Drift och Energiuppföljning

April 2016

Per Kempe,

Projektengagemang
Energi & Klimatanalys AB
www.pe.se

Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond
Projekt 12746

Förord

Denna rapport är tillsammans med sammanfattningen av LÅGAN-rapporten ”Väla Gård i Helsingborg” [1] är slutredovisning av SBUF-projekt 12746 ” Erfarenhetsåterföring: Plusenergikontor med 450 kvm solceller - Driftoptimering, energiuppföjning samt inneklimat”.

Projektledare har Per Kempe, Projektengagemang Energi & klimatanalys AB varit och arbetet påbörjades, när Per jobbade på Skanska Installation AB och avslutades, som extern konsult till Skanska på Projektengagemang Energi& Klimatanalys AB.

Referensgruppen har bestått av

Magnus Everitt, Installationsföretagen

Jonas Gräslund, Skanska Fastigheter

Kajsa Flodberg/Tomas Ekström, NCC

Sören Andersson, Peab

Hans Söderström, NVS/Installationsföretagen

Per-Olof Engman, Bravida

Per Hansson, YIT

Danderyd april 2016

Per Kempe

Sammanfattning

Rapporten syftar till att ge viktiga insikter om drift- och energiuppföljning samt att sätta fokus på vad som är viktigt för att uppnå god funktion och energiprestanda hos byggnader och deras installationssystem. Då det ibland görs missar i detaljer, som gör att driftuppföljningen får problem tas en del detaljer upp i denna rapport.

Erfarenheter från många projekt visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda om man inte arbetar seriöst med idrifttagning och samordnad funktionsprovning samt aktivt med drift- och energi-uppföljning från projektets start, systemhandlingen. Verifiering av önskad energiprestanda och funktionsanalys bör starta upp i projekteringen, där förutsättningarna bestäms för driftoptimeringen. Speciellt viktigt är i detalj hur verifieringen av funktionskrav och energiprestanda skall genomföras. I det ligger var och hur man mäter upp funktion och prestanda samt med vilken noggrannhet.

I slutet av projekteringen skall samtliga funktioner i alla driftkort gemensamt genomgås med alla discipliner. Detta för att verifiera att alla funktioner kan verifieras, delsystem kan kommunicera med varandra i tillräcklig utsträckning och att inget har blivit bortglömt.

Driftoptimeringsfilosofin bör utgå ifrån att en byggnad alltid innehåller fel, så arbetssättet skall upptäcka dessa fel snabbt samt åtgärda dem.

Det är viktigt att loggningen av mätdata från byggnadens olika system är i drift före slutbesiktningen, så att besiktningsmannen kan verifiera en del funktioner via mätdata samt att driftoptimering startar direkt efter slutbesiktningen. Blir mätsystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar mer än 6 månader innan mätsystemet fungerar och värdefull tid för driftoptimering försvinner. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 mån. Det betyder att man använder första året för driftoptimering och andra året för verifiering av energiprestandan. I Energiavtal 12 är även det tredje årets drift viktig.

Erfarenhet från driftoptimering är att administration av mätdata tar mycket tid. Detta på grund av att driftuppföljningsverktyg inte är delvis automatiserade. Dvs. man måste utföra samma handgrepp i verktygen 10 – 50 ggr i ett driftuppföljningsuppdrag på 18-24 månader.

Kraven på mätningar, verifieringar och dokumentation ska finnas med tidigt i byggprocessen och förändringar skall dokumenteras.

I drift- och energiuppföljning utgår man från energiberäkningen, så granska energiberäkningarna kritiskt. Se till att det finns tillräckliga marginaler i beräkningar. Se till att det finns goda förutsättningar för uppföljning (t.ex. mätare och rutiner). Se till så att avfrostning är inräknad. Ju tuffare energikrav, desto högre krav ställs på kvalitet i byggprocessen, detaljlösningar och mätningar.

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera, vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Har man en detaljerad energi- och driftuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar samt ge förslag på hur man kan korrigera problemet, som försämrar energiprestandan och installationernas funktion.

Om man inte mäter hur de tekniska systemen fungerar, så tror och gissar man att de har en viss funktion. Skulle man inte få den energiprestanda man önskar, så kan man bara gissa att något inte fungerar som det ska. Då kan det vara svårt att visa på brist i funktion. Finns mätningar kan man visa att det tekniska systemet har brister och ta diskussion om hur det skall åtgärdas till korrekt funktion.

För att kunna få bättre fungerande installationssystem och energiprestanda behövs mer systemkunskap om installationssystem och hur de samverkar med byggnaden. Det är viktigt att förstå hur styrningen av installationssystemen och dess börvärden påverkar funktion och energiprestanda. Detta är speciellt viktigt för energieffektiva byggnader, där de små detaljerna får en större betydelse.

Innehållsförteckning

Förord 2
Sammanfattning 3
Innehållsförteckning 5
1 Inledning 6
2 Nivåer för drift- och energiuppföljning 8
3 Relationsenergiberäkning 9
4 Krav på mätningar 10
5 Arbeta med drift- och energiuppföljning 13
5.1 Mätdata för uppföljning av flerbostadshus 16
5.2 Mätdata för uppföljning av Kontor 17
5.3 Visualisering av mätdata 19
5.4 Beräkning av värmeanvändning från energisignatur 22
5.5 Exempel energirapport 23
6 Drift- och energiuppföljning i byggprocessen 24
7 Drift och energiuppföljning - litteraturexempel 31
7.1 Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet 31
7.2 Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning 32
7.3 Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie 34
7.4 Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus 35
7.5 Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning 36
7.6 Nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten 36
7.7 Förstudie vidareutveckling BELOK Driftanalys 37
7.8 BELOK samordnad funktionskontroll 37
7.9 Sveby Verifiering av delsystem (pågående) 38
7.10 iSERV 40
8 Verktyg för drift och energiuppföljning 41
8.1 BELOK Driftanalys 43
8.2 Excel AddIn Historian 45
8.3 Webbapplikation ”Report Plus” 46
8.4 Export från styrsystem till Excel för fortsatt analys 46
9 Slutsatser 47
Referenser 48

1 Inledning

Syftet med rapporten är att öka kunskapen drift och energiuppföljning och vad som är viktigt, för att få bättre förutsättningar att verifiera samt erhålla beräknad funktion och energiprestanda.

I energieffektiva byggnader byggs ofta klimatskärmar av god kvalité, men det finns ofta inte tid/ pengar i slutet av projektet för att färdigställa och driftsätta energieffektiva installationer. Så ett större fokus behövs på installationssystemen, för att erhålla beräknad energiprestanda och funktion.

I Sverige skall, i enlighet med BBR, byggnadens energiprestanda verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 månader. För att förbättra möjligheten att erhålla beräknad energiprestanda för byggnaden bör första året användas för optimering och det andra året bevakas funktion och prestanda. I andra länder är det teoretiska beräknade värden som används. För oss i Sverige medför detta att driftoptimering under de första två åren bli väldigt viktiga för att erhålla en energiprestanda i närheten av den beräknade.

En erfarenhetsbaserad insikt är att utgå ifrån att en byggnad nästan alltid innehåller felaktiga inställningar, mindre lämpligt utförda detaljer, då de flesta byggnader är unika. Främst är det brister inom installationssystemen, värme-, kyl- och ventilationssystemen. Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energianvändning och man förstår ibland inte varför, för man har inte en tillräckligt detaljerad drift- och energiuppföljning. Driftoptimeringen blir därmed inledningsvis en fråga om hur man till en låg kostnad kan upptäcka dessa brister snabbt och åtgärda, så att möjligheten ökar att erhålla förväntad energiprestanda. Det kan även vara brister i det projekterade. Viktiga detaljer kan vara försummade eller behandlade schablonmässigt. Ett exempel på detta i flerbostadshus är VVC-förluster.

Det är särskilt viktigt för energieffektiva byggnader med låg energianvändning att ha god kontroll på installationernas funktion. När den totala energianvändningen är låg får små fel och brister en relativt sett större betydelse. I värsta fall kan en större obalans i ventilationen, ge undertryck, vilket ger ett större effektbehov i vissa rum pga. luftläckage genom klimatskalet. Detta högre luftläckage kan ge effektbrist och problem med inneklimatet (låg inomhustemperatur).

Erfarenheter från aktiv driftoptimering visar på möjlighet att minska lite mer komplicerade byggnaders energianvändning med i storleksordningen 20-25 % jämfört med energianvändning efter slutbesiktningen med en väl genomförd idriftagning och samordnad funktionsprovning. Dvs. när man gör den första drift- och energianalyserna på byggnaden pekar den på en energianvändning, som är ca 20 % över en realistisk energisimulering och med en aktiv driftoptimering under 12 – 18 månader får man ofta ner energianvändning till strax under den beräknade energianvändningen.

Nedan ges några exempel på orsaker till att energianvändningen inte är optimal efter slutbesiktningen:

- De flesta byggnader är unika (de byggs bara en gång)
- Brukarnas beteende varierar mellan olika byggnader samt uteklimatet.
- Börvärden, styrfunktioner, drifttider är till viss del default-värden, som behöver anpassas till den aktuella byggnaden och dess brukare.
- Kylförluster från exempelvis köldbärarsystem kan minskas genom att anpassa temperaturnivå i systemen och drifttider till de verkliga kylbehoven i byggnaden.
- Kylförluster från köldbärarsystem, när det inte finns ett kylbehov ger ett samtidigt värmebehov.
- Det saknas ofta erfarenhetsdata för hur man skall optimera byggnadernas olika system och då speciellt i energieffektiva byggnader.
- Det är ibland brister i energiberäkningen eller brister vad gäller avvikelser i utförda system i förhållande till vad som ursprungligen planerades.

Det finns ett antal rapporter [2], [3], [4], [9], [11], [12], som visar på att bristerna finns i alla led från projektering till utförande och drift. I kapitel 7 tas en del av dem upp.

2 Nivåer för drift- och energiuppföljning

Beroende på vad syftet är med drift- och energiuppföljningen finns det olika nivåer/ detaljeringsgrad.

Det finns i princip tre huvudnivåer:

1. Månadsvärden på fastighetsmätarna (Debiteringsmätarna)
2. Timvärden på energianvändning etc. för delsystemen i byggnaden
3. Minutupplösning (5 min) på relevanta signaler i ventilationsaggregat, undercentral, shuntgrupper och andra system som överför energi på olika sätt i byggnaden samt referenstemperaturer hos brukarna

1. Om man endast har energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera vilken total energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Det är viktigt att verksamhetsenergin är särskild från byggnadens energianvändning. Om det på debiteringsmätaren finns verksamhetsenergi, så behöver systemet delas upp i två delar (verksamhet respektive byggnadens fastighetsenergi) och att det åtminstone på den ena sätts undermätare. Då kan månadsvärden för byggnadens energianvändning tas fram. Exempel på uppdelning mellan verksamhet och byggnadens fastighetsenergi finns i Svebys brukarindatarapporter tabell 3.1 och 3.2. [5], [6], [7]

2. Har man timvärden på energianvändningen som olika delsystem använder kan man se att del-system använder mer energi än beräknat, men troligast inte orsaken. Energimätarna kan i princip vara samma mätare som ovan (krav på bättre upplösning). Dock kan fler mätare behövas beroende på hur byggnadens installationssystem är uppbyggda. Det som analyseras för delsystemens energianvändning är deras tidsberoende (dygns- och veckovariation) samt energisignatur vs utomhustemperaturen om delsystemets energianvändning har ett utomhustemperaturberoende.

3. Har man en detaljerad drift- och energiuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar, diskutera med driftansvarig samt ge förslag på hur man kan korrigera problemet, som försämrar energiprestandan och installationssystemens funktion. Dock måste man tänka på kostnaderna för mätdataanalysen och helst automatisera. Man kan inte använda ”för många” mantimmar för analysen förutom initialt, för då blir utvärderingenskostnaden för hög.

Den detaljerade driftuppföljningen ger ett mervärde och det är verifiering av de olika systemens funktion. Att systemen har fått den utlovade funktionen. Vid avvikelse i funktion kan sakliga diskussioner föras med utgångspunkt i mätdata och inte en massa möten med allmänt tyckande om funktionen, som inte leder någonstans.

3 Relationsenergiberäkning

Det är viktigt att energiberäkningen är realistisk och verklighetsnära, då energiberäkningarna är utgångspunkten för vilken energiprestanda byggnaden kan erhålla, vilken mäts upp i verklig drift. Så i samband med slutbesiktningen när relationshandlingarna tas fram skall även en relationsenergi-beräkning utföras.

Det är viktigt att skilja på byggnadens respektive verksamhetens energianvändning. Stöd till indata till energiberäkningarna samt definitioner av vad som är byggnadens respektiver verksamhetens energianvändning etc. finns i Svebys Brukarindata bostäder [5], Svebys Brukarindata kontor [6], respektive Sveby Brukarindata undervisningslokaler [7].

Det finns idag en stor spridning i de klimatdata som används i olika simuleringsprogram och av olika utförare. Det finns heller inga tydliga standardiserade riktlinjer för hur klimatdata skall hanteras. Vilka klimatdata som skall användas vid energiberäkningar, för jämförelse med BBR eller andra överenskomna kravnivåer. I ett försök att standardisera klimatdata för Sveriges alla kommuner har Sveby beställt av SMHI klimatdata för typår på timbasis. Dessa klimatdata för Sveriges alla kommuner finns nu att ladda ner från Svebys hemsida (http://www.sveby.org). Anpassning av format på klimatdata för att användas i specifika simuleringsprogram är programvaruföretagens uppgift.

Då energiberäkningen är utgångspunkt för vilken energiprestanda, som skall kunna erhållas för byggnaden är det viktigt att energiberäkningen revideras med data för hur byggnaden blev byggd (relationshandling). Det kan av olika skäl blivit förändringar av den projekterade byggnaden och det är viktigt att relationsenergiberäkningen tar hänsyn till dessa ändringar. Exempelvis kan det i entreprenaden ha blivit utbyte av fönster, ventilationsaggregat samt en del börvärden i styrsystemet.

I drift- och energiuppföljningen jämförs med relationsenergiberäkningen för byggnaden. Energiberäkningen ger vilken energianvändning olika system bör ha under ideala förhållanden och normalt brukande.

4 Krav på mätningar

Kraven på mätutrustning är delvis något beroende vilken nivå/ detaljeringsgrad drift- och energiuppföljning skall utföras. Är man endast intresserad av månadsvärden på debiteringsmätarna samt någon undermätare kan värmemängdsmätare med något enklare integreringsverk användas. Vissa integreringsverk har sämre upplösning och mindre mängd mätdata den kan kommunicera med överordnat system. Detta kan vara en begränsning vid insamling av timvärden och högre tidsupplösning av mätdata.

För övrigt måste värmemängdsmätarnas, VMM, integreringsverk och flödesmätare vara anpassade för att ge mätvärden med tillräcklig upplösning och noggrannhet. En energieffektiv byggnad kan ha en dimensionerande värmeeffekt på 20 – 30 kW och då kan man inte en värmemängdsmätare med en upplösning på 10 kWh användas. Med en sådan mätare erhåller man en värmeenergimängd per timme till värme på 0, 10, 20 eller 30 kWh. Med en sådan upplösning kan inga vettiga analyser genomföras på timbasis utan analyserna blir på dygnsbasis. I detta fall skulle det behövas en upplösning på åtminstone 1 kWh för att kunna göra analyser med energisignatur på timbasis.

Vidare ska man vara observant om man har värme- eller kylmängdsmätare på system som innehåller vätskor som inte är vatten, dvs. blandade vätskor (Mix). Då dessa vätskor bl.a. har avvikande densitet och värmekapacitet. Dessutom kan dessa blandade vätskor ändras över tid i blandningsförhållanden.

Önskar man analysera system med en något lägre dimensionerad värmeeffekt kan upplösningen 0,1 kWh behövas. Så det gäller att välja värmemängdsmätare med omsorg, så att man inte slarvar bort möjligheten till att göra detaljerade analyser och tidigt se avvikelser i funktion och energiprestanda.

Ofta i drift- och energiuppföljningsprojekt blir det diskussioner om dålig upplösning på grund av att mätarna valdes lika ett annat projekt där endast månadsvärden var intressanta. Detta för att system-handling och detaljprojektering inte var tillräckligt tydlig med vad som skulle mätas och hur byggnaden skulle drift- och energiuppföljas. Drift- och energiuppföljningen börjar i systemhandlingen där man fastställer byggnadens funktionskrav och energiprestanda samt med vilka metoder dessa skall verifieras. I detaljprojekteringen projekteras mätarna och givare in med rätt raksträckor etc. vilket erfordras för små mätfel i den önskade drift- och energiuppföljningen.

Förutom krav på värmemängdsmätare behövs även krav på övriga givare i mätsystemet, så att inte komponenter med dålig noggrannhet och upplösning används i mätsystemet. Temperatur och fuktgivare kan behövas samkalibreras (parkalibreras) om de exempelvis skall mäta upp en förändring av luftens tillstånd, absoluta fuktinnehåll, före och efter ventilationsaggregatet vid exempelvis geotermisk förvärmning respektive förkylning.

Om man skall använda värme- och kylmängdsmätare med timupplösning eller bättre är det viktigt att verifiera att de är konfigurerade, så att man erhåller tillräcklig upplösning. Upplösningen bör vara mindre än en hundradel av max energimängd, värmeeffekt, flöde, etc. per timme samt på temperaturgivare 0,1 °C eller bättre. Dock skall man skilja på upplösning och onoggrannhet. En temperaturgivare kan ha en onoggranhet på 0,3 °C och en upplösning på 0,1 °C.

För den detaljerade drift- och energiuppföljningen bör loggningen omfatta signaler, som finns tillgängliga i styr och övervakningssystemet och som har anknytning till inomhusklimat, energianvändning och installationernas funktion. Detta inkluderar in- och utsignaler, analoga och digitala, samt interna punkter såsom börvärden och andra värden. Loggningen ska dessutom omfatta debiteringsmätare: fjärrvärmemätare, fjärrkylmätare, fastighetselmätare, vattenmätare, etc. Ofta kan detta fås genom att mätarna förses med dubbla MBus-kort. Ett MBUS-kort för energileverantören och ett till byggnadens mätinsamlingssystem.

Det är svårt att ge krav på mätutrustningen utan den väljs i projekteringen utifrån funktionskraven och den nivå som önskas på drift- och energiuppföljning. Beroende på byggnadstyp, så varierar detaljeringsgraden. Det är viktigt att mätdata från mätare och givare verifieras vid idrifttagningen, så att man kan lita mätdata när drift- och energiuppföljningen startas upp. Dvs. man har ett verifierat mätsystem för att kontrollera funktionskraven samt energiprestandan för byggnaden.

I flerbostadshus görs främst kontroll av de komponenter som överför stora energimängder, som ventilationsaggregat, värmepumpar, etc. Man gör främst enklare kontroller med nyckeltal, diagram över temperaturberoenden mot utomhustemperatur, energisignaturer, VV-användning, VVC-förluster etc. för att verifiera styrfunktioner, verkningsgrader, temperaturer, etc.

I kontor bör ha en mer detaljerad kontroll av energianvändning och funktionen för olika delsystem då det finns större risk att värme och kyla kan arbeta mot varandra, system är i drift fast det inte finns ett behov, etc.

Tidsstämplingen av mätdata skall vara samordnad/samsynkad, vilket kan kännas som en onödig detalj. Men vid utvärdering av felfunktioner så söker man orsaken till det som händer och har då mätdata hämtas från olika delar av mätsystemet med skillnad i tidsstämplingen, så har man svårt att se vad som påverkar vad i analysen av mätdata.

Mätningar vid energiavtal

Sveby Mätföreskrifter ansluter till Sveby Energiavtal 12 och beskriver hur en byggnads energiprestanda skall verifieras genom mätning. Sveby Mätföreskrifter är en branschgemensam överenskommelse som kan användas vid kontraktskrivning som bilaga till Sveby Energiavtal 12 (som är ett nytt avtal mellan byggherrar och entreprenörer och ansluter till ABT 06). Mätföreskrifterna fastställer vilka parametrar, samt hur och när de behöver kontrolleras för att verifiera byggnadens energiprestanda mot energikrav ställda i Boverkets Byggregler (BBR) avsnitt 9 eller mer skärpta krav enligt avtal.

Mätföreskrifterna är framtagna med aspekten av vad som måste mätas och mätningens noggrannhet i förhållande till kostnader för mätning. Handledningen till Sveby Mätföreskrifter ger dels förklaringar, motiv och källor till mätföreskrifternas utformning och dels förtydligande av hur mätföreskrifterna skall användas tillsammans med några exempel. Handledningen innehåller även föreskrifter för vad som behöver mätas för att ta fram underlag för analys vid en eventuell avvikelse från fastställda energikrav. Därefter följer mätföreskrifter för förebyggande mätningar. Slutligen finns några checklistor på vilka mätningar som behöver göras, vilka kan användas som underlag vid avtalsskrivning om uppföljning av energikrav.

Vem äger mätdata

Mätdata bör tillhöra byggnaden och det är fastighetsägaren, som kan ge andra tillgång till mätdata. Vid försäljning övergår mätdata till den nya fastighetsägaren. Detta bör gälla oberoende om mätdata lagras i databas i byggnaden, hos fastighetsägaren eller i ”molnet”.

Signalnamn

Signalnamn vid driftuppföljning ska följa driftkorten samt vara korta 10-12 tecken. Detta för att signalnamn inte skall skriva sönder olika typer diagram redovisande systemens funktion. Signalnamnen bör vara uppbyggda enligt ”system”, ”vad i systemet” samt på för punkter med flera loggar ska ha tillägg, t.ex. _BV, och _MV för börvärde respektive mätvärde.
Exempel på beteckningar

LB11-SV11	Luftbehandling 11, styrventil 11 (värme)
LB11-GT11-MV	Luftbehandling 11, temperaturgivare 11 (tilluftstemperatur), mätvärde
LB11-GT11-BV	Luftbehandling 11, temperaturgivare 11 (tilluftstemperatur), börvärde

5 Arbeta med drift- och energiuppföljning

Det är viktigt i energieffektiva byggnader med låg energianvändning att ha god kontroll på installationernas funktion. Med en detaljerad drift- och energiuppföljning kan man åskådliggöra installationssystemens funktion och energianvändning. Man kan verifiera de olika delsystemens funktion enligt driftkorten och föra sakliga diskussioner om systemens funktioner med olika aktörer.

Om man inte mäter hur de tekniska systemen fungerar, så tror och gissar man att de har en viss funktion. Skulle man inte få den energiprestanda som önskas, så kan man bara gissa att något inte fungerar som det ska. Då är det svårt att visa på *brist i funktion*. Dvs. man har ett antal ”zinkgråa” lådor i byggnaden, som man *TROR* har viss funktion och energiprestanda. Har man inga mätvärden, vet man inte hur de fungerar och kan inte ha en konstruktiv diskussion, för att åtgärda eventuella funktions- och energiprestandaproblem hos installationssystemen. Finns mätningar kan man visa att det tekniska systemen har korrekt (avtalad) funktion alternativt har brister och ta diskussion om hur det skall åtgärdas till korrekt (avtalad) funktion.

De signaler man önskar i uppföljningen är de relevanta signalerna på driftkorten samt ett antal referenstemperaturer i byggnaden. Relevanta signaler är temperaturer, styrsignaler, tryck, flöden, börvärden, värme- och elmätare, etc.

För att kunna göra de mindre respektive detaljerade energi- och driftuppföljningarna behövs att mätdata från byggnaden automatiskt lagras i en databas. Mycket av arbetet med driftuppföljning är lika, så det finns stor potential för att effektivisera om man kan automatisera och snabbt göra om samma beräkningar och diagram, vecka för vecka och månadsuppföljning för månadsuppföljning.

Flerbostadshus

Flerbostadshus och mindre kontor bör ha en detaljerad energi- och driftuppföljning de första månaderna när man verifierar installationsystemens funktion etc. Därefter har man några nyckelvärden och nyckeldiagram, som man följer upp och när de avviker för mycket gör man en detaljerad energi- och driftuppföljning, för att förstå varför.

Kontor

Kontor är ofta mer komplexa och större, så där är drift- och energikostnaderna större och därigenom finns större ekonomisk möjlighet att göra detaljerade drift- och energiuppföljningar varannan månad efter ett uppstartsskede. Varje eller varannan vecka bör man granska nyckelvärden- och nyckeldiagram, för att snabbt upptäcka om man har erhållit något fel i installationssystemen, som kan påverka byggnadens energiprestanda.

Systemkunskap

För att kunna få bättre fungerande installationssystem och energiprestanda behövs mer systemkunskap om installationssystem och hur de samverkar med byggnaden. Det är viktigt att förstå hur styrningen av installationssystemen och hur dess börvärden påverkar funktion och energiprestanda. Detta är speciellt viktigt för energieffektiva byggnader, där de små detaljerna får en större betydelse.

Erfarenheter

Erfarenheter från många om- och nybyggnader av flerbostadshus visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda [2]. Främst är det brister inom installationssystemen, värme- och ventilationssystemen. Ofta vet man inte förrän efter ett/ några år att man ligger för högt i energi-användning pga. att man inte har ett mätdatasystem eller inte har fått igång mätdatasystemet.

Projektens funktions- och energiprestandakrav skall följas upp och i tidigt skede skall det beskrivas hur de skall följas upp, så att mätare och givare projekteras in på rätt ställe. I slutet av projekteringen verifieras att mätare och givare är korrekt inritade. Vid idrifttagningen verifieras mätarna och givarnas funktion samt besiktningsmannen kan använda mätdata från mätarna och givarna för att verifiera funktionskraven vid slutbesiktningen.

I energieffektiva byggnader med låg energianvändning, är det mycket viktigt att ha god kontroll på installationernas funktion. Små fel och brister en relativt sett större betydelse [9].

Tidsplanering

Det finns en stor problematik med att inte kunna hålla tidplanen i slutet på projekten. När det är tre månader kvar till inflyttning i flerbostadshus spikas tiderna för slutfasen av projektet. Blir då byggaren försenad i sina avslutande arbeten, så att slutstädningen skjuts fram blir idrifttagningen försenad. Men slutbesiktningen går inte att flytta, för några veckor senare flyttar hyresgästerna in och man måste ha slutbeviset. Installatören kan tvingas göra fyra veckors idrifttagning och samordnad funktionsprovning på mindre än en vecka. Detta påverkar givetvis kvalitén på idrifttagningen och den samordnade funktionsprovningen. Installatörens fokus blir att lyckas få godkänd slutbesiktning, inte att göra ett bra jobb med idrifttagning och samordnad funktionsprovning, för det finns ingen tid till.

Avtal

För att känna en trygghet i verifieringen av energiprestanda enligt BBR, Green Building, Energiavtal 12 eller annan avtalad energiprestanda, så bör man direkt vara igång med injusteringar och felavhjälpning efter slutbesiktningen, så att första året kan användas för att erhålla korrekt drift. Andra (och tredje) året används för att verifiera energiprestanda.

Kontorsfastigheter med mycket god energiprestanda, hög miljöklassificering kan i köpeavtal ha skadeståndsklausuler, m.a.p. ej erhållen utlovad miljöklassificering, Green Building, avtalad energiprestanda (energiavtal 12), etc. Detta gör att det blir ett mycket stort fokus på att kunna uppfylla utlovad energiprestanda och ett gott arbete med driftuppföljning.

Säkerställa funktion och energiprestanda

För att säkerställa funktionen på installationerna och energiprestandan är det viktigt att ha fokus på installations och energifrågan genom hela projektet från första ide, genom projektering, produktion, idrifttagning, och drift. För att vid idrifttagning och drift kunna följa upp funktion och energiprestanda är det viktigt att redan i projekteringen har planerat och bestämt hur man skall utföra energi och funktionsuppföljning samt funktionsoptimera. Under idrifttagningen skall driftuppföljningssystemen tas i drift, verifiera loggade värden och verifiera funktionen för de olika systemen. Under slutbesiktningen skall besiktningsmannen använda loggade mätdata för att verifiera de olika systemens funktion.

Har man inte ett mätsystem så att man kan följa systemens funktion vet man oftast inte varför man får avvikelser, för man kan inte enkelt följa de olika installationssystemen, för att

- utvärdera funktionen
- identifiera fel och brister
- utvärdera resultatet av olika åtgärder

För att få den avsedda funktionen samt kunna mäta och verifiera den bör man:

- Beskriv de funktionskrav som gäller i projektet i systemskedet samt hur de verifieras och projekteras in mätutrustningen för verifieringen av funktionskraven. Om de inte projekteras in kan det bli svårt att verifiera funktionskraven och det blir svårt att mäta med tillräckligt litet fel och betydligt dyrare
- Beskriv funktionen hos systemen på driftkort, som lever genom projektet. Det skall även anges hur funktionskraven och energiprestandan skall verifieras
- Tillse att mätsystem och dataloggning är en del av entreprenaden
- Tillse att mätsystemet startas upp och signalerna verifieras under idrifttagningen senast en månad före slutbesiktningen
- Tillse att besiktningsmannen under slutbesiktningen verifiera funktionskrav med mätningar från mätsystemet.
- Se till att projektering och byggande varit konsekvent, så att fastighetsmätare för energi (el, värme, VV) endast visar fastighetsenergi

För att erhålla mätvärden av god kvalité är hela mätkedjan från det som önskas mätas till lagrade mätvärden i mätdatabas viktig. Vid verifiering av mätvärdena kontrolleras att mätvärde i mätinstrument stämmer med det som önskas mätas och är lika med mätvärde i styrdator och mätdatabas. Detta för att verifiera att givare mäter rätt samt att mätvärdena inte förändras i överföringarna till mätdatabas. Ibland förekommer det att fel mätvärde mäts eller att mätvärdena trunkerats.

På detta sätt kan besiktningsmannen verifiera en del funktioner via mätdata samt kontrollera att driftoptimering startar direkt vid slutbesiktningen. Detta gör att loggningen av mätdata fungerar, mätdata är verifierade, så att man kan börja jobba med att driftoptimera byggnaden och dess installationssystem direkt efter slutbesiktningen.

Exempel på vad man bör kontrollera drifttider, börvärden och reglersekvenser, för felaktiga styrfunktioner, som att eftervärmaren går in före värmeåtervinningen är en liten felfunktion, som kraftigt försämrar energiprestandan samt blir mycket kostsam.

Exempel på felfunktion

Obalans i ventilationen skapar undertryck vilket ger större effektbehov i vissa rum pga. luftläckage genom klimatskalet. Detta kan ge effektbrist och problem med inneklimatet. För att kunna finna orsaken behöver man mätvärden från byggnadens olika delsystem.

Mätdata för analys av felfunktion

Beroende på vad det är för fel behöver man olika typer av mätdata. Timvärden kan vara tillräckligt för att se att något är i drift i onödan, exv. att tidstyrningen av ventilationen på ett kontor inte fungerar. Har man ett styrproblem kan man behöva ha mätdata med minutupplösning, för att på styrsignaler, temperaturer, flöden, etc., se att det är brister i regleringen av installationssystemen.

5.1 Mätdata för uppföljning av flerbostadshus

Nedan exempel på vad mellannivån enligt kapitel 2 innebär för ett flerbostadshus.

Värmeanvändningens fördelning behöver följande värmeenergimätare för utvärdering

- FJV (köpt värme)
- Eftervärme ventilation
- VV-energi
- VVC-energi
- Samt utomhustemperaturen (timmedelvärde)

Elanvändningen (elmätare)

- Fastighetselenergin
- Elenergi till ventilation
- ”Rännvärme” eller annan ej försumbar elanvändning, som är del av fastighetselen

Brukarpåverkan

- Referenstemperatur lägenheter (timmedelvärden)
- Summa hyresgästel (elmätare timvärden)
- VV-användning (från VMM VV-energi)

Därutöver kan energi till tvättstuga, lokal, etc. behöva mätas.

Nedan ges exempel på mätningar med minutupplösning och vad som fordras för detaljerad analys.

Ventilationsaggregat:

- Temperaturer
- Luftflöden
- Luftryck
- Styrsignaler
- Bör- och ärvärden

Undercentral:

- Temperaturer
- Tryck
- Styrsignaler
- Bör- och ärvärden

Värmepumpar:

- Elanvändning
- Tillskottsvärme
- Producerad värmeenergi
- Temperaturer värmesystem
- Temperaturer köldbärarsystem
- Flöde värmesystem
- Styrsignaler

5.2 Mätdata för uppföljning av Kontor

Nedan exempel på vad mellannivån enligt kapitel 2 innebär för ett kontor.

Värmeanvändningens fördelning behöver följande värmeenergimätare för utvärdering

- FJV (köpt värme)
- Eftervärme ventilation
- Eventuell markvärme
- VV-energi
- VVC-energi
- Samt utomhustemperaturen (timmedelvärde)

Kylanvändningens fördelning behöver följande kylenergimätare för utvärdering

- FJK (köpt kyla)
- kylbatteri ventilation
- Processkyla

Elanvändningen (elmätare)

- Fastighetselenergin
- Elenergi till ventilation
- ”Rännvärme” eller annan ej försumbar elanvändning, som är del av fastighetselen

Brukarpåverkan

- Referenstemperatur på våningsplanen (timmedelvärden)
- Summa hyresgästel (elmätare timvärden)
- VV-användning (från VMM VV-energi)

Nedan ges exempel på mätningar med minutupplösning och vad som fordras för detaljerad analys.

Ventilationsaggregat:

- Temperaturer
- Luftflöden
- Luftryck
- Styrsignaler
- Bör- och ärvärden

Undercentral:

- Temperaturer
- Tryck
- Styrsignaler
- Bör- och ärvärden

Värmepumpar:

- Elanvändning
- Tillskottsvärme
- Producerad värmeenergi
- Temperaturer värmesystem
- Temperaturer köldbärarsystem
- Flöde värmesystem
- Styrsignaler

5.3 Visualisering av mätdata

Ett mycket kraftfullt sätt att verifiera funktionen för installationssystem är granska diagram som visualiserar installationssystemets funktion och energianvändning. Det finns fyra huvudtyper av figurer som visar på installationssystemens funktion samt energianvändningen.

Tidsseriefigurer visar tidsberoende styrningar och hur energianvändningen varierar. För god läsbarhet är indelningen av X-axeln beroende på hur lång tidsperiod som avbildas och hur den uppdelas. Det bör vara lite luft runt ”labels” för huvudindelning. Det blir enkelt att se att något händer kl.6 och orsaken inses.

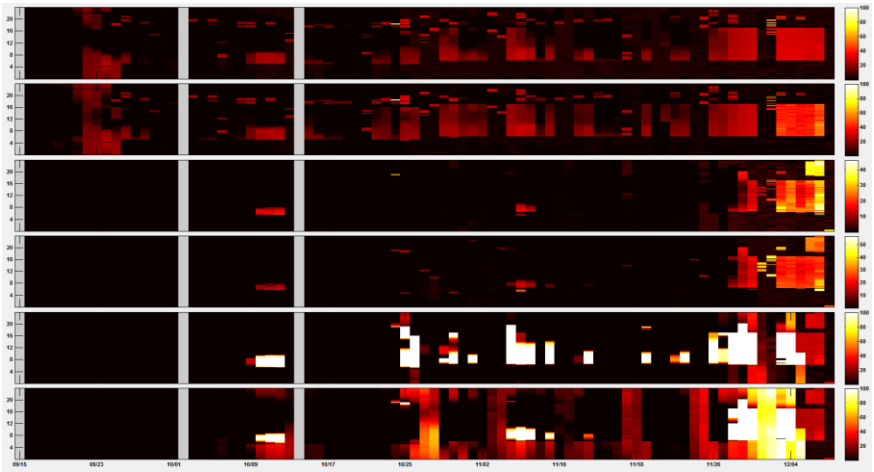
Nedan ges några exempel:

- Dygn: Huvuddelning 3 timmar samt underdelning 1 timme. (Start midnatt)
- Vecka: Huvudindelning 1 dygn samt underdelning 6 timmar. (Start midnatt sön/mån)
- Månad: Huvudindelning 1 vecka samt underdelning 1 dygn. (Start midnatt sön/mån)
- Halvår: Huvudindelning 3 eller 4 veckor underindelning 1 vecka. (Start midnatt sön/mån)

Varaktighetsfigurer. Dessa visar hur länge som temperaturen understiger ett visst värde och med kunskap om installationssystemets funktion kan även effektbehov och energianvändning beräknas. På x-axeln är dygn eller timmar.

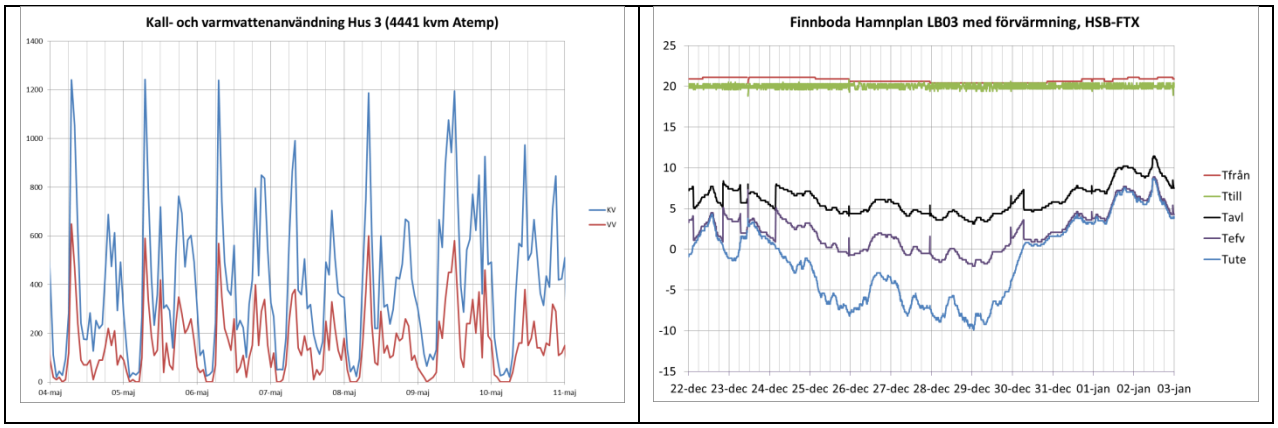
”Signatur”figurer användas för att kontrollera hur styrfunktioner fungerar i verkligheten. Ofta finns brister i styrfunktioner, som påverkar installationssystemens funktion och energiprestanda negativt. Detta kan identifieras när man ritar upp olika signalers beroende av utomhustemperaturen. Signaturdiagram kan i kombination med normalårsklimatdata användas för att beräkna normalårskorrigeringar av energianvändning. X-axeln är då utomhustemperaturen.

Mattdiagram (carpets plots) visas i figur 1 och där ser man hur 6 ventilationsaggregats värmeventiler har öppnat under en höst. Det kan ses att värmeventilen på två ventilationsaggregat knappt har öppnat före Dec. Ventilationen går huvudsakligen 6-18. Två ventilationsaggregat behöver mer eftervärme.



Figur 1 Mattdiagram över eftervärme till sex ventilationsaggregat

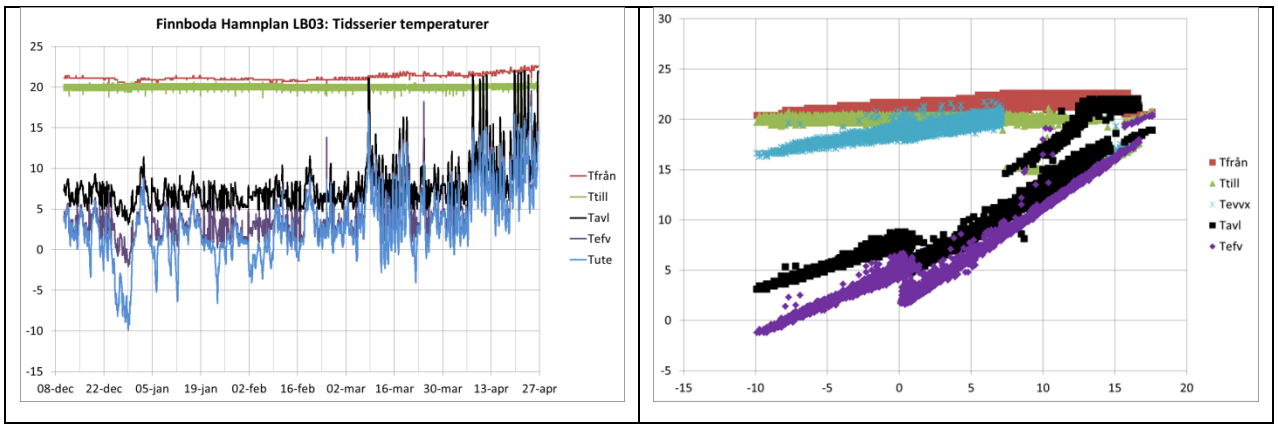
Nedan är några exempeldiagram hämtade från BeBo-rapporten ”Nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten - HSB-FTX geoenergi utan värmepump” [10].



Figur 2 Två tidseriediagram från BeBo-rapporten [10].

Den vänstra figuren visar varm- och kallvattenanvändningen i flerbostadshuset och varmvatten är i princip noll under natten samt kallvattenanvändning är 20 – 80 liter per timme under natten. Visar att det inte är något som använder varmvatten under natten. Datummarkering för varje dygn samt markering/ streck för var 6:e timme.

Den högra figuren visar temperaturerna i ett ventilationsaggregat med geotermisk förvärmning under en kall period vid årsskiftet 2014/15. Avfrostningen av ventilationsvärmeväxlaren har inte gått in någon gång, så temperaturerna varierar mjukt och långsamt. Datummarkering för varje dygn samt markering/ streck för var 6:e timme.
Avsikten med geotermisk förvärmning är att minska behovet av avfrostning och därigenom minska behovet av värmeeffekt till eftervärmebatteriet. Skulle styrningen av förvärmningen vara mindre lämplig eller ha problem, så ser man det i tidsseriedigrammet. Detta kan även ses i signaturdiagram över temperaturerna i ventilationsaggregatet. Se figur 3.



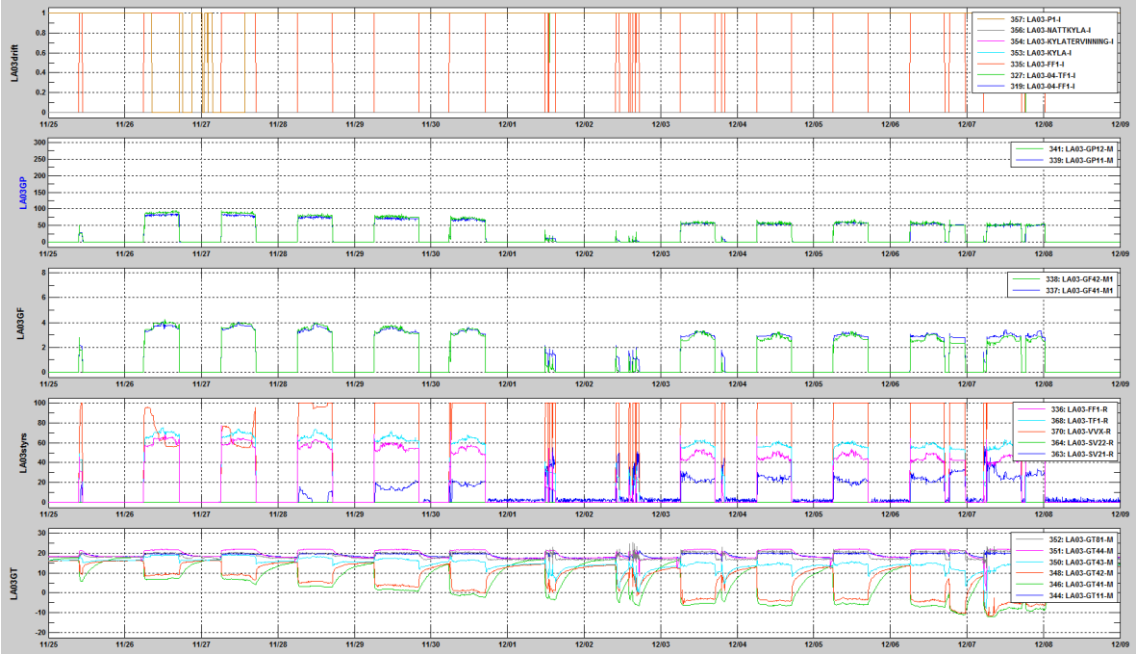
Figur 3 Tidseriediagram samt temperatursignaturdiagram från BeBo-rapporten [10].

Den vänstra figuren i figur 3 visar temperaturerna i ventilationsaggregatet med förvärmning under 4,5 månader. Med datummarkering för var annan vecka samt markering/ streck för varje vecka.

Den högra figuren visar en temperatursignatur för temperaturerna i den vänstra figuren. Ser man på den lila temperturpunkterna, temperatur efter förvärmningen ser man att förvärmningen är i drift när utomhustemperaturen är under +1 °C. Där är det ett hack i kurvan på ca 4 °C.

Det som kan ses till höger i den högra figuren är att det finns en kaskadreglering av tilluftstemperaturen när utomhustemperaturen är varmare än +14 °C.

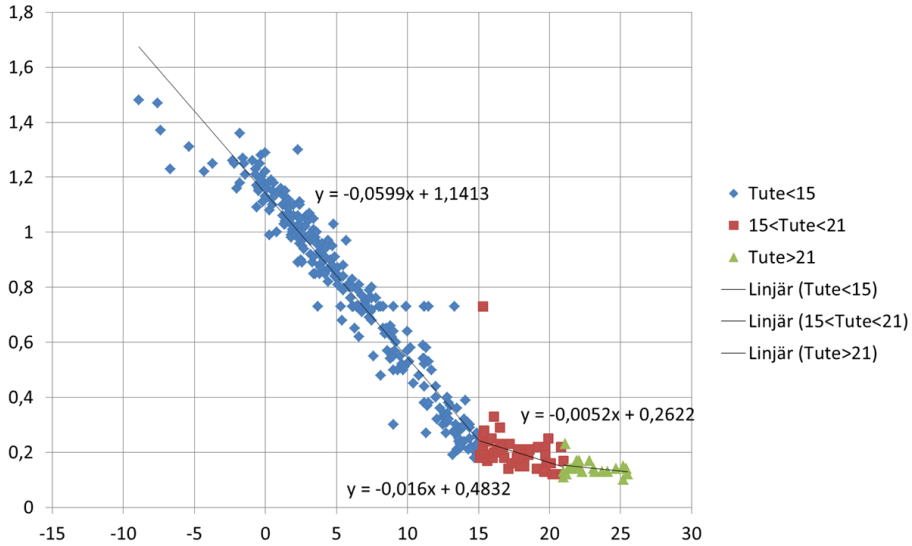
BELOK Driftanalys är ett kraftfullt verktyg att använda vid visuell kontroll av installationssystems funktion. Exempel på vad BELOK driftanalys och andra program kan visualisera ges i kapitel 8.



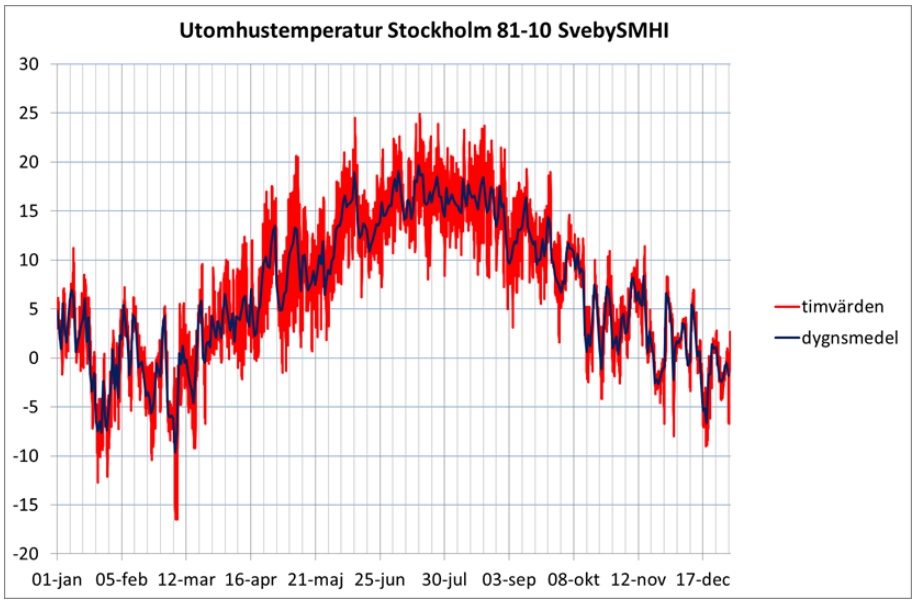
Figur 4 Visar hur olika signaler för ett ventilationsaggregat varierar under två veckor. Det som visas i de olika diagrammen är nedifrån räknat: temperaturer, styrsignaler, luftflöden, tryck samt driftindikeringar. Ser man konstigheter i en figur kan man lätt granska de andra signalerna för samma tidpunkt. Dessutom kan man zooma in så att man lättare ser detaljer.

5.4 Beräkning av värmeanvändning från energisignatur

Med åtgångspunkt från energisignaturen, figur 5, och byggnadsortens dygnsmedeltemperaturer, figur 6, för ett typår/ normalår kan byggnadens energiprestanda beräknas. I figur 5 tas ekvationer fram för energisignaturen. Dessa ekvationer används sedan för att beräkna varje dygns energianvändning utifrån figur 6, dygnsmedeltemperaturen, och sedan summeras detta ihop till en årsenergianvändning. Beräkningen av normalårsanvändningen av fjärrvärme gav 272 MWh.



Figur 5 Visar energisignatur för en byggnad basserad på dygnsvärden, då upplösning på värmemängdsmätaren var för dålig för timvärden.



Figur 6 Utomhustemperaturen för nya normalåret: Stockholm 81-10 SvebySMHI

5.5 Exempel energirapport

I detta kapitel antas drift och energiuppföljningen utförs av extern konsult, för att driftorganisationen inte har tid att prioritera detta och att möte med diskussion av slutsatserna genomförs var 2-3 månad under garantitiden. Det kan vara en fördel om styrentreprenören är delaktig i mötena.

I en energiuppföljningsrapport sammanställs energianvändningen på förstasidan och på bakomliggande sidor analyseras ett ”energislag” i taget och redovisas i diagram enligt föregående sidor. Alla energislag jämförs med relationsenergiberäkningen.

Samtidigt visualiseras installationssystemens funktion och styrning, börvärden etc. kontrolleras. Ses brist i funktion dokumenteras den för att tas upp på drift- och energimötet med fastighetsansvarig och driftansvarig.

I tabell 1 är ett exempel på hur en sådan tabell kan se ut. I nedre delen av tabellen är icke byggnadsenergier redovisade.

Tabell 1 Exempel sammanställningstabell över byggnadens energianvändning

	Energiberäkning (Relationshandl.)	Energianv. Prognos	Energianv. Prognos	Energianv. Prognos
(kWh/m^2,år)	2012-12-11	2013-03-15	2013-05-17	
Uppvärmning	38,1	47	41	
Varmvatten	4,5	4,3	4,2	
Komfortkyla	16,2	17,1	17,3	
Fastighetsel	17,2	23,1	21,0	
Summa	76	91,5	83,5	
Medelfl (l/s,m^2)	0,65	0,63	0,64	
Krav enl. BBR	101	100	100	
Markvärme	0	-	-	
Hyresgästel	37	43	43	
Processkyla	-	4	8	
Solelproduktion	-	-	-	

6 Drift- och energiuppföljning i byggprocessen

Drift och energiuppföljning är inte något som endast tillhör driftskedet utan grunden läggs redan i program, system och projekteringsskedena, för att ge en bild av detta så sammanfattas nedan en tidigare intervjuundersökning med beställarnas driftorganisationer från BeBo-medlemmar [2], som visar på olika delar i byggprocessens betydelse för drift- och energiuppföljning utgående från ett flerbostadshus.

Organisation

Funktionskraven för energi och ventilation måste sättas i centrum från början, styrningen mot god driftsekonomi ges högre prioritet och byggas in i organisationen från första början. I programskedet ska funktionskraven formuleras så att de blir verifierbara. Totalentreprenörens ansvar bör formuleras så att det också omfattar utfallet på energianvändning.

Det är viktigt med ett stort engagemang hos beställarens projektledare. Beställarens byggprojekt-ledningen borde vara med i minst 5 år, garantitiden, för att ta en större hänsyn till driftfrågorna. För närvarande är det dåligt med erfarenhetsåterföring, byggprojektledningen släpper projektet och går vidare och de projekterande konsulterna ses inte i en fastighet efter den är byggd.

Styrfrågorna behöver prioriteras liksom handläggaren av drift och uppföljning. De bör finnas med i projekten från början. Se till att styranläggingen projekteras och handlas upp tidigt i projektet samt att handläggarna är delaktiga i projektet. Slutligen bör en särskild besiktning införas för styranläggningen med en kompetent besiktningsman.

Ekonomi

Det ekonomiska ansvaret för projektet bör inkludera ansvar för drift och energianvändning.

Exempel:

Om en entreprenör har en har totalentreprenad med ekonomiskt incitament som inte inkluderar drift och energi kan utfallet bli att man sparar på installationssystemen och annat i slutet på projektet. Detta för att klara budget och tidplan. Saker man borde göra, för att få en bra drift av byggnaden sparas bort, för det ryms inte inom kalkylen. Det kan bli tokigt och inte optimalt för byggherren, som sedan skall förvalta byggnaden.

Tidplan

Projektet måste styras väl vad gäller tidsanvändning. Detta gäller i särskilt hög grad slutfasen av projektet. Se till att datum för slutbesiktning, avprovning, samordna provning, slutstädning m.m. finns med i tidsplanen samt att de inte äts upp av andra aktiviteter i projektets slutfas.

Exempel

Ett bostadshus har slutbesiktningsdatum och inflyttningsdatum fastlåsta sedan lång tid. Det är viktigt eftersom de boende måsta avyttra sitt förra boende och planera flytt m.m. När man har tre månader kvar till planerad inflyttning skall man ”släppa” lägenheterna. När det är en månad kvar till slutbesiktning skall det vara slutstädat, installationssystemen drifttas och injustering av ventilationssystemen etc. påbörjas. Därefter är samordnad funktionsprovning samt verifiering av givare/ mätare i styr- och uppföljningssystemen.

I detta fall var byggaren försenad och det byggs in och målas i det sista, så ventilationen kan inte starta förrän man har slutstädat, vilket kunde vara så sent, som en vecka före slutbesiktningen i vissa trapphus. Detta innebär att injusteringarna blir lidande, men även samordnad funktionsprovning samt verifieringen av givare och mätare.

Programskede (Förstudie).

Energi- och installationssystemen måste vara i fokus under hela projektet. I programskedet skall man formulera funktionskraven, så att de blir verifierbara. Vilka parametrar krävs, för att kunna verifiera kraven? Hur ser inneklimatkraven ut sommar och vinter?

Exempel

Ett ombyggnationsprojekt bör utföra en bättre statusbesiktning av installationssystemen med en risk och konsekvensanalys, för att minska risken för överraskningar i byggprojektet. Dessutom behöver man analysera vad det är som skapar värmeeffektbehov när det är kallt ute. Att abonnera på stora värmeeffekter börjar bli dyrt hos många värmeleverantörer.

Systemhandling

Brister i systemhandlingarna ger stor påverkan på det som blir utfört. Det är viktigt att mätsystem för verifiering av funktionskraven tas fram och bestäms, för de valda installationssystemen. Se till att projektet har tillräckliga resurser med systemkunskap och systemförståelse, för installations- och energisystem. Detta gäller alla delsystem och deras betydelse för andra system men särskilt viktigt är att styr och regler frågor är med tidigt i projektet. VV/VVC-systemen bör få ett större fokus, då de är i drift hela året och skall ha en temperatur på minst 50°C.

Om man väntar för länge med installationerna kommer en stor del av entreprenaden in sent i projektet, vilket gör att installationslösningarna kan få en sämre funktion och bli dyrare. Se även till att tillräckligt med yta finns för schakt och installationsutrymmen.

Exempel

Nyproduktion har en tight budget och man försöker optimera uthyrbar yta, vilket begränsar utrymmena för installationer. Med minimala schakt och installationsutrymme är risken stor att kanalsystemen och ventilationsaggregat blir för snålt dimensionerade, vilket gör att man får svårare att injustera och få en bra samt energisnål drift. Detta leder till ventilationssystem, som drar mer energi och ger ifrån sig mer ljud än nödvändigt.

Bygghandling

Kraven på mätningar, verifiering och dokumentation ska finnas med tidigt i byggprocessen och förändringar skall dokumenteras. I slutfasen av projekteringen innan man går över i produktionsfasen bör man genomföra en samordnad funktionsprovning (torrövning), för att verifiera att alla funktioner finns med och att man inte i handlingarna har glömt något. Man går bl.a. igenom driftkorten och hittar en del småsaker. Det är bra investerade timmar samt att man får ett ansikte på övriga aktörer.

Exempel

Totalentreprenören har inte i detalj förstått handlingarna och avviker från Byggherrens standard, föreslår billigare lösning, ger en liten ekonomisk kompensation, så att beställarens byggprojektledare ska bli nöjd, men det försämrar installationssystemens funktion.

Upphandling

Det gäller att formulera funktionskrav i upphandlingsunderlaget och skriva in vilken metod som ska användas för verifiering. Dessutom bör det göras klart att komponenterna ska vara enhetliga och utbytbara och att reservdelar och verktyg ska finnas tillgängliga hos lokal/regional VVS-grossist.

Beskriver man inte tillräckligt bra i upphandlingsunderlaget, får man inte det man önskar. Det är viktigt att kunna formulera funktionskrav samt hur de skall mätas och verifieras. Det gäller att skriva in i upphandlingen, vilken metod som ska användas vid verifiering.

Entreprenörer bör upphandlas med 5 års driftansvar, så att de ser till att man erhåller en korrekt drifttagning av deras installationssystem med en bra och energieffektiv drift. Kompetenskrav på styr är mycket viktigt, för att få bra fungerande installationssystem.

Dagens installationsutrustning innehåller styrfunktioner, som bör kopplas ihop via ett överordnat system.

Genomförande (entreprenad)

Se till att fokusera på egenkontroll under byggtiden. Byggherren bör definiera vilken standard man vill ha (upphandlingsunderlag), granska av projekterat underlag och funktionsbeskrivning. Uppföljning måste ske under hela byggtiden för att säkerställa utförda arbeten.

Exempel

Det är ofta alldeles för mycket okunskap hos projektörer och entreprenörer vad gäller montage-anvisningar. Rör och styr får anpassa sig fullt ut till byggaren och vill inte bråka, för de vill vara med på nästa projekt. Dokumentation av förändringar är ofta dålig.

Idrifttagning

Idriftagning ges inte den tid och betydelse, för att erhålla bra fungerande installationssystem. Minst två veckor för normala projekt och med närvaro av besiktningsmän och lämpliga specialister. Se till att bearbeta mallar för alla dokument så att man direkt kan jämföra värden och verifiera funktionerna. Injusteringsprotokoll skall t.ex. innehålla inställningar och tryck, så ser man direkt om man får ut rätt flöde och ser om det är riktiga värden.

Det är viktigt att alla system för kommunikation och datalagring är en del av drifttagningen inklusive alla givare. Det är viktigt att datakommunikation (internet) finns till driftutrymmena under idrifttagningen.

Exempel 1

Ofta har idrifttagningen utförts, men med vilken kvalité, felkopplat, fel ordning, etc. Beställaren har arbetat hårt på att idrifttagningen skall vara en månad före slutbesiktningen, men det händer något i projektet, så att den glider fram.

Exempel 2

Slutstädning innan ventilationsaggregatet startar och då ligger besiktningen endast någon vecka bort. Innan ventilationsaggregatet har startas upp är det svårt att veta att alla signaler fungerar och sedan skall det injusteras. Så det är ont om tid att få ordning på styr och göra samordnad funktionsprovning. I bästa fall funkar det till slutbesiktning. Egentligen borde perioden ha utökas med någon vecka.

Exempel 3

Ofta erhålls dåliga, bristfälliga protokoll från driftsättningens och ofta förstår entreprenören inte alla parametrar, som skall ställas in. Specialister borde hjälpa till med idrifttagning samt felsökning. Dåligt om tid, ofta är luftmängdsmätningarna och injusteringar inte speciellt bra gjorda, ofta blir det någon efterbesiktning, då injusteringarna har undermålig kvalité.

Exempel 4

Man använder veckorna efter slutbesiktningen, för att få systemen att fungera. Det förekommer en del kommunikationsproblem, som problem med TCP/IP nätverk, router etc. till driften, men det kan även vara dialektproblem i styrsystemet. För få IP-adresser till fläktrummet. Vi lyckas få igång internet i lägenheterna, men den delen av organisationen är inte involverade för IP-nätverket till teknik-utrymmena. Stort krångel att få till IP-kommunikation. Prylarna på plats, men kommunikationen fungerar ej. Man känner till och det skall kopplas mot överordnade system. Signaler skall vara uppkopplade vid slutbesiktningen (fungera). Man hamnar i en sax, man behöver godkänd slutbesiktning, för att hyresgästerna skall kunna flytta in.

Samordnad funktionsprovning

Samordnad funktionsprovning är till för at verifiera att alla olika delsystem i byggnaden fungerar bra ihop. Dessförinnan ska varje underentreprenör ha kontrollera och kört igång sina delsystem.

Försök att göra en teoretisk samordnad funktionsprovning redan i projekteringsfasen, genom att alla bygghandlingar samgranskas och genom att jämföra funktionssambanden sinsemellan. Att göra detta innebär att man i ett tidigt skede kan identifiera och åtgärdar eventuella projekteringsfel.

Exempel

I slutet av projektet är det ont om tid och pengar samt de flesta underentreprenörer har redan startat upp på andra projekt. Detta medför att den viktiga samordnade funktionsprovningen blir ett hastverk med dålig kvalité. Ventilationsaggregatet startar t.ex. en vecka före slutbesiktning, så det är ont om tid för injustering, att få ordning på styr samt göra samordnad funktionsprovning. I bästa fall funkar installationssystemen någorlunda till slutbesiktningen. Funktionen blir sällan bra efter en entreprenad utan driften måste justera och korrigera.

Slutbesiktning

Vid slutbesiktningen kontrolleras att arbetet är utfört enligt överenskommelse (kontraktshandlingar) och enligt BBR Boverkets Byggregler, branschregler samt fackmässigt inom de toleranser som är föreskrivna i branschen. För att få bättre styr och mätinstallation bör en styrbesiktningsman vara med på förbesiktning samt utför kontroller under projektets gång.

Exempel

Idag är det oftast ingen funktionsbesiktning utan endast en installationskontroll. Är komponenterna enligt handling installerade? Efter godkänd slutbesiktning är det väldigt svårt att få hjälp av entreprenörerna att åtgärda fel och brister som upptäckts. Det som gäller att få ordning på allt till slutbesiktningen. Vad står i upphandlingsunderlagen? Är det bra specificerat? Det är viktigt att kunna

ställa krav, så att det blir tillräckligt bra. Det gäller att kunna formulera verifierbara funktionskrav. Besiktningsmannen är där två timmar. Besiktningen är mot handlingar, vilka kan innehålla en del brister. Totalentreprenad besiktar mot kontraktshandling och dess tekniska beskrivning.

Drift

Driftoptimering innefattar genomgång av driftstider, temperaturer, flöden, behovsanpassning, översyn över rutiner, intern kommunikation och brukarsamverkan. Injusteringen baserar på besluten om driftoptimering gällande temperaturregler och drifttider från planeringsskedet.

Exempel

Man använder veckorna efter slutbesiktningen, för att få systemen att fungera. Det förekommer en del kommunikationsproblem, som problem med TC/IP nätverk, router etc. till driften, men det kan även vara dialektproblem i styrsystemet.

Mätning i byggnaderna är främst värmemängdsmätning, elmätning och flödesmätning, men endast månadsvärden inga momentanvärden. Ibland är mätarna inte korrekta dels kan de ha fel adress, men även felaktiga skalfaktorer.

Temperaturgivare insatta i lägenheterna gör att driften ser varje lägenhet och om kallt ser man om en lägenhet eller stam har problem. Detta gör att man kan arbeta hårdare med optimering av fram-ledningskurvan.

När driften tar över lever man i förhoppningen att allt fungerar, men efter en tid inser man att det finns brister, ibland stora brister. Driften behöver under det första året extra tid för att verifiera att man har fått rätt funktion på alla installationssystem. Ofta måste man använda veckorna efter slutbesiktningen för att få systemen att fungera. Injustering och driftoptimering efter idrifttagning är avgörande för att alla funktioner i huset ska fungera enligt preciserade krav i projekteringen.

Uppföljning

Mäta är att veta och det gäller att mäta rätt samt att man vet vad och hur man vill verifiera funktionskraven. Förståelse för fysikaliska förloppen för installations- och energisystem är mycket viktig vid uppföljning, så att man exempelvis inte blir lurad av kondenseringsvärme vid mätning av temperaturverkningsgrad eller avkylningen i återvinningsbatteri.

För att säkerställa funktionen på installationerna och energiprestandan är det viktigt att ha fokus på installations och energifrågan genom hela projektet från första ide, genom projektering, produktion, idrifttagning, och drift i x år. För att vid idrifttagning och drift kunna följa upp funktion och energiprestanda är det viktigt att redan i projekteringen ha planerat och bestämt hur man skall utföra energi och funktionsuppföljning samt driftoptimera. Under idrifttagningen skall driftuppföljningssystemen tas i drift, verifiera loggade värden och verifiera funktionen för de olika systemen. Under slutbesiktningen skall besiktningsmannen nyttja loggade mätdata för att verifiera de olika systemens funktion.

Exempel 1

Ofta är det stort krångel att få mätsystemet att fungera till slutbesiktningen. Ibland är det krångel att få till IP-kommunikation. Prylarna är på plats, men kommunikationen fungerar inte. Givarna och mätarna skall vara uppkopplade vid slutbesiktningen, fungera samt vara verifierade.
Det finns mycket som kan hända i ett byggprojekt. Exempelvis hade man endast 30 mm brandisolering på tilluftskanaler, för att tilluftskanalerna skulle ligga djupt ner i lösullen på vinden, men ventilationskanalerna hängdes upp i takstolarna högt över lösullen, så man erhöll ett temperaturfall vintertid på 4,5 °C. Detta innebär att man blåste in undertemperad tilluft vintertid, vilket öka värmebehovet.

Exempel 2

Styrningen på värmen var konstig, On/off på eftervärmen, dvs. styrdes med magnetventil.

Nu ser de FJV-centralen, men inte lägenhetstemperaturerna, för de ligger i ett annat system (IMD).

Exempel 3

Har man inte kravet att driftuppföljningssystemet skall vara verifierat och användas av besiktningsmannen under slutbesiktningen är risken stor att det tar 3-6 månader efter slutbesiktningen innan driftuppföljningssystemet fungerar.

Då har man tappat mycket värdefull tid för att optimera byggnadens energiprestanda och driftoptimera installationssystemen. Första vintern eller sommaren har passerat och man har inte kunnat driftoptimera systemen för de driftfallen.

7 Drift och energiuppföljning - litteraturexempel

Nedan visas några exempel från litteraturen på behovet av drift och energiuppföljning.

7.1 Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet

Stockholmsprojektet genomfördes under 80-talet för att jämföra olika sätt att bygga energisnåla flerbostadshus. Mätdata från de första undersökta byggnaderna visade stora skillnader mellan verklig och avsedd funktion hos många av installationssystemen. Det ledde till att ett idrifttagningsprojekt genomfördes.

I idrifttagningsprojektet använde man en metodisk aktiv idrifttagning med analys av insamlade data från mätningar i installationssystemen och en aktiv idrifttagning ute i anläggningarna, vilken hade en stor inverkan på energiförbrukningen. Mer än 90 % av ”energivikten” i felen har hittats med hjälp av metodisk idrifttagning, antingen genom dataanalys av insamlade mätvärden eller genom att vara ute i anläggningen för funktionskontroller eller andra besök.

I rapporten ”Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet, Bengt Wånggren [4] ges följande rekommendationer för att minska antalet fel i installations-systemens 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 av funktionskrav måste förberedas under projekteringen

Wånggren redovisar att man i Stockholmsprojektet hittade 61 % av felen med aktiv driftuppföljning samt 19 % från boendesynpunkter. Enligt Wånggren är det viktigaste för att erhålla en god funktion och energiprestanda: ge installations och energifrågan större vikt genom hela projektet, analysera funktionen för de projekterade systemen (driftkorten), mätningarna för verifieringen måste förberedas under projekteringen samt funktionskrav verifieras under idrifttagning och drift.

Orsaken till de fel man upptäckte i Stockholmsprojektet var

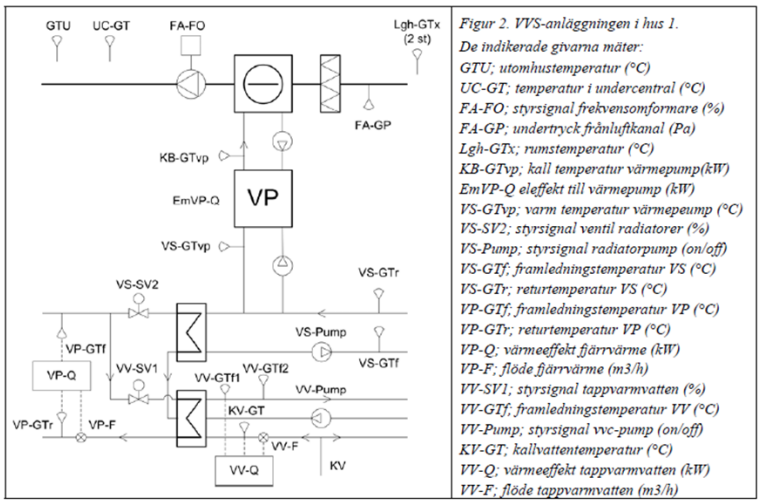
- Projekteringsfel 27 %
- Utförandefel 30 %
- Material & komponentfel 29 %
- Injustering & Drift 14 %

7.2 Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning

Enligt författarna av SBUF-rapport Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus, SBUF-projekt 11815 [11] 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. Idag är det vanligt att sista länken i kedjan brister och att en rad triviala fel och misstag förstör aktörernas goda avsikter att åstadkomma en energisnål byggnad.

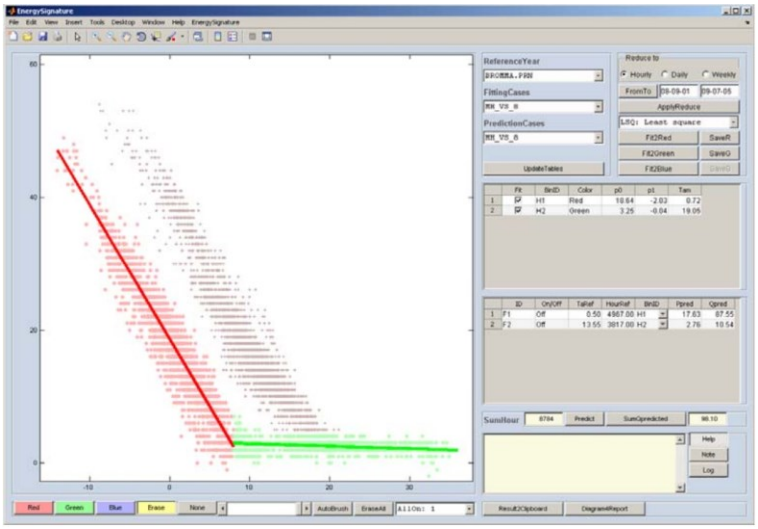
SBUF-projektet visar metoder för att säkerställa avsedda funktioner samt optimera installationernas funktion. De viktigaste slutsatserna är att energianvändningen i de två aktuella flerfamiljshusen var hög på grund av en rad enkla fel, att detaljerad kunskap om byggnadens energitekniska funktion ger fördelar samt att uppföljning baserad på intensiv trendloggning och interaktiv analys av mätdata är ekonomiskt möjligt i flerfamiljshus med hjälp av lämpliga datorprogram.

De mätdata som författarna samlar in från styrsystemet för att identifiera fel och brister i installationernas funktion samt optimera installationernas system i de två flerbostadshusen redovisas i figur 7 nedan.



Figur 7 Exempel på vilka befintliga signaler från installationssystemen som samlades in för en interaktiv analys av mätdata, SBUF-projekt 11815.

Författarna visar även på ett arbetssätt som bygger på visualisering av mätdata med verktyget, PIA, som bygger på Matlabs kraftfulla visualisering. Energisignaturen i figur 8 nedan visar två lutande punktsvärmar, en röd (normal drift) och en brun (ingen drift av FVP). Det skiljer ca 10 grader i x-led mellan punktsvärmarna, så man ser tydligt när FVP ej är i drift. I detta fall innebar det att FJV går upp med 20kW om FVP inte går. Den röda heldragna linjen är FJV med FVP i drift.



Figur 8 Exempel på energisignatur för FJV i ett flerbostadshus med FVP, SBUF-projekt 11815.

Författarna har arbetat med PIA, vilket är ett analysprogram som har tagits fram på KTH, Installationsteknik av Per Isaksson. Med åtgångspunkt i PIA tog BELOK fram BELOK Driftanalys för ca 5 år sedan. Utdrag ur Belok Driftanalys visas i kapitel 8.

7.3 Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie

Rapporten Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie, SBUF-projekt 12541 [9] analyserar de fysikaliska orsakerna till olika brister i installationssystem och inneklimat. De brister, som analyseras är valda utgående från erfarenheter från 15 års felsökningar, etc. av installationssystem och inneklimat. Energieffektiva byggnader har mycket låga värmeeffektbehov, vilket leder till att även små fel och brister märks betydligt mer i en energieffektiv byggnad än i en BBR-byggnad (med max tillåten energianvändning enligt BBR). Dessa små fel och brister kan bero på att man inte är van att ta hänsyn till dessa, då de aspekterna har liten betydelse i en BBR-byggnad.

Vanligtvis önskas ett litet underskott på tilluft, för att erhålla ett undertryck i byggnaderna. Man brukar eftersträva en luftflödesbalans på 90 % – 95 %.
Spiskåpor kommer att ge undertryck i lägenheterna om man inte kan få in ersättningsluft och spisfläktar som har betydligt starkare motor och större luftflöde ger stora undertryck i lägenheterna om man inte kan få in ersättningsluft. En designspisfläkt i ett energieffektivt lufttätt radhus kommer att få mycket stora undertryck, vilket kan leda till stora problem att öppna dörrar och fönster.

Rapporten behandlar även värmeförluster in i kalla kanaler samt ute och avluftsdelen av ventilationsaggregat och då främst vid små luftflöden då aggregathöljet är stor i förhållande till tvärsnittet (luftflödet). Då är inte dessa förluster försumbara. Systemverkningsgraden för återvinningen ur frånluften försämras då kraftigt.

Vintertid kommer fuktavgivningen i bostäder att ge en påfrysning på VVX. För att minska denna har man avfrostningsfunktioner. Men avfrostningsfunktionen begränsar värmeåtervinningen samt kostar värmeenergi samt gör att man behöver betydligt mer installerad värmeeffekt för att kompensera för den lägre återvinningsgraden när det är kallare än exempelvis -5 ^{o}C. Förvärmning av ventilationsluften med en lågtemperad ”värmekälla”, exv. borrhål, reducerar behovet att eftervärma tilluften.

För att minska kostnaden för abonnerad värmeeffekt är det viktigt att analysera hur man kan erhålla en god funktion hos installationssystemen, när det är kallt ute, -15 ^{o}C.

Distributionsförlusterna beror på fyra saker: temperaturdifferens, arean (rörlängden), isoleringens värmemotstånd på rören och drifttiden. Drifttiden kan reduceras i lokaler där exempelvis komfortkyla endast primärt behövs under kontorstid.

För att säkerställa funktionen på installationerna och energiprestandan är det viktigt att ha focus på installations och energifrågan genom hela projektet från första ide, genom projektering, produktion, idrifttagning, och drift i x år. För att vid idrifttagning och driften kunna följa upp funktion och energiprestanda är det viktigt att redan i projekteringen har planerat och bestämt hur man skall utföra energi- och funktionsuppföljning samt funktionsoptimera. Under idrifttagningen skall driftuppföljnings-systemen tas i drift, verifiera loggade värden och verifiera funktionen för de olika systemen. Under slutbesiktningen skall besiktningsmannen utnyttja loggade mätdata för att verifiera de olika systemens funktion.

7.4 Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus

BeBo-rapporten ”Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus” [12] är mycket intressant ur idrifttagningssynpunkt, för den visar på att det finns brister i idrifttagningen av system i flerbostadshus trots att det är en tävling, då man rimligtvis borde ha stort fokus på korrekt funktion. Enligt Wahlström är de föreslagna systemlösningarna i teknikupphandlingen inte helt färdigutvecklade och krävde en stor arbetsinsats av beställarnas egen driftpersonal. I rapporten konstaterar Wahlström att systemen fungerar, men det finns möjligheter att göra systemen ännu bättre.

Två olika systemlösningar för värmeåtervinning ur frånluft gick man vidare med till installation i demonstrationsbyggnader. Systemlösningarna var kondenserande frånluftsvärmepumpsteknik samt FTX med ett nyutvecklat kanalsystem för tilluftskanaler i lägenheter. Dessa installerades i fyra respektive tre demonstrationsbyggnader.

Utvärderingen konstaterade att båda systemlösningarna för värmeåtervinning fungerar, men att det fortfarande finns utvecklingspotential. Utvärderingen kunde inte visa att den ena systemlösningen är bättre än den andra, så vid val av system för värmeåtervinning är det viktigt att se på byggnadens förutsättningar.

Utvärdering av de installerade systemlösningarna fick förlängd tid, för att det tog längre tid att installera och injustera systemen i de sju demonstrationsbyggnaderna än planerat. De första mätningarna visade inte på tillfredställande prestanda, vilket enligt Wahlström förmodligen beror på det svåra att göra teknikupphandling på systemlösning och inte bara en komponent. Detta har inneburit en del frågeställningar, som inte kunde förutses och detaljer har behövts utvecklas efterhand. Man har bland annat haft problem med lufttätheten i befintliga ventilationskanalerna. Den inläckande luften har gett större elanvändning för frånluftsfläkten samt sjunkande temperatur till ventilationsaggregat. Detta visar på behov av fortsatt utveckling av billigare och effektivare tätningsmetoder för befintliga frånluftskanaler.

FTX-aggregatens avfrostningsfunktion fick modifieras för att man hade från början ett onödigt stort by-pass flöde under långa perioder. Värmepumparna hade stora intrimningsproblem till en början med flera driftstopp, vilket åtgärdades. Detta visar på att idrifttagning är fortsatt ett problem och det kommer även framöver att finnas behov av kunnig driftpersonal, som i samverkan med entreprenören kontrollerar systemens prestanda och vid behov gör nödvändiga justeringar under de första årens drift.

Enligt Wahlström är nödvändiga med kontinuerliga och detaljerade mätningar under det första årets drift i framtida projekt. Helst bör uppföljning ske under två år. Här är det också av största vikt att det finns bra förmätningar som beskriver hur byggnaden fungerade innan installation av värmeåtervinnig. Det är viktigt med ett tydligt idrifttagningsåtagande för entreprenören i framtida projekt.

7.5 Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning

Inom BeBo, Energimyndighetens Beställargrupp Bostäder, har en Förstudie - Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus [2] genomförts. Förstudien handlar om erfarenheter från många om- och nybyggnader av flerbostadshus vilka visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda. Främst är det brister inom installationssystemen, värme- och ventilationssystemen. Exempelvis värmepumpar som går under felaktiga driftsförhållanden utan att det observeras och därigenom erhåller en dålig energiprestanda.

Man bör utgå ifrån att alla byggnader innehåller fel och fundera över vad man kan göra för att minska antalet fel samt att de fel som uppstår hur man kan hitta dem snabbt och utan alltför stor arbetsinsats.

Studien fokuserar både på rent tekniska fel, varför och när i processen de uppstår samt vad man kan göra för att minska risken för de tekniska felen. Felen kan bero på undermåliga upphandlingsunderlag, projekteringsfel, utförandefel, undermålig idrifttagning, samt dålig möjlighet att följa upp funktionen hos delsystemen.

Projektens funktions- och energiprestandakrav skall följas upp och i tidigt skede skall det beskrivas hur de skall följas upp, så att mätare och givare projekteras in på rätt ställe. I slutet av projekteringen verifieras att mätare och givare är korrekt inritade. Vid idrifttagningen verifieras mätarna och givarnas funktion samt besiktningsmannen kan använda mätdata från mätarna och givarna för att verifiera funktionskrav vid slutbesiktningen.

7.6 Nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten

Under vintern 2014/15 utvärderades ett flerbostadshus med ”HSB-FTX” i Nacka [10].

Förvärmningen med HSB-FTX visar på en mycket god funktion. Värmeåtervinningen har gått för fullt hela vintern, dvs. avfrostning har ej behövts jämfört med andra ventilationsaggregat i Stockholm. Dock har det inte varit riktigt kallt, så man behöver utvärdera under en längre och kallare period samt börvärdena för styrningen av tilluftstemperaturen kan behöva justeras något för förbättrad energieffektivitet.

Förvärmningen värmer uteluften med 5 -10 °C beroende på utetemperaturen. Vid 0 °C ute förvärms inkommande uteluft till 5 °C samt vid -15 °C ute förvärms inkommande uteluft till -5 °C, vilket är projekteringsförutsättningarna.

Man sparar 20 - 25 kW i fjärrvärmeeffekt samt 5-8 kWh/kvm,år beroende på vilken avfrostningsfunktion man utgår ifrån. Det är med minskad abonnerad värmeeffekt, som installationen kan räknas hem.

Loggning av alla signaler i driftbilderna i installationssystemen ger goda förutsättningar att optimera och utvärdera funktionen för installationssystemen. Utan loggningen hade det varit svårt att följa upp styrningen av ventilationsaggregatet för att verifiera funktionen.

7.7 Förstudie vidareutveckling BELOK Driftanalys

BELOK gjorde för fem år sedan iordning en programvara BELOK Driftanalys, som bygger på PIA. I rapporten [13] redovisas intervjuer med användare och önskemål på vidareutveckling presenteras. Mätdata från styrsystemet exporteras som textfiler och läses sedan in i BELOK Driftanalys. När diagram är konfigurerade är BELOK Driftanalys ett mycket kraftfullt verktyg att hitta felaktiga drifttider hos komponenter, felaktiga temperaturnivåer, felaktig funktion hos ventiler, etc. Dessa olika felaktigheter ökar energianvändningen och är mycket svåra att upptäcka utan verktyg typ PIA och BELOK Driftanalys. En nackdel med första versionen av BELOK Driftanalys är att den kräver, för mycket administrativ tid med mätdata. Skulle man vidareutveckla BELOK Driftanalys till att läsa mätdata från en databas i stället för textfiler, skulle man snabbt kunna komma igång med en ny analys för en byggnad genom att bara ändra datumen för analysen.

Har man inte kravet att driftuppföljningssystemet skall vara verifierat och används av besiktnings-mannen under slutbesiktningen är risken stor att det tar 3-6 månader efter slutbesiktningen innan driftuppföljningssystemet fungerar.

Då har man tappat mycket värdefull tid för att optimera byggnadens energiprestanda och driftoptimera installationssystemen. Första vintern eller sommaren har passerat och man har inte kunnat driftoptimera systemen för de driftfallen.

I energieffektiva byggnader med låg energianvändning, är det mycket viktigt att ha god kontroll på installationernas funktion, för då får små fel och brister en relativt sett större betydelse.

7.8 BELOK samordnad funktionskontroll

BELOK samordnad funktionskontroll är ett BELOK fokusprojekt som fokuserat på att de energibesparingar som har räknats fram i BELOK Totalprojekt skall erhållas i genomförda projekt. Projektet redovisas i rapporten ” BELOK samordnad funktionskontroll” [14]. Projektet har samverkat med Sveby och innehåller en detaljerad beskrivning av processen med checklistor, mallar, samt exempeltexter till AF AB04 och ABT06.

Rapporten har skrivits för att vara direkt tillämbar i projekten som följer BELOKs totalprojekt. Men andra projekt har även nytta av de mallar, upphandlingsunderlag, mätbeskrivningar etc. som de har tagit fram. Metodik är generell och bör kunna användas i de flesta typer av projekt, där man önskar säkerställa att funktionskrav och energianvändning följs upp samt kvalitetssäkras.

7.9 Sveby Verifiering av delsystem **(pågående)**

Inom Sveby håller en förstudie på att färdigställas där preliminär metodik för verifiering av delsystem som omfattar ventilationsaggregat och värmepumpanläggningar. Detta avser dels vilka mätpunkter som erfordras för att verifiera anläggningens prestanda, dels metodik för att korrigera för avvikelser från förväntade förhållanden, dvs. hur vet vi att anläggningen gått felfritt när t.ex. temperaturer, flöden eller behovets storlek förändrats gentemot förutsättningarna.

Projektet har initierats för att få bättre kontroll på system som handhar stora energimängder och vars funktion är väsentlig för byggnadens energiprestanda. Inriktningen är vad en fastighetsägare behöver mäta för att verifiera att erhållit utlovad prestanda under rådande förutsättningar. Exakt hur systemen fungerar internt är entreprenörens och tillverkarens ansvar. De delsystem som Svebys förstudie om delsystem främst granskar är FTX och värmepumpar/ kylmaskiner.

De system som är av intresse är de system som överför mycket energi i byggnaden. Exempelvis: FTX-aggregat, värmepumpar. Brist i deras funktion påverkar byggnadens energiprestanda.

Det är därför av stor vikt att ha god kontroll på deras funktion/ prestanda.

Exempelvis vid energirenovering av flerbostadshus kan värmepump eller ventilationsaggregat vara den stora energibesparande åtgärden, så det gäller att ha god kontroll på dess funktion. Ser man till hela byggnaden försvinner en del av funktion och energiprestanda i andra saker som händer i byggnaden. Vid energioptimering av byggnad är det viktigt att ha god kontroll på systemen som överför mycket energi.

Det är viktigt att skilja på olika aktörers behov av mätningar på delsystement av intresse.
En fastighetsägare är intresserad av mätningar för verifiering av delsystemets energiprestanda samt förutsättningarna. Dvs. hur mycket energi behöver köpas till delsystemet och vilka flöden och temperaturer är runt delsystemet.
Entreprenören har ett större behov av detaljer, för att kunna felsöka och optimera delsystemen, för att tillse att delsystemet har en bra och energieffektiv drift. (Uppfyllande av entreprenadavtal).

Krav energiprestanda för delsystem

Det krav man kan ställa på ett FTX-system vid normala drifttider, normalår, normalt brukande av byggnaden är:

X kWh el, Y kWh eftervärmeenergi, Z kW eftervärmeeffektbehov, Eventuellt T kWh kyla

Det krav man kan ställa på ett (F)VP-system vid normala drifttider, normala system-temperaturer, normalår, normalt brukande av byggnaden är:

X kWh el till VP, Y kWh tillskottsenergi, Z kW tillskottseffekt

I förfrågan behövs skrivningar om vilka provningar och kontroller som skall utföras samt vilka metoder som skall användas.

Verifiering delsystem

Verifiering av delsystem består av två delar.

- Verifiering av funktioner vid idrifttagning och tester av specifika driftfall.
- Kontinuerlig övervakning av förutsättningar och prestanda, för att verifiera prestandan under verklig drift.

Vid idrifttagningen skall alla givare och mätare kontrolleras/verifieras, som skall användas vid långtidsmätningarna.

Vilka mätningar behöver utföras för att se avvikelser från normalår, normalt brukande etc.

FTX:

- Elm
- VMM (Energi, temp*2, flöde)
- KMM (Energi, temp*2, flöde)
- Till-/frånluftsflöde
- Temp/Fukt: Från, Ute, Avl, tilluft

(F)VP:

- Elm,
- VMM (Energi, temp*2, flöde) samt ”Kyla” Temp*2,
- Frånluftsflöde,
- Temp/Fukt Från, Avluft,
- Behov av tillskottsvärme

BVP:

- Elm,
- VMM (Energi, temp*2, flöde)
- ”Kyla” Temp*2
- Behov av tillskottsvärme

UVP:

- Elm,
- VMM (Energi, temp*2, flöde)
- Tute
- Behov av tillskottsvärme

Diskussioner pågår för närvarande med Svensk Ventilations medlemmar om hur man skulle kunna korrigera energianvändningen med deras beräkningsprogram, när de Eurovent-certifierade. Korrektionen är för att de verkliga förutsättningarna avviker från normalår mm., som använts vid projektering.

7.10 iSERV

iSERV är ett IEE forskningsprojekt (2011-14) som har samlat in mätdata från 330 byggnader till en databas och analyserat mätdatat. De har kunnat automatisera analyserna med hjälp av ett Excelark som beskriver byggnaderna, deras installationssystem, mätare, givare samt olika verksamheter. (http://www.iservcmb.info/) [15]

Projektet är ett fortsättningsprojekt på IEE-projektet Harmonac, där man med energiinventeringar försökte identifiera energibesparingar, men kom till slutsatsen att det behövdes loggade mätdata för att kunna identifiera energibesparingsmöjligheter. iSERV-projektet har tagit fram en unik uppsättning av mätdata om energianvändning och effektbehov i installationskomponenter. Energibesparing möjligheterna har identifieras från 15-min mätdata.

Metodiken som de har använt är mycket intressant, dock kan de faktiska resultaten för olika aktiviteters energianvändning skilja något för södra och mellan Europa jämfört mot det som används i Norden.

8 Verktyg för drift och energiuppföljning

I detta kapitel genomgås lite av vad verktygen bör kunna samt ett par exempel på verktyg.

Inläsningsrutiner

Det som behövs är en inläsningsrutin (programvara) för att hämta mätdata från fastighetsägarens olika byggnader, som kan ha en stor variation av styrsystem och kostnaden för utbyte av styrsystem är stor. Det finns sådana programvaror inom processindustrin, som har drivrutiner till ett stort antal olika styrsystem och som skickar mätvärdena till en central databas. Analyserna kan sedan genomföras mot den centrala databasen.

Inom processindustrin har man investerat mycket pengar i bra styrsystem, för där kan bristande funktion ge stora kostnader, för produktionsbortfall. Därav finns det stora krav på robusthet, god mätdatakvalité, kompalitet, snabbhet, snabba databaser, effektiv datalagring, etc. Många av de styrleverantörerna har tagit fram drivrutiner för att kunna kommunicera med andra (äldre) system, för att hjälpa sina industrikunder.

Det finns många olika sätt att skicka mätdata, men det effektivaste bör vara att skicka de mätdata som har förändrats, COV. Att öka samplingshastigheten ökar inte överförd mängd mätdata, så mycket för många signaler förändras långsamt samt att börvärden kan vara relativt konstanta. Ett sätt kan vara att använda ett system/ program, som kan hämta data från ett stort antal olika styrsystem och skicka data som förändrats sedan föregående sampling till en central databas hos fastighetsägaren, för analyser av de olika byggnaderna. En utläsningsrutin används, som beräknar mätdata beroende på signaltyp, önskat tidssteg i mätdata, etc. Då har man möjlighet till snabb åtkomst till trenddata i databasen. Val av mätdata för export väljs från Tag-listan i styrsystemets OPC-server.

Finns inte bra verktyg för att hämta önskade mätdata till analysen kan en halv dag gå på dataadministration innan man kan komma igång och granska mätdata trots att det är samma analys, som en månad tidigare. Med en så lång tid för initial dataadministration tittar man inte på nya mätdata i onödan.

Enklare analyser

Om mätdata finns i en databas finns möjligheter med olika program att hämta mätdata och göra enklare analyser. Exempelvis finns tilläggsmoduler (AddIn) till Excel som hämtar mätdata från databas och sedan kan man utföra de enklare analyserna automatiskt i Excel. Det finns även möjlighet att nyttja webb-applikationer för att hämta mätdata samt analysera och rita diagram.

Om de enklare analyserna inte är tillräckliga, för att hitta problemet i funktion eller energiprestanda, får man göra en djupare analys med exempelvis BELOK Driftanalys.

Dataadministration

Enligt BBR och GreenBuilding skall man verifiera en byggnads energiprestanda inom 24 månader och enligt Sveby Energiavtal 12 är det 36 månader. Detta betyder att man för lite mer komplicerade byggnader bör ha en aktiv driftoptimering i 24-36 månader, då man genomför detaljerade analyser förslagsvis varannan månad. Om man skall göra om samma diagram och analyser 15-20 ggr är det bra om datorn kan göra om diagrammen som föregående analys. Dvs. byggnadens namn anges, tidsperiod för analys och vilken definitionsfil, så laddar datorn in data och konfigurerar data, så att man 5 min senare är igång med en likadan analys som föregående månad fast med nya mätdata.

Driften kan varje måndag morgon köra en veckoanalys för föregående vecka blixtsnabbt och om man har några avvikelser kan driften snabbt lösa problemet. Denna veckoanalys skall man givetvis fortsätta med även efter de första åren, så att byggnadens energiprestanda inte förfaller. Nästa steg är att göra Batch-körningar kl.5 på måndagmornarna av analyserna, så att färdiga pdf-rapporter väntar på driftens kontroll.

Driftanalysfunktioner

För att underlätta driftanalysen behövs funktioner som tar hand om saknade värden, mätare som slår runt, byts ut, etc. Så att driftanalysen kan från databasen göra korrekta utläsningar av timvärden, dygnsvärden, veckovärden, månadsvärden samt tim-medelvärden, dygnsmedelvärden av temperaturer. Detta ska även utföras i de ”enklare analyserna”.

Vidare ska månadsvärden för energimätarna hämtas från databasen till Sveby-redovisning. Korrektion för processenergi ska även kunna utföras.

Enheter på de olika signalerna bör finnas i databasen, så att de kan hämtas till diagramritning. För spårbarhet skall byggnadens namn och analystyp stå uppe till höger i alla diagram.

8.1 BELOK Driftanalys

BELOK Driftanalys har inte fått så stor användning trots att det är ett kraftfullt verktyg att visuellt analysera installationssystemens funktion samt inneklimat. Med verktyget kan man aktivt driftoptimera byggnaden genom att bl.a. identifiera felfunktioner, trasiga komponenter, felaktiga styralgoritmer, etc.

För att säkerställa att de tekniska systemen i en fastighet driftas så bra som möjligt samlar man via givare och mätare in information om temperatur, tryck, luftfuktighet, effekt etc. Dvs. de givare och mätare som normalt finns på driftbilder i styrsystemen loggas och läses in i BELOK Driftanalys. Med många mätpunkter genereras snabbt stora mängder data. BELOK Driftanalys gör dessa data användbara och hjälper användaren att spåra energislöseri och att kunna säkerställa att fastigheten driftas optimalt. Genom att urskilja de parametrar som anses intressanta och visualisera olika samband mellan parametrarna upptäcks enkelt förbättringsmöjligheter i fastighetsdriften.

BELOK Driftanalys är ett viktigt verktyg för att förstå funktionen hos de installerade installations- och energisystemen. För att kunna utföra analyserna är det viktigt att signaler och mätare loggas med minutupplösning. Annars är risken att man bara ser att man har dålig energiprestanda och inte detaljerna till orsaken.

Driftanalys är ett kraftfullt och bra verktyg för analys av installationssystems funktion, men det tar lite för lång tid att komma igång pga. initial dataadministration. Databrowser och ”matta”-diagrammen är mycket kraftfulla verktyg att söka efter avvikelser i systemens funktion. Vid en avvikelse är det lätt att kontrollera övriga signaler som kan ha en påverkan, för att snabbt hitta en trolig orsak.

Ett lite större kontor kan ha 700 loggade signaler vilket tar 0,5 - 1 timme att läsa in textfilerna till Dataparser och sedan konvertera till Matlab-fil. Före SSD-disk installerades i datorn tog bara inläsningen till Datapaser över två timmar (650 MB/ 80000 textfiler, som blev mindre än 10 MB *.mat fil). Därefter skall man plocka ihop signalerna till över 100 diagram som är fördelade på 30 sidor med diagram, vilket tar ytterligare någon timme. En halv dag med dataadministration innan man kan komma igång och granska mätdata, som tidigare analys.

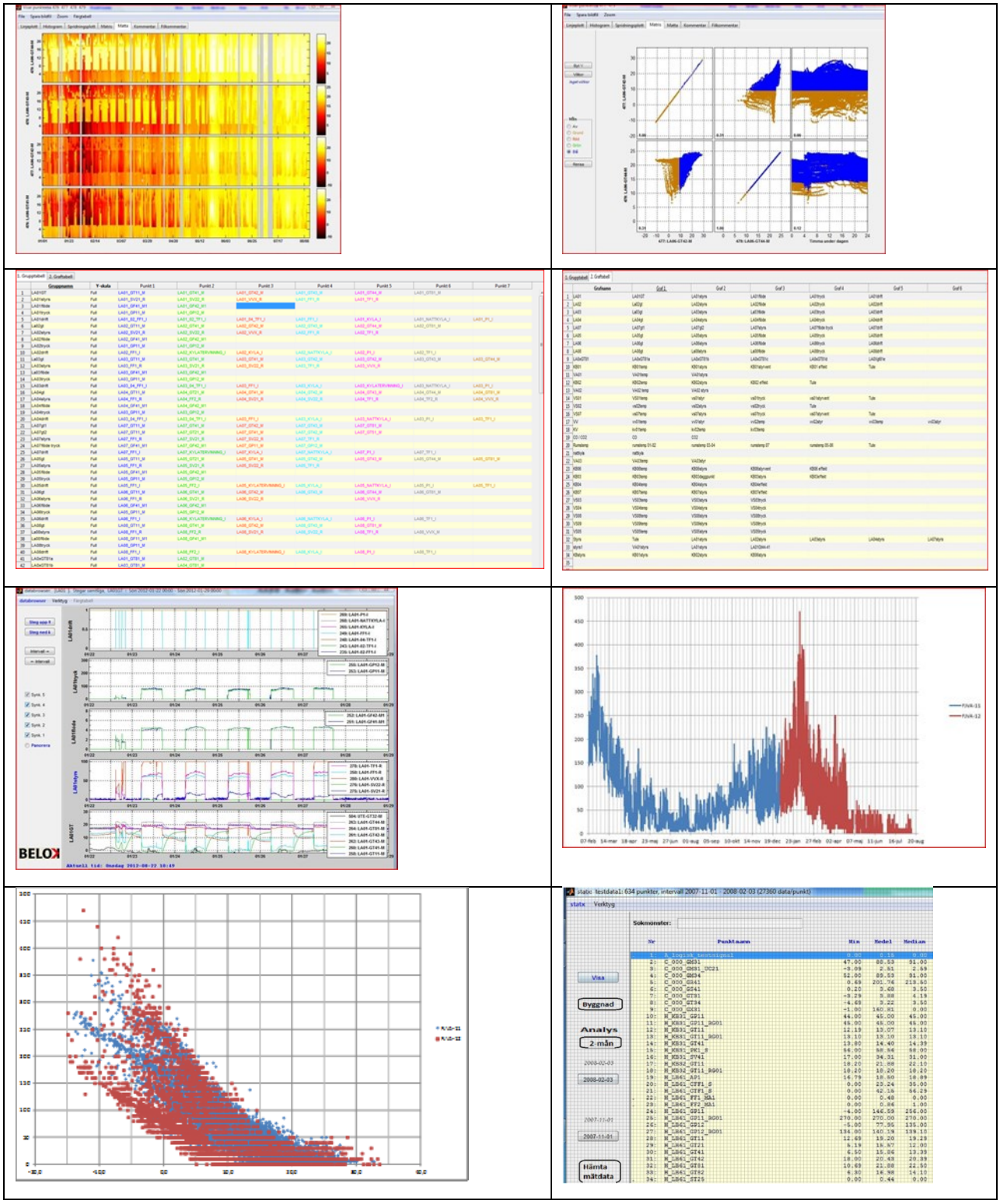
Med en så lång tid för initial dataadministration tittar man inte på nya mätdata i onödan.

Analys med databrowser

Luftaggregat, värmesystem, kylsystem, värmeåtervinningssystem med flera undersöks för att se om något skiljer ifrån normal drift. Leta efter avvikelser!

Undersök exempelvis:

- Går pumparna som de ska? Jämför med driftkort
- Är ventilerna öppna som de ska?
- Läcker några ventiler? Man kan exempelvis se att kylventilen läcker se vid vilken utomhustemperatur som värmeventilen öppnar. Är utomhustemperaturen för hög kan kylventilen läcka och värmeventilen kompenserar för att hålla tilluftstemperaturen.
- Jobbar kyla och värme emot varandra? Är exempelvis styrventilerna för värme och kyla öppna samtidigt?
- Undersök temperaturnivåerna i systemet, verkar de vettiga?
- Analysera börvärden, se om något kan ändras för att förbättra driften.



Figur 9 I figurerna ses lite exempel från BELOK Driftanalys och hur den skulle kunna se ut.

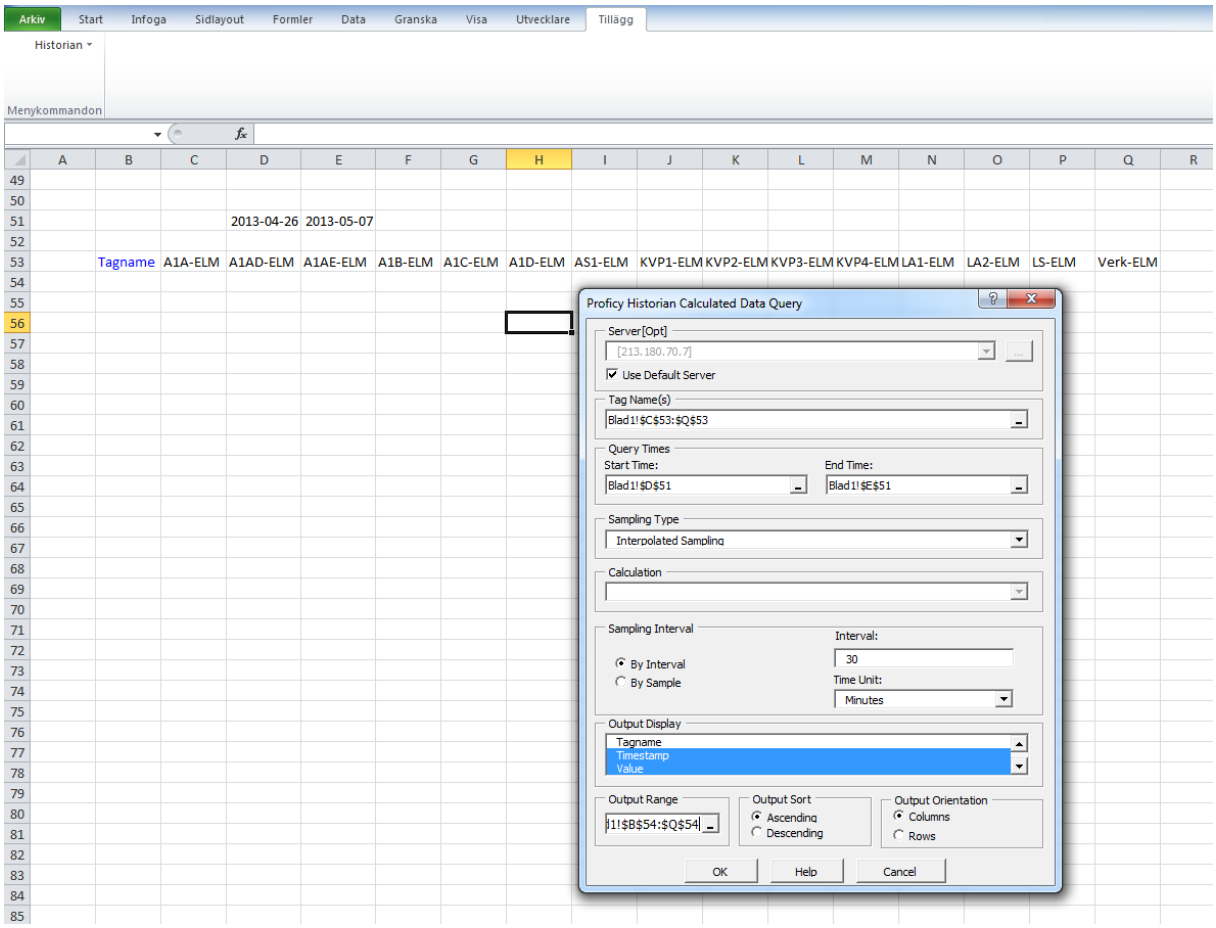
Så det finns ett stort behov av att arbeta med aktiv driftoptimering av/följa upp energieffektiva byggnader, för att få den beräknade energiprestandan eller förstå varför man inte erhöll den och förmedla den erfarenheten till andra.

8.2 Excel AddIn Historian

I figur 10 nedan ses ett exempel på hur hämtning av mätdata med Excel AddIn skulle kunna se ut. Start och stopptid för analysen står i ruta D51, E51 och C52-Q53 anger signalerna som skall analyseras samt intervall som mätdata skall hämtas ges i interfacet till AddIn.

Önskar man sedan att titta på en annan tidsperiod fast samma tidslängd är det bara att uppdatera start och stoppdatum och analysen är uppdaterad på någon sekund. Lättast är det att ange stoppdatum som startdatum + X dygn.

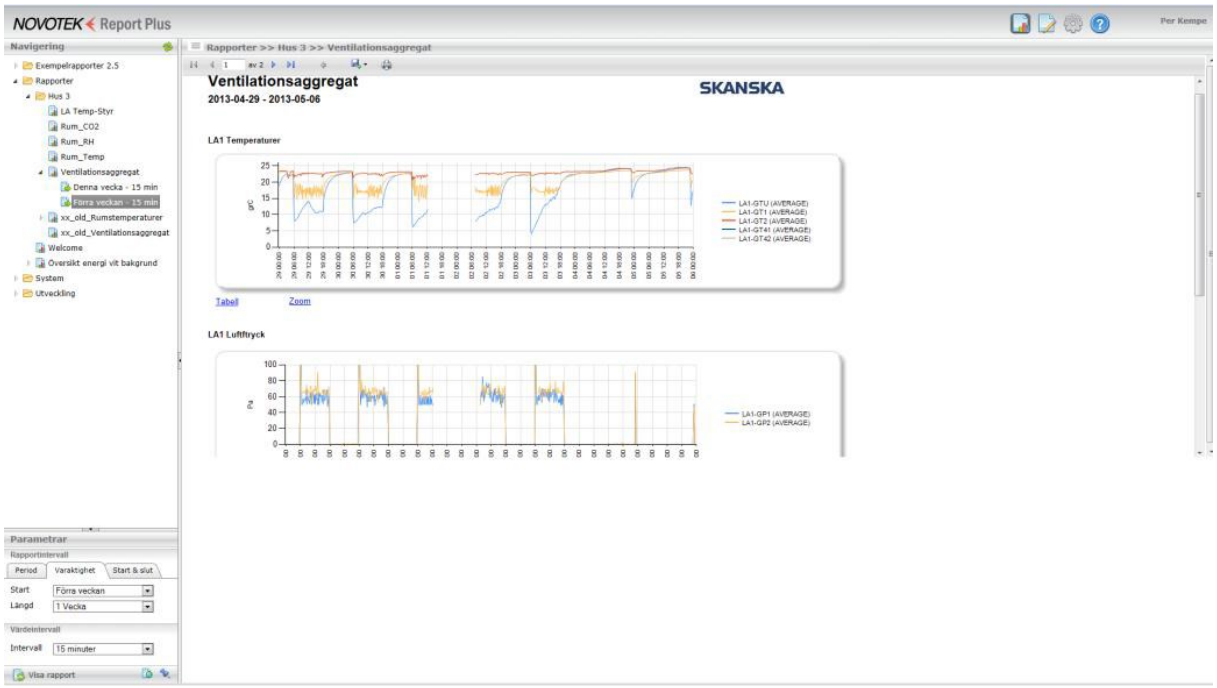
Sedan kan analysen utföras med vanliga Excelrutiner.



Figur 10 Mätdatahämtning med Excel AddIn

8.3 Webbapplikation ”Report Plus”

Till Väla Gårds mätdatabas fanns det även möjlighet att använda en webbapplikation, där det fanns fördefinierade analyser och man kunde välja tidsperiod för analysen. Excel AddIn var enklare att arbeta med, så webbapplikationen användes inte i någon större utsträckning.



Figur 11 Webbapplikation för mätdataanalys.

8.4 Export från styrsystem till Excel för fortsatt analys

I många uppföljningsprojekt finns det möjlighet att exportera mätdata från styrsystemet. I styrsystemen finns det en stor variation i hur man kan hämta detaljerade mätdata. Visa styrsystem tillåter att man hämtar ett halvår eller mer med detaljerade mätdata, men det tar lite tid att föra över. Andra tillåter endast att man hämtar ett dygn i taget och har inte mycket mer detaljerade mätdata än en månad, för att spara minne. Så det tar mycket tid att varannan vecka hämta ut detaljerade mätdata.

Om man inte skulle ha hämtat ut detaljerade mätdata tidigare och skulle behöva kontrollera några detaljer någon månad senare, är mätdata förlorade. Exempelvis skulle man i april vilja kontrollera hur avfrostningsfunktionen gick in i jan/februari, så finns endast timmedelvärden i det ena styrsystemet, men i det andra finns minutsamplingar att hämta. Så det är viktigt att tänka på hur man får ut mätdata om man skulle behöva göra analyser efter någon månad.

När mätdata är uthämtat och bearbetningen är påbörjad har man liknande möjligheter, som med Excel AddIn.

9 Slutsatser

Erfarenheter från många projekt visar att de ofta inte uppfyller förväntad energiprestanda om man inte arbetar seriöst med idrifttagning och samordnad funktionsprovning samt aktivt med drift- och energiuppföljning från projektets start, systemhandlingen. Detta är speciellt viktigt i mycket energieffektiva byggnader, NNE, för där kommer små avvikelser att relativt sett få betydligt större konsekvenser.

Verifiering av önskad energiprestanda och funktionsanalys bör starta upp i projekteringen, där förutsättningarna bestäms för driftoptimeringen. Speciellt viktigt är hur i detalj verifieringen av funktionskrav och energiprestanda skall genomföras. I det ligger var och hur man mäter upp funktion och prestanda samt med vilken noggrannhet. I slutet av projekteringen skall samtliga funktioner i alla driftkort gemensamt gås igenom med alla discipliner. Detta för att verifiera att alla funktioner kan verifieras, delsystem kan kommunicera med varandra i tillräcklig utsträckning och att inget har blivit bortglömt.

Det är viktigt att loggningen av mätdata från byggnadens olika system är i drift före slutbesiktningen, så att besiktningsmannen kan verifiera en del funktioner via mätdata samt att driftoptimering startar direkt efter slutbesiktningen. Blir mätsystemet inte en del av slutbesiktningen är risken stor att det tar mer än 6 månader innan mätsystemet fungerar och värdefull tid för driftoptimering försvinner. Byggnadens energiprestanda skall verifieras för en 12-månadsperiod inom 24 mån. Det betyder att man använder första året för driftoptimering och andra året för verifiering av energiprestandan. I Energiavtal 12 är även det tredje årets drift viktig.

Det finns ett behov av bättre verktyg till drift- och energiuppföljning, så att den dataadministrations-tiden minskar. Erfarenhet från driftoptimering är att administration av mätdata tar mycket tid. Detta på grund av att driftuppföljningsverktyg inte är delvis automatiserade. Dvs. man måste utföra samma handgrepp i verktygen 10 – 50 ggr i ett driftuppföljningsuppdrag på 18-24 månader.

I drift- och energiuppföljning utgår man från energiberäkningen. Se till att energiberäkningen är uppdaterad till relationshandlingarna, dvs. hur det blev byggt. Se till att det finns goda förutsättningar för uppföljning (t.ex. mätare och rutiner). Se till så att avfrostning är inräknad. Ju tuffare energikrav, desto högre krav ställs på kvalitet i byggprocessen, detaljlösningar och mätningar.

Om man endast har en energiuppföljning (månadsvärden) på fastighetsmätarna, kan man bara konstatera, vilken energianvändning man erhöll, men man förstår inte varför. Har man energiuppföljning på den energi som olika delsystem använder kan man se att ett delsystem använder för mycket energi, men troligast inte orsaken. Har man en detaljerad energi- och driftuppföljning kan man analysera hur de olika systemen fungerar samt ge förslag på hur man kan korrigera problemet, som försämrar energiprestandan och installationernas funktion.

Dessutom om man inte mäter hur de tekniska systemen fungerar, så tror och gissar man att de har en viss funktion. Skulle man inte få den energiprestanda man önskar, så kan man bara gissa att något inte fungerar som det ska. Då kan det vara svårt att visa på brist i funktion. Finns mätningar kan man visa att de tekniska systemen fungerar korrekt alternativt har brister och kan då ta en diskussion om hur det skall åtgärdas till korrekt funktion.

Referenser

[1]	http://www.laganbygg.se/UserFiles/Projekt/Vala_Gard_LAGAN_-_Slutrapport.pdf
[2]	Förstudie – Vidareutveckling av metoder för idrifttagning och driftuppföljning av installationssystem i flerbostadshus, BeBo-Rapport, sep 2014, Per Kempe, Projektengagemang
[3]	Glapp i byggprocessen – läckor i energisystemet, BeBo-rapport, Allan Larsson, Per Kempe, m.fl., nov 2014
[4]	Idrifttagning av Installationssystemen i Stockholmsprojektet, BFR-rapport, R42:1990, Bengt Wånggren
[5]	Sveby Brukarindata bostäder, http://www.sveby.org
[6]	Sveby Brukarindata kontor, http://www.sveby.org
[7]	Sveby Brukarindata undervisningslokaler, http://www.sveby.org
[8]	http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2016/02/Klimatfiler-SvebySMHI-2016.zip
[9]	Installationssystem i energieffektiva byggnader – förstudie, SBUF-projekt 12541, nov 2013, Per Kempe, Projektengagemang
[10]	Nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten - HSB-FTX geoenergi utan värmepump", BeBo-rapport, jun 2015, Per Kempe, Projektengagemang, Roland Jonsson, HSB
[11]	Metodik för uppföljning av VVS-tekniska system och energiförbrukning i flerbostadshus, SBUF-projekt 11815, okt 2009, Pär Carling, Skanska och Per Isaksson, KTH
[12]	Teknikupphandling av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus, BEBO-rapport, dec 2013, Åsa Wahlström, CIT
[13]	Förstudie: Vidareutveckling av BELOK Driftanalys, BELOK-rapport, maj 2015, Per Kempe
[14]	BELOK Samordnad funktionskontroll Maj 2015 med bilagor http://belok.se/download/genomforda_projekt/BELOK_Samordnad_funktionskontroll_maj_202015(2).pdf
[15]	(http://www.iservcmb.info/)