

BeBo-utvärdering

Nybyggt flerbostadshus med förvärmning med borrhålsvatten - HSB-FTX geoenergi utan värmepump



Utarbetad av

Per Kempe, Projektengagemang AB
Roland Jonsson, HSB

Juni 2015

FÖRORD

BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) har varit verksam sedan 1989 och är ett nätverk av några av Sveriges mest framträdande fastighetsägare och med Energimyndigheten som finansiär. Huvudinriktningen är att minska beroendet av energi i form av värme och el i flerbostadshus, samt att därmed minska påverkan på miljön. BeBos aktiviteter ska genom en samlad beställar-kompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknaden. Energimyndigheten bidrar därför med finansiering och kompetens till BeBo som i sin tur för detta vidare till fastighetsägarna med hjälp av bland annat demonstrationsprojekt som genomförs med hjälp av medlemmarna.

De företag som deltar i beställargruppen ges insyn i de utvecklingsprojekt och andra aktiviteter som Energimyndigheten bedriver. I dialoger med gruppen ges möjlighet att påverka innehåll och inriktning av Energimyndighetens insatser.

Att aktivt medverka till teknikupphandlingar och tävlingar ger medverkande företag verktyg att driva utvecklingen inom det egna fastighetsbeståndet. Demonstrationsprojekt inom ramen för beställargruppens arbete kan genomföras i full skala inom det egna beståndet. Projekten kan samtidigt delfinansieras av Energimyndigheten och eventuella andra organisationer. Samarbetsformen ger företagen bättre möjligheter till riskavlyft och erfarenhetsutbyte i utvecklingsarbetet.

Beställargruppens gemensamma aktiviteter ger även en starkare påverkan på leverantörer och entreprenörer på marknaden. Medverkan i beställargruppen är ett effektivt sätt för deltagarna att i praktiken förbereda sig på, men ger också möjlighet att påverka, nya krav från staten och EU.

BETECKNINGAR

Bv	Börvärde
CP	Cirkulationspump (borrhål)
F	Frånluft
FF	Frånluftsflöde alternativt frånluftsfläkt
FJV	Fjärrvärme
FTX	Frånluft och tilluft med värmeåtervinning
GM	Givare fukt
GP	Givare tryck
GT	Givare temperatur
GX	Givare brand, rökgaser
GV	Golvvärme
IMD	Individuell Mätning och Debitering
KB	Köldbärare (Borrhålslinga med etanollösning)
KMM	Kylmängdsmätare
KV	Kallvatten
LB	Luftbehandlingsaggregat
P1	Pump
Rad	Radiatorsystem
ST	Spjällställdon
SV	Styrventil
Tavl	Temperatur avluft
Tefv	Temperatur efter förvärmningsbatteri
Tevvx	Temperatur efter värmväxlare
TF	Tilluftsflöde alternativt tilluftsfläkt
Ttill	Temperatur tilluft
Tfrån	Temperatur frånluft
Tute	Utomhustemperatur
VS	Värme sekundär
VV	Varmvatten
VVC	Varmvattencirkulation
VVM, VMM	Värmemängdsmätare
Äv	Är-värde (uppmätt värde som jämförs med börvärde)

KOMMENTARER TILL FIGURER

Det finns tre 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.

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)

Exempel på detta är figur 7, som visar kallvattnets och varmvattnets variation under Maj-vecka. På vardagar kl.6-8 samt 18-22 är vattenanvändningen högre. På helgerna är morgon-användningen några timmar senare. VV-användningen är i princip noll kl.2-5.

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

Exempel på detta är figur 3, som visar utomhustemperaturens varaktighetskurva för det nya normalåret samt figurerna 25-29 i bilaga 2, där energi- och effektbehov beräknats.

"Signatur"figurer användas för att kontrollera hur styrfunktioner fungerar i verkligheten. Ofta finns brister i styrfunktioner, som påverkar installationssystemets funktion och energi-prestanda 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 utomhustemperaturen.

Exempel på detta är figur 21 visande att förvärmning går in vid utetemperaturer kallare än +1 °C och värmeåtervinning börjar reglera ned vid + 8 °C, för att vara förbikopplad vid +14 °C.

INNEHÅLL

Beteckningar	3
Kommentarer till figurer	4
1 Sammanfattning	6
2 Bakgrund	7
3 Syfte och Mål	9
4 Metodik	9
5 Stockholms nya normalår	10
6 Mätningar	12
6.1 Kompletterande mätningar på HSB-FTX	15
6.2 Korttidsmätningar	17
7 Utvärdering med mätdata	18
7.1 Fjärrvärmeanvändning från Fortum	18
7.2 Elanvändning	20
7.3 Fördelning energier för värme och varmvatten	20
7.4 Avfrostningsbehov för ventilationsaggregat	22
7.5 Förslag förbättrad styrning ventilationsaggregat	28
8 Resultat	29
8.1 Teoretisk vs uppmätt energiprestanda	29
8.2 Funktion förvärmning HSB-FTX	30
8.3 Loggning via styrsystemet	30
9 Förslag på fortsatt utvärdering och informationsspridning	31
Bilaga 1 Avfrostningens betydelse för energianvändningen	33
Bilaga 2 Förvärmningens minskning av värmeenergi och effekt	36
Bilaga 3 Bengt Bergqvist, Energianalys AB's rapporter	37

1 SAMMANFATTNING

Resultatet från utvärderingen visar på fastighetsenergin är något högre än den tidigare beräknade för byggnaden, vilket delvis kan förklaras av en lägre hyresgästel, som ger lägre internlast och troligast är det även lägre närvaro (personvärme).

Förvärmningen med HSB-FTX visar på en mycket god funktion. Värmeåtervinningen har gått för fullt hela vintern. 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. Figur 1, principskiss HSB-FTX.

Man sparar 20 - 25 kW i fjärrvärmeeffekt samt 5-8 kWh/kvm,år beroende på vilken avfrostningsfunktion man utgår ifrån.

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 och föreslå förbättringar.

2 BAKGRUND

Många energibesparande åtgärder sänker energianvändningen, men har en mindre påverkan på byggnadens effektbehov. Detta har påverkat fjärrvärmebolags prissättning, där många tar mer betalt för abonnerad värmeeffekt samt varierar energipriset över året.

Många installationssystem får ett avfrostningsbehov när temperaturen går under noll. Ett exempel på detta är avfrostning av ventilationsvärmeväxlare. När det är kallare ute kan fukt i frånluften kondensera i värmeväxlaren och risk finns att det fryser. När utomhustemperaturen är kallare än -5 °C kan avluftstemperaturen närma sig 0 °C och då finns frysrisk. Denna risk är betydligt större i bostäder, som har en större uppfuktning av luften än i kontor. Uppfuktning i bostäder varierar mellan 1,5 - 4 g/kg luft med ett medelvärde på 3 g/kg luft för småhus och 2,5 g/kg luft för flerbostadshus (Fukthandboken 1994). Flerbostadshus har också en jämnare uppfuktning till ventilationsaggregatet än småhus, då flerbostadshusen har en blandning av många olika brukare/lägenheter. När avfrostningen är aktiv kan värmeåtervinningen vara halverad och då behövs mer eftervärme för att hålla tilluftstemperaturen.

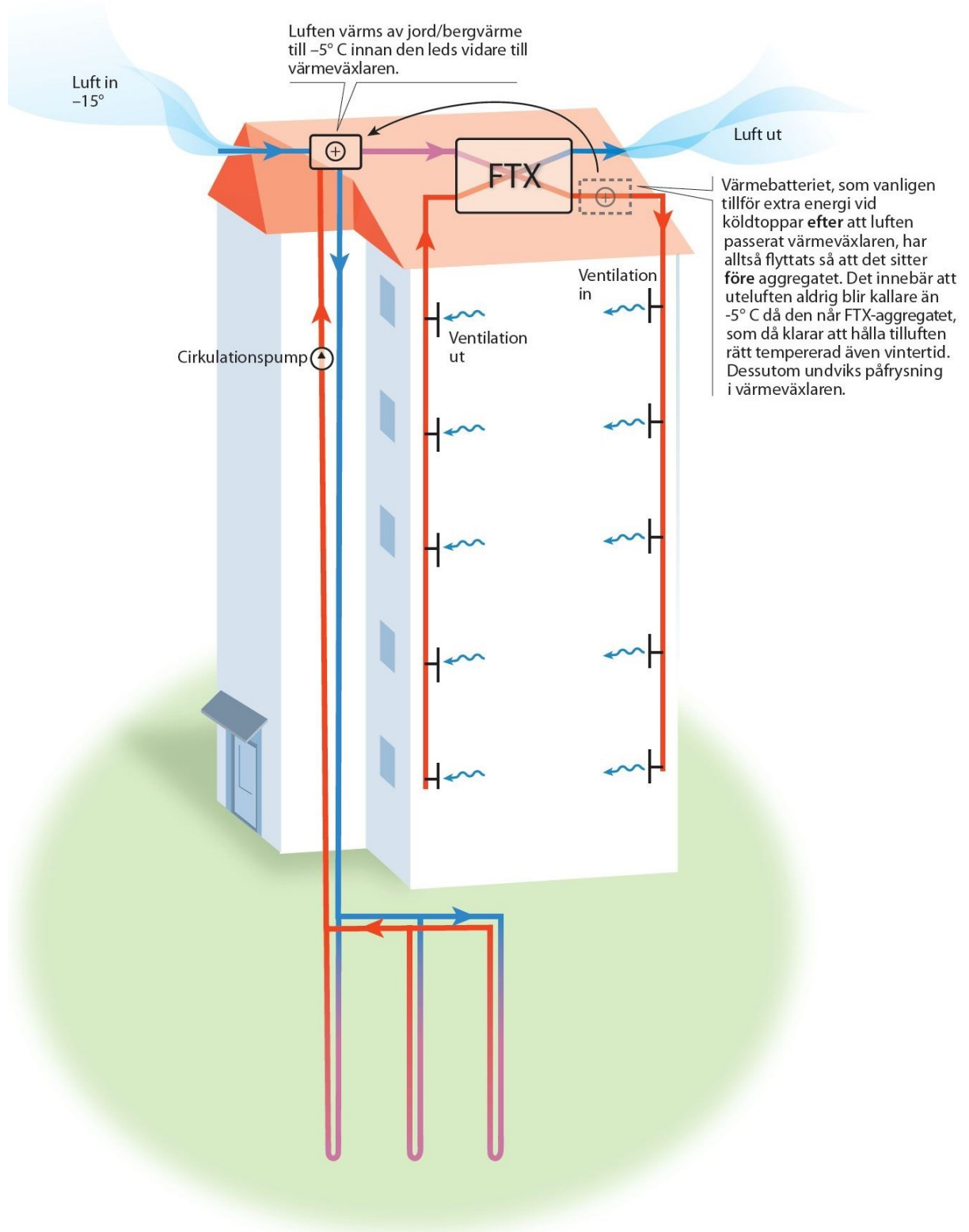
Ett sätt att minska behovet av avfrostning och därmed minska värmeeffektbehovet är att förvärma inkommande ventilationsluften med lågtempererad värmekälla.

I Finnboda har HSB Stockholm byggt två flerbostadshus med HSB Bostad som entreprenör, varav Finnboda Hamnplan Hus A3, utvärderas i detta projekt. Man har försökt minska värmeeffektbehovet när det är kallt ute, för att minska behovet att fossildrivna värmeverk för topp effekt startas. Flerbostadshuset ligger i Nacka öster om Stockholm. Huset har en A_{temp} på 4441 kvm består av 41 lägenheter fördelade på tre trapphus och inflyttning var november 2013. Flerbostadshuset är energiberäknat med VIP Energy 2011-05-27 och har en beräknad energiprestanda på 60 kWh/kvm,år fördelat på värme 28 kWh/kvm,år, VV 20 kWh/kvm,år och driftsel 12 kWh/kvm,år.

Förvärmningen med borrhålsvatten (geoenergi), HSB-FTX, är beräknat att sänka energianvändningen jämfört med vanlig FTX med 35 000 kWh/år motsvarande 8 kWh/kvm,år. Jämfört med F-ventilation är besparingarna 170 000 kWh/år motsvarande 40 kWh/kvm,år.

HSB Stockholm har bl.a. gjort extrainvesteringar på 800 000 kr på förvärmningen med borrhålsvatten till två liknande huskroppar på sammanlagt ca 9000 kvm, för att få en bra energiprestanda för båda flerbostadshusen. Det betyder att merinvesteringen för HSB-FTX jämfört med vanlig FTX är ca 400 000 kr för Hus 3 som utvärderas. Räknar man per kvm får man ett jämförelsetal, som blir mindre än 100 kr/kvm. HSB räknar med en lägre driftkostnad med 42 000 kr/år, vilket betyder en PayOff under 10 år.

Eftersom HSB FTX reducerar spetseffekten från fjärrvärmens när det är riktigt kallt så minskar energiuttaget jämfört med standard FTX system. Eftersom Fortum Fjärrvärme eldar med fossilt bränsle på spetsen så halveras Koldioxidutsläppen. Vilket också är HSB långsiktiga mål. I detta fall motsvarar detta ungefär 15 ton CO₂ för hus 3.



Figur 1 Principskiss HSB-FTX

3 SYFTE OCH MÅL

Målet är att göra en detaljerad utvärdering av ett nybyggt flerbostadshus för att se på hur väl energiberäkningen stämmer samt att verifiera funktionen för HSB-FTX, förvärmning med borrhålsvatten för att minska behovet av avfrostning och därigenom minskning av FJV-toppeffekt. HSB-FTX har teoretiskt mycket intressant funktion och spar mycket fjärrvärmeeffekt när det är kallt ute.

Syftet med utvärderingen är att med mätvärden verifiera energiberäkningen samt förvärmning vintertid av inkommande uteluft. Fungerar förvärmningen som tänkt eller har man problem med styrningen då man inte har någon erfarenhet av att styra förvärmning av ventilationsluft till flerbostadshus.

4 METODIK

Då denna energiuppföljning av ett nybyggt flerbostadshus har funktioner i installations-system, för att reducera effekt- och energianvändning har metodik för detaljerad drift- och energiuppföljning av kontor nyttjas.

Detta innebär en analys av de olika delsystemens funktion och energianvändning med en jämförelse med beräknad energiprestanda.

När man har ett konstant luftflöde är okomplicerat att använda energisignaturen för köpt fjärrvärme för att beräkna normalårskorrigerad årsvärmeanvändning. Till normalårskorrigeringen används det nya normalåret för Stockholm. Stockholm 81-10 SvebySMHI.

På samma sätt som vid detaljerad drift- och energiuppföljning av kontor används timvärden från debiteringsmätarna samt loggning i byggnadens styrsystem med 5-minuters upplösning. För att verifiera att signaler i fastighetens styrsystem är korrekta görs jämförelse med loggning med småloggers.

I de detaljerade mätningarna utvärderas även hur väl förvärmningen fungerar på LB03, då den har en mycket intressant värmeeffektbesparande funktion.

5 STOCKHOLMS NYA NORMALÅR

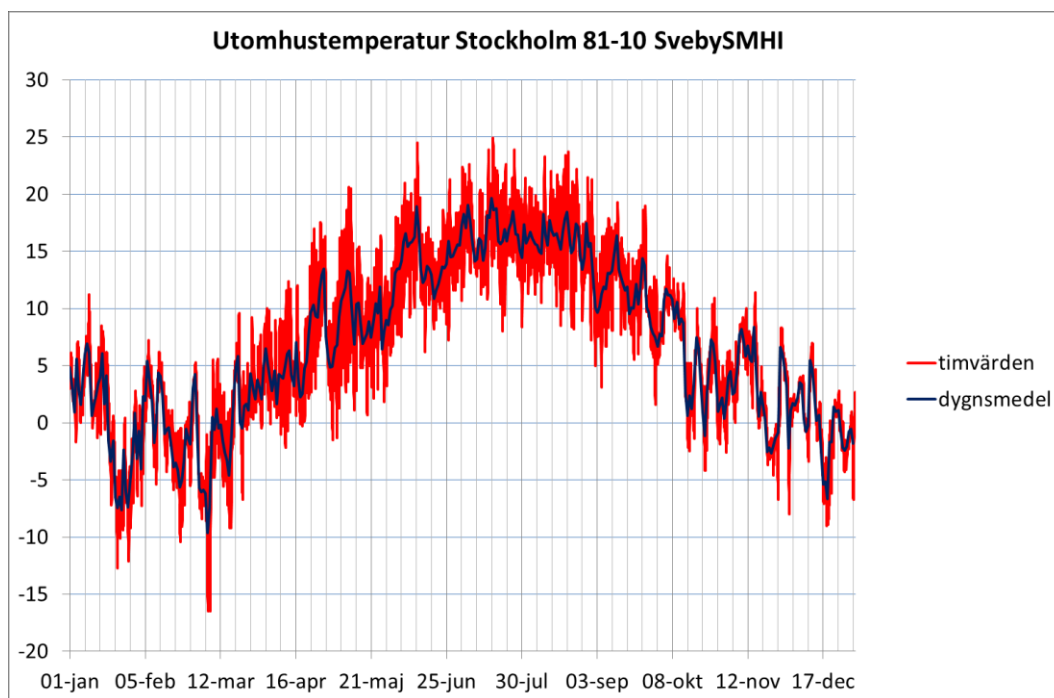
Då klimatet har blivit varmare samt att det används en stor mängd olika klimatdata i energi-beräkningar har SMHI på uppdrag av Sveby tagit fram syntetiska klimatdatafiler med ett års väderdata för elva orter i Sverige. Klimatfilerna ska representera ett genomsnittligt klimat ur värme- och kylbehovsperspektiv. Klimatfilerna baseras på väderdata för 1981-2010.

De nya klimatdata finns att ladda hem från Svebys hemsida.

<http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2015/05/Klimatfiler-81-10-Sveby-SMHI.zip>

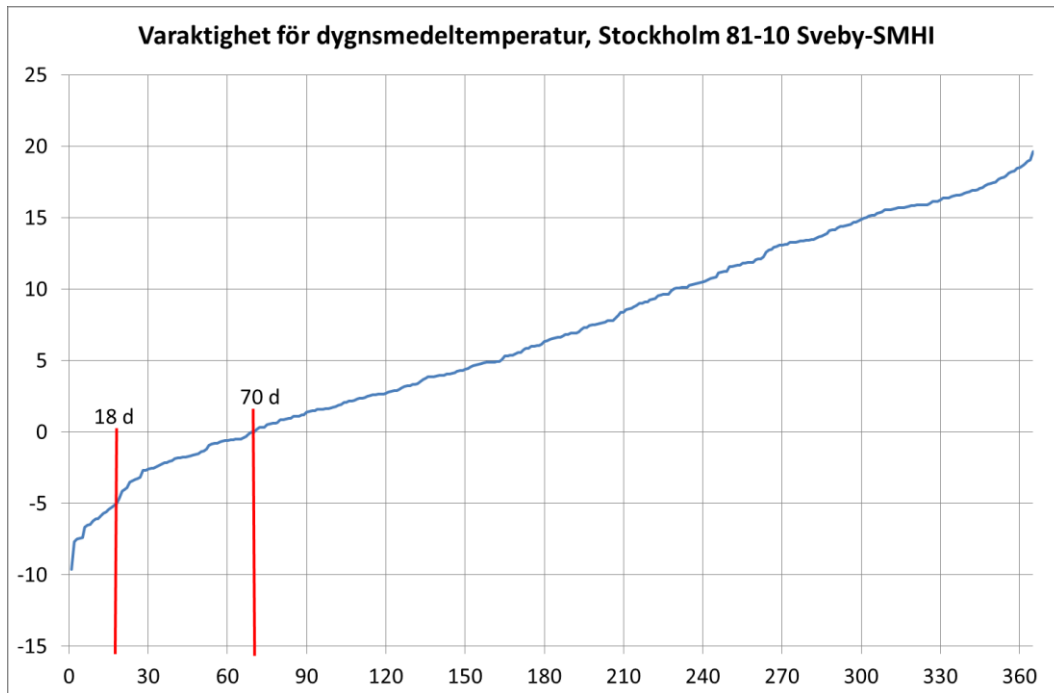
De 11 orter som de nya klimatdata är framtagna för: Eskilstuna, Göteborg, Jokkmokk, Karlstad, Malmö, Mora, Stockholm, Umeå, Växjö, Östersund.

I figur 2 ses både tim- och dygnsvärdenas för utomhustemperaturens variation för Stockholm. Klimatfilen benämns Stockholm 81-10 SvebySMHI.



Figur 2 Utomhustemperaturen för nya normalåret: Stockholm 81-10 SvebySMHI

För normalårskorrigerig i utvärderingen används det nya normalåret Stockholm 81-10 SvebySMHI. Varaktighetskurvan för utomhustemperaturens dygnsmedelvärde kan ses i figur 3.



Figur 3 Varaktighetskurva dygnsmedeltemperatur för nya normalåret Stockholm 81-10 SvebySMHI.

Om man analyserar varaktighetskurvan för nya normalåret för Stockholm ser man att 18 dygn har en dygnsmedeltemperatur under $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ samt 70 dygn en dygnsmedeltemperatur under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6 MÄTNINGAR

Mätningarna för utvärdering har utförts dels via loggning i styrsystemet av givare, mätare och styrsignaler kompletterat med korttidsmätningar samt data från energileverantörer.

Mätningar från styrsystemet är mycket användbart, men man bör verifiera att givare mäter rätt. Dvs. att givarna är korrekt adresserade samt ger korrekt visning i styrsystemet.

Via styrsystemet loggas huvudsakligen med 5-min sampling. De flesta givare, mätare och styrsignaler som syns på driftbilderna, figur 4 - 6, för undercentralen och ventilationsaggregat har loggats. Mätningarna i styrsystemet är kompletterade med en värme- och kylmängdsmätare för förvärmningsbatteriet samt temperatur- och fuktgivare på ute-, till, från och avluften.

Med de kompletterade mätningarna kan man utvärdera funktion förvärmningen och reducering av avfrostningsbehov samt kylning och avfuktning under varma sommandagar.

Loggningarna från styrsystemet exporterades till Excel för utvärdering.

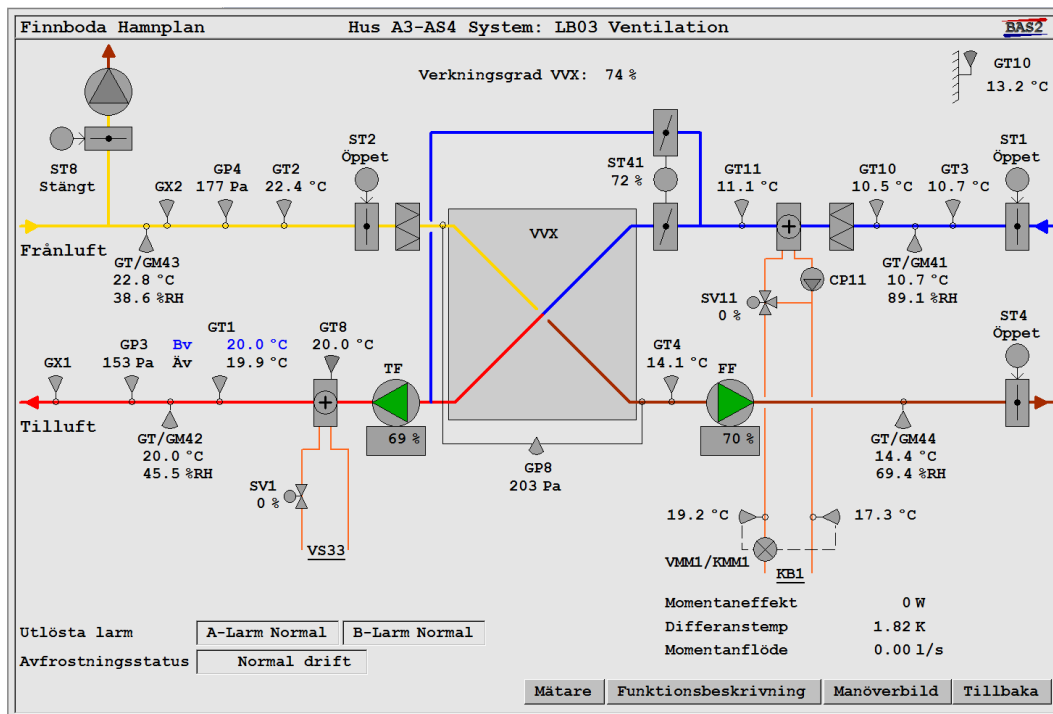
Förutom loggningar från styrsystemet och korttidsmätningar har även månadsvärden hämtas från IMD-leverantör för summa hyresgästel och summa VV-användning.

Timvärden för fjärrvärme hämtas från Fortum samt månadsvärden på Total El från nätägaren Nacka Energi.

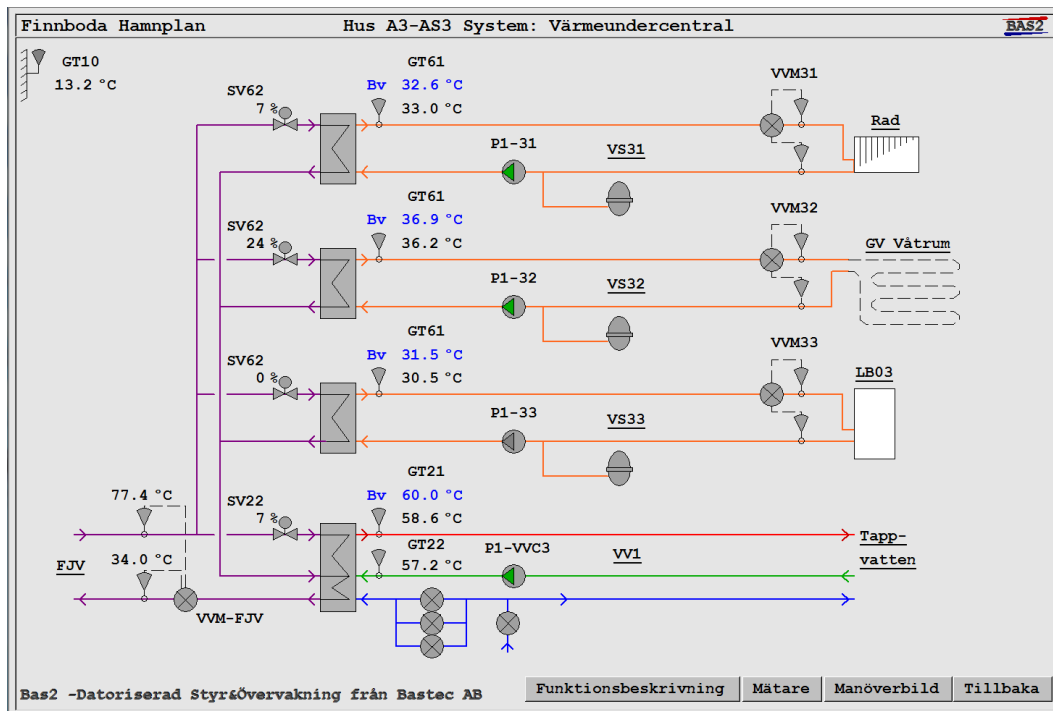
Korttidsmätningar har utförts av Bengt Bergqvist, Energianalys AB.

Bengt har använt småloggers, strömtänger samt spårgasmätningar av luftflöden för bl.a. verifiering samt ge jämförbarhet med andra BeBo-utvärderingar.

I figur 4 – 6 kan ses exempel på givare, mätare och signaler som loggas i styrsystemet.



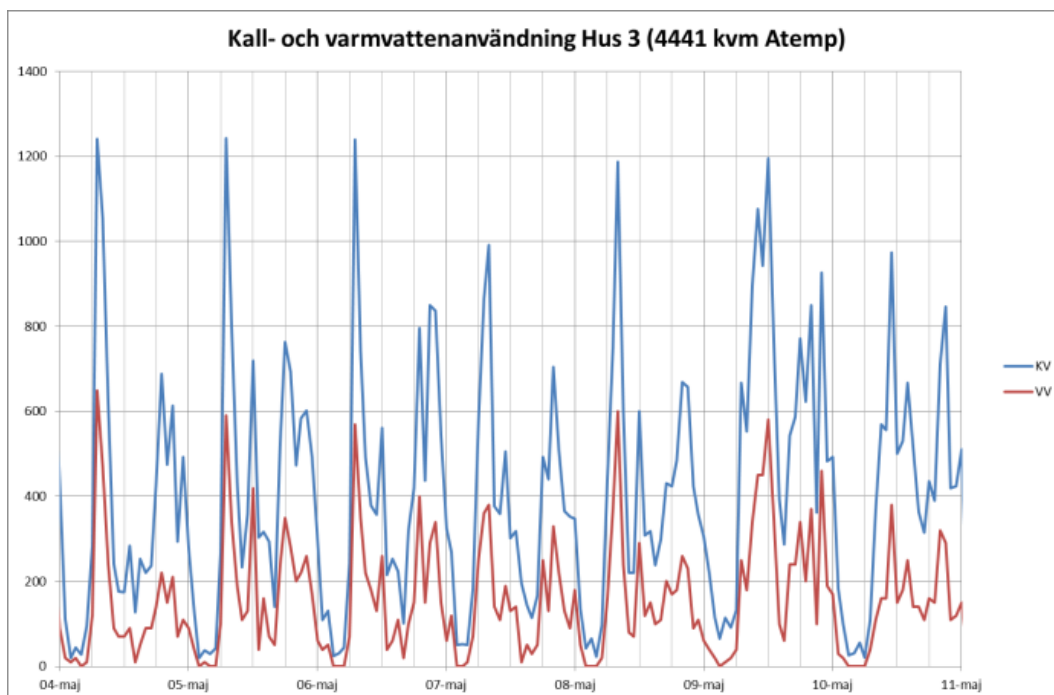
Figur 4 Skärmdump driftbild ventilation, LB03, Luftbehandling i Hus 3. I figuren ses de signaler som loggas i styrsystemet, för utvärdering av HSB-FTX funktion.



Figur 5 Skärmdump driftbild värmeundercentralen. I figuren ses värmesystemets uppdelning: Radiatorsystem, golvvärme badrum, LB03, eftervärmning ventilation samt tappvatten med VVC-förluster.

Finnboda Hamnplan		Hus A3-AS3 System: Värmeundercentral		BAS2
VS31 Logg				
VVM31	Förbrukat	153191 kWh		
VS32 Logg				
VVM32	Förbrukat	40433 kWh		
VS33 Logg				
VVM33	Förbrukat	13936 kWh		
FJV Logg				
VVM-FJV	Förbrukat	744.2 MWh		
VVM-FJV		14170 m ³		
Tappvatten Logg				
Tappvarmvatten 1	Förbrukat	726.98 m ³		
Tappvarmvatten 2		861.97 m ³		
Tappvarmvatten 3		709.91 m ³		
Tappvatten totalt	Förbrukat	6412.56 m ³		
Bas2 -Datoriserad Styr-Övervakning från Bastec AB				Tillbaka

Figur 6 Det finns även driftbilder för hämtning av loggade mätvärden från exv. värmeundercentralen. Där månadsvärden och timvärden kan hämtas.



Figur 7 Exempel på loggade värden från styrsystemet: Kall- och varmvattenanvändning under Maj-vecka. Under vardagar är vattenanvändningen som högst kl.6-8 respektive kl.18-23. Helger blir det lite senare på morgonen, kl.8-12. VV-användningen är i princip noll kl.2-5.

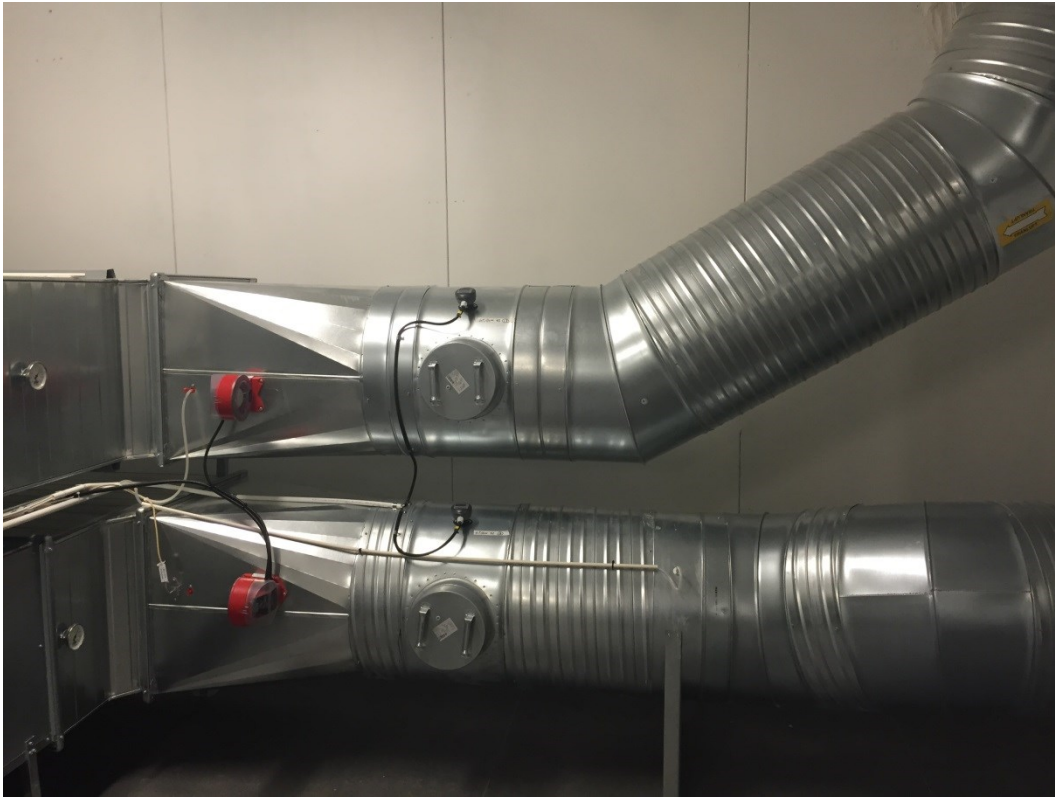
6.1 Kompletterande mätningar på HSB-FTX

För att kunna mäta förvärmningen och förkyllning med lite bättre noggrannhet är en värme- och kylmängdsmätare installerad med dubbla register. Mätaren har register både för värmeenergi och kylenergi samt fungerar för mindre temperaturdifferenser mellan fram och returledning än tre Kelvin. (Många värmemängdsmätare har dålig upplösning för att de är gjorda för månadsavläsning, slår ifrån vid temperaturdifferenser mindre än 3K, för att mätfelet ökar samt kan inte räkna med omkastade temperaturer, kyla.)

Dock är det 30 % bioetanollösning i köldbärarsystemet, så den verkliga leveranstiden blev tio veckor på flödesmätaren, så när den blev installerad var den kalla perioden av vintern över. Men instrumenteringen är nu klar för att fortsätta utvärderingen under sommaren, för att analysera hur för-kyllning och avfuktning fungerar.



Figur 8 Ventilationsaggregat med HSB-FTX som har nyinstallerad värme- och kylmängdsmätare, som ses till vänster i bilden. Det blev en extrasväng för KB-rören för att erhålla erforderliga raksträckor kring mätaren.

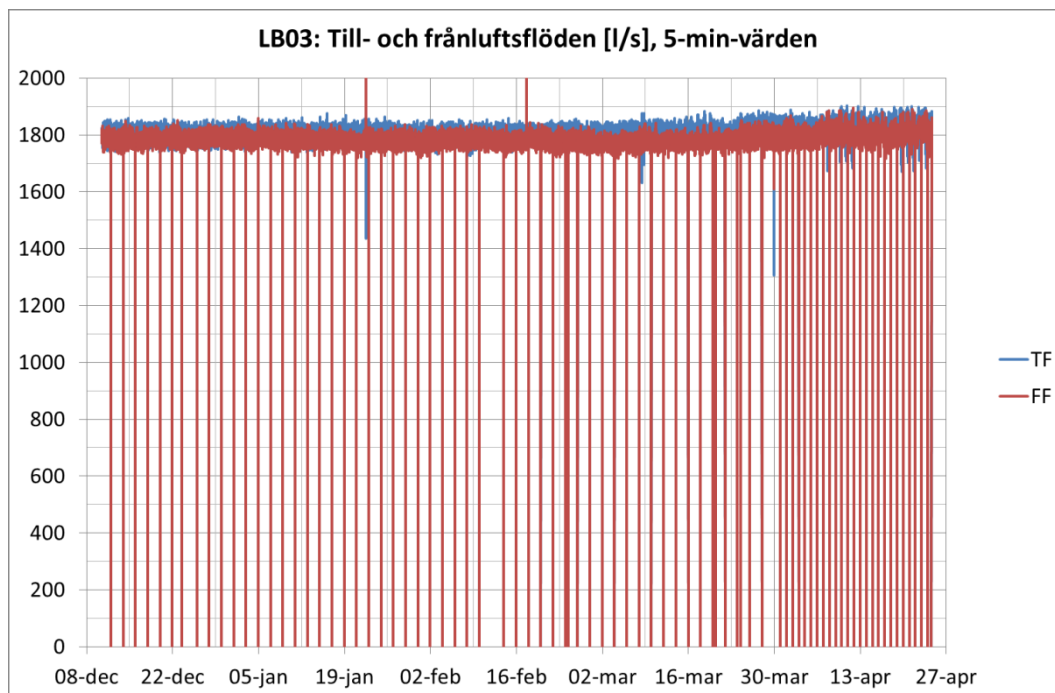


Figur 9 I ventilationskanalerna till och från ventilationsaggregatet är temperatur och fuktgivare installerade, för att analysera förändrar av luftens fukttinnehåll. Detta är främst för sommarmätningarna, när man vid för-kylning kan erhålla en avfuktning. Temperatur- och fuktgivarna är de svarta givarhuvudena strax ovanför respektive renslucka.

6.2 Korttidsmätningar

Korttidsmätningar har utförts av Bengt Bergqvist, Energianalys AB. Bengts rapporter finns i bilaga 3.

Bengt har använt småloggers, strömtänger samt spårgasmätningar av luftflöden för verifiering samt som jämförelse med andra BeBo-utvärderingar.



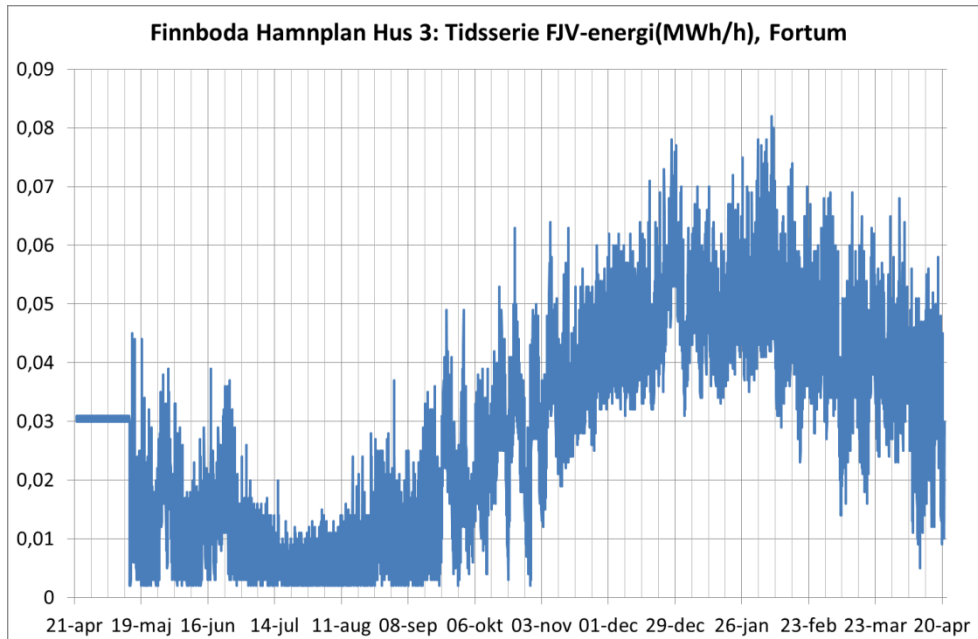
Figur 10 Luftflödesmätningar från styrsystemet 2014-12-10 – 2015-04-24. Luftflöde ca 1800 l/s, vilket ger 0,41 l/s,kvm (TF/FF-medel: 1800/1780). Onoggrannhet på luftflödesmätningarna är 5 %. Orsak till dipparna på frånluften är funktionskontroll av brandgasfläktens var 48:e timme.

Spårgasmätning utfördes 2015-05-15 för verifiering av luftflödesmätningarna i ventilationsaggregatet. Mätningarna via styrsystemet gav 1855/1875 l/s och med spårgas 1850/1720 l/s. Onoggrannhet på båda typerna av mätningarna är ± 5 %. Vid full värmeåtervinning ST41 = 100% indikerar temperaturerna kring värmeväxlaren på flödesbalans.

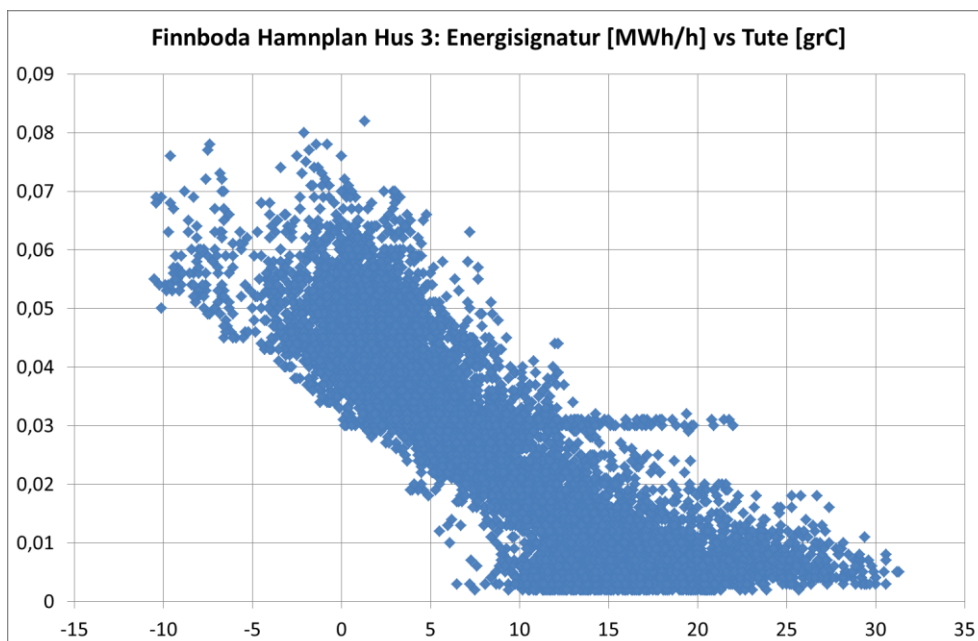
7 UTVÄRDERING MED MÄTDATA

7.1 Fjärrvärmeanvändning från Fortum

Fjärrvärmeanvändningen är redovisad som tidsserie samt energisignatur på tim- respektive dygnsvärden. Energisignatur på timvärdena får en stor spridning, figur 12, pga. av dygnsvariationen för VV-användning. Så figur 13 energisignatur på dygnsvärden används i stället.

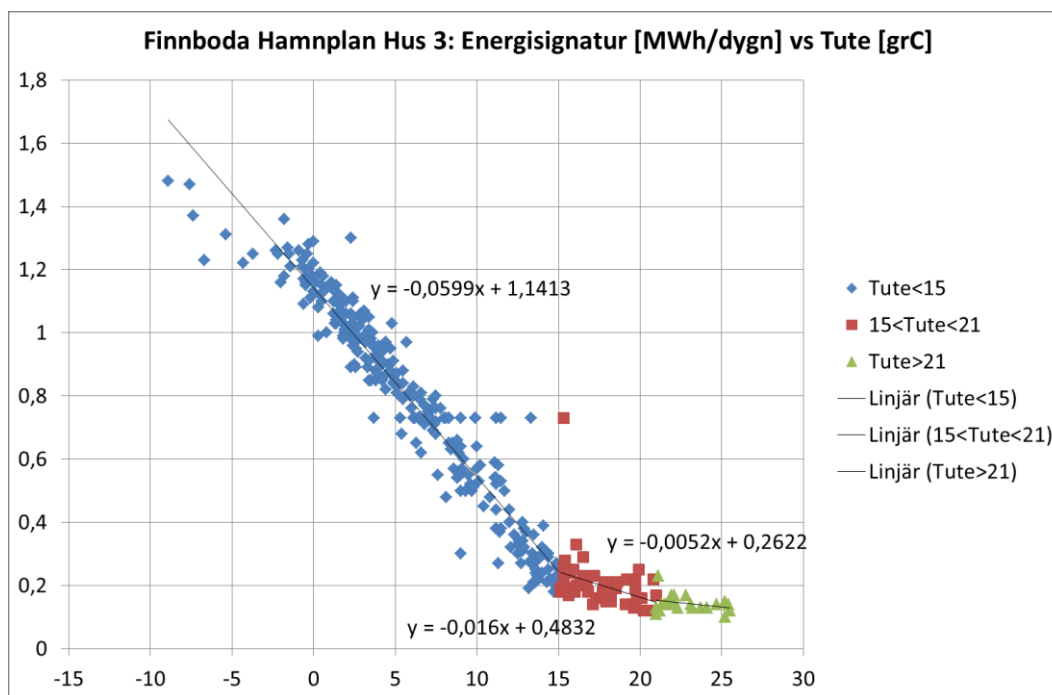


Figur 11 Tidsserie FJV-användning under ett år. (Inga tim-värden förrän 14 maj 2014)



Figur 12 Energisignatur timvärden av köpt fjärrvärme till Finnroda Hamnplan Hus 3. Värdena på 0,03 kommer från perioden 21 april – 14 maj 2014.

I Figur 13 har tre kurvanpassningar utförts, vilka är för $T_{ute} < 15\text{ °C}$, $15 - 21\text{ °C}$ samt $> 21\text{ °C}$. Uppdelningen är för att erhålla bättre kurvanpassning. Installationssystemen har flera förändringar i styrsekvenser runt 15 °C , vilka påverkar byggnadens energianvändning.



Figur 13 Energisignatur FJV, dygnsvärden med kurvanpassningar med brytgränser vid 15 °C resp. 21 °C . Okorrigerad årsvärmeenergi 236 MWh.

Köpt fjärrvärme har varit 236 MWh kWh, men det har varit ett varmt år så fjärrvärmen behöver korrigeras upp. Använder man kurvanpassningsekvationerna i figur 13 och de 365 dygnsmedeltemperaturerna i figur 3 kan byggnadens årsenergianvändningen beräknas. Beräkningen av normalårsanvändningen av fjärrvärme gav 272 MWh och för det kallaste dygnet (-10 °C) blir dygnsenergianvändningen 1,717 MWh, vilket ger dygnsmedeleffekten 71,6 kW. Fortum nyttjar för abonnerad FJV-effekt effektbehovet vid -15 °C och räknar man ut det effektbehovet med ekvation i figur 13 erhålls 85 kW.

Dessa värden skiljer från Fortums beräknade årsenergianvändning för Finnboda Hamnplan Hus 3. Fortum anger årsenergin 365 MWh respektive värmeeffekten 106 kW. Det finns åtminstone två orsaker till skillnaderna. Dels är normalåret numera varmare, men även har byggnaden en flackare energisignatur pga. förvärmningen. Så nyttjar Fortum en standardsignatur för vanliga FTX-flerbostadshus i sin beräkning samt ett gammalt normalår, så finns där del av förklaringen. I kapitel 7.4 visas att skillnaden i fjärrvärmeeffekt stämmer väl med minskningen med hjälp av förvärmningen.

Beräknar man byggnadens specifika medeleffekt från den normalårskorrigerade energianvändningen inser man att byggnaden har mycket bra energiprestanda.

Medeleffekt: $71556 / 4441 = 16,1 \text{ W / kvm}$ exkl. VV $14,1 \text{ W / kvm}$
 $85000 / 4441 = 19,1 \text{ W / kvm}$ exkl. VV $17,1 \text{ W / kvm}$

7.2 Elanvändning

Finnboda Hamnplan Hus 3 har endast total elmätning, 145170 kWh, samt IMD, för att mäta hyresgästernas elanvändning. Driftselen kan beräknas om man nyttjar IMD-leverantörens summering av alla hyresgästers elanvändning och drar den från total elanvändning.

Summa hyresgästel från IMD-leverantör 96692 kWh \Leftrightarrow 21,8 kWh/kvm,år
jmf beräkning 30 kWh/kvm,år

Driftel blir $145170 - 96692 = 48478 \text{ kWh}$ \Leftrightarrow 10,9 kWh/kvm,år;
jmf beräkning 12 kWh/kvm,år

7.3 Fördelning energier för värme och varmvatten

I undercentralen finns separat mätning av värme till radiatorer VVM31, värme till golvvärme i badrum VVM32 samt värme till eftervärmningsbatteri VVM33 (inkl. en liten radiator i fläktrummet).

Med värmeenergimätningar hämtade från styrdatorn blir värmen till respektive del:

Radiatorer: VVM 31 112230 kWh, vilket ger 25,3 kWh/kvm,år

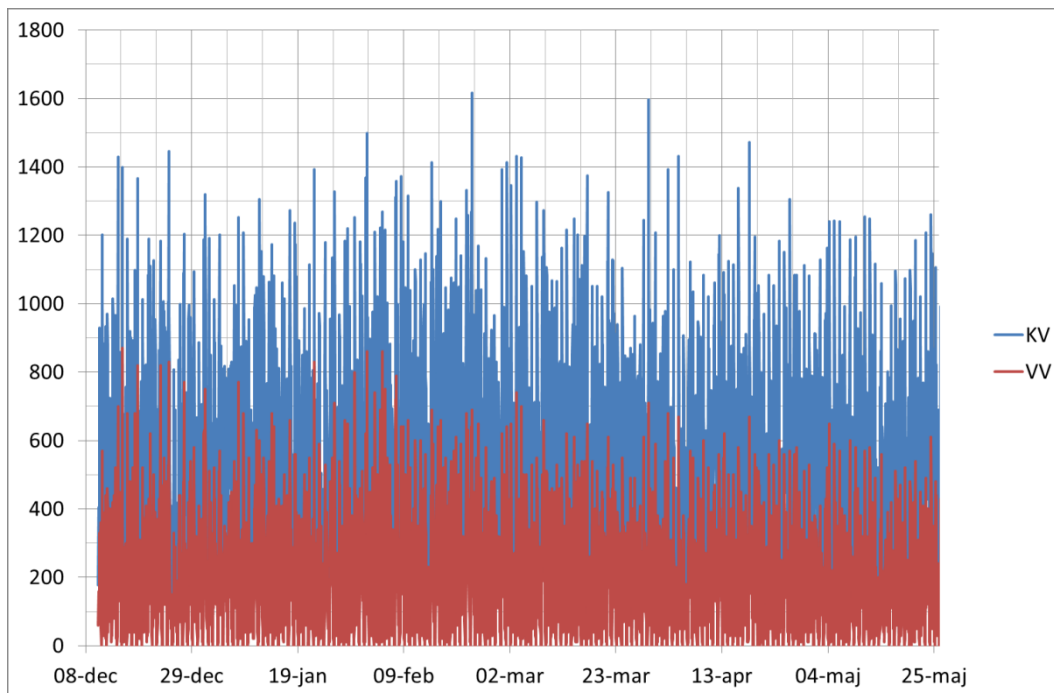
Golvvärme: VVM 32 28290 kWh, vilket ger 6,4 kWh/kvm,år

Ventilation: VVM 33 9500 kWh, vilket ger 2,1 kWh/kvm,år

VVM31 + VVM32 + VVM33 = 150020 kWh

Då inga värmemängdsmätare finns på VV och VVC kan man beräkna dess energianvändning, som skillnaden mellan köpt värme och summan av ovanstående värmemängdsmätare. Detta ger att VV och VVC är $236149 - 150020 = 86129 \text{ kWh}$.

Önskar man göra en ytterligare uppdelning mellan VV och VVC får man nyttja VV-mätarna samt Svebys 55 kWh/kbm VV. Figur 14 visar hur vattenanvändningen varierat. På årsbasis är VV-användningen 1431 kbm. Detta motsvarar 78700 kWh, vilket ger 17,7 kWh/kvm,år att jämföra med beräkningens 20 kWh/kvm,år.



Figur 14 Kall- och varmvattenanvändningens variation under 5,5 månader.

VVC uppskattas som $86129 - 78700 = 7400$ kWh, vilket motsvarar 2 kWh/kvm,år.
VVC-förlusterna borde vara något större.

FJV: $236149/4441=53,2$ kWh/kvm,år ej normalårskorr

FJV energisignatur korrigerad med nya normalåret samt korrigerad av VV-användning enligt Sveby: $271566/4441 + 20 - 17,7 = 61,1 + 2,3$ kWh/kvm,år = 63,4 kWh/kvm,år

7.4 Avfrostningsbehov för ventilationsaggregat

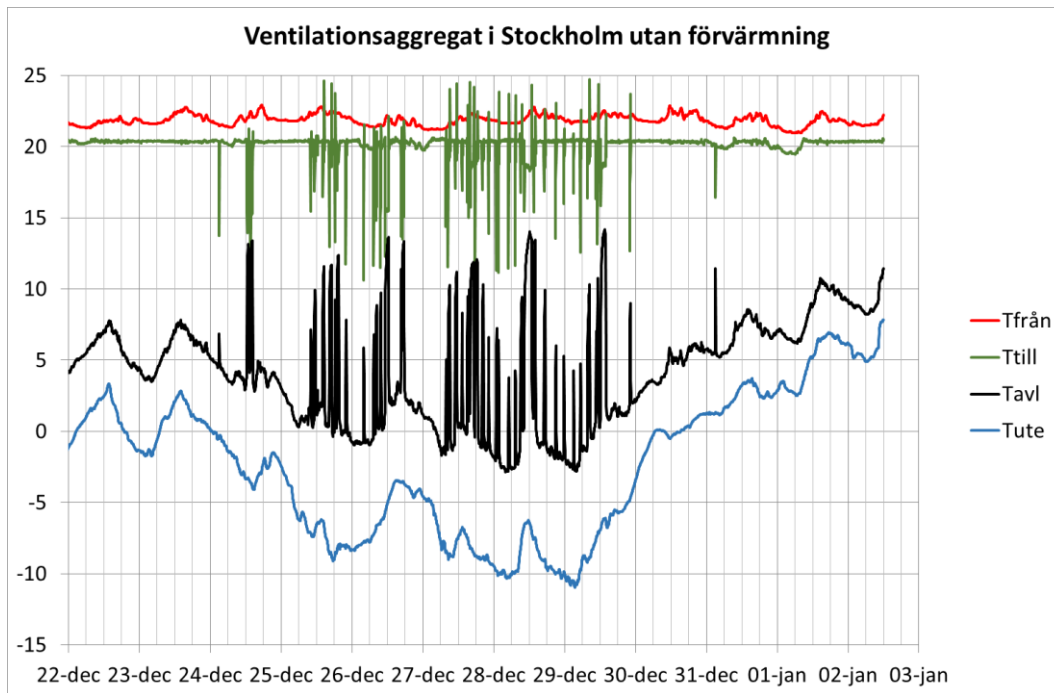
Figuren nedan är ett exempel på en värmeväxlare med påfrysning, som behöver avfrostning. Om man försöker optimera värmeåtervinningen och inte har förvärmning typ HSB-FTX, så kommer man när det är kallt ute att ibland ha påfrysning i större eller mindre omfattning beroende på avfrostningsfunktion.



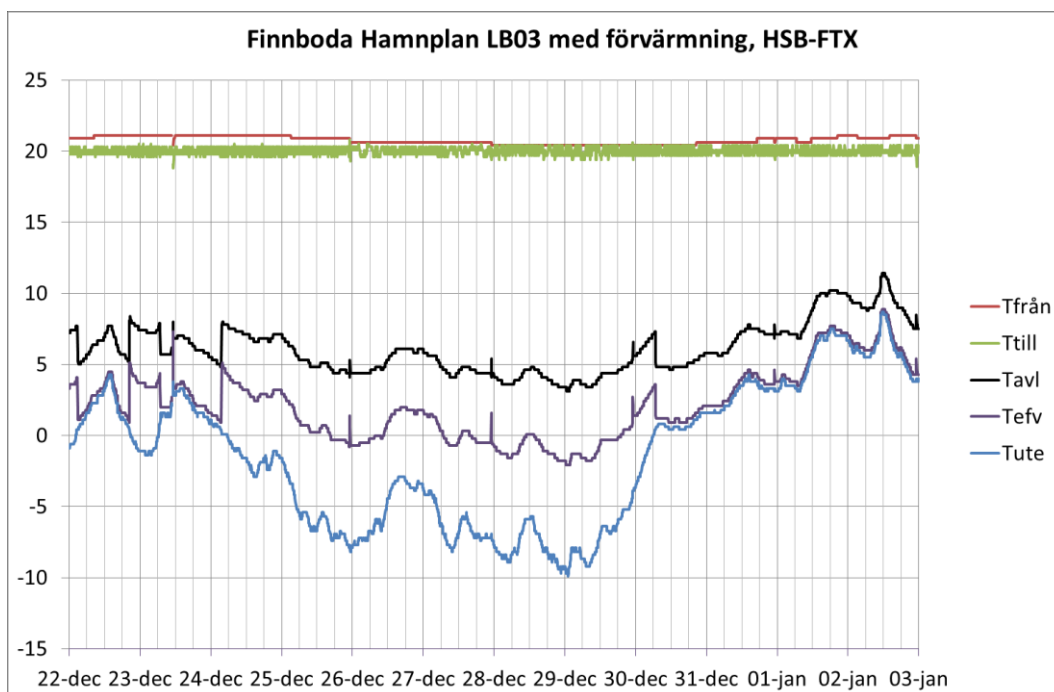
Figur 15 Exempel på batteri med påfrysning i värmeväxlaren, när det är kallt ute och man inte har en förvärmning etc. Bild från Bengt Bergqvist, Energianalys AB.

Figur 16 visar mätdata för ett aggregat med avfrostning som går in och begränsar värmeåtervinningen. Detta innebär att mindre värmemängd återvinns från avluften och överförs till tilluften. Detta ger att avluftstemperaturen stiger samt att eftervärmningsbatteriet måste öka sin värmeavgivning, för att hålla tilluftstemperaturen. Eftervärmningsbatteriets ökning av värmeavgivning sker med en viss fördröjning. Därav erhåller tilluftstemperaturen en pendling. Motsvarande fast tvärtom sker när avfrostningsfunktionen släpper.

Figur 17 visar HSB-FTX för samma tidsperiod, där avfrostningen inte går in och begränsar värmeåtervinningen, vilket skapade fluktuationerna i figur 16 samt ökat behov av värmeenergi.

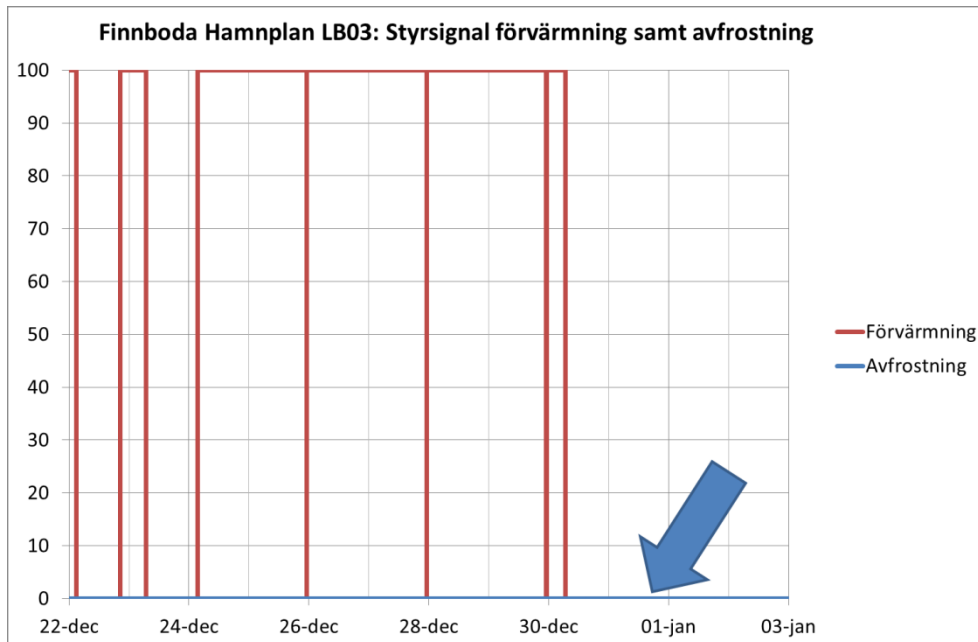


Figur 16 Mätdata från Bengt Bergqvist, Energianalys på ventilationsaggregat i Stockholm, som avfrostar ofta under den kallare perioden 25 - 30 dec 2014.

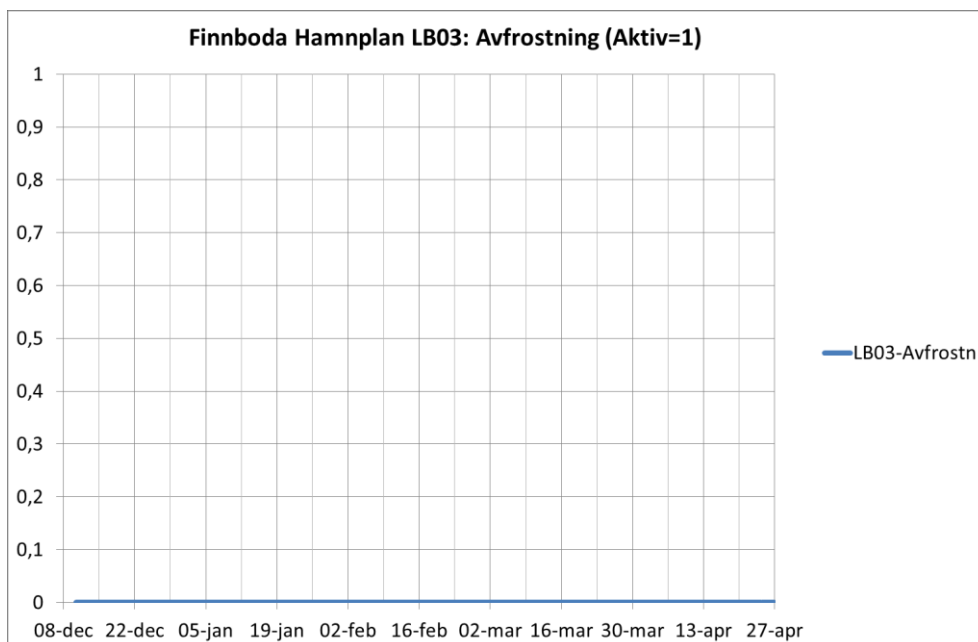


Figur 17 Mätdata från Finnboda Hamnplan Hus 3, HSB-FTX där avfrostningen inte går in utan förvärmning höjer inkommande lufttemperatur till ventilationen.

I figurerna 18 ser man att avfrostningsfunktionen inte gått in. Avfrostningsfunktionen är konstant "0" under den kalla perioden, figur 19, samt resten av våren, figur 20.

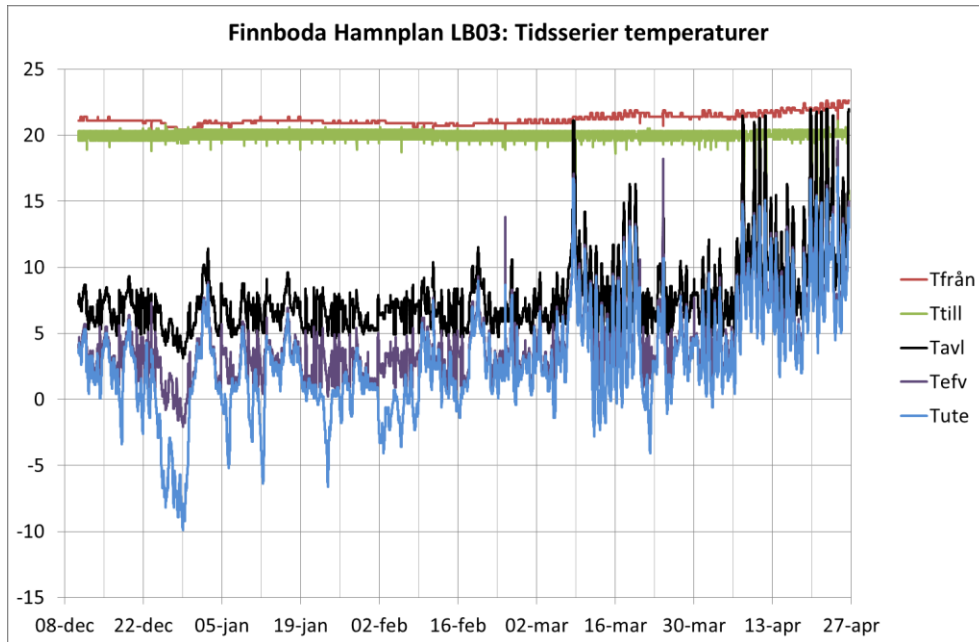


Figur 18 Förvärmningen går in under +1 °C samt avfrostningen har inte gått in under den kallare perioden (2014-12-25 – 30).

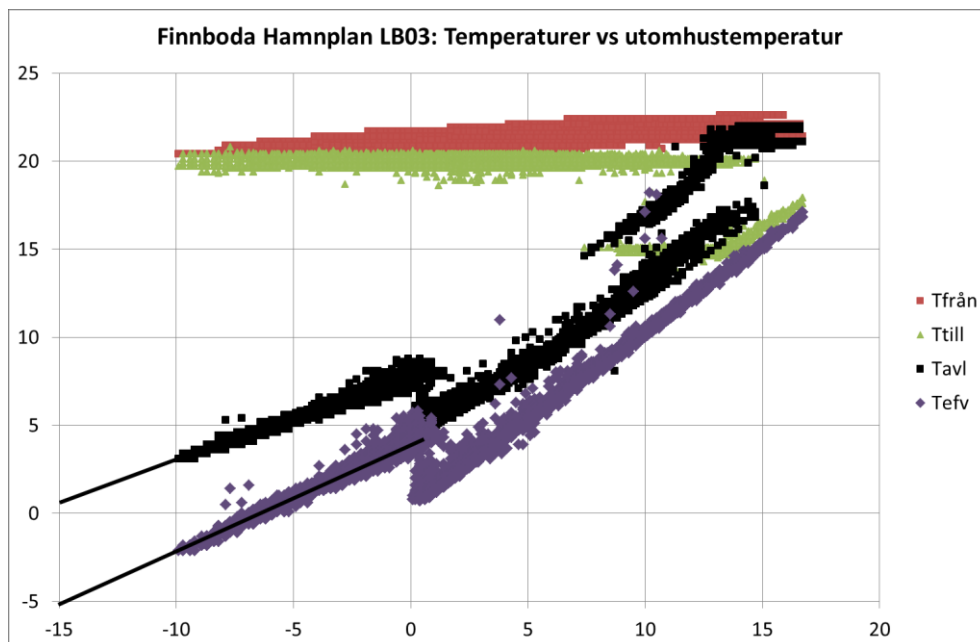


Figur 19 Avfrostningen har inte aktiverats någon gång under vintern, 2014/15. Dvs. max värmeåtervinning hela vintern, vilket ger lågt eftervärmebehov.

Figureerna nedan visar dels tidsserie på temperaturerna i ventilationsaggregatet, men även temperatursignatur mot utomhustemperaturen för att tydliggöra hur styrningen fungerar.



Figur 20 Lufttemperaturerna i ventilationsaggregatet visar inget behov av avfrostning. Frånluftstemperauren faller med ca 0,5 °C, när det är som kallast i 25-30 dec.

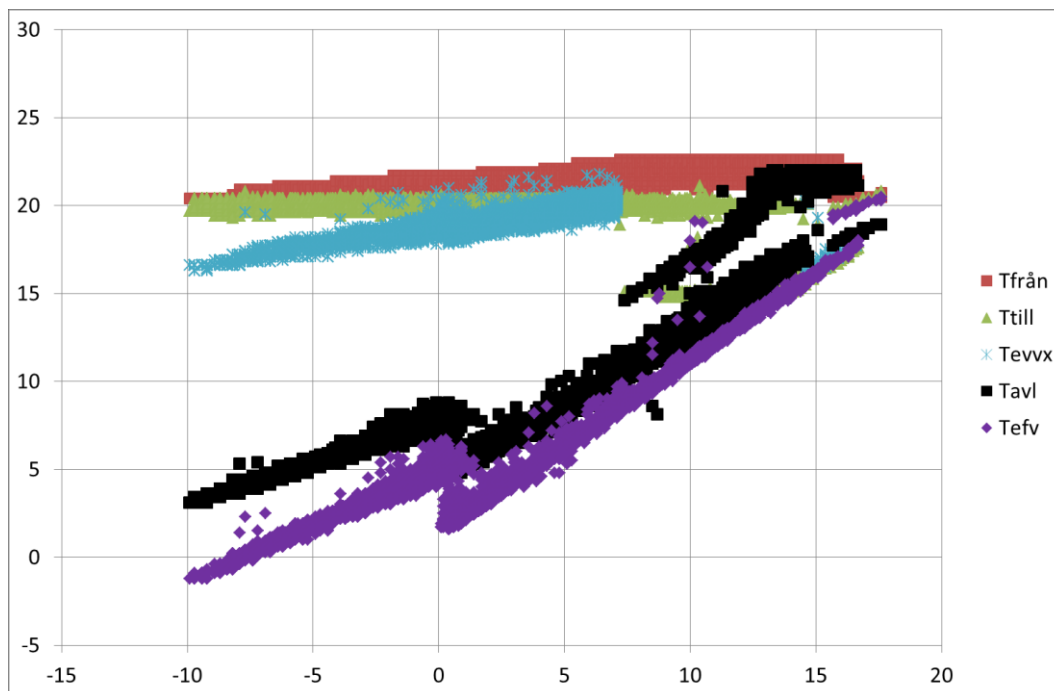


Figur 21 Temperatursignatur på HSB-FTX. Förvärmningen går in vid +1 °C och vid -15 °C förvärms uteluften till -5 °C. Avluftstemperaturen kommer då ner till +1 °C. Avfrostning har ej varit aktiv under vintern, vilket även kunde ses i figur 19. Det finns en kylfunktion som går in vid +14 °C.

Figur 21 som innehåller samma mätdata som figur 20, men uppritat som funktion av utomhustemperaturen, för analys av ventilationsystemets styrfunktioner. Det som kan ses i figur 21 är att förvärmningen går in vid +1 °C och vid -15 °C förvärms uteluften till -5 °C. Avluftstemperaturen kommer då ner till +1 °C. Avfrostning har ej varit aktiv under vintern, vilket även kunde ses i figur 19. Det finns en kylfunktion som går in vid +14 °C, som behandlas i samband med figur 24.

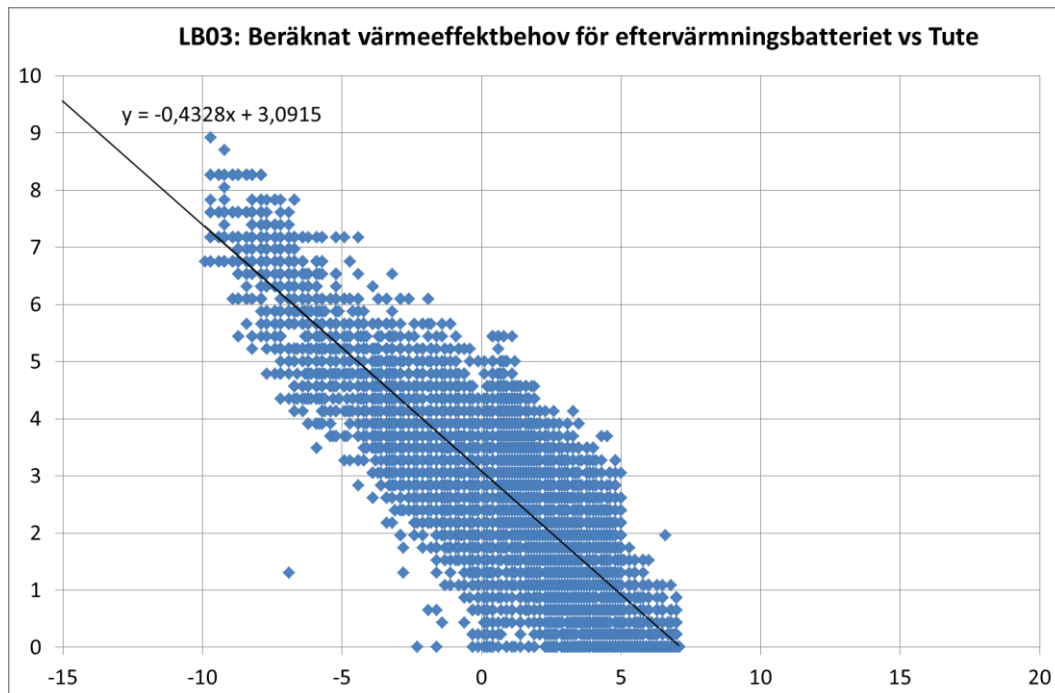
Då värmemängdsmätaren för eftervärmningen har en för dålig upplösning för den lilla energianvändning den har, så kan man inte beräkna normalårsenergin för eftervärmning utgående från värmemängdsmätaren, VVM33.

I stället nyttjas kunskap om värmeåtervinningen för att beräkna Tev vx temperaturen efter ventilationsaggregatets värmeåtervinning. Tev vx är de ljusblå kryssen i figur 22.



Figur 22 Från figur 21 och flödesjämvikt har den ljusblå Tev vx beräknats.

I figur 23 visas värmeeffektbehovet som erfordras till eftervärmningsbatteriet.



Figur 23 Teoretiskt värmeeffektbehovet för eftervärmningsbatteriet beräknat på temperaturdifferens mellan Ttill och Tevvx samt luftflödet 1,8 kbm/s.

Då man har börvärdet på tilluftstemperaturen på +20 °C erhålls ett effektbehov för eftervärmningsbatteriet på ca 10 kW vid -15 °C. Med börvärdet på tilluftstemperaturen på +18 °C erhålls effektbehov på ca 6 kW.

Utan HSB-FTX med bypass-avfrostning hade effektbehovet varit något lägre än 33 kW. (Bilaga 1, Tabell 2 är för ett något kallare klimat). HSB-FTX minskar effektbehovet med 20 - 25 kW i detta fall.

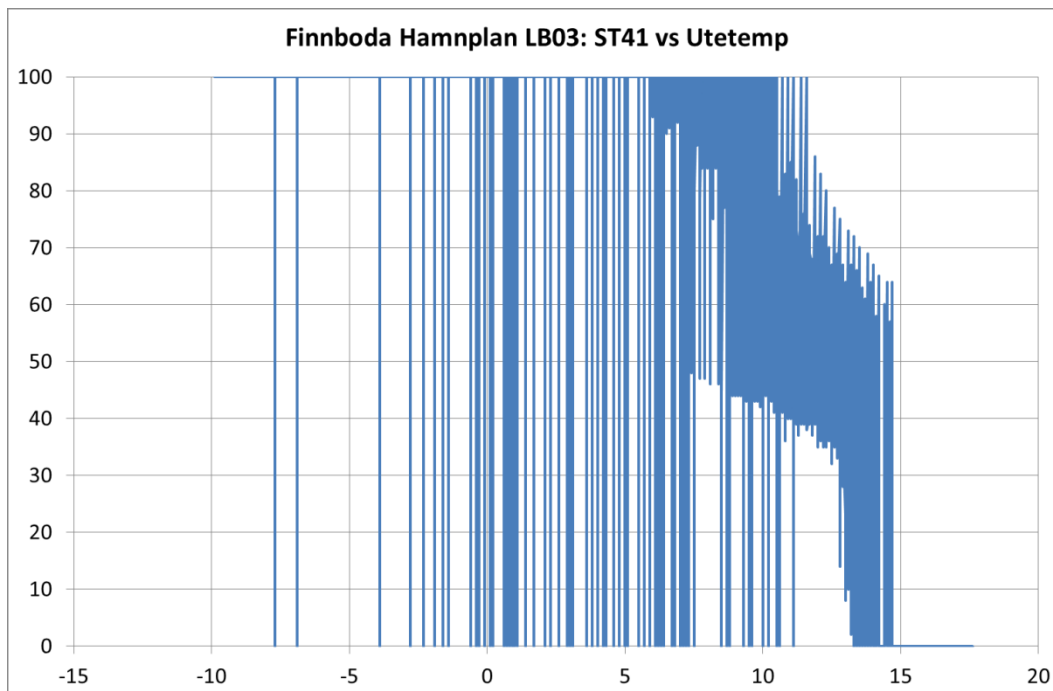
Beräknas årsenergibehovet för eftervärmningsbatteriet nyttjande ekvationen i figur 23 samt utetemperaturer i Stockholm 81-10 SvebySMHI erhålls 12400 kWh, vilket motsvarar 2,8 kWh/kvm,år.

Belastning borrhål på borrhålen är inte kontinuerlig som vid en VP, då förvärmningen är i drift vid utomhustemperaturer under +1 °C samt återladdas varma sommardagar. Därutöver kan eventuella grundvattenströmmar ytterligare jämna ut temperaturen i borrhålen. Till varje ventilationsaggregat är tre borrhål koppla med aktiv borrhålslängd på: 3*165 m, dvs. 500 m. Effektuttag från borrhålen under vintern:

Förvärmning vid -15 °C: $(-5 - (-15)) * 1,8 * 1,2 * 1,007 = 21,7 \text{ kW}$ effektuttag 43 W/m

Förvärmning vid 0 °C: $(5 - 0) * 1,8 * 1,2 * 1,007 = 10,8 \text{ kW}$ effektuttag 22 W/m

Beteckningar inom parantes hänförs till driftbild i figur 4. Fluktuationerna på Ttill (GT1) och Tavl (GT4), figur 20 och 21, beror på en "kylfunktion". Dvs. ventilationsaggregatet byter styrning av tilluftstemperaturen, för att tillföra lite kyla till lägenheterna. När Tefv (GT11) i en timme har överstigit 14 °C ändrar styrningen från +20 °C på tilluften, Ttill (GT1), till kaskadreglering mot frånluftstemperaturen, Tfrån (GT2) +22 °C. När sedan Tefv (GT11) i en timme understigit + 12 °C återgår till styrning av tilluftstemperaturen, Ttill (GT1) till +20 °C.



Figur 24 Nedreglerad värmeåtervinning över +8 °C, Ingen värmeåtervinning eller eftervärme över Tute +14 °C. Ändrad styrstrategi, se ovan.

7.5 Förslag förbättrad styrning ventilationsaggregat

Det finns tre delar i styrningen av HSB-FTX som man bör analysera närmare, för att se om man kan spara lite energi och troligast lite bättre inneklimat. (Från analys figur 21.)

- Eftervärmningsenergin kan minskas om det är möjligt med tilluftstemperaturen +17 - 18°C i stället +20°C.
- Analysera om det är möjligt att höja gränsen till när man byter till "kyl-mode" till Tute=17°C i stället för 14°C, så att man nyttjar mer våv i ventilationsaggregatet.
- Kan man höja börvärdet på frånluften i "kyl-mode" från +22°C till +23°C - +24°C. Frånluften kommer från kök och bad som är något varmare än övriga rum i byggnaden.

8 RESULTAT

Resultatet från utvärderingen visar på fastighetsenergin är något högre än den tidigare beräknade för byggnaden, vilket delvis kan förklaras av en lägre hyresgästel, som ger lägre internlast och troligast lägre närvaro (personvärme).

Förvärmningen med HSB-FTX visar på en mycket god funktion. Värmeåtervinningen har gått för fullt hela vintern. Dock har det inte varit riktigt kallt, så man behöver utvärdera under en längre och kallare period samt börvärdena på styrningen av ventilationsaggregatet kan behöva justeras något.

8.1 Teoretisk vs uppmätt energiprestanda

Tabell 1 Sammanställning fastighetsenergi för Finnboda Hamnplan Hus 3
[kWh/kvm A_{temp} ,år]

	Beräkning	Uppmätt	Normalår
Radiatorer	28	25,3	30,8
Golvvärme		6,4	7,8
Ventilation		2,1	2,8
VV	20	17,7	20
VVC		2	2
Driftel	12	10,8	10,8
Summa fastighetsenergi	60	64,3	74,2
Hyresgästel	30	21,8	21,8

Resultatet från utvärderingen visar på fastighetsenergin är något högre än den tidigare beräknade för byggnaden, vilket delvis kan förklaras av en lägre hyresgästel, som ger lägre internlast och troligast är det även lägre närvaro (personvärme).

8.2 Funktion förvärmning HSB-FTX

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. Figur 1, principskiss HSB-FTX.

Man sparar 20 - 25 kW i fjärrvärmeeffekt samt 5-8 kWh/kvm,år beroende på vilken avfrostning man jämför med. Några exempel kan ses i bilaga 1 och 2.

8.3 Loggning via styrsystemet

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 och föreslå förbättringar.

9 FÖRSLAG PÅ FORTSATT UTVÄRDERING OCH INFORMATIONSSPRIDNING

Resultatet från mätningarna är mycket intressant, men man behöver mätningar under en kallare vinter för att verifiera funktionen vid mer normala Stockholmsvintrar. Dessutom erfordras mätningar under varma sommarmånaderna för att verifiera hur förkylningen och avfuktningen fungerar samt verifiera balanseringen av energiuttag och återladdningen av borrhålen.

Då det finns ett bra mätsystem för utvärdering av funktion för HSB-FTX på LB03 samt en planerad komplettering av mätsystemet på LB01 finns utmärkta förutsättningar för fortsatt utvärdering på två HSB-FTX-anläggningar i ett till två år till om finansiering kan ordnas för utvärderingen.

Flera seminarier har genomförts om hur HSB-FTX fungerar och nu finns även mätdata, som verifierar funktionen. För att sprida resultatet från utvärdering av HSB-FTX planeras en Teknik&Utvecklings-artikel i tekniktidningen Energi&Miljö till augusti 2015.

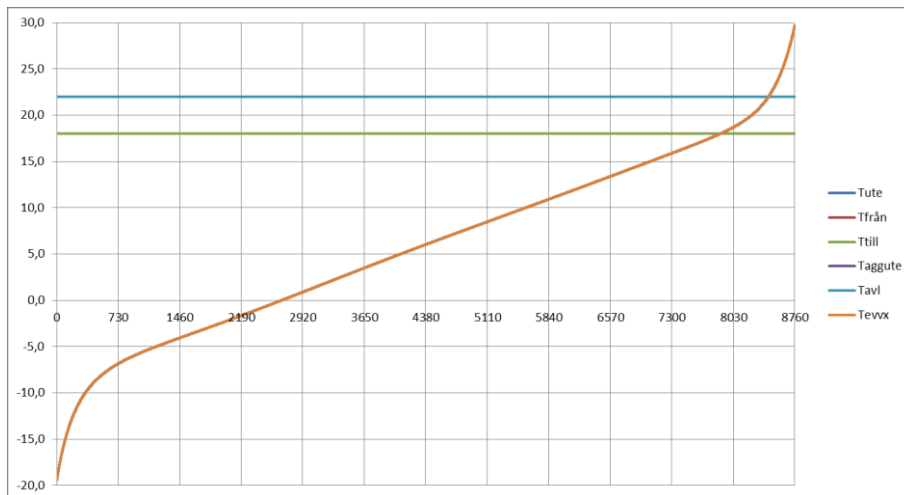
Bilagor

- Bilaga 1 Avfrostningens betydelse för energianvändningen
- Bilaga 2 Förvärmningens minskning av värmeenergi och effekt
- Bilaga 3 Bengt Bergqvist, Energianalys AB's rapporter

BILAGA 1 AVFROSTNINGENS BETYDELSE FÖR ENERGIANVÄNDNINGEN

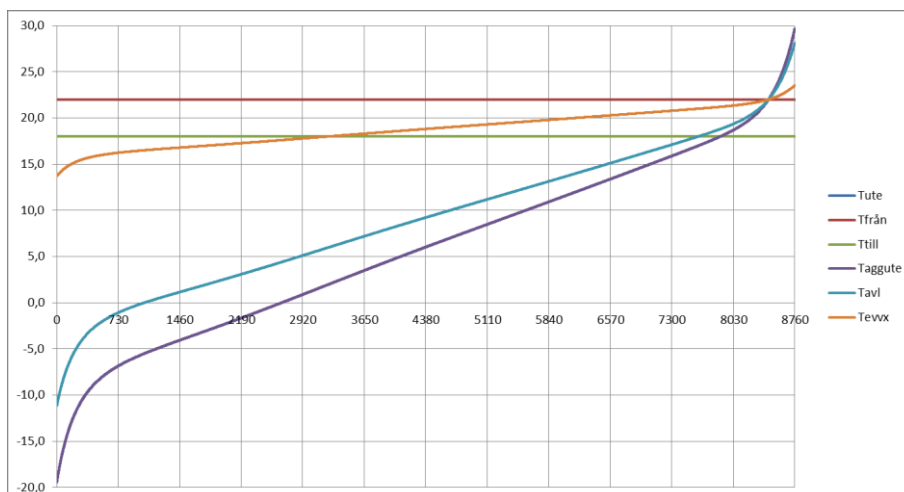
Tomas Hallens ekvation för utomhustemperaturens varaktighet med medeltemperaturen +6 °C har använts och frånluftstemperaturen är satt till +22 °C samt tilluftstemperaturen till + 18 °C. På samma sätt som i bilaga 2 är det räknat för golvyta (A_{temp}).

Utan värmeåtervinning åtgår det 46 kWh/kvm,år värmeenergi och max värmeeffekt är 15,8 W/kvm för att värma uteluften till +18 °C. Frånluftens, 22 °C, energiinnehåll relaterad till utomhusluften ger 60 kWh/kvm,år och 17,5 W/kvm.



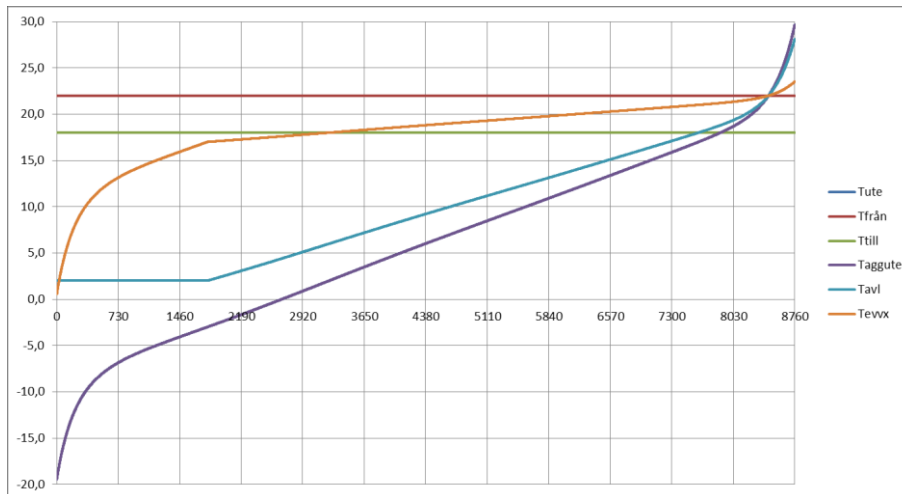
Figur 25 Temperaturer utan återvinning

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad inget avfrostningsbehov åtgår det 1,7 kWh/kvm,år värmeenergi och max värmeeffekt på 1,8 W/kvm.



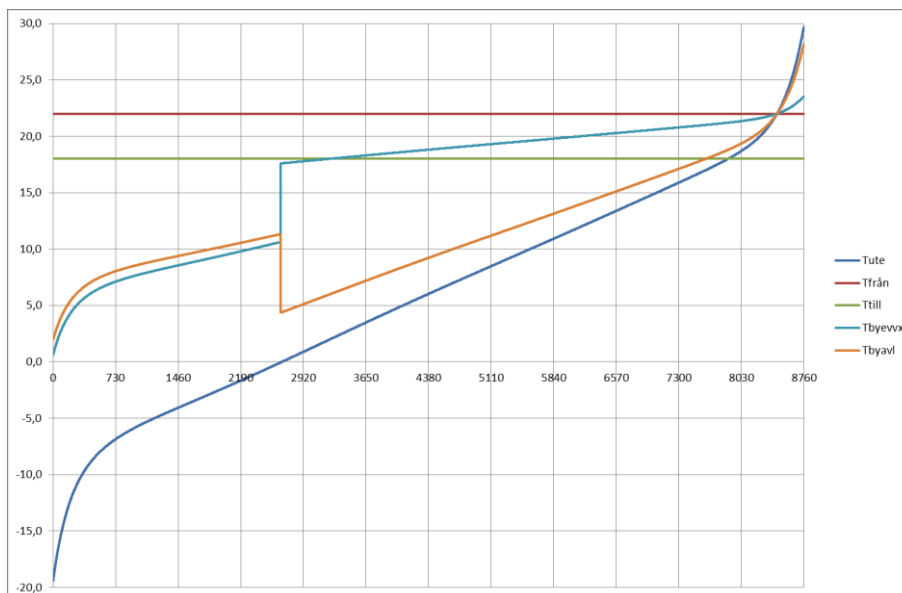
Figur 26 Temperaturer med 80 % torr temperaturverkningsgrad.

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad och man kan begränsa avluftstemperaturen till +2 °C pga. påfrysning åtgår det 4,2 kWh/kvm,år och max värmeeffekt på 7,4 W/kvm.



Figur 27 Temperaturer med 80 % torr temperaturverkningsgrad och min +2 °C avluftstemp.

Bypassavfrostning: Med 80 % torr temperaturverkningsgrad och man i stället för att styra temperaturverkningsgrad släpper förbi 45 % av frånluftsflödet i en bypass, då uteluften är under 0 °C. Åtgår det 11,4 kWh/kvm,år och max värmeeffekt på 7,4 W/kvm.



Figur 28 Temperaturer med 80 % torr temp.verkn.grad, 45 % bypass vid Tute < 0 °C.

När man ser resultatet av beräkningarna inser man att det är av stor vikt hur avfrostningsfunktionen fungerar. Det är mycket viktigt vilken typ av avfrostningsfunktion man har och hur den styrs.

I bilaga 2 ges exempel på vilken effekt förvärmning har på VÅV.

För att ge en bättre översikt har beräkningarna ovan sammanställts resultatet i tabell 2. Man inser att det finns pengar på energi och effekt att spara med en våv som fungerar utan att avfrostningen begränsar den.

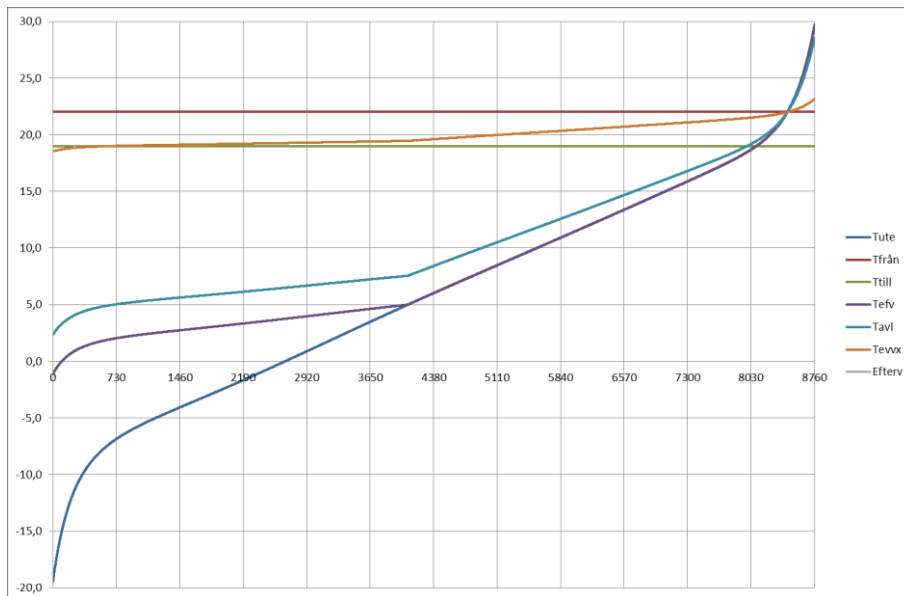
Tabell 2 Sammanställning av några teoretisk exempel på VÅV ur FTX, Tute-medel +6 °C.

Temp-verkn. grad	Min avluftstemp	By-pass	By-pass vid Tute	Min. Tavl	Värmeenergi	Värmeeffekt	Värmeenergi för 1,8 kbm/s	Värmeeffekt för 1,8 kbm/s
-	°C	%	°C	°C	kWh/m ² ,år	W/m ²	MWh/år	kW
0	-	-	-	22	46,1	15,8	200	70
80	-	-	-	-11,2	1,7	1,8	8	8
80	2	-	-	2	4,2	7,4	19	33
80	-	45	0	2	11,4	7,4	51	33

När FJV-taxan går mer mot effekttaxa är det viktigt att analysera hur funktionen är när utetemperaturen är runt -15 °C.

BILAGA 2 FÖRVÄRMNINGENS MINSKNING AV VÄRMEENERGI OCH EFFEKT

Med 80 % torr temperaturverkningsgrad, förvärmning med borrhålsvatten och man kan begränsa avluftstemperaturen till +2 °C åtgår det 0,2 kWh/kvm,år och max värmeeffekt på 0,7 W/kvm. Borrhålsvattnet måste kunna leverera upp till 6,7 W/kvm vid 5 °C förvärmningstemperatur och 8,5 kWh/ kvm,år.



Figur 29 Temperaturer med 80 % torr temp.verkn.grad, och förvärmning med borrhålsvatten. (Tefv är temperaturen efter förvärmningsbatteriet)

Har man förvärmning med borrhålsvatten, HSB-FTX, kan man använda motströmsväxlare med liten risk för påfrysning och man kan även under sommaren få viss kylning av tilluften. Så att man varma sommardagar kan tillföra sval tilluft till bostäderna utan att behöva köpa kyla.

BILAGA 3 BENGT BERGQVIST, ENERGIANALYS AB'S RAPPORTER

Bifogade är följande två rapporter från Bengt Bergqvist.

UTVÄRDERING AV HSB FTX 2015-04-02

LUFTFLÖDESMÄTNINGAR 2015-05-11

Delrapport: Utvärdering av värmeåtervinningssystem "HSB FTX" i ett flerbostadshus vid Finnboda Kajväg.

1. Bakgrund och syfte

Värmeåtervinningsaggregat för flerbostadshus har normalt plattvärmeväxlare av korsströms- eller motströmstyp även om roterande värmeväxlare också kan förekomma.

Fördelar med plattvärmeväxlare är att luktspridning från frånluft till tilluft undviks medan nackdelar är att de ofta kräver avfrostningsdrift med reducerad återvinningsgrad när det är kallt ute.

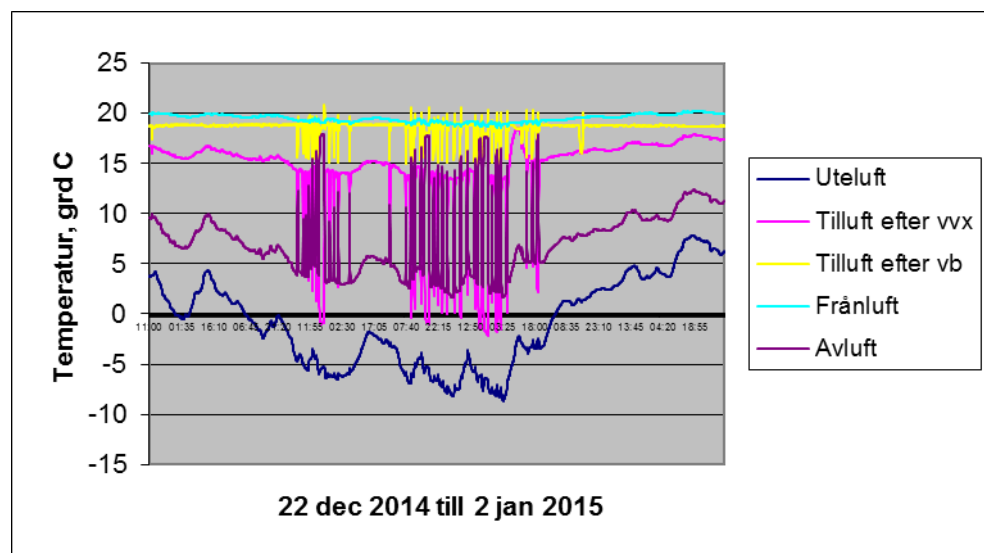


Bild 1.1. Temperaturloggning av aggregat luftbehandlingsaggregat med konventionell plattvärmeväxlare. Under avfrostningsperioder by-passas tilluften förbi värmeväxlaren så att isbildning på värmeväxlarens avluftssida minskas. Under denna tid sänks tilluftstemperaturen och ger då högre uppvärmningsbehov och dragproblem från kall inblåsningluft kan uppstå.



Bild 1.2. Exempel på plattvärmeväxlare med bristande avfrostningsfunktion. Här minskar frånluftsflödet på grund av att isbildning sätter igen värmeväxlaren.

Genom att i stället använda bergvärme kan uteluften vintertid förvärmas så mycket att avfrostningsproblemen teoretiskt undviks. Då behöver inte värmeåtervinnaren avfrostas vilket gör att eftervärmning kan undvikas vilket i sin tur minskar erforderlig värmeeffekt vid låga utetemperaturer. Syftet med detta projekt är att via fältmätningar undersöka hur ett system med förvärmning via bergvärme fungerar i praktiken.

2. Beskrivning av system HSB-FTX



Bild 2.1. Aggregat LB03. I förgrunden syns cirkulationspump KB1-CP11 som hämtar värme från borrhål i berg vilket avges i ett förvärmningsbatteri placerat i utluftskanal före plattvärmväxlare

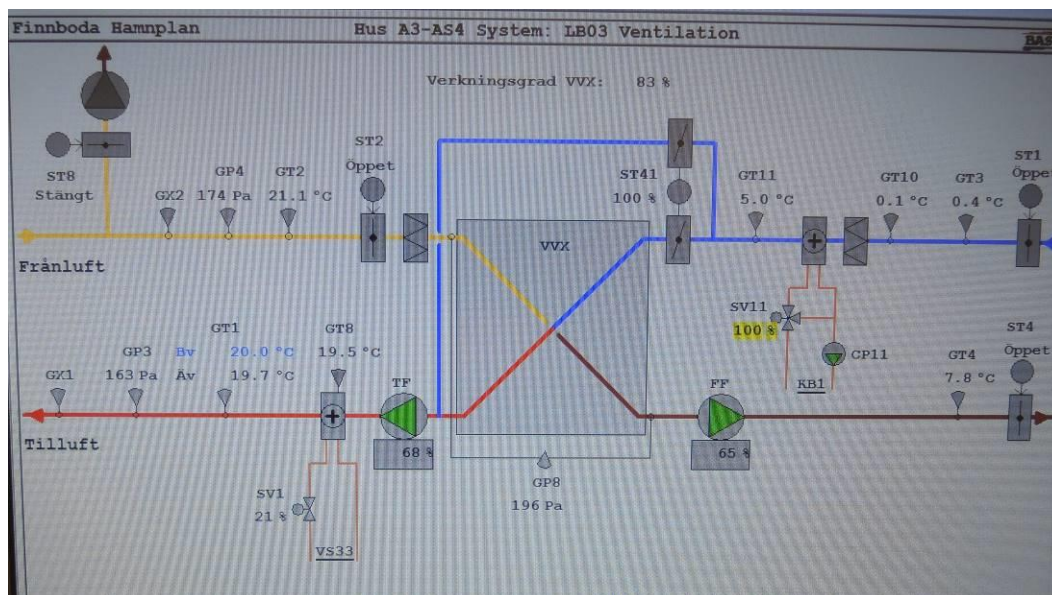


Bild 2.2. Flödesbild av luftbehandlingsaggregat LB03.

3. Genomförande och omfattning

Detta arbete har omfattat funktionskontroller och mätningar under perioden 22 januari till 12 mars 2015. Mätningarna har omfattat korttidsmätningar och långtidsmätningar (loggningar).

Loggning av temperaturer på tilluft före och efter förvärmningsbatteri samt efter värmeåtervinnare

Loggning av temperaturer på köldbärare till och från borrhål

Loggning av tryck i kanaler för bedömning av eventuellt ispåslag och behov av avfrostning

Totalflödesmätning av till- och frånluftsflöde med spårgas samt mätning av eventuell överläckning i aggregat och ventilationssystem för kontroll av täthet mellan tilluft/frånluft samt uteluft/avluft.

4. Kortidsmätningar

4.1. Luftflödesmätningar med dosering av spårgas.

Dosering av spårgas i frånluftskanal

Vid dosering av koldioxid, 30 liter/minut (=0,5 l/s) i frånluften ökade halten i avluften från 530 ppm till 829 ppm. Härur kan frånluftsflödet beräknas till: $0,5 \cdot 1000000 / (829 - 530) = 1670$ l/s.

Ingen ökning av koldioxidhalt i tilluften kunde noteras vilket indikerar att ingen frånluft läcker över till tilluftsidan i aggregatet.

Dosering av spårgas i uteluftskanal

Vid dosering av koldioxid, 30 liter/minut (=0,5 l/s) i uteluftskanalen ökade halten i tilluften från 437 ppm till 683 ppm. Härur kan tilluftsflödet beräknas till: $0,5 \cdot 1000000 / (683 - 437) = 2030$ l/s.

Ingen ökning av koldioxidhalt i avluften kunde noteras vilket indikerar att ingen uteluft läcker över till avluftsidan i aggregatet.

Luftflöden

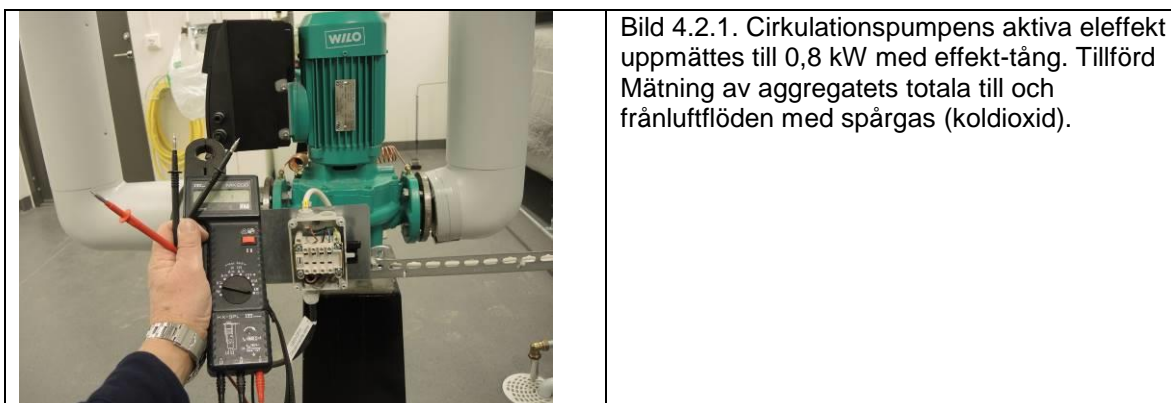
Tilluft/Frånluft: 2030/1670 l/s, dvs luftflödesförhållande 1,22. Tilluftflödet är alltså 22% större än frånluftflödet vilket gör att plattvärmväxlarens känsligare för isbildning på frånluftssida. (Lämpligen kan tilluftsflödet minskas till 1670 l/s om detta är möjligt.)



Bild 4.1.1. Mätning av aggregatets totala till och frånluftflöden med spårgas (koldioxid).

4.2 Mätning av aktiv eleffekt till cirkulationspump KB1-CP11.

Tillförd aktiv eleffekt till cirkulationspump KB1-CP11 uppmättes till 0,8 kW med effekt-tång av 3-fastyp.



Eftersom cirkulationspumpen inte går kontinuerligt utan endast när utetemperaturen understiger ca 0°C vilket inträffar ca 900 timmar/år bör därför pumpens årliga drivel uppgå till ca $0,8 \cdot 900 = 700$ kWh/år.

```

Om utetemperaturen understiger i DUC inställt gränsvärde
för förvärmningsbatteri startar cirkulationspump KB1-
CP11 och styrventil SV11 öppnar. Då förvärms luften med
förvärmningsbatteriet innan värmeväxlaren med brine från
borrhål. Om temperaturen överstiger i DUC inställt
gränsvärde för kylning startar även då pump KB1-CP11 och
styrventil SV11 öppnar för att med samma brine kyla
luften i förvärmningsbatteriet. Funktionen blockeras om
inte LB03 är i drift.

-----

Avfrostning:
Avfrostning styrs av aggregatets interna styr. När
tryckfallet överstiger normalkurvan för aktuellt flöde
och frostrisk föreligger frostas halva värmeväxlaren av
  
```

Bild 4.2.2. Utdrag ur funktionsbeskrivning för drift av cirkulationspump KB1-CP11.

4.3 Mätning av kanaltryck.

	Uppmätt statistiskt tryck Pa
Uteluftskanal	-15
Tilluftskanal	+180
Frånluftskanal	-170
Avluftskanal	+65

5. Loggningar (Långtidsmätningar)

5.1 Loggning under perioden 22 januari till 12 mars 2015.

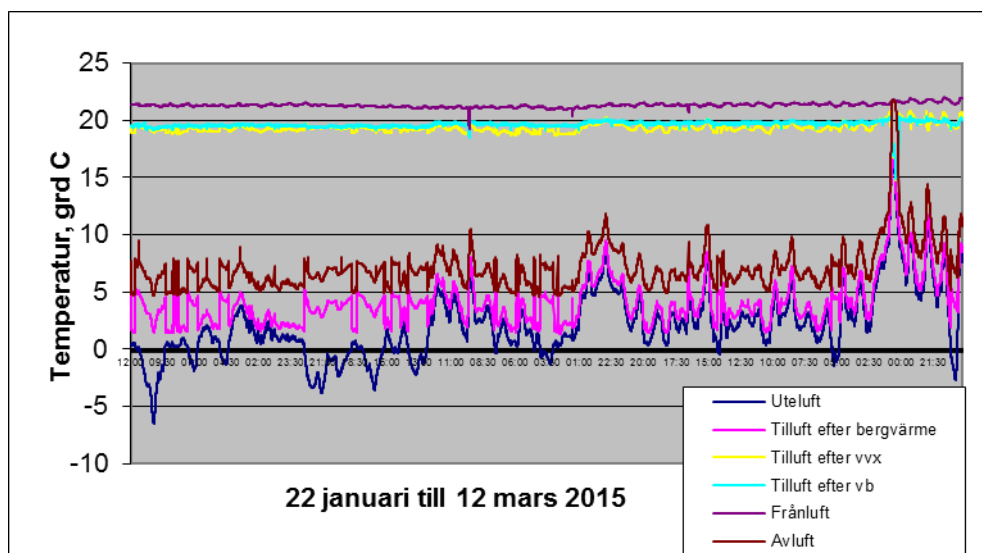


Bild 5.1.1. Loggning av temperaturer i luftbehandlingsaggregat LB03 under perioden 22 januari till 12 mars 2015. Tilluftstemperaturen efter förvärmningsbatteriet men före värmeväxlaren ligger hela tiden över +2°C. Därför finns ingen risk för isbildning på plattvärmväxlarens frånluftssida.

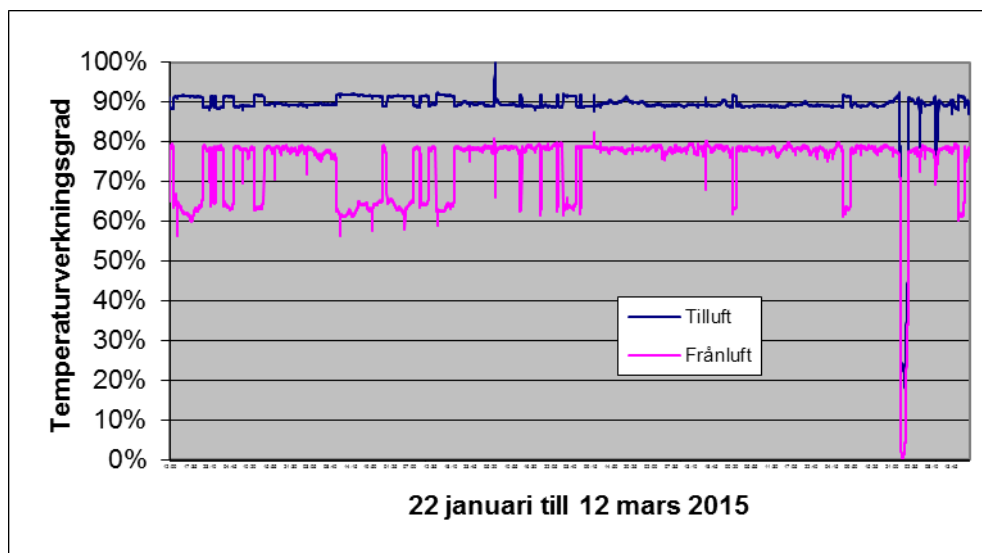


Bild 5.1.2. Uppmätt skenbar temperaturverkningsgrad inkluderande den förvärmning som bergvärmebatteriet ger samt fläktvärme. Tilluftens skenbara temperaturverkningsgrad ligger vid ca 90% vid luftflödesförhållandet tilluft/frånluft= $2,03/1,67=1,22$. Frånluftens temperaturverkningsgrad sjunker under de tider som cirkulationspump KB1-CP11 är i drift, dvs när det existerar ett vätskeflöde till och från borrhålet. Att verkningsgraden har en tillfällig svacka i slutet av loggningsperioden beror sannolikt på hög utetemperatur så att bypass-spjäll öppnar över värmväxlarens tilluftssida.

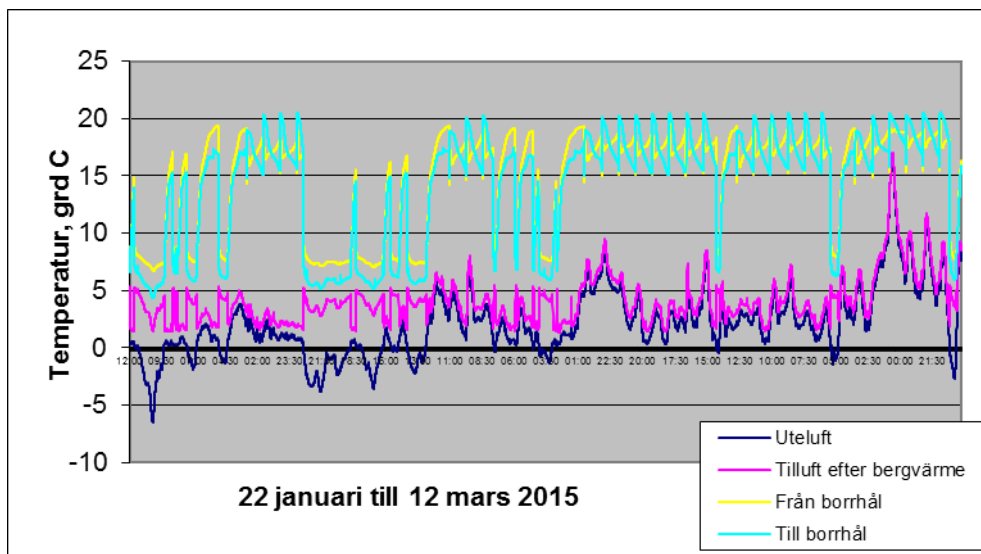


Bild 5.1.3. Loggning av temperaturer på köldbärare till och från borrhål samt uteluft och tilluft efter bergvärme. Cirkulationspump KB1-CP11 går intermittent – vid stillståndperioder stiger därför temperaturen på köldbäraren till och från borrhål.

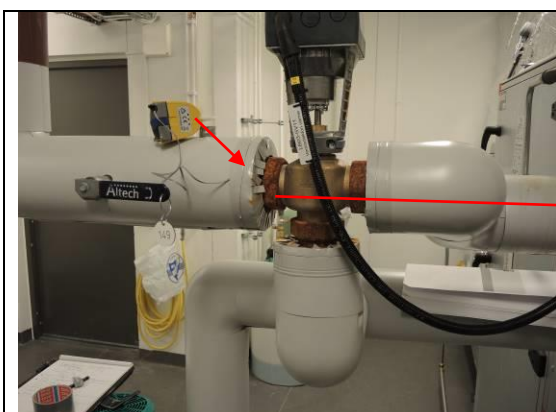


Bild 5.1.4. Loggning av yttemperatur på köldbärarör till förvärmningsbatteri från borrhål med temperaturlogger typ Tinytag.

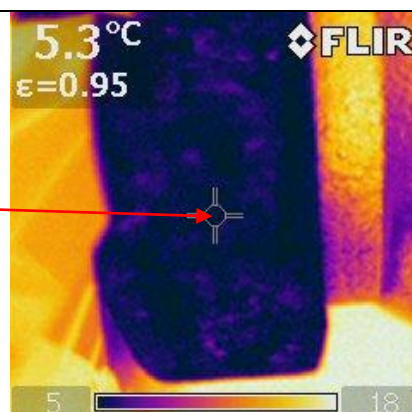


Bild 5.1.5. Momentanmätning av yttemperatur på köldbärarör från borrhål.

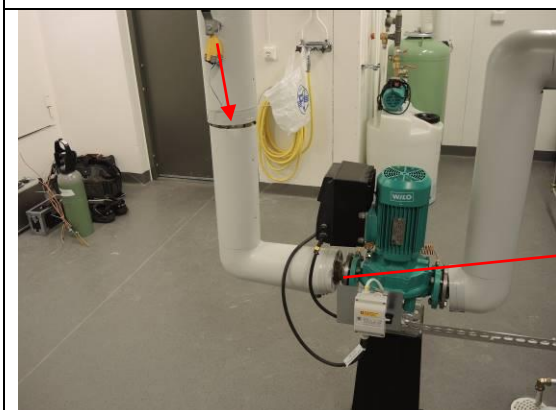


Bild 5.1.6. Loggning av yttemperatur på köldbärarör till borrhål för cirkulationspump KB1-CP11 med temperaturlogger typ Tinytag.

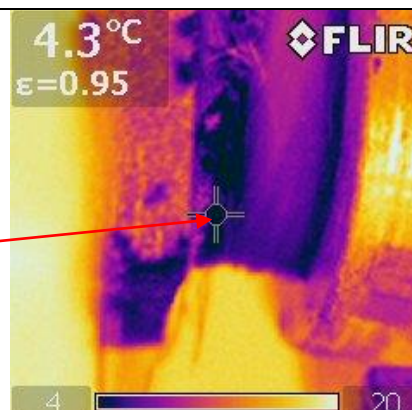


Bild 5.1.7. Momentanmätning av yttemperatur på köldbärarör till borrhål.

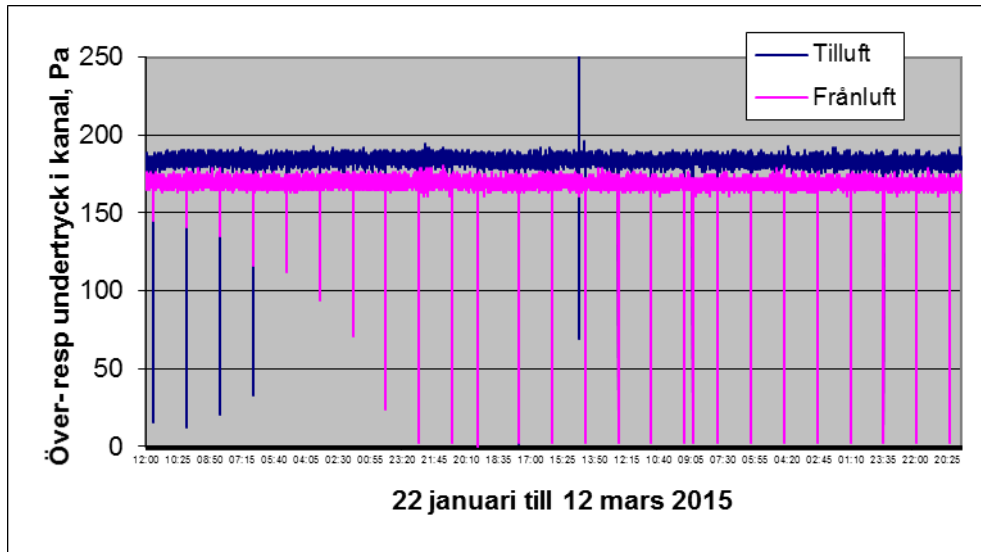


Bild 5.1.8. Uppmätta värden på övertryck i tilluftskanal efter aggregat, ca +180 Pa, respektive undertryck i frånluftskanal, ca -170 Pa, före aggregat. Ett kort stopp inträffar vart 4:e dygn klockan 23:10 sannolikt på grund av att fläktarna då stoppar för motionering av brandspjäll.



Bild 5.1.9. Loggning av statiskt övertryck i tilluftskanal efter aggregat samt statiskt undertryck i frånluftskanal före aggregat medv trycklogger typ Tinytag.

5.2 Loggning under ett "kallt dygn", måndag 12 januari 2015.

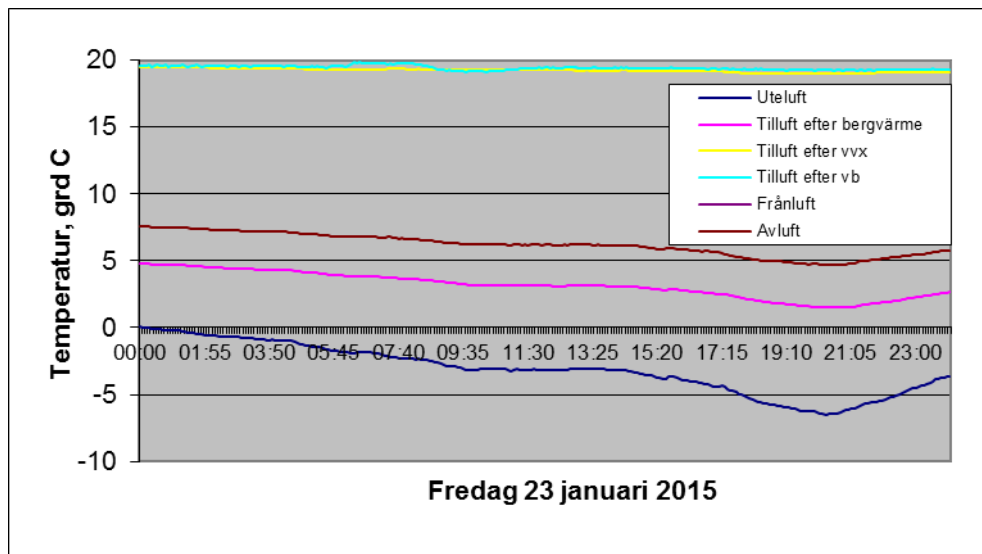


Bild 5.2.1. Loggning av temperaturer i luftbehandlingsaggregat LB03 under periodens kallaste dygn, 23 januari 2015. Tilluftstemperaturen efter förvärmningsbatteriet men före värmeväxlaren ligger hela tiden över ca +2°C. Därför finns ingen risk för isbildning på plattvärmeväxlarens frånluftssida.

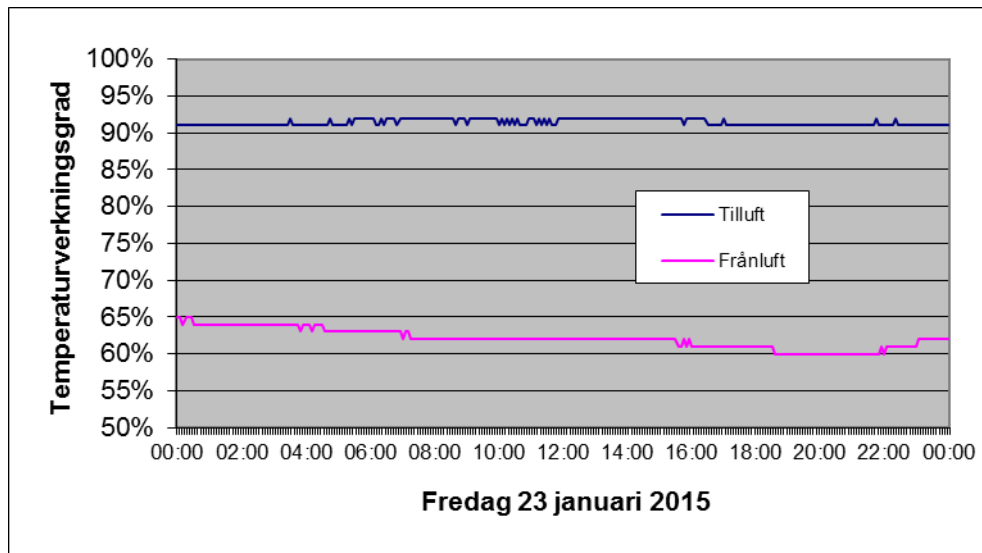


Bild 5.2.2. Uppmätt skenbar temperaturverkningsgrad inklusive den förvärmning som bergvärmebatteriet ger samt inklusive fläktvärme. Tilluftens skenbara temperaturverkningsgrad ligger hela tiden över ca 90% vid luftflödesförhållandet tilluft/frånluft=2,03/1,67=1,22.

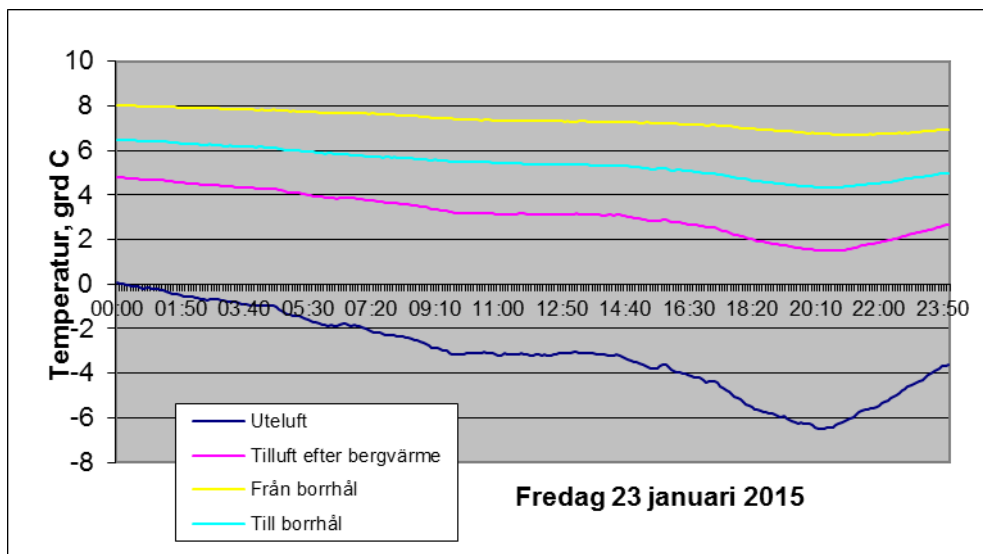


Bild 5.2.3. Loggning av temperaturer på köldbärare till och från borrhål samt uteluft och tilluft efter bergvärme. Cirkulationspump LB03-CP11 går intermittent – vid stillståndsp perioder stiger därför temperaturen på köldbäraren till och från borrhål.

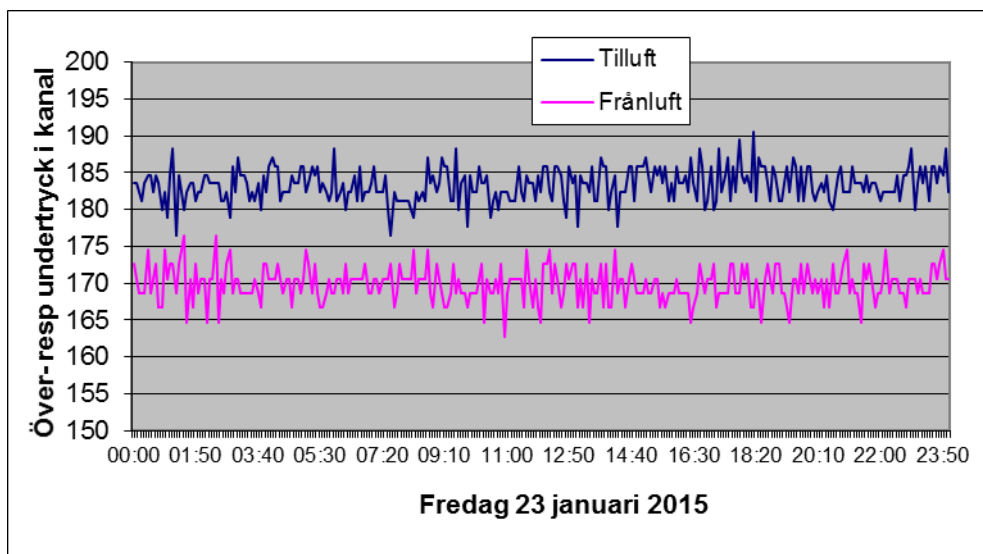


Bild 5.2.4. Uppmätta värden på övertryck i tilluftskanal efter aggregat respektive undertryck i frånluftskanal före aggregat. Statiska trycket ligger mellan +180 till +190 Pa i tilluftskanalen och vid -170 Pa i frånluftskanalen.

6. Slutsatser och kommentarer

Resultaten från genomförda temperaturloggningar visar att inkommande uteluft till plattvärmväxlaren under hela mätperioden har legat över ca +2°C. Det förvärmningsbatteri som förvärmer tilluften med bergvärme från borrhålet höjer alltså inkommande uteluft från utetemperatur tillräckligt mycket för att avfrostning av plattvärmväxlaren aldrig ska behöva inträffa.

Under den aktuella mätperioden har dock utetemperaturen varit ovanligt hög och varaktighetsperioder med utetemperaturer under 0°C har varit korta.

Å andra sidan har mätningarna utförts vid luftflödesförhållande tilluft/frånluft=1,22. Tilluftsflödet har alltså varit 22% större än frånluftflödet vilket gör plattvärmväxlaren känsligare för påfrostning.

Därför rekommenderas att förnyade loggningar utförs även under nästa vinter då mer extrema vinterutetemperaturer kanske uppträder.



Bild 6.1. Eftervärmsbatteri med shuntgrupp och rör från fjärrvärmeundercentral kan eventuellt helt undvikas med system HSB-FTX.

Nu under sommaren 2015 kommer temperaturloggningarna att fortsätta för bedömning av återladdning av borrhål samt kyleffekter. Slutrapport från detta projekt levereras senast 1 oktober 2015.

Lidingö 2015-04-02
Bengt Bergqvist Energianalys AB

Bengt Bergqvist

Bengt Bergqvist Energianalys AB
Golfvägen 7
181 29 Lidingö
Webb: www.energianalysab.se
Bolagets säte: Lidingö

Mobil: 070-654 55 58
E-post: bengt@energianalysab.se
Org.nr: 556794-5521

Noteringar från besök med luftflödesmätningar i LB03, Finnboda Kajväg.

Medverkade gjorde Nicklas Brömster, Patrik Johansson och ytterligare en person från IV Produkt samt Per Kempe, Projektengagemang (del av tid) och Bengt Bergqvist, Energianalys AB.

Vid besöket genomförde IV Produkt en del åtgärder bland annat:

- Utbyte av inloppsdyror med tryckuttag till till- och frånluftsfläktar i aggregat LB03 och LB01. Nya inloppsdyror har fyra mätuttag/dysa jämfört med ett mätuttag/dysa i de gamla.
- Kontroll och utbyte av temperaturgivare.
- Flyttning av en tryckgivare.
- Kontroll och injustering av luftflöden

Luftflödesmätning med spårgas

Luftflödesmätningar utförda av Energianalys AB i vid detta besök (11 maj -15) resulterade i att för aggregat LB03 uppmättes totalt tilluftsflöde till 1850 l/s och totalt frånluftflöde till 1720 l/s.

Dosering av spårgas i frånluftskanal

Vid dosering av koldioxid, 30 liter/minut (=0,50 l/s) i frånluften ökade halten i avluften från 498 ppm till 789 ppm. Härur kan frånluftsfödet beräknas till: $0,50 \cdot 1000000 / (789 - 498) = 1720$ l/s.

Dosering av spårgas i uteluftskanal

Vid dosering av koldioxid, 30 liter/minut (=0,5 l/s) i uteluftskanalen ökade halten i tilluften från 435 ppm till 705 ppm. Härur kan tilluftsflödet beräknas till: $0,5 \cdot 1000000 / (1850) = 1850$ l/s.

Luftflöden

Tilluft/Frånluft: 1850/1720 l/s, dvs luftflödesförhållande 1,08.

Dock bör observeras att sannolikt mätfel uppgår till ca 5%.

Skillnaderna mellan visade luftflöden i aggregatdisplay och resultat från spårgasmätning visar mindre avvikelser. Dessa ligger inom marginal för mätfel.

Vid tidigare spårgasmätningar, 22 januari 2015, genomförda av Bengt Bergqvist Energianalys AB uppmättes dock tilluftflödet till 2000 l/s och frånluftflöde 1700 l/s.

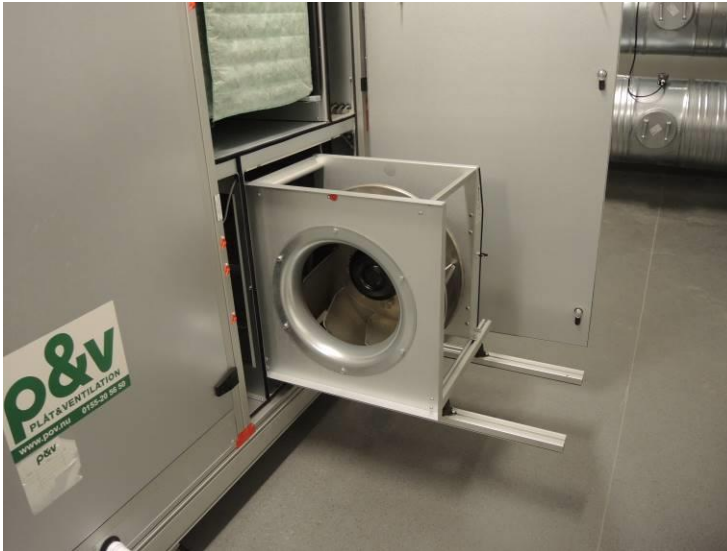
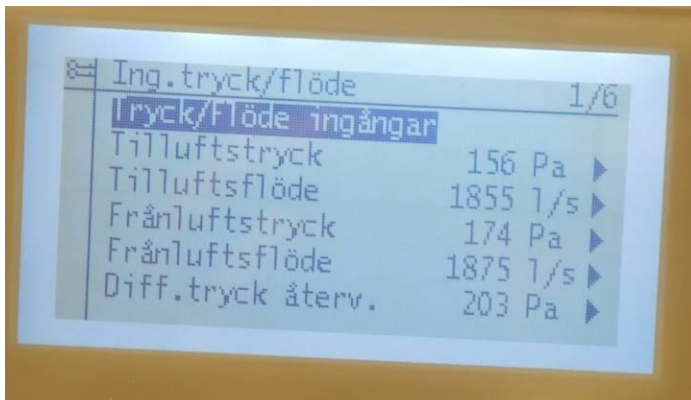


Bild 1. Tilluftsfläkt med inloppsdysa med utbytt inloppsdysa.



Ing. tryck/flöde		1/6
Tryck/Flöde ingångar		
Tilluftstryck	156 Pa	▶
Tilluftsflöde	1855 l/s	▶
Frånluftstryck	174 Pa	▶
Frånluftsflöde	1875 l/s	▶
Diff. tryck återv.	203 Pa	▶

Bild 2. På display till aggregat LB03 avlästes tilluftsflödet till 1855 l/s och frånluftsflödet till 1875 l/s efter utbytta inloppsdysor

Lidingö 2015-05-11
Bengt Bergqvist Energianalys AB

Bengt Bergqvist

Bengt Bergqvist Energianalys AB
Golfvägen 7
181 29 Lidingö
Webb: www.energianalysab.se
Bolagets säte: Lidingö

Mobil: 070-654 55 58
E-post: bengt@energianalysab.se
Org.nr: 556794-5521