

Förstudie

Stegvis verifiering av delsystem - Exempel VVC-system

LÅGAN Rapport

2020-01-15

Per Kempe

Förord

I många nya byggnader är den uppmätta energianvändningen betydligt större än den beräknade. Detta kan ha en mängd olika orsaker, däribland misstag av olika aktörer i olika delar av byggprocessen. Ett sätt att minska misstagen, och därmed skillnaden mellan beräknad och uppmätt energiprestanda, är att skapa förutsättningar för en bättre kontroll över hur delsystemen utformas och fungerar under hela byggprocessen fram till byggnad i drift. Detta kan ske genom att ta fram funktionskrav och en metodik för stegvis verifiering av funktionskrav för de olika delsystemen.

I denna förstudie har representanter för de fem stora installatörsföretagen, några branschorganisationer samt Sveby deltagit.

Vill tacka de medverkande för givande diskussioner under möten och workshops under sommaren 2019.

Danderyd, 2020-01-15

Per Kempe



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Sveriges Byggindustrier, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

Sammanfattning

Det är många byggnader som inte uppfyller sin beräknade energiprestanda och ofta går det inte heller att förstå orsaken till en sådan avvikelse. Då en byggnads energianvändning är summan av energianvändningen i byggnadens olika delsystem, skulle man behöva gå djupare in på detaljer med avseende på hur de olika delsystemen fungerar och hur energin används.

Beslut som tas i tidiga skeden av byggprocessen påverkar vilka system som installeras, utformningen av dessa samt vilken energianvändning som erhålls för olika delsystem. Det är därför viktigt att ha kontroll på hur funktionskraven för byggnadens delsystem sätts, vad de innebär med avseende på systemval och energianvändning samt hur kraven ska verifieras. Val av verifieringsmetod i systemskedet påverkar vilka givare och mätare som projekteras in i systemen och som sedan kan nyttjas vid verifieringen.

För att öka möjligheten att en byggnad ska kunna nå projekterad energianvändning och avsedda funktioner föreslås en metod med stegvis analys och verifiering av funktionerna hos byggnadens olika delsystem, från programskedet till byggnad i drift.

Denna förstudie syftar till att öka förståelsen för detaljernas betydelse i energieffektiva byggnader samt att undersöka och ge exempel på hur man skulle kunna arbeta med en metod kallad *Stegvis verifiering av delsystem*. Förstudien syftar även till att identifiera behov och intresse för metoden hos olika aktörer. Resultaten ska ligga till grund för ett större utvecklingsprojekt, i vilket metoden kan utformas i sin helhet och även testas.

Efter diskussioner med en representant från Sveby samt ett flertal branschrepresentanter, framför allt från de stora installatörsföretagen i Sverige, har följande tagits fram:

- En exemplifiering av metoden genom ett förslag på stegvis verifiering av ett VVC-system.
- Förslag på fem olika delsystem som överför eller kontrollerar mycket värme i flerbostadshus och därmed har stor betydelse för energiprestandan.
- Förslag på hur Stegvis verifiering skulle kunna samordnas med Svebys Energiverifikat.

I många fall berör verifieringarna av olika funktioner i delsystemen flera olika aktörer. Det är därför viktigt att beakta hur den stegvisa verifieringen fördelas och vem som är ansvarig för olika delar.

Det finns ett stort intresse från de medverkande företagen att vara med i ett större projekt, för att ta fram en första version av metoden Stegvis verifiering av delsystem. De medverkande företagen var även intresserade av att testa olika delar av stegvis verifiering av funktionskrav VVC-system i några av sina byggnader samt komma med förbättringsförslag.

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	4
1 Inledning	5
1.1 <i>Bakgrund</i>	5
1.1.1 Utvärderingar av energiprestanda	6
1.1.2 Stegvis verifiering	7
1.2 <i>Syfte och mål</i>	8
1.3 <i>Genomförande</i>	8
2 Resultat	10
2.1 <i>Fördelar med stegvis verifiering</i>	10
2.2 <i>Samordning med Sveby Energiverifikat</i>	10
2.3 <i>Genomförande av metoden</i>	10
2.4 <i>Funktionskrav VVC-system</i>	11
2.5 <i>Andra delsystem som överför mycket energi</i>	11
2.5.1 Ventilation	11
2.5.2 Värmesystem	12
2.5.3 Styr och övervakning	12
2.5.4 Värmepump som betjänar värmesystem	12
2.5.5 Fastighetsel	13
3 Diskussion	14
3.1 <i>Branschsynpunkter</i>	14
3.2 <i>Större projekt om stegvis verifiering av delsystem</i>	14
3.3 <i>Fortsättning efter större projekt</i>	14
4 Referenser	15
Bilaga - Stegvis verifiering av funktionskrav VVC	16

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Nya byggnader har ofta en högre energianvändning än beräknat. Flera utvärderingsprojekt som genomförts under de senaste åren visar att den faktiska energianvändningen i färdig drift ofta är betydligt högre än den som byggnaden projekterades för. Detta har flera orsaker. Dels beror det på okunskap och felskattningar i tidiga skeden (program- och systemskedet), då grundförutsättningarna sätts för hur energieffektiv en byggnad kan bli. Vidare är det vanligt att värme- och kylförluster från distributionssystemen försummas eller underskattas. I energiberäkningarna används ofta schabloner, vilka många gånger är orealistiska. Slutligen är mätning och uppföljning av energikrav relativt komplicerat och görs därför inte i tillräcklig omfattning.

Detta är inget nytt problem utan har identifierats i utvärderingar i åtminstone 30 år. I Stockholmsprojektet som utfördes av KTH på 80-talet upptäcktes stora skillnader mellan beräknad och uppmätt energianvändning. Detta initierade ett arbete med aktiv idrifttagning i Stockholmsprojektet [Wånggren, 1990]. Med aktiv idrifttagning avsågs omfattande analyser av insamlade data, tester och mätningar ute i anläggningen, vilka resulterade i att de hittade en stor mängd fel. I rapporten från Stockholmsprojektet ges följande rekommendationer för att minska antalet fel i installationssystemens funktion och energiprestanda:

- Utgå från att alla byggnader innehåller fel
- Ge installations- och energifrågan större vikt genom hela projektet
- Analysera funktionen för de projekterade systemen
- Funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift
- Mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen

Orsaken till att problemet fortfarande kvarstår trots känd kunskap kan bero på många olika brister. Exempelvis är det brister i kompetens, kravställning, energiberäkning, upphandling, kontroll, injustering, idrifttagning, incitament att leverera enligt krav, besiktning, drift, uppföljning, dokumenterade goda exempel, etc.

För att reducera dessa brister bör en funktionsorienterad byggprocess användas med återkoppling till tidiga skeden med avseende på hur väl funktionskraven uppfylls. Detta kan adresseras med metoden "Stegvis verifiering av delsystem". En mer detaljerad bakgrund och motivering till att det finns ett behov av en sådan metod ges nedan.

Tillämpning av föreslagen metod kan initialt ses leda till en något ökad kostnad, men ska ses i förhållande till kostnader för tvister och viten på grund av att byggnader inte uppfyller avtalade krav.

1.1.1 Utvärderingar av energiprestanda

Nedan följer exempel på utvärderingsprojekt som visar på brister och svårigheter med avseende på att uppnå den beräknade energiprestandan och avsedd funktion för olika delsystem i en byggnad.

Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning [Carling, Isaksson, 2009]. Enligt författarna är det mycket som måste göras rätt för att ett flerfamiljshus ska bli så energisnålt som önskat. Systemval, projektering, produktion och drifttagning är alla viktiga. Det är vanligt att sista länken i kedjan brister och att en rad triviala fel och misstag förstör aktörernas goda avsikter att åstadkomma en energisnål byggnad. I projektet utvecklades en metodik för uppföljning, som tillämpades i två nybyggda flerfamiljshus. I slutsatserna konstateras bland annat att energianvändningen i de två aktuella flerfamiljshusen var hög på grund av en rad enkla fel och att besiktningen av styrfunktionerna bör vara mer ingående, då man upptäckte att allvarliga fel hade passerat.

Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus [Wahlström, 2013]. I projektet gjordes en teknikupphandling av värmeåtervinningssystem, varpå två systemlösningar antogs för installation i sju demonstrationshus. Resultatet av de första mätningarna att inget av systemen gav den energibesparing som utlovats. Detta kunde härledas till olika intrimningsproblem och brister i idrifttagningen. I rapporten konstateras att metoder och överenskommelser behöver utvecklas som tydligt beskriver hur mätningar ska gå till och vilket idrifttagningsåtagande som finns för entreprenören. Enligt författaren var de föreslagna systemlösningarna i teknikupphandlingen inte helt färdigutvecklade och krävde därför en stor arbetsinsats av beställarnas egen driftpersonal. Det konstaterades att systemen fungerar, men att det finns möjligheter att göra dem bättre.

Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning [Kempe, 2014] Erfarenheter från om- och nybyggnader visar att det är ofta som förväntad energiprestanda inte uppfylls. Framst beror detta på brister inom installationssystemen för värme och ventilation. Ofta är det först efter ett eller några år som man ser att man ligger för högt i energianvändning, på grund av att man inte har ett mätdatasystem eller inte har fått igång mätdatasystemet.

Det är viktigt att få bättre upphandlingsunderlag med verifierbara funktionskrav, som man lätt kan modifiera till det aktuella projektet och återanvända i andra projekt. För att kunna få bättre fungerande installationssystem och energiprestanda behövs mer systemkunskap om installationssystemen och hur de samverkar med byggnaden. Vidare är det även viktigt att förstå hur styrningen av installationssystemen och valda börvärden påverkar funktion och energiprestanda. Detta är speciellt viktigt för energieffektiva byggnader, där de små detaljerna får en större betydelse.

Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015 - 2017 [Levin, 2018]. I projektet har 46 stycken av SABOs Kombohus analyserats och resultaten visar på en betydande skillnad mellan uppmätt och beräknad energiprestanda. I medeltal var den uppmätta energianvändningen, efter normalisering för varmvatten, 77 kWh/kvm, medan den beräknade energianvändningen var 57 kWh/kvm. Att energianvändningen blev högre än beräknat kan främst härledas till skillnader i uppvärmningsenergi. Underlag för mer detaljerade förklaringar, som t.ex. lägenhetstemperaturer, hushållsel, vädning m.m.

saknas. Platsbesök visade att mycket av skillnaden beror på stora olikheter i installationernas injustering och intrimning.

Ett annat exempel är Boverket och Energimyndighetens uppdrag Kontrollstation 2015 respektive Demonstrationsprojektet. Syftet med uppdragen var att ta fram underlag inför kommande ändringar i Boverkets byggregler. Detta redovisades av [Energimyndigheten och Boverket, 2018] i en rapport till regeringen: *Utvärdering av lågenergibyggnader – Fallstudie 2017*. Några av slutsatserna i rapporten:

- I 75 procent av byggnaderna visade sig den uppmätta energianvändningen överstiga den projekterade (beräknade) energianvändningen.
- Konventionella byggnadsutföranden är att föredra framför specialutföranden.
- Det krävs god kunskap för att kunna underhålla tekniska installationer och för att på så sätt uppnå och bibehålla en god energiprestanda.
- Brukarnas beteende får större relativ betydelse för energianvändningen, ju lägre energi per kvm byggnaden är konstruerad för.

Vid 2-årsuppföljningen för *Norra Djurgårdsstaden i Stockholm etapp 2 (NDS2)* redovisades en medelenergianvändning på 76 kWh/kvm,år. Detta var visserligen 15 % lägre än BBR-kravet [Norra Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018], men då Stockholm Stads krav för området är 55 kWh/kvm,år har en del analyser utförts i NDS2. Analyserna visar att värmeanvändning är betydligt högre än beräknat, men man vet ännu inte varför.

Slutligen kan som exempel på underskattade värme- och kylförluster på grund av orealistiska schabloner kan nämnas ett projekt där *VVC-förlusterna* kontrollberäknades efter att problematiken kring VVC-förluster uppmärksammats i en artikel. Här visade sig energianvändningen i den nya byggnaden vara tre gånger större än vad som beräknats enligt schablonen. Som resultat av detta konstaterades att byggnaden inte längre klarade Miljöbyggnadskraven.

1.1.2 Stegvis verifiering

En byggnads energianvändning är summan av alla delsystems energianvändning och framför allt i energieffektiva byggnader är detaljerna mycket viktiga för att uppnå projekterad energianvändning. Ett sätt att minska avvikelserna i energiprestanda är därför att kontrollera funktioner av olika delsystem, framför allt för de system som överför mycket energi. Tyvärr saknas i dagsläget överenskomna verifieringsmetoder för detta.

Entreprenörer levererar det som krävs och inte mer när de är upphandlade i konkurrens. De anpassar sig till *faktisk* kravnivå. En tydligare uppföljning av funktions- och prestandakrav skulle därmed inte bara ge ett bättre slutresultat för den aktuella byggnaden utan också säkerställa en sund konkurrens.

Inom Sveby har en handledning utvecklats, kallad *Sveby Energiverifikat* [Wickman, Wahlström, 2012]. I handledning beskrivs riktlinjer och rutiner för uppföljning av energikrav under hela byggprocessen. Riktlinjerna syftar till att säkerställa att beställd energiprestanda för byggnaden kommer att stämma överens med uppmätt energiprestanda. Energiverifikat beskriver *att* provning och kontroll ska genomföras för

olika delsystem, men inte i detalj *hur* detta ska utföras. Det skall istället tas fram i respektive projekt, vilket många gånger ej är möjligt.

Stegvis analys av funktionerna hos byggnadens olika delsystem, från programskedet till byggnad i drift, skulle öka förutsättningarna att erhålla en energianvändning nära beräknat värde. En sådan analys bidrar även till kompetensuppbyggnad kring hur installationssystemen fungerar och vad som är viktigt i energieffektiva byggnader.

Ett sätt att formalisera den stegvisa analysen är att arbeta med en metod för stegvis verifiering av delsystem och ge förslag på funktionskrav, mätmetod för verifiering, krav på mätning samt verifieras i olika steg i byggprocessen.

När delsystemens funktion är verifierad och de fungerar enligt hur det är tänkt (projekterat), men den totala energianvändningen fortfarande är för hög så bör det utredas hur helheten skulle kunna förbättras och vem som är ansvarig för det. Det viktigt att redan från början fastställa vem som har konstruktionsansvar för de olika installationssystem och vem som har ansvaret för hur de fungerar ihop.

1.2 Syfte och mål

Med syfte att öka möjligheten att erhålla projekterad energianvändning och tilltänkta funktioner vid uppförande av en ny byggnad samt att öka förståelsen för detaljernas betydelse i energieffektiva byggnader, föreslås en ny metod: Stegvis verifiering av delsystem.

Denna förstudie syftar till att utreda hur man ska kunna arbeta med stegvis analys av byggnadernas olika delsystems funktioner, från programskedet till byggnad i drift, samt att identifiera behov och intresse av en sådan metod hos olika aktörer. Resultaten ska ligga till grund för ett större utvecklingsprojekt, i vilket metoden Stegvis verifiering kan utformas i sin helhet och även testas.

Målen med denna förstudie är att:

- ge exempel på hur metoden skulle kunna utformas och genomföras för verifiering av ett VVC-system
- identifiera några delsystem som har stor betydelse för energiprestandan i en byggnad, med särskilt fokus på flerbostadshus
- visa hur Stegvis verifiering skulle kunna samordnas med Svebys Energiverifikat
- förankra projektidén hos ett antal intressenter som också önskar att medverka i ansökan till ett efterföljande större projekt.

1.3 Genomförande

Förstudien har genomförts med bland annat två möten med en representant från Sveby samt fyra möten/workshops med ett branschrepresentanter, framförallt från de fem stora installatörsföretagen. Installatörsföretagen är de som närmast skulle beröras av mer detaljerade analyser av installationssystem, vilket stegvis verifiering av delsystem genom hela byggprocessen skulle innebära.

De två första mötena med branschrepresentanter fokuserade på att exemplifiera metodiken Stegvis verifiering av delsystem genom att tillämpa den på ett VVC-system. Exemplet *Stegvis verifiering av VVC-system* återfinns i Bilaga.

På efterföljande möten låg fokus på att identifiera andra installationstekniska system i flerbostadshus som överför eller kontrollerar stora mängder energi och därigenom är särskilt betydelsefulla för byggnadens energiprestanda.

Merparten av installatörsföretagen som var med på mötena, och även några andra tillfrågade aktörer, anmälde sitt intresse för att medverka i ett fortsatt projekt. Med dessa företag som deltagare har projektansökningar, där delar av denna rapport lyfts in, skickats in till E2B2 respektive SBUF under hösten 2019.

2 Resultat

2.1 Fördelar med stegvis verifiering

En avvikelse mellan beräknad och uppmätt energianvändning kan bero på ett felaktigt montage, idrifttagningen eller drift av delsystem, men även på felaktiga beräkningar eller ändrade förutsättningar som gör att beräkningarna inte längre gäller för uppförd byggnad. Med stegvis verifiering blir det enklare att fastställa orsaken till en avvikelse och underentreprenören (UE) får en större möjlighet att visa att deras del av entreprenaden fungerar som avsett. Om orsaken är att energiberäkningen är gjord med felaktiga antaganden är det av stort värde om detta kan upptäckas tidigt i projektet istället för vid garantibesiktningen, då det blir dyrt att rätta till. Med stegvis verifiering ges den möjligheten.

2.2 Samordning med Sveby Energiverifikat

Sveby Energiverifikat [Wickman, Wahlström, 2012] ger en struktur för hur man ska arbeta med verifiering av funktionskrav, men detaljerna saknas. Stegvis verifiering av delsystem kan ge förslag på funktionskrav, hur de skulle mätas samt verifieras i olika steg i byggprocessen och kompletterar därmed Sveby Energiverifikat med detaljer. En sådan komplettering behövs, då det inte finns tid och möjlighet att ta fram detta i varje byggprojekt. Efter att metodiken för stegvis verifiering av delsystems funktioner och energianvändning tagits fram kan Sveby förslagsvis arbeta in exempel från denna i "Exempelsamling" till Sveby Energiverifikat, vilka sedan kan nyttjas i byggprojekt.

2.3 Genomförande av metoden

Ett idealt genomförande av metoden Stegvis verifiering, det vill säga så som kan förväntas när metodiken är accepterad och standardiserad i branschen, innehåller följande steg:

- Idealt bestäms och anges metod för verifiering av funktionskrav redan i systemskedet då funktionskraven sätts. Valet av verifieringsmetod ger underlag till ett eventuellt behov av extra givare, mätare, loggning, etc., som sedan projekteras in.
- I slutet av projekteringen genomförs en teoretisk samordnad funktionsprovning, där det bedöms om de projekterade delsystemen i byggnaden uppfyller funktionskraven. Under entreprenaden verifieras vissa funktionskrav medan det ännu finns en möjlighet att åtgärda avvikelser till rimlig kostnad.
- Vid slutbesiktningen redovisar en oberoende expert uppfyllande av funktionskraven för besiktningsmannen. Funktionskraven kan även verifieras ytterligare en gång vid garantibesiktning.

2.4 Funktionskrav VVC-system

Exempel stegvis verifiering av funktionskrav för VVC-system återfinns i detalj i Bilaga. I detta avsnitt ges en sammanfattning av metodiken.

Funktionskrav för VVC-system omfattar värmeförluster från VV/VVC-systemet samt krav från Boverkets Byggregler, BBR, angående temperaturnivåer, väntetider och liknande. Värmeförlusterna bör tas fram samt förluster och BBR-krav verifieras genom följande steg:

- I mycket tidiga skeden bidrar installations- och energiexpert med systemval och överslagmässiga VVC-förluster, för byggnaden.
- När lägenhetslayout och schaktplaceringar är föreslagna beräknas värmeförluster från löpmeter VV/VVC-rör. Här ska hänsyn tas till isolertjockleken för de olika rören, tillägg för bjälklagsgenomföringar/brandtätningar, isolerade kopplingar i fördelningskåp till lägenheterna, med mera, för att erhålla ett mer realistiskt värde på VVC-förlusterna.
- Beräkningen av VVC-förluster revideras till bygghandlingen med aktuell information för VV/VVC-systemen.
- VVC-förluster verifieras genom mätning, där besiktningsman under slutbesiktningen granskar mätningen och jämför med den teoretiska beräkningen från bygghandlingen. Besiktningsman kontrollerar även att VV/VVC-systemet uppfyller temperaturkrav och väntetiderna på varmvatten i enlighet med BBR. (Det är lätt att få låga VVC-förluster om väntetiden för varmvatten inte uppfylls.)
- Ny verifiering genom mätning av VVC-värmeförluster vid garantibesiktning.

2.5 Andra delsystem som överför mycket energi

De medverkande branschrepresentanterna har lyft fram delsystem som överför eller kontrollerar stora energimängder och därmed vanligen också har stor betydelse för energiprestandan i flerbostadshus. Resultat av inledande diskussioner med avseende på funktionskrav och verifiering för dessa delsystem presenteras nedan.

2.5.1 Ventilation

I en metod för stegvis verifiering bör *Delsystem ventilation* ta upp funktionskrav och verifiering för ventilationsaggregat med avseende på värmeåtervinning, luftflöden, luftflödesbalans, elbehov (SFP), etc.

För att ge en bättre förståelse för vikten av korrekt fungerande ventilation kan nämnas att frånluften i ett flerbostadshus i Stockholmsområdet har ett energiinnehåll runt 50 kWh/kvm,år, där huvuddelen av värmen bör återvinnas och tillföras tilluften i hus med FTX-system. Detta ska jämföras med att många nybyggda energieffektiva flerbostadshus har en beräknad "ideal" värmeanvändning runt 25 kWh/kvm,år. Brister i värmeåtervinning, luftflödesbalans etc. kommer därmed att få stor relativ påverkan på byggnadens värmeanvändning.

Frågeställningar som behöver utredas: Vilka verifieringar kan göras i olika delar i byggprocessen för att säkerställa att funktionskraven uppfylls i färdig byggnad? Vilka

mätningar kan göras med inbyggd mätning och vilka mätningar behöver göras med portabel utrustning (t.ex. verifiering av luftflöden och luftläckage med spårgas)?

2.5.2 Värmesystem

Delsystem värmesystem bör ta upp funktionskrav för:

- Undercentralen: tryck, temperatur och flöde samt styrning av dessa
- Lägenhet: maxbegränsning termostater, injustering av ventiler, flödesriktning i radiatorer (felkopplade radiatorer erhåller kraftig reduktion av avgiven värme)

Felaktiga maxbegränsningar och brister i injustering kommer att öka byggnadens värmeanvändning.

Frågeställningar som behöver utredas: Vilka verifieringar erfordras och när i byggprocessen?

2.5.3 Styr och övervakning

Funktionskrav och verifieringar vad gäller *Delsystem styr och övervakning* ska säkerställa att styrning och övervakning fungerar på avsett sätt för samtliga delsystem i byggnaden. Detta inbegriper börvärden och drifttider såväl som kontroll av mätnoggrannhet, reglerbarhet, etc.

Om styrningen inte fungerar som avsett erhåller delsystemen i sin tur inte den funktion och energiprestanda som de bör, med följden att byggnaden använder mer energi i onödan.

2.5.4 Värmepump som betjänar värmesystem

I metoden bör även *Delsystem värmepump som betjänar värmesystem* ingå. Här bör exempelvis funktionskrav och verifiering för en hög verkningsgrad (COP) samt användande av spetsvärme tas upp. Om spetsvärme används i onödan ger det lägre årsverkningsgrad på installationen, onödigt hög effekt på den köpta energin och mer köpt energi. För att en värmepump ska nå en hög verkningsgrad är det viktigt att den är anpassad till värmesystemet och endast i undantagsfall nyttjar spetsvärme.

Verkningsgrad (COP) för en värmepumpsinstallation beror på flera faktorer så som komponentval, design och styrstrategi för att nämna några, och kan avvika avsevärt från det värde som använts i projekteringen. Vid dimensionering av värmepumpar väljs ofta en värmepump som inte klarar hela effektbehovet de kallaste dagarna på året. Det är därför viktigt att tillskottsvärmen, som ofta förses antingen av en elpanna eller fjärrvärme, bara aktiveras när värmepumpen inte kan leverera tillräckligt hög värmeeffekt. För de boende i huset är det svårt att kontrollera den här funktionen, eftersom behovet av värme fortfarande tillgodoses och en felaktig styrning därmed inte märks av. Att värmetillförseln sker av fel del av uppvärmningssystemet, det vill säga med tillskottsvärmen (helt eller delvis) och inte av värmepumpen trots att värmepumpens effekt är tillräcklig vid tillfället, upptäcks ofta inte.

2.5.5 Fastighetsel

Fastighetselen är ett mycket viktigt delsystem i arbetet med verifiering av energiprestanda, inte minst sedan Boverkets Byggregler reviderades och primärenergital/viktningsfaktorer infördes.

Fastighetsel är el som används i byggnaden för fläktar, pumpar, hissar, belysning i trapphus, belysning vid porten etc. Fastighetselen kommer att utgöra en stor del av byggnadens primärenergital då el troligast kommer att få en viktningsfaktor 2,6 ggr fjärrvärme i kommande BBR.

På fastighetsägarens elmätare ligger ofta även laster som inte tillhör fastighetselen, som exempelvis motorvärmare, elbilsladdning, gårdsbelysning, hyresgästlokal, etc. Tas inte hänsyn till detta blir den uppmätta elanvändningen för hög. Ofta saknas undermätare för att mäta olika poster av fastighetselen och det blir därför svårt att verifiera att fastighetselen stämmer överens mot beräkningarna.

3 Diskussion

3.1 Branschsynpunkter

Branschaktörerna som deltog under arbetsmöten i denna förstudie ser stegvis verifiering av funktionskrav för delsystem som ett sätt för dem att kunna visa att deras delsystem fungerar som var avsett. Detta skulle minska risken att de hamnar i ändlösa diskussioner om vems fel det är att byggnaden inte uppfyller sin beräknade energiprestanda. Detta ökar även möjligheten att byggnaden erhåller sin beräknade energiprestanda, då en rad enkla fel och brister kan identifieras tidigt och åtgärdas.

Det diskuterades även att det förekommer brister i och orealistiska indata till energiberäkningarna för byggnaderna. Detta är särskilt viktigt i energieffektiva byggnader där detaljerna har en stor inverkan. Det förekom diskussioner om lite väl "optimistiska" antaganden, för att klara av beställarens energiprestandakrav. Med stegvis verifiering av delsystem kan dessa optimistiska antaganden kontrolleras och mer realistiska data användas i framtiden.

Artiklar bör skrivas i facktidskrifter för att informera om stegvis verifiering av delsystem, för att öka intresset för detta och att få ett ökat fokus på detaljerna i energieffektiva byggnader. Detta för att energieffektiva byggnader i framtiden ska ha mindre avvikelser från beräknad funktion och energiprestanda.

3.2 Större projekt om stegvis verifiering av delsystem

Det finns ett stort intresse från de medverkande företagen att vara med i ett större projekt, för att ta fram en första version av stegvis verifiering av delsystem som överför och kontrollerar mycket energi i flerbostadshus. De medverkande företagen var även intresserade av att testa olika delar av stegvis verifiering av funktionskrav VVC-system i några av sina byggnader samt komma med förbättringsförslag. Orsaken att de bara har möjlighet att testa några olika delar/steg av stegvis verifiering av funktionskrav är att ett byggprojekt ofta tar över 5 år.

För att ge bra förutsättningarna bör åtminstone följande fyra kategorier av intressenter vara med i det större projektet: Fastighetsägare/ Bebo-medlemmar, Byggentreprenörer, Installatörsföretag och Branschorganisationer.

3.3 Fortsättning efter större projekt

När en första version av metoden är framtagen är avsikten att de medverkande företagen skall vara med i verifieringsprojekt för stegvis verifiering av de olika delsystemen som tagits fram i det större projektet.

4 Referenser

Boverkets Byggregler, BBR

<https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>

Carling, P., Isaksson, P. (2009): Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning, SBUF rapport 11815

Djurgårdsstaden Hållbarhetsredovisning 2018. Stockholm Stad.,

https://vaxer.stockholm/globalassets/omraden/-stadsutvecklingsomraden/ostermalm-norra-djurgardsstaden/informationsmaterial/broschyr-och-dokument/hallbarhetsredovisning_2018_20190826.pdf

Energimyndigheten och Boverket (2018), Utvärdering av lågenergibyggnader – Fallstudie 2017.

Kempe, P. (2014): Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus, BEBO-rapport

Levin, P. (2018): Energiprestanda i SABO Kombohus Bas 2015-2017

Martinac, I., Kempe, P., Wallbaum, H., Jin, Q., Johansson, D., Laike, T., Muld, A., (2017): Brukaranpassad, hållbar byggnadsdrift med fokus på inneklimat och energiprestanda i kontorsbyggnader – en kunskapsyntes, SBUF rapport 13293; Energimyndigheten projekt 42639-1.

Wickman, P., Wahlström, Å. (2012): Sveby Energiverifikat –uppföljning av energikrav under byggprocessen, Svebyprogrammet Version 1.0, 2012-10-10, 2012, www.sveby.org.

Wahlström, Å. (2013): Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus, BeBo-rapport

Wånggren, B. (1990): Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet, BFR-rapport R42:1990

Bilaga - Stegvis verifiering av funktionskrav VVC

Värmeförluster från VV/VVC-rör är inget schablonvärde utan skall beräknas och verifieras i steg - från programhandling, genom projektering och entreprenad, för att slutligen verifieras med mätning inför slutbesiktning och garantibesiktning. Det finns många exempel från byggnader där VVC-förlusten blev tre, fyra gånger större i den färdiga byggnaden än det värde som användes i projektering och energiberäkning.

Bakgrund

Varmvattencirkulation (VVC) krävs i de flesta byggnader, för att uppfylla BBR:

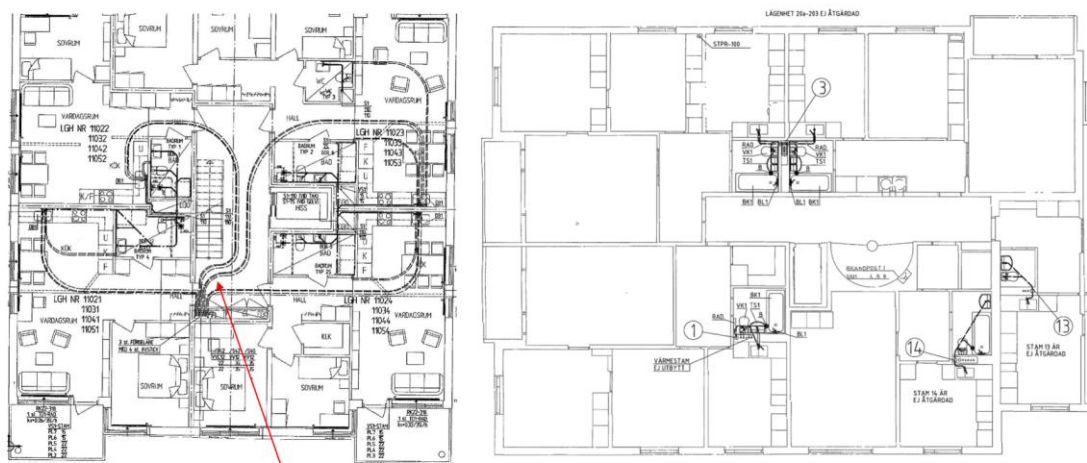
- Väntetid på varmvatten bör vara max 10 sek (Före 2006 max 30 sek)
- Lägsta temperaturen i VVC-ledning är 50 °C (Legionellarisk)
- Högsta temperaturen i tappställe är 60 °C (Skållningsrisk)

Detta innebär att temperaturen i VV/VVC-rören är ca 55 °C 8760 tim/år, så de värmeförlusterna är större än förluster från andra rörsystem. Det innebär att det viktigt att VV/VVC-systemen är optimerade för låga värmeförluster.

För att ge en viss känsla för storleksordningen på värmeförlusterna från VV/VVC-rör:

- Isolrat rör ca 30 W/lpm
- Rör med 40 mm tjock isolering 3-4 W/lpm
- Fyrdubbling av isolertjocklek behövs för halvering av värmeförlusterna från isolerade rör och det är inte realistiskt

För att åskådliggöra rörlängdens betydelse för VVC-förlusterna visas två exempel hämtade från en BeBo-rapport nedan.



VVC-förluster **23 kWh/kvm,år** (Jmf. VV, Värme)

4,7 kWh/kvm,år

BeBo-rapport "Kartläggning av VVC-förluster i flerbostadshus - mätningar i 12 fastigheter", 2015, Bengt Bergqvist.

Flerbostadshuset till vänster har endast ett VV/VVC-schakt och långa VVC-slingor i bjälklaget. Denna lösning ger 5 gånger högre VVC-förluster än flerbostadshuset till höger, som har 4 stycken VV/VVC-schakt med direktanslutna kök och badrum.

Skillnaden beror på att det blir stora värmeförluster från VVC-slingorna i bjälklagen i det första fallet. VVC-förlusterna i huvudschaktet i den vänstra figuren är 2,3 kWh/kvm,år, vilket endast är 10 % av den totala VVC-förlusten. VVC-slingorna i bjälklaget är dock nödvändiga i denna lösning för att väntetiden för varmvatten ska uppfyllas. Så med detta inses att det vid verifiering av värmeförluster från VVC-system är viktigt att kontrollera att övriga BBR-krav för VV är uppfyllda.

Följaktligen finns det ett stort behov av att ta fram och förankra en metodik för att beräkna och verifiera VVC-förluster. En sådan metod ska kopplas till Svebys Energiverifikat, som ger strukturen för hur man i byggprojekt kan arbeta med funktionskrav och verifiering av dessa.

Metodiken för bestämning, beräkning och mätning av VVC-förlusterna behöver testas ytterligare samt standardiseras och förankras i branschen (via Sveby).

Byggnadsenergiberäkningarna skall använda den värmeförlust som beräknats i systemhandlingen utifrån löpmeter rör och isolering mm. och inte baseras på schablonvärden.

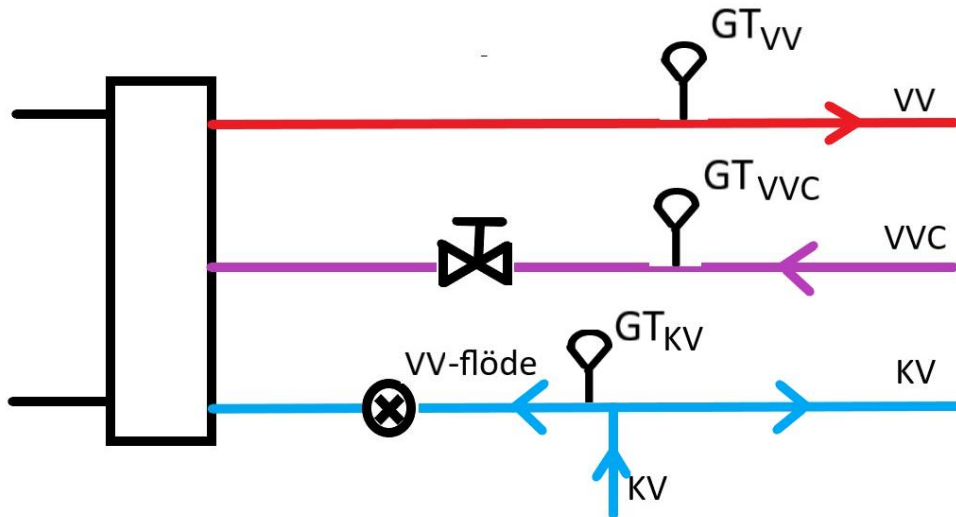
Stegvis verifiering av funktionskrav VVC

Den stegvisa verifieringen pågår genom hela byggprocessen från idé-/programskede till byggnad i drift/ garantibesiktning.

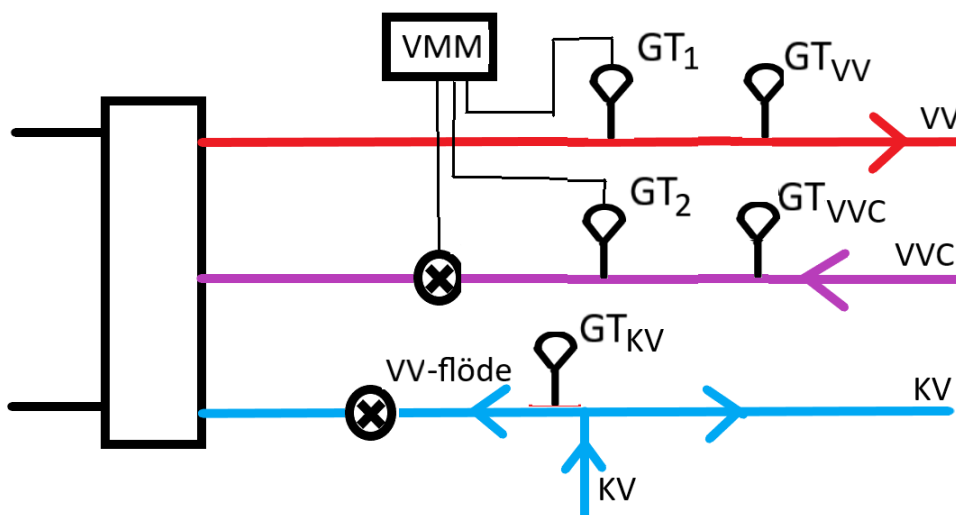
1. Funktionskrav sätts av en expert inom installationsteknik efter samråd med arkitekten i tidiga skeden (idé/program), så att rimligt funktionskrav sätts på VVC-förlusterna. Dvs. beroende på byggnadsutformning och tänkta planlösningar ansätter den installationstekniska experten funktionskraven på VVC-förlusterna.
2. När lägenhetslayout och schaktplaceringar är föreslagna (systemhandling) beräknas värmeförluster från löpmeter VV/VVC rör med den isolering de olika rören har med tillägg för bjälklagsgenomföringar/ brandtätningar, oisolerade kopplingar i fördelningskåp till lägenheterna, med mera.
3. I systemhandlingskedet fastställs även med vilken metod och mätningar som funktionskraven skall verifieras med.
4. Under projekteringen projekteras de mätare och givare in med rätt placering, som erfordras för verifiering av funktionskrav VVC-system.
5. Beräkningen av VVC-förluster revideras med information från bygghandlingen.
6. VVC-förluster verifieras genom mätning, där besiktningsman under slutbesiktningen granskar mätningen och jämför med den teoretiska beräkningen från bygghandlingen. Besiktningsman kontrollerar även att VV/VVC-systemet uppfyller temperaturkraven och väntetiderna på VV i enlighet med BBR. (Det är lätt att få låga VVC-förluster om man inte uppfyller väntetiderna för varmvatten.)
7. Ny verifiering genom mätning av VVC-värmeförluster vid garantibesiktning.

Exempel på mätning av VVC-systemets värmeförluster

Korttidsmätning med exempelvis fast mätdon (injusteringsventil som kan användas för flödesmätning) för VVC-flödet samt fram och returtemperatur. Det kan göras med portabel mätutrustning om möjlighet finns att bestämma VVC-flöde i fast mätdon samt temperaturerna på VV respektive VVC.



Värmemängdsmätare kan nyttjas om man önskar och VVC-systemet inte är för litet, för i mindre VV/VVC-system kan temperaturfluktuationer från styrningen av VV-temperaturen gå runt i VV/VVC-systemet och ge fluktuationer på VVC-temperaturen med störningar på temperaturdifferensmätningen.





LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

