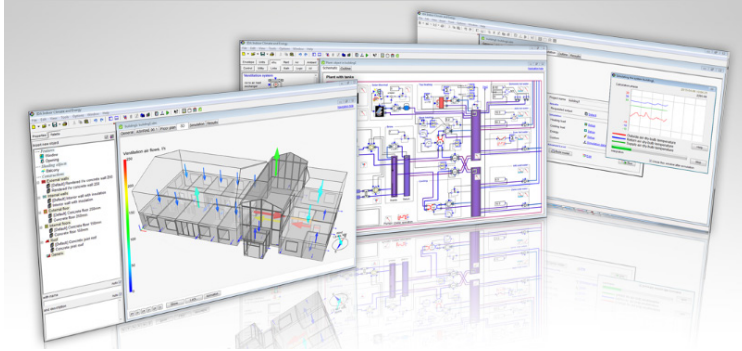


Modellering av energiforsyning sammen med bygg og kilder

Pär Carling, EQUA

IDA ICE



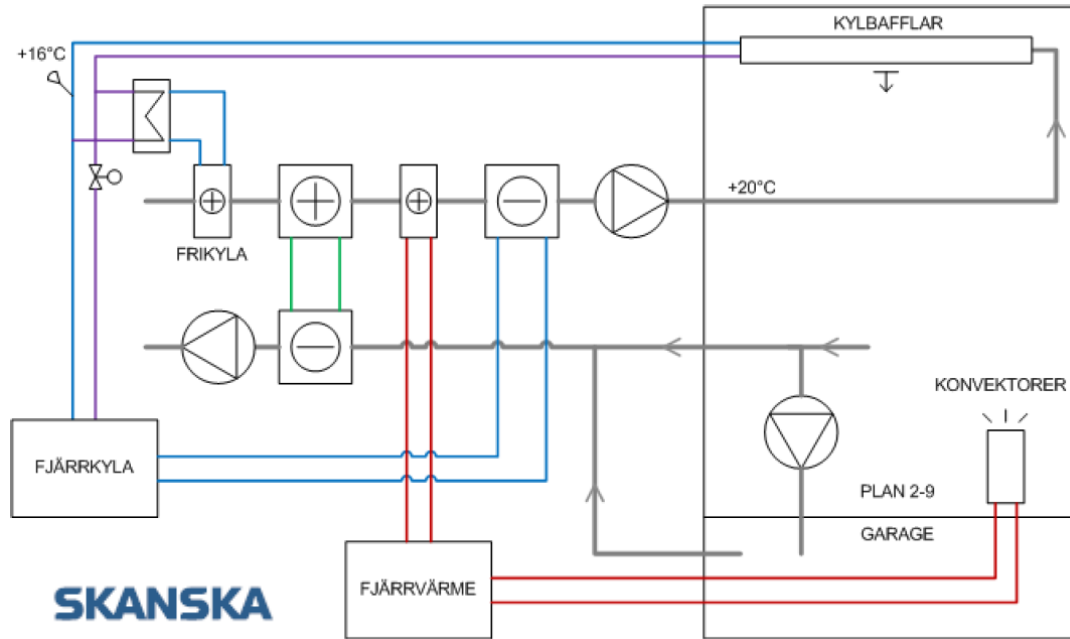
- Modulärt dynamiskt flerzonsprogram för energisimulering med stöd för BIM-import
- Beräkning av termisk komfort (Top, PPD)
- Tryck-driven luftströmning för hela byggnaden
- Skräddarsydd design av VVS-anläggningen
- Godtyckliga styr- och reglerfunktioner
- Öppen källkod för detaljgranskning av komponenter
- Möjlighet att addera egna komponent-modeller
- Differentialalgebraisk ekvationslösare med adaptivt beräkningssteg

Byggnad och energiförsörjning



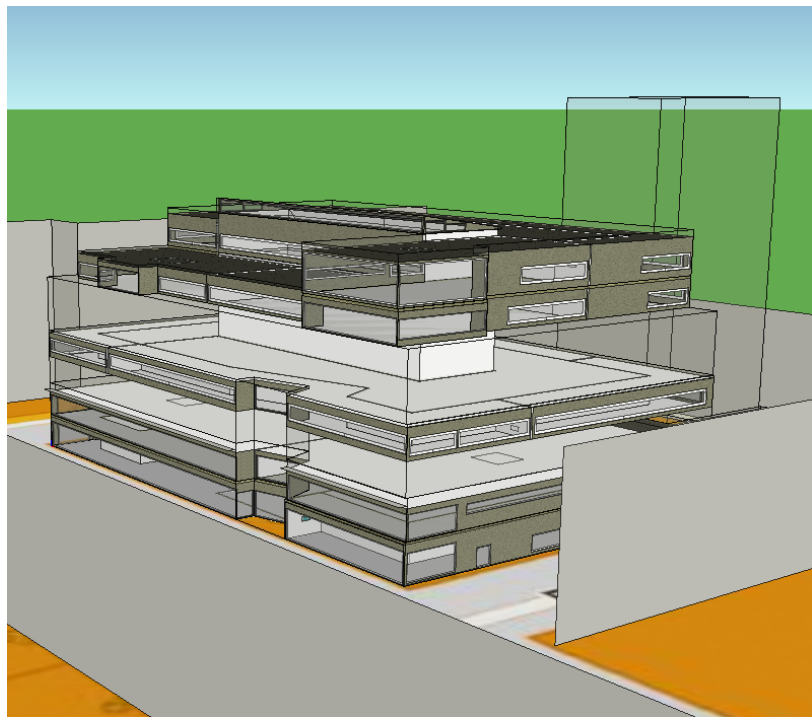
- Gångaren 11, Stockholm, Skandia HK
- Cirka 32 000 m²
- Åtta våningar kontor plus garage/förråd
- Konferens och backoffice i entreplanet
- Restaurang med kök
- Ett atrium sträcker sig genom hela byggnaden
- Fjärrvärme
- Fjärrkyla

VVS-anläggning



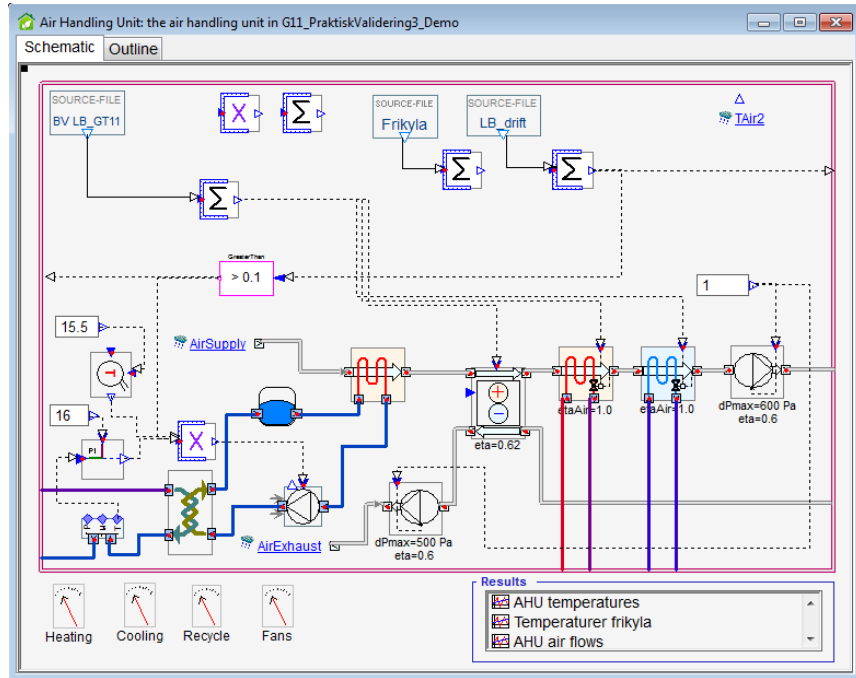
- Kylbafflar med rumsreglering
- Konvektorer/radiatorer med termostatventiler
- CAV men VAV i konferensrum
- 4 stora ventilationsaggregat
- Överluft till garage
- Några separata frånluftfläktar
- Vätskekopplad återvinning
- Frikyla med samtidig förvärmning av uteluften
- Litet markvärmesystem

Simuleringsmodell av byggnad



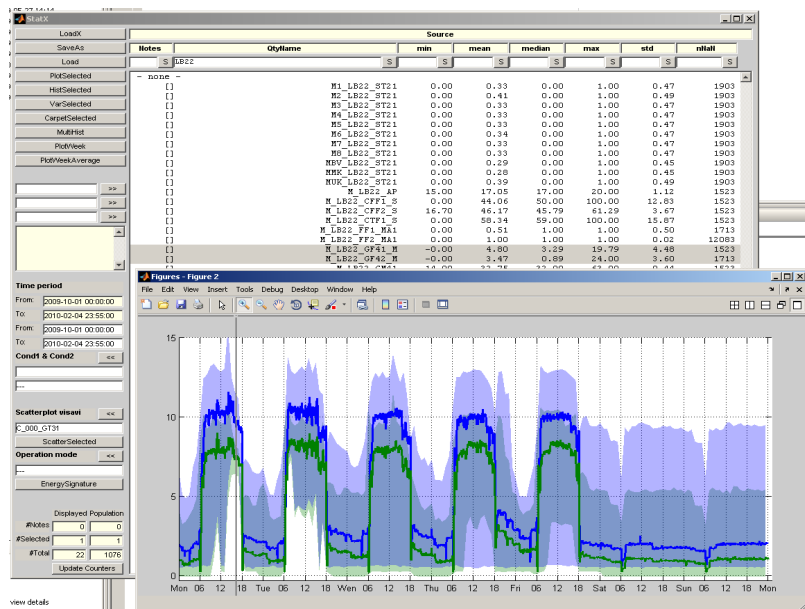
- 28 beräkningszoner
- Multipliers för konferensrum på entreplan och mellanliggande våningar
- Fönster ihopslagna per zon och riktning
- Fönsters U-värden ökade 10% jämfört med produktdata
- Skuggning från intilliggande byggnader
- Schablonvärden på köldbryggor och infiltration

Simuleringsmodell av vvs-anläggning

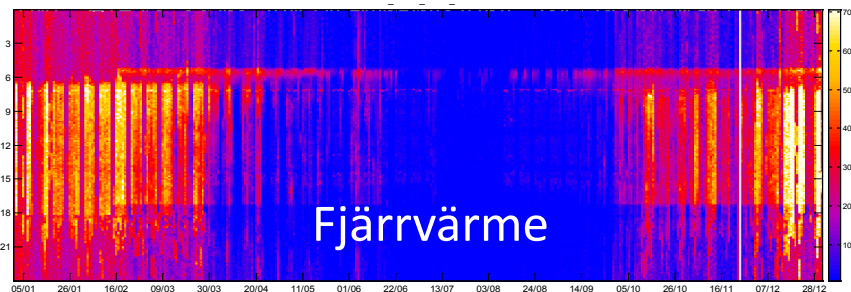


- Ett fiktivt ventilationsaggregat ersätter fyra verkliga aggregat
- Separat köksventilation. Cirkulationsaggregat i atriets. Övriga småfläktar försummas
- Radiatorer/konvektorer för rumsvärme
- Kylbafflar för rumskyla
- Börvärde rumsvärme +22°C (P-reglering)
- Börvärde rumskyla +23°C (PI-reglering)
- CAV (temperaturstyrd VAV i konferensrum)
- Frikylabatteri simuleras enligt figur

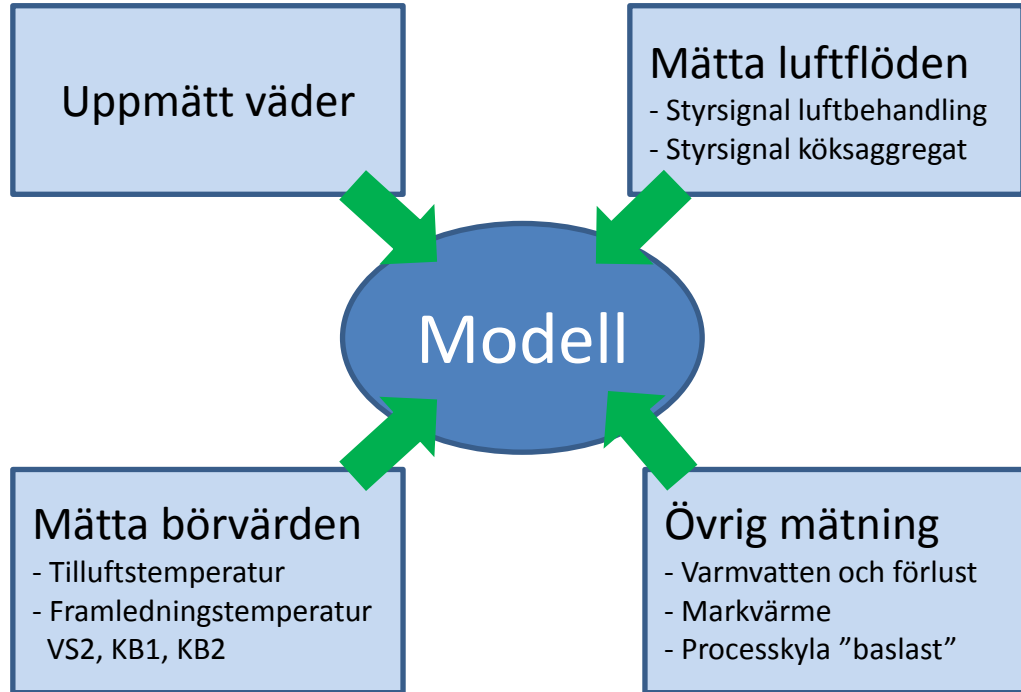
Mätdata från SCADA-systemet



- Omfattande mätdatainsamling via SCADA-systemet
 - 460 signaler loggas; temperaturer, tryck, effekter styrsignaler, börvärden, etc.
 - Tio-minuters upplösning
 - Ett års helt felfria mätdata!
- Analys med skräddarsydda verktyg



Inkoppling av mätdata i modellen



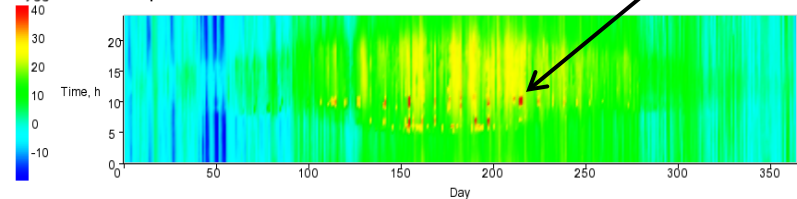
- Modellens randvillkor ersätts med uppmätta tidsserier
- Detaljerad jämförelse mellan mätning och simulering blir meningsfull

Väderfilen baseras på mätdata från en närliggande väderstation

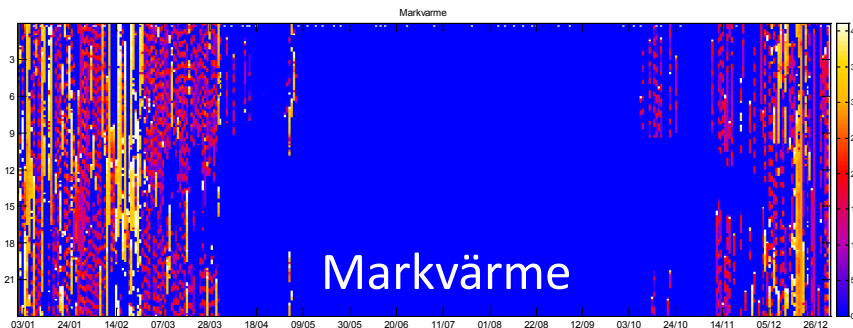
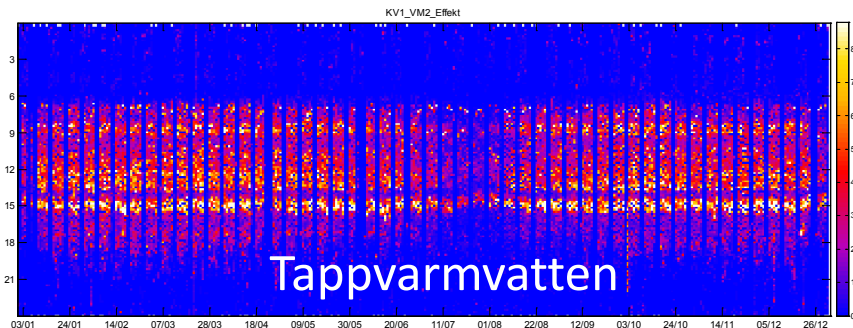


- Byggnad på Kungsholmen (blå)
- Väderstation på Södermalm (röd)
- Soldata från SMHI STRÅNG, 11x11 km
- Skillnad utomhustemperatur byggnadsväderstation 2-3°C!
- Byter till byggnadens utegivare
- "Tvättar" utomhustemperatur från spikar

Byggnadens utetemperatur



Små energiposter som inte simuleras



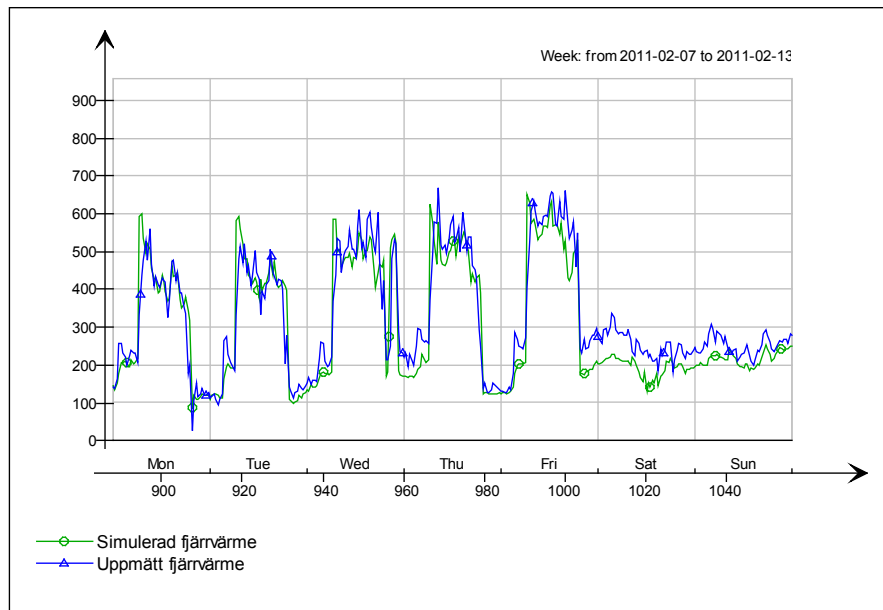
- Tidsschema för användning av **tappvarmvatten** beror på användare och är svår att gissa
- **Rörförlust varmvattencirkulation** kontrollerad varma sommarnätter (antas konstant)
- **Markvärme** (snösmältning) beräknas utifrån design-värden och uppmätta temperaturer samt pumpens stysignal
- **Processkyla och rörförlust** kontrolleras då ingen komfortkyla används (antas konstant)

Parametrar som justerades för att förbättra överensstämmelsen

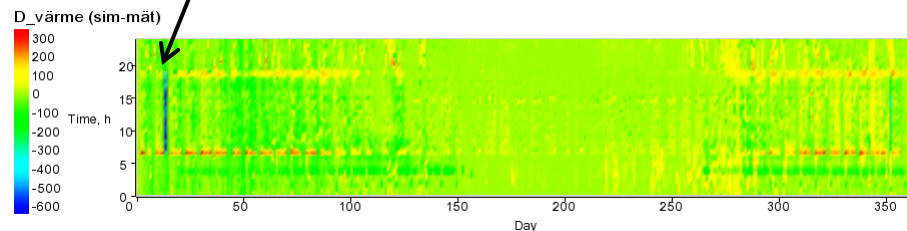


- Mer detaljerad zonindelning (fasad/kärna)
- Ökade rörförluster hos köldbäraren
- Inga internlaster på nätter och helger
- Korrekta semesterdagar 2011
- Husets temperaturgivare istället för väderstation

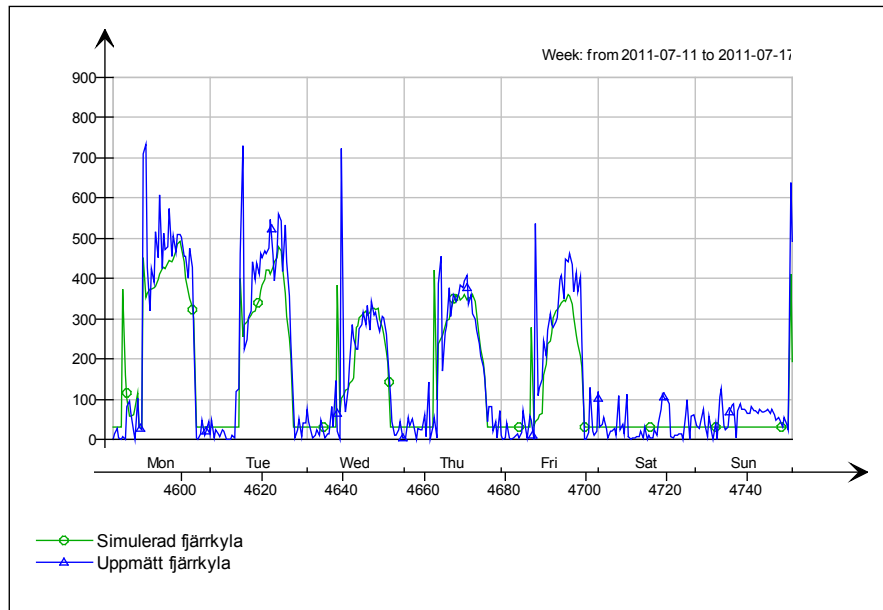
Jämförelse av simulerad och uppmätt fjärrvärme



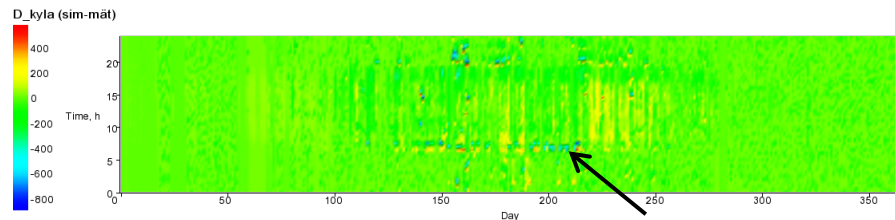
- Skillnaden på årsbasis är $< 1\%$!
- Intressantare att jämföra timme för timme
- Svårt att exakt fånga dynamiken då
 - ventilationen slås på och av
 - nattsänkningen slås på och av
- Black-out i styrsåpet under en dag



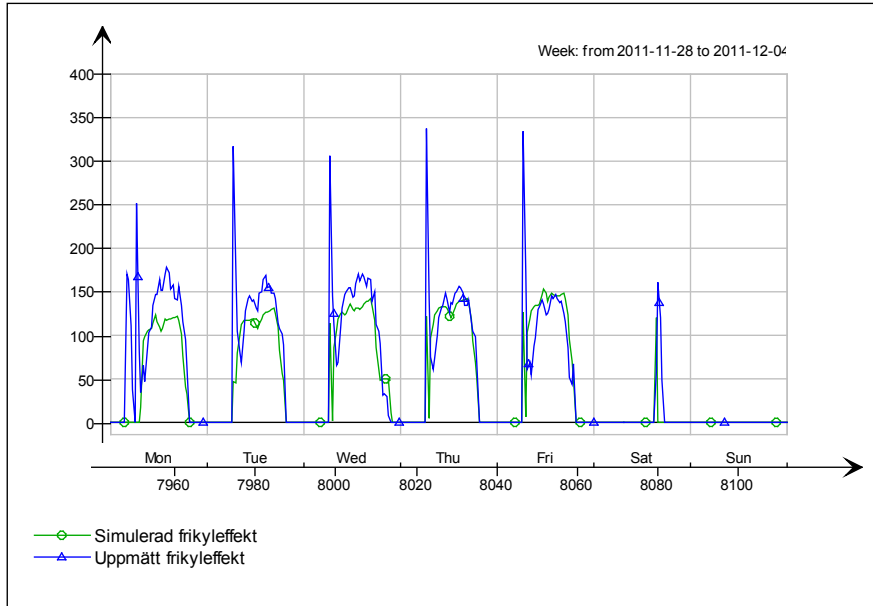
Jämförelse av simulerad och uppmätt fjärrkyla



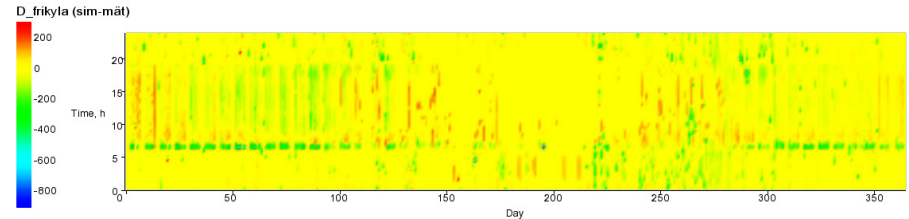
- Modellen underskattar den årliga kylenergin med ca 5%. Underskattningen sker framförallt vid hög utomhus-temperatur
- I byggnaden finns en funktion som fördröjer köp av fjärrkyla en timme på morgonen. Denna saknas i modellen.



Jämförelse av simulerad och uppmätt frikyleffekt



- Modellen underskattar frikylenergin med ca 20%.
- På morgonen när komfortkylsystemets pumpar startas kyler frikyla-systemet ned rören därav "spiken". Rörens och vattnets massa modelleras inte.



Slutsatser

- Jämförelse mellan modeller och mätdata från verkliga byggnader är praktiskt möjligt.
- Jämförelsen ger värdefulla insikter om modellering.
- Det är svårt att manuellt kalibrera modellen. Processen borde automatiseras.
- Några detaljer
 - Väderstationens placering är viktig
 - Större detaljeringsgrad leder till större noggrannhet
 - Rörförluster kan inte försummas