uppdateras (Sveby, 2016).

Brukardata består i första hand av innetemperatur, behov av ventilation (inklusive vädring), solavskärmning, personvärme, tappvarmvatten, hushållsel, verksamhetsel, belysning och internvärme. Det är svårt att styra hur en brukare använder en byggnad i verkligheten. De stöd som finns för ”standardbrukaren” är en god hjälp på vägen.

För att testa Svebys indata för standardbrukaren i bostäder utlyste Sveby hösten 2010 en energiberäkningstävling (Sveby, 2012:2). Förutom att testa de indatamaterial Sveby tagit fram hoppades man få en uppfattning om beräkningsresultatets spridning och precision jämfört med verkligt uppmätta data. Resultatet visade att tydligare anvisningar behövs i Sveby om hur standardiserade data ska användas men också att resultaten var mycket personberoende, resultaten påvisade behov hos de deltagande av kunskap om tolkning och förståelse av beräkningsresultat. En viktig slutsats från juryn i tävlingen är att det inte går att förvänta sig

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

bättre prognoser än med 10% marginal utan att ha uppmätta värden att kalibrera mätningarna mot.

2.1 Matematiskt framräknade säkerhetsmarginaler

Fokus har länge varit på osäkerheter i brukarrelaterade indata men det är också viktigt att studera de osäkerheter som finns i byggnadens konstruktioner och installationstekniska system. En bra start togs fram i Lindells examensarbete (Lindell, Å. 2005) som tidigare nämnts och som studerade hur mer tillförlitliga energiberäkningar skulle kunna utformas. Här baserades arbetet kring säkerhetsmarginaler för energiberäkningar på att kunna använda samma metod som används för säkerhetsmarginaler för konstruktionstekniska lösningar. Konstruktionsteknikens probabilistiska metoder är väl etablerade. De tidigare konstruktionsmetoderna med säkerhetsmarginaler ersattes redan under 1980-talet mot en dimensioneringsmetod som bygger på probabilistisk teori, den så kallade partialkoefficientmetoden. För byggnadskonstruktion är detta ett arbetssätt som baseras på sannolikhetslära och olika stokastiska variabelers påverkan på utfallet. Genom att använda den konstruktionstekniska metoden för framtagande av säkerhetsmarginaler i energiberäkningar behövs ingen ny metod läras ut till exempelvis materialleverantörer, som redan hanterar metoden för byggnadskonstruktioner.

Resultatet i Lindells examensarbete ledde till fortsatt arbete på LTH med att utveckla metoden och professor Lars Jensen presenterade sin modell, den så kallade Minimala direktmetoden, med matematiskt framräknade säkerhetsmarginaler (Jensen, L. 2008). Metoden bygger på att energianvändningen kan för en given byggnad betraktas som en funktion av alla de ingående osäkra variablerna. Det går att bestämma denna funktion väl, eftersom funktionen beräknas numeriskt med hög noggrannhet. I metoden beskrivs att ingen osäkerhet finns i energianvändningen för givna indata. Det gäller därför först att bestämma energianvändningens känslighet för varje ingående osäker variabel. Beroende på hur olika parametrar korrelerar till varandra och standardavvikelsen på variablerna, blir spridningen av resultaten väldigt olika. För att hantera detta tas i denna studie fram en modell för säkerhetsmarginaler som kallas minimala direktmetoden, en beräkningsmetod som kan användas på alla byggnadstyper och klimatzoner. Genom att räkna sig igenom flertalet beräkningar, där medelvärde och standardavvikelse varieras, fås en modell för att hantera säkerhetsmarginaler i energiberäkningar. Denna metod är tänkt att implementeras i ett beräkningsprogram och inte adderat som ett tillägg på beräkningsresultatet. Metoden kan tillämpas med olika kombinationer med och utan osäkerhet för olika variabelgrupper såsom bygghdata, klimatdata och brukardata. Fortfarande återstår en hel del arbete för att få metoden användbar i praktiken. Exempelvis behövs det tas fram utgångsvärden för medelvärde och

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

standardavvikelse för alla osäkra variabler som ska ingå i beräkningen av årsenergianvändningen och att undersöka hur osäkerhet skall behandlas för variabler som inte är ett enda värde utan en hel tidsföljd över ett helt år, tex klimatdata, hushållsel, fastighetsel, varmvatten och de boendes närvaro.

Jensens teori, att utfallet inte bara varierar beroende på varians på ingående parametrar utan även beroende på korrelationen mellan parametrar, bekräftades i Markussons examensarbete (Markusson, E., 2014). Här studerades hur resultatet i energiberäkningar påverkas i valet av indata. Byggnadens klimatskal samt verksamhetens internlast varierades. Resultatet påvisade att brukarrelaterade data hade mest utslag men även konstruktionsmässiga förändringar gav utslag på resultatet. I denna studie ändrades endast en parameter i taget, vilket endast gav små förändringar i det beräknade resultatet, men i ett fall optimerades alla ingående parametrar och ändringen fick då ett stort utslag. Detta stämmer väl överens med Lars Jensens studie.

Behovet av standardiserade beräkningar finns inte bara i Sverige. I en nytgiven dansk studie har en beräkningsmetod tagits fram som syftar till att minimera skillnaden mellan uppmätt och beräknat värde i energiberäkningar (Petersen, S. 2015). Osäkerheter delas i fyra kategorier; Beräkningsalgoritmer, Klimatdata, Byggparametrar och Brukarbeteende. Beräkningsmetoden går ut på att göra en osäkerhetsbedömning i en sk trepunktsskattning. Som bas används inte standarddata utan en uppskattning av utfallet för respektive parameter/kategori. Alla ingångsvärden i beräkningen betraktas därefter som de sannolika värdena för den färdiga byggnaden, dvs den bästa uppskattningen av verkligheten. Sen uppskattas för varje ingångsparameter ett högre värde (den mest pessimistiska) dels ett lägre värde än det mest sannolika (den mest optimistiska uppskattningen). Med detta som grund beräknas för varje parameter en förväntat maximal respektive minimal energianvändning genom att sätta in alla förväntade utfall, ett efter ett, i energiberäkningen. Sen räknas ett medelvärde ut, en standardavvikelse och en varians. Med detta som bas beräknas ett samlat medelvärde och en samlad standardavvikelse, detta kan dock endast tas fram om de olika beräkningarna är inbördes oberoende. Konfidensintervall väljs beroende på hur nära verkligheten man vill att det beräknade resultatet ska komma. Resultatet av beräkningen blir en övre gräns på den faktiska energianvändningen som med en viss procentsats sannolikhet kommer att underskridas.

Då energiberäkningar är i stort behov av ökad precision har intresset för probabilistiska beräkningsmetoder inom energiområdet ökat. Ett pågående SBUF-projekt (13074) ska genom bland annat Montecarlo-simuleringar försöka definiera en naturlig spridning av beräkningsresultat och därmed storlek på säkerhetsmarginal. En viktig del i detta pågående

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata
Uppdragsnummer
147808-500

projekt är att definiera vilka parametrar som har störst påverkan på variationen av resultat, vilket denna studie fokuserat kring.

I denna studie kommer matematiskt framräknade säkerhetsmarginaler inte att studeras vidare. Däremot kommer de resultat som här presenteras att kunna användas vid val av ingångsdata i framtida studier för att ta fram matematiska modeller, exempelvis i de som utförs i SBUF-projektet 13074.

3 METOD

Tre olika byggnadstyper har simulerats i programmet IDA Indoor Climate and Energy 4.7 (IDA-ICE) småhus, flerbostadshus och kontorsbyggnad. IDA-ICE är ett simuleringsprogram som utför dynamiska flerzonssimuleringar av en byggnads inneklimat och energi- och effektbehov. För att beräkna köldbryggor har programmet Heat-2 använts.

Varje hustyp beräknas initialt med ett grundfall och sedan varieras parametrar, dels var för sig men även i kombination, för att se hur byggnadernas teoretiska energibehov varierar med olika parameters förändringar. Den procentuella skillnaden mellan det beräknade energibehovet i grundfallet och beräknat energibehov vid varians av viss parameter, ger behovet av säkerhetsmarginal för den simulerade variabeln. De parametrar som varieras är kända för att vara svåra att fatta beslut om i tidigt skede och/eller ofta ändras i olika skeden av byggprocessen och därför vara osäkra när den första energiberäkningen utförs. Vilka parametrar som varieras har beslutats i samråd med detta projekts referensgrupp. Olika byggnadstyper har olika osäkerheter. Valet av osäkerhetsparametrar är därför unikt för varje byggnadstyp. Målet är att se vilken säkerhetsmarginal respektive osäkerhet kräver.

Beräkningsresultatet har kompletterats med intervjuer, där konsulter som utför energiberäkningar frågats hur de hanterar säkerhetsmarginalen (Engsvik, J., 2015). Semistrukturerade intervjuer utfördes i detta examensarbete hos 6 olika företag, med konsulter som alla arbetar med att utföra energiberäkningar.

Boverket delar upp indata i fyra kategorier; material och konstruktionsdata, installationsdata, brukardata och klimatdata (Boverket, 2007). De flesta tidigare studier påvisar att brukarrelaterad indata ger störst påverkan på energiberäkningens slutresultat. I denna studie är fokus på osäkerheter för konstruktioner och installationer. För att slippa påverkan från osäkerheter på grund av brukare kommer Svebys standardiserade brukarindata att användas (Sveby, 2016:1).

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

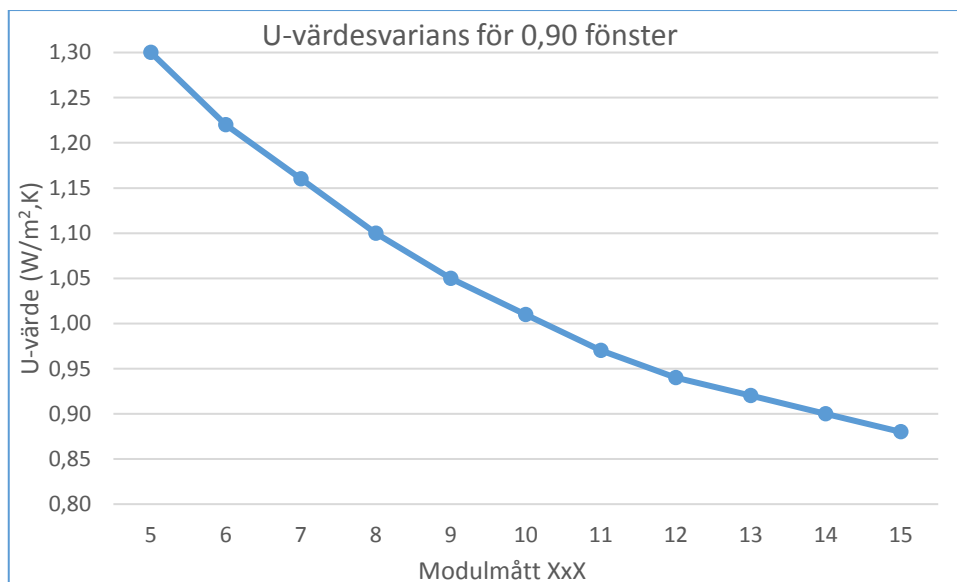
Byggnaderna simuleras med klimatdata för klimatzon IV med en energinivå i grundfallet som max får uppnå 75% av Boverkets krav på energianvändning, gällande byggregler vid denna rapportens framtagande är BBR22 (Boverket, 2015). Orsaken till denna låga energianvändning i grundfallet är för att säkra att det verkligen är den simulerade osäkerheten som slår igenom vid beräkningen och inte en dålig konstruktionsdel som dominerar. Att byggnaderna simuleras i klimatzon IV beror på att energikraven i denna zon skärptes mest när byggreglerna reviderades till BBR22.

3.1 Osäkerheter

Beroende på hur långt projektet kommit i byggprocessen finns olika stora osäkerheter att hantera vid en energiberäkning. Osäkerheterna kan bero på ej ännu fastställda konstruktionstekniska metoder, projektekonomi eller annat. Ju längre projektet framskrider, desto mindre blir spannet för osäkerheter och därmed behov av säkerhetsmarginal. För att ge en ökad förståelse kring denna studies val av variabler och hur osäkerheter kring exempelvis U-värden för olika byggdelar kan uppstå, beskrivs nedan möjliga osäkerheter för tre olika konstruktioner och hur de varierar i beslutsprocessen.

U-värde fönster

Osäkerheten kring fönster kan dels bero på att det fönster som projekteras och vars U-värde används i energiberäkningen sedan inte används i projektet utan en annan produkt köps in. Osäkerheten kan även bero på vilka fönsterstorlekar som slutligen beslutas eller om fönstren har mittpost eller ej. U-värdet för ett fönster varierar med dess storlek och baseras på ett fönster med standardmått om 12x15 M (SS-EN 14351-1:2006). Sambandet för ett fönster där tillverkaren anger att U-värdet är $0,9 \text{ W/m}^2, \text{K}$ och dess varians i U-värde beroende på fönsterstorlek beskrivs i figur 1 (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2007). Figur 1 visar till exempel att ett fönster med måtten 1200 x 1200 mm (modulmått 12 på X-axeln) har ett U-värde på $0,94 \text{ W/m}^2, \text{K}$.



Figur 1: U-värdets varians med modulmålet för ett 0,9-fönster

I ett tidigt skede i byggprocessen kan osäkerheten kring fönsterstorlekar och därmed U-värden vara stort. Det kan bli så att projektet använder 0,90-fönster med mittposter för samtliga fönster, vilket innebär mindre fönsterstorlekar, exempelvis runt 6x15. Men fönstren kan också bli aningen större än förväntat och ha ett U-värde i enlighet med de större modulmåten i Figur 1. Osäkerheten i storlek enligt detta resonemang ger fönster vars U-värde varierar inom intervallet 1,10 W/m²K för de små och 0,85 W/m²K för de större.

I ett senare skede är det rimligt att anta att man är medveten om vilket U-värdeskrav som ställs, om det blir oväntat stora/små fönster och om det ska vara mittposter. Ett projekt med 0,90-fönster kan då troligtvis variera inom intervallet 0,85 - 0,95 W/m²K.

Resonemanget i Tabell 1 utgår från att det i det slutgiltiga alternativet blir ett projekt där U-medelvärdet för samtliga fönster blir 0,96 W/m²K.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Tabell 1: Variation på U-värde fönster i beslutsprocessen

	Tidigt skede	Systemhandling	Bygghandling
Möjlig variation	Storlek och ev mittposter	Storlek	Inga osäkerheter avseende produktval
U-värde min (W/m ² K)	0,90	0,90	0,96
U-värde max (W/m ² K)	1,15	1,00	0,96

Grundkonstruktion

I det tidiga skedet för en grundkonstruktion skulle det kunna vara okänt huruvida det är konstruktivt möjligt att isolera under grundkonstruktionen. Exempelvis kan komplicerade lastfall eller projektekonomi innebära att det inte är genomförbart. Vidare är det ofta garage eller teknikutrymmen i ett källarplan där inomhustemperaturen ej behöver vara hög. I vissa fall är det ”frostfritt” garage, dvs att temperaturkravet för garaget är att inomhustemperaturen skall vara >0°C.

I ett senare skede kan det vara så att mängden isolering har fastställts, men isolerkvalitet och eventuellt fuktinnehåll är okänt. Vid bygghandlingsskede bör samtliga osäkerheter ovan vara utredda och bygghandlingens värmemotstånd/värmeledningkoefficient kan fastställas med stor säkerhet.

I Tabell 2 redovisas hur U-värdet för en grundkonstruktion kan variera under byggprocessen. Exemplet utgår från att det slutgiltiga isoleringsalternativet blir 100 mm cellplast S200, dränerad konstruktion med lågt fuktinnehåll.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Tabell 2: Variation på U-värde för grundkonstruktion under beslutsprocessen

	Tidigt skede	Systemhandling	Bygghandling
Möjlig variation	Mängd isolering och kvalitet. 0-300 mm, S80-S300	Kvalité för isolering och fukttinnehåll	Inga osäkerheter avseende produktval
U-värde min (W/m ² K)	0,11	0,29	0,30
U-värde max (W/m ² K)	2,40	0,38	0,30

Yttervägg

För en ytterväggskonstruktion kan det i tidiga skeden vara okänt hur stor isolermängd som slutligen kommer att inkluderas samt eventuellt även val av byggsystem.

I ett senare skede kan mängden isolering ha fastställts samt byggsystem. Typ/kvalitet för isolering kan dock kvarstå att fastställa. Vid bygghandlingsskede bör samtliga osäkerheter vara utredda och byggdelen värmemotstånd/värmegenomgångskoefficient kan fastställas med stor säkerhet.

I Tabell 3 nedan redovisas hur U-värdet för en ytterväggskonstruktion kan variera beroende på vilka beslut som har hunnit fattas. Exemplet i tabellen utgår från att det i det slutgiltiga alternativet blir en betongsandwichyttervägg med 200 mm cellplast S200, där 4 stick/skär/m² inkluderas i beräkning.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Tabell 3: Variation på U-värde för ytterväggskonstruktion under beslutsprocessen

	Tidigt skede	Systemhandling	Bygghandling
Möjlig variation	Mängd isolering, kvalitet och byggsystem. 150-250 mm, S80-PIR21	Cellplast, Kvalité för isolering S80-C80	Inga osäkerheter avseende produktval
U-värde min (W/m ² K)	0,09	0,15	0,16
U-värde max (W/m ² K)	0,27	0,18	0,16

3.2 Variabler

Följande valda variabler och dess varians beror på uppskattade osäkerheter i olika skeden i byggprocessen.

Köldbryggor

Köldbrygga fönster uppstår vid osäkerheter på grund av val av ytterväggskonstruktion. Köldbrygga fasad/tak har osäkerheter beroende på val av vägg- samt takkonstruktion. Köldbrygga platta uppstår vid osäkerheter för möjlig grundkonstruktion. Köldbryggor för fönsterinsättningar beror på val av väggkonstruktion. Köldbryggor för bjälklagsinfästningar och balkonginfästningar beror också på val av väggkonstruktion samt val av bärande konstruktion.

Indata för köldbryggor baseras på Skanska Teknicks standardiserade arbetssätt för att hantera köldbryggor. Dessa standardiserade värden har sedan fått procentuella påslag.

U-värde fönster

Varians i fönsters U-värde beroende på storlek och eventuella mittposter används enligt tidigare resonemang, se Figur 1.

Lufttäthet

Otätheter i klimatskalet beror på val av konstruktion på exempelvis yttervägg (prefab eller platsbyggt). Indata baseras på Eliassons examensarbete om lufttäthet (Eliasson, E., 2010). I

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

detta arbete mättes lufttätheten i ett par hus med viss rimlig spridning och resultaten är basen i valet av parametrar i denna studie.

Tryckfall

SFP varierar med nedsmutningsgrad på filter. Smutsen orsakar tryckfall, vilka varierar i denna studie. Som bas för indata har SBUF-rapporten om luftbehandlingssystem i energiberäkningar använts (Flawn Orpana, L., 2015).

Verkningsgrad FTX

Temperaturverkningsgradens varians beror för småhus och flerbostadshus främst på hur avfrostning hanteras. För kontor med en eventuell batteriväxlare är det avgörande för verkningsgraden om en pump eller en trevägsventil används. Som indata i detta arbete har använts vanligt förekommande verkningsgrader angivna av aggregatfabrikanter samt uppmätta verkningsgrader i Skanska Sveriges mätdatabas.

Framledningstemperatur tilluft

Det finns ingen standard på tilluftstemperatur, vilket ger utrymme för osäkerheter. I denna studie simuleras normalt använda temperaturer i projekt med varians på enstaka grader.

3.3 Indata småhus

Modellen på det småhus som byggts upp i simuleringsmodellen för denna studie är ett på marknaden vanligt förekommande, i ett och ett halvt plan med en A_{temp} på 152 m², se Figur 2. Byggnaden ventileras med FTX, värms med radiatorkrets och energiförsörjningen består av en eldriven värmepump.

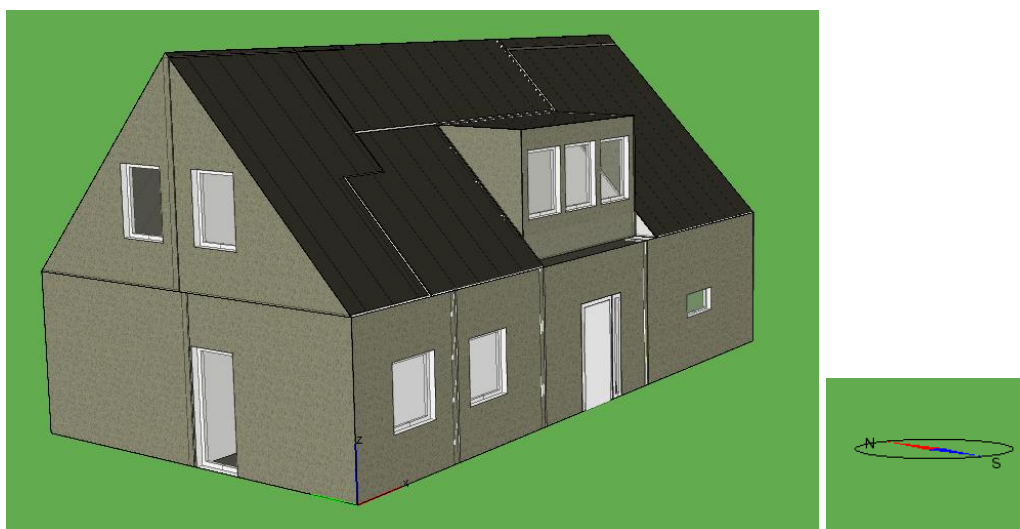
Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15



Figur 2: Småhus i simulering

Variabler för småhus samt dess data i grundfallet redovisas i Tabell 4.

Tabell 4: Beräkningsvariabler för småhus

Variabel	Värde i grundfallet (GF)	Kommentar
Klimatfil	Malmö – Sturup	Klimatfiler från SVEBY - SMHI
Yttervägg	U-värde 0,087 W/m ² ,K	Utfackningsväggar isolering 500 mm
Tak	U- värde 0,079 W/m ² ,K	Takstolar cc 1200 med 500 mm isolering
Grund	U- värde 0,087 W/m ² ,K	150 betong+400 isol.
Fönster	U-värde 1,0 W/m ² ,K	Fönster mot olika väderstreck Glas: g = 0.5 t=0,70
Köldbrygga 1 fönster	0,039 W/m	
Köldbrygga 2 fasad/tak	0,027 W/m	

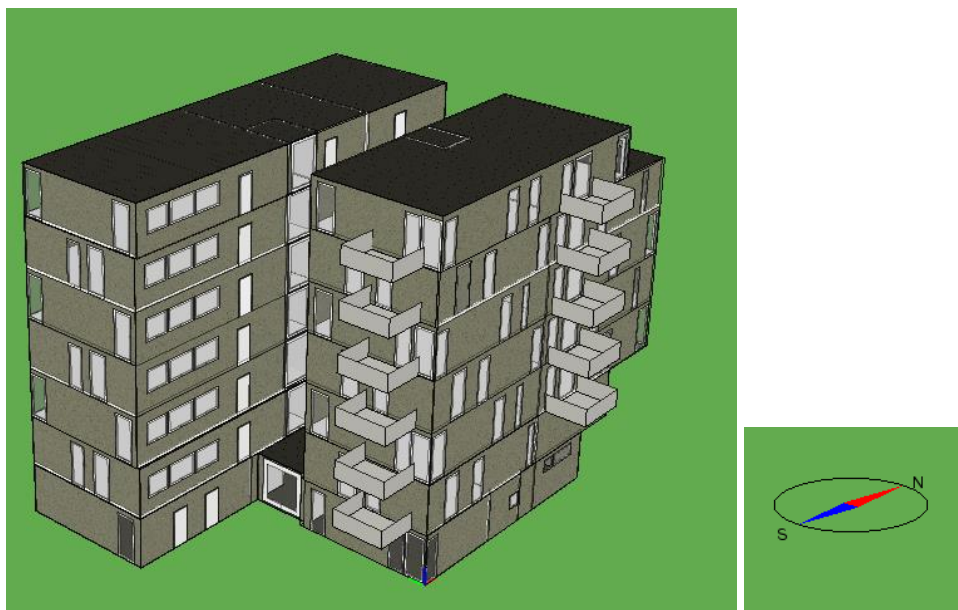
SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Köldbrygga 3 platta	0,154 W/m	
η_{FTX}	80%	
Luftomsättning	0,35 l/s,m ² A _{temp}	
Inomhustemperatur	21 °C	Tilluftstemp 19 °C
Klimatskalets lufttäthet	0,2 l/s,m ²	
Fönsterandel	4%	Fönster/klimatskal
Köldbryggeandel	12,5%	Köldbryggeandel av transmissionsförluster
A _{temp}	152 m ²	

3.4 Flerbostadshus

Flerbostadshuset som används vid beräkningarna i denna studie är en byggnad i 6 plan, med en A_{temp} på 2354 m², uppvärmning via radiatorkrets, ventilerad med FTX och fjärrvärme som energikälla, se Figur 3.



Figur 3: Flerbostadshus i simulering

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

Variabler för flerbostadshus samt dess data i grundfallet redovisas i Tabell 5.

Tabell 5: Beräkningsvariabler för flerbostadshus

Variabel	Värde i grundfallet (GF)	Kommentar
Klimatfil	Malmö – Sturup	Klimatfiler från SVEBY - SMHI
Yttervägg	U-värde 0,12 samt 0,17 W/m ² ,K	Sandwichkonstruktion, 70-220-120 samt 70-220-120 + 10 iso
Tak	U- värde 0,10 W/m ² ,K	150 btg + 400 iso
Grund	U- värde 0,125 W/m ² ,K	200 btg + 300 iso
Fönster	U-värde 1,0 W/m ² ,K	Fönster mot olika väderstreck Glas: g = 0.49 t=0,71
Köldbrygga 1 fönster	0,109 W/m	
Köldbrygga 2 bjälklag	0,024 W/m	
Köldbrygga 3 balkong	0,46 W/m	
η_{FTX}	80%	
Luftomsättning	0,38 l/s,m ² A _{temp}	
Inomhustemperatur	21 °C	
Framledningstemperatur tilluft	19 °C	
Klimatskalets lufttäthet	0,3 l/s,m ²	
Tryckfall frånluft	450 Pa	
Fönsterandel	15,7%	Fönster/klimatskal

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

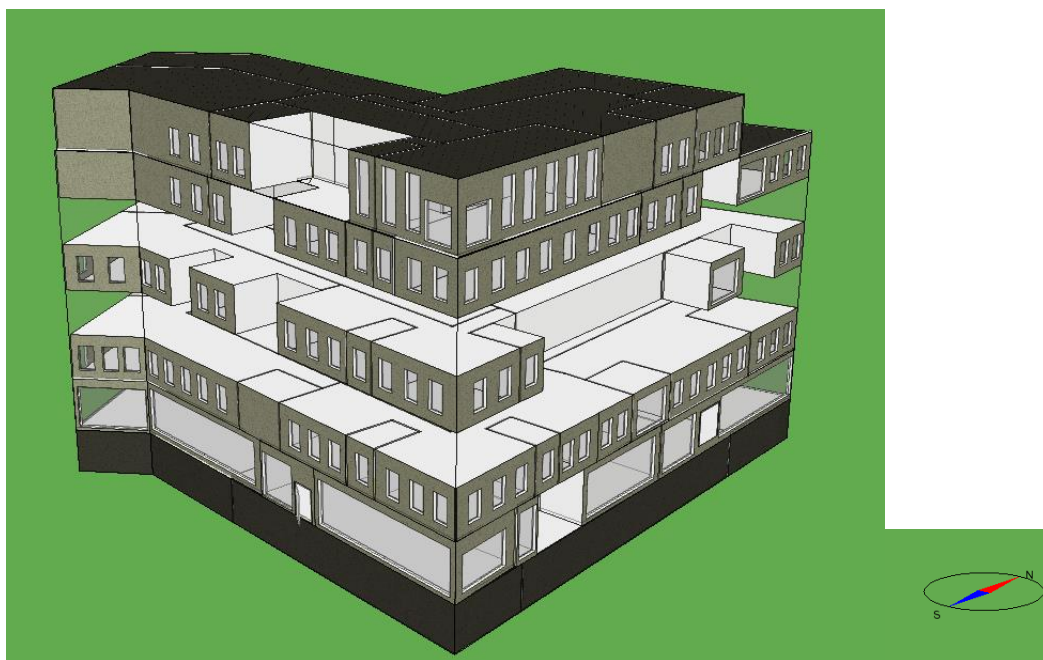
Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

Köldbryggeandel	26,5%	Köldbryggeandel av transmissionsförluster
Atemp	2354 m ²	

3.5 Kontor

Kontorsbyggnaden som används vid simuleringarna är en betongkonstruktion med platt tak enligt Figur 4.



Figur 4: Bild på den simulerade kontorsbyggnaden

Variabler för kontor samt dess data i grundfallet redovisas i Tabell 6.

Tabell 6: Beräkningsvariabler för kontor

Variabel	Värde i grundfallet (GF)	Kommentar
Klimatfil	Köpenhamn	Klimatfil från ASHRAE
Yttervägg	U-värde 0,197 samt 0,172 W/m ² ,K	Långa sidor: 150 btg 200 iso 200 btg

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum

2017-01-15

		Gavel: 250 btg 220 iso 80 btg
Tak	U- värde 0,09 samt 0,14 W/m ² ,K	400 iso samt 250 iso (plan 6)
Grund	U- värde 0,32 samt 0,42 W/m ² ,K	
Fönster	U-värde 0,96 W/m ² ,K	Glas: g = 0.28
Köldbrygga 1 fönster	0,237 W/m	
Köldbrygga 2 bjälklag	0,020 W/m	
η_{FTX}	70%	
Luftomsättning	Grundflöde: 9,1 m ³ /s Totalt 10,8 m ³ /s.	Forcering i mötesrum och restaurangen, övrigt CAV.
Inomhustemperatur	Radiatorer styr mot rumstemp 21,5 °C Kylbafflar styr mot rumstemp 23 °C Garage 10 °C (frostfritt)	Kylbehov försörjs från borrhålslager, DGC. Processkyla medräknas ej.
Framledningstemperatur tilluft	20 °C	
Klimatskalets lufttäthet	0,5 l/s,m ² A _{temp}	
Tryckfall frånluft	450 Pa	
Fönsterandel	17,7%	Fönster/klimatskal
Köldbryggeandel	22,8%	Köldbryggeandel av transmissionsförluster
Atemp	7921 m ²	

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

4 RESULTAT

4.1 Småhus

Den konstruktion på småhus som initialt valdes att simuleras ventilerades med ett FTX-aggregat och värmdes med en radiatorkrets, med fjärrvärme som energikälla. Trots mycket låga U-värden på klimatskalet och hög verkningsgrad på FTX-aggregatet lyckades inte det i detta projekt uppsatta energimålet på 75% av BBRs krav ($60 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$) att nås.

Istället används i denna studie samma småhus, med radiatorkrets och FTX-aggregat, men kompletterat med en värmepump för uppvärmning och varmvatten. Byggnaden simuleras att i grundfallet använda $35,4 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ för uppvärmning, varmvatten och fastighetsel. På grund av värmepumpen klassas byggnaden som eluppvärmd, vilket innebär en energikravnivå på 75% av $50 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$ dvs $37,5 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Med en värmepump nås målnivån och detta system används därför vidare i projektet.

För att undvika att varmvattnet påverkar beräkningsresultatet exkluderas detta från beräkningarna. Byggnadens energibehov för grundfallet blir då $25,6 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$.

I Tabell 7 redovisas resultatet av beräkningarna när värdet på köldbryggorna varierar.

Tabell 7: Beräkningsresultat småhus med variation av indata för köldbryggor

	Transmissionsförlust [W/m]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Köldbryggor – Fönster (KF)			
Grundfall (GF)	0,039	25,6	-
Köldbrygga fönster 1 (GF+10%) (KF1)	0,043	25,7	0,4
Köldbrygga fönster 2 (GF+20%) (KF2)	0,047	25,7	0,4
Köldbrygga fönster 3 (GF+30%) (KF3)	0,051	25,9	1,2
Köldbryggor – Tak (KT)			

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

Grundfall (GF)	0,027	25,6	-
Köldbrygga tak 1 (GF+10%) (KT1)	0,030	25,6	0
Köldbrygga tak 2 (GF+20%) (KT2)	0,032	25,6	0
Köldbrygga tak 3 (GF+30%) (KT3)	0,035	25,7	0,4
Köldbryggor – Platta (KP)			
Grundfall (GF)	0,154	25,6	-
Köldbrygga platta 1 (GF+10%) (KP1)	0,169	25,7	0,4
Köldbrygga platta 2 (GF+20%) (KP2)	0,185	25,9	1,2
Köldbrygga platta 3 (GF+30%) (KP3)	0,200	26,0	1,6
Kombination köldbryggor fönster/tak/platta (KFTP)			
Grundfall (GF)	0,039/0,027/0,154	35,6	-
Köldbrygga fönster/tak/platta 1 (GF+10%) (KFTP 1)	0,0430/0,03/0,169	25,8	0,8
Köldbrygga fönster/tak/platta 2 (GF+20%) (KFTP 2)	0,047/0,032/0,185	26	1,6
Köldbrygga fönster/tak/platta 3 (GF+30%) (KFTP 3)	0,051/0,035/0,200	26,3	2,7

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

I Tabell 8 redovisas det beräknade resultatet av byggnadens energibehov när fönstrets U-värde varierar.

Tabell 8: Beräkningsresultat småhus med variation av indata för U-värde fönster

	U-värde [W/m ² K]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	1,0	25,6	-
Fönster 1 (UF1)	0,9	25,1	-2,0
Fönster 2 (UF2)	1,1	26,1	2,0
Fönster 3 (UF3)	1,2	26,6	3,9

I Tabell 9 redovisas det beräknade resultatet av byggnadens energibehov när verkningsgraden på ventilationsaggregatet varierar.

Tabell 9: Beräkningsresultat småhus med variation av indata för verkningsgrad FTX (η)

	η [%]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	80	25,6	-
Verkningsgrad 1 (η_1)	75	27,7	8,2
Verkningsgrad 2 (η_2)	85	23,8	-7,0
Verkningsgrad 3 (η_3)	90	23,2	-9,4

4.2 Flerbostadshus

Energibehovet för byggnaden i grundfallet beräknas till 60,6 kWh/m²,år. Kravet som är ställt i projektet är att byggnaden endast ska behöva 75% av den tillåtna energinivån i BBR, i zon IV är detta 56,3 kWh/m²,år. Vi valde att behålla fjärrvärme som energikälla i detta projekt och inte inkludera en värmepump. Det innebär att energibehovet för flerbostadshuset är 80% av

kravet i BBR. Beräknat energibehov för uppvärmning och fastighetsel (grundfallet; GF) är 35,6 kWh/m²,år.

I Tabell 10 redovisas byggnadens beräknade energibehov när värdet på köldbryggor ändras.

Tabell 10: Beräkningsresultat flerbostadshus med variation av indata för köldbryggor

	Transmissionsförlust [W/m]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Köldbryggor – Fönster (KF)			
Grundfall (GF)	0,109	35,6	-
Köldbrygga fönster 1 (GF+10%) (KF1)	0,120	36,1	1,4
Köldbrygga fönster 2 (GF+20%) (KF2)	0,131	36,5	2,5
Köldbrygga fönster 3 (GF+30%) (KF3)	0,142	37	3,9
Köldbryggor - Bjälklag			
Grundfall (GF)	0,024	35,6	-
Köldbrygga bjälklag 1 (GF+10%) (KB1)	0,026	35,6	0
Köldbrygga bjälklag 2 (GF+20%) (KB2)	0,029	35,7	0,3
Köldbrygga bjälklag 3 (GF+30%) (KB3)	0,031	35,8	0,6
Köldbryggor – Balkong (KBa)			
Grundfall (GF)	0,46	35,6	-

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum

2017-01-15

Köldbrygga balkong 1 (GF+10%) (KBa1)	0,506	35,6	0,3
Köldbrygga balkong 2 (GF+20%) (KBa2)	0,552	35,7	0,8
Köldbrygga balkong 3 (GF+30%) (KBa3)	0,598	35,8	1,1
Kombination köldbryggor fönster/bjälklag/balkong (KFBBa)			
Grundfall (GF)	0,109/0,024/0,46	35,6	-
Köldbrygga fönster/bjälklag/balkong 1 (GF+10%) (KFBBa1)	0,12/0,026/0,506	36,2	1,7
Köldbrygga fönster/bjälklag/balkong 2 (GF+20%) (KFBBa2)	0,131/0,029/0,552	36,9	3,7
Köldbrygga fönster/bjälklag/balkong 3 (GF+30%) (KFBBa3)	0,142/0,031/0,598	37,6	5,6

I Tabell 11 redovisas hur det beräknade energibehovet varierar med olika U-värden på fönster.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Tabell 11: Beräkningsresultat flerbostadshus med variation av indata för U-värde fönster

	U-värde [W/m ² K]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	1,0	35,6	-
Fönster 1	0,9	34,2	-3,9
Fönster 2	1,1	37,0	3,9
Fönster 3	1,2	38,5	8,1

I Tabell 12 redovisas hur byggnadens beräknade energibehov varierar vid olika verkningsgrader på FTX-aggregatet.

Tabell 12: Beräkningsresultat flerbostadshus med variation av indata för verkningsgrad FTX (η)

	η [%]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	80	35,6	-
Verkningsgrad 1	75	37,4	5,1
Verkningsgrad 2	85	34,1	-4,2
Verkningsgrad 3	90	33,3	-6,5

SFP-talet varierar genom att tryckfallet på till- och frånluftsidan varierar. I Tabell 13 redovisas hur det beräknade energibehovet varierar med olika tryckfall.

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum

2017-01-15

Tabell 13: Beräkningsresultat flerbostadshus med variation av tryckfall kanalsystem

	P tilluft/frånluft [Pa]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	450/450	35,6	-
Tryckfall 1 (P1)	350/350	34,5	-3,1
Tryckfall 2 (P2)	550/550	36,7	3,1
Tryckfall 3 (P3)	600/600	37,3	4,8

I Tabell 14 redovisas hur det beräknade energibehovet varierar med tilluftens framledningstemperatur.

Skanska Sverige
Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

Tabell 14: Beräkningsresultat flerbostadshus med variation av indata för framledningstemperatur tilluft

	Temperatur [°C]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	19	35,6	-
Temperatur 1 (FLT1)	18	36,1	1,4
Temperatur 2 (FLT2)	21	35,6	0
Temperatur 3 (FLT3)	20	33,3	-0,3

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

4.3 Kontor

Energibehovet för kontor i grundfallet är 54,9 kWh/m²,år för uppvärmning, varmvatten, kyla och fastighetsel, där varmvatten är satt till 3 kWh/m²,år baserat på erfarenhetsvärden hos beställaren. Det uppställda energikravet på 75% av BBR är 58,7 kWh/m²,år.

I Tabell 15 redovisas hur det beräknade energibehovet varierar vid olika indata på köldbryggor.

Tabell 15: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för köldbryggor

	Transmissionsförlust [W/m]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Köldbryggor – Fönster (KF)			
Grundfall (GF)	0,237	54,9	-
Köldbrygga fönster 1 (GF+10%) (KF1)	0,261	55,5	1,1
Köldbrygga fönster 2 (GF+20%) (KF2)	0,284	56,0	2,0
Köldbrygga fönster 3 (GF+30%) (KF3)	0,308	56,6	3,1
Köldbryggor – Bjälklag (KB)			
Grundfall (GF)	0,020	54,9	-
Köldbrygga bjälklag 1 (GF+10%) (KB1)	0,022	54,9	0
Köldbrygga bjälklag 2 (GF+20%) (KB2)	0,024	54,9	0
Köldbrygga bjälklag 3 (GF+30%) (KB3)	0,026	55,0	0,2

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum

2017-01-15

Köldbryggor – Kombination fönster/bjälklag (KFB)			
Grundfall (GF)	0,237/0,022	54,9	-
Köldbrygga bjälklag 1 (GF+10%) (KFB1)	0,261/0,022	55,5	1,1
Köldbrygga bjälklag 2 (GF+20%) (KFB2)	0,284/0,024	56,2	2,4
Köldbrygga bjälklag 3 (GF+30%) (KFB3)	0,308/0,026	56,7	3,3

Det beräknade energibehovet vid olika U-värden på fönster presenteras i Tabell 16.

Tabell 16: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för U-värde fönster

	U-värde [W/m ² K]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	0,96	54,9	-
Fönster 1 (UF1)	0,9	54,1	-1,5
Fönster 2 (UF2)	1,05	55,9	1,8
Fönster 3 (UF3)	1,15	57,1	4,0

Hur det beräknade energibehovet för kontorsbyggnaden varierar vid olika verkningsgrader på FTX-aggregatet presenteras i Tabell 17.

Tabell 17: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för verkningsgrad FTX (η)

	η [%]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	70	54,9	-
Verkningsgrad 1 (η_1)	75	52,1	-5,1
Verkningsgrad 2 (η_2)	80	49,6	-9,7
Verkningsgrad 3 (η_3)	85	47,5	-13,5

SFP-talet varierar genom att tryckfallet på till- och frånluftsidan varierar (P). För detta system finns två avluftshuvar, vilket innebär att två tryckuppsättningar varierar enligt Tabell 18.

Tabell 18: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för SFP-tal

	P tilluft/frånluft [Pa]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	450/360 samt 456/300	54,9	-
Tryckfall 1 (-100 Pa) (P1)	350/260 samt 356/200	53,1	-3,3
Tryckfall 2 (+100 Pa) (P2)	550/460 samt 556/400	56,6	3,1
Tryckfall 3 (+200 Pa) (P3)	650/560 samt 656/500	58,4	6,4

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

I Tabell 19 redovisas hur det beräknade energibehovet för kontorsbyggnaden varierar vid olika inblåsningstemperaturer.

Tabell 19: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för framledningstemperatur tilluft

	Temperatur [°C]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	20	54,9	-
Temperatur 1 (FLT1)	19	54,1	-1,5
Temperatur 2 (FLT2)	18	54,0	-1,6
Temperatur 3 (FLT3)	17	54,6	-0,5

Hur otätheter i klimatskalet påverkar energibehovet redovisas i Tabell 20.

Tabell 20: Beräkningsresultat kontor med variation av indata för otätheter i klimatskalet

	Luftläckage [l/s,m ²]	Energibehov byggnad [kWh/m ² ,år]	Procentuell skillnad jämfört med grundfall [%]
Grundfall (GF)	0,5	54,9	-
Luftläckage 1 (OTK1)	0,2	52,5	-4,4
Luftläckage 2 (OTK2)	0,6	55,7	1,5
Luftläckage 3 (OTK3)	0,8	57,2	4,2

4.4 Intervjuer

I ett examensarbete som utfördes på Skanska Teknik (Engsvik, 2015) utfördes intervjuer med sju konsulter från sex olika bolag som alla utför energiberäkningar. De fick bland annat svara på frågan om vilka osäkerheter i indata de upplever har stor påverkan på energiberäkningens resultat? Svaren blev att generellt påverkar främst brukarbeteende, hur byggnaden kommer att användas i drift och eventuella parametrar som inte omfattas av Sveby. Vilken typ av verksamhet som byggnaden tillslut kommer att användas till och vilka luftflöden som därmed krävs har också stor påverkan. Byggnadens täthet angavs som viktig samt köldbryggor. Specifikt för flerbostadshus angavs att internvärme från personer, fönsteregenskaper och ventilation påverkade beräkningens resultat och för kontor svarade de konsulter som intervjuades att närvarotid, solavskärmning och fönsteregenskaper ansågs vara de osäkerheter som gav mest utslag på slutresultatet.

Osäkerheter i beräkningarna anger konsulterna hanteras genom dialog med beställaren om vilka antaganden som utförs och att dessa är rimliga. Alternativt antas försämrade eller rent av dåliga värden på exempelvis köldbryggor för att vara säkra på att hamna på säkra sidan. Schabloner och standardiserade indata används och även individuella erfarenhetsvärlden. Även enklare känslighetsanalys och rimlighetsbedömningar utförs.

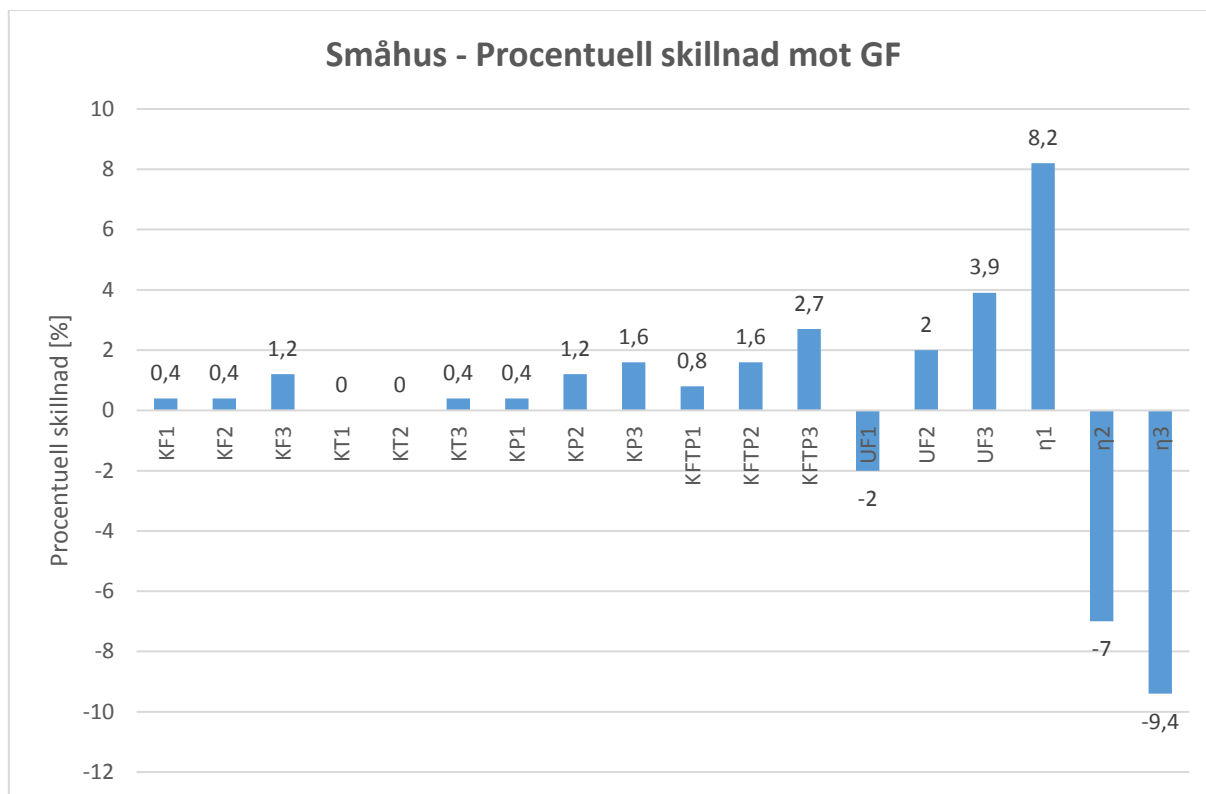
Konsulterna fick också frågan hur de tillämpar BBRs råd om lämpliga säkerhetsmarginaler vid energiberäkningar. Vanligast var att ha ett fast procentuellt påslag på slutresultatet; 10 – 15%. Påslaget kan variera beroende på var i byggskedet man är. Det förekom även att säkerhetsmarginalen togs fram i samråd med kunden baserat på beräkningsresultatet eller att beställaren har egna krav på säkerhetsmarginal.

5 ANALYS

5.1 Olika parametrars påverkan

Genom att sammanställa de olika parametrarnas påverkan på det beräknade resultatet går det att utläsa vilka indata som ger stort utslag och ger behov av stor säkerhetsmarginal och vilka som ger mindre.

Beräkningsresultatet för småhus sammanställs i Figur 5.



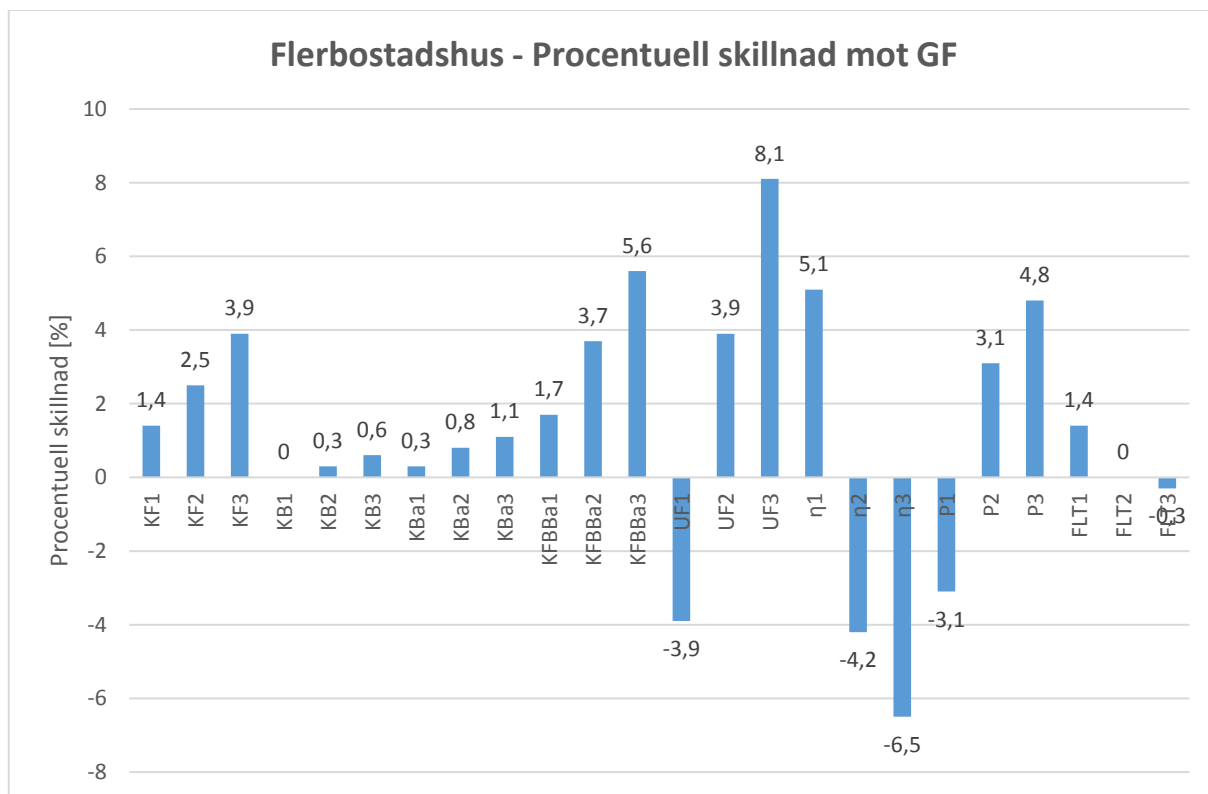
Figur 5: Procentuell skillnad för energianvändningen för ett småhus gentemot grundfallet (GF) för alla variabler.

Den mest betydande parametern för säkerhetsmarginal för småhus är verkningsgraden för FTX-aggregatet. Om verkningsgraden går från grundfallets 80% till 75% ökar energianvändningen för byggnaden med 8,2%. Om verkningsgraden skulle visa sig vara bättre än förväntat och hamna på 90% istället för 80% minskar energibehovet med 9,4%. Den totala variansen mellan högsta och lägsta värde som använts i beräkningen är hela 17,6%. Verkningsgraden bör vara en fråga som lyfts fram tidigt i projekteringen.

Osäkerhet kring U-värde på fönster ger i dessa beräkningar ett behov av säkerhetsmarginal på 5,9%. Genom att tidigt i projektet besluta om storlekar och eventuella mittposter i fönster kan denna osäkerhet minska.

De olika köldbryggorna ger relativt små procentuella förändringar i byggnadens energibehov.

Beräkningsresultatet för flerbostadshus sammanställs i Figur 6.

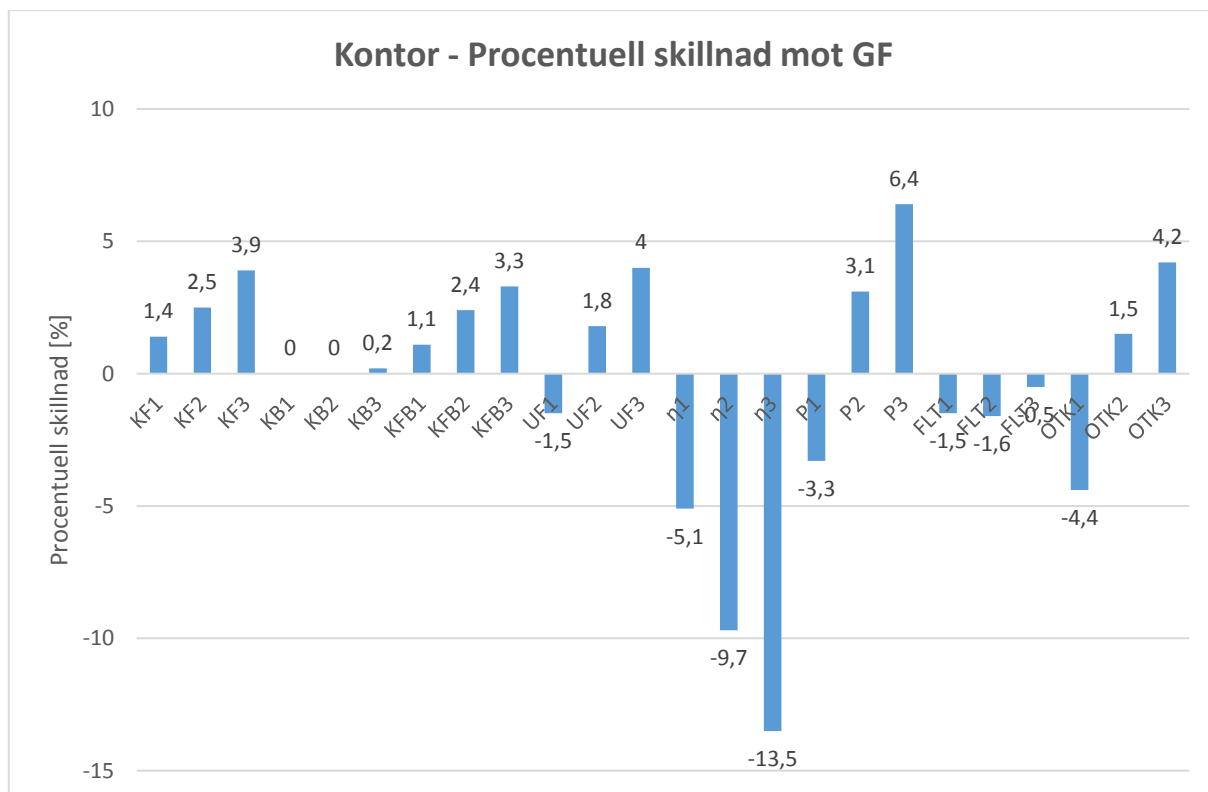


Figur 3: Procentuell skillnad för energianvändningen för ett flerbostadshus gentemot grundfallet (GF) för alla variabler.

För flerbostadshus är det osäkerhet kring U-värde på fönster som ger störst utslag på behovet av säkerhetsmarginal. I denna beräkning, med varians mellan 0,9 W/m²K till 1,2 W/m²K, kan energibehovet för byggnaden variera med hela 12%. För att minimera detta behov av säkerhetsmarginal behöver det tidigt beslutas om fönsterstorlekar och ev mittposter, så att U-värdet som används i beräkningen är så korrekt som möjligt.

Även för flerbostadshus är behovet av säkerhetsmarginal stort om det finns osäkerhet kring verkningsgraden på FTX-aggregatet. Om verkningsgraden är 75% istället för 80% ökar energibehovet för uppvärmning med 5%. Finns det en osäkerhet i projekteringen kring vilket aggregat som ska väljas och därmed en spridning på verkningsgraden från 75 – 90%, finns ett behov av säkerhetsmarginal på över 11%.

Beräkningsresultatet för kontor sammanställs i Figur 7.



Figur 7: Procentuell skillnad för energianvändningen för en kontorsbyggnad gentemot grundfallet (GF) för alla variabler.

Även för kontor är verkningsgraden för FTX betydande för behovet av säkerhetsmarginal. I detta fallet varierar verkningsgraden från 70 till 85%, vilket ger en minskning av energibehovet på 13,5%. Tryckfallet över aggregatet har också stor betydelse. Intressant resultat i beräkningen är att den procentuella skillnaden varierar så pass lite när framledningstemperaturen på tilluft ändras. Det skulle kunna bero på utformningen av ventilationssystemet i det här analyserade kontoret.

5.2 Summerade säkerhetsmarginaler

Varje parameter skapar ett behov av säkerhetsmarginal enligt diskussion ovan. Vissa faktorer påverkar mer och vissa mindre. Om osäkerheternas procentuella påslag summeras kan en uppskattning göras av behov av säkerhetsmarginal i olika skeden.

Att summera beräknade osäkerheter innebär en viss felmarginal. Korrekt skulle vara att göra analyser av alla möjliga kombinationer i simuleringsprogrammet. Men som en snabb uppskattning av säkerhetsmarginalens storlek fungerar en summering. För att se hur stor felmarginal en summering av procentuella skillnader från grundfallet ger gentemot en analys i

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

IDA användes flerbostadshuset som test. Som indata angavs det värsta fallet och både indata och resultat redovisas i Tabell 21. Vid summering av de procentuella påslagen blev resultatet en säkerhetsmarginal på 25% . När samma parametrar sedan används för analys i IDA blev den procentuella skillnaden mot grundfallet 24,4%. Skillnaden mellan att analysera i IDA och summera de olika procentuella skillnaderna mot grundfallen är enligt detta enkla exempel inte betydande.

Tabell 21: Indata och resultat för flerbostadshus ”värsta fallet”

Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Köldbryggor + 30% (KFBBa3)	5,6
U-värde fönster 1,2 (UF3)	8,1
Verkningsgrad FTX 75% (η_1)	5,1
Tryckfall +150 Pa (P3)	4,8
Framledningstemp tilluft 18°C (FLT1)	1,4
Summa	25

Som tidigare diskuterats förändras osäkerheterna genom byggprocessen och ser olika ut för olika byggprojekt. Hur osäkerheter kombineras och summeras påverkar storleken på säkerhetsmarginalen. Här följer två exempel, där den första föreslagna storleken på säkerhetsmarginal baseras på resonemang om sannolika osäkerheter enligt kapitel 3.1. I det andra exemplet antas att ju längre i byggprocessen projektet kommer, desto bättre värden för byggnadens energiprestanda erhålls på indata.

5.2.1 Summering sannolika osäkerhetsscenario

Tidigt skede

I tidigt skede råder ofta osäkerhet kring flera parametrar. För småhuset antas att initialt görs en energiberäkning med 30% påslag på köldbryggor, verkningsgrad på FTX på 75% och U-värden på fönster på 1,2 W/m²,K.

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata
Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

För flerbostadshus antas att i den tidiga projekteringen görs en energiberäkning med 30% påslag på köldbryggor, verkningsgrad på FTX på 75%, påslag på tryckfallet i fläktarna på 150 Pa, framledningstemperatur tilluft på 18 °C och U-värden på fönster på 1,2 W/m²,K.

Kontorsbyggnaden summeras i tidigt skede med köldbryggepåslag på 30%, U-värde på fönster på 1,15 W/m²,K, verkningsgrad på FTX-systemet på 75%, tryckfall över fläktarna med +200 Pa, framledningstemperatur på tilluft är 17 °C och det ofrivilliga luftläckaget 0,8 l/s,m². I Tabell 22 presenteras hur behovet av säkerhetsmarginal då kan se ut för de tre olika byggnadstyperna.

Tabell 22: Behov av säkerhetsmarginal tidigt skede (summerad)

Tidigt skede	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Småhus	Köldbrygga +30% (KFTP3)	2,7
	U-värde fönster 1,2 (UF3)	3,9
	Verkningsgrad FTX 75% (η 1)	8,2
Summa		14,8
Flerbostadshus	Köldbrygga +30% (KFBa3)	5,6
	U-värde fönster 1,2 (UF3)	8,1
	Verkningsgrad FTX 75% (η 1)	5,1
	Tryckfall fläkt +150 (P3)	4,8
	Framledningstemperatur tilluft 18 (FLT1)	1,4
Summa		25
Kontor	Köldbrygga +30% (KFB3)	3,3
	U-värde fönster 1,15 (UF3)	4
	Verkningsgrad FTX 75% (η 1)	-5,1
	Tryckfall fläkt +200 (P3)	6,4

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

	Framledningstemperatur tilluft 17 (FLT3)	-0,5
	Ofrivilligt luftläckage (OTK3)	4,2
Summa		12,3

Behovet av säkerhetsmarginal varierar i tidigt skede med ovan angivna variabler mellan 12% för kontor, 15% för småhus och 25% för flerbostadshuset.

Systemhandling

Kombinationen av osäkerheter i byggprocessen varierar mellan projekt och vilka beslut som är lätta eller svåra att ta. Det är svårt att göra ett generellt antagande om vilka indata som finns i alla typer av projekt i systemhandlingsskedet. Här görs därför en uppskattning om hur stor den summerade säkerhetsmarginalen kan vara enligt resonemang i kapitel 3.1, se Tabell 23.

För småhus antas köldbryggepåslaget vara 20%, U-värde fönster 1,0 W/m²,K och verkningsgrad FTX 85%.

Flerbostadshuset har också köldbryggepåslag på 20%, U-värde fönster 1,0 W/m²,K, verkningsgrad FTX på 85%, tryckfall fläkt på +100Pa och framledningstemperatur på tilluft på 20 °C.

Kontorsbyggnaden antas ha ett köldbryggepåslag på 20%, U-värdet på fönster antas till 0,96 W/m²,K, verkningsgrad FTX 85%, tryckfallet +100Pa, framledningstemperatur tilluft 19 °C och det ofrivilliga luftläckaget 0,6 l/s,m².

Tabell 23: Behov av säkerhetsmarginal systemhandling (summerad)

Systemhandling	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Småhus	Köldbrygga +20% (KFTP2)	1,6
	U-värde fönster 1,0 (GF)	-
	Verkningsgrad FTX 85% (η_2)	-7
Summa		-5,4

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Flerbostadshus	Köldbrygga +20% (KFBBa2)	3,7
	U-värde fönster 1,0 (GF)	-
	Verkningsgrad FTX 85% (η_2)	-4,2
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 20 (FLT3)	-0,3
Summa		2,3
Kontor	Köldbrygga +20% (KFB2)	2,4
	U-värde fönster 0,96 (GF)	-
	Verkningsgrad FTX 85% (η_3)	-13,5
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 19 (FLT1)	-1,5
	Ofrivilligt luftläckage (OTK2)	1,5
Summa		-8

Behovet av säkerhetsmarginal varierar i denna sammanställning och för dessa antagna osäkerheter i systemhandlingskedet mellan 2 – 8%.

Bygghandling

I bygghandlingskedet bör de flesta frågetecken vara utträtade och osäkerheterna små. Behov av säkerhetsmarginal kvarstår dock och i sammanställningen i Tabell 24 antas att för småhus är köldbryggepåslaget +10%, U-värde fönster 0,9 W/m²,K och verkningsgrad FTX 80%.

Flerbostadshuset har köldbryggepåslag på +10%, U-värde fönster 0,9 W/m²,K, verkningsgrad FTX 80%, tryckfall +100Pa och framledningstemperatur tilluft 20 °C.

För kontorsbyggnader antas köldbryggepåslaget till +10%, U-värde fönster 0,96 W/m²,K, verkningsgrad FTX 85%, tryckfall fläkt +100 Pa, framledningstemperatur tilluft 19 °C och ofrivilligt luftläckage 0,2 l/s,m².

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

Tabell 24: Behov av säkerhetsmarginal bygghandling(summerad)

Bygghandling	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Småhus	Köldbrygga +10% (KFTP1)	0,8
	U-värde fönster 0,9 (UF1)	-2
	Verkningsgrad FTX 80% (GF)	-
Summa		-1,2
Flerbostadshus	Köldbrygga +10% (KFBa1)	1,7
	U-värde fönster 0,9 (UF1)	-3,9
	Verkningsgrad FTX 80% (GF)	-
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 20 (FLT3)	-0,3
Summa		0,6
Kontor	Köldbrygga +10% (KFB1)	1,1
	U-värde fönster 0,96 (GF)	-
	Verkningsgrad FTX 85% (η_3)	-13,5
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 19 (FLT1)	-1,5
	Ofrivilligt luftläckage (OTK1)	-4,4
Summa		-15,2

Denna sammanställning ger beräknad säkerhetsmarginal som varierar från nästan ingen alls till 15%.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

5.2.2 Summerad säkerhetsmarginal med ökad förbättring

Nu antas att de osäkerheter som elimineras innebär att de ingående parametrarna ger projektet bättre och bättre energiprestanda.

Småhus

I denna summering av osäkerheter antas att initialt görs en energiberäkning med 30% påslag på köldbryggor, verkningsgrad på FTX på 75% och U-värden på fönster på 1,2 W/m²,K. I andra skedet, i systemhandlingen, är mer känt och då utförs beräkningen med 20% påslag på köldbryggor, verkningsgraden på FTX har höjts till 85% och U-värden på fönster ligger på 1,1 W/m²,K. Vid bygghandlingen är köldbryggepåslaget 10%, verkningsgraden på FTX-systemet uppe i 95% och U-värden på fönster nere på 0,9 W/m²,K, se Tabell 25.

Tabell 25: Behov av säkerhetsmarginal småhus olika skeden

	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Tidigt skede	Köldbrygga +30% (KFTP3)	2,7
	U-värde fönster 1,2 (UF3)	3,9
	Verkningsgrad FTX 75% (η 1)	8,2
Summa		14,8
Systemhandling	Köldbrygga +20% (KFTP2)	1,6
	U-värde fönster 1,1 (UF2)	2
	Verkningsgrad FTX 85% (η 2)	-7
Summa		-3,4
Bygghandling	Köldbrygga +10% (KFTP1)	0,8
	U-värde fönster 0,9 (UF1)	-2
	Verkningsgrad FTX 95% (η 3)	-9,4
Summa		-10,6

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

För småhus varierar enligt denna additionsmetod behovet av säkerhetsmarginal från 15% i tidigt skede till att vara 10% bättre än grundfallet i bygghandlingsskedet.

Flerbostadshus

För summering av osäkerheter för flerbostadshus antas att i den tidiga projekteringen görs en energiberäkning med 30% påslag på köldbryggor, verkningsgrad på FTX på 75%, påslag på tryckfallet i fläktarna på 150 Pa, framledningstemperatur tilluft på 18 °C och U-värde fönster på 1,2 W/m²,K.

I andra skedet, i systemhandlingen, är fler parametrar kända. Beräkningen utförs med 20% påslag på köldbryggor, U-värden på fönster är 1,1 W/m²,K, verkningsgraden på FTX har höjts till 85%, tryckfallet över fläktarna är satt till +100 Pa och framledningstemperaturen på tilluften är 21 °C.

Vid bygghandlingen är köldbryggepåslaget 10%, verkningsgraden på FTX-systemet 90%, U-värden på fönster är 0,9 W/m²,K, tryckfallet över fläktarna -100Pa och framledningstemperaturen på tilluften är 20 °C, se Tabell 26.

Tabell 26: Behov av säkerhetsmarginal flerbostadshus olika skeden

	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Tidigt skede	Köldbrygga +30% (KFBBa3)	5,6
	U-värde fönster 1,2 (UF3)	8,1
	Verkningsgrad FTX 75% (η_1)	5,1
	Tryckfall fläkt +150 (P3)	4,8
	Framledningstemperatur tilluft 18 (FLT1)	1,4
Summa		25
Systemhandling	Köldbrygga +20% (KFBBa2)	3,7
	U-värde fönster 1,1 (UF2)	3,9

	Verkningsgrad FTX 85% (η_2)	-4,2
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 21 (FLT2)	0
Summa		6,5
Bygghandling	Köldbrygga +10% (KFBBa1)	1,7
	U-värde fönster 0,9 (UF1)	-3,9
	Verkningsgrad FTX 90% (η_3)	-6,5
	Tryckfall fläkt -100 (P1)	-3,1
	Framledningstemperatur tilluft 20 (FLT3)	-0,3
Summa		-12,1

Flerbostadshus får med denna additionsmetod ett behov av säkerhetsmarginal som varierar från 25% i tidigt skede till att vara 12% bättre i bygghandlingsskedet.

Kontor

I tidigt skede summeras kontorsbyggnaden med köldbryggepåslag på 30%, U-värde på fönster på 1,15 W/m²,K, verkningsgrad på FTX-systemet på 75%, tryckfall över fläktarna med +200 Pa, framledningstemperatur på tilluft är 17 °C och det ofrivilliga luftläckaget 0,8 l/s,m².

I systemhandlingen antas köldbryggepåslaget vara 20% jämfört med grundfallet, U-värde på fönster 1,05 W/m²,K, verkningsgrad FTX 80%, tryckfall över fläktarna +100 Pa, framledningstemperaturen på tilluften är 18 °C och det ofrivilliga luftläckaget 0,6 l/s,m².

Vid bygghandling är köldbryggepåslaget 10%, U-värde fönster 0,9 W/m²,K, verkningsgrad FTX 85%, tryckfall över fläktar -100 Pa, framledningstemperaturen på tilluften är 19 °C och det ofrivilliga luftläckaget 0,2 l/s,m², se Tabell 27.

Skanska Sverige
Teknik

Malmö
Skapad av
Ulla Janson

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i
energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer
147808-500

Datum
2017-01-15

Tabell 27: Behov av säkerhetsmarginal kontor olika skeden

	Variabel	Beräknad procentuell skillnad mot grundfall
Tidigt skede	Köldbrygga +30% (KFB3)	3,3
	U-värde fönster 1,15 (UF3)	4
	Verkningsgrad FTX 75% (η 1)	-5,1
	Tryckfall fläkt +200 (P3)	6,4
	Framledningstemperatur tilluft 17 (FLT3)	-0,5
	Ofrivilligt luftläckage (OTK3)	4,2
Summa		12,3
Systemhandling	Köldbrygga +20% (KFB2)	2,4
	U-värde fönster 1,05 (UF2)	1,8
	Verkningsgrad FTX 80% (η 2)	-9,7
	Tryckfall fläkt +100 (P2)	3,1
	Framledningstemperatur tilluft 18 (FLT2)	-1,6
	Ofrivilligt luftläckage (OTK2)	1,5
Summa		-2,5
Bygghandling	Köldbrygga +10% (KFB1)	1,1
	U-värde fönster 0,9 (UF1)	-1,5
	Verkningsgrad FTX 85% (η 3)	-13,5
	Tryckfall fläkt -100 (P1)	-3,3
	Framledningstemperatur tilluft 19 (FLT1)	-1,5

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

	Ofrivilligt luftläckage (OTK1)	-4,4
Summa		-23,1

Kontorsbyggnader behöver enligt denna additionsmetod ha en säkerhetsmarginal på 12% i tidigt skede, för att i bygghandlingsskedet vara 23% under beräknat grundfall.

Att hamna på minus, dvs att säkerhetsmarginalen landar långt under det beräknade grundvärdet är visserligen bra då kundens förväntningar på energiprestanda uppnås. Men kostnaden för projektet blir onödigt stor om säkerhetsmarginalen blir för stor och likaså den extra klimatbelastning som den extra säkerhetsmarginalen ger upphov till i byggnationen.

Varje projekt har sina osäkerheter och sin beslutsprocess vilket ger en viss summerad säkerhetsmarginal. Vissa parametrars osäkerhet påverkar behovet av säkerhetsmarginal positivt och vissa negativt. Minskade osäkerheter ger inte nödvändigtvis minskade behov av säkerhetsmarginaler.

6 SLUTSATSER

Branschen tolkar BBRs krav på säkerhetsmarginal olika, men oftast adderas en säkerhetsmarginal på det beräknade resultatet. Denna säkerhetsmarginal är mellan 10 – 15% på byggnadens beräknade energibehov. Eventuellt skulle denna procentsats kunna härstamma från resultatet i Svebys beräkningstävling, där just 10% nämndes vara behovet på säkerhetsmarginal.

Denna studies beräknade säkerhetsmarginaler varierar mellan att för i tidigt skede behöva vara 12% för kontorsbyggnaden, 15% för småhus och 25% för flerbostadshuset. Flerbostadshuset har en stor andel fönster och fler byggnader borde analyseras för att se om behovet av säkerhetsmarginal i tidigt skede verkligen ska ligga på denna höga nivå.

Beroende på hur beslutsprocessen ser ut och vilka osäkerheter som finns på ingående parametrar förändras behovet av säkerhetsmarginal i byggprocessens skeden olika i olika projekt. Variansen mellan behov av säkerhetsmarginal för de olika byggnadstyperna är betydande. Baserat på resultaten i denna studie är behoven av säkerhetsmarginal för de tre byggnadstyperna så pass olika att det bör övervägas om det i framtiden ska finnas olika säkerhetsmarginaler för olika byggnadstyper.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata
Uppdragsnummer
147808-500

Störst påverkan på behov av säkerhetsmarginaler för småhus och kontor är verkningsgraden på FTX-aggregatet. För flerbostadshus är U-värdet på fönster den parameter som ger störst utslag, men detta är även den byggnad som har störst andel fönster vilket kan påverka resultatet. Resultatet med vilka parametrar som ger störst utslag kan användas som underlag vid val av indata vid probabilistiska metoder, lika det arbetssätt som används för byggnadskonstruktioner.

Tidigare studier inom detta område har påvisat att de olika parametrarnas inbördes beroende har stort utslag på slutresultatet. Framst har detta framkommit vid forskning med probabilistiska metoder och har inte varit något som varit signifikant i denna studie.

6.1 Framtida forskning

Den enskilda parameter som gett mest utslag i denna studie är verkningsgraden på FTX. Kring denna procentsats finns inte bara osäkerhet på grund av beslutsprocesser i de enskilda projekten, verkningsgraden på FTX kan även variera mycket mellan uppmätt resultat i laboratoriemiljö och verkligt utfall. En verkningsgrad som skiljer 5% mellan angivet värde och verklig prestanda kan använda upp hela den säkerhetsmarginal på 10% som många konsulter använder. Genom att i framtida forskning mäta verkningsgrad för aggregat i drift för olika verksamheter kan indata i energiberäkningar bli mer precisa och osäkerheten minska.

Varians i fönsters U-värde skapar också ett betydande behov av säkerhetsmarginal. I denna studie är säkerhetsmarginalen som störst för flerbostadshus, och något mindre för lokaler och småhus. Den procentuella andelen fönster i de olika byggnadstyperna varierar mycket och kan eventuellt påverka de beräknade resultatet. Det hade varit intressant att i en framtida studie studera behovet av säkerhetsmarginal dels för olika U-värden, men också beroende på hur stor andel fönster en byggnad har. Detta skulle kunna vara en viktig parameter att inkludera i de probabilistiska beräkningarna framöver.

Det är mycket intressant – och förvånande - att flera av de ingående parametrarna som varierar ger relativt låg förändring på byggnadens energibehov. I en framtida studie borde alla osäkerheter som hör samman med exempelvis beslutsprocessen kring yttervägg varierar tillsammans för att se hur stort behov av säkerhetsmarginal denna kompletta konstruktion behöver.

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

7 REFERENSER

Berggren, B., Wall, M., (2013). Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings, Vol 65, 2013*, pp 331 – 339.

Boverket (2007). *Indata för energiberäkningar i kontor och småhus. En sammanställning av brukarrelaterad indata för elanvändning, personvärme och tappvarmvatten*. Karlskrona, Sverige, 2007.

Boverket (2010) *Uppföljning av nya byggnaders specifika energianvändning*. Karlskrona, Sverige 2010.

Boverket (2015). *Boverkets byggregler, Konsoliderad version: BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2015:3*. Karlskrona, Sverige 2015.

Eliasson, E. (2010) *Att uppnå god lufttäthet. En studie av faktorer som påverkar byggnadens lufttäthet*. Examensarbete 2010:24 Chalmers, Göteborg , Sverige 2010.

Engsvik, J. (2015) *Osäkerheter i energiberäkningar*. KYH Malmö, Sverige 2015.

Flawn Orpana, L. (2015) *Luftbehandlingssystem i energiberäkningar*, SBUF Rapport 12994, Stockholm, Sverige 2015.

Hagengran, P. och Stenberg, K (2005). *Orsaker till differenser mellan beräknad och faktisk energianvändning i nyproducerade flerbostadshus*. KTH Byggetenskap No 349. Stockholm, Sverige, 2005.

Jensen, L (2008). *Analys av osäkerhet i beräkning av energianvändning i hus och utveckling av säkerhetsfaktorer. Direktmetoden*. Avdelningen för installationsteknik, Rapport TVIT--08/7030. Lund, Sverige, 2008.

Lindell, Å. (2005) *Hantering av variationer i energiberäkningar för bostadshus*. LTH, Avdelningen för installationsteknik, Rapport TVIT--05/5007. Lund, Sverige, 2005.

Markusson, E. (2014) *Precision av indata vid energiberäkningar*. Karlstad Universitet, Fakulteten för hälsa, natur och teknikvetenskap, 2014.

Petersen, S. (2015). *Energi&miljö. Publication no., 11 pp 52*. Stockholm, Sverige: EMTF förlag.

Skanska Sverige

Teknik

Malmö

Skapad av

Ulla Janson

Datum

2017-01-15

SBUF 13106 Lämpliga säkerhetsmarginaler i energiberäkningar - säkerhetsmarginal för osäkerheter i indata

Uppdragsnummer

147808-500

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, (2007). *Beräkning av U-värde, Elit Extreme. Rapport P700260D*, Borås, Sverige, 2007.

SS-EN 14351-1:2006. (2006) *SIS - Svensk standard. Fönster och dörrar - Produktstandard, funktionsegenskaper - Del 1: Fönster och ytterdörrar*. Stockholm, Sverige, 2006.

Stockholms stad. (2004). *Program för Miljöanpassat byggande – nybyggnad*. Gatu- och fastighetsnämnden 2004-12-16. Stockholm, Sverige, 2004.

Websidor:

Boverket (2016) <http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/fragor--svar/?pn=10> 2016-11-06

Sveby (2012:1) Normalisering av byggnaders energianvändning. Projekt rapport 2012-01-30 <http://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/77A72DF9-9172-4C68-AE5F-87E0394AEE86%5CFinalReport%5CSBUF%2012342%20Slutrapport%20Normalisering%20av%20byggnadens%20energianv%C3%A4ndning.pdf> 2016-11-12

Sveby (2012:2) <http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2012/01/Etavlingsrapport-Sveby-111003.pdf> 2016-11-12

Sveby (2016) <http://www.sveby.org> 2016-11-12