

HANDBOK FÖR KÖLDBRYGGEBERÄKNINGAR

Etapp 1 Förstudie om behov av framtagande



Björn Berggren och Maria Thörnqvist, Skanska, Stephen Burke, Catrin Heincke, NCC

2019-02-15

FÖRORD

Denna rapport utgör redovisning för SBUF-projektet 13341, ”Handbok för köldbryggsberäkningar - Etapp 1 förundersökning”. Stephen Burke Tekn. Dr. i byggnadsfysik har varit projektledare för uppdraget. I uppdraget har även Björn Berggren varit delaktig med sin expertiskunskap inom området. Björn och Maria Thörnqvist har också hjälpt med framtagandet av rapporten. Catrin Heincke har hjälpt till med framtagandet av rapporten och planering av Workshopen. Per Levin, Projektengagemang, har bidragit med erfarenhet kring hur Köldbryggeberäkningar fungerar i en kontrollerad energiberäkning (d.v.s. Sveby Energiberäkningstävling), och granskat rapporten. Ett tack ska även till Christoffer Maljanovski, NCC för din hjälp med rapporten de sista veckorna.

Till projektet har det även funnits en referensgrupp, för att säkerställa förankring och spridning av projektresultaten i branschen, bestående av Petter Wallentén, Byggnadsfysik LTH, Svante Wijk, NCC, och Mathias Lindskog, Tyrens. Tack för att ni ställde upp i referensgruppen och för erat bidrag till rapporten i form av feedback och förslag på innehåll.

Vi vill tacka alla som var med i Workshopen i Stockholm! Det var roligt att träffas och prata köldbryggor!

Vi vill även tackar SBUF för sitt finansiella stöd för projektet.

Stephen Burke

2019-02-15

SAMMANFATTNING

Dagens byggnader blir allt mer energieffektiva genom en mer välisolerad klimatskärm med låga luftläckage samt hög värmeåtervinning. Ju lägre energibehov en byggnad har desto större procentuell påverkan får värmeförlusterna genom klimatskärmens köldbryggor på byggnadens totala energianvändning.

ISO 10211, Standard för köldbryggeberäkningar, beskriver i detalj, teorin för att beräkna både linjär- och punktköldbryggor i konstruktioner. Beräkningarna är beskrivna på ett sådant sätt att man kan få fram både värmeflöden och yttemperaturer. Standarden även anger att beräkningsmetod skall redovisas i samband med att köldbryggor redovisas. Trots detta är det ovanligt att detta inkluderas i redovisning. Detta är troligtvis på grund av brister i kunskap hos energispecialister som räknar på köldbryggor. Standarden har inte heller mer information om vilket metoder som finns i praktiken och bara redovisa specifikationer för en två- och tredimensionell beräkningsmodell. Litteraturstudien stöder teorin att det finns brister i kunskapen och det framgick i Workshopen att det saknas lätt läst eller pedagogisk information när det gäller köldbryggeberäkningar.

Slutsatsen från förstudien är att det finns en behov för en handbok om köldbryggeberäkningar som förklarar teorin på ett pedagogiskt sätt samt ger exempel på hur man utföra olika typer av beräkningar med olika två och tredimensionellt verktyg. Brist på en sådan bok idag innebär att folk räknar lite olika och inte alltid enligt standarden. Som framkom i SVEBYs energiberäkningstävlingar, kan detta påverka resultaten av både köldbrygge- och energiberäkningar.

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	4
1.1 BAKGRUND	4
1.1.1 <i>Köldbryggeberäkningar enligt ISO 10211</i>	4
1.2 SYFTE	5
2 GENOMFÖRANDE	6
3 RESULTAT	7
3.1 LITTERATURSTUDIENS RESULTAT.....	7
3.2 ENKÄT	7
3.3 ENERGIBERÄKNINGSPROGRAM OCH KÖLDBRYGGOR.....	9
3.4 WORKSHOP	11
3.4.1 <i>Frågor om innehållsbehov i en handbok</i>	11
3.4.1.1 Teori	11
3.4.1.2 Process:.....	11
3.4.1.3 Beräkningsverktyg och mallar:.....	11
3.4.1.4 Beräkningsgenomgång och goda exempel	12
3.4.1.5 Mätning och Uppföljning:.....	12
3.4.1.6 Framtida/Utveckling:	12
3.4.2 <i>Frågan om implementering/kompetensutveckling inom köldbryggeberäkningar</i>	12
3.4.2.1 Skriftligt:.....	12
3.4.2.2 Utbildning	12
3.4.2.3 Exempel.....	12
4 DISKUSSION	13
5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE	14
LITTERATURFÖRTECKNING	15

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Dagens byggnader blir allt mer energieffektiva genom en mer välisolerad klimatskärm med låga luftläckage samt hög värmeåtervinning. Ju lägre energibehov en byggnad har desto större procentuell påverkan får värmeförlusterna genom klimatskärmens köldbryggor på byggnadens totala energianvändning.

I studier har det konstaterats att köldbryggor beräknas och betraktas på olika sätt i branschen, vilket kan leda till missvisande och felaktiga resultat. (Berggren och Wall 2013; Francisco Sierra et al. 2017; Stazi et al. 2014) Detta kan utöver att förväntad energiprestanda inte uppnås, även leda till dålig termisk komfort och problem med styrning av inneklimat. Vanliga fel som görs vid beräkning och hantering av köldbryggor har identifierats och utifrån detta har tips till arkitekter och ingenjörer kring vad som är bra att tänka på i arbetet med köldbryggor tidigare tagits fram (F. Sierra, Bai, och Maksoud 2015).

En jämförelse på hur köldbryggor hanteras av olika energispecialister redovisas i två rapporter från Svebys två energiberäkningstävlingar. Tävligen som genomfördes 2011 gav följande resultat (Boafo et al. 2015):

- De flesta (39 %) redovisade inte köldbryggor
 - Av dessa anger 43 % att köldbryggor inkluderades i angivet U-värde
- Att göra ett procentuellt påslag var relativt vanligt (28 % använde denna metod). Det procentuella påslaget varierade mellan 15–25 %.
- Lika vanligt som procentuellt påslag var kvantifiering av köldbryggor. Kvantifieringen av köldbryggor resulterade i en ökning av transmissionsförlusterna om cirka 15–30 %.

I tävlingen från 2016, varierade bedömningen av köldbryggornas värmeförlust för den utvalda byggnaden med mellan 3 och 30 procent av byggnadens transmissionsförlust genom klimatskalet. I tävlingen användes både beräkningar utgående från ritningsdetaljer samt olika typer och storlekar för procentpåslag.

Ett schablonpåslag för köldbryggor används ofta i tidiga skeden i projekt utan särskilda ambitioner avseende energiprestanda, men andra metoder bör väljas i senare skeden (Levin och Bergsten 2016)(Levin och Snygg 2011). Enligt beräkningar genomförda av NCC under de senaste åren brukar köldbryggorna utgöra en stor del av transmissionsförlusterna genom klimatskärmen för ett välisolerat bostadshus, vilket gör att användningen av schabloner kan ge en grov underskattning av påverkan från köldbryggorna.

Energiberäkningar görs med mer sofistikerade verktyg idag jämfört med i början av 2000-talet. Ofta används geometriska 3D-modeller i simuleringsverktygen och/eller nyttjas 3D-modeller som skapats av andra konsulter som importerar direkt i energiberäkningsprogrammet. Syftet med 3D modeller är vanligtvis att skapa en bättre visuell överblick och/eller att minska modulerings- och/eller att möjliggöra mer komplexa analyser. Nackdelen med detta kan vara att användaren av den specifika mjukvaran ofta inte vet hur mjukvaran tolkar den geometriska informationen och hur köldbryggor hanteras.

1.1.1 Köldbryggeberäkningar enligt ISO 10211

ISO 10211 beskriver i detalj, teorin för att beräkna både linjär- och punktköldbryggor i konstruktioner (ISO 10077-2 för fönster). Beräkningarna är beskrivna på ett sådant sätt att man kan få fram både värmeflöden och yttemperaturer. Standarden refererar till andra standarder när

det gäller materialegenskaper så som termiskt motstånd, isolerings-egenskaper, värmefflöde i mark, samt fukt och hygrotermiska egenskaper. ISO 10211 hänvisar till resultat av 2-D och 3-D beräkningar samt hur man kan bearbeta flödena man får för att beräkna köldbryggan. Standarden redovisar också i Annex A flera referensfall som beräkningsprogram ska klara av både i 2-D och 3-D. Om en programvara för köldbryggeberäkningar inte kan hantera dessa referensfall så bör den inte användas.

Standarden innehåller mycket praktisk information som kan appliceras på alla beräkningsmodeller. Exempel på sådan information är avståndet mellan köldbryggan och det adiabatiska planet (längden på elementet) som ska vara det största av 1m och 3 gånger köldbryggans tjocklek. Ett annat exempel är konstruktioner i kontakt med mark, där marken från insida yttervägg ska fortsätta ut med ett avstånd på 2,5 gånger byggnadens bredd. Även markens djup regleras. Exempelvis ska markens djup under konstruktionen ”platta på mark” vara minst 2,5 gånger byggnadens bredd. Beroende på beräkningens syfte och typ av konstruktion finns flera olika minimimått och anvisning för hur placering av adiabatiska plan ska ske.

Standarden beskriver även hur man ska hantera köldbryggor med flera temperaturer, som exempelvis man har i en krypgrunds-konstruktion. Denna typ av köldbryggor med flera temperaturer kan man dock inte räkna ut med bara mjukvaror. Det kräver en viss mängd handberäkningar för att få ett svar då flera beräkningar med 0°C och 1°C i olika kombinationer ska göras för att sedan räkna ut en viktad köldbrygga. (Swedish Standard Institute 2017)

Nackdelarna med standarden är att den är svårläst, på engelska, inte lättillgänglig och att den endast visar ett fåtal teoretiska exempel. Den visar inte heller praktiska exempel då de flesta beräkningar inte kan utföras för hand och kräver datorprogram. Detta innebär att det kan vara svårt att beräkna köldbryggor i praktiken och att man kan tolka standarden på flera sätt.

Ett exempel är när man ska räkna ut köldbryggan genom en slitsat stålregel. Ett exjobb som gjordes nyligen av Thörnqvist och Rud-Olson (2018) från LTH/Skanska handlade om detta problem. Thörnqvist och Rud-Olson räknade ut U-värdet av olika regelväggskonstruktioner med olika tjocklekar på slitsade stålreglar och även träreglar (för att jämföra). Exjobbet även visade på skillnader mellan stansad och skurna stålreglar samt olika avvikelser mellan beräkningar och leverantörens redovisade U-värde. Storleken på avvikelsen var också olika med olika leverantörer. Exjobbet visade att beräkningen av slitsade stålreglar krävde en väldigt komplex beräkningsmodell i 3D för att klara sådana köldbryggeberäkningar. (Thörnqvist och Rud-Olson 2018)

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med projektet är att utreda om det finns ett behov av en branschgemensam handbok för köldbryggeberäkningar med målet att underlätta för branschen att hantera köldbryggor på ett korrekt och standardiserat sätt. Mer specifikt innehåller etapp 1 i projektet:

- Sammanställa befintlig litteratur om köldbryggor och hanteringen av dessa idag
- Kartlägga hur olika typer av mjukvaror hanterar köldbryggor och areadefinitioner
- Utreda behovet av ett standardiserat förfarande för beräkning av köldbryggor

Om kartläggningen tyder på att köldbryggor hanteras på ett icke tillfredställande sätt är avsikten att i en nästkommande etapp av projektet ta fram ett handfast och konkret förfarande för beräkning av köldbryggor, exempelvis via en handbok till byggtreprenörer/konsulter.

2 GENOMFÖRANDE

Projektet har varit indelat i tre delar, en litteraturstudie där genomförda undersökningar och publikationer sammanställts för att presentera vad som tidigare gjorts inom området. Den andra delen handlar om att kartlägga de mjukvaror som används i branschen och utreda hur de hanterar köldbryggor. Den tredje delen i projektet har handlat om att genomföra en Workshop med energispecialister från branschen för att undersöka hur de hanterar köldbryggor idag samt få feedback om det finns ett intresse för ett standardiserat förfarande för beräkning av köldbryggor och i så fall vilken information saknas idag.

En litteratursökning på hur branschen hantera köldbryggor kring behovet av en branschgemensam handbok för köldbryggsberäkningar gjordes. Litteraturstudien genomfördes genom att söka i Lunds Universitets vetenskapliga databas. Söktermen ”Thermal bridges” användes för att söka på nyckelord och titlar. Genom att avgränsa resultaten till att vara publicerade de senaste fem åren gavs cirka 200 träffar. Sammanfattningen för respektive publikation granskades och därefter minskades mängden till knappt 60 artiklar. Dessa 60 artiklar inkluderas i litteraturstudien. Vid genomgången av de 60 artiklarna, identifierades ca 15st till artiklar från referenserna i de förstnämnda artiklarna. Genom att även inkludera dessa artiklar omfattade litteraturgenomgången totalt 75 artiklar. (Berggren och Wall 2018)

Björn Berggren gjorde en enkätstudie 2010 för att utreda hur branschen hanterar köldbryggor samt hur dessa beräknas. Samma enkätstudie upprepades 2016, då branschen fick en ny chans att besvara frågor kring köldbryggor och hur dessa hanteras och syftet med den andra enkätstudie var att undersöka det aktuella kunskapsläget samt om någon förändring skett jämfört med tidigare enkäten. Totalt ställdes 16 frågor i enkäten. Enkäten baserades på att först fråga de svarande om hur de väljer att kvantifiera en byggnads klimatskal relaterat till energiberäkningar. Därefter ombads de svarande att göra bedömningar av olika fiktiva anslutningar och om dessa skulle öka energiförlusterna genom klimatskalet utöver det som redan inkluderats i byggdelar. Avslutningsvis ställdes frågor kring erfarenhet och hur köldbryggor hanteras i det dagliga arbetet. (Berggren och Wall 2013)

Under januari, 2018 genomfördes en Workshop om köldbryggeberäkningar. Totalt 17st energispecialister, inklusive presentatörer, deltog. Under workshopen presenterades teori om köldbryggor kopplat till EN-ISO standarder, hur köldbryggor hanteras i praktiken och resultatet av litteraturstudien.

Efter teorigenomgången delades den stora gruppen upp i 3 mindre grupper. Vid två tillfällen, fick deltagarna i grupperna 5 minuter att skriva ner sina idéer relaterat till följande frågor:

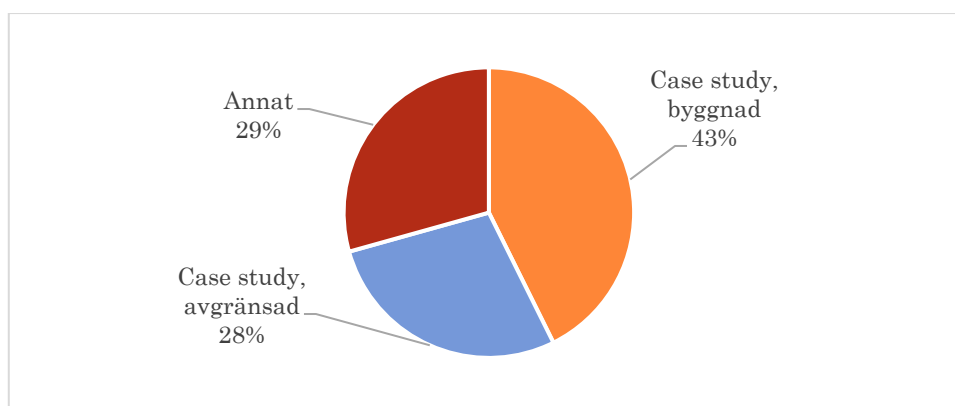
- 1) Vad ska en handbok innehålla? Hur ska man undvika de vanligaste felen? Vilken information saknas idag? Hur kan man granska beräkningar? Hur kan man jämföra beräkningar? Verktyg/mallar?
- 2) Implementering, hur får vi ut informationen? Hur kan man lära ut köldbryggsberäkningar? Hur kan man bygga kompetensen i området? Vad behöver skolorna lära ut? Verktyg?

Efter det hade grupperna en diskussion inom gruppen om resultatet från deltagarna under 15 minuter. Efter diskussionen, fick en representant presentera gruppens resultat och slutsatser inför alla.

3 RESULTAT

3.1 Litteraturstudiens resultat

Av de genomgångna artiklarna är den största delen fallstudier på byggnader där påverkan av köldbryggor inkluderas i studien (43 %). En relativt stor del är fallstudier där köldbryggor studeras i en begränsad omfattning. Exempelvis studeras hur en köldbrygga varierar beroende av fönsterplacering/djup i yttervägg (Francisco Sierra et al. 2017). Resterande del av studierna beskriver vanligtvis utveckling och förslag till metoder för att beräkna och/eller ta hänsyn till köldbryggor. Se även Figur 1.



Figur 1 Fördelning av huvudsakligt innehåll i artiklar som inkluderats i litteraturstudie.

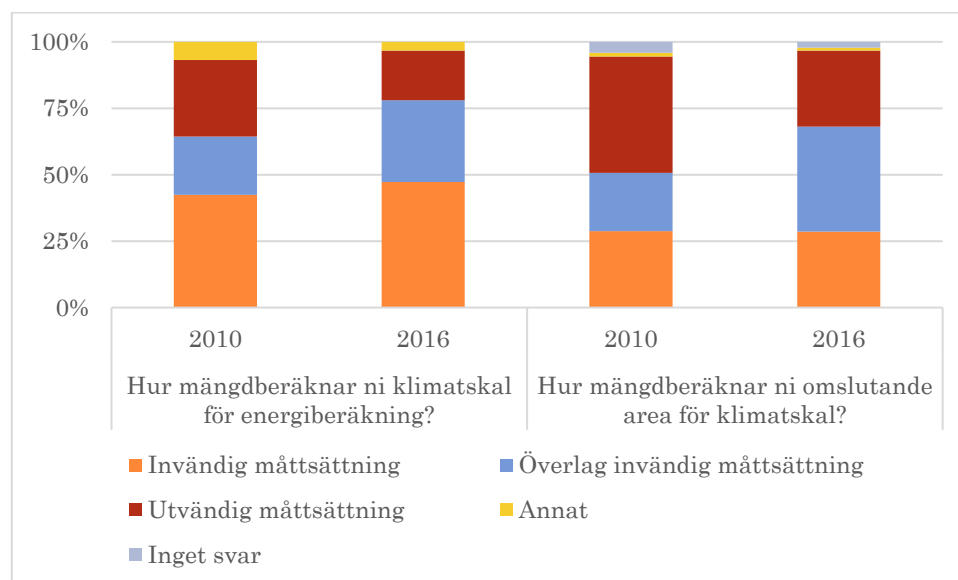
Två studier redovisar tydligt köldbryggors specifika värden och metod för att kvantifiera klimatskal för en hel byggnad (Berggren och Wall 2013; Stazi et al. 2014). Ytterligare två studier presenterar specifika värden för köldbryggor och metod för att kvantifiera klimatskal (Francisco Sierra et al. 2017; F. Sierra, Bai, och Maksoud 2015). I övrigt så görs bedömningen att tidigare studier ej presenteras på ett sådant sätt att resultaten kan användas för vidare studier. Det vanligaste arbetssättet är att studera köldbryggors relativa påverkan, uttryckt i procent. Effekten var vanligtvis mellan 10 % och 30 %. Det finns dock exempel med mindre påverkan (Boafo et al. 2015; Francesco, Giorgio, och Francesco 2015) och mer påverkan (Berggren och Wall 2013; Goulouti et al. 2014), där de lägre värdena är relaterade till äldre byggnader och de högre värdena relaterar till energieffektiva byggnader, motsvarande passivhus.

Flera artiklar hänvisar till EN ISO 10211 (Swedish Standard Institute 2017), Standard för köldbryggeberäkningar. Standarden anger att beräkningsmetod skall redovisas i samband med att köldbryggor redovisas. Trots detta är det ovanligt att detta inkluderas i redovisning. Standarden har inte heller mer information om vilket metoder som finns i praktiken och bara redovisa specifikationer för en två- och tredimensionell beräkningsmodell. Litteraturstudien tyder på att det saknas lätt läst eller pedagogisk information när det gäller köldbryggeberäkningar då det finns väldigt lite information om praktiska metoder som omfattar flera typer av köldbryggeberäkningar.

3.2 Enkät

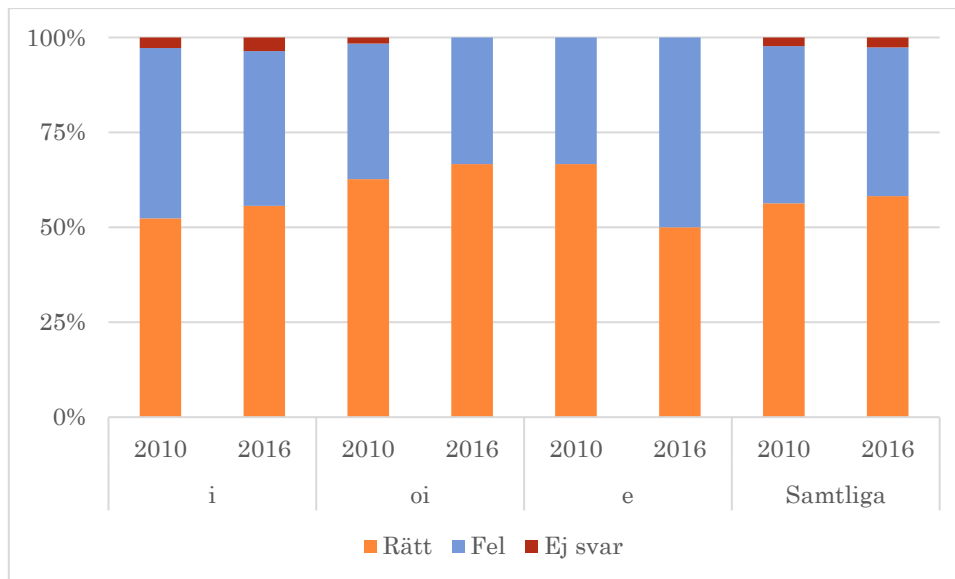
Enkäten skickades ut under två tillfällen, 2010 och 2016. Enkäten 2010 skickades ut till 100 e-postadresser och fick en svarsfrekvens på 73 %. Enkäten 2016 gick ut till 176 e-postadresser och fick en svarsfrekvens om 91 personer vilket motsvarar 52 %. Av de som svarade på enkäten hade 93 % erfarenhet inom energiberäkning, motsvarande för den tidigare enkäten var 84 %. Den största skillnaden mellan de två enkäterna avseende respondenter, är andelen med erfarenhet av energiberäkningar, där en erfarenhet på mer än 5 år har ökat med drygt 10 % mellan 2010 och 2016. Av de 91 respondenter för 2016 hade 13 stycken (14 %) deltagit i enkäten från 2010.

Hur respondenterna kvantifierar areor för energiberäkning och omslutande area har sammanställts i Figur 2. Överlag har invändig måttsättning ökat något vid mängdberäkning för klimatskal, men invändig måttsättning är fortfarande den vanligaste metoden. Gällande omslutande area har utvändig area minskat samtidigt som överlag invändig måttsättning ökat, där överlag invändig måttsättning används av 40% av respondenterna och är därmed den vanligaste måttsättningsmetoden för att bestämma omslutande area. Resultaten visar dock att det inte finns någon måttsättning som kan anses vara norm i Sverige under 2016.



Figur 2 Fördelning av svar avseende mätmetod för att kvantifiera areor för energiberäkningar.

När respondenterna sedan gick vidare i enkäten och ombads tolka olika fiktiva anslutningars inverkan på transmissionsförlusterna genom klimatskalet, analyserades respondenternas svar beroende av vilken måttsättning de angett att de använder för att beräkna A_i . Det vill säga om en anslutning till exempel endast bidrar till ökade transmissionsförluster när invändig måttsättning används och respondenten svarat att transmissionsförlusterna ökar men de har tidigare angett att de använder en utvändig måttsättning, anses deras svar vara inkorrekt. Resultatet har sammanställts i Figur 3 och visar att en liten förändring har skett. Drygt 50 % av svaren är korrekta, med en förflyttning på 2 % fler korrekta svar i studien 2016 gentemot 2010.



Figur 3 Sammanställning av svar avseende om de tolkat anslutningar rätt eller fel.

Köldbryggornas effekt på transmissionsförlusterna genom klimatskalet är beroende av vilken måttdefinition som används. Andra faktorer som har stor påverkan på transmissionsförlusterna är om klimatskalet genomskärs helt eller delvis av ett material med avvikande värmeledningsförmåga, eller om klimatskalets värmemotstånd förändras kraftigt exempelvis genom en förändring i tjocklek på något av de isolerande materialen. Respondenternas svar visar på en god förståelse kring de två sistnämnda faktorerna, då ca 85–95 % av respondenterna svarande korrekt på anslutningar med tillkommande träreglar eller genomskärning av isoleringen i klimatskalet. För dessa anslutningar var den korrekta svarsfrekvensen betydligt högre än anslutningar där köldbryggans inverkan på transmissionsförlusterna beror av använd måttsättning. Andelen korrekta svar för dessa anslutningar var ca 50%. Respondenterna ombads även ange vilken/vilka av tre olika definitioner av köldbryggor, som tas upp ovan, som anses vara korrekt då de presenterades enligt EN ISO 10211 (Swedish Standard Institute 2017). Bara 18 % av respondenterna i den nya undersökningen valde alla 3 definitioner, dock så är detta en ökning från den tidigare studien där 5 % valde alla 3 definitionerna.

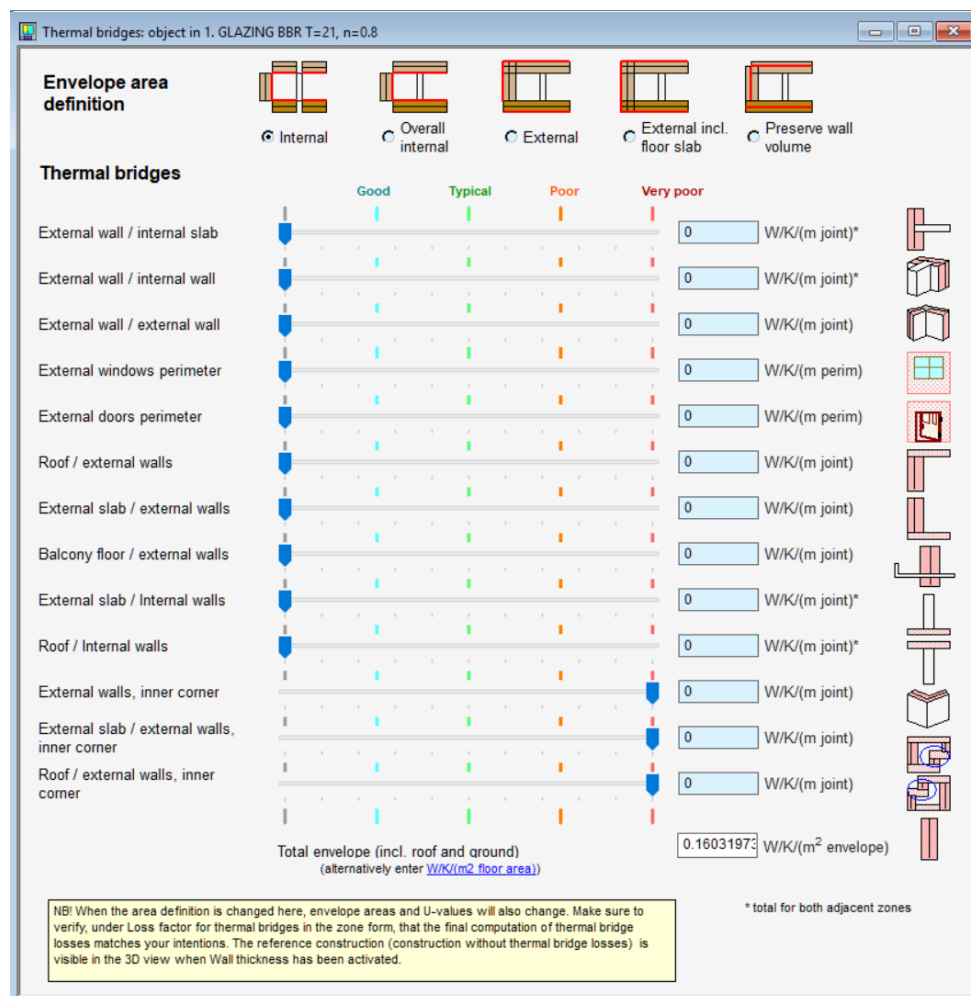
När det gäller hur köldbryggor hanteras, visar resultatet en förflyttning mot förenklingar. I den tidigare studien var den vanligaste metoden att ta fram längder för köldbryggor och antal punktköldbryggor för att sedan multiplicera med standardvärden. Denna metod är i 2016 studien den näst största, där den vanligaste metoden är att öka transmissionsförlusterna med ett procentpåslag, där 60 % använder ett påslag på 20 % eller högre. I den tidigare studien använde 60 % av de som använde påslag, ett påslag på mindre än 20 %. För båda studierna är den minst vanliga metoden att genomföra detaljerade beräkningar med numeriska beräkningsprogram så som HEAT (Blocon AB 2016), Therm (Lawrence Berkeley National Laboratory 2017) eller Flixo (Infomind 2017).

3.3 Energiberäkningsprogram och köldbryggor

Olika energiberäkningsprogram hanterar köldbryggor på olika sätt och det beror på hur de räknar ut energiförluster. Vissa räknar energiförluster genom att använda internarea, andra externarea. Gemensamt är att de använder en variant på U-värde gånger en viss area, eller $U \cdot A$ beräkning. Denna area, A , är kritiskt när man ska välja vilken köldbryggeberäkningsmetod man ska använda.

Två exempel på energiberäkningsprogram och hur de hanterar köldbryggor är IDA-ICE och VIP Energy. Både program dokumentera hur man ska använda köldbryggor i deras program och ett av programmen kan även räkna ut köldbryggor.

Det senaste IDA-ICE har lite olika alternativ. För att försöker locka folk att ta hänsyn till köldbryggor, användes ett enkelt system som visar en skala; ingen – good – typical – poor – very poor där man kan välja den nivå man tror man har i byggnaden, se Figur 4. Till höger om skalan kan man skriva in den totala köldbryggan för olika kopplingar (med ett exempel på varje typ till höger av textlådan) i så fall man har räknat ut alla köldbryggor.



Figur 4: En bild av IDA-ICEs köldbrygga system.

Då räknar programmet ut längderna på kopplingar baserat på 3D beräkningsmodellen. Du kan även definiera vilken area typ du vill använda i din beräkning. Det påverkar hur köldbryggan hanteras samt längden av köldbryggan som energiberäkningsprogrammet använder. Då är det viktigt att matcha beräkningsmetoden med den valde areadefinitionen. Här behöver man ha ett tredjeparts dataprogram såsom HEAT2, HEAT3, Flixo, Therm, UcanPSI, eller Comsol för att kunna räkna ut köldbryggan. Det andra sättet att hantera köldbryggor i IDA-ICE är att fördelar köldbryggorna över hela klimatskalet som en extra transmissionsförlust.

Med VIP Energy, hanteras köldbryggorna lite annorlunda. Det finns minst två sätt att hantera köldbryggor; Ett är att man koppla ihop en köldbrygga som ett påslag på byggnadens U-värdet i VIP Energys katalogdatabas. Då behöver man inte ha längden av köldbryggan då köldbryggan fördelas ut över byggdelens totala area. Risken är att man räknar ut påslaget fel. Den andra sättet är att använda VIP Energys egen köldbryggamodulen och hantera det som en vanligt PSI-värde genom en jämförelse med en referens. Referensen kan vara både som 2D (linjära) och 3D (punktformad) köldbryggor utan behov av ett tredjeparts beräkningsprogram. Köldbryggornas bredd och längder måste anges manuellt för varje byggdel. Det är inte heller klart om köldbryggamodulen uppfyller ISO 10211, som flera andra tredjepartsprogram.

Enligt ISO 13789 - Thermal performance of buildings — Transmission and ventilation heat transfer coefficients — Calculation method, finns tre olika typer av area man ska ha koll på när det gäller energiberäkningar. Den första är invändig area som är den man ser som har direkt kontakt med inneluft, A_i . Den andra är den omslutande arean, eller total invändig area som innefattar allting mellan två klimatskal, A_{om} . Den tredje är den utvändiga arean, A_{ex} .

Arean ett energiberäkningsprogram använder påverkar vilken köldbryggeberäkningsmetod man får eller inte får använda. Vissa beräkningar kan över- eller underskatta köldbryggans påverkan på energiberäkningen beroende på vilken metod som är lämplig för energiberäkningsprogrammen och vilken metod man har räknat med. Till exempel, om man använder ett energiberäkningsprogram som räknar värmetransport genom den invändig arean, energiberäkningsprogrammet kommer inte att räkna på värmeförlusten genom de anslutningar och då kommer energianvändning underskattas. Då måste man räkna ut de extra energiförlusterna som man har genom köldbryggorna och lägga till den extra värmetransport på energiberäkningsresultat.

Om ett energiberäkningsprogram använder utvändiga arean vid beräkning och energispecialisten räknar ut köldbryggan med metoden för invändig area, då finns det en risk att man kommer att ha för hög energiförlust för att då räknas köldbryggan nästan två gånger i själva energiberäkningsprogrammet. I sådana fall, ska man räkna på den extra värmeförlusten genom den externa arean av köldbryggan för att få fram hur mycket extra energi man förlorar på grund av den köldbrygga som finns. Då blir resultatet i linje med hur energiberäkningsprogrammet kan hantera det extra värmeflödet.

Det viktigaste är att man måste räkna med rätt metod för det aktuella fallet. Problemet är att det finns brist på information om hur man räknar med de olika metoderna på ett korrekt sätt för det valda energiberäkningsprogrammet.

3.4 Workshop

Behovet av en köldbryggehandbok som framkom i litteraturstudien stöddes av deltagarna i workshoppen. Det finns ingen bra bok som förklarar på ett enkelt sätt hur man räknar ut olika typer av köldbryggor steg-för-steg och att det finns en brist på utbildning inom området.

3.4.1 Frågor om innehållsbehov i en handbok

Deltagarnas svar om innehållet kunde grupperas i flera teman. Följande delar beskriver de olika temana som togs fram.

3.4.1.1 Teori

Alla var överens om att en framtida handbok skulle inledas med en omfattande teoridel som är lätt att förstå. Teoridelen ska helst inkludera generell teori om köldbryggor, teori om U-värdeberäkningar, läsanvisning/förtydligande av standarderna, definitioner (som till ex. olika areor som används i energiberäkningar), och köldbryggor relaterat till fuktproblem.

3.4.1.2 Process:

Denna del skulle beskriva var i byggprocessen man skulle helst ta in köldbryggeberäkningar samt vilken process man kunde använda för att räkna på köldbryggor. Processen skulle helst vara baserad på en EN-ISO standard och användas som ett sätt att få alla att räkna på ett liknande sätt.

3.4.1.3 Beräkningsverktyg och mallar:

För att lättare kunna granska andras beräkningar och resultat, kunde mallar och beräkningsverktyg tas fram som en del av handboken. Exempel på mallar och beräkningsverktyg

kan vara rapporteringsmall, minimumkrav på rapportering (indata, utdata, resultat, typresultat, areor (invändig, overallintern eller extern), bilagor, bilder/figurer), granskningsmall/checklista, mm. Mallar och verktyg kunde tillhandahållas digitalt som, exempelvis i ByggaF.

3.4.1.4 Beräkningsgenomgång och goda exempel

En viktig del av handboken bör vara en noggrann beräkningsgenomgång för olika typköldbryggor. Den delen skulle kunna använda processer och beräkningsverktyg/mallar tillsammans med olika dataprogram för att visa läsaren steg-för-steg hur man ska räkna på olika typer av köldbryggor (till exempel: vägg-mellanbjälklag, golv mot mark, balkonginfästning, kryppgrund/ouppvärm garage) samt visa hur man kunde rapportera/redovisa beräkningarna. Deltagarna på Workshopen ville gärna se både exempel på 2D och 3D beräkningar från både ett energi- och fuktperspektiv.

3.4.1.5 Mätning och Uppföljning:

Metoder för att kunna följa upp köldbryggor i praktiken var ett önskemål från flera deltagare.

3.4.1.6 Framtida/Utveckling:

I denna del av handboken kunde man beskriva vilken utveckling som vore önskvärd inom området. Det kan exempelvis innehålla nya mättekniker, beräkningsmetoder, eller programvaror som skulle behövas för att utveckla området.

3.4.2 Frågan om implementering/kompetensutveckling inom köldbryggeberäkningar

Deltagarna berättade att kompetensutveckling inom köldbryggeberäkningar är svårt då det saknas bra material och utbildningar i ämnet. Standarderna är dyrt och svårlästa. De förklarar mycket teori men inte hur man ska göra i praktiken. Deltagarna kände att mycket av kompetensen finns bara hos stora byggbolag eller skolor och ingen vill dela med sig av kompetensen. I Workshopen diskuterades det mycket kring hur man kunde höja kompetensen inom området. Resultat var delad i tre huvudteorier: Skriftligt, Utbildning, och Exempel på beräkningar.

3.4.2.1 Skriftligt:

Den information som redan finns tillgänglig behöver kompletteras med lite mer grundläggande och praktisk information om hur man gör köldbryggeberäkningar. En handbok skulle utgöra ett värdefullt tillskott för att tillföra den kunskap deltagarna menade saknas idag.

3.4.2.2 Utbildning

Deltagarna upplevde även att skolorna lär ut tillräckligt avseende teorier om köldbryggeberäkningar och de hänvisar inte heller till de standarder som finns. En handbok skulle kunna användas som kurslitteratur i utbildningar som har moment om köldbryggeberäkningar från ett energi- och fuktperspektiv. Ett par deltagare på Workshopen var intresserade av att starta utbildningar i köldbryggeberäkningar men menade att de saknar bra litteratur. Att göra en egen bok/kompendium skulle göra kursen dyr och kvaliteten skulle vara osäkert.

3.4.2.3 Exempel

Den tredje förslaget om hur man kunde höja kompetensen i området handlar om att visa bra exempel på köldbryggeberäkningar och redovisningar av sådana beräkningar. Handboken skulle kunna hjälpa genom att redovisa flera typberäkningar med olika programvaror. Exempelen kunde vara tillgängliga för nerladdning så att läsaren själv kunde studera modellerna när de läser handboken.

4 DISKUSSION

Litteraturstudien visade att det finns mycket litteratur som skriver att man ska hantera köldbryggor, samt hur man ska tänka för att minimera dem. (Berggren och Larsson 2015) kommer en bra bit mot en handbok genom att visa flera bra exempel på hur man ska bygga en modell. Den beskriver, på ett pedagogiskt sätt, hur en beräkning ska gå till men den går inte i djupet om hur man gör steg för steg. Det förklarar inte heller hur man ska applicera de olika beräkningsmetoder för alla typer av köldbryggeberäkningar. Boken antar att användaren redan kan detta. Innehållet bäst utnyttjas av en person som är van med att göra köldbryggeberäkningar.

Det finns flera standarder som beskriver teoretiskt hur man räknar både i 2-D och 3-D samt hur man ska hantera materialdata. Det finns en standard som redovisar olika storlekar av olika köldbryggor i formen av en katalog (ISO 146839. Men det har inte hittats en mer praktisk manual om hur man ska räkna på köldbryggor, både från ett energi- eller fuktperspektiv. Standarder är svårlästa och komplicerade. De är svåra att införa i praktiken utan bra kunskap om köldbryggeberäkningar och byggnadsfysik. Dessutom är de dyra och det innebär att de kanske är inte tillgängliga för de flesta energispecialister.

Enkätstudien visade på brister i förståelse samt hantering av köldbryggor. Det är vanligt att areadefinitioner blandas ihop, vilket kan ge stora fel vid beräkningen av köldbryggor. Något annat som också är vanligt, och har varit under en lång tid, är att göra ett påslag på u-värdet istället för att beräkna det. En vanlig tumregel har länge varit 20 procents påslag vilket resulterar i större fel med bättre fasader.

Enkätstudierna som har gjorts har alltså visat på ett behov av en handbok för beräkningar av köldbryggor, men studierna har inte svarat på eventuella önskemål om en sådan. För att få ett svar på detta har ytterligare en enkät gällande köldbryggor skickats ut.

Workshopen visade att många energispecialister tycker att det är svårt att räkna köldbryggor. Flera som deltag i workshopen hade flera frågor kring beräkningsmetoder och vissa erkände att de trodde att vi skulle presentera mer detaljerade beräkningsmetoder för olika typer av köldbryggor.

Flera deltagare på Workshopen tog upp att det saknas i utbildningar hur man ska beräkna samt att utbildningarna inte använder standarderna som finns och inte heller någon kurslitteratur. Diskussionen i workshopen hamnade på om det finns lämpligt litteratur som skolorna kan använda för undervisning. Ingen kände till något lämpligt.

5 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE

Slutsatsen av projektet från både litteraturen och Workshopen med energispecialister är att en köldbryggeberäkningshandbok behövs av branschen för att lyfta kompetensen i området. Just idag finns det flera böcker som visar varför köldbryggeberäkningar är viktiga med ingen som visar steg-för-steg hur man räknar, eller varför man räknar på ett visst sätt. En sådan bok skulle även vara värdefull för undervisning som en textbok.

Ett exempel på användbar information som en sådan handbok skulle kunna innehålla kan vara när man ska hantera köldbryggor manuellt i ett energiberäkningsprogram som Energy Plus eller Open Studio. Om energiberäkningsprogrammet saknar en metod att hantera köldbryggor, är det bästa sättet att hantera dessa att summera alla köldbryggor till ett hypotetiskt material med arean 1 m^2 på en norr fasad med U-värdet lika med byggnadens totala köldbryggor (i W/K). Då får man en total energiförlust som är jämförbart med köldbryggans omfattning. Detta metoden även fungerar med VIP Energy.

Brist på en sådan bok idag innebär att folk räknar lite olika och inte alltid enligt standarden. Som framkom i SVEBYs energiberäkningstävlingar, kan detta påverka resultaten av både köldbrygge- och energiberäkningar.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Berggren, Björn, and Tomas Larsson. 2015. "Undvik Fel Och Fällor Med Köldbryggor."
- Berggren, Björn, and Maria Wall. 2013. "Calculation of Thermal Bridges in (Nordic) Building Envelopes – Risk of Performance Failure Due to Inconsistent Use of Methodology." *Energy and Buildings* 65 (October): 331–39. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2013.06.021>.
- . 2018. "State of Knowledge of Thermal Bridges—A Follow up in Sweden and a Review of Recent Research." *Buildings* 8 (11).
- Blocon AB. 2016. "Buildingphysics." 2016. <https://buildingphysics.com/>.
- Boafo, Fred Emond, Jong-Gwon Ahn, Jun-Tae Jin-Hee Kim, and Jun-Tae Jin-Hee Kim. 2015. "Computing Thermal Bridge of VIP in Building Retrofits Using DesignBuilder." *Energy Procedia* 78 (November): 400–405. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2015.11.683>.
- Francesco, Asdrubali, Baldinelli Giorgio, and Bianchi Francesco. 2015. "Comparison between Dynamic Simulations and Real Energy Consumptions of Historical Buildings." In *14th International Conference of IBPSA - Building Simulation 2015, BS 2015*, 2385–92. Hyderabad: International Building Performance Simulation Association. <https://research.unipg.it/handle/11391/1368617?mode=full.301#.XFGackxFwuU>.
- Goulouti, Kyriaki, Julia de Castro, Anastasios P. Vassilopoulos, and Thomas Keller. 2014. "Thermal Performance Evaluation of Fiber-Reinforced Polymer Thermal Breaks for Balcony Connections." *Energy and Buildings* 70 (February): 365–71. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2013.11.070>.
- Infomind. 2017. "Flixo." 2017. <https://www.flixo.com/>.
- Lawrence Berkeley National Laboratory. 2017. "Therm." 2017. <https://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>.
- Levin, Per, and Bengt Bergsten. 2016. "Utveckling Av Energiberäkningar - Energiberäkningstävling För Hedlundaskolan."
- Levin, Per, and Johanna Snygg. 2011. "Resultat Från Energiberäkningstävling För Ett Flerbostadshus."
- Sierra, F., J. Bai, and T. Maksoud. 2015. "Impact of the Simplification of the Methodology Used to Assess the Thermal Bridge of the Head of an Opening." *Energy and Buildings* 87 (January): 342–47. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2014.11.049>.
- Sierra, Francisco, Bill Gething, Jiping Bai, and Talal Maksoud. 2017. "Impact of the Position of the Window in the Reveal of a Cavity Wall on the Heat Loss and the Internal Surface Temperature of the Head of an Opening with a Steel Lintel." *Energy and Buildings* 142 (May): 23–30. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.02.037>.
- Stazi, Francesca, Elisa Tomassoni, Cecilia Bonfigli, and Costanzo Di Perna. 2014. "Energy, Comfort and Environmental Assessment of Different Building Envelope Techniques in a Mediterranean Climate with a Hot Dry Summer." *Applied Energy* 134 (December): 176–96. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2014.08.023>.
- Swedish Standard Institute. 2017. *Thermal Bridges in Building Construction - Heat Flows and Surface Temperatures (ISO 10211:2017)*. <https://www.sis.se/en/produkter/construction-materials-and-building/protection-of-and-in-buildings/thermal-insulation-of-buildings/ss-en-iso-102112017/>.
- Thörnqvist, Maria, and Katharina Rud-Olson. 2018. "Energiutvärdering Av Slitsade Stålreglar i Utfackningsväggar." Lunds Universitet. http://www.byfy.lth.se/fileadmin/byfy/TVBH-5099MT_KRudO_web.pdf.