

Förstudie utvärderingsprojekt Clean-Air

Förenklad värmeåtervinning i frånluft- och självdragssystem
Version: 2

Alla BeBo-rapporter finns att hitta på www.bebostad.se

2016:13; 0000001858

Jens Penttilä

Göran Werner

WSP

2018-01-29

BeBo

Innehåll

Förord 1
Sammanfattning 2
Bakgrund 3
Mål och Syfte 3
Avgränsning 4
Genomförande 4
Beskrivning av Clean-Air 24 FTX 5
Utvärderingsbyggnader 6
Heleneborgsgatan, Stockholm 6
Västerhaninge 8
Mätning och beräkning 9
Resultat och analys 12
Installation och utförande 12
Värmeåtervinning och energibesparing 14
Heleneborgsgatan 14
Västerhaninge 21
Inneklimat och komfort 27
Ekonomi och lönsamhetsberäkning 28
Slutsatser och rekommendationer 28

Förord

BeBo (Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus) har funnits sedan 1989 och är ett nätverk av fastighetsägare och med Energimyndigheten som huvudfinansiär.

BeBos aktiviteter ska genom en samlad beställarkompetens leda till att energieffektiva system och produkter tidigare kommer ut på marknad. Utvecklingsprojekten ska visa på goda exempel med effektiv energianvändning samtidigt som funktion och komfort inte försämras utan snarare förbättras.

Sammanfattning

Denna förstudie innefattar utvärdering av Skorstensbolagets ventilationslösning Clean-Air. Lösningen bygger på att rörformiga värmeväxlare installeras i befintliga frånluftskanaler. Dessa tjänar flera syften, dels värmeöverföring från den varma frånluften till den kalla inkommande tilluften, det vi till vardags kallar värmeåtervinning. Den kalla tilluftens förvärmning ger komfort och energibesparing. En annan funktion är att systemet distribuerar tilluft från taknivå till lägenheterna utan att nya skrymmande schakt och byggnationer erfordras vilket besparar kostnader och störning för de boende. Luften är renare när den tas in ovan taknock jämfört fönsterventiler mot gatan.

Utvärdering har skett på två utvärderingsbyggnader som tidigare haft självdragssystem. Ett äldre sekelskifteshus med murade kanaler och ett nyare sjuttiotalshus med betongblockkanaler.

Utvärdering har skett avseende installation och utförande, värmeåtervinning, energibesparing, inneklimat och komfort.

Mätutrustning har installerats i några lägenheter på olika våningsplan i ett trapphus. Förvärmning och värmeåtervinning beräknas genom att mäta uteluftens energiinnehåll och den förvärmda tilluftens energiinnehåll. Referensfallet, ”Traditionellt frånluftsystem”, tillför uteluft via fönsterventiler utan förvärmning.

Mätresultat och beräkningar presenteras i grafer som visar tilluftens förvärmning som funktion av utetemperatur, tilluftens uppvärmningseffekt som funktion av utetemperatur samt energibesparing per månad under mätperioden.

Resultat visar på en värmebesparing runt 40 kWh/m²,år respektive 30 kWh/m²,år för utvärderingsbyggnaderna. Resultatet bygger delvis på interpolerade data då mätningar för januari och februari pågår. Sett till byggnadernas energiprestanda motsvarar detta en energibesparing för uppvärmning på ca 30% jämfört referensfallet med samma ventilationsflöden.

Det upplevda inneklimatet och komforten har erhållit betydande förbättringar jämfört med utgångsläget som var dåligt med bl.a. fukt och luktproblem.

Fastighetsägarna av båda utvärderingsbyggnaderna är mycket nöjda med utfallet och har valt att gå vidare med att installera Clean-Air i samtliga lägenheter.

Bakgrund

Många av fastighetsägarna inom BeBo och Halvera Mera har svårt att räkna hem lönsamhet i installation av FTX-system, särskilt i hus med självdragsventilation då det är utrymmeskrävande och kostsamt att installera nya tilluftskanaler och aggregat. Som ett alternativ till ett vanligt FTX-system har Skorstensbolaget AB har utvecklat ett system som bygger på att värmeväxlare förläggs inuti befintliga frånluftkanaler och skapar på så sätt möjlighet till värmeåtervinning mellan till- och frånluft. Tilluft som tidigare tillfördes genom springventiler eller på liknande sätt genom fasaden, tillförs istället via intag uppe på taket. På vägen till det aktuella utrymmet blir tilluften förvärmd av frånluften. Systemet går under namnet Clean-Air 24 FTX och har sedan 2013 installerats i sekelskiftesfastigheter och lamellhus i Stockholm.

Inför denna förstudie under våren 2016 har en inledande enklare mätning utförts på en installation på Torsgatan 62. Temperaturmätare som loggade mätvärden varje halvtimme, under en tvåveckorsperiod, monterades i tilluftkanalen. Mätarna var placerade med fem meters mellanrum på ett måttband som sänktes ned i tilluftkanalen. Resultatet av mätningen visar hur kall tilluft utifrån värms upp, av frånluften, på sin väg genom tilluftkanalen till lägenhetens tilluftdon.

Resultat från mätningarna presenterades på BeBo's medlemsmötet i maj och skapade stort intresse. Ett reportage om tekniken för Clean-Air publicerades i en artikel i tidningen Energi & Miljö nr. 9 2016. Under våren anordnades ett studiebesök för BeBo-medlemmar till ett lamellhus på Grafikvägen vid Gullmarsplan i Stockholm där Skorstensbolaget installerat Clean-Air tekniken.

Det stora allmänna intresset och från BeBo's medlemmar ligger som grund för denna förstudie som innefattar utvärdering av två byggnader som fått Clean-Air installerat. Utvärderingsbyggnaderna består av lägenheter i två befintliga flerbostadshus som tidigare haft självdragssystem. Ett äldre sekelskifteshus med murade kanaler och ett nyare sjuttiotalshus med betongblockkanaler.

Mål och Syfte

Syftet med förstudien är att utvärdera, analysera och dokumentera installation av Clean-Air i två utvärderingsbyggnader. Utvärdering innefattar; installation och utförande, värmeåtervinning, energibesparing, inneklimat och komfort.

Avgränsning

Studien avser att utreda och jämföra ventilationslösning Clean-Air och motsvarande ventilationslösning med tilluft i springventiler och mekanisk frånluft, traditionellt frånluftssystem. Båda systemen har samma flöden av till- och frånluft. Skillnaden är att tilluften i Clean-Air tillförs uppe vid skorstenen och blir förvärmd på sin väg ner till lägenheten. Förutsättningar som är lika för de två fallen behandlas i mindre utsträckning. Detta kan t.ex. vara;

- Eventuell energilagring, fukttransport eller värmeöverföring från omgivningen till frånluftkanalen.
- Eventuell läckluft som tillförs frånluftkanaler.

Energibesparing och värmeåtervinning beräknas genom att mäta uteluftens energiinnehåll (temperatur och relativ fukthalt) och den förvärmda tilluftens energiinnehåll. Referensfallet, ”Traditionellt frånluftsystem”, tillför uteluft via springventiler utan förvärmning.

Uppgifter om förändring av inneklimat och komfort bygger på samtal och intervjuer av de boende samt berörda personer i projektet.

Genomförande

Clean-Air ventilationslösning studeras och dokumenteras med avseende på installation och utförande, värmeåtervinning, energibesparing, inneklimat och komfort. Detta görs genom pilotinstallationer av Clean-Air i två olika byggnader. Installationerna förses med mätutrustning för att undersöka förvärmning av tilluft, värmeeffekt och energibesparing för uppvärmning. Installation och utförande dokumenteras med bilder. Förändring av upplevt inneklimat och komfort dokumenteras med intervjuer och samtal med boende och berörda i projektet.

Förvärmning och värmeåtervinning beräknas genom att mäta uteluftens energiinnehåll (temperatur och relativ fukthalt) och den förvärmda tilluftens energiinnehåll (temperatur och relativ fukthalt) åtta gånger per dygn. Referensfallet, ”Traditionellt frånluftsystem”, tillför uteluft via springventiler utan förvärmning.

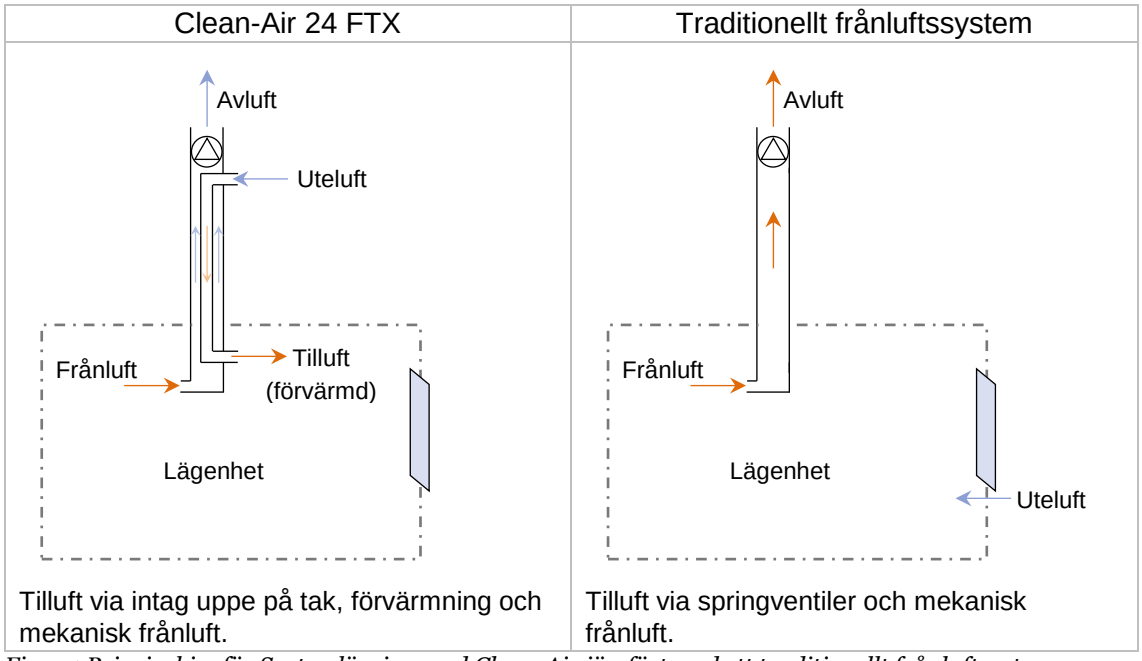
Mätresultat och beräkningar presenteras i grafer som visar tilluftens förvärmning som funktion av utetemperatur, tilluftens uppvärmningseffekt som funktion av utetemperatur samt energibesparing per månad under mätperioden.

Beskrivning av Clean-Air 24 FTX

Det utmärkande med Clean-Air är installation i befintliga kanalsystem, Figur 1. Systemet kräver inte någon yta för ventilationsaggregat som ofta tas i anspråk på vinden med ett traditionellt till- och frånluftsystem (FTX-system) med värmeåtervinning via roterande värmeväxlare eller plattvärmeväxlare. Systemlösningen är enkel med få rörliga delar och minsta möjliga styrutrustning. Lösningen kan liknas vid ett traditionellt mekaniskt frånluftsystem kompletterat med värmeåtervinning och att tilluften tas in uppe på taket och inte via springventiler i ytterväggen till respektive lägenhet. Intag via taket ger renare luft istället för intag av luft närmare gatan som kan innehålla partiklar från t.ex. avgaser, dubbdäck och fordonsbromsar.

En ökad komfort erhålls genom ett minskat kallras och ljud från springventiler i lägenheterna. Köksfläktar direktkopplas på kökskanalerna för evakuering av matos. En grundflödesventil gör forcering möjlig genom att stänga grundflödet när köksfläkten startas. När köksfläktar är i gång varvar den tryckstyrda frånluftfläkten på taket upp för att sedan återgå till grundventilationsflöde.

Clean-Air innebär installation av värmeväxlare som återvinner värmen i frånluften och återför den som förvärmd ren tilluft till bostaden. Värmeväxling sker inne i befintligt kanalsystem vilket gör att inget ytterligare utrymme eller yta behöver användas. Systemet är enkelt, robust och driftsäkert eftersom som det har få sensorer (endast tryckstyrning för frånluftfläkt) som behöver service eller kan gå sönder. I de fall Clean-Air monteras med volymkåpa erfordras ej tryckstyrd frånluftfläkt.



Figur 1 Principskiss för Systemlösning med Clean-Air jämfört med ett traditionellt frånluftsystem.

Vid kall utetemperatur vintertid höjs temperaturen på tilluften ca 20 °C. Vid tex. utetemperatur -8 °C värms tilluften för en genomsnittslägenhet till ca +17 °C. Den förvärmda tilluften bidrar till ökad komfort och minskar uppvärmningsbehovet jämfört med att ta in kall uteluft via springventiler i fasaden.

Clean-Air utnyttjar trögheten i murstock och stomme i fastigheten till att utjämna temperaturen i lägenheterna i byggnaden. Sommartid när det är varmare ute än inne har mätningar visat en viss kylande effekt av tilluften.

Under projektets gång har inblandade personers och boendes uppfattning och upplevelse dokumenterats främst med intervjuer och i samtal. Detta har skett från begynnande installation samt vid riggande av mätutrustning och vid kontroll av drift under mätperioden.

Utvärderingsbyggnader

Två befintliga byggnader med olika förutsättningar men som båda haft självdragssystem har fått Clean-Air installerat för utvärdering. Byggnaderna är ett äldre sekelskifteshus med murade kanaler på Heleneborgsgatan i Stockholm och ett nyare sjuttiotalshus med betongblockkanaler i Västerhaninge. I respektive byggnad har lägenheter i samma trapphus och på olika våningar ingått i utredningen. Båda byggnaderna värms med fjärrvärme.

Heleneborgsgatan, Stockholm

Bostadsrättsföreningen Hyveln 129 bildades 1982. Föreningen äger fastigheten Hyveln 29 på Södermalm i Stockholm. Byggnaden är ett flerbostadshus med två trappuppgångar.

Adress	Heleneborgsgatan 10
Byggår	1925
Antal våningar	7 (ovan mark)
Antal trapphus	2
1 rok	8
2 rok	23
4 rok	9
5 rok	9
6 rok	1
Totalt lgh	50
BOA	4 295 m^2
Övrigt	Förråd, tvättstuga mm. ca 644 m^2
Energiprestanda	165 kWh/m^2,år …varav el 12 kWh/m^2,år





Byggnaden på Heleneborgsgatan har tidigare haft problem med mycket låg och i vissa fall obefintlig ventilation eller bakdrag i lägenheter. Bristande brandskydd har förekommit då flera lägenheter direktansluter på gemensamma frånluftkanaler. Bland annat har stam 1 och 2 i b-porten haft 7st anslutningar på samma halvstenskanal trotts att det funnits andra lediga kanaler i skorstenen. Byggnaden har inte haft godkänd OVK.

Pilotinstallation av Clean-Air har skett på tre lägenheter (1 rok) med vardera två frånluftkanaler, kök och badrum. Lägenheterna ligger fördelade på tre nivåer i samma trapphus, bottenvåning, mittenvåning, övervåning. Mätning har skett på frånluftkanaler från kök. Lägenheternas ventilationsflöden och kanallängder redovisas i Tabell 1.

Tabell 1 Lägenheternas ventilationsflöden och kanallängder.

	Tilluft (l/s)	Frånluft (l/s)	Kanallängd + utökad kanallängd* (m)
Vån 6 lgh 1601 kök	10	10	6 + 7
Vån 3 lgh 1301 kök	10	10	16
Vån 1 lgh 1101 kök	10	10	22 *

För lägenheten överst som har kort kanallängd för värmeväxling har värmeväxlare förlängts för att erhålla mer förvärmning. Det ska tilläggas att denna lösning i nuläget har ersatts med Skorstensbolagets vidareutveckling Eco-Heat som ersätter förlängd tilluftkanal.

Västerhaninge

Haninge Bostäder AB är Haninges kommunala bostadsföretag. Bolaget har sitt ursprung Österhaningebostäder som grundades 1948. Haninge Bostäders mål är att bygga och erbjuda trivsamma lägenheter i trevliga boendemiljöer. Byggnaderna i Västerhaninge uppfördes i mitten av 60-talet och består av lamellhus med 3 våningar utan hiss.

Byggår	1968
Antal våningar	3 (ovan mark)
Antal trapphus	17
Totalt lgh	110
BOA	8 345 m^2
Övrigt	Förråd ca 812 m^2
Energiprestanda	112 kWh/m^2,år …varav el 7 kWh/m^2,år

Byggnaderna har tidigare haft självdragssystem med separata betongblockkanaler för kök och badrum. Lägenheter har haft fukt och luktproblem samt problem med getingar och humlor i kanalerna. Ventilationsflöden har varit låga och i vissa fall obetydliga.

Pilotinstallation av Clean-Air har skett på samtliga sex lägenheter (4 rok) i samma trapphus. Vardera lägenhet har två frånluftkanaler, kök och badrum. Lägenheterna ligger fördelade på tre nivåer i samma trapphus, bottenvåning, mittenvåning, övervåning. Mätning har skett på frånluftkanaler från kök och badrum i tre lägenheter. Lägenheternas ventilationsflöden och vvx-längder redovisas i Tabell 2.

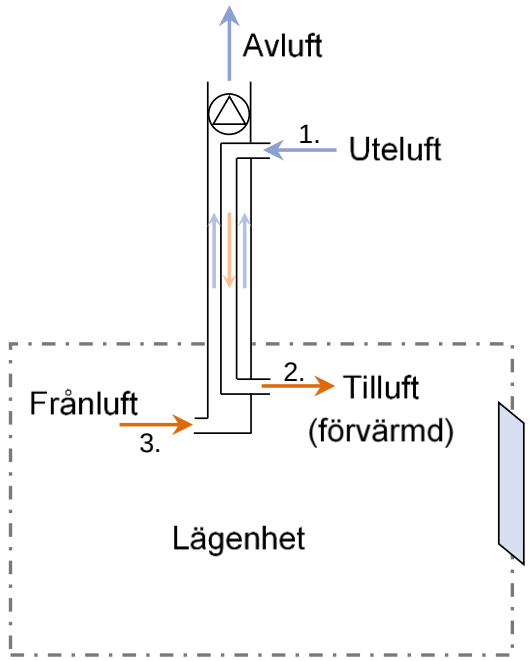
Tabell 2 lägenheternas ventilationsflöden och kanallängder.

	Tilluft (l/s)	Frånluft (l/s)	Kanallängd + utökad värmeväxlare (m)
Vån 2 lgh 401 kök	9	10, (18 forc.)	2 + 18
Vån 2 lgh 401 bad	12	15	2 + 18
Vån 1 lgh 301 kök	9	10, (18 forc.)	5 + 15
Vån 1 lgh 301 bad*	13	14	5 + 15
Vån B lgh 201 kök	10	11, (17 forc.)	8 + 12
Vån B lgh 201 bad	8	10	8 + 12 *
Mätdata saknas pga. fel på mätutrustning			

Mätning och beräkning

Mätningar har genomförts för lägenheter på tre nivåer i samma trapphus för utvärderingsbyggnaderna som har fått Clean-Air installerat. Lägenheter försedda med mätutrustning ligger i samma trapphus fördelat på bottenplan, mittenvåning och på översta våningen. Mätuppställning för respektive installation visas i Figur 2 nedan.

Mätuppställning för en installation av Clean-Air



1. Uteluft (temperatur, relativ fukthalt)
2. Tilluft (temperatur)
3. Lägenhet (temperatur, relativ fukthalt)
4. Avluft (temperatur)

Figur 2 Mätuppställning.

För Heleneborgsgatan har tre lägenheters kökskanal försetts med mätutrustning.

För utvärderingsbyggnaden i Västerhaninge har både kökskanaler och baddrumskanaler för tre lägenheter haft mätutrustning. Dock saknas mätdata för en badrumskanal för lägenhet 301 på grund av fel på mätutrustning.

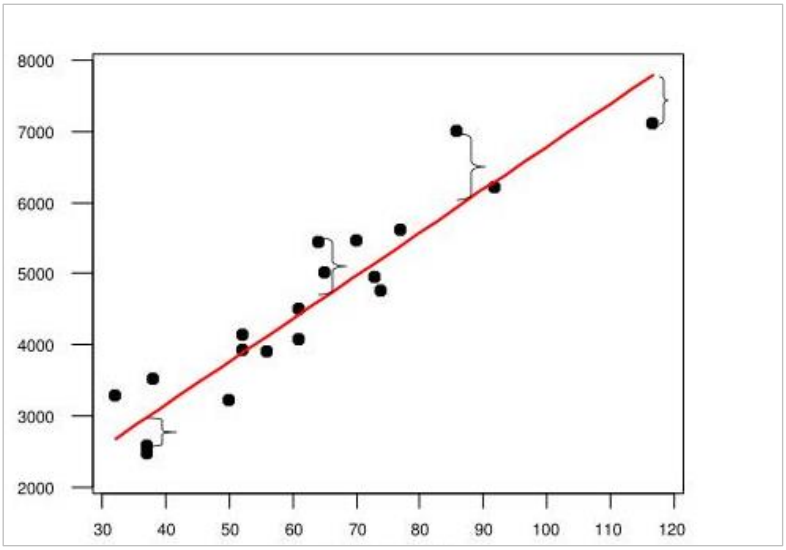
Mätutrustning som använts är Intab wireless system som är ett system med trådlösa radiologgers för fjärrövervakning.

Mätutrustningens sensorer lagrar mätpunkter med ett intervall av fem minuter. Från dessa mätpunkter har medelvärde för åtta tillfällen per dygn (var tredje timme) utgjort grund för beräkning av värmeåtervinning och framtagande av varaktighetsdiagram.

Samtliga flödesmätningar är från injustering. Ambitionen var att ha kontinuerlig flödesmätning på samma sätt som för temperatur och relativ fukthalt. Det visade sig dock vara problem med osäkerhet i mätutrustning vid låga flöden. Efter några

kontrollmätningar som visade att de injusterade flödena var relativt konstanta valdes att använda dessa.

Vid beräkning av tillufttemperatur som funktion av utetemperatur användes linjär kurvanpassning med minsta kvadratmetoden. I Figur 3 redogörs principen där svarta punkter anger mätdata och den röda linjen är den framtagna kurvanpassningen. Summan av alla kvadrerade avstånd ska bli så liten som möjligt.

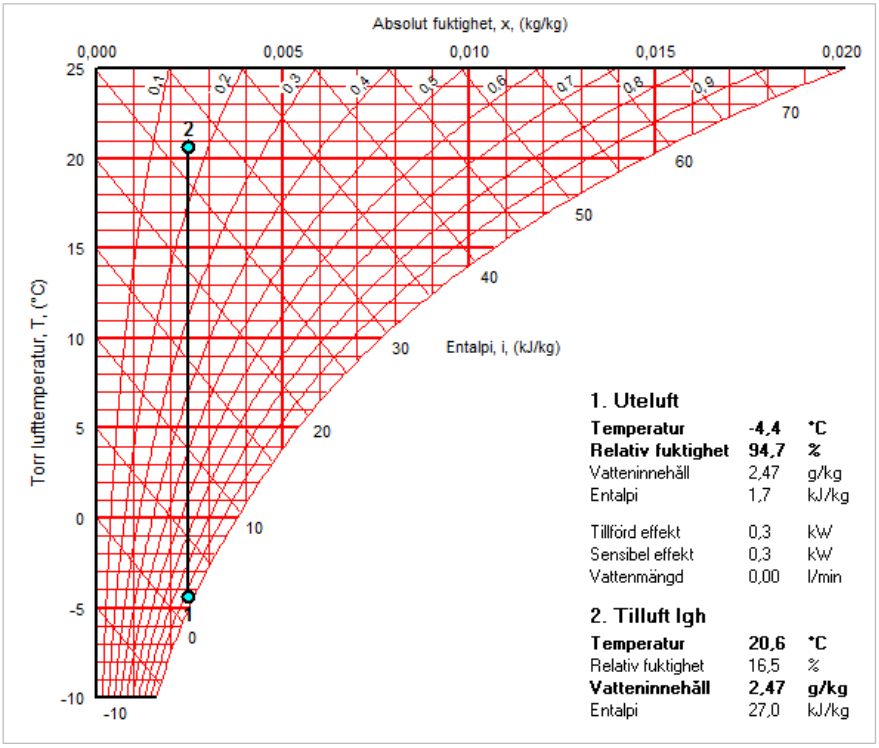


Figur 3 Princip för linjär kurvanpassning, minsta kvadratmetoden.

I figurer och diagram under Resultat redovisas linjär kurvanpassningen tillsammans med plottade mätpunkter. Samma metod med kurvanpassning har använts för presentation av förvärmningseffekt som funktion av utetemperatur.

Vid beräkning av förvärmningseffekt för tilluften har uteluftens energiinnehåll (entalpi) beräknas med mätvärden för temperatur och relativ fuktighet. Tilluftens vatteninnehåll är samma som uteluftens (täta plåtkanaler). Genom att använda uteluftens vatteninnehåll och mätdata för tilluftens temperatur erhålls tilluftens energiinnehåll. Differensen i energiinnehåll tillsammans med flödet ger den effekt som tillförs tilluften vid det specifika tillfället. Denna beräkning görs för samtliga mätpunkter vilket är ca 2 400 gånger för respektive testinstallation under mätperioden.

I Figur 4 nedan illustreras förloppet av förvärmningen i ett Mollierdiagram för fuktig luft. I exemplet är uteluftens temperatur -4,4° C och relativ fuktighet (Rh) 94,7 %. Efter förvärmning genom Clean-Air tillförs lägenheten tilluft med 20,6° C Rh 16% vilket motsvarar en värmeeffekt av ca 300 W.



Figur 4 Illustration av förvärmning i ett Mollierdiagram för fuktig luft.

Resultat och analys

I detta avsnitt presenteras resultat av mätningar och beräkningar samt dokumentation av installationerna för utvärderingsbyggnaderna.

Installation och utförande

Skorstensbolaget har utfört samtliga installationer i utvärderingsbyggnaderna. För Heleneborgsgatan var det mer förarbeten med befintliga murade kanaler då flera var igensatta, läckte och var felkopplade. För Västerhaninge var förarbeten mindre omfattande och taket mer lättillgängligt.

Uppfattningen hos fastighetsägarna och de boende för båda utvärderingsbyggnaderna var att arbeten och installation var smidiga. Installationsingreppet uppfattades som litet och de boende var nöjda med både bemötande av hantverkare och arbeten inne lägenheter.

Heleneborgsgatans installation

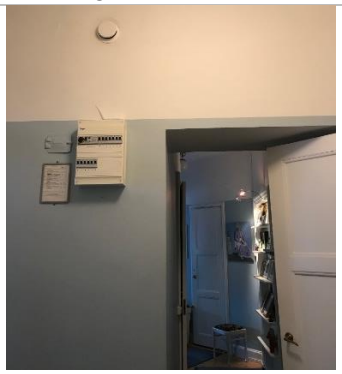


Clean-Air standardmodul. En av de brandavlastande ventilerna syns på frontens vänstersida.



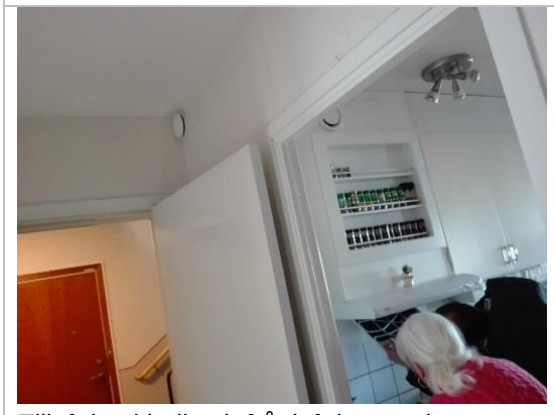
Clean-Air modul i serviceläge på Skorsten L som betjänar kök och badrum. Serviceläget används t.ex. vid kontroller, filterbyten eller rensning.





Tilluftsdorn i lgh 1002. Ingen kanaldragning

Heleneborgsgatans skorstenar med Clean-Air moduler.	erfordras då badrum och badkanal ligger bakom tilluftskanalen.
	Ombyggda köksventilationer för alla lägenheter. De tidigare kolfilterfläktarna är nu direktkopplade. Kolfiltren behålls som förfilter för att inte smutsa ner kanalerna. Direktkopling gör stor skillnad då matos trycks direkt ut och skapar ett lätt undertryck i köket så att luften strömmar från rum mot köket. Högst upp på köksfläkten syns rastret där matoset tidigare blåste ut. I donet till höger erhålls ett grundflöde på 10 l/s. En grundflödesventil ”X-24” är integrerad bakom donet och stänger automatiskt när köksfläkten aktiveras. Samtliga boende är nöjda med ventilationen, speciellt i köket, vilket framkom vid OVK besiktningen.

Västerhaninge installation	
 Samlingshuv på en skorsten för frånluftkanaler. Uppepå huven sitter frånluftfläkten.	 Frånluftdon i badrum och tilluftdon till vardagsrummet.
 Tilluftdon i hall och frånluftdon med påkopplad spiskåpa i köket.	

Värmeåtervinning och energibesparing

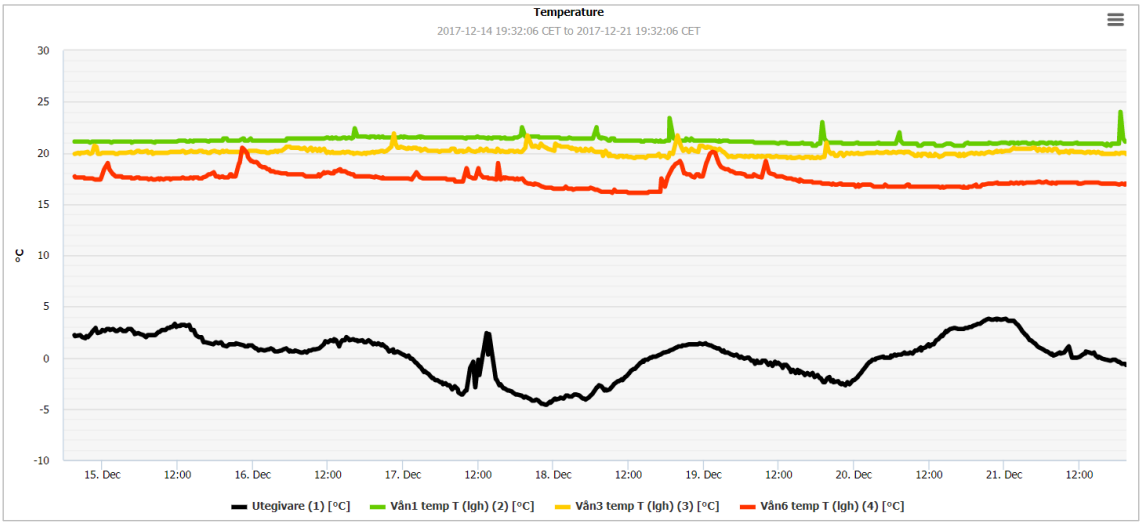
I detta kapitel redovisas resultatet av mätningar och beräkningar. Samma resultatuppställning för de båda utvärderingsbyggnaderna öppnar för jämförelse sinns emellan. Det ska påpekas att objekten har olika förutsättningar vilket naturligt förklarar skillnader i resultatet. Mätningar och beräkningar presenteras först för Heleneborgsgatan följt av Västerhaninge.

Heleneborgsgatan

I följande resultatavsnitt härleder grön markering lägenheten längst ner, gul markering lägenheten på mittenvåningen och röd markering lägenheten på den översta våningen.

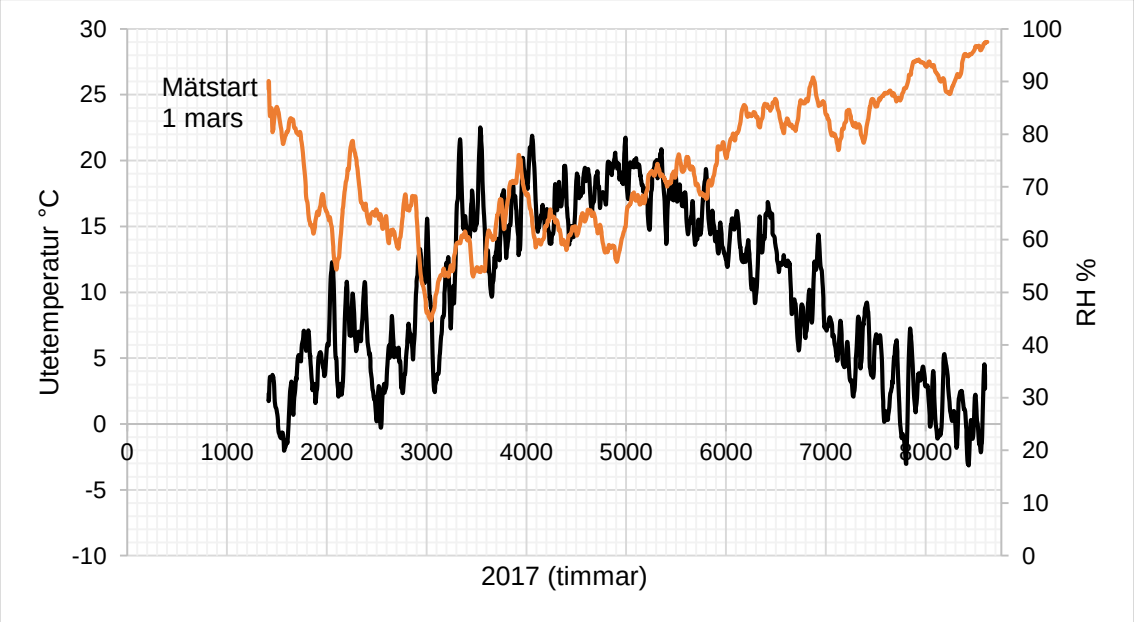
Nedan i Figur 5 visas ett exempel på hur tillufttemperaturer varierar för de tre lägenheterna i förhållande till utetemperaturen (15 december till 21 december 2017).

Tillufttemperaturen är förhållandevis konstant för de tre lägenheterna. Den nedre lägenheten har den högsta tillufttemperaturen som ligger kring 21° C. den översta lägenheten har den lägsta tillufttemperaturen, ca 17° C. Skillnaden i tillufttemperatur kommer ifrån att en längre kanallängd är fördelaktig vid värmeväxling ur frånluften. Pikar i tillufttemperaturen har sin troliga förklaring i att matlagning och användande av spis ökar frånlufttemperaturen varvid en större förvärmning av tilluften erhålls just då.



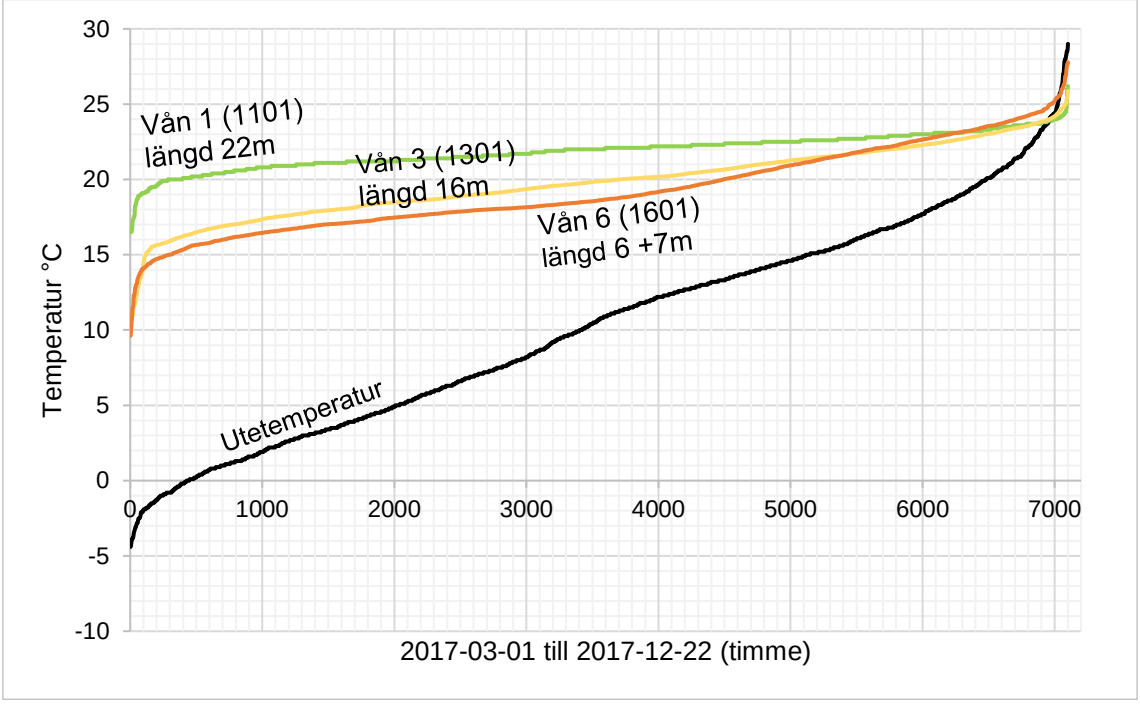
Figur 5 Tillufttemperatur för de tre lägenheterna samt aktuell utetemperatur. (15 december till 21 december 2017).

Under mätperioden som varade mellan den 1 mars till den 21 december 2017 var utetemperatur och relativfuktighet enligt diagram i Figur 6. Utetemperaturen redovisas som ett glidande medelvärde av 24 timmar. Mätutrustningen har varit monterad uppe på taket nära den aktuella skorstenen.



Figur 6 Utetemperatur och relativfuktighet under mätperioden. Svart linje anger temperatur och avläses på den vänstra axeln. Orange linje anger relativ fuktighet (Rh) och avläses på den högra axeln.

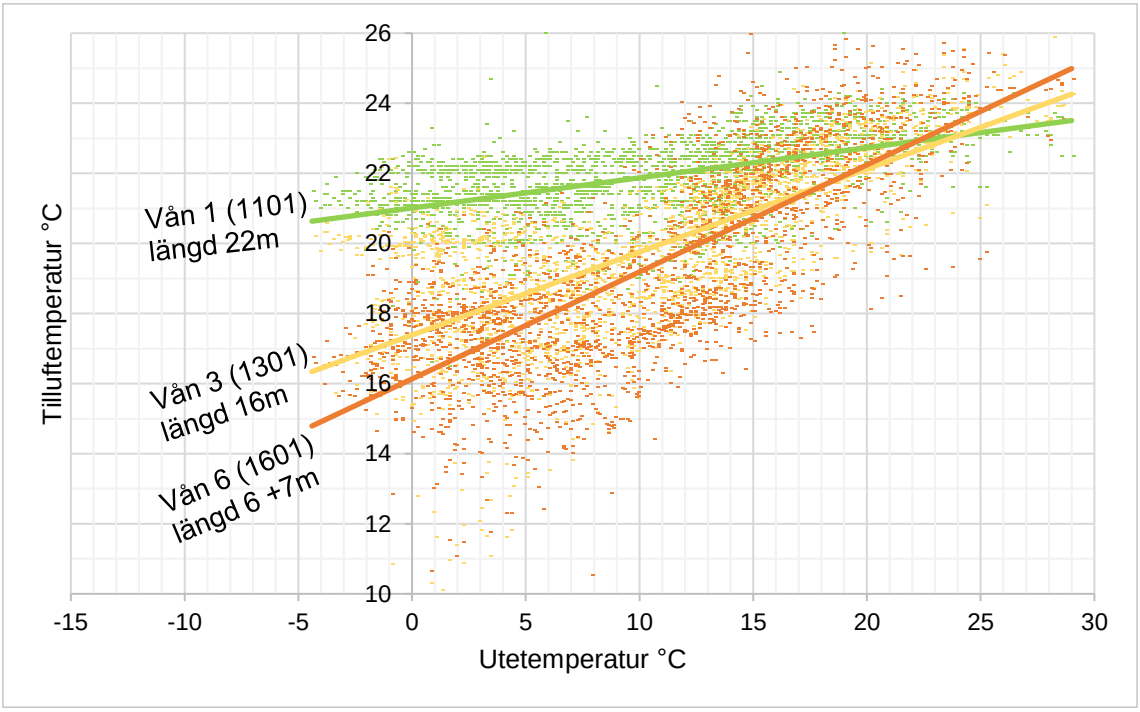
Ett varaktighetsdiagram i Figur 7 visar utetemperatur och tillufttemperatur för de tre lägenheterna under mätperioden. Tidsaxeln startar vid mätstart dvs. 1 mars. I diagrammet kan man utläsa att det är relativt få timmar utetemperaturen varit under 0° C (ca 500 timmar). Tittar man på tillufttemperaturen för respektive lägenhet under mätperioden ligger majoriteten av mätpunkterna inom ett spann på ca 6 till 8° C förutom badrumskanalen för lägenhet 401 som har ett spann på ca 12° C. Området till höger i diagrammet med hög tillufttemperatur är lägre i amplitud jämfört med Västerhaninge.



Figur 7 Varaktighetsdiagram för utetemperatur och tillufttemperatur för lägenheterna. Tidsaxeln startar vid mätstart dvs. 1 mars.

I Figur 8 visas hur tilluftens temperatur för lägenheterna varierar som funktion av utetemperaturen. Observera att skalan för tillufttemperatur börjar vid +10° C. De heldragna linjerna representerar en linjär kurvanpassning (minsta kvadratmetoden) till samtliga mätpunkter för den aktuella lägenheten.

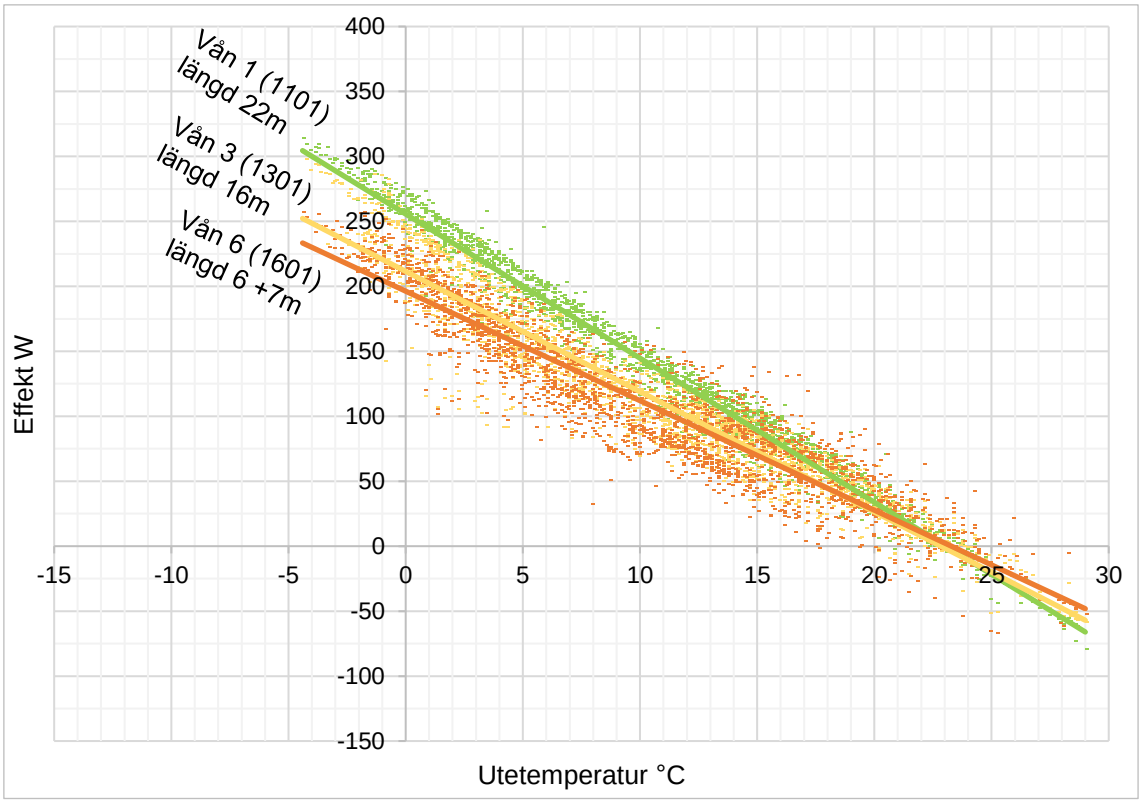
Tillufttemperaturen för lägenheten som ligger nederst och har längst kanallängd påverkas minst av sjunkande utetemperatur. Denna lägenhet erhåller högst förvärmning och därmed högst energibesparing för uppvärmning. Det kan urskiljas ett samband att punkterna som representerar rå mätdata har mindre spridning vid längre kanallängd. Spridningen av mätdata kan bero på flera orsaker. Ett antagande är att vädring och matlagning är bidragande orsaker, vilket också har observerats.



Figur 8 Tillufttemperatur som funktion av utetemperatur.

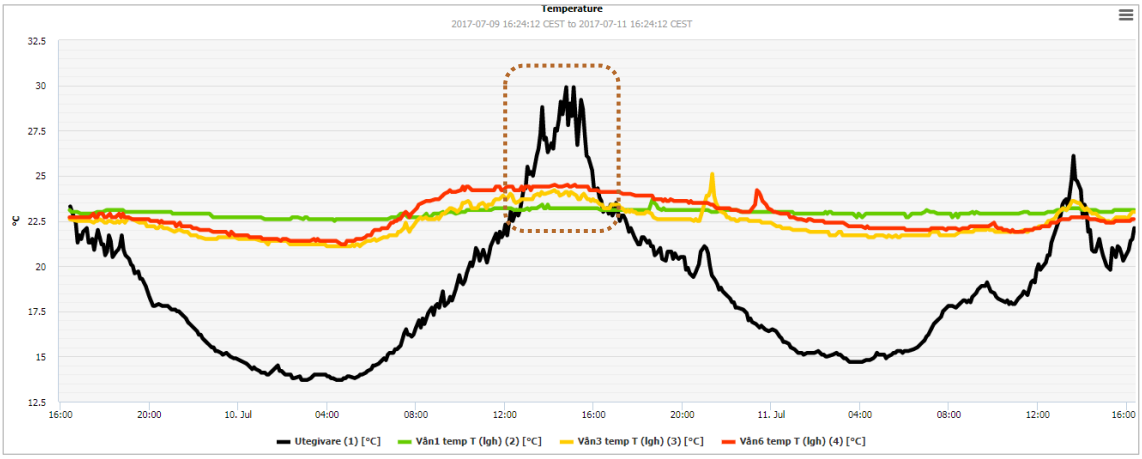
Vid beräkning av förvärmningseffekt ses ett tydligt samband mellan hur tillufttemperaturerna varierar och förvärmningseffekten. Förutom tillufttemperatur och utetemperatur används tilluftflöde och luftens relativa fuktighet vid beräkning av förvärmningseffekt. Figur 9 visar förvärmningseffekten som funktion av utetemperatur. Förvärmningseffekten ökar med differensen mellan uteluft och frånluft. Det kan ses att längre kanallängd ger en högre förvärmning samt att den ökar när utetemperaturen sjunker.

Förvärmningseffekten som uppstår med värmeväxling ur frånluften skapar en naturlig och självreglerande styrning som ökar med sjunkande utetemperatur och avtar när värmebehovet minskar.



Figur 9 Förvärmningseffekt för tilluft som funktion av utetemperatur.

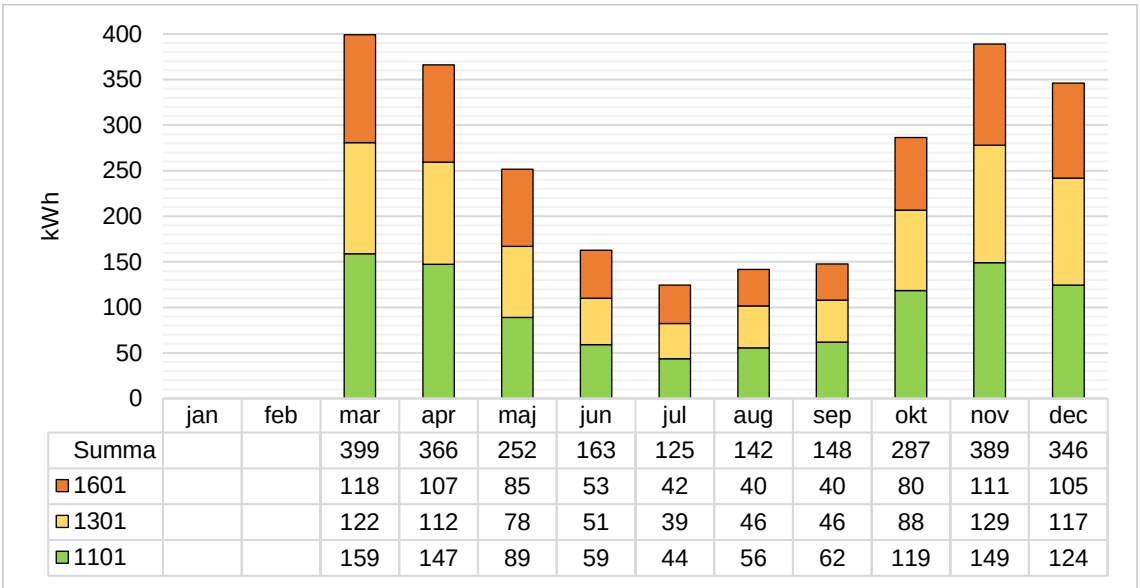
Kring 22° C utetemperatur växlar förvärmningseffekten till att bli negativ, dvs. en kylande effekt uppstår för tilluften. Detta betyder att vid varma dagar erhålls en kylande effekt för lägenheterna. Det ska påpekas att det är få mätdata i detta område men företeelsen är förväntad sett till de termodynamiska lagarna. I Figur 10 ses utetemperatur tillsammans med tillufttemperaturer för lägenheterna för den 10 juli. Markerat område visar att utetemperaturen var närmare 30° C medan temperaturen på tilluften låg på drygt 22° C.



Figur 10 Tillufttemperatur för de tre lägenheterna samt utetemperatur. (10 juli 2017). Markerat område visar att utetemperaturen var närmare 30° C medan temperaturen på tilluften låg på drygt 22° C.

Nedan i Figur 11 visas energibesparing i form av förvärmd tilluft till de tre lägenheterna månadsvis under mätperioden (25 mars till 21 december). Lägenheten längst ner med längst kanallängd erhåller störst förvärmning på tilluften och därmed störst energibesparing. Observera att redovisad energibesparing börjar 25 mars och slutar vid 21 december.

Det kan tyckas konstigt att förvärmning och därmed även energibesparing sker under sommarmånaderna. Men mätvärden visar att utetemperaturen på nätterna kan vara ner mot ca 10° C.



	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Summa			399	366	252	163	125	142	148	287	389	346
1601			118	107	85	53	42	40	40	80	111	105
1301			122	112	78	51	39	46	46	88	129	117
1101			159	147	89	59	44	56	62	119	149	124

Figur 11 Energibesparing, förvärmning av tilluft per månad för respektive lägenhet. Observera 1 mars till 21 december.

Tabell 3 Energibesparing, förvärmning av tilluft för respektive lägenhet. nedan visar energibesparing under mätperioden tillsammans med interpolerade värden för ett helår (gråmarkerade celler). Genom att dela den interpolerade energibesparingen med den yta som den förvärmda tilluften betjänar erhålls energibesparing per kvadratmeter och år. Eftersom lägenheterna ligger jämnt fördelade över byggnadens höjd utgör de en bra representation för vad de olika kanallängderna en allomfattande installation för byggnaden skulle innebära. Med detta antagande blir medelvärdet för testlägenheternas energibesparing ett representativt värde för vad resterande yta (BOA) i byggnaden skulle ge i energibesparing. Dvs om samtliga lägenheter i byggnaden får Clean-Air installerat skulle förvärmning av tilluften ge en energibesparing av ca 41 kWh/m^2,år.

Tabell 3 Energibesparing, förvärmning av tilluft för respektive lägenhet.

Lägenhet	Energibesparing 1 mars till 21 dec (kWh)	Energibesparing* 1 år, interpolerat (kWh)	Energibesparing* (kWh/m²,år)
1601	780	1 095	37
1301	828	1 185	40
1101	1 008	1 399	47
Summa:	**2 615**	**3 680**	**Medel: 41**
* Interpolerade värden för 1 år. Saknade dagar i slutet på december antas ha samma besparing som övriga i månaden. Besparing för januari och februari antas vara samma som för december respektive november.			

Med redovisad energiprestanda 165 kWh/m²,år från energideklaration 2007 skulle total energibesparing för byggnaden bli ca 25%. Om fastighetsel (12 kWh/m²,år) samt energi för varmvatten (25 kWh/m²,år) dras av blir energibesparing för uppvärmning närmare 32%.

Västerhaninge

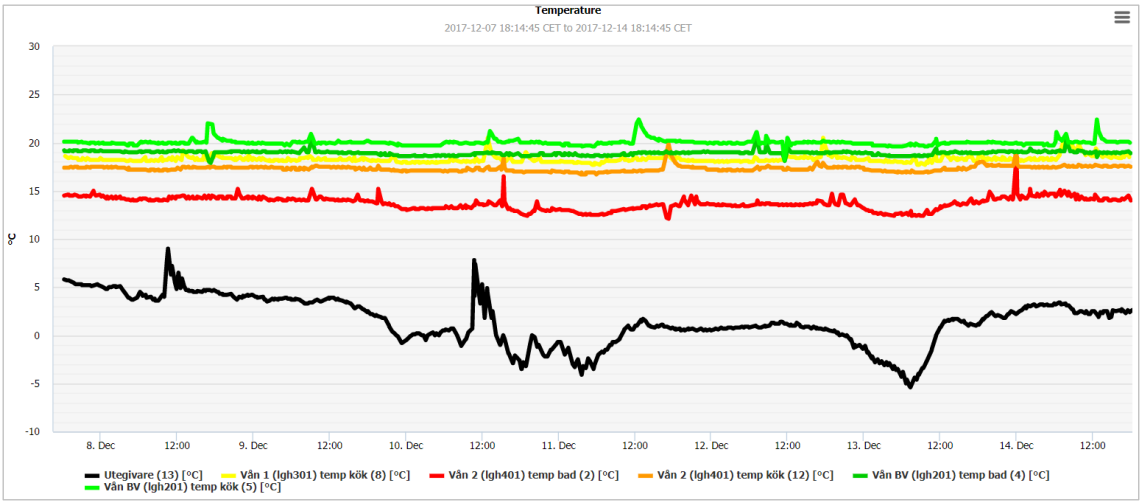
Generellt gäller samma samband, slutsatser och observationer som för Heleneborgsgatan i tidigare avsnitt. Beskrivning av resultat för Västerhaninge fokuserar främst på skillnader. Det rekommenderas att först läsa och begrunda avsnittet ovan om Heleneborgsgatan mätningar.

I följande resultatavsnitt härleder ljusgrön markering kökskanal för lägenhet längst ner 201, mörkgrön markering badrumskanal. Gul markering, kökskanal för lägenhet på mittenvåningen 301. Ljusröd markering kökskanal för lägenhet högst upp 401, mörkröd markering badrumskanal.

Nedan i Figur 12 Tillufttemperatur för lägenheterna samt aktuell utetemperatur. (15 december till 24 december 2017) visas ett exempel på hur tillufttemperaturer varierar för de tre lägenheterna i förhållande till utetemperaturen (15 december till 24 december 2017).

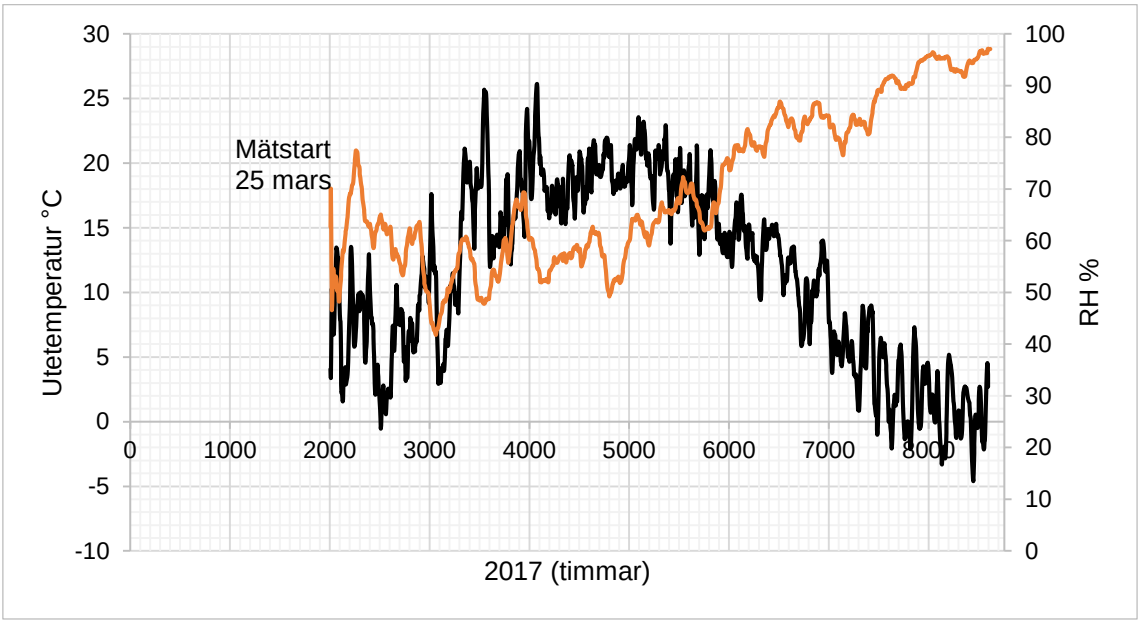
Tillufttemperaturen är förhållandevis konstant för de tre lägenheterna. Den nedre lägenheten har den högsta tillufttemperaturen som ligger kring 20° C. den översta lägenheten har den lägsta tillufttemperaturen, ca 15° C. För samtliga lägenheter har badrumskanalen en något lägre tillufttemperatur jämfört med kökskanalen.

Precis som för Heleneborgsgatan finns pikar i tillufttemperaturen. Pikarna är mer distinkta för badrumskanalerna vilket kan bero på varm duschning. De mer utdragna pikarna för kökskanaler beror troligtvis på snabb uppvärmning av spis och ugn följt av en avsvalningsperiod. En annan orsak till pikar kan vara vädring. Eftersom installationerna i Västerhaninge inte har några tilluftfläktar stannar flödet i tilluftkanalen när undertrycket försvinner t.ex. då ett fönster eller dörr öppnas. I denna händelse kommer den registrerade tillufttemperaturen antagit lägenhetens rumstemperatur.



Figur 12 Tillufttemperatur för lägenheterna samt aktuell utetemperatur. (15 december till 24 december 2017)

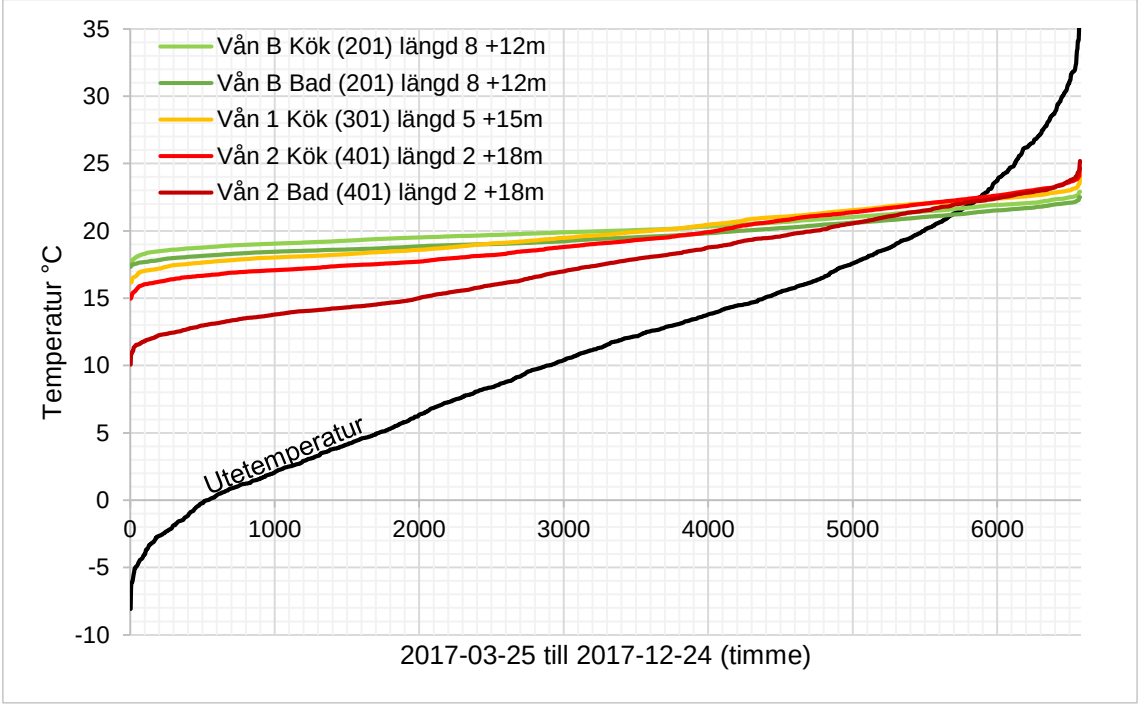
Under mätperioden som varade mellan den 25 mars till den 24 december 2017 var utetemperatur och relativfuktighet enligt diagram i Figur 13 Utetemperatur och relativfuktighet under mätperioden. Svart linje anger temperatur och avläses på den vänstra axeln. Orange linje anger relativ fuktighet (Rh) och avläses på den högra axeln.. Utetemperaturen (svart) redovisas som ett glidande medelvärde av 24 timmar. Mätutrustningen har varit monterad uppe på taket i närheten av den aktuella skorstenen.



Figur 13 Utetemperatur och relativfuktighet under mätperioden. Svart linje anger temperatur och avläses på den vänstra axeln. Orange linje anger relativ fuktighet (Rh) och avläses på den högra axeln.

Ett varaktighetsdiagram i Figur 14 Varaktighetsdiagram för utetemperatur och tillufttemperatur för lägenheterna. Tidsaxeln startar vid mätstart dvs. 25 mars. visar utetemperatur och tillufttemperatur för de tre lägenheterna under mätperioden. Tidsaxeln startar vid mätstart dvs. 25 mars.

I diagrammet kan man utläsa att det är relativt få timmar utetemperaturen varit under 0° C (ca 500 timmar). Betydligt fler timmar jämfört med Heleneborgsgatan har utetemperatur varit över 20° C. Det kan bero på att byggnaden har större påverkan med svart tak som värms upp av solinstrålning. Tittar man på tillufttemperaturen för respektive lägenhet under mätperioden ligger majoriteten av mätpunkterna inom ett spann på ca 3 till 7° C. Spannet är större för den övre lägenheten 1601. Området till höger i diagrammet med hög tillufttemperatur inträffar under sommarhalvåret då lägenheterna förmodligen haft fönster och balkongdörrar öppna i större utsträckning.

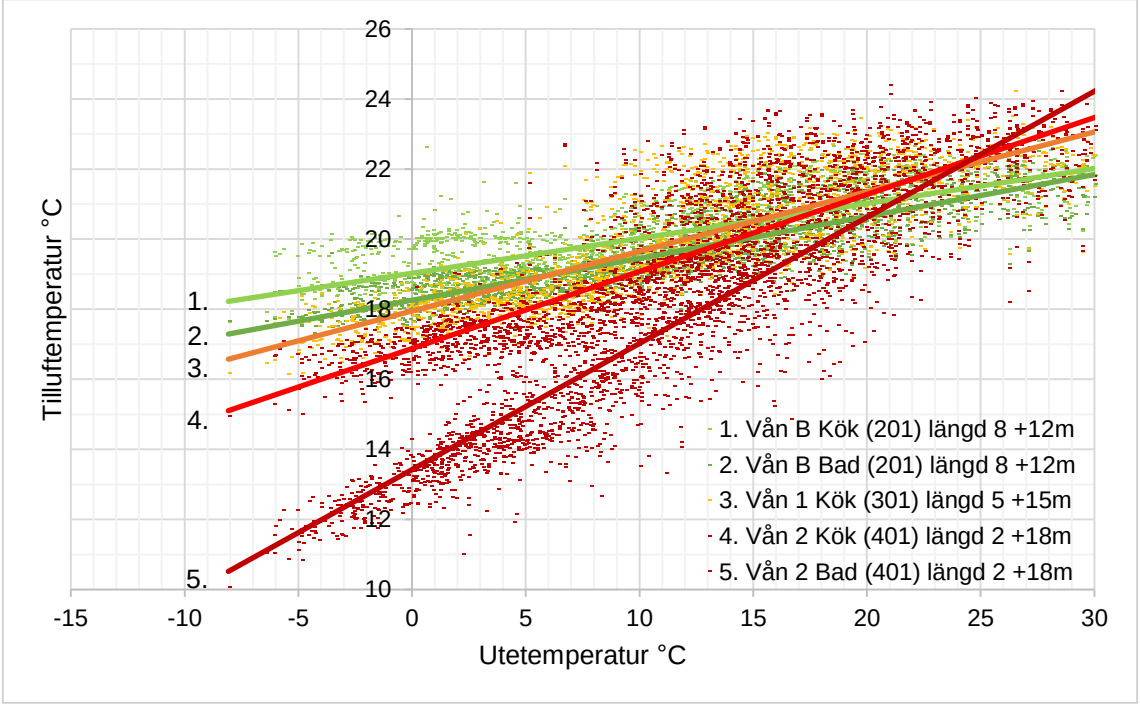


Figur 14 Varaktighetsdiagram för utetemperatur och tillufttemperatur för lägenheterna. Tidsaxeln startar vid mätstart dvs. 25 mars.

I Figur 15 Tillufttemperatur som funktion av utetemperatur. visas hur tilluftens temperatur för lägenheterna varierar som funktion av utetemperaturen. Observera att skalan för tillufttemperatur börjar vid +10° C. De heldragna linjerna representerar en linjär kurvanpassning (minsta kvadratmetoden) till samtliga mätpunkter för den aktuella kanalen.

Tillufttemperaturen för lägenheten som ligger nederst och har längst värmeväxlare påverkas minst av sjunkande utetemperatur. En utmärkande lägre tillufttemperatur för badrumskanalen för lägenhet 401 beror delvis på kortare kanallängd men även på ett högre tilluftflöde se Tabell 2 lägenheternas ventilationsflöden och kanallängder. Eftersom flödet är högre blir förvärmningseffekten ändå i nivå med övriga kanaler, se Figur 15 nedan.

Det kan urskiljas att spridningen av punkter som representerar rå mätdata är större i området med utetemperatur mellan ca 12° C till 20° C. Det kan ha sin förklaring i att fönster är öppna i större utsträckning.



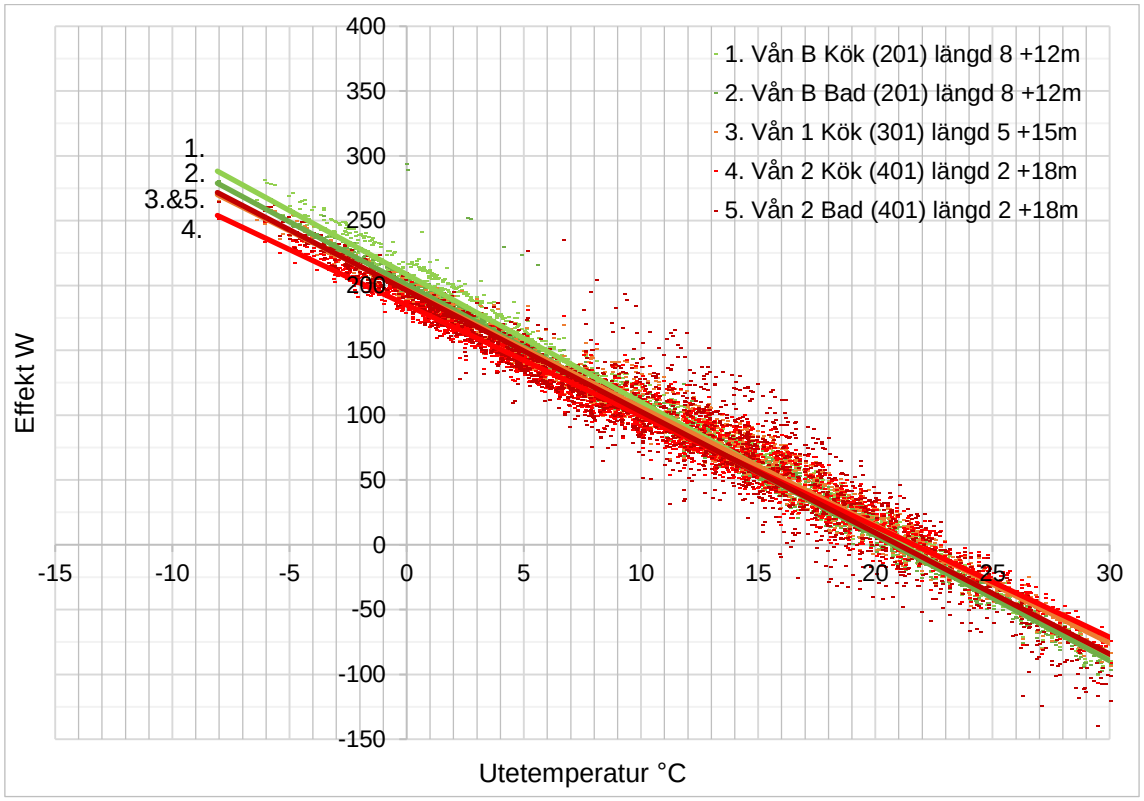
Figur 15 Tillufttemperatur som funktion av utetemperatur.

Figur 16 visar förvärmningseffekten som funktion av utetemperaturen. Förvärmningseffekten ökar med differensen mellan uteluft och frånluft. Det kan ses att längre kanallängd och värmeväxlare ger en högre förvärmning samt att den ökar när utetemperaturen sjunker.

Vid jämförelse med tidigare figur med tillufttemperatur ligger lägenheternas förvärmningseffekt mer samlat. Badrumskanalen för lägenhet 401 som hade den lägsta tillufttemperaturen ligger kring medel i förvärmningseffekt. Detta har sin orsak i att kanalen har det högsta tilluftflödet, 12 l/s mot övriga som ligger kring 8 till 10 l/s.

Vid jämförelse av förvärmningseffekten vid 0° C med Heleneborgsgatan ligger den lägre för Västerhaninge men mer samlat kring 200W. Vid minskande utetemperatur har Heleneborgsgatan större förvärmningseffekt. Det beror huvudsakligen av längre kanallängder.

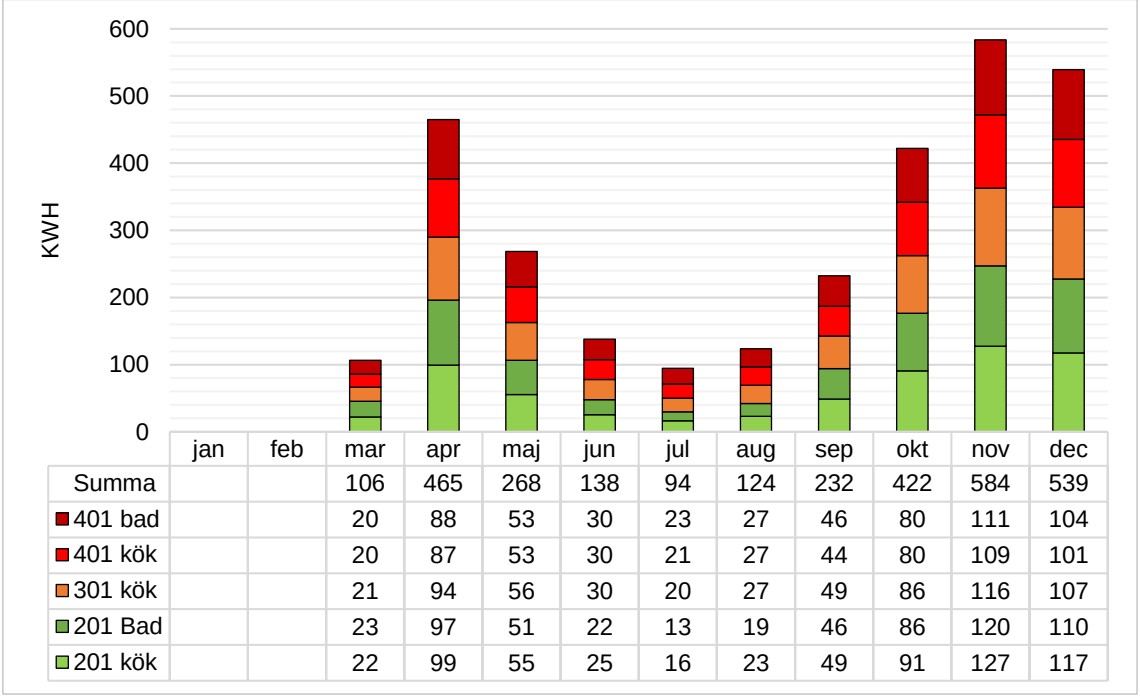
Kring 21° C utetemperatur växlar förvärmningseffekten till att bli negativ, dvs. en kylande effekt uppstår för tilluften med ökande utetemperatur. Varma dagar erhålls en kylande effekt för lägenheterna.



Figur 16 Förvärmningseffekt för tilluft som funktion av utetemperatur.

Nedan i Figur 17 visas energibesparing i form av förvärmd tilluft till de tre lägenheterna månadsvis under mätperioden (1 mars till 24 december). Observera att redovisad energibesparing börjar 1 mars och slutar vid 24 december.

Det kan tyckas konstigt att förvärmning och därmed även energibesparing sker under sommarmånaderna. Men mätvärden visar att utetemperaturen på nätterna kan vara ner mot ca 10° C.



	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Summa			106	465	268	138	94	124	232	422	584	539
401 bad			20	88	53	30	23	27	46	80	111	104
401 kök			20	87	53	30	21	27	44	80	109	101
301 kök			21	94	56	30	20	27	49	86	116	107
201 Bad			23	97	51	22	13	19	46	86	120	110
201 kök			22	99	55	25	16	23	49	91	127	117

Figur 17 Energibesparing, förvärmning av tilluft per månad för respektive lägenhet. Observera 25 mars till 24 december.

Tabell 4 nedan visar energibesparing under mätperioden tillsammans med interpolerade värden för ett helår (gråmarkerade celler). Genom att dela den interpolerade energibesparingen med den yta som den förvärmda tilluften betjänar erhålls energibesparing per kvadratmeter och år. Eftersom lägenheterna ligger jämnt fördelade över byggnadens höjd utgör de en bra representation för vad de olika kanallängderna en allomfattande installation för byggnaden skulle innebära. Med detta antagande blir medelvärdet för testlägenheternas energibesparing ett representativt värde för vad resterande yta (BOA) i byggnaden skulle ge i energibesparing. Dvs om samtliga lägenheter i byggnaden får Clean-Air installerat skulle förvärmning av tilluften ge en energibesparing av ca 27 kWh/m²,år.

Tabell 4 Energibesparing, förvärmning av tilluft för respektive lägenhet.

Lägenhet	Energibesparing 1 mars till 21 dec (kWh)	Energibesparing* 1 år, interpolerat (kWh)	Energibesparing* (kWh/m²,år)
401 bad	583	864	27
401 kök	570	843	26
301 kök	606	896	28
201 bad	588	888	27
201 kök	625	943	29
Summa:	**2 972**	**4 435**	**Medel: 27**

* Interpolerade värden för 1 år. Saknade dagar i slutet på december och början på mars antas ha samma besparing som övriga i månaden. Besparing för januari och februari antas vara samma som för december respektive november.

Med redovisad energiprestanda 112 kWh/m²,år från energideklaration 2007 skulle total energibesparing för byggnaden bli ca 24%. Om fastighetsel (7 kWh/m²,år) samt energi för varmvatten (25 kWh/m²,år) dras av blir energibesparing för uppvärmning närmare 33%.

Inneklimat och komfort

Innan installation av Clean-Air hade båda fastigheterna självdragssystem. Inneklimatet var dåligt i båda utvärderingsbyggnaderna. För de flesta lägenheterna fanns inget ventilationsflöde alls och i vissa fall kunde bakdrag med kall luft inträffa. Framförallt i Västerhaninge fanns en unken lukt och stillastående luft i lägenheterna. I de värsta lägenheterna fanns spår av svartmögel och fuktskador på väggar, tak och fönster, se Figur 18. Boende hade klagomål om dålig ventilation och matos vid matlagning.



Figur 18 Lägenhet i Västerhaninge, resultat av fukt och bristande ventilation. Svartmögel på väggar, tak och fönster.

Efter installation och upprättande av ventilationsflöden har tidigare problem och klagomål så gott som upphört. Lägenheternas inneklimat upplevs friskare och renare. Lukten av stillastående unken luft har försvunnit. Majoriteten av de boende tycker att ventilationen nu är betydligt bättre.

Till följd av upprättande av tidigare obefintliga ventilationsflöden har några boende klagomål om att rumstemperaturen lägenheten blivit kallare. Främst är det lägenheter högt upp i byggnaden i Västerhaninge som berörs. En injustering av värmesystemet med justering av framledningstemperatur till berörda lägenheter planeras.

Efter ventilationsinstallationerna i Västerhaninge visar kortidsmätning av radon en minskning från 170 till 130 Bq/m³.

Ekonomi och lönsamhetsberäkning

Detta avsnitt kommer uppdateras och utvidgas när mätdata har erhållits för ett helt år.

Installationskostnad för Clean-Air är starkt kopplad till den aktuella byggnadens förutsättningar. Utformning och skick på befintligt system är avgörande.

För de två utvärderingsbyggnaderna ligger installationskostnaden på melan 45 000-55 000 kr per lägenhet. Det motsvarar cirka halva kostnaden jämfört med ett FTX-system.

Slutsatser och rekommendationer

Ett stort allmänintresse och efterfrågan av enkla energieffektiva lösningar för befintliga byggnader är bakgrund till denna utvärdering. Den övergripande slutsatsen i denna studie är att den påvisade energibesparingen för uppvärmning på närmare 30% tillsammans med de komfortmässiga fördelarna Clean-Air ger väl svarar mot det efterfrågade behovet.

De två utvärderingsbyggnaderna utgångsläge med dålig eller i vissa fall obefintlig ventilation anses vara ett vanligt förekommande tillstånd för äldre befintliga byggnader som konstruerats för självdrag. Clean-Air, bygger på upprättande av ett kontinuerligt fläktdrivet grundflöde som kan liknas vid ett traditionellt F-system. Detta gör att enbart upprättandet av ett tidigare obefintligt frånluftflöde förbättrar inneklimatet. Det nya ventilationsflödet kommer också öka energianvändningen jämfört med läget innan, utan något flöde alls. Jämförelse och utvärdering av energibesparing samt inneklimat före och efter installation av Clean-Air ska ses med detta i åtanke.

För en mer rättvis utvärdering av energibesparing i denna förstudie beräknas förvärmningseffekten för tilluften som erhålls med Clean-Air mot referensfallet att ta in uteluft direkt via springventiler dvs. ett traditionellt F-system. Anledning till att ingen jämförelse mot ett renodlat FTX system görs ligger i att det inte varit ett alternativ för utvärderingsbyggnaderna främst utrymmesmässigt men också av andra anledningar.

Förbättring av inneklimat för lägenheterna ligger dels i att ett ventilationsflöde upprättas och dels i att tilluften erhåller förvärmning samt att forcerande spisfläktar installeras. Till viss del kan denna förbättring av inneklimat erhållas med F-system. Men när alla funktioner samverkar, ventilationsflöde, förvärmning och forcerande spisfläktar skapar de tillsammans en större förbättring och värde för de boende.

Förfarandet för med installation och ingrepp i lägenheterna har uppfattats som litet och smidigt av de boende. Detta kan vara en bidragande grund till den positiva upplevelsen av inneklimatförbättringen och utfallet. För Heleneborgsgatan har

samtidiga andra arbeten i fasaden förekommit vilket i sig har upplevts betydligt mer störande.

Beroende på utvärderingsbyggnaderna olika förutsättningar ser takinstallationen med samlingshuv på skorstenarna något olika ut. Båda installationerna smälter väl ihop med det övriga taket och andra installationsdetaljer.

Den förlängda värmeväxlaren med avsikt att påbättra förvärmningen av tilluft för de övre lägenheterna har i dagsläget vidareutvecklats av Skorstensbolaget och ersatts av en mer effektiv värmeväxlare med mindre platsbehov. Detta gör att framtida samlingshuvar kommer kunna göras mindre och diskretare samt att förvärmning och rensningsmöjligheter förbättras.

Mätutrustningens osäkerhet bedöms som liten i förhållande till andra osäkerheter kopplade till omständigheter och förutsättningar. Frånsteget att inte använda de kontinuerliga flödesmätarna för att istället använda rapporterade injusterade flöden anses som den enskilt största källan till osäkerhet. Dock visade slumpmässiga kontrollmätningar att det rapporterade flödet från injusteringen var mer rättvisande än mätvärden från de kontinuerliga flödesmätarna. För temperatur –och luftfuktighetsmätning bedöms den största osäkerheten i mätdata härleda till placering av givare. Placering av givare för uteluftens temperatur och fuktighet var för båda utvärderingsbyggnaderna uppe på taket skyddade från direkt påverkan av vind och nederbörd. Uppvärmning av omgivande tak vid framförallt solinstrålning kan ha påverkat temperatur –och fuktmätningen.

Osäkerheter som kan ha en påverkan på mätresultatet som berör lägenhetens brukande är främst kopplade till vädring och förekomst av öppna fönster och dörrar. Förekomsten bedöms som mer trolig med stigande utetemperatur. Eftersom förvärmningseffekten och därmed även den beräknade energibesparingen minskar med ökande utetemperatur bedöms vädring och –eller öppna fönster ha liten inverkan på den totala årliga energibesparingen.

Mät –och beräkningsresultatets redovisning med dels tillufttemperatur samt förvärmningseffekt som funktion av utetemperatur och tilluftflöde bör studeras tillsammans. En hög tillufttemperatur vid kall väderlek ökar den upplevda komforten då kallras minskas. Detta kan också åstadkommas med ett minskat tilluftflöde som samtidigt innebär ett lägre luftombyte vilket skapar andra problem. Om flödet istället ökas kommer det gynna förvärmningseffekten som ökar samtidigt som tillufttemperaturen sjunker. Sambandet ses tydligast för lägenhet 401 i Västerhaninge. En lärdom av detta är att hitta en bra avvägning mellan tilluftflöde och tillufttemperatur med bibehållen innekomfort.

Energibesparingen för uppvärmning ligger runt 30% men det som har konstateras är att förvärmningseffekten ökar med sjunkande utetemperatur. Det vill säga att både värmeeffekten och den resulterande mängden besparad värmeenergi ökar vid kallare

väderlek. Det betyder att byggnadens effektbehov för värme kommer reduceras när effektkostnaden för fjärrvärme är som störst samt att den efterföljande energibesparingen också inträffar när energikostnaden för fjärrvärme är som störst. Väger man även in komfortökningen med varm ren tilluft och att risk för fukt och mögel minskas blir värdet än högre.

Fastighetsägarna av båda utvärderingsbyggnaderna är mycket nöjda med utfallet och har valt att gå vidare med att installera Clean-Air i samtliga lägenheter.

Förslag till fortsättning kan vara:

- En fördjupad inneklimatutredning med mätningar av partikelhalter och luftomsättning mm.
- Analysera hur utvärderingsbyggnadernas effektbehov förändras när samtliga lägenheter får installation av Clean-Air.
- Undersöka hur Skorstensbolagets vidareutveckling av värmeväxlare för förlängd kanallängd påverkar tillufttemperaturen för de övre lägenheterna.
- Undersöka och teoretiskt utvärdera hur installation av Clean-Air för ett område med flera äldre byggnader skulle påverka effektbehovet av uppvärmning sett ur ett områdesperspektiv.
- Undersöka om lösningen med tilluft i frånluftkanaler går att tillämpa i nybyggnation.
- Undersöka om Clean-Air kan kombineras med frånluftvärmepump.