

2005-11-16

PROJEKTRAPPORT:



Fältstudie av motoriserade tilluftsdon med avseende på inomhusklimat på Geocentrum I och II

M17:454 och M17:601 Geocentrum

Akademiska Hus

Lund

Joacim Tydén

Förord

Föreliggande arbete har utförts som enskilt projektarbete, motsvarande cirka fem veckors heltidsarbete, inom Arbetslivsinstitutets utbildning för arbetsmiljöingenjörer 2004-2005.

Arbetet har utförts av driftingenjör Joacim Tydén vid Bengt Dahlgren AB under handledning av docent Ing-Marie Andersson vid Arbetslivsinstitutet i Stockholm.

Handledarens uppgift har varit att lämna råd och anvisningar beträffande arbetets uppläggning samt att i samråd med kursledningen bedöma den framlagda rapporten.

Malmö 2005-11-04

SAMMANFATTNING

Bakgrund För att Akademiska hus skall kunna möta upp kundens behov på ett kostnadseffektivt sätt när det gäller energieffektivitet och klimatkrav har man tittat på en helhetslösning från produktion (distribution) till slutanvändning. I denna helhetsbild använder man sig av bl.a. luftbehandlingssystem med variabelt flöde (behovsanpassat) samt på rumsnivå, motoriserade tilluftsdon. Frågeställningen blir då hur fungerar denna teknik på rumsnivå och vad säger hyresgästerna?

Syfte Syftet med projektarbetet är att studera installerade motoriserade tilluftsdonens funktion samt undersöka inneklimatet på Geocentrum. Fältstudien ska också kunna användas som underlag vid framtagandet av driftstrategi och som erfarenhetsåterföring vid liknande framtida projekt.

Resultat

Inneklimatundersökning:

- Termiska klimatet är till största delen tillfredställande*. Enkätstudie och fältmätningar visar acceptabla resultat.
- Det akustiska klimatet i referensrummen är uppmätta till värden under 35 dBA i sju av åtta driftfall**.
- Koldioxidhalten (lufthygeniska klimatet) har ej överstigit 800 ppm vid något avläsningstillfälle.

Fältstudie gällande motoriserade tilluftsdon utförd i fyra referensrum:

- Luftutbyteseffektiviteten (l.u.e) är tillfredställande* i sju av åtta uppmätta driftfall.
- Lufthastigheten i vistelsezonen var under 0,15 m/s. Minimal dragrisk.
- Projekterade luftflöden har uppnåtts.

Fläktrumspanalys:

- Viss obalans gällande till- och frånluftsflöden har uppmätts i luftbehandlingsaggregat.
- Höga statiska tryck har noterats i vissa luftbehandlingsaggregat.
- För laborationsaggregaten har brister i det regler tekniska systemen samt obalans mellan till- och frånluftsflöden konstaterats.

Energianalys:

- I ett flertal rum på Geocentrum I har höga tilluftsflöden konstaterats då salarna ej varit personbelastade. Temperaturinställningen på rumsnivå var i dessa fall felställda.
- I vissa utrymmen fönstervädras det trots att de ventileras mekaniskt. Övervägande orsak har varit kunskapsbrist gällande handhavande av temperaturregleringen.
- Energiberäkningar för luftbehandlingssystem med motoriserade luftdon visar på att värmeanvändningen i dessa system är ca 40-45% lägre än för ett CAV-system samt att elanvändningen är ca 20-25% lägre.

Slutsats och rekommendationer

Slutsats Min bedömning är att de studerade systemen med motoriserade tilluftsdon fungerar tillfredsställande, framförallt med avseende på energianvändning och inneklimat. Som alla system har även detta sina för- och nackdelar. Det är viktigt att veta dess möjligheter och begränsningar för att kunna utforma anläggningen optimalt. Jag tror att det i många anläggningar kan vara lämpligt att installera dessa system. Enkätresultaten visade relativt goda resultat, dock besvarades personalgruppen på Kulturgeografi oftare än referensgruppen i "friska byggnader" av för hög rumstemperatur, instängd luft och felaktig belysning. Personalgrupperna på Miclú och INES besvarades oftare av för låg temperatur. Förhöjda symtom av trötthet och koncentrationssvårigheter upplevdes också.

I vissa luftbehandlingssystem är det obalans mellan till- och frånluftsflöde. Detta kan medföra obalans även på rumsnivå.

Rekommendation Se rubrik 9 Rekommendationer.

* Uppnår med knapp marginal kraven i Tabell 1 (rubrik 0.2 Tolkningsnyckel till genomförda mätningar).

** Mätningen kan endast betraktas som indikativ.

*** SFP (specifika fläkteffekten) är ett mått på hur stor eleffekt som varje kubikmeter luft per sekund kräver (låga tal skall eftersträvas).

Innehållsförteckning

0	Definitioner, begrepp och tolkningshjälp.....	6
0.1	Definitioner och begrepp.....	6
0.2	Tolkningsnyckel till genomförda mätningar	7
1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Syftet	8
1.3	Utredningen	8
2	Förutsättningar och begränsningar	9
2.1	Allmänt	9
2.2	Projekteringen	9
2.3	Beräkningar gällande termisk komfort	9
3	Fakta.....	10
3.1	Allmänt.....	10
3.2	Basfakta	10
3.3	Faktainsamling	10
3.4	Driftfall	10
4	Genomförande.....	11
4.2	Luftbehandlingssystem.....	12
4.3	Inneklimat och komfort	12
4.4	Enkätundersökning	12
5	Resultat.....	13
5.1	Luftbehandling	13
5.2	Inneklimat och komfort	15
5.3	Enkät.....	19
5.4	Energi	22
6	Diskussion	23
7	Observationer	24
7.1	Temperaturstegring i kanalsystemet.....	24
7.2	Donens höjdplacering.....	24
7.3	Närvarogivare.....	24
8	Slutsats	25
9	Rekommendationer	26
10	Referenser och annan litteratur	27

Bilagor

- Bilaga 1 Mätresultat fläktrumsanalys
- Bilaga 2 Mätresultat i tabellform från rumsmätningar
- Bilaga 3 Luftutbyteseffektivitetberäkningar
- Bilaga 4 Bildkollage
- Bilaga 5 Instrumentförteckning

0 Definitioner, begrepp och tolkningshjälp

0.1 Definitioner och begrepp

Avklingningsmetod

En spårgasmetod för bestämning av luftflöde eller lokal medelålder som innebär att man släpper ut en liten mängd gas i rummet och sedan registrerar koncentrationsavtagandet som funktion av tiden. (Ref. 1)

Kolvströmning

Ett teoretiskt strömningsmönster som innebär att luften från tilluftsdonet likt en kolv passerar genom rummet och "skjuter" ut den gamla luften i rummet. Kolvströmning ger det snabbaste utbytet av luften i rummet (100 % effektivt). (Ref. 1)

Kortslutning

En luftströmning där tillförd luft till viss del strömmar direkt mot frånluftsdonet utan att passera vistelsezonen. Kortslutning innebär dåligt utnyttjande av ventilationsluften och är en oönskad typ av luftströmning. (Ref. 1)

Ventilationseffektivitet

Är ett mått på förhållandet mellan frånluftens föroreningskoncentration och inneluftens genomsnittliga föroreningskoncentration. (Ref. 2)

Luftutbyteseffektivitet

Luftutbyteseffektiviteten är förmågan att byta ut luften i rummet. Referensen är kolvströmning, som ger det snabbaste utbytet av luften i rummet. (Ref. 1)

Nominell tidskonstant

Den nominella tidskonstanten är den tid som det tillförda ventilationsflödes uteluftsandel, i medeltal uppehåller sig i rummet. (Ref. 1)

Specifika luftflödet

Specifika luftflödet är luftflödet uttryckt som volymflöde av tilluften dividerat med volymen av ventilerat utrymme. (Ref. 1)

PPD-index

PPD-index ger en kvantitativ förutsägelse av antalet personer som kommer att vara otillfredsställda med det termiska klimatet. (Ref. 2)

PMV-index

Ett klimatindex för bedömning av människans upplevelse av det termiska klimatet och aktivitet på en 7-gradig skala som går från +3 till -3, dvs. från att det upplevs som hett till att det upplevs som kallt. PMV kan användas för att beräkna olika kombinationer av de sex klassiska inneklimatparametrarna. (Ref. 2)

Clo

Beklädnadens värmeledningsmotstånd anges i clo där 1 clo är $= 0,155^{\circ}\text{Cm}^2/\text{W}$. (Ref. 2)

Metabolism

Människans energiomsättning i kroppen (ämnesomsättning). Anges i met och varierar med den fysiska aktiviteten. En met motsvarar stillasittande aktivitet och en energiomsättning av 58 W per m² kroppsytan. Kroppsytan för en vuxen person är genomsnittligt 1,8 m². (Ref. 2)

0.2 Tolkningsnyckel till genomförda mätningar

Denna tolkningsnyckel utgår ifrån Lunds Universitets Krav och Råd. Parametrar är jämförda mot gällande regelverk och rekommendationer. De angivna värdena skall se som en översikt och inte som absoluta skall krav då jag har bl.a. tagit parametrar från rådtexter mm. (Ref. 2, 3, 4, 5)

Tabell 1 Tolkningsnyckel av råd och rekommendationer.

Parameter	Krav och Råd	BBR	AFS 2000:42	R1
Luftutbytes-effektivitet	Minst 40 %	Minst 40 %	Minst 40 %	
Uteluftsflöde	0,35 l/s, m ² till 15 l/s, person	0,35 l/s, m ² till minst 7 l/s, person	Minst 7 l/s, person +0,35 l/s, m ²	AQ1 Minst 10 l/s, person
Lufthastighet*	0,15 m/s	0,15 m/s	0,15 m/s	TQ1 0,15 m/s
Koldioxid	800 ppm**	1000 ppm	1000 ppm	AQ1 800 ppm
Operativ temperatur	+20 till +22°C ⁵			TQ1 +21 till +23°C
PPD-index			ISO7730 Under 10 %	TQ1(ISO7730) Under 10 %

* Vinterfall.

** Tillåts vara 1000 ppm i hörsalar och samlingsalar.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Akademiska Hus (AH) har Lunds Universitet som sin största kund. Universitets har olika krav på de lokaler som hyrs av AH. Förutom de rent affärsmässiga krav finns olika andra delar som ex. energieffektivitet och klimatkrav.

För att möta upp behovet på ett kostnadseffektivt sätt när det gäller energieffektivitet och klimatkrav har man tittat på en helhetslösning från produktion (distribution) till slutanvändning. I denna helhetsbild använder man sig av bl.a. luftbehandlingssystem med variabelt flöde (behovsanpassat) samt på rumsnivå, motoriserade tilluftsdon. Frågeställningen blir då, hur fungerar denna teknik på rumsnivå och vad säger hyresgästerna? Föreliggande projektrapport redovisar resultatet från denna fältstudie.

1.2 Syftet

Syftet med projektarbetet är att studera installerade motoriserade tilluftsdonns funktion samt undersöka inneklimatet på Geocentrum. Fältstudien ska också kunna användas som underlag vid framtagandet av driftstrategi och som erfarenhetsåterföring vid liknande framtida projekt.

1.3 Utredningen

Utredningens omfattning:

- platsbesök
- energi/effektmätningar
- inomhusklimatmätningar
- enkätundersökning
- rapportering

De fältmätningar som utförts har varit:

- kontroll av luftbehandlingssystem:
 - luftflöden (spårgas)
 - luftutbyteseffektivitet
 - lufttemperatur
 - operativtemperatur
 - strålningssymmetri
 - lufthastighet i vistelsezon
 - relativluftfuktighet
 - koldioxid
- temperaturloggning:
 - rumsnivå
 - i kanalisationer
 - aggregatnivå
- enkätundersökning:
 - Geocentrum I Institutionerna Kulturgeografi och Miclu
 - Geocentrum II Institutionerna Geologi och INES

2 Förutsättningar och begränsningar

2.1 Allmänt

Projektarbetet genomfördes mellan juni och oktober månad, år 2005.

Alla mätningar där spårgas har används är genomförda utan personbelastning då lustgas har används med koncentrationer över nivågränsvärdet på 100 ppm.

2.2 Projekteringen

De tekniska förutsättningarna för projekteringen redovisas i tabell nedan.

Tabell 2. Projekteringsförutsättningar.

<i>Utetemperatur</i>		
Sommar:	+25°C, 50 % RH	
Vinter:	-16°C	
<i>Rumstemperatur: Operativtemp.</i>		
<i>Kontor, lärosal, laboratorier m.m.</i>	Normaltemp. +21°C	
Vinter:	+20-22°C	
Sommar:	+20-25°C	(Vid enstaka tillfällen +27°C)
<i>Luftmängder</i>	<i>Grundflöde</i>	<i>Forcering</i>
Kontor (per arbetsplats):	4 l/s	25-30 l/s
Lärosalar, grupprum:	3 l/s, person	15 l/s, pers
Datasalar:	3 l/s, person	15-25 l/s, person
Bibliotek:	0,35 l/s/m ²	3 l/s/m ²
Kopiering, plotter, m.m.:	0,70 l/s/m ²	4 l/s/m ²
<i>Min inblåsningstemperaturer</i>		
Kontor:	+15°C	
Lärosalar:	+15°C	
Lab:	+20°C	

2.3 Beräkningar gällande termisk komfort

Vid beräkning av den termiska komforten har en beklädnadsgrad på 1,0 clo och en aktivitetsnivå på 1,2 met används.

Beklädnadsgrad på 1,0 clo motsvarar normal inomhusklädsel (undertröja, byxor, långärmad skjorta, tröja med långa ärmar, sockor och skor).

Aktivitetsnivå på 1,2 met motsvarar sittande kontorsarbete (ca 130 W). (Ref. 2, 6, 9)

3 Fakta

3.1 Allmänt

Geocentrum består av en om- och tillbyggnad av två äldre institutionsbyggnader (f.d. Farmakologen) Geocentrum I och (f.d. Ekologen) Geocentrum II. Den senare delen är tillbyggd under 1960-talet. I Geocentrum I finns undervisningslokaler, arbetsrum, personalrum m.m. I Geocentrum II, den nybyggda delen, ligger café och bibliotek samt arbetsrum. I den ombyggda delen finns undervisningslokaler, arbetsrum, personalrum samt laboratorielokaler.

3.2 Basfakta

Tabell 3. Basfakta.

Objekt:	Geocentrum I och II
Plats:	Byggnaden är belägen i Lund, Lunds kommun
Verksamhet:	Undervisning
Byggår:	Geo I 1924 och Geo II 1937. Geo II är tillbyggt under 60-talet
Ombyggnadsår:	2003
Yta (BTA):	14 980 m ²
Volym:	55 000 m ³
Energislag:	Fjärrvärme/Fjärrkyla/El
Värmeanvändning:	705 MWh (år 2003)
Elanvändning:	749 MWh (år 2003)
Ventilationssystem:	FTX
Uppvärmningssystem:	Vattenburna radiatorer och strålningspaneler

3.3 Faktainsamling

Utöver fältmätningarna har följande uppgifter medtagits vid kartläggningen:

- byggnadsutformning
- installationer
- drifttider
- belastning
- placering

3.4 Driftfall

Mätningar har utförts i både min- och maxflöde samt vid mättillfället rådande driftfall.

4 Genomförande

Allmänt

Vid valet av tillänkta referensrum har jag strävat efter att täcka in olika verksamheter och lokaltyper. Därefter har flödesschema för berörda luftbehandlingssystem granskats och med detta som utgångspunkt har referensrummen valts på ett så praktiskt sätt som möjligt.

Totalt har sexton mätningar gjorts gällande det termiska klimatet samt tjugoåtta flödesmätningar på rumsnivå. Fjorton luftbehandlingssystem har kontrollerats med avseende på tryck, temperatur, effekter och luftflöden m.m. I dessa ingår även laboratorieaggregaten.

4.1.1 Uppmätta och beräknade storheter

Luftflöden

Luftflödesmätningar är utförda för att bestämma tillförd mängd uteluft och frånluft på rumsnivå samt att bestämma totalluftflöden i luftbehandlingsaggregat. (Ref. 1, 7)

Termiskt klimat

Mätningar gällande termiskt klimat är till stor del utförda enligt ISO7726. Mätningarna avser lufttemperatur, operativ temperatur, strålningssymmetri, lufthastighet, lufthastighetens standardavvikelse och relativ fuktighet. (Ref. 8)

Termisk komfort

Beräkningar avseende termisk komfort är utförda enligt ISO7730. Utifrån den operativa temperaturen, lufthastigheten och den relativa fuktigheten har PMV- och PPD-index beräknats. (Ref. 9)

Luftutbyteseffektivitet

Mätningar avseende luftutbyteseffektivitet (l.u.e) är utförda enligt NORDTEST 047. Mätningarna är utförda med lustgas (N_2O) och koldioxid (CO_2) som spårgas. Utgångspunkt gällande l.u.e är om vi ligger kring 50 % så talar vi om ett omblandande system. Ligger vi under 45 % talar vi om kortslutning i rummet, d.v.s. någonstans i rummet sker ett långsammare luftutbyte. (Ref. 1, 10)

Kanaltryck

Det statiska trycket har mätts i från-, till-, av-, och uteluftskanalerna samt i ut- och inlopp till fläktarna. Lufttrycksmätningarna vid fläktin-/utlopp är endast indikativa då det på grund av turbulenta luftströmningar är svårt att uppmätta endast det statiska trycket.

Eleffekt

Effekter för fläktmotorerna har uppmätts med ett effektmätinstrument.

Fläktrumsverkningsgrad

Med utgångspunkt från de uppmätta värdena har fläktrumsverkningsgraden beräknats från det aktuella driftläget.

Specifika effektbehovet

Med utgångspunkt från de uppmätta värdena har specifika effektbehovet beräknats.

SFP-värde

Specifika fläktbehovet har beräknats från uppmätta värden. Notera att ett något förenklat uttryck för SFP-värde har använts i denna kartläggning jämfört med t ex definitionen i SIKI:s skrifter. (Ref. 11)

4.2 Luftbehandlingssystem

För samtliga luftbehandlingsaggregat har totalluftflöden, tryck och temperatur i till-, från-, av- och uteluftskanaler samt eleffekter för fläktar uppmäts i vid mättillfället rådande driftfall.

4.3 Inneklimat och komfort

Mätning av inneklimat och komfort har genomförts i ett flertal rum. Ur dessa har fördjupad kartläggning gjorts i fyra referensrum, Geocentrum I, rum 126 och 339 samt Geocentrum II, rum 237 och 368, där bl.a. temperatur, koldioxid, fukt, luftflöde och luftutbyteseffektivitet har kontrollerats. Klimatindex har beräknats.

Komponenter såsom aktiva don och tryckregulatorer på rumsnivå är av två fabrikat:

- LindinVent, IDCC vid Geocentrum I. (Ref. 12)
- Stifab Farex AB, e.r.i.c vid Geocentrum II. (Ref. 13)

4.4 Enkätundersökning

Institutionerna Kulturgeografi och Miclu är belägna i Geocentrum I, medan institutionerna Geologi och INES finns i Geocentrum II, där INES finns i nybyggnaden och Geologi i de ombyggda lokalerna.

Personalens upplevelser och besvär av inomhusklimatet har samlats in genom ett enkätformulär MM 040 NA utarbetat av Yrkesmedicinska kliniken i Örebro . (Ref. 14)

Referensvärdena i tabellen (5.3) är framtagna av yrkesmedicinska kliniken och visar besvärnivåerna i ”friska byggnader”. Dessa nivåer bör alltså eftersträvas. (Ref. 14)

Etthundratjugosju [127] personer besvarade dessa enkäter, vilken är en hög svarsprocent (>90%). Intervju har skett med flera personer.

5 Resultat

5.1 Luftbehandling

5.1.1 Allmänt

Det totala projekterade uteluftsflödet (max) genom byggnaden uppgår till ca 116 496 m³/h i en byggnadsvolym på ca 55 000 m³, vilket motsvarar ett specifikt luftflöde på ca 2,1 (äldre benämning är 2,1 omsättningar per timma).

Luftbehandlingssystem är i kontinuerligt i drift. Tilluftstemperaturen börvärde är +14°C för allmänventilationen och +19°C för laborationsaggregaten.

Loggning

Temperatur-, tryck- och strömloggning har genomförts på aggregat- och rumsnivå. Loggutrustning av märket Logso har använts. Mätningarna följde ingen standard utan jag har fritt placerat ut dessa enligt min mätmall.

5.1.2 Uppmätta tekniska data – Fläktrum

Mätprotokoll finns i bilaga 1.

Tabellen redovisar en sammanställning på luftbehandlingsaggregaten med dess **momentant** (vid aktuellt driftfall) uppmätta värden jämfört med projekterat.

Tabell 4. Sammanställning av momentant uppmätta värden vid Geocentrum I.

System	Betjäna		Q _{proj}	P _{motor}	Frek* max	Q _{uppmätt}	P _{motor} , uppmätt	Frek* uppmätt	SFP _v
			[l/s]	[kW]	[Hz]	[l/s]	[kW]	[Hz]	[kW/m ³ /s]
Geocentrum I									
57B-TA1/FA1	Plan 0, 3 och kontor, plan 4 samt studierum plan 5.	TA	2100	4,0	50	1451	2,8	47,5	3,3
		FA	2100	4,0	50	1143	1,9	39,5	
57B-TA2/FA2	Halva huset, norrsidan plan 1, 2 och 4.	TA	3200	7,5	80	882	1,0	29,5	2,3
		FA	3200	7,5	80	864	1,0	26,9	
57B-TA3/FA3	Halva huset, södersidan plan 1, 2, 4 och 5 samt lärosal plan 1.	TA	3350	7,5	80	1471	2,8	41,2	3,4
		FA	2850 ¹	7,5	80	1409	2,2	-	
57C-TA3/FA3-TF2 57C-FF1 & FF2	Lab. plan 0.	TF2	400	0,47	50				
		FF1	400	0,37	50				
		FF2	400	0,37	50				
57B-TA4/FA4	Lärosal plan 1.	TA	1100	3,0	50	1034	2,2	40,4	4,8
		FA	1100	3,0	50	1210	3,7	48,0	

*Frekvensutrustning för fläktmotorer. Frekvens_{max}, möjligt maxvärde - Frekvens_{verklig}, aktuellt driftfall.

¹ 500 l/s för 3 st. frånluftsfläktar.

Tabell 5. Sammanställning av momentant uppmätta värden vid Geocentrum II.

System	Betjäna		Q _{proj}	P _{motor}	Frek* max	Q _{uppmätt}	P _{motor} , uppmätt	Frek* uppmätt	SFP _v
			[l/s]	[kW]	[Hz]	[l/s]	[kW]	[Hz]	[kW/m ³ /s]
Geocentrum II									
57B-TA1/FA1	Kontor, plan 3-5.	TA	2950	7,5	80	1117	1,3	35,7	2,7
		FA	2950	7,5	80	1567	2,9	-	
57B-TA2/FA2	Lärosal/grupprum, café/plan 0-2.	TA	2950	5,5	-	946	1,0	31,6	2,4
		FA	2950	7,5	-	946	1,3	34,7	
57B-TA3/FA3	Kontor, plan 0-5.	TA	3050	-	-	1224	1,6	36,9	2,3
		FA	3050	-	-	1167	1,8	40,0	
57C-TA1/FA1- TA1/FA1	Lab.	TA	2240	5,5		1490			
		FA	2240	4,0		2083			
57C-TA1/FA1- TA2/FA2	Lab.	TA	2240	5,5		1880			
		FA	2240	4,0		2326			
57B-TA4/FA4	Kontor (Bucklan), plan 1-3.	TA	3950	11,0	50	1299	1,6	31,9	1,3
		FA	3950	11,0	50	1328	1,9	37,6	
57C-TA2/FA2- TA1/FA1	Lab. (Bucklan).	TA	850	2,2					
		FA	850	1,5					
57C-TA2/FA2- TA2/FA2	Lab. (Bucklan).	TA	850	2,2					
		FA	850	1,5					
57B-TA6/FA6	Kontor, plan 3-4.	TA	1400	3,0	80	505	0,6	25,9	2,9
		FA	1400	3,0	80	597	1,1	36,2	
57B-TA7/FA7	Bibliotek, plan 1-2	TA	2200	5,5	80	683	0,7	27,4	2,0
		FA	2200	5,5	80	502	0,6	24,5	

*Frekvensutrustning för fläktmotorer. Frekvens_{max}, möjligt maxvärde - Frekvens_{verklig}, aktuellt driftfall.

5.1.2.1 Luftflöde

Totalluftflöden för tilluft respektive frånluft har viss obalans på aggregatnivå. Detta tyder på att det kan finnas obalans i rumsnivå. Som ett exempel har TA7/FA7 ca 180 l/s mer tilluft än frånluft. Till- och frånluftflödena är projekterade för att vara i balans.

5.1.2.2 Drifttid

Luftbehandlingsaggregaten är i kontinuerlig drift. Vid loggning avseende driftströmmar visade det sig att vissa aggregat har samma effektuttag under hela dygnet. Detta kan delvis ha samband med att vissa rumsbörvärden är inställda på låg temperatur och att tilluftsdonen är max öppna.

5.1.2.3 Temperatur

Tilluftstemperaturen var vid mättillfället ca 14°C. Undertempererad tilluftstrategi tillämpas då oönskade värmelaster skall ventileras bort. Vissa aggregat håller ej börvärdet. Inblåsningstemperaturen har varit ca 1,5°C för hög.

5.1.2.4 Specifika fläkteffektbehovet (SFP)

SFP_v-värden på mellan 1,3 – 4,8 kW/m³/s har beräknats med hjälp av uppmätta totalflöden och fläktmotoreffekter. Aggregatens driftpunkter var vid mättillfället ca 30 % - 100 % av projekterat luftflöde. De höga SFP-värdena är troligtvis en konsekvens av installationstekniska förutsättningarna vid entreprenadgenomförandet. Riktvärden: SFP < 2,5 kW/m³/s vid normaldriftfall.

5.1.2.5 Tryck

På vissa ställen har det uppmätts höga statiska kanaltryck. De höga trycken är troligtvis en konsekvens av installationstekniska förutsättningarna vid entreprenadgenomförandet.

5.1.2.6 Laborationsaggregat

De mätningar som genomförts på laborationsaggregaten visar på brister i de reglertekniska systemen samt obalans mellan till- och frånluftsflöden. Laborationsaggregaten för Geocentrum II (TA1/FA1 samt TA2/FA2) gick inte att funktionstesta vid full belastning. Frekvensutrustningen slutade fungera (larmade).

5.2 Inneklimat och komfort

5.2.1 Allmänt

Nedan redovisas mätresultat bl.a. temperatur, koldioxid, fukt, luftflöde samt luftutbyteseffektivitet med beräkningar av klimatindex. Fältmätningarna som är utförda i övriga rum redovisas i bilaga 2 och 3.

5.2.2 Mätresultat

Temperaturerna i referensrummen:

- Operativ temperatur 19,0 – 21,1°C
- PPD-index 6,1 – 19,6 %
- Tilluftstemperaturer 16 – 18°C
- Ljud 26,2 - 40,4 dB(A) och 44,7 - 58,0 dB(C)

Luftflödena i referensrummen stämmer väl mot angivna flöden i injusteringsprotokollen. PPD-index har uppmätts till något höga värden i något fall. Detta kan dock hänföras till låga rumsbörvärdesinställningar. Regleringshandhavandet är något bristfälligt hos personalen då inställningarna har varit felaktiga i flertal rum. Ljudnivån har uppmätts till något höga värden men dessa är utförda då det var full verksamhet i kringlokaler samt trafik utanför. Mätningarna gällande drag indikerar på låga lufthastigheter i vistelsezonen.

5.2.3 Ljud

Genomförda ljudmätningar är endast indikativa och följer ingen standard. Eftersom dB(A) - värdet inte ger en rättvisande bild av eventuella störningar för lågfrekvent ljud har även dB(C) - värdet uppmätts. Två mätningar per rum (av fyra rum) är utförda (en i centrum samt en riktad mot hörn). I lärosal 237 (Geocentrum II) uppmättes ljudnivåer på över 40 dB(A). I övriga rum ligger ljudnivån under 35 dB(A).

5.2.3.1 Kontorsrum 339, Geocentrum I

Kontorsrum 339, Geocentrum I ventileras via ett tilluftsdon som är placerad i taknivå på ca 3,30 m höjd. Takhöjden är 3,70 m och rummet är försett med ett överluftsdon som är placerat ovanför rumsdörr. Vid mättillfället uppmättes tilluftstemperaturen till 16°C. Bestämning av luftens lokala medelålder gjordes genom avklingningsmätning med spårgas. Rummets medelkoncentration hämtades i överluftsdonet vilket är en avvikelse från använd mätmetod. Rummet bedömdes vara tätt då tätningslistor för både rumsdörr och fönster höll hög kvalitet.

Tabell 6. Redovisning av mätresultat, basfakta och komfortberäkningar för rum 339.

			Anmärkning
Rumsarea		17,5 m ²	
Höjd		3,7 m	
Rumsvolym		65 m ³	
Antal sittplatser		1* st	
Internlast		204 W	
Tilluftstemperatur		16 °C	Momentant
Rumstemperatur		20 °C	Momentant
Projekterat tilluftsflöde:	Maxflöde	50 l/s	
	Minflöde	11 l/s	
Uppmätt tilluftsflöde:	Maxflöde	44 l/s	
	Minflöde	10 l/s	
Luftutbyteseffektivitet:	Maxflöde	40 %	
	Minflöde	28 %	
Operativ temperatur		20,0 °C	Momentant
PMV-index		-0,46	
PPD-index		10,7 %	
Ljud A-viktat		29,5 dB(A)	Max flöde
Ljud C-viktat		44,7 dB(C)	Max flöde

*Rummet är försett med ett litet konferensbord med tre platser.

Kommentar

En bidragande orsak till att luftutbyteseffektiviteten är låg är sannolikt att tilluftsdonet är placerade i taket på ca 3,30 m höjd. Ett samband mellan behov till fönstervädring och påvisad kortslutningstendens föreligger sannolikt. Projekterade tilluftsflöden uppnådda.

5.2.3.2 Lärosal 126, Geocentrum I

Lärosal 126, Geocentrum I ventileras via sex tilluftsdon som är placerade i taknivå på ca 3,30 m höjd. Takhöjden är 3,70 m och rummet är försett med ett frånluftsdon som är placerat i taknivå. Vid mätillfället uppmättes tilluftstemperaturen till 16°C. Bestämning av luftens lokala medelålder gjordes genom avklingningsmätning med spårgas. Rummets medelkoncentration hämtades i frånluftsdonet.

Tabell 7. Redovisning av mätresultat, basfakta och komfortberäkningar för rum 126.

			Anmärkning
Rumsarea		31 m ²	
Höjd		3,7 m	
Rumsvolym		114 m ³	
Antal sittplatser		19 st	
Internlast		204 W	
Tilluftstemperatur		16 °C	Momentant
Rumstemperatur		20,2 °C	Momentant
Projekterat tilluftsflöde:	Maxflöde	240 l/s	
	Minflöde	48 l/s	
Uppmätt tilluftsflöde:	Maxflöde	206 l/s	
	Minflöde	36 l/s	
Luftutbyteseffektivitet:	Maxflöde	40 %	
	Minflöde	42 %	
Operativ temperatur		19,0 °C	Momentant
PMV-index		-0,67	
PPD-index		19,6 %	
Ljud A-viktat		32,4 dB(A)	Max flöde
Ljud C-viktat		46,4 dB(C)	Max flöde

Kommentar

I lärosal 126 var vid ett tillfälle rumsbörvärdet inställt på 19,4°C. Då noterades en alldeles för låg rumstemperatur eftersom tilluftsdonen då stod fullt öppna. Detta är anledningen till att PPD-indexet är 19,6 % missnöjda personer. Luftutbyteseffektiviteten utfördes under ett annat tillfälle än uppmätningen av den operativa temperaturen. Vid detta tillfälle var börvärdet höjt till 21°C.

5.2.3.3 Kontorsrum 368, Geocentrum II, Nybyggnaden

Kontorsrum 368, Geocentrum II ventileras via ett tilluftsdon som är placerade i taknivå. Rummet är försett med ett överluftsdon som är placerat i taknivå. Vid mättilfället uppmättes tilluftstemperaturen till 16°C. Bestämning av luftens lokala medelålder gjordes genom avklingningsmätning med spårgas. Rummets medelkoncentration hämtades i överluftsdonet vilket är en avvikelse från använd mätmetod. Rummet bedömdes vara tätt då tätningslistor för både rumsdörr och fönster höll hög kvalitet.

Tabell 8. Redovisning av mätresultat, basfakta och komfortberäkningar för rum 368.

			Anmärkning
Rumsarea		14,1 m ²	
Höjd		3 m	
Rumsvolym		49,5 m ³	
Antal sittplatser		2 st	
Internlast		148 W	
Tilluftstemperatur		18 °C	Momentant
Rumstemperatur		22 °C	Momentant
Projekterat tilluftsflöde:	Maxflöde	50 l/s	
	Minflöde	16 l/s	
Uppmätt tilluftsflöde:	Maxflöde	49 l/s	
	Minflöde	16 l/s	
Luftutbyteseffektivitet:	Maxflöde	37 %	
	Minflöde	42 %	
Operativ temperatur		21,1 °C	Momentant
PMV-index		-0,23	
PPD-index		6,1 %	
Ljud A-viktat		26,2 dB(A)	Max flöde
Ljud C-viktat		48,0 dB(C)	Max flöde

Kommentar

Inneklimatet upplevdes som bra. Luftmängderna stämde väl med projekterat samt att den operativa temperaturen låg väl inom rekommendationerna. PPD-indexet visar även detta att klimatet upplevs som bra då endast 6,1 % skulle uppleva klimatet för kallt.

5.2.3.4 Lärosal 237, Geocentrum II

Lärosal 237, Geocentrum II ventileras via tolv tilluftsdon som är placerade i taknivå på ca 2,8 m höjd. Takhöjden är i snitt 3,9 m och rummet är försett med ett frånluftsdon som är placerat i taknivå. Vid mättillfället uppmättes tilluftstemperaturen till 16°C. Bestämning av luftens lokala medelålder gjordes genom avklingningsmätning med spårgas. Rummets medelkoncentration hämtades i frånluftsdonet.

Tabell 9. Redovisning av mätresultat, basfakta och komfortberäkningar för rum 237.

			Anmärkning
Rumsarea		81,5 m ²	
Höjd		3,9 m	
Rumsvolym		309* m ³	
Antal sittplatser		40 st	
Internlaster		1100 W	
Tilluftstemperatur		16 °C	Momentant
Rumstemperatur		21 °C	Momentant
Projekterat tilluftsflöde:	Maxflöde	600 l/s	
	Minflöde	120 l/s	
Uppmätt tilluftsflöde:	Maxflöde	547 l/s	
	Minflöde	144 l/s	
Luftutbyteseffektivitet:	Maxflöde	55 %	
	Minflöde	50 %	
Operativ temperatur		20,1 °C	Momentant
PMV-index		-0,43	
PPD-index		9,8 %	
Ljud A-viktat		40,4 dB(A)	Max flöde
Ljud C-viktat		58,0 dB(C)	Max flöde

* Justering av volymen med anledning av takbalkar.

Kommentar

Att luftutbyteseffektivitet är uppmätt över 50 % innebär att tendens till kolvströmning föreligger. Detta är inte sannolikt vid omblandande ventilation men fenomenet kan bero på att stor luftvolym finns ovanför tilluftsdonen och att frånluftsdonet är placerat i denna volym. Don antalet kan även ha en positiv inverkan på resultatet.

5.3 Enkät

5.3.1 Allmänt

Etthundratjugosju [127] personer besvarade enkäten.

Enkätresultaten visade låg frekvens av besvär, dock besvärades personalgruppen på Kulturgeografi oftare än referensgruppen i ”friska byggnader” av för hög rumstemperatur, instängd luft och felaktig belysning. Personalgrupperna på Miclu och INES besvärades oftare av för låg temperatur.

Förhöjda symtom av trötthet och koncentrationssvårigheter upplevdes också.

Besvaren och symtomen varierade mellan olika institutioner.

5.3.2 Bakgrund

Inomhusklimatbesvär karakteriseras av att en överfrekvens av personalen får ögon-, näs-, eller halsirritationer, torr hud, hudbesvär, huvudvärk eller trötthet.

En från utredningssynpunkt rimlig hypotes är att flera faktorer samverkar till att framkalla symtomen. Luftkvaliteten och det termiska klimatet är vanliga faktorer. Ett mått på luftkvaliteten är koldioxidhalten. Den bör inte överstiga 800 ppm i rumsluften. Drag, hög rumstemperatur och låg relativ luftfuktighet är vanliga besvärsfaktorer inom termiska klimatet.

Lufthastigheten får inte överstiga 0,15 m/s i vistelsezonen. Den mest lämpliga rumstemperaturen är 20 – 21 grader. Den relativa luftfuktigheten bör vara 40 – 60 %.

Psykosociala faktorer såsom stress kan också samverka till förhöjd besvärsfrekvens. (Ref. 14, 15)

5.3.3 Resultatredovisning av enkäten

Enkätanalysen visade följande (personal ofta besvärad av (varje vecka) redovisas i %):

Personalgrupp

	Kulturgeogr. Míclu (21 p)	(11 p)	Geologi (64 p)	INES (31 p)	Ref (YM)
Arbetsmiljö					
Drag:	0	0	3	3	4
För hög temp:	29	0	0	3	5
Varier. temp:	5	0	2	0	5
För låg temp:	5	27	8	16	5
Instängd luft:	38	9	6	3	10
Torr luft:	14	9	8	10	20
Obehaglig lukt:	5	9	0	3	5
Statisk elektr:	0	0	5	3	5
Andras tobaksr:	0	0	0	0	0
Buller:	5	9	3	10	8
Belysning:	19	0	5	3	8
Damm, smuts:	10	9	2	3	10

	Kulturgeogr. Miclu (21 p)	(11 p)	Geologi (64 p)	INES (31 p)	Ref (YM)
Tidigare sjukdomar/besvär					
Astmatiska besv:	10	18	6	10	15
Hösnuva:	24	9	19	26	20
Eksem:	0	0	11	26	
Nuvarande besvär (ofta besvärad av)					
Trötthet:	14	18	14	19	10
Tung i huvudet:	14	9	5	3	5
Huvudvärk:	0	0	5	3	5
Illam./Yrsel:	0	0	2	3	2
Konc.svårigh:	14	9	2	11	3
Irritation i ögon:	5	9	8	0	7
Irritation i näsa:	5	0	2	0	9
Heshet:	5	9	2	6	5
Hosta:	5	0	2	6	6
Rodn. hud i ans:	0	0	2	6	5
Besvär i öron/hårb:	5	0	0	6	6
Rodn. hud på hand:	0	0	2	3	4

Besvärsfrekvensen var således totalt sett relativt låg, och är också svår att utvärdera eftersom inställningen av ventilationssystemet förändrades under sommaren och i början av hösten, då enkäten genomfördes.

Besvärsfrekvensen av för hög temperatur, instängd luft och belysning var förhöjd hos institutionen för Kulturgeografi. Däremot var besvaren av för låg temperatur förhöjd hos Miclu och INES. Det är viktigt att observera att endast Miclu har en liten personalgrupp, där endast elva personer besvarat enkäten.

Symtomfrekvensen beträffande trötthet är förhöjd hos personalen på Miclu och INES, medan frekvensen av koncentrationssvårigheter är förhöjd hos personalen på Kulturgeografi och INES. Övriga symtomfrekvenser är relativt låga.

5.4 Energi

5.4.1 Energianalys från genomförda fältmätningar på Geocentrum.

I samband med projektering har energiberäkningar utförts. Utförda beräkningar jämfört med erhållen aktuell energistatistik från Akademiska Hus visar att energianvändningen ligger lägre än gjorda energiberäkningar.

I samband med fältstudien gjordes beräknande jämförelse mellan ett CAV-system och aktuellt VAV-system.

Resultat:

- VAV-systemet ger i vårt fall 40 – 45 % lägre värmeanvändning än ett CAV-system.
- VAV-systemet ger i vårt fall 20 – 25 % lägre elanvändning än ett CAV-system.

6 Diskussion

Jag har under denna fältstudie gjort observationer och vissa konstateranden som föranleder till följande frågeställningar:

- Nivån på drift- och underhållsbehovet? En rimlig bedömning är att antalet underhållspunkter i ventilationssystemet ökar.
- Hur ser långtidsdrift ut för dessa system? Dokumentering av det framtida underhållsarbetet bör genomföras för att senare kunna utvärdera även dessa aspekter.
- Hur sker erfarenhetsåterföringen till berörda parter? Är berörda parter väl insatt i systemets känslighet och möjlighet samt att får alla tillgång till erfarenheter från tidigare genomförda projekt.
- Hur skall en kvalitetssäkring se ut? Är det så att förlängd funktionsgaranti skall införas när dessa typer av system installeras.
- Hur säkra är vi att hyresgästerna verkligen förstår och kan använda de tekniska systemen som installeras i byggnaden? Trots husguide och informationsmöten ser jag brister i hyresgästernas beteende.
- Projekterade luftflöden i lärosalarna är dimensionerade efter det max antal personer som beräknas vistas i lokalen. Ett dimensionerande flöde per person för maxflöde och ett för minflöde. För att ytterligare minska energianvändningen samt minska risken för utkylning av lokalen borde man fundera på om ytterligare minsänkning av flöden är möjligt.
- Bör ytterligare enkätstudie genomföras? Är det lämpligt att låta studenterna få svara på hur de upplever inomhusklimatet.

7 Observationer

7.1 Temperaturstegring i kanalsystemet

En viss temperaturstegring i kanalsystemet inom de större undervisningssalarna har konstaterats. Den levererade kyleffekten kommer förvisso rummen tillgodo men risken för stagnationszoner ökar, då främst vid minflöde. Ett enklare röktest genomfördes i sal 237 (Geocentrum II) för att visuellt studera tre driftfall (min-, medel- och maxflöde). Resultatet visade att röken kom vistelsezonen tillgodo vid medel- och maxflödet efter en kort tid. Svårare var det att konstatera rökens väg i minflödesläget. Det skall dock tilläggas att salen inte var personbelastad under detta röktest. Troligen hade de termiska plymer som människan ger upphov till påverkat strömningsbilden i vistelsezonen. Luftutbyteseffektiviteten var dock 50 % vid minflödet.

7.2 Donens höjdplacering

I vissa driftfall misstänks det att donens höjdplacering har negativ inverkan på luftutbyteseffektiviteten. Höjdplaceringen av motoriserade tilluftsdon och dess ventilationseffektivitet i vistelsezonen vid olika driftförhållande bör studeras.

7.3 Närvarogivare

Tilluftsdonen i kontorsrum reagerade på belastningsförändring med avseende på temperatur. Detta kan orsaka låg tilluftmängd med viss tendens till instängd luft då personal önskar hög temperatur i rummet pga. att tilluftsdonen går ner i minläge. Detta skulle kunna förhindras med närvarogivare som ger ett närvaroflöde, högre än grundflödet i rummet vid behov.

8 Slutsats

Min bedömning är att de studerade systemen med motoriserade tilluftsdon fungerar tillfredsställande, framförallt med avseende på energianvändning och inneklimat. Som alla system har även detta sina för- och nackdelar. Det är viktigt att veta dess möjligheter och begränsningar för att kunna utforma anläggningen optimalt. Jag tror att det i många anläggningar kan vara lämpligt att installera dessa system.

Men det är av yttersta vikt att alla involverade parter är väl insatt i systemets begränsningar och möjligheter samt att alla tar del av erfarenheter från tidigare genomförda projekt. Det måste också vara av yttersta vikt att de kvalitetskrav som önskas diskuteras i ett tidigt skede. På så sätt skulle framtida projekt redan på planeringsstadiet kunna utformas för att erhålla bästa möjliga energi- och klimateffektiva lösningar.

Sett ur ett energiperspektiv finns stora fördelar, framför allt i lokaler där personbelastningen varierar kraftigt under en normal arbetsdag. En fördelen jämfört med konventionellt VAV-system är att motoriserade tilluftsdon kan tillföra tilluften med konstant hastighet och låg tilluftstemperatur oavsett flöde vilket skapar förutsättningar för en god omblandning av rumsluften och minska dragrisk vid minluftmängd. Detta innebär gör även att spannet mellan max- och minflöde kan utökas jämfört med konventionellt VAV-system.

Fältmätningarna gällande luftutbyteseffektivitet visar på att tillräckliga nivåer kan erhållas även vid låga luftflöden. Mätningarna visar viss antydning till att donens antal i förhållande till golvarean samt donens placering i höjddled kan påverka luftutbyteseffektiviteten radikalt.

Mätningarna gällande dragrisk indikerar på låga lufthastigheter i vistelsezonen. Detta i kombination med att god luftutbyteseffektivitet påvisar att donens medelekteringen av rumsluften är god.

Mätningar av det termiska klimatet anses vara tillfredsställande och bekräftar därmed resultatet från enkätundersökningen. Eftersom människor upplever det termiska klimatet olika är det omöjligt att hitta en temperatur som tillfredställer alla. Därför måste vi oftast räkna med att individen själv är tvungen att använda klädesdräkten som komfortregulator och därigenom hitta en beklädnadsgrad som upplevs som mest positiv.

Jag har också konstaterat att reglerförloppet på rumsnivå är känsligt och risken för att samspelet mellan radiatoreffekt och luftflöde inte fungerar på avsett vis är överhängande. Det tordes således innebära att injusterarens roll måste förtydligas och prioriteras.

När det gäller allmänventilationen har jag kunna konstatera höga statiska tryck och SFP-värden på vissa aggregat. De höga trycken och SFP-värden är troligtvis en konsekvens av installationstekniska förutsättningarna vid entreprenadgenomförandet. Detta påverkar dock energianvändningen negativt. Totalluftsflöden för tilluft respektive frånluft har viss obalans på aggregatnivå. Detta tyder på att det kan finnas obalans i rumsnivå. Till- och frånluftflödena är projekterade för att vara i balans i nästan alla system.

Luftbehandlingsaggregaten är i kontinuerlig drift. Vid loggning avseende driftströmmar visade det sig att vissa aggregat har samma effektuttag under hela dygnet. Detta kan delvis ha samband med att vissa temperaturbörvärden är inställda på låg temperatur och att tilluftsdonen är öppna till maximalt luftflöde.

De mätningar som genomförts på laborationsaggregaten visar på brister i de regler tekniska systemen samt obalans mellan till- och frånluftflöden.

9 Rekommendationer

Under de genomförda fältmätningarna har ett flertal iakttagelser gjorts. Min bedömning är att dessa iakttagelser snarast bör utredas och eventuellt åtgärdas för att uppnå fullgod funktionalitet på de tekniska systemen och ytterligare minska energianvändningen. Rekommendationerna får inte ses som absoluta då jag inte i detta projektarbete gjort exempelvis funktionstester utan endast gjort konstateranden.

Jag rekommenderar följande (utan inbördes ordning):

Utred:

- obalansen mellan till- och frånluftsflöde (allmänventilation och laborationsaggregat)
- varför tillskottsvärme behövs på fyra ventilationssystem (gäller värmeväxlarens effektivitet)
- funktionen på laborationsaggregatens styr- och reglering
- det låga luftutbyteseffektivitetsvärden på Geocentrum I (gäller arbetsrum)
- om temperaturhöjningen i tilluftskanalen på rumsnivå kan orsaka stagnationszoner vid vissa driftfall
- donplacering på höga takhöjder med ev. fullskaleprov
- det akustiska klimatet i vissa utrymmen (exempelvis 40 dB(A) i lärosal 237)
- eventuellt behov av närvarostyrning i kontorsrum
- om ytterligare tryckfallsreducerande åtgärder kan genomföras
- om en långtidsloggning skall genomföras för att se hur flödesvariationerna kan se ut i ett VAV-system
- om en energi- och klimatsimulering (IDA, simuleringsprogram) bör göras
- om ytterligare sänkning av minluftsflöden i lärosalar, datasalar m.m. kan utföras

10 Referenser och annan litteratur

1. Sandberg M, Skåret E, Mathisen H. Luftutbytes- och ventilationseffektivitet. Nya hjälpmedel för ventilationskonstruktörer, exempelsamling. Statens institut för byggnadsforskning, meddelande M:22. Gävle 1989.
2. Klassindelade inneklimatekonomiska system, R1-Riktlinjer och specifikationer. VVS- tekniska föreningen, Scanvac.
3. Krav och Råd, senaste ändring 2004 06 18. Byggnadsenheten, Lunds Universitet.
4. BBR, Boverkets byggregler (BFS 1993:57 till och med 2002:19).
5. AFS 2000:42, Arbetsplatsens utformning.
6. Holmér I. Bedömning av klimat på arbetsplatser. Metodöversikt, utbildning 9, 1992. Arbetsmiljöinstitutet.
7. Johansson P, Svensson A., 1999. Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. Rapport T22:1998, Byggnadsforskningsrådet.
8. ISO 7726:1998. Ergonomi för termiskt klimat – Instrument för mätning av fysiska storheter. SIS.
9. ISO 7730:1994. Neutrala termiska miljöer- Bestämning av indexen PMV och PPD samt fastställande av betingelser för termisk komfort. SIS.
10. Provningsmetod NT VVS 047 Buildings- Ventilating air: Mean age of air. 1985.
11. Klassindelade luftdistributionssystem, R2-Riktlinjer och specifikationer. Svenska Inneklimatinstitutet, Scanvac.
12. LindinVent, anvisning och beskrivning av luftdon enligt information på www.lindinvent.se. (sökord IDCC).
13. System e.r.i.c., anvisning och beskrivning av luftdon enligt information på www.swegon.se (sökord eric).
14. Sundell J, Kukkonen E, Skåret E, Valbjörn O, 1997. Problem med inomhusklimatet – Utredningar, mätningar, åtgärder, Anslagsrapport A8:1997, Byggnadsforskningsrådet, Folkhälsoinstitutet.
15. Norbäck D, Smedje G, 1992. Sjuka hus-symtom och astmasymtom i skolmiljö – betydelsen av inomhusluftens kvalitet och hälsoeffekter av miljöförbättrande åtgärder. AMF92-0166. Akademiska sjukhuset, rapport från Arbets- och miljömedicin 5/96, Uppsala.
16. Hult M, 2004. Skapa sund innemiljö. U.F.O.S. och Svenska kommunförbundet. 2004.
17. Inomhusklimat Örebro 2003. Konferens i Örebro 18-19 mars 2003.
18. Enberg H, 2004. Minimikrav på luftväxling. Utgåva 6, 2004.
19. Sundell J, Kjellman M, 1995. Luften vi andas inomhus. Vetenskaplig kunskapssammanställning. Folkhälsoinstitutet.

Bilaga 1 Redovisning av mätresultat gällande luftbehandlingsaggregat

Geocentrum I

Luftbehandlingssystem TA1/FA1

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	2100	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1451±145,1	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2100	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1143±114,3	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	635	Pa
	Totaltryckökning FF	475	Pa
	Kanaltryck tilluft	215	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 110	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 110	Pa
	Kanaltryck avluft	118	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	2,82	kW
	Frekvens (momentant)	47,5	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,98	kW
	Frekvens (momentant)	39,5	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,9	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,7	kW/m ³ /s
	SFP _V	3,3	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	33	%
	Totalverkningsgrad FA	27	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	17	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	13	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	6,0	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	7,6	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	20,5	°C
	Avluftstemperatur	15,3	°C
	Tilluftstemperatur	15,4	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum I

Luftbehandlingsystem TA2/FA2

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	3200	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	882±88,2	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	3200	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	864±86,4	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	218	Pa
	Totaltryckökning FF	187	Pa
	Kanaltryck tilluft	125	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 15	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 45	Pa
	Kanaltryck avluft	17	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	0,98	kW
	Frekvens (momentant)	29,5	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,01	kW
	Frekvens (momentant)	26,9	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,1	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,2	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,3	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	20	%
	Totalverkningsgrad FA	16	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	13	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	5	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	79	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	189	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	21,9	°C
	Avluftstemperatur	11,3	°C
	Tilluftstemperatur	13,7	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum I

Luftbehandlingsystem TA3/FA3

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	3350	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1471±147,1	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2850	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1409±140,9	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	430	Pa
	Totaltryckökning FF	425	Pa
	Kanaltryck tilluft	143	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 102	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 105	Pa
	Kanaltryck avluft	105	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	2,77	kW
	Frekvens (momentant)	41,2	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	2,20	kW
	Frekvens (momentant)	-	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,9	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,6	kW/m ³ /s
	SFP _V	3,4	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	23	%
	Totalverkningsgrad FA	27	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	13	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	13	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	7,6	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	7,5	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	21,6	°C
	Avluftstemperatur	16,3	°C
	Tilluftstemperatur	14,2	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum I

Luftbehandlingsystem TA4/FA4

<i>Luftflöde¹</i>	Projekterat luftflöde - tilluft	1100	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1034±103,4	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	1100	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1210±121,0	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	553	Pa
	Totaltryckökning FF	915	Pa
	Kanaltryck tilluft	50	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 46	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 125	Pa
	Kanaltryck avluft	249	Pa
<i>Effekt²</i>	Eleffekt TF (momentant)	2,15	kW
	Frekvens (momentant)	40,4	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	3,68	kW
	Frekvens (momentant)	48	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	2,1	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	3,0	kW/m ³ /s
	SFP _V	4,8	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	27	%
	Totalverkningsgrad FA	30	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	5	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	12	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	21,7	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	8,1	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur³</i>	Frånluftstemperatur	20,8	°C
	Avluftstemperatur	15,3	°C
	Tilluftstemperatur	19,6	°C
	Rumstemperatur börvärde	17-22	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem TA1/FA1

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	2950	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1117±111,7	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2950	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1567±156,7	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	270	Pa
	Totaltryckökning FF	540	Pa
	Kanaltryck tilluft	128	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 17	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 230	Pa
	Kanaltryck avluft	27	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	1,31	kW
	Frekvens (momentant)	35,7	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	2,89	kW
	Frekvens (momentant)	-	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,2	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,8	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,7	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	23	%
	Totalverkningsgrad FA	29	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	12	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	14	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	8,1	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	7,2	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	22,3	°C
	Avluftstemperatur	16	°C
	Tilluftstemperatur	14,5	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem TA2/FA2

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	2950	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	946±94,6	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2950	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	946±94,6	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	232	Pa
	Totaltryckökning FF	268	Pa
	Kanaltryck tilluft	138	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 8	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 148	Pa
	Kanaltryck avluft	21	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	0,99	kW
	Frekvens (momentant)	31,6	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,32	kW
	Frekvens (momentant)	34,7	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,0	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,4	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,4	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	22	%
	Totalverkningsgrad FA	19	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	14	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	12	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	7,2	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	8,3	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	21,4	°C
	Avluftstemperatur	13,2	°C
	Tilluftstemperatur	14,1	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingssystem TA3/FA3

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	3050	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1224±122,4	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	3050	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1167±116,7	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	318	Pa
	Totaltryckökning FF	385	Pa
	Kanaltryck tilluft	166	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 6,5	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 177	Pa
	Kanaltryck avluft	86	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	1,63	kW
	Frekvens (momentant)	36,9	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,78	kW
	Frekvens (momentant)	40	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,3	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,5	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,3	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	24	%
	Totalverkningsgrad FA	25	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	13	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	17	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	7,7	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	5,8	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	21,1	°C
	Avluftstemperatur	10,4	°C
	Tilluftstemperatur	13,6	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem TA4/FA4

<i>Luftflöde¹</i>	Projekterat luftflöde - tilluft	3950	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1299±129,9	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	3950	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	1328±132,8	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	279	Pa
	Totaltryckökning FF	305	Pa
	Kanaltryck tilluft	150	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 18	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 181	Pa
	Kanaltryck avluft	9,8	Pa
<i>Effekt²</i>	Eleffekt TF (momentant)	1,63	kW
	Frekvens (momentant)	31,9	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,88	kW
	Frekvens (momentant)	37,6	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	0,4	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	0,9	kW/m ³ /s
	SFP _V	1,3	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	63	%
	Totalverkningsgrad FA	36	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	38	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	22	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	2,6	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	4,5	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur³</i>	Frånluftstemperatur	20,3	°C
	Avluftstemperatur	10,7	°C
	Tilluftstemperatur	14,3	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem TA6/FA6

<i>Luftflöde¹</i>	Projekterat luftflöde - tilluft	1400	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	505±50,5	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	1400	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	597±59,7	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	209	Pa
	Totaltryckökning FF	379	Pa
	Kanaltryck tilluft	110	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 6,5	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 158	Pa
	Kanaltryck avluft	23	Pa
<i>Effekt²</i>	Eleffekt TF (momentant)	0,57	kW
	Frekvens (momentant)	25,9	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	1,13	kW
	Frekvens (momentant)	36,2	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,1	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,9	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,9	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	19	%
	Totalverkningsgrad FA	20	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	10	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	10	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	9,7	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	10,5	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur³</i>	Frånluftstemperatur	22	°C
	Avluftstemperatur	17,4	°C
	Tilluftstemperatur	15,1	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem TA7/FA7

<i>Luftflöde¹</i>	Projekterat luftflöde - tilluft	2200	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	683±68,3	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2200	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	502±50,2	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	209	Pa
	Totaltryckökning FF	181	Pa
	Kanaltryck tilluft	115	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 8	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 97,5	Pa
	Kanaltryck avluft	9,2	Pa
<i>Effekt²</i>	Eleffekt TF (momentant)	0,73	kW
	Frekvens (momentant)	27,4	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	0,61	kW
	Frekvens (momentant)	24,5	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,1	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,2	kW/m ³ /s
	SFP _V	2,0	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	20	%
	Totalverkningsgrad FA	15	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	12	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	9	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	8,7	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	11,4	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur³</i>	Frånluftstemperatur	22,7	°C
	Avluftstemperatur	10,3	°C
	Tilluftstemperatur	14,5	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	14	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem Lab TA1/FA1 – TA1/FF1

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	2240	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1490±144,1	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2240	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	2083±208,3	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	617	Pa
	Totaltryckökning FF	786	Pa
	Kanaltryck tilluft	256	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 11,5	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 385	Pa
	Kanaltryck avluft ⁴	50	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	2,85	kW
	Frekvens (momentant)	47,4	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	4,05	kW
	Frekvens (momentant)	61,9	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	2,0	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,9	kW/m ³ /s
	SFP _V	3,3	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	31	%
	Totalverkningsgrad FA	40	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	14	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	20	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	7,4	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	4,9	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	20,8	°C
	Avluftstemperatur	11,3	°C
	Tilluftstemperatur	18,7	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	19	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

4: Osäker mätpunkt.

Geocentrum II

Luftbehandlingsystem Lab TA1/FA1 – TA2/FF2

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	2240	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	1880±188,8	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	2240	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	2326±232,6	l/s
<i>Läckage/ Kortslutning</i>	Läckage vvx uteluft - avluft	0	%
	Läckage vvx frånluft - tilluft	0	%
	Kortslutning avluft - uteluft	0	%
<i>Tryck</i>	Totaltryckökning TF	627	Pa
	Totaltryckökning FF	777	Pa
	Kanaltryck tilluft	267	Pa
	Kanaltryck uteluftskanal	- 11,5	Pa
	Kanaltryck frånluft	- 368	Pa
	Kanaltryck avluft ⁴	50	Pa
<i>Effekt</i> ²	Eleffekt TF (momentant)	3,25	kW
	Frekvens (momentant)	47,4	Hz
	Eleffekt FF (momentant)	4,20	kW
	Frekvens (momentant)	61,6	Hz
<i>Specifik fläkteffekt</i>	SFP _{VA}	1,7	kW/m ³ /s
	SFP _{FA}	1,8	kW/m ³ /s
	SFP _V	3,2	kW/m ³ /s
<i>Verkningsgrad</i>	Totalverkningsgrad VA	36	%
	Totalverkningsgrad FA	43	%
	Fläktrumsverkningsgrad VA	16	%
	Fläktrumsverkningsgrad FA	23	%
<i>Effektbehov</i>	Specifikt effektbehov VA	6,2	W/pa, m ³ /s
	Specifikt effektbehov FA	4,3	W/pa, m ³ /s
<i>Temperatur</i> ³	Frånluftstemperatur	20,8	°C
	Avluftstemperatur	9,8	°C
	Tilluftstemperatur	18,7	°C
	Tilluftstemperatur börvärde	19	°C
	Tilluft efter vvx	-	°C
	Intagstemperatur	-	°C
	Temperaturverkningsgrad vvx	-	%

1, 2: Uppmätta flöden är inte projekterade värden utan momentanvärde i relation till aktuellt frekvenstal till fläktmotorerna.

3: Använda temperaturer är tilluft, frånluft och uteluft. Ingen hänsyn har tagits till temperaturhöjning från elmotor.

4: Osäker mät punkt.

Geocentrum II

Luftbehandlingssystem Lab TA2/FA2 – TA1/FA1

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	850	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	613±49	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	850	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	736±59	l/s
<i>Anm.</i>	Mätningarna avbröts under ett belastningsprov. Frekvensutrustningen löste ut.		

Luftbehandlingssystem Lab TA2/FA2 – TA2/FA2

<i>Luftflöde</i> ¹	Projekterat luftflöde - tilluft	850	l/s
	Uppmätt luftflöde - tilluft	544±44	l/s
	Projekterat luftflöde - frånluft	850	l/s
	Uppmätt luftflöde - frånluft	- ±	l/s
<i>Anm.</i>	Mätningarna avbröts under ett belastningsprov. Frekvensutrustningen löste ut.		

Bilaga 2 Mätresultat i tabellform från rumsmätningarna

Rum	Geocentrum I										Geocentrum II										
	126	130	212	339	518	Bibl	205	224	236	237	243	277	311	322	329	330	332	368	502	508	521
Temperaturer																					
Lufttemperatur °C	20,2	21,4	21,3	21,4	20,3	21,7				21,0		21,9	21,8	23,2				22,0	20,4	22,0	21,7
Operativ temperatur °C	19,0	20,2	20,2	20,0	19,1	20,5				20,1		21,0	20,8	21,9				21,1	19,6	20,6	20,6
Tilluftstemperatur °C	16,0	16,0	15,7	16,1	15,4				16,0									18,0			
Drag																					
Luft hastighet m/s	0,04	0,02	0,12	0,03	0,05	0,03			0,02		0,06	0,03	0,06	0,06				0	0,05	0,03	0,03
Luft hastighet sid. m/s	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04			0,04		0,03	0,03	0,05	0,05				0	0,03	0,04	0,05
Luftfuktighet																					
Relativa fuktighet %	23	22	23	22	24	21			24		20	21	20	20				21	24	22	22
Termiska komfort beräkningar																					
PPD-index	19,6	9,5	9,4	10,7	18,2	7,6			9,8		7,3	6,8	5,5	5,5				6,1	12,3	7,2	7,4
PMV-index	-0,7	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,4			-0,4		-0,3	-0,3	-0,2	-0,2				-0,2	-0,6	-0,3	-0,3
Dragkomfortindex	-	-	-	-	-	0			-		3,48	0	3,8	3,8				0	2,18	0	0
Luftflöde																					
Tilluftsföde																					
Projekterat l/s	48	28	48	11	18		48	48	36	120					36	48	90	16			
Uppmätt l/s	36	18,2	40	10	15,3		44	55	37	144					33	36	76	16			
Display l/s	48	76	46	12	16				70												
Projekterat l/s	240	120	240	50	78		240	240	180	600					180	240	450	50			
Uppmätt l/s	206	69	238	44	75		231	240	160	547					169	233	-	49			
Display l/s	208	154	243	50	76				562												
Luftutbytes effektivitet %	40			40					55									37			
Mintföde %	42			28					50									40			
Buller																					
Ljud A-viktat dB(A)	32,4			29,5					40,4									26,2			
Ljud C-viktat dB(C)	46,4			44,7					58,0									48,0			
Antal personer st.	2	2	6	2	2				2		1	1	1	1				2	1	1	1
Internlaster W	550	550	2500	350	350				1100		300	300	300	300				400	300	300	300

Bilaga 3 Luftutbyteseffektivitetberäkningar

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET
NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17	Samplingsmetod		Beställt av
Objekt rum Geocentrum II 237	Rums RH Rumstemp 21°C Tilluftstemp 16°C	Tilluft RH Atm. tryck	
Utförandedatum 2004-12-01	Instrument CO2-analysator serienr.	Installatör Skanska	Installationsdatum 2003

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,15$ (h) = 9 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 30$ min.

Rumsvolym 309 m³

Uteluftsflöde 1926 m³/h

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C_i (ppm)	$C_i \tau_i$ (ppm min)
0	0	725	0
1	2,5	555	1387,5
2	5,0	419	2095
3	7,5	320	2400
4	10,0	252	2520
5	12,5	193	2412,5
6	15,0	147	2205
7	17,5	114	1995
8	20,0	84	1680
9	22,5	62	1395
10	25,0	50	1250
11	27,5	35	962,5
12	30,0	21,0	630
		$\Sigma C_i = 2977$	$\Sigma C_i \tau_i = 20933$

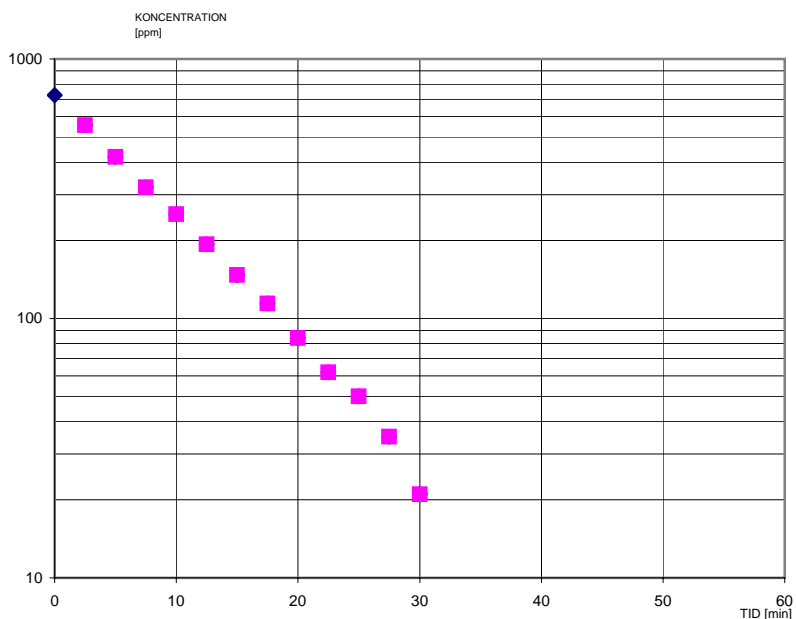


Fig 1. N2O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) 1 12
Gränsvärden avlästa från trendlinjen:
 $C_c(0)$ 775 (ppm)
 $C_c(\tau_0)$ 1 (ppm)

Där kurvan planat ut läggs i tredlinjen.
trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 1 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 6,8070228 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m 21 (ppm)
 C_m/λ_c 3,1 (ppm x h)
 $C_m/\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ 2,0 (ppm x h)

Rumsluftens medelålder: $\langle \bar{\tau} \rangle$ 0,13 (h)

Luftutbyteseffektivitet: $\langle \epsilon_a \rangle$ 56%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ 112 (ppm*h²)

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ 13 (ppm*h²)

Amn:
Stifabfarex E.R.I.C

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET
NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:454	Instrument Nr 14, N₂O-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum II 237	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Minflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / StifabFarex	Installationsdatum 2003

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,60$ (h) = 36 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 45$ min.

L [m] x B [m] x H [m]
Rumsvolym 310 m³ 10,2 8 3,8
Uteluftsflöde* 518 m³/h = 144 l/s

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C_i (ppm)	$C_i \tau_i$ (ppm min)
0	0	285	0
1	2,5	272	680
2	5,0	252	1260
3	7,5	234	1755
4	10,0	218	2180
5	12,5	203	2538
6	15,0	189	2835
7	17,5	175	3063
8	20,0	164	3280
9	22,5	153	3443
10	25,0	147	3675
11	27,5	137	3768
12	30,0	126	3780
13	32,5	117	3803
14	35,0	109	3815
15	37,5	102	3825
16	40,0	95	3800
17	42,5	88	3740
18	45,0	82	3690
		$\Sigma C_i = 3148$	$\Sigma C_i \tau_i = 54928$

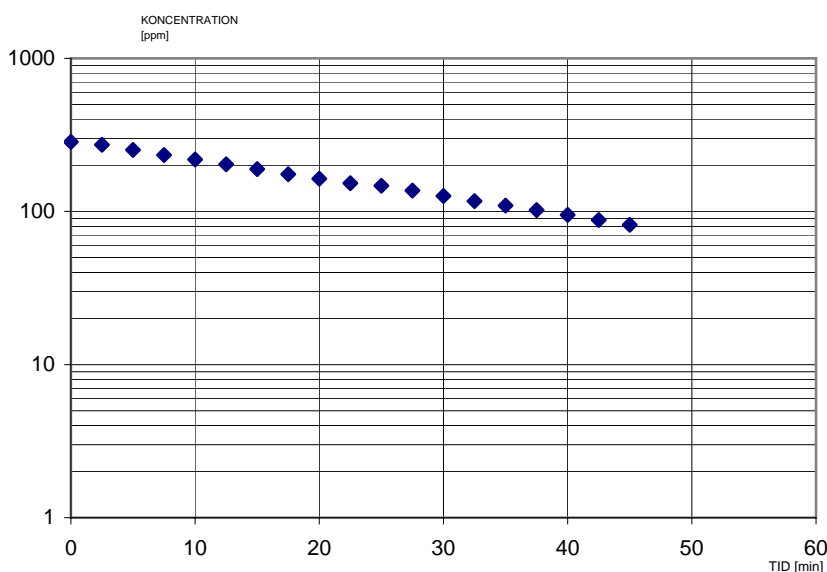


Fig 1. N₂O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) 8 18

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

$C_c(0)$ 287 (ppm)

$C_c(\tau_0)$ 125,5 (ppm)

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 1,7 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m 82 (ppm)

C_m/λ_c 49,5 (ppm x h)

$C_m/\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ 67,0 (ppm x h)

Rumsluftens medelålder: $\langle T \rangle$ 0,60 (h)

Luftutbyteseffektivitet: $\langle \epsilon_a \rangle$ 50%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ 124 (ppm*h)

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ 37 (ppm*h²)

Amn:

Stifabfarex E.R.I.C

Omblandning med hjälp av bordsfläktar.

Spårgas tillförd i tilluften tills fortvarighetstillstånd uppnått.

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET

NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:601	Instrument Nr 13, CO₂-analysator	Beställt av Akademiska Hus		
Objekt rum Geocentrum I 126	Rums RH	Lund		
	Rumstemp 20°C			Tilluft RH
	Tilluftstemp 16°C			Atm. tryck
Driftfall Maxflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / LindinVent	Installationsdatum 2003	

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,16$ (h) = 9 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 25$ min.

Rumsvolym **114 m³**

Uteluftsflöde* **734 m³/h = 204 l/s**

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C_i (ppm)	$C_i \tau_i$ (ppm min)
0	0	3120	0
1	2,5	2851	7128
2	5,0	2399	11995
3	7,5	1943	14573
4	10,0	1548	15480
5	12,5	1219	15238
6	15,0	970	14550
7	17,5	769	13458
8	20,0	599	11980
9	22,5	469	10553
10	25,0	368	9200
		$\Sigma C_i = 16255$	$\Sigma C_i \tau_i = 124153$

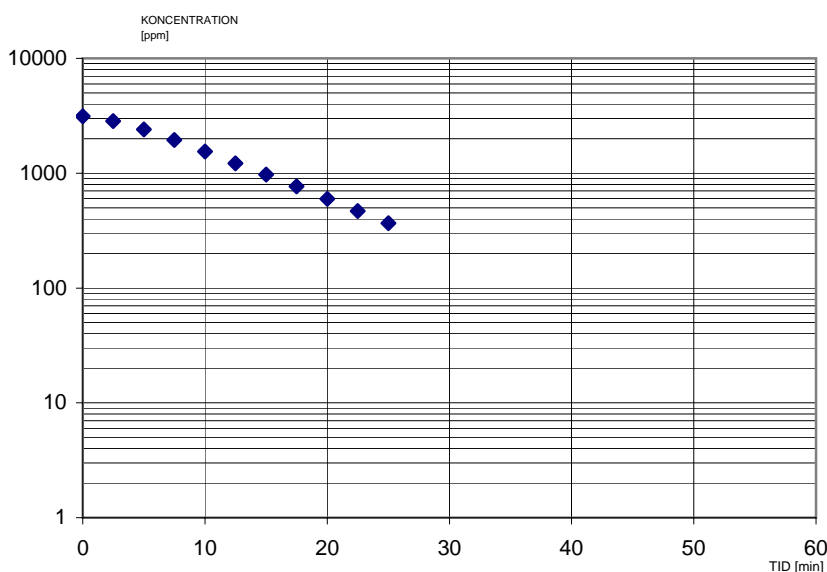


Fig 1. CO₂-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) **4 10**

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

$C_c(0)$ **3982 (ppm)**

$C_c(\tau_0)$ **232,9 (ppm)**

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 5,7 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m **368 (ppm)**

C_m/λ_c **64,8 (ppm x h)**

$C_m/\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ **38,4 (ppm x h)**

Rumsluftens medelålder: <T> 0,19 (h)

Luftutbyteseffektivitet: <E_a> 40%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ **605 (ppm*h)**

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ **90 (ppm*h²)**

Amn:

LindinVent

Omblandning med hjälp av bordsfläktar.

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET
NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:601	Instrument Nr 13, CO₂-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum I 126	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Minflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / LindinVent	Installationsdatum 2003

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,88$ (h) = 53 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 23$ min.

Rumsvoly m **114 m³**

Uteluftsflöde* **130 m³/h = 36 l/s**

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C _i (ppm)	C _i τ_i (ppm min)
0	0	3471	0
1	2,5	3332	8330
2	5,0	3190	15950
3	7,5	3088	23160
4	10,0	3010	30100
5	12,5	2870	35875
6	15,0	2734	41010
7	17,5	2638	46165
8	20,0	2513	50260
9	22,5	2427	54608
		$\Sigma C_i = 29273$	$\Sigma C_i \tau_i = 305458$

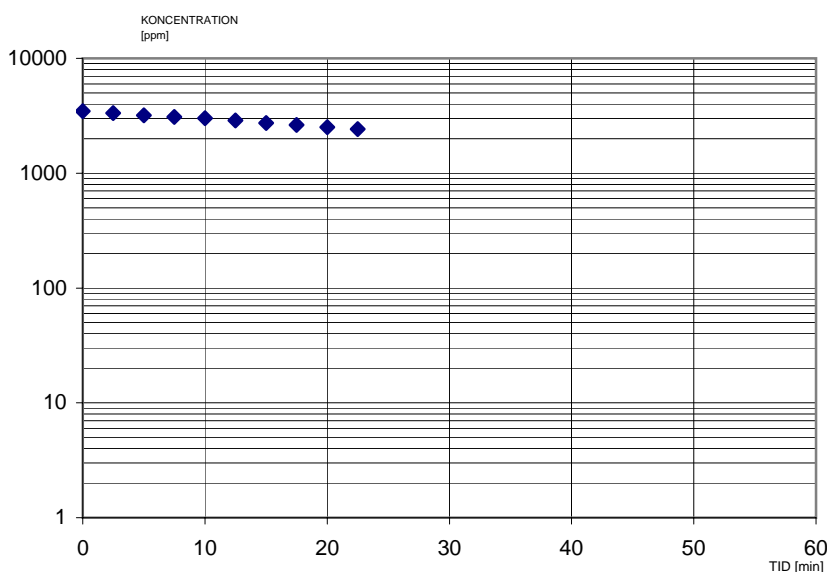


Fig 1. CO₂-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) **3 9**

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

C_c(0) **3490 (ppm)**

C_c(τ_0) **2153,3 (ppm)**

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 1,0 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m **2427 (ppm)**

C_m/ λ_c **2512,8 (ppm x h)**

C_m/ $\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ **3544,0 (ppm x h)**

Rumsluftens medelålder: <T> 1,05 (h)

Luftutbyteseffektivitet: <E_a> 42%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ **1097 (ppm*h)**

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ **232 (ppm*h²)**

Amn:
LindinVent
Ombländning med hjälp av bordsfläktar.

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET

NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:454	Instrument Nr 14, N₂O-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum II 368	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Minflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / StifabFarex	Installationsdatum 2003

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,84$ (h) = 51 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 20$ min.

Rumsvoly m **49 m³**

Uteluftsflöde* **58 m³/h = 16 l/s**

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C_i (ppm)	$C_i \tau_i$ (ppm min)
0	0	150	0
1	2,5	140	350
2	5,0	136	680
3	7,5	132	990
4	10,0	126	1260
5	12,5	121	1513
6	15,0	116	1740
7	17,5	112	1960
8	20,0	108	2160
		$\Sigma C_i = 1141$	$\Sigma C_i \tau_i = 10653$

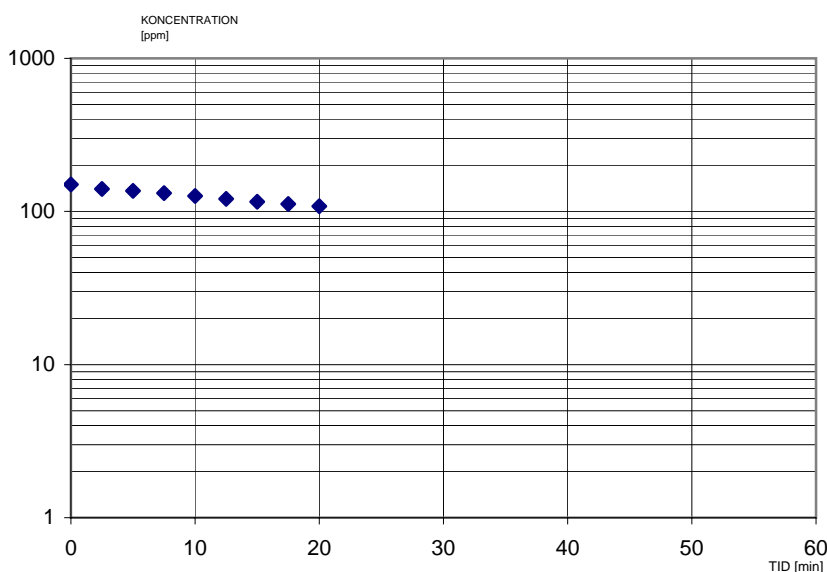


Fig 1. N₂O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) **3 8**

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

$C_c(0)$ **148 (ppm)**

$C_c(\tau_0)$ **91,5 (ppm)**

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 1,0 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m **108 (ppm)**

C_m/λ_c **112,6 (ppm x h)**

$C_m/\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ **154,9 (ppm x h)**

Rumsluftens medelålder: $\langle T \rangle$ 1,05 (h)

Luftutbyteseffektivitet: $\langle \epsilon_a \rangle$ 40%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ **42 (ppm*h)**

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ **8 (ppm*h²)**

Amn:

Stifabfarex E.R.I.C

Omblandning med hjälp av bordsfläktar.

Överluft

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET
NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:454	Instrument Nr 14, N₂O-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum II 368	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Maxflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / StifabFarex	Installationsdatum 2003

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,28$ (h) = 17 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 40$ min.

Rumsvolym 49 m³

Uteluftsflöde* 176 m³/h = 49 l/s

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C _i (ppm)	C _i τ_i (ppm min)
0	0	317	0
1	2,5	260	650
2	5,0	225	1125
3	7,5	196	1470
4	10,0	167	1670
5	12,5	148	1850
6	15,0	132	1980
7	17,5	117	2048
8	20,0	103	2060
9	22,5	91	2048
10	25,0	82	2050
11	27,5	75	2063
12	30,0	67	2010
13	32,5	60	1950
14	35,0	54	1890
15	37,5	50	1875
16	40,0	45	1800
		$\Sigma C_i =$ 2189	$\Sigma C_i \tau_i =$ 28538

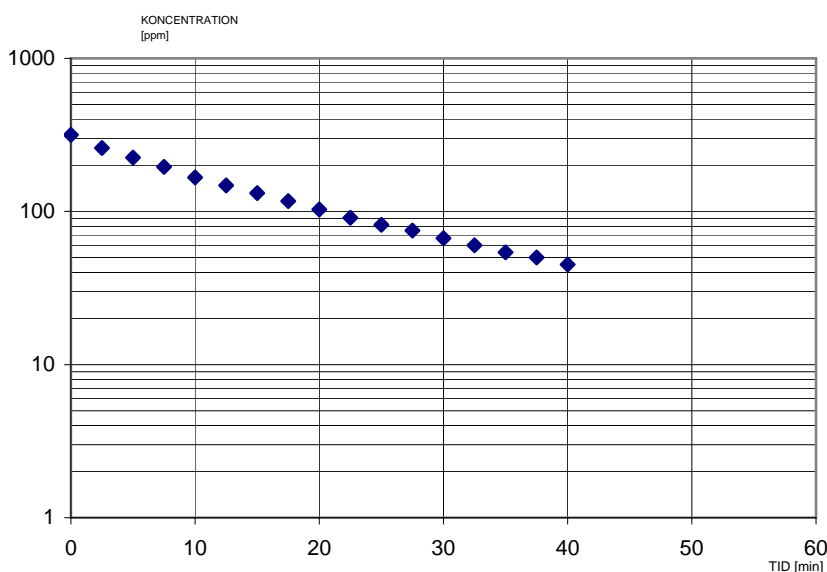


Fig 1. N₂O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) 8 16

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

C_c(0) 241 (ppm)

C_c(τ_0) 67,3 (ppm)

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 2,5 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m 45 (ppm)

C_m/ λ_c 17,7 (ppm x h)

C_m/ $\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ 18,7 (ppm x h)

Rumsluftens medelålder: <T> 0,37 (h)

Luftutbyteseffektivitet: <E_a> 37%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ 84 (ppm*h)

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ 19 (ppm*h²)

Amn:

Stifabfarex E.R.I.C

Omblandning med hjälp av bordsfläktar.

Överluft

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET

NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:454	Instrument Nr 14, N₂O-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum I 339	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Maxflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / LindinVent	Installationsdatum 2003

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 0,41$ (h) = 25 min.

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Mättid: $\tau_m = 20$ min.

Rumsvolym **65 m³**

Uteluftsflöde* **158 m³/h = 44 l/s**

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C _i (ppm)	C _i τ_i (ppm min)
0	0	107	0
1	2,5	91	228
2	5,0	85	425
3	7,5	77	578
4	10,0	72	720
5	12,5	66	825
6	15,0	61	915
7	17,5	56	980
8	20,0	51	1020
		$\Sigma C_i =$ 666	$\Sigma C_i \tau_i =$ 5690

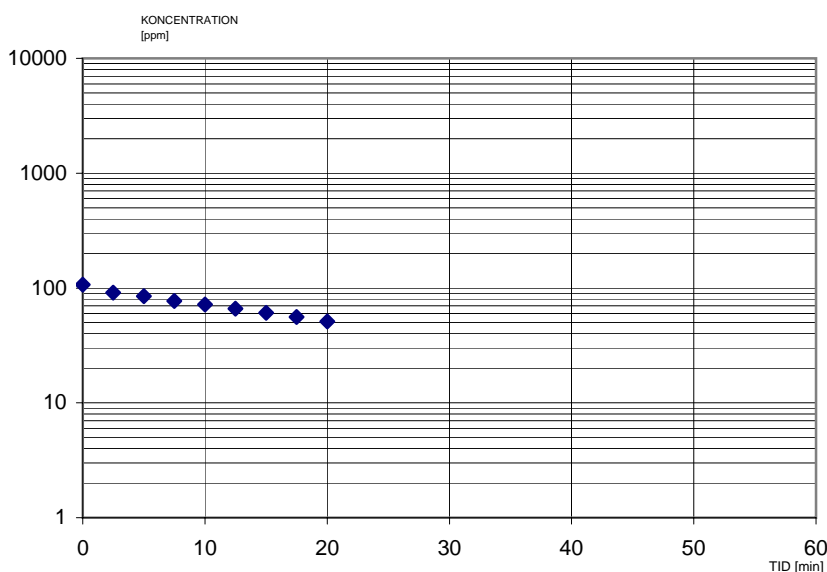


Fig 1. N₂O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) **3 8**

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

C_c(0) **100 (ppm)**

C_c(τ_0) **37,2 (ppm)**

Där kurvan planat ut läggs i trendlinjen.

Trendlinjens lutning λ_c :

$$\lambda_c = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_c = 2,0 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m **51 (ppm)**

C_m/ λ_c **25,9 (ppm x h)**

C_m/ $\lambda_c * (\tau_m + 1/\lambda_c)$ **21,8 (ppm x h)**

Rumsluftens medelålder: <T> 0,52 (h)

Luftutbyteseffektivitet: <E_a> 40%

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ **24 (ppm*h)**

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ **4 (ppm*h²)**

Amn:
LindinVent
Ombländning med hjälp av bordsfläktar.
Överluft

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

LUFTUTBYTESEFFEKTIVITET
NORDTEST METHOD NT VVS 047

Fastighet M17:454	Instrument Nr 14, N₂O-analysator	Beställt av	
Objekt rum Geocentrum I 339	Rums RH	Tilluft RH	
	Rumstemp 20°C	Atm. tryck	
	Tilluftstemp 16°C		
Driftfall Minflöde	Lokaltyp Lärosal	Installatör Skanska / LindinVent	Installationsdatum 2003

L [m] x B [m] x H [m]

Nominell tidskonstant $\tau_n = 1,81$ (h) = 108 min.

Rumsvolym **65 m³**

Samplingsintervall: $\Delta\tau = 2,5$ min.

Uteluftsflöde* **36 m³/h = 10 l/s**

Mättid: $\tau_m = 85$ min.

*Uppmätt med spårgasteknik T22:Metod A4

Avläsnings nr.	τ_i (min)	C_i (ppm)	$C_i \tau_i$ (ppm min)
0	0	4613	0
1	2,5	4325	10813
2	5,0	4205	21025
3	7,5	4020	30150
4	10,0	3925	39250
5	12,5	3920	49000
6	15,0	3770	56550
7	17,5	3778	66115
8	20,0	3709	74180
9	22,5	3667	82508
10	25,0	3576	89400
11	27,5	3548	97570
12	30,0	3541	106230
13	32,5	3518	114335
14	35,0	3458	121030
15	37,5	3468	130050
16	40,0	3506	140240
17	42,5	3519	149558
18	45,0	3457	155565
19	47,5	3375	160313
20	50,0	3328	166400
21	52,5	3187	167318
22	55,0	3145	172975
23	57,5	3136	180320
24	60,0	3020	181200
25	62,5	2975	185938
26	65,0	2939	191035
27	67,5	2910	196425
28	70,0	2824	197680
29	72,5	2725	197563
30	75,0	2648	198600
31	77,5	2699	209173
32	80,0	2585	206800
33	82,5	2555	210788
34	85,0	2530	215050
		$\Sigma C_i = 118104$	$\Sigma C_i \tau_i = 4571143$

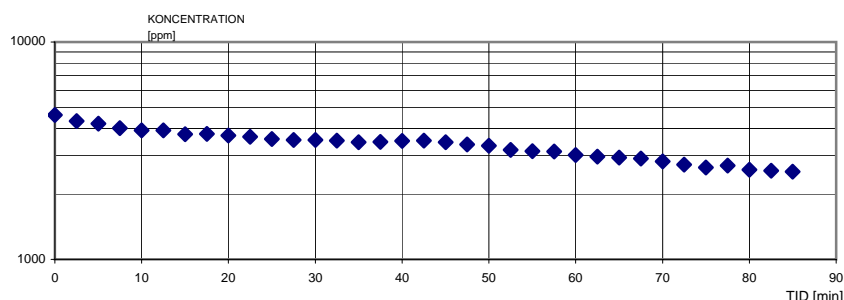


Fig 1. N₂O-koncentration som funktion av tiden.

Trendkurva (avläsnings nr) **5 34**

Gränsvärden avlästa från trendlinjen:

$C_c(0)$ **4238 (ppm)**

$C_c(\tau_0)$ **3571,2 (ppm)**

Där kurvan planat ut läggs i tredlinjen.

Trendlinjens lutning λ_e :

$$\lambda_e = \frac{1}{\tau_0} \ln \frac{C_c(0)}{C_c(\tau_0)} \quad \tau_0 = 0,5 \text{ (h)}$$

$$\lambda_e = 0,3 \text{ (1/h)}$$

Sista avläsningen av koncentration

C_m **2530 (ppm)**

C_m/λ_e **7385,2 (ppm x h)**

$C_m/\lambda_e * (\tau_m + 1/\lambda_e)$ **32020,0 (ppm x h)**

Amn:

LindinVent

Omblandning med hjälp av bordsfläktar.

Överluft

Rumsluftens medelålder: $\langle \tau \rangle$ 2,90 (h)

Luftutbyteseffektivitet: $\langle \epsilon_a \rangle$ 31%

Mätning gällande luftutbyteseffektivitet har genomförts av:

Tabell 1. Uppmätta koncentrationer

$\Sigma C_i \Delta\tau$ **4772 (ppm*h)**

$\Sigma C_i \tau_i \Delta\tau$ **3176 (ppm*h²)**

Mätningen utförd av:	Sign:	Datum
----------------------	-------	-------

Bilaga 4 Bildkollage från Geocentrum I och II



Bild 1 Installerad motoriserade tilluftsdon av märket e.r.i.c. från STIFAB FAREX AB.



Bild 2 Närbild av ett don av typen e.r.i.c.



Bild 3 Installerad motoriserade tilluftsdon av märket IDCC, från LindinVent AB.



Bild 4 Närbild av ett don av typen IDCC.



Bild 5 Styr- och reglerenhet (temperatur och koldioxid) för system e.r.i.c. i en större sal.



Bild 6 Styr- och reglerenhet (temperatur) för system IDCC. i kontorsutrymme.



Bild 7 Mätning av det termiska klimatet i ett kontorsrum på Geocentrum I.

Bilaga 5 Instrumentförteckning

Följande instrument har använts vid denna fältstudie:

- Tryckmätare av märket SwemaMan 80 samt Swema Air 300 med tryckmätare SWA 10.
- Temperaturmätare (handburen) av märket Hanna HI93510 samt TES 1316.
- Effektmätare av märket Analyst 2050.
- Spårgasanalysator för lustgas, SenseAir 2001L samt för koldioxid, Elektrometer AB / 2001M.
- Massflödesmätare Bronkhorst High-tech B.V / E-700.
- Klimatanalysator 1213 från Brüel & Kjaer.
- Ljudmätare 2231 från Brüel & Kjaer.
- Flödesmätare CBI 2 från TA.
- Loggrar från Logso.

Samt handburna instrument som IR-temp, spänningsprovare, strömtänger, rökgenerator mm.