EXAMENSARBETE | BACHELOR'S THESIS

ENERGIANALYS AV LUFTBEHANDLING

Författare; Conny Bengtsson

Energiingenjörsprogrammet
Högskolan i Halmstad

Handledare; Urban Persson

Halmstad den 19 maj 2011

Sammanfattning

Elanvändningen till ventilation har ökat med 40 % sedan 1990 i Sverige. Ventilationen är en miljöbov enligt undersökningar som visar att elanvändningen till ventilationssystemens fläktar kan reduceras. Minskning av elförbrukningen kan t.ex. uppnås genom utbyte av fläktmotor till en EC-motor eller till en fläkt med bakåtböjda skovlar och direktdrift. Effektivieringsåtgärder kan ge en lägre elförbrukning på upptill 50 % i vissa applikationer.

Ventilationsfläktarna i Sverige förbrukar 12,3 TWh per år. Idag har 175 000 ventilationsaggregat en för hög elanvändning och saknar värmeåtervinning. Enligt Energimyndigheten har området ventilation en stor besparingspotential eftersom energianvändningen till ventilation kan minska med 30 % (3,5 TWh), vilket ungefär motsvarar vindkraftsproduktionen i Sverige under ett år.

Det analysverktyg som utvecklats i detta examensarbete är användarvänligt utformat och är tänkt som ett hjälpmedel vid utvärdering av funktion och effektivitet i luftbehandlingssystem. Verktyget analyserar mätdata från luftbehandlingssystemet och producerar nyckeltal som sedan jämförs mot givna nyckeltal och riktvärden, samt myndigheters gällande krav. Analysverktyget har provats på ett referensobjekt och fungerade som tänkt men får, i nuvarande utformning, anses vara en prototyp som kan vidareutvecklas. Viss utbildning krävs innan användning av analysverktyget sker, med hänsyn till elsäkerhet och mätnoggrannhet.

Detta examensarbete avser vidare att kartlägga hur stor besparingspotential det finns för energieffektivisering av byggnaders ventilation samt att utveckla ett beräkningsverktyg för att kunna möta efterfrågan som troligtvis kommer att uppstå från fastighetsägare som vill spara energi.

Nyckelord: energieffektivisering, eleffektivitet, luftbehandling, ventilation

Abstract

Electricity consumption for ventilation has increased by 40% since 1990 in Sweden. Ventilation is an environmental villain since inquiries indicates that the electricity consumption for ventilation system fans can be much reduced. Reduction of electricity consumption for ventilation purposes can be achieved through e.g. the exchange of fan motors to EC motors or to fans with backward curved blades and direct drive. Such measures can provide reduced power consumption by up to 50 % in some applications.

The ventilation fans in Sweden consume 12.3 TWh each year. Today Sweden has 175 000 ventilation systems with too high consumption of electricity and no heat recycling. According to the Swedish Energy Agency the ventilation sector has a large potential for savings and the energy consumption for ventilation could be lowered by 30 % (3,5 TWh), which roughly corresponds to the total annual wind power production in Sweden.

The Analytical tool developed in this thesis work is designed to be user friendly and is thought to be an aid when evaluating functionality and efficiency in air treatment system. The tool analyzes data from measurements and produces key ratios which are then compared with given key ratios and standard guidelines. The Analysis tool was tested on one reference object and functioned as intended, but may at this stage be considered as a prototype that can be further developed. Specific training will be required before using the analysis tool with consideration to electrical safety and accuracy of measurement.

This thesis work aims at evaluating the potential savings within air treatment systems in energy efficient buildings, and to develop a calculation tool to meet the demand that is likely to arise from property owners who want to save energy.

Keywords: energy efficiency, electric efficiency, air treatment, ventilation

Förord

Denna rapport redogör för mitt examensarbete på kandidatnivå i energiteknik vid Högskolan i Halmstad, Sektionen för Ekonomi och Teknik (SET). Examensarbetet är på C-nivå och motsvarar 22,5 högskolepoäng. Det påbörjades i november 2010 och arbetet blev klart i maj 2011.

Handledare har varit Urban Persson, studierektor för Energiingenjörsprogrammet
Examinator var Sven Werner, professor i energiteknik
Uppdragsgivare var Ventex Entreprenad AB där Jörgen Granath var kontaktperson.

Jag vill rikta ett stort tack till Urban för stöd och hjälp med slutrapporten. Jag vill även tacka Sven för hjälp med information och referenser. Slutligen vill jag tacka Jörgen för ett intressant examensarbete.

Halmstad, maj 2011

Conny Bengtsson

Innehållsförteckning

1. Inledning 2
   1.1 Bakgrund 2
   1.2 Syfte 2
   1.3 Mål 3
   1.4 Avgränsningar 3
   1.5 Metod 3
2. Ventilation och luftbehandling 5
   2.1 Ventilation 5
   2.2 Historia 7
   2.3 Krav 7
   2.4 SFP-värde 9
   2.5 Beräkningsgrund 9
   2.6 Lägre SFP-värde 12
      2.6.1 Effektiva elmotorer 13
3. Utveckling av analysverktyg 15
   3.1 Analysverktyget 15
      3.1.1 Beskrivning av analysverktygets funktion 15
      3.1.2 Beskrivning av flikar 15
      3.1.3 Användningsområde 20
      3.1.4 Ekonomi 20
      3.1.5 Begränsningar 21
      3.1.6 Utvecklingsmöjligheter 21
   3.2 Hur går en mätning till 21
   3.3 Vilka behöver ett analysverktyg 22
4. Tillämpning av analysverktyg 23
   4.1 Referensobjekt 23
   4.2 Mätning 25
   4.3 Utvärdering 27
   4.4 Resultat 28
5. Slutsats 29
6. Referenser 31

1. Inledning

I detta inledande kapitel redogörs för bakgrunden till examensarbetet. Därefter presenteras syfte och mål med avgränsningar som har styrt och avgränsat arbetet. Kapitlet avslutas med beskrivning av vilka metoder jag använt mig av i projektet.

1.1 Bakgrund

I februari 2005 trädde Kyotoprotokollet i kraft. Kyotoprotokollet innebär bland annat att EU-medlemsländerna ska minska sina utsläpp av växthusgaser till år 2012 med åtta procent under 1990 års nivå (Regeringen, 2002). För att lyckas uppfylla detta avtal så måste vår totala energianvändning minska. År 2002 kom ett direktiv från Europeiska Gemenskapen (EG) gällande byggnaders energiprestanda som också blev svensk lag år 2006. Syftet med direktivet (2002/91/EG) är att minska Europas beroende av importerad energi samt att begränsa koldioxidutsläpp från bostads- och tjänstesektorerna, vilka idag tillsammans utgör 40 % av Europas slutliga energianvändning. I direktivet, under artikel fyra, så anges att kraven på en minskad energianvändning inte får medverka till en försämring av inomhusklimatet (EU-direktiv, 2003).

Regeringen föreslog år 2009 nya nationella klimatmål, varav ett specifikt delmål är en 20 procentig effektivare energianvändning till år 2020 (Energimyndigheten, 2011). I Energimyndighetens rapport ”Energin i våra lokaler” så har elanvändningen för ventilation ökat med 40 % sedan 1990 (STIL 2, 2010). Denna ökning kan verifieras genom Specific Fan Power, (SFP), som är ett värde på hur eleffektivt ett ventilationsaggregat är.

Ventilation innebär förflyttning och utbyte av luft i byggnader för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. I Sverige finns det ungefär 250 000 ventilationsaggregat fördelat på lokaler, skolor, industrier och affärer. 175 000 av dessa ventilationsaggregat behöver åtgärdas eftersom de saknar värmeåtervinning och har en för hög elförbrukning (Svensk Ventilation, 2010). Ventilationsfläktarna i Sverige förbrukar 12,3 TWh per år enligt en undersökning av (Eriksson, Galsgaard, Railio, Permats, 2011). En minskad elanvändning med 30 % till ventilationsfläktar skulle motsvara hela Sveriges årliga vindkraftsproduktion, som för närvarande är 3,5 TWh enligt (Vindstat 2011).

Det finns en ekonomisk lönsamhet för fastighetsägare, samt en besparing som indirekt sker i form av minskade utsläpp av växthusgaser, vid minskat elbehov för ventilationssyften. Beräkningar som gjorts visar att det går att sänka den totala energianvändningen med 20 till 30 % i Sverige och området ventilation har en stor besparingspotential (STIL 2, 2010).

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att kartlägga hur stor besparingspotential det finns i att energieffektivisera byggnaders ventilation samt att ta fram ett användarvänligt analysverktyg (beräkningsverktyg i Microsoft Excel) åt ett ventilationsföretag. Analysverktyget skall underlätta vid företagets utvärdering av den funktion och effektivitet som kundens ventilation eller luftbehandlingssystem har i jämförelse mot givna nyckeltal. Analysverktyget ska främst användas ute på fältet hos kund och vara ett hjälpmedel för personalen.

1.3 Mål

Denna rapport ska klargöra för vilken energieffektiviseringspotential som för närvarande finns inom området ventilation och luftbehandling. Analysverktyget ska producera nyckeltal som är användbara för att mäta hur eleffektiva byggnaders ventilation och luftbehandling är i förhållande mot riktvärden, nyckeltal och myndigheters gällande krav. Analysverktyget skall vara ett hjälpmedel för ventilationstekniker vid kontroll av byggnaders ventilationsaggregat. Efter utförda mätningar på ventilationsaggregatet så skall det vara möjligt, redan på plats hos kunden, att få ut ett resultat av ventilationssystemets funktion och effektivitet.

1.4 Avgränsningar

Den ursprungliga ambitionen var att analysverktyget skulle producera ett SFP-värde på hela fastighetens ventilation ända ut i rummen som betjänas. Då detta är ett allt för stort och omfattande uppdrag med tanke på tidsramen för examensarbetet, så avgränsas omfattningen av analysverktyget räckvidd till mätning av ventilationsaggregatet endast.

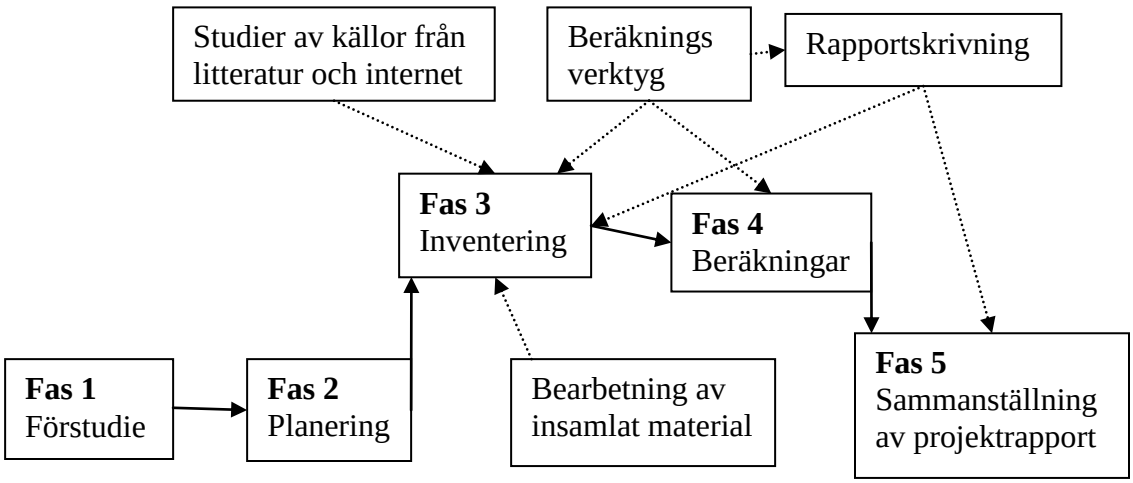
1.5 Metod

Examensarbetet har delats in i olika processer. Det är upplagt som ett projekt med arbetsbeskrivningar för de olika processerna som är indelade i fem faser.

1. Initiering av projekt, (definiera projektet, syfte och mål samt förutsättningar)
2. Förstudie (val av arbetsstruktur, val av lösning och användningsexempel)
3. Planering (organisera projektet, planeringsprocessen, planeringsmetod)
4. Genomförande (inleda och utföra arbetet)
5. Avslut (utvärdera projektet, projektrapport)

Planeringen av examensarbetet har varit en viktig del för att kunna uppnå det resultat som uppdragsgivaren angav som mål. Projektplanering utgick från (Tonnqvist, 2009) för att få en struktur som uppdragsgivaren är van att arbeta med. En Projektplan upprättades innehållande dokumenten, Projektdirektiv, Riskanalys, Intresseanalys, Aktiviteter, Work breakdown structure, (WBS), samt Nätplan, Nätplan med kritisk linje och en Tidplan.

Mötesrutiner för avstämning är en viktig punkt för att se att examensarbetet är på rätt kurs och detta fastställdes till en gång varannan vecka. Detta utgjorde grunden som en första del i examensarbetet och efter det så började genomförandet av projektet. Figur 1.5.1 visar en schematisk bild över examensarbetet med olika faser och deras samband.



Figur 1.5.1 Examensarbetets olika faser.

Arbetet inleddes med att definiera projektet. I fas 1 gjordes en förstudie med hjälp av brainstorming och efter det fick jag många idéer om hur jag skulle gå tillväga. En grov planering lade grunden till projektarbetets upplägg. I fas 2 togs en projektplan fram och godkändes. Genomförandet av projektet började i fas 3 där studier av teorier, regler, krav och lagar från användbara källor först inventerades för att sedan bearbetas vidare.

När all insamlad data från inventeringen var klar och sammanställd så fortsatte jag med beräkningar i fas 4. I fas 3 påbörjades arbetet med beräkningsverktyget som fortsatte till fas 5. Efter det så analyserade jag resultatet och rapporten sammanställdes i sin helhet. Rapportskrivningen började redan i fas 3 och har fortgått till fas 5

Svårigheterna med examensarbetet har varit att få fram information om befintliga beräkningsverktyg, tekniska föreskrifter och statistik för ventilation och luftbehandling som omfattar nyckeltal för ventilationsfläktar. Genom mina undersökningar har jag inte hittat något beräkningsverktyg som är tillgängligt.

2. Ventilation och luftbehandling

I detta kapitel presenteras vad ventilation är för något. SFP-värdets historia och vilka krav som ställs på ventilation för att uppnå ett godkänt behagligt inomhusklimat som är eleffektivt. SFP-talets definition och hur man kan gå tillväga för att erhålla ett lägre SFP-tal.

2.1 Ventilation

Ordet ventilera kommer ifrån latinets *ventus* och betyder ordagrant vind. Synonymer till ordet ventilera är vädra, lufta eller fläkta (Wiktionary, 2010). Ventilation innebär förflyttning och utbyte av luft i byggnader. Det används främst för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. Med ventilationen transporteras fukt och föroreningar bort från rummet och frisk utomhusluft tillförs istället. Luftbehandling innebär att man behandlar ventilationsluften så att den får en önskad behaglig temperatur och rätt sammansättning för sitt ändamål. Det finns flera olika typer av system för att åstadkomma önskat ventilationsresultat.

- S-system, självdrag. Detta system baseras på de termiska drivkrafterna genom att den varma inomhusluften stiger uppåt och försvinner ut ur byggnaden via luftkanaler och det skapas ett undertryck i byggnaden. Undertrycket gör så ny frisk luft sugs in via otätheter i byggnaden. Nackdelen är utebliven möjlighet att styra byggnadens luftomsättning och på sommaren blir ventilationen ofta bristfällig. Det sker ingen rening av luften som också är kall på vintern. Energin i den varma luften tas inte tillvara utan försvinner ut från byggnaden. Det finns FS-system som förstärker självdraget med hjälp av en fläkt.

- F-system, fläktstyrd frånluft. Principen är att en fläkt suger ut luften ur byggnaden och frisk utomhusluft sugs in från vädringsluckor som kan vara försedda med filter. Nackdelen är att luften som kommer in från vädringsluckorna är kall på vintern. F-system tar heller inte vara på energin i den varma luften som lämnar byggnaden via frånluftsfläkten.

- T-system, fläktstyrd tilluft. Principen är att en fläkt blåser in obehandlad utomhusluft in i en byggnad men konceptet används inte vanligtvis p.g.a. det är oekonomiskt.

- FT-system, fläktstyrd till och frånluft. Detta är ett s.k. balanserat system där fläktar styr både till- och frånluften, vilket innebär att mängden luft i byggnaden är i balans och den är filtrerad. Nackdel är att energin i den varma luften som lämnar byggnaden via frånluftsfläkten inte tas tillvara. Systemet har en högre energiförbrukning än fläktstyrd frånluft eftersom det har två fläktar.

- FTX-system, fläktstyrd till och frånluft med värmeåtervinning. Detta är ett balanserat fläktstyrt till- och frånluftsystem med återvinning av värmen i frånluften. Energin i frånluften tas tillvara genom att den passerar en värmeväxlare och förvärmer den inkommande tilluften. Detta ger ofta en hög verkningsgrad på ca 0,8-0,9 för ett nytt normalt aggregat och det erhålls ett kontrollerat inomhusklimat. Ytterligare fördelar är att man sparar energi motsvarande 5000-7000 kWh för en normalstor villa eftersom man slipper tillföra motsvarande värmemängd som istället återvinns av FTX-systemet (Svensk Ventilation, 2010a).

I flerbostadshus och lokaler skiljer sig användningen av olika ventilationssystem mycket åt. Enligt (Fjärrsyn, 2009) så redovisas det efter ett urval av specifik energianvändning lägre än 400 kWh/m^2 i en fördelning av de olika ventilationssystemen till år 2006. Undersökningen visar på att det finns många flerbostadshus med självdrag som är mellan 50-70 år gamla och som behöver moderniseras. Undersökningen visar också att i flerbostadshus så är det störst andel F-system, sedan S-system och endast 15,9 % har moderna FTX-system. FS-system och FT-system har en liten andel. Tabell 2.1.1 visar fördelningen av ventilationssystem i flerbostadshus.

Tabell 2.1.1 Fördelning av ventilationssystem per yta i flerbostadshus

Flerbostadshus							
	Ventilationssystem per milj. m^2 bostadsyta						
Byggår	**S**	**FS**	**F**	**FT**	**FTX**	**Okänt**	**Totalt**
– 1940	15,5	2,3	7,3	1,0	2,5	1,5	30,1
41-60	19,1	2,5	16,6	1,0	1,7	1,7	42,6
61-70	5,8	1,4	28,1	2,2	3,6	1,9	43,1
71-80	0,8	0,4	14	1,6	3,6	1,2	21,6
81-90	0,6	0,2	5,9	1,0	8,5	1,0	17,3
91-00	0,5	0,1	4,7	0,8	4,9	0,4	11,4
01-06	0,2	0,1	1,9	0,4	0,6	0,2	3,4
Ingen uppgift	1,8	0,3	4,3	0,7	1,6	0,5	9,3
Totalt	**44,5**	**7,3**	**82,7**	**8,8**	**27,0**	**8,4**	**179**
Fördelning %	**26,1**	**4,3**	**48,5**	**5,2**	**15,9**		

I tabell 2.1.2, som är gjord efter samma förutsättningar som tabell 2.1.1, visar att det finns en stor skillnad i fördelningen av ventilationssystem i lokaler jämfört med flerbostadshus. Lokaler har störst andel av FTX-system. FT-system står för 13,6 % och S-system och F-system samt FS-system har endast en liten andel.

Tabell 2.1.2 Fördelning av ventilationssystem per yta i lokaler

Lokaler							
	Ventilationssystem per milj. m^2 lokalyta						
Byggår	**S**	**FS**	**F**	**FT**	**FTX**	**Okänt**	**Totalt**
– 1940	2,6	0,6	1,2	2,3	11,9	1,9	20,4
41-60	0,8	0,2	0,8	1,9	10,2	1,2	15,2
61-70	0,4	0	0,9	3,2	15,4	1,7	21,6
71-80	0,2	0,1	0,6	3,2	16,0	1,9	22,1
81-90	0,4	0,1	0,5	1,1	11,7	1,2	15,0
91-00	0,1	0,1	0,2	1,5	7,7	0,5	9,9
01-06	0	0,1	0,3	0,2	3,3	0,2	4,1
Ingen uppgift	1,1	0,4	0,9	2,9	14,3	1,8	21,5
Totalt	**5,6**	**1,6**	**5,4**	**16,2**	**90,6**	**10,5**	**130**
Fördelning %	**4,7**	**1,3**	**4,5**	**13,6**	**75,9**		

Det finns olika typer av ventilationssystem som förser byggnader med frisk luft. Men det är endast 21,1 % av flerbostadshusen som har ett kontrollerat inomhusklimat, eftersom nästan hälften består av frånluftsystem. I kategorin lokaler är det nästan 90 % som har ett kontrollerat inomhusklimat med FT och FTX- system. Eftersom nästan fem procent består av frånluftssystem så det är en stor differens mellan byggnadernas ventilationssystem.

2.2 Historia

Svenska inneklimat institutet (SIKI) lanserade begreppen VAS-klass (Ventilation Air Conditioning System) och SFP år 1991. VAS-klass används i planeringsstadiet för att bestämma eleffektbehovet och energiförbrukningen för lufttransport i en hel byggnad och finns definierat i SIKI´s skrifter A2 och R2. I samband med att krav ställdes på effektiv elanvändning i byggnader (BFS 1993:57) så introducerade Föreningen V (Ventilation-Klimat-Miljö) ett SFPv-värde med index ”V” i sin V-skrift 1995:1.

Föreningen V definierade ett komplett godhetstal för att möjliggöra en bedömning av hur eleffektiv en enskild fläkt eller ett ventilationsaggregat är. År 2000 kom det nya rekommendationer från Föreningen V om SFPv-värdet. Leveranskontroll skall i första hand ske i laboratorium hos tillverkaren så aggregaten har ett SFP-värde. Detta underlättar för projektören när ventilationssystemet konstrueras (Föreningen V, 2000).

Föreningen V bytte namn till Svensk Ventilation under år 2000. Det är ventilationföretagens branschorganisation. Svensk Ventilation representerar cirka 100 ventilationsföretag från tillverkare till installatörer. Organisationens uppdrag är att se till så att marknaden för ventilationsföretag växer.

SIKI är en bifirma till EMTF Förlag AB, som ägs av Energi- och Miljötekniska Föreningen (EMTF, 2011). Energi- och Miljötekniska Föreningen var tidigare VVS Tekniska Föreningen men gjorde ett namnbyte 1/1 -2009 (EMTF 2011a). Energi- och Miljötekniska Föreningen är en Riksförening för energi- och miljöteknik som bl.a. arbetar med kompetensutveckling, nätverksbyggande samt informationsspridning och har ca 7500 medlemmar (EMTF, 2011b).

2.3 Krav

Kraven på ventilation grundar sig på olika lagar. Lagarna beslutas av riksdagen. Regeringen utfärdar lagar och förordningar. Förordningarna ger olika myndigheter tillstånd att utfärda ännu mer detaljerade föreskrifter och allmänna råd. Information om vilka krav som ställs på ventilation, luftkvalité och luftväxling återges i tabell 2.3.1, som är en översikt av gällande lagar, förordningar, föreskrifter och allmänna råd (Boverket, 2011).

Tabell 2.3.1 Översiktstabell med krav på luftbehandling

Lagar	Miljöbalken	Arbetsmiljölagen	Bygglagstiftningen, PBL, BVL
Förordningar (tvingande från regeringen)	Miljöbalk SFS 1998:900	Arbetsmiljöförordningen SFS 1997:1166	Plan och byggförordningen SFS 1987:383 Byggnadsverksförordningen SFS 1994:1215 SFS 1991:1273 Funktionskontroll av ventilationssystem (OVK)
Föreskrifter (tvingade från myndigheter)		AFS 1999:3 AFS 2005:17 AFS 2009:2	BFS 1996:56 - ÖVR 80 BFS 2009:5 - ÖVR 85 BFS 2008:6 - BBR 15 BFS 2008:20 - BBR 16
Allmänna råd (ej tvingade från myndigheter)	SOSFS 1991:25 SOSFS 2005:15	Allmänna råd i AFS	Allmänna råd i BFS BÄR

Lagar och förordningar kompletteras av föreskrifter och råd i Arbetsmiljöverkets författningssamlingar (AFS) och i Boverkets författningssamling (BFS). Det är mycket information att ta in från tabell 2.3.1. I nedanstående referenser finns väsentlig information om vilka bestämmelser som gäller för ventilation.

- VVS tekniska föreningen har gett ut en samlad skrift om krav och råd från svenska myndigheter samt gällande svensk standard för att definiera inneklimatkvalitetens grundnivå**.** R1-Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav (R1, 2006).

- Boverkets byggregler, BBR 2008 innehåller Boverkets författningssamling, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. 2008:6 – BBR 15 (BBR 15, 2008).

- Boverkets byggregler, BBR (BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. 2008:20 -BBR 16). Avsnitt 9. Energihushållning för effektiv elanvändning,(BBR 16, 2009).

Boverket har krav på att tillförsel av uteluft i bostäder skall kontinuerligt vara minst 0,35 l/s per m^2 golvarea när bostaden används. Socialstyrelsen allmänna råd är att i bostäder bör den specifika luftomsättningen inte understiga 0,5 rumsvolymer per timme. Uteluftsflödet bör heller inte understiga 4 l/s per person och dessa riktvärden är vägledande. Arbetsmiljöverket har krav på arbetsplatser. I lokaler där personer vistas mer än tillfälligt behövs det ett uteluftsflöde på 7 l/s och person vid stillasittande arbete samt ett tillägg på 0,35 l/s och m^2 golvarea.

Obligatorisk ventilationskontroll (OVK) infördes år 1992. Kontrollen utförs främst på flerbostadshus med olika intervaller beroende på ventilationssystem. OVK besiktningen kontrollerar att ventilationen uppfyller de krav som ställdes då byggnaden uppfördes. Denna besiktning är ingen garanti för att byggnaden har ett godkänt inneklimat eller en eleffektiv ventilation (Svensk Ventilation, 2005).

Boverket har som målsättning att med nya energiregler så ska nya byggnaders energianvändning minska. Detta uppnås med en tydlig mätbar övre gräns för byggnaders energianvändning. Gränserna för energianvändning anges i BBR och förväntningen är att energianvändningen ska minska med antalet nya hus. Den 2 maj 2011 träder en ny författning i kraft, BFS 2011:6 - BBR 18 och BFS 1993:57, upphört att gälla. Äldre föreskrifter ska fortfarande gälla för ärenden som har påbörjats före den 2 maj 2011. BBR 18 innehåller inga ändringar i sak. Anledningen är att samtidigt träder en ny plan- och bygglag (2010:900) och en ny plan- och byggförordning (2011: 338) i kraft. Reglerna har fått korrekta hänvisningar till den nya lagen och förordningen och begreppen har setts över så att de stämmer med den nya lagtexten (BBR 18, 2011).

2.4 SFP-värde

Specific Fan Power, SFP (Specifik fläkt effekt) är ett mått på en fläkts/aggregats eleffektivitet och anges i enheten kW/(m^3/s) (R2,1991). SFP-värdet för ventilationsaggregatet är den eleffekt som fläktarna förbrukar per kubikmeter behandlad luft. Genom att dividera effekten som fläktarna förbrukar med det största luftflödet, så erhålls ett SFP-värde. Syftet är att med så liten tillförd effekt som möjligt förflytta en viss mängd luft. Krav på ett bra SFP-värde för ventilationssystem framgår av tabell 2.4.1. SFP-värden gäller vid nybyggnationer (BBR 16, 2009).

Tabell 2.4.1 SFP-värden för olika ventilationssystem

Ventilationssystem	SFP, kW/(m^3/s)	Kommentar
Från & tilluft med återvinning	2,0	Krav
Från & tilluft utan återvinning	1,5	Krav
Frånluft med återvinning	1,0	Krav
Frånluft	0,6	Krav

Högre SFP-värden kan vara acceptabla för ventilationssystem med varierande luftflöden, mindre luftflöden än 0,2 m^3/s eller drifttider kortare än 800 timmar per år.

2.5 Beräkningsgrund

I SIKI´s skrift (R2,1991) definieras SFP-värdet enligt följande ”Sammanlagd eleffekt för luftdistributionssystemets samtliga fläktar dividerade med totalluftsflödet genom byggnaden vid dimensionerade belastningsförhållanden, kW/(m^3/s)”.

Begreppet ”Totalluftsflöde” är inte entydigt definierat och i SIKI´s skrift (A2,1991) anges att frånluftsflödet lämpligen kan användas. Föreningen V definierar SFP-talet även för hel byggnad och värmeåtervinningsaggregat samt enskilda aggregat/fläktar och SFP-talet får index v. De redovisar också hur kontroll av aggregat/fläktar mot tillverkarens specifikation går till.

Formel (1) är basen för SFP-värdets definition (A2,1991 s 23) och formel (2) är en senare definition som är likvärdig (Nilsson 2003,s 408-409). Formel (3-4) används för beräkning av enskilt aggregat. Formel (5-6) används till beräkning av eleffektbehovet till fläkt. Formel (7) används vid beräkning av temperaturverkningsgraden på värmeväxlaren (Svensk Ventilation, 2003).

$$SFP = \frac{P_{tf}+P_{ff}}{q_f} \qquad (1)$$

SFP = Specifik fläkteffekt (kW/(m^3/s))
P_{tf} = Total fläkteleffekt för tilluftsfläktar vid dimensionerande luftflöde (kW)
P_{ff} = Total fläkteleffekt för frånluftsfläktar vid dimensionerande luftflöde (kW)
q_f = Dimensionerande luftflöde genom byggnaden, lämpligen frånluftsflödet (m^3/s)

$$SFP = \frac{\dot{W}t}{\dot{V}} \qquad (2)$$

SFP =Luftbehandlingssystemets specifika fläkteffekt (kW/(m^3/s))
$\dot{W}t$ = Effekten från alla fläktarna i luftbehandlingssystemet (kW)
$\dot{V}$= Det största av luftflödena (m^3/s)

Ett separat till eller frånluftsaggregat och enskilda fläktar
Eleffekten för fläkt i (kW) dividerat med luftflödet uttryckt i m^3/s vid belastningstillfället som råder och med rena filter. För CAV system (Constant Air Volume) och VAV system (Variable Air Volume) finns särskilda krav (Föreningen V, 2000 s 6).

$$SFP_v = \frac{P_{nät}}{q} \qquad (3)$$

SFP_v = Aggregatets/ fläktens specifika fläkteffekt (kW/(m^3/s))
$P_{nät}$ = Aggregatets/ fläktens fläkteleffekt (kW)
q = Aggregatets/ fläktens luftflöde (m^3/s)

Värmeåtervinningsaggregat
Den sammanlagda eleffekten för aggregatens fläktar i (kW) dividerat med det största av tilluftsflödet eller frånluftsflödet (ej uteluftsflöde eller avluftsflödena) uttryckt i m^3/s vid belastningstillfället som råder och med rena filter (Föreningen V, 2000 s 6).

$$SPF_v = \frac{P_{nät,TF} + P_{nät,FF}}{q_{max}} \qquad (4)$$

SFP_v= Värmeåtervinningsaggregatets specifika fläkteffekt (kW/(m^3/s))
$P_{nät\ TF}$ = Tilluftsfläktens fläkteffekt (kW)
$P_{nät\ FF}$ = Frånluftsfläktens fläkteffekt (kW)
q_{max} = Det större av aggregatets till eller frånluftsflöde (m^3/s)

Beräkning av eleffektbehovet till fläkt
Den aktiva eleffekten från elnätet för varje fläkt beräknas enligt (Föreningen V, 2000 s 7-8).

$$P_{nät} = \frac{q_{fl} \cdot \Delta p_{fl}}{\eta_{tot}} \qquad (5)$$

$P_{nät}$ = Uttagen aktiv effekt från elnätet (kW)
q_{fl} = Luftflödet genom fläkten (m^3/s)
Δp_{fl} = Fläktens totala tryckuppsättning (Pa) (tryckökning över fläkten)
$\eta_{tot} = \eta_{fl} * \eta_{tr} * \eta_m * \eta_r$
η_{fl} = Fläktens verkningsgrad
η_{tr} = Mekanisk transmissionsgrad, fläkthjul direkt axel =1,0, axelkoppling = 0,98
η_m = Elmotorns verkningsgrad, hämtas från motortillverkaren
η_r = Reglerutrustningens verkningsgrad

$$P_{nät} = \frac{P_{fl}}{\eta_{fl} \cdot \eta_m \cdot \eta_r} \qquad (6)$$

$P_{nät}$ = Uttagen aktiv effekt från elnätet (kW)
P_{fl} = Fläktaxeleffekt (kW)
η_{fl} = Fläktens verkningsgrad
η_m = Elmotorns verkningsgrad, hämtas från motortillverkaren
η_r = Reglerutrustningens verkningsgrad

Beräkning av värmeväxlarens verkningsgrad
Hur effektiv en värmeväxlare är anges med verkningsgraden. Denna definieras som förhållandet mellan utnyttjad temperaturskillnad och maximalt tillgänglig temperaturskillnad och beräknas enligt formel 7.

$$\eta_t = \frac{T_t - T_u}{T_f - T_u} \qquad (7)$$

η_t = Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad (%)
Tt = Tilluftstemperaturen efter värmeväxlaren (^{0}C)
Tf = Frånluftstemperaturen före värmeväxlaren (^{0}C)
Tu = Uteluftens temperatur (^{0}C)

Beroende på vilken sorts FTX-system som avses och hur gammalt det är så skiljer sig verkningsgraden åt. Tabell 2.5.1 visar hur verkningsgraderna skiljer sig åt för olika FTX-system. Dessa gäller när ett FTX-system har sin fulla funktion och ska gälla som riktvärden eftersom skillnader finns (Dahlblom. M & Warfvinge.C, 2010 och Svensk Ventilation, 2011). Värden för äldre FTX-system är antagna då ingen information var tillgänglig.

Tabell 2.5.1 Verkningsgrader för olika FTX-system

FTX-system	Nya	Äldre
Roterande vvx	0,8-0,85	0,6-0,7
Korsström vvx	0,6-0,7	0,5-0,6
Motström vvx	0,75–0,9	0,6-0,75
Vätska	0,5-0,6	0,5

2.6 Lägre SFP-värde

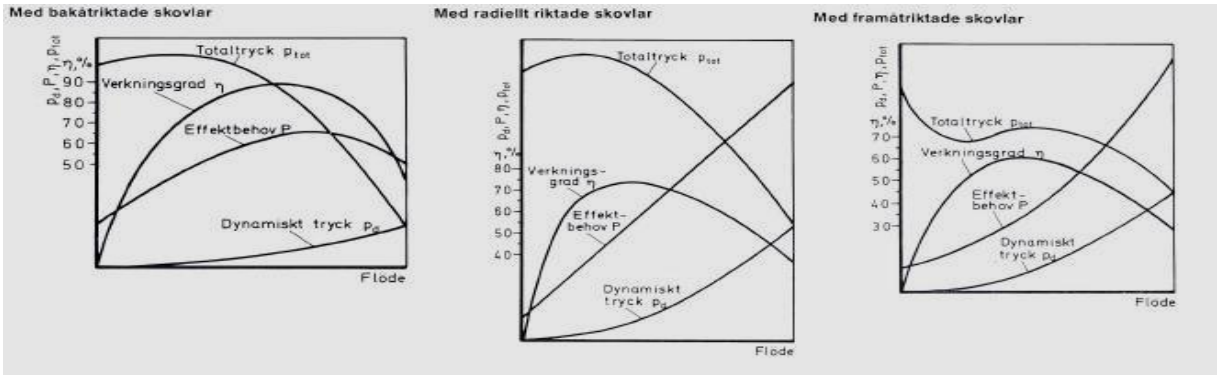
Vid projektering av ett nytt luftbehandlingssystem så ska det konstrueras eleffektivt enligt BBR´s krav på SFP-värde. Konstruktionsmässigt så är det totala tryckfallet över anläggningen en parameter som direkt påverkar SFP-värdet. Högre tryckfall i kanalsystemet ger högre SFP-värde och en ökad energiförbrukning samt driftskostnad. Det finns en tumregel mellan maximalt kanaltryck och SFPv som tabell 2.6.1 visar (Fläktwoods, 2009).

Tabell 2.6.1 SFPv-värden vid max kanaltryck

SFPv, kW/(m3/s)	Max kanaltryck (Pa)
2,5	250
2,0	200
1,5	150
1,0	100

Den vanligaste fläkten i ventilationssystem är radialfläkten. Det är en centrifugalfläkt som utnyttjar centrifugalkraften för att åstadkomma tryck- och hastighetsökningar. Luften strömmar in axiellt och slungas ut radiellt med hjälp av centrifugalkraften. Inlopps- och utloppsöppningarna är placerade i 90 graders vinkel mot varandra.

Befintliga luftbehandlingssystem har oftast radialfläktar med framåtböjda skovlar och remdrift. Det är på grund av att investeringskostnaden är lägre. Dessa fläktar kan skapa ett stort luftflöde och en hög tryckuppsättning men nackdelen är låg verkningsgrad (ca 55-65 %) och hög ljudnivå. Fläktar med bakåtböjda skovlar har en högre verkningsgrad (ca 75-85 %) och de är tystare, men tar större plats och är dyrare. Fläktar med radiellt riktade skovlar förekommer inte i ventilationssystem i byggnader. Figur 2.6.1 visar skillnaden i verkningsgrad på radialfläktar med olika sorters skovlar.



Figur 2.6.1. Karaktäristiska kurvor för radialfläktar med olika skovlar**.** Källa: VVS handboken.

Skillnaden i verkningsgrad beror på skovlarnas riktning i förhållande till rotationsriktningen (Dahlblom. M & Warfvinge.C,2010). Ur fläktdiagram från leverantör kan effektbehovet avläsas vid aktuell driftpunkt och i förhållande till det tillförda effektbehovet, få fram en fläktverkningsgrad.

Fläktverkningsgraden kan beräknas fram enligt formel 8 (Jernkontoret 2011).

$$\eta_{tot} = \frac{\Delta_p * Q}{P_{el} * 1000} \qquad (8)$$

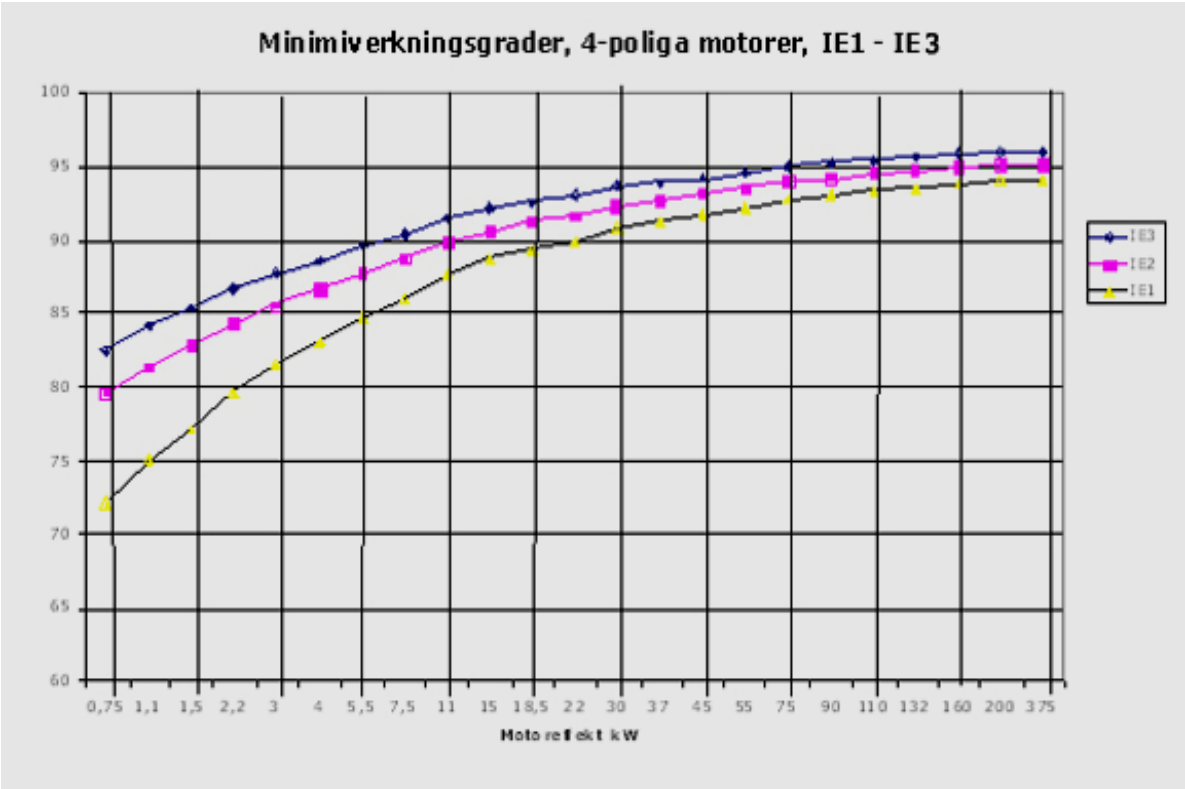
η_{tot} = Fläktens totalverkningsgrad
Δp = Totaltryckökningen mellan fläktens anslutningsöppningar (Pa)
Q = Luftflöde genom fläkt (m^3/s)
P_{el} = Tillförd aktiv eleffekt (kW)

Byte till bakåtböjda skovlar och direktdrift minskar energibehovet med minst 50 %. Undersökningar som gjorts på frånluftsystem visar att SFP-värdet på 0,7-2,0 kW/(m^3/s) har minskat till ca 0,3-0,6 kW/(m^3/s) genom utbyte av fläktar och motorer. Moderna ventilationsdon med låga tryckfall medverkar också till ett lägre SFP-värde (Ebmpapst AB, 2011).

2.6.1 Effektiva elmotorer

En ny standard för klassificering av trefasiga asynkronmotorer har introducerats av IEC (International Electrotechnical Commission) under 2008. Det är ett EU-krav på energieffektivitet och ekodesign hos elmotorer i det aktuella effektområdet 0,75-375 kW. Ekodesignkraven på elmotorer kan spara 135 TWh el per år inom EU år 2020. De nya reglerna för bestämning av förluster och verkningsgrad för olika motorstorlekar är indelade i IE (International Efficiency) klasser. De finns angivna i IEC 60034-30: 2008.

Inom IEC övervägs även införandet av ytterligare en klass IE4. Kravet är att de motorförluster som accepteras i klassen IE3 ska reduceras med ytterligare 15 %. Motorklasserna har beteckningarna IE1, IE2 och IE3, där IE3 har högst verkningsgrad. Skillnaderna i motorverkningsgrad för 4-poliga motorer framgår av figur 2.6.2. Kraven för motorerna skärps allt eftersom tekniken ständigt utvecklas (Energimyndigheten, 2011a).



Figur 2.6.2 Verkningsgrader för olika motorstorlekar i klasserna IE1, IE2 och IE.
Källa: www.energimyndigheten.se.

Verkningsgraden på elmotorn är ett mått på hur bra den omvandlar elektrisk energi till nyttigt arbete. Energi som går förlorad i processen avges från motorn som värme. En Electronically Commutated motor (EC-motor) har lägre energiförluster än en asynkronmotor och därmed motsvarande lägre värmeförluster. Det ger en mycket högre verkningsgrad än en asynkronmotor med samma effekt. EC-motorer kan varvtalsregleras till 100 % utan att motorns livslängd påverkas och den förbrukar i medeltal 30 % mindre energi än motsvarande växelströmsmotorer. I vissa applikationer ca 50 % mindre (Systemair, 2011).

När krav ställdes på ”effektiv elanvändning i byggnader” i början av 1990-talet så innefattade det även elanvändning till ventilationsfläktar. SFP-värdet infördes för att kunna bedöma hur eleffektiv en ventilationsfläkt är i förhållande till dess lufttransport. Det är lagar utfärdade av regeringen som styr vilka krav som ställs på ventilation, luftkvalité och luftväxling.

Med ökade krav på minskad energianvändning i byggnader har Boverket infört SFP-värde för olika ventilationssystem i nya byggnader. Med hjälp av olika formler för olika sorters ventilationssystem så kan SFP-värdet beräknas fram. Utbyte till en ventilationsfläkt med bakåtböjda skovlar och direktdrift kan ge en energibesparing på upp till 50 %.

Användning av högeffektiva elmotorer leder till en minskad elanvändning när befintliga elmotorer byts ut mot nya med ekodesign. EC-motorn förbrukar ca 30 % mindre energi än motsvarande asynkronmotor eftersom den har lägre värmeförluster.

3. Utveckling av analysverktyg

I detta kapitel beskrivs hur analysverktyget är uppbyggt, hur det fungerar. Hur en mätning går till och vad man ska mäta. Verktygets begränsningar och vilka utvecklingsmöjligheter det har.

3.1 Analysverktyget

Ventilationsteknikerna som ska använda verktyget antas inneha en viss datavana och att arbeta i Windows miljö är då inget nytt område. Valet blev då att bygga analysverktyget i Microsoft Excel för att det hanterar formler och beräkningar på ett bra sätt samt är konvertibelt med andra program. De ekonomiska kalkylerna är också fördelaktigt att bygga i programmet, då det finns färdiga funktioner att använda sig av.

Kraven på analysverktyget är att det ska vara användarvänligt och på ett enkelt sätt kunna konverteras till ett annat programspråk. Det får inte vara mer än 5-10 % felmarginal på energianalysen.

3.1.1 Beskrivning av analysverktygets funktion

Analysverktyget utför en analys utifrån mätvärden som skrivits in i verktyget och resultatet i form av nyckeltal jämförs mot angivna referenser och krav. Resultatet ger en första utvärdering av mätobjektet. Vidare utvärdering för att kunna presentera olika förslag med lönsamma åtgärder för kunden får i detta skede utföras av lämplig person manuellt.

3.1.2 Beskrivning av flikar

Analysverktyget är uppdelat i olika *flikar* för att det ska ge en bra överblick över dess faciliteter. Det ska vara lätt att hantera av användaren, med ett logiskt upplägg. Inledningen beskriver hur analysverktyget är uppbyggt med olika flikar. Till varje flik finns det en beskrivning som ger en förklaring om innehåll och vad som ska utföras. Hjälpflikar är till för att hjälpa ventilationsteknikern om personen ifråga är osäker på rimligheten från mätresultatet. Det innehåller också olika saker att tänka på från tidigare erfarenheter som kan vara till hjälp när det uppstår problem vid mätningen och återfinns under fliken *loggbok*.

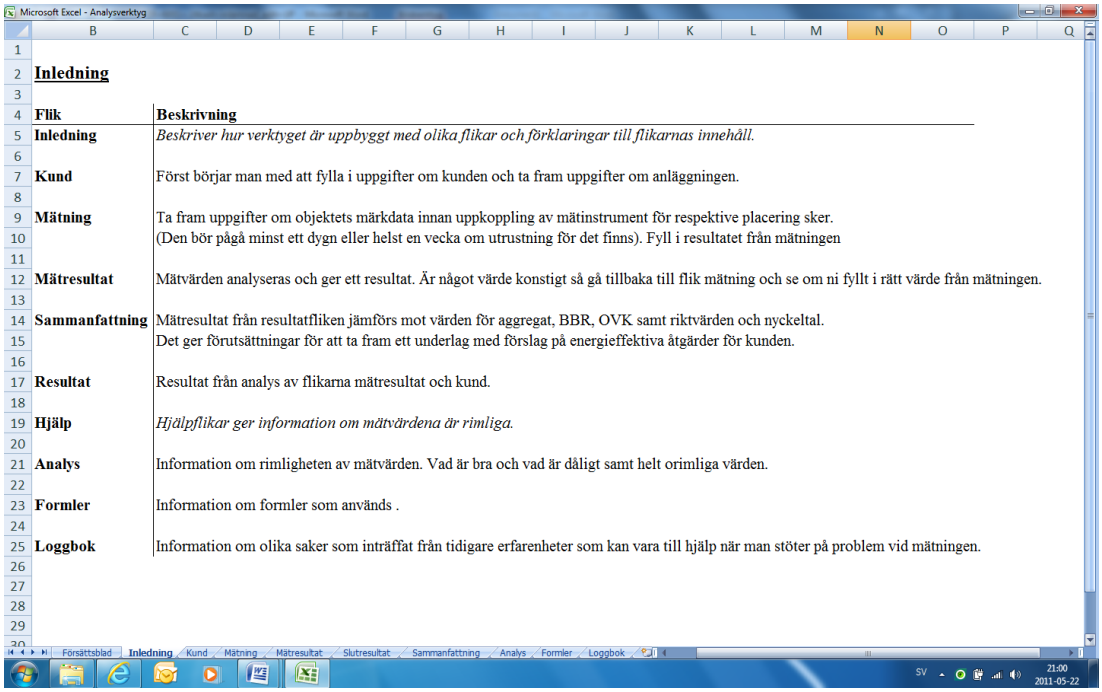
Figur 3.1.2 visar försättsblad till analysverktyget som illustrerar innehållet med ventilationsrör i bakgrunden. Flikarna som visas nedan i kapitlet är hämtade från verktyget som ”print screen” bilder.

Figur 3.1.2 Försättsblad till analysverktyget.

Inledning är den flik som beskriver hur verktyget är uppbyggt med olika beskrivningar för respektive flik enligt figur 3.1.3. I fliken *kund* skrivs uppgifter om kunden och framtagna uppgifter om anläggningen in. Nästa flik är *mätning*, där uppgifter om aggregatets märkdata skrivs in före inkoppling av mätutrustning. För att sedan börja med utförandet av själva mätningen.

Mätvärden från mätinstrumenten fylls i enligt positionsnummer och analyseras sedan vidare i fliken *mätresultat* och verkar något värde konstigt, så kontrolleras att rätt mätvärde är ifyllt i föregående flik. En sammanfattning från flikarna *kund* och *mätresultat* finns nu under fliken *slutresultat*. *Sammanfattning* är den flik som ger en slutsummering ifrån mätningen och i jämförelser mot kända referenser så ger den även ett resultat på energiförbrukning och kostnad per år.

Hjälpfliken *analys* är till för att ge information om mätvärden är rimliga och det finns en mängd referensvärden för ett luftbehandlingssystem som är användbara för att bedöma rimligheten av mätresultat. I fliken *formler* finns uppgifter om vilka formler som används vid beräkningar av verktyget. Dessa kan användas för att manuellt kontrollräkna om något är orimligt. Avslutningsvis finns en *loggbok* som ska ge information om olika saker som inträffat från tidigare erfarenheter och som kan vara tills stor hjälp när problem uppstår vid mätningar. Den blir mer komplett desto fler mätningar som utförs.

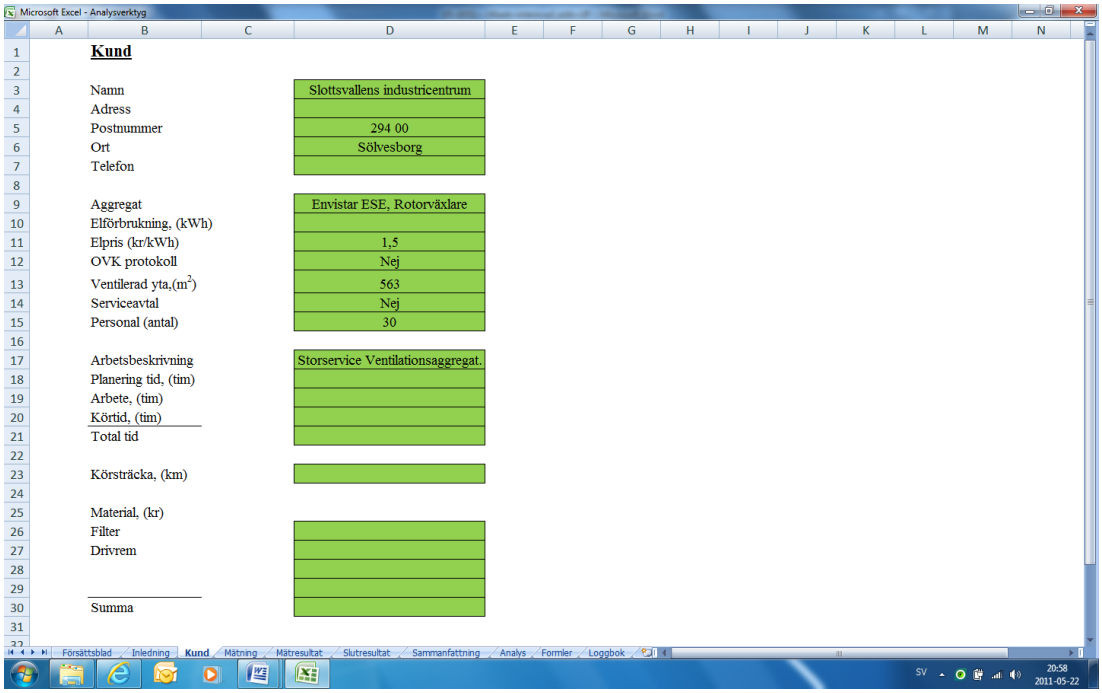


Inledning

Flik	Beskrivning
Inledning	*Beskriver hur verktyget är uppbyggt med olika flikar och förklaringar till flikarnas innehåll.*
Kund	Först börjar man med att fylla i uppgifter om kunden och ta fram uppgifter om anläggningen.
Mätning	Ta fram uppgifter om objektets märkdata innan uppkoppling av mätinstrument för respektive placering sker. (Den bör pågå minst ett dygn eller helst en vecka om utrustning för det finns). Fyll i resultatet från mätningen
Mätresultat	Mätvärden analyseras och ger ett resultat. Är något värde konstigt så gå tillbaka till flik mätning och se om ni fyllt i rätt värde från mätningen.
Sammanfattning	Mätresultat från resultatfliken jämförs mot värden för aggregat, BBR, OVK samt riktvärden och nyckeltal. Det ger förutsättningar för att ta fram ett underlag med förslag på energieffektiva åtgärder för kunden.
Resultat	Resultat från analys av flikarna mätresultat och kund.
Hjälp	*Hjälpflikar ger information om mätvärdena är rimliga.*
Analys	Information om rimligheten av mätvärden. Vad är bra och vad är dåligt samt helt orimliga värden.
Formler	Information om formler som används .
Loggbok	Information om olika saker som inträffat från tidigare erfarenheter som kan vara till hjälp när man stöter på problem vid mätningen.

Figur 3.1.3 Inledning med beskrivning av verktygets flikar.

I *kundfliken* fylls uppgifter i som är specifika för kunden och dess anläggning. Det är viktigt att få fram information om kundens verksamhet samt uppgifter om energiförbrukningar för att uppnå en analys med ett rättvisande resultat, Figur 3.1.4 visar vilka uppgifter om kunden som ska skrivas in för att utgöra ett underlag för vidare analys.

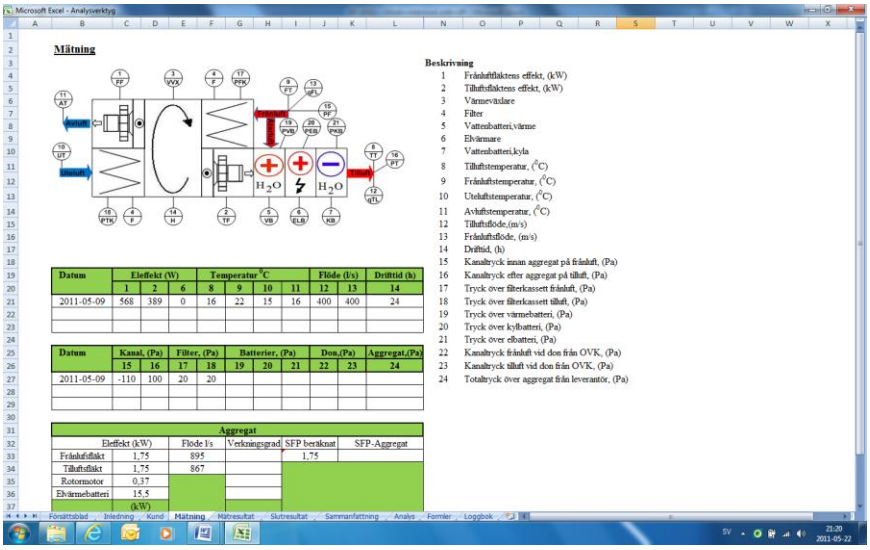


Kund

Namn	Slottsvallens industricentrum
Adress	
Postnummer	294 00
Ort	Sölvesborg
Telefon	
Aggregat	Envistar ESE, Rotorväxlare
Elförbrukning, (kWh)	
Elpris (kr/kWh)	1,5
OVK protokoll	Nej
Ventilerad yta,(m^2)	563
Serviceavtal	Nej
Personal (antal)	30
Arbetsbeskrivning	Storservice Ventilationsaggregat.
Planering tid, (tim)	
Arbete, (tim)	
Körtid, (tim)	
Total tid	
Körsträcka, (km)	
Material, (kr)	
Filter	
Drivrem	
Summa	

Figur 3.1.4 Kundflik med information om kunden.

I fliken *mätning* förs mätvärden in från mätningen och uppgifter om objektet enligt figur 3.1.5. Det är många mätpunkter enligt positionsnumrering, så det är viktigt att det skrivs in på ”rätt” plats. Denna flik tillsammans med *kundfliken* är de viktigaste, för dessa flikar är analysverktygets ”input” och blir något fel ifyllt så har det en ”direkt” påverkan av det slutgiltiga resultatet av analysen.

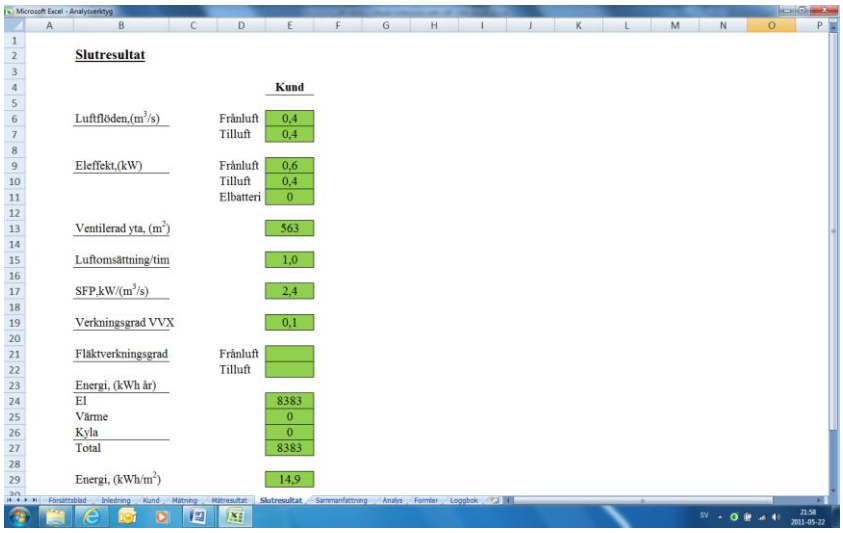


Figur 3.1.5 Mätningsfliken med olika positionsnummer.

Mätvärden från tidigare flikar analyseras och presenteras i figur 3.1.6. Det finns även riktvärden på verkningsgrad och SFP-värde som hjälpmedel vid jämförelse av mätvärden. Denna flik ger en samlad bild, ett mätresultat utifrån mätningen och från uppgifter som skrevs in i fliken *kund*. *Mätresultatet* redogör för; luftomsättningen per timme, SFP-värde, eleffekt på ventilationsfläktar, effekter på värme och kylbatteri, verkningsgrad på värmeväxlaren, drifttid och slutligen ventilationssystemets energiförbrukning.

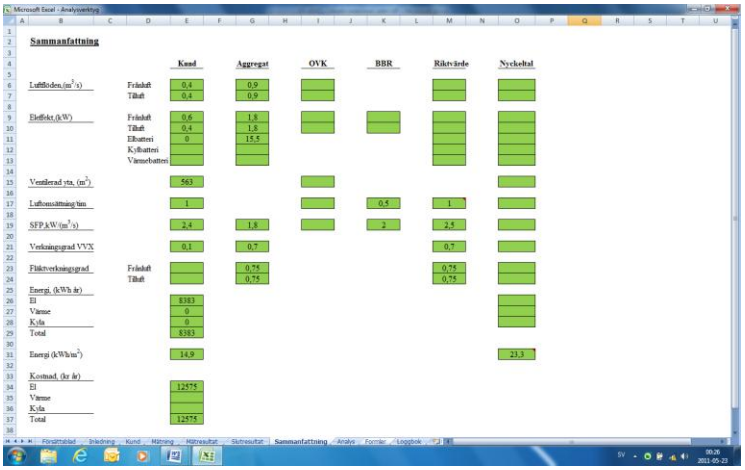
Figur 3.1.6 Mätresultat ifrån mätningen.

Analyserna av mätvärden ifrån flikarna *kund* och *mätning* förs automatiskt in till fliken *slutresultat*, där det sammanfattas i olika enheter och ger ett överskådligt slutresultat ifrån mätningen. Figur 3.1.7 visar *resultatet* som presenteras i fliken och det innefattar; ventilationssystemets luftflöden, aggregatets eleffekt, ventilerad yta, luftomsättningen, SFP-värde, verkningsgrad värmeväxlare, fläktverkningsgrad och energiförbrukning per år samt energiförbrukning per kvadratmeter.



Figur 3.1.7 Slutresultat av analyserna ifrån tidigare flikar.

En slutgiltig *sammanfattning* utförs i samband med att analyserna jämförs med kända referenser och det utgör resultatet ifrån mätningen på testobjektet. Figur 3.1.8 visar sammanfattningen av analysen. Från flik *slutresultat* exporteras värden till flik *sammanfattning* och värdena jämförs mot andra kända referenser, OVK, BBR, riktvärden samt nyckeltal. Alla kolumner är inte ifyllda pga. mätning utfördes inte på alla punkter enligt figur 3.1.5. Det saknas information från OVK-besiktning, samt nyckeltal och riktvärden som varit svåra att få information om enligt kap 1.5.



Figur 3.1.8 Sammanfattning av mätresultat.

En närmare beskrivning av vilka mätvärden som ska mätas och med vilken utrustning förtydligas i kapitel 3.2 som redogör för hur en mätning av ett testobjekt går till.

3.1.3 Användningsområde

Analysverktyget primära uppgift är utföra en energianalys, men har visats sig även användbart vid felsökning av ventilationssystem. Resultat från mätningar blir väl synliga i analysen och det underlättar arbetet för ventilationsteknikern vid felsökning. Det ger en översikt på om något värde skiljer sig från normala riktvärden i analysen. Resultat från analyserna användes till att beräkna fram olika lösningar för kunden. Det ska vara lönsamt för kunden att göra investeringar för att minska sin energianvändning och uppnå en energieffektivare ventilation samt ett godkänt inneklimat.

3.1.4 Ekonomi

Ekonomiska kalkylmetoder för investeringar som används är Pay off-metoden och LCC. Vid framtagande av offerter till kunder innehållande lönsamma åtgärder kan det presenteras med LCC-analys eller Pay off-metoden.

Investering enligt Pay off-metoden i formel 9 används för att beräkna återbetalningstiden för ett investeringsalternativ (Wikipedia, 2011).

$$T = \frac{G}{a} \qquad (9)$$

T = Pay off –tid (år)
G = Investeringskostnaden (SEK)
a = Årskostnad, netto (SEK)

Livscykelkostnad (LCC) anger totalkostnaden för en utrustning under hela dess livslängd, enligt formel 10 (Adalberth. K & Wahlström.Å, 2008).

$$LCC = \text{investering} + (LCC_{energi} + LCC_{underhåll} + LCC_{miljö}) \qquad (10)$$

Investering (kr)
LCC_{energi} = ρo*energipris*årlig energianvändning (kr)
$LCC_{underhåll}$ = Underhållskostnader för den energieffektiva åtgärden (kr)
$LCC_{miljö}$ = Kostnader för den miljöbelastning som uppstår av investeringen (kr)
ρo= Nsf, skillnaden mellan real kalkylränta och real prisökning respektive kalkylperiod (%)

Nusummefaktorn (Nsf) är en funktion av räntesats och ekonomisk livslängd för investeringen och beräknas fram ur formel 11. Den kan beräknas fram och även avläsas ur färdiga tabeller (Swedisol, 2011).

$$Nsf = [1 - (1 + r)^{(-n)}]/r \qquad (11)$$

r = Räntesatsen i decimalform
n = Antal år

Dessa kalkylmetoder är vanligt förekommande idag. Pay off-metoden ger ett svar på hur snabbt en investering är intjänad, men den tar ingen ”hänsyn” till inflation och räntor. LCC anger totalkostnaden för investeringen under hela dess livslängd och i många offerter så anges LCC. Det är viktigt att utvärdera en offert med hänsyn till investeringskostnad och underhållskostnaden. Energi och miljökostnader blir en allt viktigare parameter i dagens samhälle och får inte glömmas bort. Fördelen med att använda LCC är att den tar hänsyn till alla kostnader under en investerings livslängd medan Pay off-metoden endast anger hur många år det tar för att investeringen ska vara betald.

3.1.5 Begränsningar

Analysverktyget har sina begränsningar och lämpar sig i nuläget endast för mätningar av;

- F-system, fläktstyrd frånluft
- FT-system, fläktstyrd till och frånluft
- FTX-system, fläktstyrd till och frånluft med värmeåtervinning

3.1.6 Utvecklingsmöjligheter

Det finns en stor möjlighet att utveckla analysverktyget eftersom det är gjort i Microsoft Excel, som är konvertibelt med andra programvaror. Loggning av mätvärden under en längre tidsperiod blir tillförlitligare än den manuella mätningen. Resultatet från loggningen av mätvärden kvalitetssäkras och presenteras på ett tydligt sätt. Detta resultat tillsammans med en åtgärdsplan för olika investeringsalternativ presenteras för kunden. Det förtydligar vad som behövs åtgärdas och vilken energibesparing som kan uppnås samt vad det kostar.

Tanken är att ventilationsföretaget ska fortsätta att utveckla analysverktyget så att det täcker in alla typer av ventilationssystem. När det är färdigutvecklat ska det ta fram ett SFP-värde på hela byggnadens ventilation ända ut i rummen som betjänas oavsett vilket användningsområde det handlar om och få namnet ”SFP-anläggning”.

3.2 Hur går en mätning till

Dokumentationen om kundens ventilationssystem och protokoll från senaste OVK besiktningen ger en specifik information om kundens ventilationssystem. Efter granskning av dokumentationen så bestäms tillvägagångssätt inför mätningen och var mätpunkterna blir på ventilationssystemet. Det är viktig att mätningen utförs noggrant för att erhålla så exakta mätvärden som möjligt. Genom en god ”planering” så optimeras tiden för installation av mätutrustningen och rätt utrustning finns för ändamålet.

Mätutrustning som används är en wattmätare eller effekttångmätare för att få fram fläktarnas eleffekt och, om inte drifttiden är reglerbar, även en tidmätare. En flödesmätare för att mäta tilluftsflöde och frånluftsflödet. Temperaturmätare till mätning av tilluftstemperatur och frånluftstemperatur, utomhustemperaturen samt avluftstemperatur. Grundläggande är att först göra mätningar på flöde, temperatur och fläktarnas eleffekt samt drifttid enligt tabell 3.2.1.

Tabell 3.2.1 Mätpunkter på ventilationsaggregatet

Flöde, (m/s)	Temperatur, (^{0}C)	El, (kW)
Tilluftsflöde	Tilluftstemperatur	Tilluftsfläktens effekt
Frånluftsflöde	Frånluftstemperatur	Frånluftfläktens effekt
	Uteluftstemperatur	Drifttid, (h)

Värden från mätning matas in i analysverktyget och blir ett grundläggande underlag för en första utvärdering av ventilationssystemet. Beroende på resultat så bestämmer man, även om en tryckmätning av aggregatet ska utföras. Tabell 3.2.2 visar mätpunkter för tryckmätning.

Tabell 3.2.2 Mätpunkter för tryckmätning av aggregat

Kanal, (Pa)	Filter, (Pa)	Batterier, (Pa)
Kanaltryck innan aggregat på frånluft	Tryck över filterkassett frånluft	Tryck över värmebatteri
Kanaltryck efter aggregat på tilluft	Tryck över filterkassett tilluft	Tryck över kylbatteri
		Tryck över elbatteri

Från OVK besiktningen erhålls värden på kanaltryck vid don för frånluft och tilluft. Aggregat-leverantören anger totaltryck över aggregat, samt ibland trycket före och efter fläktarna. Dessa värden finns angivna i ”driftpärmen” för ventilationssystemet. Om arbetet utförs efter denna metodik så optimeras ”tillvägagångssättet” för en mätning. Manuella mätningar har alltid en felmarginal på fem till tio procents mätfel.

3.3 Vilka behöver ett analysverktyg

Företag som arbetar med energieffektivisering i ventilationsbranschen bör se ett behov av analysverktyg nu när efterfrågan på denna tjänst ser ut att öka. Det bör vara ett stort hjälpmedel för deras anställda som arbetar ute på fältet. Redan ute hos kunden efter analysen kan de ge ett första svar på hur funktionen och effektiviteten är på kundens ventilationssystem. Samtidigt som det kan skapa fler arbetstillfällen, så kompetensutvecklar företagen sin personal.

4. Tillämpning av analysverktyg

I detta kapitel beskrivs hur analysverktyget implementeras på rätt sätt. Mätning av ett referensobjekt med utvärdering. Analysverktygets flikar med en avslutande sammanfattning.

Det behövs en ”introduktionsutbildning” för användaren av analysverktyget eftersom detta är en ny arbetsuppgift. Användaren måste också instrueras i hur analysverktyget är uppbyggt med dess flikar. Förberedelser inför mätningen är en viktig del för att det ska fungera ute hos kunden.

Utbildning eller erfarenhet i hur mätningar utförs på rätt sätt, är en viktig förutsättning ur ”elsäkerhetssynpunkt” och även för kvalitetssäkring utav mätvärdena. Noggrannheten av mätningarna är en ”viktig faktor” för att få ett så rättvisande resultat utav mätningen som möjligt. Det behövs en inkörningsperiod innan brukaren blir van att utföra mätningar och kan analysera mätresultatet. Det finns säkert många synpunkter på det hela i början men förhoppningen är att analysverktyget ska vara ett naturligt hjälpmedel i arbetet.

4.1 Referensobjekt

Ett passande referensobjekt för en ”testkörning av analysverktyget” var Slottsvallens industricentrum i Sölvesborg. Verksamheten består av sortering och hantering av paketerade kollin som ska distribueras vidare till slutkund. Personalstyrkan uppgår till ca 30 personer som har en arbetstid förlagd till dagtid. Deras lokalyta uppgår till 934 m^2 varav 563 m^2 är ventilerat och hur fördelningen ser ut visas i tabell 4.1.1. Företaget beställde en kontroll och service av sin ventilation av min uppdragsgivare så det var ett bra tillfälle att prova analysverktyget.
Förberedelserna inleddes på kontoret och uppgifter om kunden togs fram enligt flik ”kund” och ”mätning” i analysverktyget.

Tabell 4.1.1 Fördelning av ventilerad lokalyta m^2

Kategori	Area (m^2)	Ventilerat	Icke ventilerat
Kallförråd	563		X
Omklädningsrum	45	X	
Matsal	56	X	
Kontor	21	X	
Expedition	56	X	
Sortering	385	X	
Totalt	**934**	**563**	**371**

Tidigare OVK protokoll fanns inte tillgängligt och det nya intervallet för OVK besiktning är tre år enligt (Boverket 2011a) för denna anläggning. Aggregatets elförbrukning fanns heller inte tillgängligt. I driftpärm hittades uppgifter om aggregat och systemflöden från injusteringsprotokoll. Motordata om aggregatets elmotorer och parameterinställning av reglercentralen samt även funktionsbeskrivning fanns i driftpärmen. Denna information är värdefull för då finns det givna referensvärden när kontroll av funktion utförs efter en service. Det underlättar också vid felsökning att det finns dokumentation på luftbehandlingssystemet.

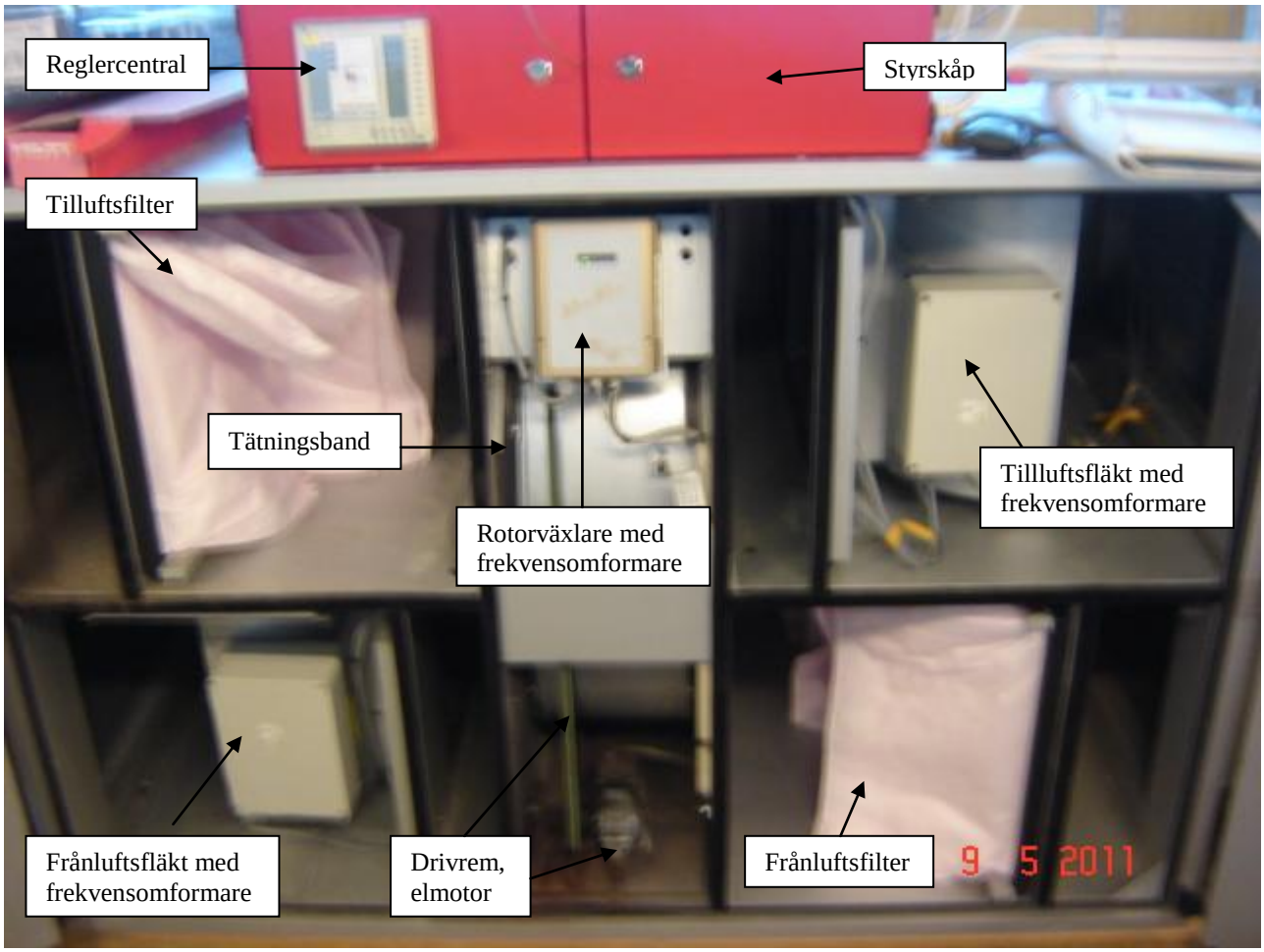
Informationen från driftpärmen är en bra ”referens” till den manuella mätningen, som indikerar att uppmätta värden ligger inom ett område för rimliga värden. Den innehåller specifika värden som kan vara svåra att hitta annars när märkdata på mätobjekt saknas.

Luftbehandlingsaggregatet är ett FTX med konstant flöde (CAV) från 2001. Det har rotorväxlare samt kyl och värmebatteri av märket Envistar ESE från IV-Produkt. Det har även EC-motorer till fläktarna som har teknisk data: Märkspänning 3~400V, 50/60 Hz, Märkström, 2,7 A, P = 1,75 kW. Motordata rotor: 230V, 50/60 Hz, 2,2A, P = 0,37 kW, Elvärmebatteri, 15,5 kW, Kylbatteri ingen uppgift. Tabell 4.1.2 visar aggregatets ventilationsflöden och drifttider.

Tabell 4.1.2 Aggregatets luftflöden och drifttider

Fläkt	Flöde l/s	Driftperiod	Drifttid h
Frånluft	895		
Tilluft	867		
Högfart		06:00-18:00	12
Lågfart		18:00-06:00	12

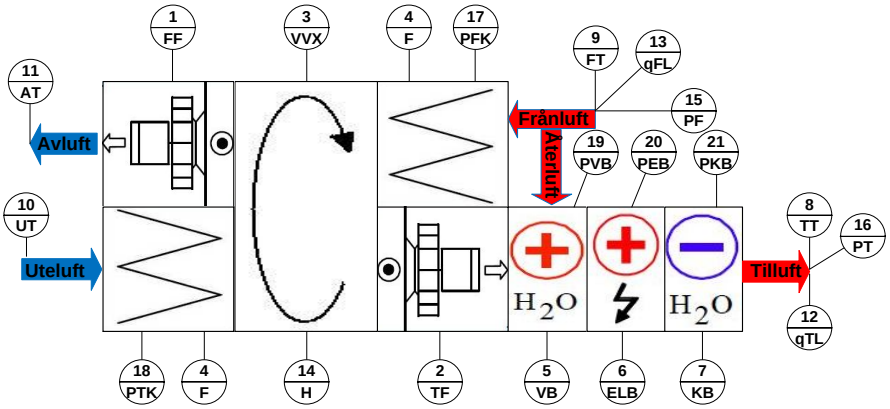
Vi utförde först en storservice enligt serviceschema för 12 månader intervall, för filter var igensatta och det var rejält nedsmutsat invändigt. I en storservice ingår utbyte av filterkassetter och injustering av tätning till rotorväxlaren och dess remdrift samt allmän rengörning inuti av övriga komponenter. Figur 4.1.3 visar hur referensobjektet ser ut inuti med dess konstruktion, bestående av olika komponenter som namnges. Direkt i anslutning till tilluftsfläkten sitter elvärmebatteri och kylbatteri, men visas inte i bild.



Figur 4.1.3 Referensobjektet med sina olika komponenter.

4.2 Mätning

Mätinstrumenten som användes var kalibrerade och godkända för ändamålet, med ”tanke” på elsäkerhet och kvalitet på mätvärdena. Ventilationsteknikern innehar erforderlig kompetens som krävs för att utföra mätningar. Figur 4.2.1 visar ett luftbehandlingsaggregat som är uppmärkt med positionsnummer i fliken *mätning*.



Figur 4.2.1 Flik mätning i analysverktyget.

Tabell 4.2.2 visar en översikt av positionsnummer med beskrivning till figur 4.2.1. Positionsnumren är inritade i en cirkel med förkortning under, t.ex. nr.1, FF betyder frånluftsfläkt, position 1. Uppgiften vid mätningen består i att eleffekten ska mätas på frånluftsfläkten och mätvärdet ska skrivas in i kolumn nr 1, fliken *mätning*.

Tabell 4.2.2 Positionsnummer till figur 4.2.1

Nr	Typ
1	Frånluftfläktens effekt (kW)
2	Tilluftsfläktens effekt (kW)
3	Värmeväxlare
4	Filter
5	Vattenbatteri, värme
6	Elvärmare
7	Vattenbatteri, kyla
8	Tilluftstemperatur (^{0}C)
9	Frånluftstemperatur (^{0}C)
10	Uteluftstemperatur (^{0}C)
11	Avluftstemperatur (^{0}C)
12	Tilluftsflöde (m/s)
13	Frånluftsflöde (m/s)
14	Drifttid (h)
15	Kanaltryck innan aggregat på frånluft (Pa)
16	Kanaltryck efter aggregat på tilluft (Pa)
17	Tryck över filterkassett frånluft (Pa)
18	Tryck över filterkassett tilluft (Pa)
19	Tryck över värmebatteri (Pa)
20	Tryck över kylbatteri (Pa)
21	Tryck över elbatteri (Pa)
22	Kanaltryck frånluft vid don från OVK (Pa)
23	Kanaltryck tilluft vid don från OVK (Pa)
24	Totaltryck över aggregat från leverantör (Pa)

Grundläggande mätvärden ifrån mätningen förs in under respektive positionsnummer i tabell 4.2.2, det innefattar, eleffekter, temperaturer, flöden samt drifttid enligt kap 3.2.

Tabell 4.2.2 Grundläggande mätvärden

Datum		Eleffekt (W)			Temperatur (^{0}C)				Flöde (l/s)		Drifttid (h)
2011-05-09	Positionsnr.	1	2	6	8	9	10	11	12	13	14
	Resultat	568	389	0	16	22	15	16	400	400	24

Mätvärden ifrån tryckmätningen förs in i tabell 4.2.3 under respektive positionsnummer för vidare analys. Mätning av alla positionsnummer utfördes inte eftersom frånluftsfläkten inte gick att reglera och det blev således inte meningsfullt att fullfölja.

Tabell 4.2.3 Tryckmätning

Datum		Kanal (Pa)		Filter (Pa)		Batterier (Pa)			Don (Pa)		Aggregat (Pa)
2011-05-09	Positionsnr.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Resultat	-100	100	20	20						

Efter att mätningen var avslutad och mätvärden ifyllda, kunde vi under flik *mätresultat* se hur resultatet blev. Tabell 4.2.4 visar mätresultatet från mätvärden ifrån tabell 4.2.2. och luftomsättning i tabell 4.2.4.1 som ingår i samma flik.

Tabell 4.2.4 Mätresultat

Datum	SFP-värde kW/(m^3/s)	Elvärme (W)	Kyla (W)	Fläktel (W)	Verkningsgrad (η)	Drifttid (h)	Energi (kWh)
2011-05-09	2,4	0,0	0,0	957	0,14	24	23

Tabell 4.2.4.1 visar resultat från mätningen i jämförelse mot en beräknad oms/h från den ventilerade ytan och antalet personer som vistas i lokalerna. Även krav från BBR anges.

Tabell 4.2.4.1 Luftomsättning ingår i flik mätresultat

Luftomsättning		
Krav oms/h	Kund oms/h	Kund beräkn
0,5	1,0	1,0

Från flik *resultat* så överförs värden till flik *sammanfattning* där en jämförelse med nyckeltal, riktvärden, OVK samt gällande krav från BBR utförs. I fliken återfinns ventilationskraven från kapitel 2.3 och SFP-värde i kap 2.4 samt verkningsgrad i kap 2.5 och även information från OVK samt aggregat. De uppgifter som återfinns i *sammanfattning* är de som var tillgängliga vid mätningen och får ses som en första provning av analysverktyget.

Resultatet visar på att analysverktygets funktion fungerar med beräkningar och att referenser finns som en jämförelse vid utvärdering av fliken *sammanfattning*. Tabell 4.2.5 visar en sammanfattning av analysverktyget, men den är inte komplett eftersom vissa väsentliga uppgifter saknas som OVK-protokoll, nyckeltal och elförbrukning, men det ger ändå en del information om statusen på mätobjektet. Analysverktyget är en prototyp i detta skede och mätfel i analysen får

accepteras. Ändå ger det en ”tydlig” indikation på orimliga värden ifrån mätningen i flikarna *mätresultat* och *sammanfattning*.

Tabell 4.2.5 Sammanfattning av mätningen

Kategori	Typ	Kund	Aggregat	OVK	BBR	Riktvärde	Nyckeltal
Luftflöden, (m^3/s)	Frånluft	0,4	0,9	no data	-	no data	no data
	Tilluft	0,4	0,9	no data	-	no data	no data
Eleffekt, (kW)	Frånluft	0,6	1,8	-	-	no data	no data
	Tilluft	0,4	1,8	-	-	no data	no data
	Elbatteri	0	15,5	-	-	no data	no data
	Kylbatteri	no data	no data	-	-	no data	no data
	Värmebatteri	-	-	-	-	no data	no data
Ventilerad yta, (m^2)		563	-	no data	-	-	-
Luftomsättning/tim		1	-	no data	0,5	1	-
SFP, kW/(m^3/s)		2,4	1,8	no data	2	2,5	no data
Verkningsgrad VVX		0,1	0,7	-	-	0,7	-
Fläktverkningsgrad	Frånluft	no data	0,75	-	-	0,75	-
	Tilluft	no data	0,75	-	-	0,75	-
Energi, (kWh/år)		-	-	-	-	-	-
El		8383	-	-	-	-	-
Värme		no data	-	-	-	-	-
Kyla		no data	-	-	-	-	-
Totalt, kWh/år		8383	-	-	-	no data	no data
Energi kWh/m^2)		14,9	-	-	-	no data	23,3
Kostnad, (kr/år)		no data	-	-	-	-	-
El		12575	-	-	-	-	-
Värme			-	-	-	-	-
Kyla			-	-	-	-	-
Totalt, kr/år		12575	-	-	-	no data	no data

4.3 Utvärdering

Under mätningen så kontrollerades parametrar i reglercentralen och reglerkomponenter i styrskåpet. Potentiometerinställningen i styrskåpet, som reglerar varvtalet på fläktarna, stämde inte med angivna inställningar för lågfart och högfart. Båda fläktarnas inställningar var lika, vilket innebar att de gick med samma varvtal hela dygnet. Funktionen att fläktarna ska gå ner på lågfart när ingen verksamhet pågår, var således satt ur funktion. Sommarnattkyla är en funktion som gör att fläktarna går på helfart på natten, tills inställda temperaturer på uteluft och rumsluft uppnås. Den var inte aktiverad i reglercentralen och det kan innebära att kylmaskinen går i onödan.

Renblåsningen av rotorväxlaren provades inte, men den bör kontrolleras efter fläktbyte. Renblåsning och varvtalet på rotorn bör kontrolleras för det kan förklara den låga verkningsgraden på värmeväxlaren. Inställningar i reglercentral och i styrskåp måste kontrolleras för att uppnå en riktig funktion på kundens luftbehandlingssystem. Kunden bör låsa dörr in till aggregatrummet för att inga obehöriga ska ha tillträde.

Sammanfattningen i tabell 4.2.5 är inte komplett ifylld men ger ändå svar på om det finns värden som är rimliga eller orimliga. Det kan konstateras att frånluftsfläktens effekt är för stor i förhållande till luftflödet, vilket tyder på att det är något fel på frekvensomriktaren eftersom den

inte gick att reglera. Värmeväxlarens verkningsgrad är för låg. Luftomsättning uppfyller kraven från BBR och riktvärde som är beräknat för verksamheten men är för stor vid normal drift. Tillämpningen av analysverktyget vid mätningen gick över förväntan. Trots sina begränsningar var det till en stor fördel att använda vid mätningen av referensobjektet.

Ventilationsteknikern bedömde också att mätvärdena var rimliga och såg fram emot att göra en ny mätning efter att frånluftsfläkten reparerats. Ventilationsteknikerns utlåtande efter mätningen var positivt men det kräver förberedelser innan mätningen och en förändring i arbetsätt. Detta bekräftar att de beräkningar som är inlagda i verktyget fungerar och att implementera analysverktyget i deras verksamhet inte är främmande utan bara ett annat sätt att arbeta på.

Analysverktyget ger en grundlig kontroll av mätobjektet och i detta fall hittades ”väsentliga fel” som måste åtgärdas. Det finns en del saker att förbättra på denna anläggning för att spara energi och ifrågasätta om luftomsättning vid normal drift bör vara större än det beräknade kravet enligt BBR.

4.4 Resultat

Alla formler som finns i analysverktyget är verifierade i rapporten. Analysverktygets flikar ger information om hur verktyget fungerar och vilka mätningar som ska utföras. Men det krävs en introduktionsutbildning för att kunna utföra mätningar på ett elsäkert sätt och med noggrannhet. Mätresultatet från referensobjektet visar att aggregatet har en nedsatt funktion och att dess tänkta funktion inte upprätthölls. Trots att det fanns begränsningar i samband med mätningen på förberedande uppgifter så fick verktyget ändå fram ett resultat som var användbart. Analysverktyget var till stor hjälp vid mätningen och det framkom fel på mätobjektet som behöver åtgärdas omgående.

Ventilationsteknikerns inställning till verktyget var i ”positiv anda” och han ansåg att det var ett hjälpmedel ute hos kund. Analysverktyget är en prototyp och hänsyn måste tas till mätfel i analysen. Men det framgår ändå en tydlig indikation på värden ifrån mätningen som är orimliga. Det visar också resultat ifrån mätningen på ett tydligt vis, som gör att fel uppmärksammas på ett annat sätt än tidigare.

5. Slutsats

I detta kapitel sammanfattas vad man slutligen kommit fram till i rapporten.

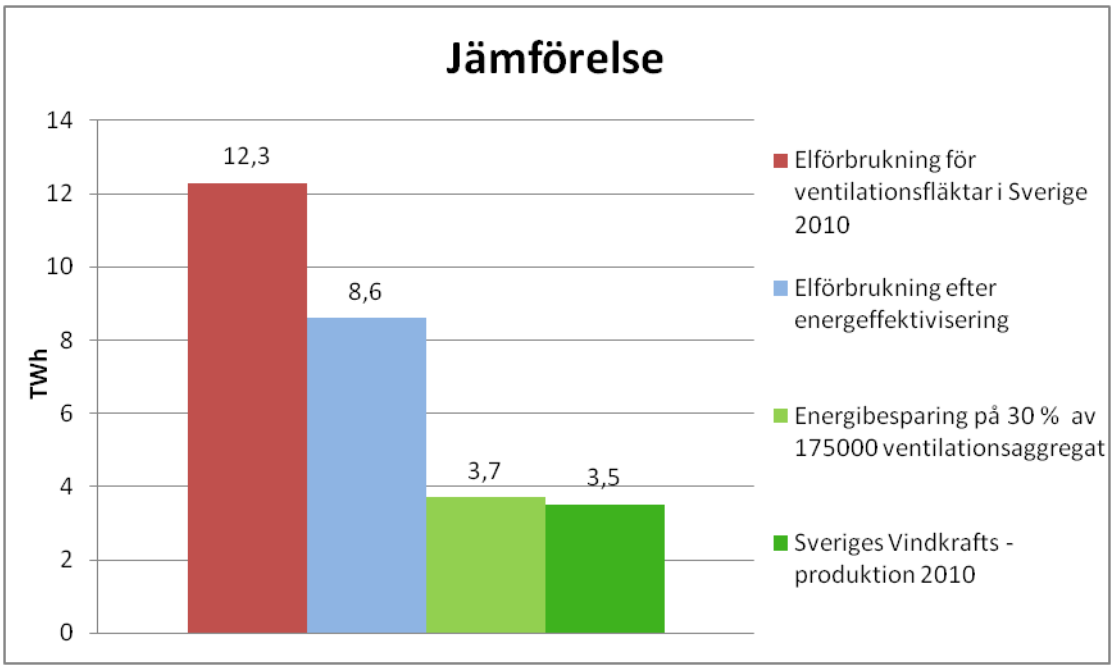
Sverige har ett klimatmål som innebär en 20 % effektivare energianvändning till år 2020. Vår elanvändning för ventilation har ökat med 40 % sedan 1990 (Energimyndigheten, 2011), trots att det började ställas krav på ”effektiv elanvändning i byggnader” enligt (BFS 1993:57) i början på 1990-talet. Ventilation innebär förflyttning och utbyte av luft i byggnader för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. Kraven på ventilation grundar sig på olika lagar för att uppnå ett behagligt inneklimat som är eleffektivt i byggnader och kontinuerliga OVK-besiktningar ska utföras på ventilationssystem för att säkerställa den ursprungliga funktionen.

Boverkets krav på SFP-värde för olika ventilationssystem vid nybyggnation gör att ventilationssystemen blir mer eleffektiva men inte på bekostnad av ett försämrat inneklimat. Elanvändningen kan verifieras genom SFP (Specifik fläkt effekt) värdet, som är ett mått på hur eleffektivt ett ventilationsaggregat är. SFP-värdet introducerades av Svenska inneklimat institutet (SIKI), 1991. Ventilationsaggregat ska vara kontrollerade i laboratorium och vara märkta med ett SFP-värde fr.o.m. år 2000. Föreningen V bytte namn till Svensk Ventilation under samma år, det är ventilationsföretagens branschorganisation.

Ventilationsförluster blir det i alla byggnader för att uppnå ett bra inneklimat. Det är också en kostnad eftersom förlusterna ersätts med annan energikälla för att uppnå en energibalans. FTX-systemet är energieffektivast av ventilationssystemen i rapporten eftersom energin i den varma frånluften återvinns. De andra systemen saknar värmeåtervinning och är därför inte lika effektiva. Det är endast 21,1% av flerbostadshusen som har värmeåtervinning och 90 % av lokalerna (Fjärrsyn, 2009).

I Sverige finns det 175000 ventilationsaggregat som saknar återvinning och har en för hög elförbrukning (Svensk Ventilation, 2010). Enligt undersökning av (Eriksson, Galsgaard, Railio, Permats, 2011) så förbrukar ventilationsfläktarna i Sverige 12,3 TWh. Minskning av elförbrukningen till ventilation kan uppnås genom utbyte av fläktmotor till en EC-motor eller fläkt med bakåtböjda skovlar och direktdrift. Det kan ge en lägre elförbrukning på upptill 50 % i vissa applikationer (Systemair, 2011), (Ebmpapst AB, 2011).

Besparingspotential finns i Sverige och energianvändningen till ventilation kan minskas med 30 procent, från 23,3 till 16,3 kWh/m^2 enligt (STIL 2,2010). Figur 5.1 visar en jämförelse mellan elförbrukningen till ventilationsfläktar idag och efter en 30 % energibesparing. Besparingen blir lite större än vad vindkraftsproduktionen var i Sverige år 2010.



Figur 5.1 Jämförelse av elproduktion och elförbrukning samt möjlig energibesparing.

Under mätningen av testobjektet framkom ett nytt användningsområde, ”felsökning”. Det öppnar upp för nya möjligheter för analysverktyget som mer blir flexibelt med både energianalys och hjälp vid felsökning av ventilationsaggregat. Analysverktyget har även brister eftersom det inte kan analysera allt på ett aggregat och den ekonomiska delen saknas, men det har en potential för att vidareutvecklas. Det blev väl mottaget av ventilationstekniker trots ett annorlunda arbetssätt.

Analysverktyget är uppbyggt med tanke på kravet om användarvänlighet. Introduktionsutbildning måste ske innan användning med tanke på elsäkerheten och noggrannheten i mätningarna. Mätning som utfördes på ett referensobjekt gick över förväntan med ett positivt betyg från ventilationsteknikern som verifierade beräkningarna av mätvärdens ”rimlighet”. Det är alltid en felmarginal på 5-10 % på resultatet från manuella mätningar. Mätningen skapade mer arbete till ventilationsteknikern eftersom väsentliga fel påträffades, samt att den nuvarande luftomsättningen ifrågasattes.

Troligtvis använder konsulter i VVS-branschen (värme, ventilation och sanitet) sig av beräkningsverktyg i någon form, men vill kanske inte dela med sig av den kunskapen. Det kan vara en tänkbar orsak till svårigheten att få fram information om befintliga beräkningsverktyg. Statistik och nyckeltal för ventilationsfläktar är antagligen ett område som det saknas information om. Det öppnar upp för nya möjligheter med framtida forskning inom detta område, för att få fram information i form av statistik och nyckeltal. Ny information inom området ventilation bidrar till en ökad kunskap som möjliggör för en större energieffektiviseringspotential.

6. Referenser

Artikel

Eriksson, M., Galsgaard, C, Railio, J., & Permats, B. (2011). *Ventilation for good indoor environment- The Nordic way to tackle climate change, and ensure indoor air quality*. Rehva journal volume 48, issue 2,page 24-28,Teknik Yayincilik Tantitim A/S.

Elektroniska

BBR 15.(2008). *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.boverket.se

BBR 16. (2009). BFS 2008:20 *Avsnitt 9, Energihushållning*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.boverket.se

BBR 18. (2011). *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd).* Hämtad 2011-05-19 från http://www.boverket.se

Boverket.(2011). *Lag & rätt.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.boverket.se

Boverket.(2011a). *OVK – vilka byggnader och när?* Hämtad 2011-05-19 från http://www.boverket.se

Ebmpapst AB. (2011). *EC - lågenergifläktar för ventilation vid renovering och nybyggnad.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.ebmpapst.se/sv/media/catalogue/EC-Lagenergiflaktar-for-ventilation.pdf

EMTF.(2011). *Företagsinformation*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.121.nu/onetoone/foretag/emtf-forlag-ab

EMTF. (2011a). *VVS tekniska föreningen byter namn*. Hämtad 2011-05-19 från http://chalmersnyheter.chalmers.se

EMTF. (2011b). *Företagsinformation*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.siki.se/page.html?pid=39

Energimyndigheten. (2011). *Energiindikatorer*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.energimyndigheten.se

Energimyndigheten. (2011a). *Ekodesignförordningen.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.energimyndigheten.se

EU-direktiv. (2003). *Om byggnads prestanda*. Hämtad 2011-05-19 från http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:SV:PDF

Fläktwoods. (2009). *Teknisk handbok. Luftbehandlingsteknologi*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.flaktwoods.com/0/0/2/4293030b-bd15-4dad-9904-d9a0217086fa

Föreningen V. (2000). *Eleffektivitet hos fläktar och luftbehandlingsaggregat*. Hämtad 2011-05-19 från www.svenskventilation.se/download/320/Skrift_Eleffektivitet.pdf

Jernkontorets Energihandbok. (2011) *Beräkning av verkningsgraden för en fläkt.* Hämtad 2011-05-19 från http://energihandbok.se/x/a/i/10115/Berakning-av-verkningsgraden-for-en-flakt.html

Regeringen. (2002). *Kyotoprotokollet.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.regeringen.se/content/1/c6/02/88/68/6dafef84.pdf

Svensk Ventilation. (2003) *Kalkylera med LCC energi*. Hämtad 2011-05-19 från www.svenskventilation.se/download/67/Vskrift_20031.pdf

Svensk Ventilation. (2010). *Varför tvekar man*? Hämtad 2011-05-19 från http://www.svenskventilation.se/?id=1432

Svensk Ventilation. (2010a). *Allt om ventilation*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.svenskventilation.se/?use=publisher&id=1248

Svensk Ventilation. (2010b). *Service & underhåll*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.svenskventilation.se/index.php3?use=publisher&id=1381

Svensk Ventilation. (2011). *Värmeväxlare.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.svenskventilation.se/index.php3?use=publisher&id=1379

Swedisol. (2011). *LCC-beräkningar enligt ENEU®-konceptet av Anders Nilson, Bengt Dahlgren AB.* Hämtad 2011-05-19 från http://www.swedisol.se/sw1057.asp

System air. (2011). *Fläktar med EC-motorer*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.systemair.com

Vindstat. (2011) *Vindkraftsproduktion. 2010*. Hämtad 2011-05-19 från http://www.vindstat.nu/

Wiktionary. (2010). *Ventilation*. Hämtad 2011-05-19 från http://sv.wiktionary.org/wiki/ventilera

Wikipedia. (2011). *Pay off. metoden*. Hämtad 2011-05-19 från http://sv.wikipedia.org/wiki/Payback-metoden

Litteratur

Adalberth. K & Wahlström. Å. (2008). *Energibesiktning av Byggnader.* SIS Förlag AB Stockholm. Intellecta Tryckindustri, Solna 2008.

Dahlblom.M & Warfvinge. C. (2010). *Projektering av VVS-installationer.* Studentlitteratur AB, Lund. Exaktaprinting AB 2011.

Fjärrsyn. (2009) *Värmeanvändning i flerbostadshus och lokaler*. Rapport 2009:4

© 2009 Svensk Fjärrvärme AB.

Nilsson, P. E. (2003). *Achieving the Desired Indoor Climate, Energy Efficiency Aspects of System Design.* Lund: Studentlitteratur. Narayana Press 2007.

R1. (2006). *Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav*. VVS tekniska föreningen. Utgåva 2006. © Förlags AB VVS. Kristianstads boktryckeri AB.

SIKI. A2.(1991). *Klassindelade luftdistributionssystem. Projektering & upphandling.* Anvisningsserien A2 version 1,0. Svenska inneklimatinstitutet.

SIKI. R2. (1991). *Klassindelade luftdistributionssystem. Riktlinjer & specifikationer*. Riktlinjesserien R2 version 1,0. Svenska inneklimatinstitutet.

STIL 2. (2010). *Energin i våra lokaler 2010*. ET 2010:08 © Statens energimyndighet. Tryck CM Gruppen AB 2010.

Svensk Ventilation. (2005). *Andnöd - En handbok om luften i våra bostäder*. Svensk Ventilation & VVS tekniska föreningen. Löwex trycksaker AB Växjö 2010.

Tonnquist. B. (2009) *Projektledning*,(3:a upplagan), Bonnier utbildning AB 2009.