

Rapport

R77:1989

#3893

Bättre Luftkvalitet i skolor
genom forcerad överluftsföring

Pär Vikström

Byggtorshyringsrådet

R77:1989

BÄTTRE LUFTKVALITET I SKOLOR
GENOM FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING

Pär Vikström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860338-4
från Statens råd för byggnadsforskning till K-Konsult,
Stockholm.

REFERAT

I vissa byggnader finns ur ventilationssynpunkt hårt belastade rum, samtidigt som det kan finnas intilliggande lågt belastade rum. Det kan t ex gälla undervisningslokaler med intilliggande korridor och trapphus. Luftkvaliteten i det hårt belastade rummet kan förbättras genom att med en fläkt forcera överluftsföring mellan det intilliggande rummet och det rum som skall ventileras.

Effekten av forcerad överluftsföring bestäms av det intilliggande rummets storlek och ventilationen i detta rum. Ju större volym det intilliggande rummet har, jämfört med det rum som skall ventileras, desto längre tid tar det innan jämviktskoncentrationen ställer in sig. Ventilationen i det intilliggande rummet hjälper till att transportera bort föroreningar och sänker därmed jämviktskoncentrationen. Effekten av olika faktorer redovisas i diagram.

Mätningar i en skola visar att man i ett klassrum med ett mycket lågt frånluftsflöde uppnår en väsentlig förbättring med forcerad överluftsföring. Beräkningar utgående från mätresultaten visar att forcerad överluftsföring i samtliga klassrum i korridoren skulle ge en begränsad effekt på luftkvaliteten i klassrummen.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R77:1989

ISBN 91-540-5088-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Samiskt Tryck Stockholm 1989

	FÖRORD	4
	SAMMANFATTNING	5
1	FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING	6
2	BERÄKNING AV EFFEKTEN AV FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING	8
2.1	Effekt på förorenings- koncentration	8
2.11	Volymens inverkan	9
2.12	Ventilationens inverkan	10
2.2	Ventilationsbehov	11
2.3	Samband lukt - koldioxid- koncentration	13
3	MÄTNINGAR I EN SKOLA	14
3.1	Förutsättningar	14
3.2	Mätningarnas genomförande	14
3.3	Mätresultat	18
3.4	Kommentarer	20
4	FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING, MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR	22
BILAGA 1	Formler för beräkning av CO ₂ -koncentration	23
BILAGA 2	Redovisning av mätresultat med och utan forcerad över- luftsföring	25
	LITTERATURLISTA	28

FÖRORD

Initiativtagare till detta projekt var Leif Engvall, tidigare anställd vid tekniska kontoret, Eksjö kommun. Kontaktperson i Eksjö kommun under projektets genomförande har varit Sven Nilsson. Kontaktperson vid Östanåskolan har varit rektor Kjell Skepö. De brandtekniska frågorna har diskuterats med Lars Svensson, Brandförsvaret Eksjö.

Ett varm tack till ovanstående och till övriga som medverkat i projektet.

Projektet har utförts vid Arbetsmiljö-Akustik, K-Konsult i Stockholm av Björn Armand, Nils F Petersson och Pär Vikström. Milvi Petersson har svarat för utskrift och redigering.

SAMMANFATTNING

I många äldre skolor och andra byggnader är ventilationen dålig. Visstas många personer under en längre tid i ett rum medför dålig ventilation temperaturstegring, hög koldioxidhalt och en upplevelse av instängd och kvalmig luft.

Med forcerad överluftsledning menar vi i detta projekt att luften med en fläkt tas från ett intilliggande rum och förs in i det rum där förbättrad ventilation erfordras. En del av den tillförda luften kan sugas ut som frånluft. Resterande luftflöde strömmar tillbaka till det intilliggande rummet. Den forcerade överluftsledningen kan ses som en kombination av cirkulationsluft och överluft.

Effekten av forcerad överluftsledning bestäms av det intilliggande rummets storlek och ventilationen i detta rum. Ju större volym det intilliggande rummet har, jämfört med det rum som skall ventileras, desto längre tid tar det innan jämviktskoncentrationen ställer in sig. Ventilationen i det intilliggande rummet hjälper till att transportera bort föroreningar och sänker därmed jämviktskoncentrationen.

Mätningar i en skola visar att man i ett klassrum med ett mycket lågt frånluftslöde uppnår en väsentlig förbättring med forcerad överluftsledning. Beräkningar utgående från mätresultaten visar att forcerad överluftsledning i samtliga fem klassrum i korridoren skulle ge en begränsad effekt på luftkvaliteten i klassrummen.

Metoden med forcerad överluftsledning bör inte ses som ett jämställt alternativ till installation av balanserad ventilation eftersom den medför vissa nackdelar:

- Föroreningar sprids från det intilliggande rummet till det rum där ventilationen önskas förbättras.
- Föroreningar sprids från det ventilerade rummet till omgivande utrymmen.
- Hänsyn måste tas till att installationen inte påverkar risken för brand- och rökasspridning.

Installation av forcerad överluftsledning kan vara motiverad då det inte finns ekonomiskt utrymme för installation av traditionell typ. I rum med låg användningsfrekvens eller kort återstående brukstid kan det också vara ett intressant alternativ att förbättra luftkvaliteten.

I många äldre skolor utgörs ventilationen av självdrag eller mekaniskt styrd frånluft. Luftflödena är vanligen långt under de krav som gäller idag vid nybyggnad. Dessutom påverkas luftflödena av temperaturförhållandena. Självdragsventilerade skolor får de största luftflödena vid låga utetemperaturer. Eftersom äldre frånluftssystem arbetar med små tryckfall över don, påverkas även det fläktstyrda frånluftslödet av temperaturskillnaden ute/inne.

Tilluften kommer in genom ventiler eller otätheter i ytterväggar. Inströmningen av uppvärmd luft förorsakar lätt dragproblem vintertid. I samband med energibesparande åtgärder har man försökt göra byggnaderna tätare. Detta har lett till lägre energiförbrukning, men ofta också resulterat i försämrad ventilation.

I klassrum skall ventilationen i första hand transportera bort koldioxid, andra gaser samt en del av den värme som avges av människorna. Den skall dessutom transportera bort ämnen som avges från inredning och byggnad samt eventuella ämnen som alstras av verksamheten i rummet. Dålig ventilation medför temperaturstegring i lokalen, hög koldioxidhalt och en upplevelse av instängd och kvalmig luft.

I äldre skolor är det ofta högt i tak och kraftiga väggar. Detta förbättrar situationen något, eftersom gaserna sprids i en större luftvolym och luften kyls av väggarna.

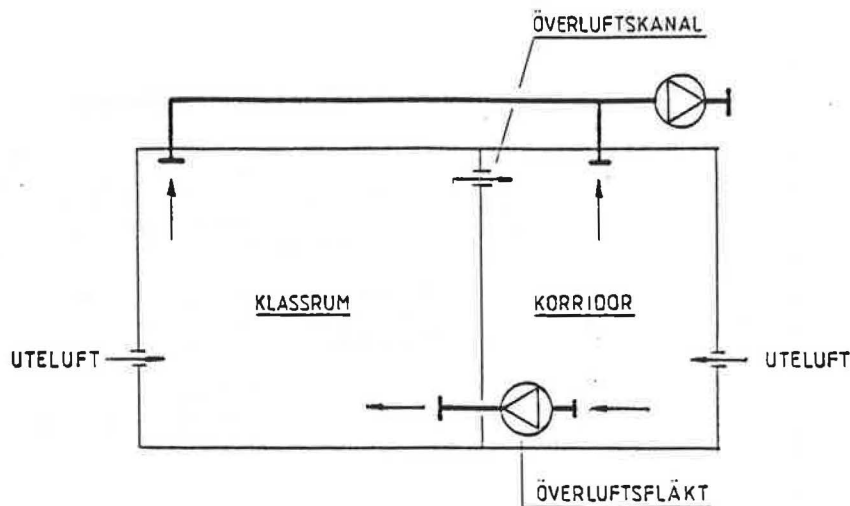
Tanken har väckts att utnyttja de relativt stora volymer som finns i angränsande korridorer och trapphus för att ytterligare "späda ut" gaserna från människorna i klassrummen. Detta skulle kunna göras med hjälp av en fläkt som cirkulerar luften mellan klassrum och korridor.

Problem med dålig ventilation är inte enbart förknippat med skolor utan kan förekomma i många andra typer av byggnader som t ex bostäder och publika lokaler. Även här kan man tänka sig att utnyttja luft från intilliggande rum för att förbättra luftkvaliteten i ett, ur ventilationssynpunkt, hårt belastat rum.

Med **överluft** menas luft som tillförs ett rum från ett annat rum. Det kan t ex avse tilluft som tillförts ett sovrum och som sedan förs till köket som överluft. Överluftsföring används för att minska behovet av tilluft och används normalt från mindre förorenade utrymmen till mer förorenade.

Med **cirkulationsluft** menas luft som tas från ett rum, behandlas (vanligen kyls, värms eller rensas) i en i rummet befintlig apparat och som sedan leds tillbaka till rummet.

Med **forcerad överluftsföring** menar vi i detta projekt att luften med en fläkt tas från ett intilliggande utrymme och förs in i det rum som skall ventileras. En del av den tillförda luften kan sugas ut som frånluft. Resterande luft strömmar tillbaka till det intilliggande utrymme.



Figur 1 Principskiss forcerad överluftsföring.

Den forcerade överluftsföringen kan ses som en kombination av cirkulationsluft och överluft. Om det angränsande utrymme och rummet som skall ventileras ses som en enhet, blir funktionen av den forcerade överluftsföringen en större volym att fördela alstrade föroreningar och en förbättrad omblandning. Den ventilation som finns i det intilliggande rummet hjälper till att transportera bort föroreningar och jämviktsskoncentrationen blir därmed lägre. Om det är lägre krav på termisk komfort i det intilliggande utrymme kan dessutom uppvärmd uteluft lättare tas in där utan dragproblem. Även forcerad ventilation, t ex i form av fönstervädning, kan vara möjlig under längre perioder av året i det intilliggande rummet.

Metoden med forcerad överluftsföring bör tillämpas restriktivt. En förutsättning är att luften i det intilliggande rummet utan olägenheter kan föras in i det rum som skall ventileras. (Se vidare avsnitt 4). Det bästa ur luftkvalité- och komfortsynpunkt bör i de absoluta flertalet fall vara en väl utförd installation av balanserad ventilation.

Installation av forcerad överluftsföring kan vara motiverad då det inte finns ekonomiskt utrymme för installation av balanserad ventilation. I utrymme med låg användningsfrekvens eller kort återstående brukstid kan det också vara ett intressant alternativ.

Syftet med projektet är att undersöka om det med forcerad överluftsföring går att få en god luftkvalité i klassrum. Målsättningen är att få den luftkvalité som skulle erhållas med mekanisk till- och frånluft med luftflöden enligt SBN.

Undersökningen har gjorts genom teoretiska beräkningar och mätningar i en skola, Östanåskolan i Eksjö.

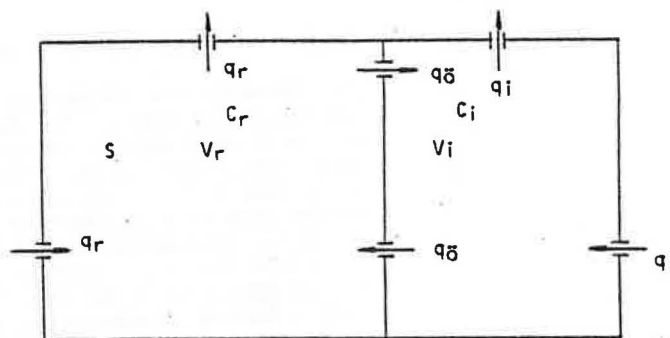
2 BERÄKNING AV EFFEKTEN AV FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING

2.1 Effekt på föroreningskoncentration

Koncentrationen av ett ämne i ett rum bestäms av hur mycket av ämnet som alstras i rummet (källstyrkan), luftflödet genom rummet och, om förhållandena inte är konstanta, även av rummets volym. Om forcerad överluftsföring används inverkar även motsvarande egenskaper i det rum varifrån luften tas samt överluftsflödets storlek.

I figur 2 visas dessa variabler. Här har antagits att till- och frånluftslöden är lika stora i respektive rum och att ingen källstyrka finns i det intilliggande rummet.

I bilaga 1 finns en härledning av ekvationen för beräkning av koldioxidkoncentrationen under de förutsättningar som gäller för mätobjektet.



Rum som skall ventileras. Intilliggande rum.

- q_r = Till- och frånluftslöde i det rum som skall ventileras.
- q_i = Till- och frånluftslöde i det intilliggande rummet.
- $q_ö$ = Överluftslöde.
- S = Källstyrkan, d v s alstring per tidsenhet i det rum som skall ventileras.
- V_r, C_r = Volymen respektive koncentrationen i det rum som skall ventileras.
- V_i, C_i = Volymen respektive koncentrationen i det intilliggande rummet.

Figur 2 Beteckningar forcerad överluftsföring

2.11 Volymens inverkan

För att beskriva inverkan av det intilliggande rummets volym antogs först att detta rum saknar ventilation ($q_i = 0$) och att överluftsföringen är så stor att fullständig omblandning gäller i båda rummen. Om man vidare bortser från tilluftens koncentration och eventuell begynnelsekoncentration kan koncentrationen i det rum som skall ventileras skrivas som:

$$C_r = \frac{S}{q_r} \times \left(1 - e^{-\frac{q_r \times T}{V_r + V_i}} \right)$$

Där är T tiden från start av avgivning från källan. Värdet av uttrycket i parentesens vis i diagram 1 vid olika förhållanden mellan rummens volymer. För att göra diagrammet generellt har tiden ersatts med antalet luftväxlingar i det rum som skall ventileras.

Av diagrammet framgår t ex att efter en tid motsvarande en luftväxling i det rum som skall ventileras är koncentrationen utan användande av det intilliggande rummets volym ca 0,6 x jämviktsskoncentrationen. Om det intilliggande rummet har dubbelt så stor volym som det rum som skall ventileras, blir koncentrationen ca 0,3 x jämviktsskoncentrationen.

Finns ventilation i det intilliggande rummet, blir koncentrationen lägre, se nedan.

KONCENTRATION RELATIVT
JÄMVIKTSKONCENTRATION

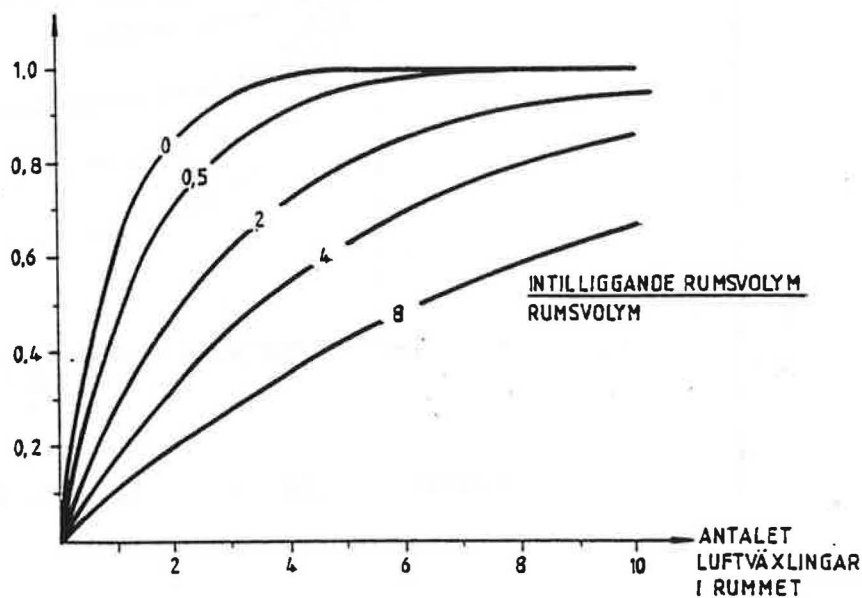


Diagram 1 Inverkan av den intilliggande lokalvolymen

2.12 Ventilationens inverkan

Jämviktskoncentrationen kan skrivas som:

$$C_r = \frac{S}{q_r} \times \text{reduktionsfaktor}$$

Med förutsättningar och beteckningar enligt figur 2 erhålls:

$$\text{reduktionsfaktor} = \frac{q_r}{q_g \times q_i + q_r}$$

Reduktionsfaktorernas storlek vid olika luftflöden genom intilliggande rum och vid olika överluftsflöden redovisas i diagram 2.

Av diagrammet framgår t ex att om både överluftsflöde och luftflödet genom intilliggande rum är lika stort som luftflödet i det rum som skall ventileras reduceras jämviktskoncentrationen till 66 % av jämviktskoncentrationen utan forcerad överluftsöring.

REDUKTION AV
JÄMVIKTSKONCENTRATION

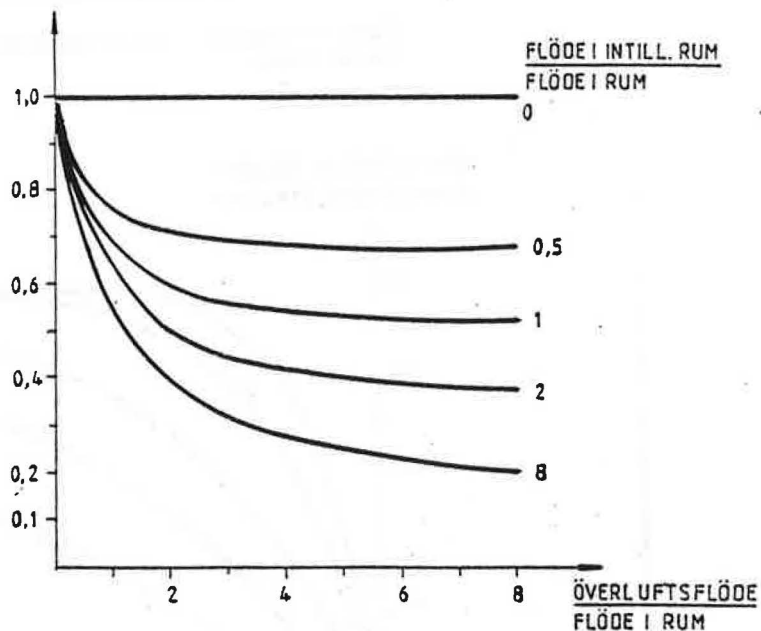


Diagram 2 Luftflödenas inverkan vid forcerad överluftsöring

2.2 Ventilationsbehov

Ventilationsbehovet i lokaler där människor utgör den dominerande föroreningskällan har fastställts så att lukten skall hållas på en rimlig nivå.

På 1930-talet påvisade Yaglou m fl (1936) ett samband mellan lukt hos rumsluft, persontäthet, flöde av utomhusluft och rumsvolym per person. Denna undersökning har styrkt kraven på utomhusluftflöde per person i många länders byggnadsbestämmelser, bl a de svenska.

I tabell 1 ges exempel på lokalvolym (m^3) per person i rum med olika ytor och takhöjd.

	Klassrum		Bostadsrum kontorsrum	
Yta m^2	50	50	10	10
Höjd m	3	4	2,4	3
Volym m^3	150	200	24	30
Antal personer				
1			24	30
2			12	15
3			8	10
10	15	20		
20	7,5	10		
30	5	6,6		

Tabell 1 Exempel på lokalvolym (m^3) per person i rum med olika ytor och takhöjd.

I diagram 3 visas erforderligt uteluftsflöde enligt SBN -80 vid olika rumsvolym per person. Av diagrammet framgår att ju större luftvolymen är per person, desto mindre skall uteluftsflödet vara. Motivering är att de luktande ämnen som avges tänks brytas ned efter en viss tid i luften. Denna metod för bestämning av luftflöden har på senare tid ifrågasatts bl a med hänsyn till de ämnen som avges från byggnaden och inredningen.

Människan avger, förutom luktande ämnen, även koldioxid ca 15 l/h vid vila och 45 l/h vid måttligt arbete. I diagram 3 visas även koldioxidkoncentrationen vid jämvikt med uteluftsflöde enligt SBN. 20 l CO_2 -avgivning per timme har antagits (motsvarande lätt sittande arbete). Till den från människan avgivna koldioxiden har bakgrundsivån i atmosfären (340 ppm) adderats. Av diagrammet framgår att vid normalt flöde blir koldioxidhalten högre ju större rumsvolymen är per person.

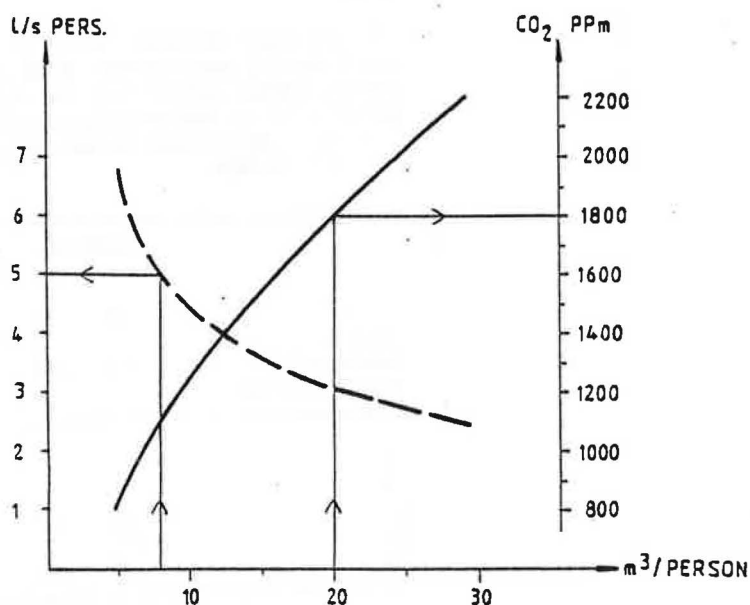


Diagram 3 Uteluftsflöde i liter per sekund och person samt kol-dioxidkoncentration vid dimensionering enligt SBN.

Värmeavgivningen från en person med lätt sittande arbete är ca 120 W. Om ventilationen är 5 l per sekund och person, motsvarar den avgivna värmeeffekten en temperaturökning på luften på ca 20°C. Detta betyder att om ventilationen dimensioneras enligt kraven på luftkvalité, blir dess förmåga att kyla bort den värme som alstras av människor begränsad.

Den värme som utvecklas av personer i t ex ett klassrum bör i första hand användas för att ersätta värme från uppvärmningssystemet. Finns inget uppvärmningsbehov kommer lufttemperaturen att stiga. Hur mycket bestäms av tilluftens temperatur, luftflödets storlek och rummets termiska egenskaper. Så har t ex tegel- och betongväggar större kylande effekt än väggar av gipsskivor.

2.3 Samband lukt - koldioxidkoncentration

Berglund m fl (1983) har undersökt samband mellan lukt och koldioxidkoncentration i bl a en svensk skola. Man anger att vid 800 ppm (0,08 %) CO₂ "kan en observatör med icke uttröttade sinnen känna den personrelaterade lukten och skilja den från byggnadens bakgrundslukt. Det krävs således 5-6 liter uteluft per person och sekund för att de personrelaterade lukterna skall hålla sig under bakgrundsnivån". Enligt äldre "tumregler" blir lukten hos rumsluft besvärande vid 1500 ppm (0,15 %) CO₂, vilket torde gälla för personer som kontinuerligt befinner sig i rummet. Personer som besöker rummet upplever dock även att rumsluft med koncentrationer under 1300 ppm CO₂ har en obehaglig lukt (Berglund 79).

Av diagram 3 framgår att vid de rumsvolymer per person som är aktuella i kontor och bostäder (10-20 m³/person) erfordras enligt SBN väsentligt lägre uteluftsflöden än 5-6 liter per sekund och person.

Vid höga koncentrationer, ca 20 000 ppm (2 %) av koldioxid påverkas andningen och vid 8-10 % uppträder förgiftningssymtom (Fristedt 77). Det hygieniska gränsvärdet är 5 000 ppm (0,5 %) (AFS 87).

På grund av förbränning av fossila bränslen har koldioxidkoncentrationen i atmosfären ökat under detta århundrade och är nu drygt 340 ppm (0,034 %).

Ur mätteknisk synpunkt är det relativt enkelt att bestämma koncentrationen koldioxid i luften. Det krävs väsentligt större insatser för att kvantitativt bestämma luktintensiteten eller halten av de ämnen som förorsakar lukten. Koldioxid är därför en lämplig indikatorsubstans för luftkvaliteten i de fall människor är den dominerande föroreningskällan.

3 MÄTNINGAR I EN SKOLA

3.1 Förutsättningar

Mätningar har genomförts i Östanåskolan i Eksjö. Skolan som är byggd i början av seklet har fyra våningar och två trapphus. Del av plan 1, en trappa upp visas i figur 3.

I båda ändarna av den genomgående korridoren finns trapphus. Till trapphusen finns dörrar som normalt står öppna. Vid mycket kall väderlek stängs, enligt uppgift, dörrarna. På planet finns 5 klassrum. Dessutom finns lärarrum och ett grupparbetsrum.

Plan 2 har en liknande planlösning. I plan 0 finns vaktmästerilokaler, expeditioner m m. I plan 3 finns bland annat laboratorielokaler. Detta plan saknar genomgående korridor.

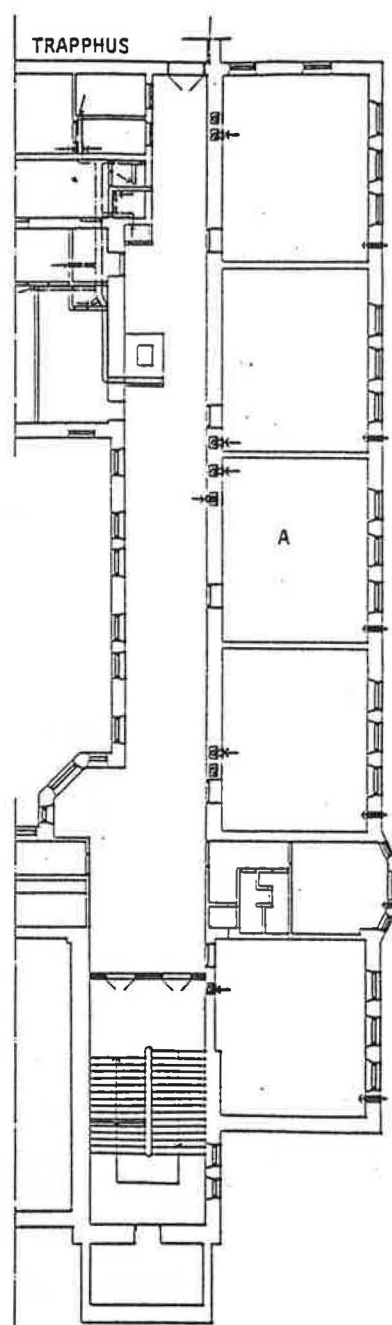
I skolan finns frånluftsventilation installerad under 1950-talet. I klassrummen finns ventiler för intag av uteluft. Dessa är vanligen stängda för att undvika dragproblem. I klassrummen byttes fönstren till nya, täta för några år sedan.

Klassrummets yta är ca 50 m², takhöjd 4 m och volymen 200 m³. Korridorens yta är ca 140 m² och volym 560 m³. Trapphusens volym uppskattas till vardera ca 840 m³.

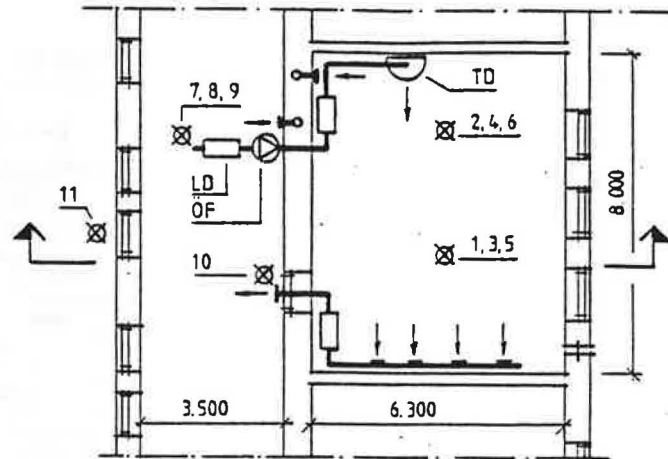
I ett klassrum, A i figur 3, finns en installation för forcerad överluftsföring bestående av fläkt för inblåsning av luft från korridor till klassrum och en överluftskanal från klassrum till korridor. Mätningar av koldioxidhalt med reagensrör gjorda av Företagshälsovården i Eksjö indikerade att installationen hade viss positiv effekt, men att inblandningen av överluften inte var fullständig (Svensson -84 - -85).

3.2 Mätningarnas genomförande

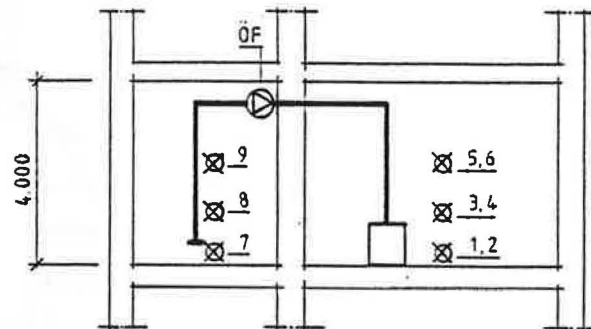
Den befintliga installationen kompletterades så att luft togs lågt i korridoren (35 cm över golv) och släpptes ut genom ett s k lågimpulsdon (1 m högt) i klassrummet. I klassrummets motsatta sida i taknivå fanns en överluftskanal som mynnade högt i korridoren. Se figur 4.



Figur 3 Plan 1 Östanåskolan



PLAN



SEKTION

Beteckningar:

⊗	mätpunkter
ÖF	överluftfläkt
LD	ljudfälla
TD	tilluftsdon, Stifab DKH-31

Figur 4 Skiss av mätobjekt

Mätningar gjordes dels med enbart frånluftsventilation, d v s med överluftsfläkten avstängd, dels med forcerad överluft med installation enligt figur 4.

Mätningar gjordes av koldioxidkoncentration och temperatur. Mätpunkternas placering framgår av tabell 2.

Tabell 2 Mätpunkters placering

Mätpunkt enl fig 3	m ö g	Placering	Temp	CO ₂
1	0,2	klassrum	x	x
2	0,2	klassrum	x	x
3	1,2	klassrum		x
4	1,2	klassrum		x
5	2,4	klassrum	x	x
6	2,4	klassrum	x	x
7	0,2	korridor	x	x
8	1,2	korridor	x	x
9	2,4	korridor	x	x
10		överl.kanal	x	x
11		ute		x

Genom sammankoppling av provluft från punkter på samma nivå i klassrummet erhöles ett medelvärde av koldioxidkoncentrationen i 1 och 2, 3 och 4 respektive 5 och 6.

Med ett datorstyrt ventilpaket kopplades i tur och ordning mätpunkterna för koldioxid till en Miran 101b och luftflödet genom denna forcerades med vakuumpump. Efter en väntetid för inställande av jämvikt registrerades koldioxidkoncentrationen. Temperaturen mättes med termoelement.

Registrering av samtliga temperaturer och koldioxidkoncentrationen i en punkt gjordes via AD-omvandlare var 45:e sekund till datalogger. Det betyder att koldioxidkoncentrationen mättes med en cykeltid på 6 min i varje punkt.

Luftflödet mättes i överlufts kanal och frånluftsdon i klassrum och korridor. För att bestämma ventilationen i korridoren gjordes mätning av luftväxlingsfrekvensen med lustgas med dels trapphusdörrar stängda och dels öppna.

3.3 Mätresultat

Uppmätta luftflöden framgår av tabell 3. Luftflödena i korridoren motsvarar uppmätta luftväxlingsfrekvenser på 2,2 respektive 5 gånger per timme.

Tabell 3 Uppmätta luftflöden.

	l/s
Frånluftsdon i klassrum	11
Frånluftsdon i korridor	46
Överluftsflöde	240
Luftflöde i korridor:	
stängd dörr, ca	340
öppen dörr, ca	780

I diagram 4 och 5 visas koldioxidkoncentrationen i klassrummet med och utan forcerad överluftsledning. Av diagrammen framgår även aktuell personbelastning och lektioners respektive rasters längd. Samtliga mätresultat med kommentarer redovisas i bilaga 2.

Utan forcerad överluftsledning stiger koldioxidkoncentrationen till över 2 000 ppm i slutet av den tredje lektionen. Med forcerad överluftsledning blir den högsta koncentrationen ca 1400 ppm. Koncentrationen är lägre i golvnivå än högre upp vid forcerad överluft. Detta tyder på att den tillförda luften "rinner ut" på golvet. Från 1,2 m och uppåt är koncentrationen oberoende av höjden, vilket tyder på väl omblandad luft i denna del.

Som sammanfattning av bilaga 2 kan nämnas att koncentrationen i korridoren stiger i samband med raster och sjunker under lektioner. Den ligger genomgående högre vid forcerad överluftsledning.

Temperaturen stiger långsamt i klassrummet under respektive mätperiod, från 16-18°C till 22-24°C. Den lägre temperaturen i intervallet avser golvnivå, den högre 2,4 m över golv.

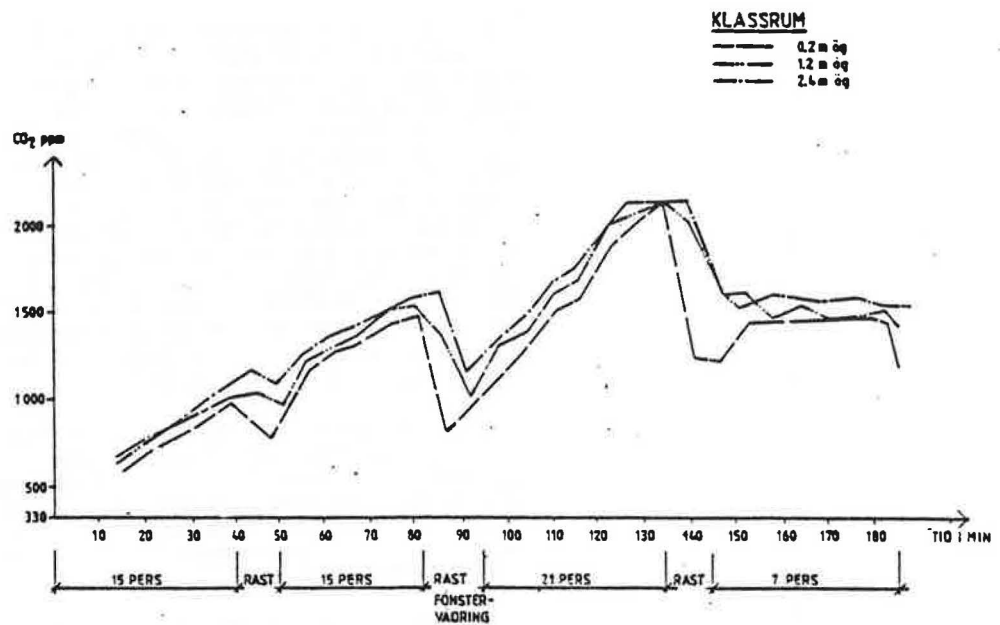


Diagram 4 Koldioxidkoncentration med befintlig frånluftsventilation i klassrum 11 l/s.

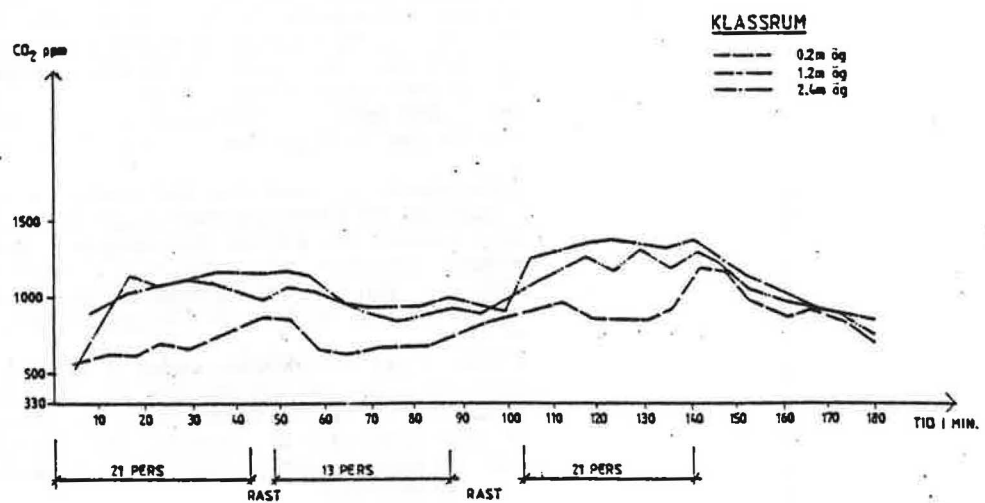


Diagram 5 Koldioxidkoncentration med befintlig frånluftsventilation i klassrum 11 l/s och forcerad överluftsöring 240 l/s.

3.4 Kommentarer

I diagram 6 visas medelkoncentrationen CO_2 i rummet vid forcerad överluftsföring. Vidare framgår resultatet av en teoretisk beräkning av CO_2 -halten med personbelastning i klassrum och korridor och tider enligt de verkliga förhållandena. Formler enligt bilaga 1. Vid beräkningen har förutsatts ett luftflöde i korridoren motsvarande stängda dörrar till trapphus för att få överensstämmelse med mätresultat, trots att dörrarna i verkligheten var öppna. Användes luftflöde i korridoren motsvarande öppna dörrar, blir de beräknade värdena för låga. En möjlig förklaring till detta är att en del av den luft som kommer från trapphuset redan har passerat utrymmen där människor vistas och därmed har en, relativt uteluften, förhöjd CO_2 -halt. Vidare har förutsatts att frånluftsfilödet i klassrummet är större än det uppmätta 11 l/s. Utgående från att jämviktskoncentrationen med 7 personer i rummet är ca 1500 ppm (se diagram 4) har det totala luftflödet i rummet uppskattats till ca 32 l/s.

I diagram 6 finns också resultatet av en beräkning av vad som skulle hända om forcerad överluftsföring skulle installeras i samtliga fem klassrum i korridoren. Enligt denna beräkning skulle koncentrationen CO_2 stiga till ca 1900 ppm efter tre lektioner. Ungefär samma nivå erhöles utan forcerad överluftsföring efter två lektioner (se diagram 4). En direkt jämförelse försvåras dock av att personbelastningen var olika vid mättillfällena.

I diagram 7 visas beräknad CO_2 -koncentration vid enbart frånluftsventilation 32 l/s (uppskattat i befintlig sal). Vid luftflöde enligt SBN 165 l/s samt forcerad överluftsföring i en och fem salar med 240 l/s. Vid beräkningen har antagits 30 personer i klassrum och ventilation i korridoren motsvarande stängda dörrar (drygt 2 rumsvolymer per timme, 340 l/s).

Diagram 7 visar att man enligt beräkningarna med forcerad överluftsföring i endast ett klassrum får en god effekt och man bör uppnå en luftkvalité motsvarande SBN:s krav. Detta stämmer också med resultatet från mätningarna. Vid forcerad överluftsföring i samtliga klassrum blir den positiva effekten inte lika stor, eftersom korridorens volym och ventilation skall delas upp på fem klassrum (jfr avsnitt 2.1). Efter 40 minuters lektion är dock CO_2 -koncentrationen i närheten av SBN:s krav (1200 ppm) om överluftsföring tillämpas. Utan överluftsföring kommer den att ligga avsevärt högre (2000 ppm).

Beräkningarna utgående från den verkliga personbelastningen i diagram 6 indikerar att koncentrationen stiger minst lika snabbt vid 21 personer i klassrummet. Där har dock dessutom tagits hänsyn till att elever vistas i korridoren under lektionstid. I diagram 6 har dessutom tagits hänsyn till den kraftiga personbelastningen i korridoren under raster, vilket försämrar effekten av överluftsföringen.

Förutsatts att det samtidigt vistas 30 personer i de fem klassrummen, tyder mätningen på att effekten blir begränsad med forcerad överluftsföring. En betydande förbättring av luftkvalitén blir det däremot om man förutsätter att forcerad överluftsföring används enbart i ett eller två klassrum där det vistas många personer under en längre tid, t ex vid tentamen.

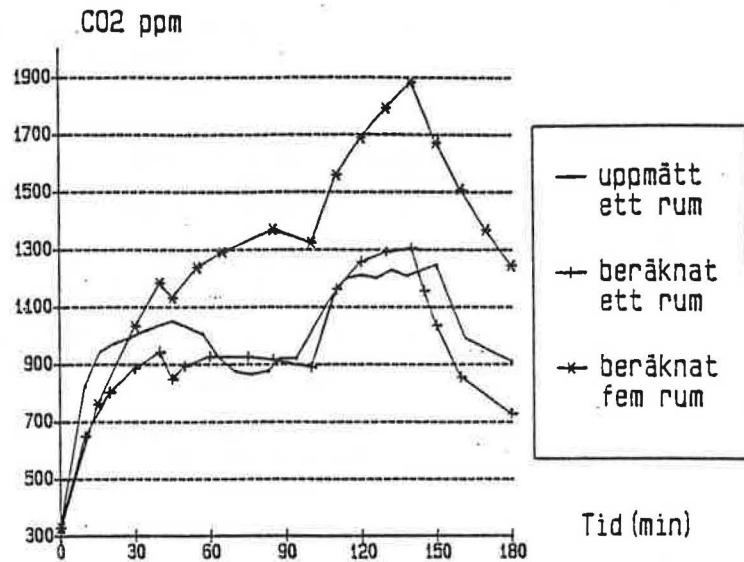


Diagram 6 Uppmätt medelkoncentration CO₂ i klassrum vid överluftsföring i ett klassrum och beräknad vid överluftsföring i ett och fem klassrum.

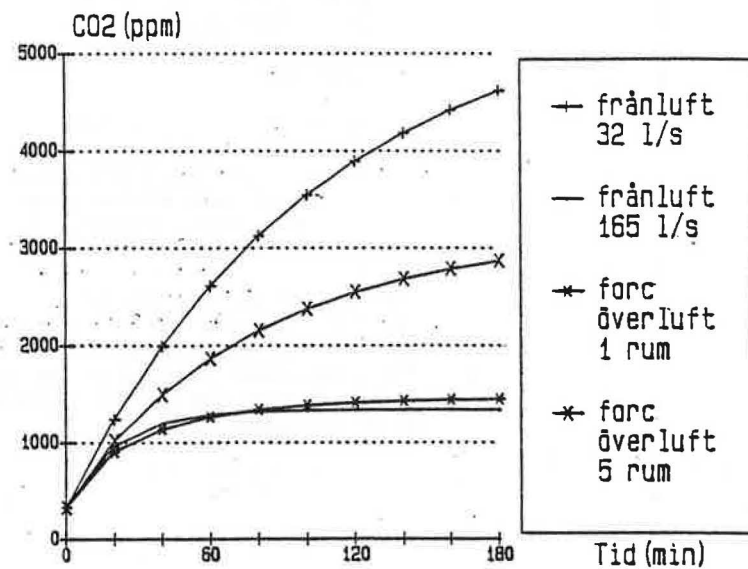


Diagram 7 Beräknade CO₂-koncentration vid enbart frånluft, vid luftflöde enligt SBN (165 l/s) samt vid forcerad överluftsföring i ett och fem klassrum

4 FORCERAD ÖVERLUFTSFÖRING, MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR

Installationen av forcerad överluftsföring är i de flesta fall enkel: En fläkt med erforderliga ljudfällor och tilluftsdon samt överluftskanal med ljudfälla. Med en sådan installation vinner man några fördelar:

- **Förbättrad ventilation** under förutsättning att det intilliggande rummet har lämplig volym och ventilation.
- **Möjlighet till forcerad ventilation, t ex fönstervädring** i det intilliggande rummet utan att dragproblem eller bullerstörningar uppträder i det rum där personer vistas.
- **Väsentligt lägre installationskostnad** jämfört med installation av balanserad ventilation.

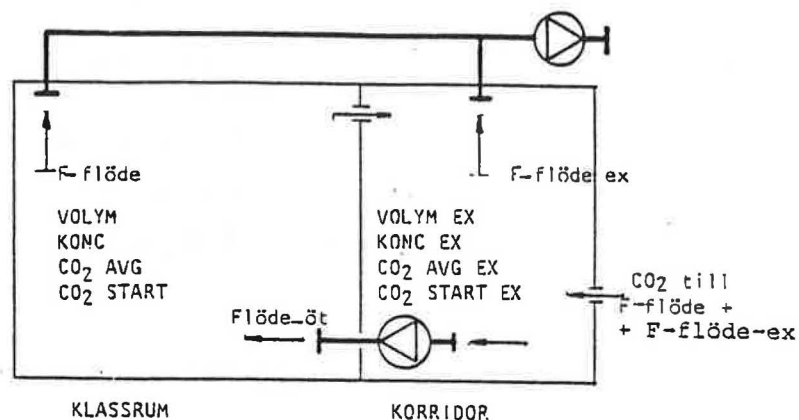
Metoden har dock flera nackdelar:

- **Föroreningar sprids från det intilliggande rummet till det rum där ventilationen önskas förbättras.** Det kan t ex ur allergisynpunkt vara olämpligt att ta luft från ett rum där ytterkläder förvaras. Kläderna kan tänkas avge lukt och ämnen som känsliga personer reagerar för.
- **Föroreningar sprids från det ventilerade rummet till det intilliggande rummet och, om det står i förbindelse med andra utrymmen, vidare ut i byggnaden.** Möjligheten att gå ut i en foajé för att få "frisk luft" försvinner om foajén används för forcerad överluftsföring.
- **Hänsyn måste tas till att installationen inte påverkar risken för brand- och rökgasspridning.** I skolor t ex utgör vanligen klassrum och korridorer skilda brandceller. För att skydda mot rökgasspridning måste installationen kompletteras med röklås och/eller spjäll med tillhörande detektorer och automatik. Denna komplikation minskar metodens ekonomiska fördelar.

Metoden bör inte ses som ett jämställt alternativ till installation av "normal" ventilation. En väl utförd installation av traditionell typ bör givetvis tillgripas i första hand. Om inte detta är möjligt av ekonomiska skäl eller på grund av låg utnyttjandegrad kan forcerad överluftsföring övervägas om intilliggande rum med lämpliga förutsättningar finns tillgängliga.

BILAGA 1 Formler för beräkning av CO₂-koncentration

Figuren nedan visar schematisk luftströmning i skolan där mätningen gjordes.



$$F\text{-flöde-ex} + \text{flöde-öt} = f\text{-tot-ex}$$

För klassrummet gäller att tillförd mängd CO₂ skall vara lika med bortförd mängd plus det som ackumuleras genom ökad koncentration. För tiden dt gäller:

$$\text{Tillfört} \quad \text{CO}_2 \text{ avg} \times dt + \text{flöde} - \text{öt} \times \text{koncex} \times dt =$$

$$\text{Bortfört} \quad = F\text{-flöde} \times \text{konc} \times dt + (\text{flöde} \text{öt} - f\text{-flöde}) \times \text{konc} \times dt +$$

$$\text{Ackumul.} \quad + \text{Volym} \times d(\text{konc})$$

För korridoren gäller motsvarande. Om $f\text{-flöde-ex} + \text{flöde-öt} = f\text{-tot-ex}$

$$\text{Tillfört} \quad \text{CO}_2 \text{ avg ex} \times dt + (f\text{-flöde} + f\text{-flöde-ex}) \times \text{CO}_2 \text{ till} \times dt + (f\text{-flöde-öt} - f\text{-flöde}) \times \text{konc} \times dt$$

$$\text{Bortfört} \quad = f\text{-tot-ex} \times \text{konc-ex} \times dt$$

$$\text{Ackumul.} \quad + \text{volym ex} \times d(\text{konc ex})$$

Efter förenkling och integrering erhålls:

För klassrummet:

$$\ln(\text{CO}_2 \text{ avg} \times \text{flöde-öt} \times \text{konc ex} - \text{flöde-öt} \times \text{konc}) =$$

$$= - \frac{\text{flöde-öt} \times T}{\text{volym}} + \text{konst}$$

För korridoren:

$$\ln(\text{CO}_2 \text{ avg-ex} + (f\text{-flöde} + f\text{-flöde-ex}) \times \text{CO}_2\text{-till} + \\ + (\text{flöde-öt} - f\text{-flöde}) \times \text{konc} - f\text{-tot-ex} \times \text{konc-ex}) = \\ = - \frac{f\text{-tot-ex}}{\text{volym-ex}} \times T + \text{konst-ex}$$

Vid tiden $T = 0$ sätts $\text{konc} = \text{konc-0}$
 $\text{konc-ex} = \text{koncex-0}$

Efter insättning av begynnelsevillkor och förenklning erhålls:

För klassrummet:

$$\text{konc} = \frac{\text{CO}_2 \text{ avg}}{\text{flöde } \dot{v}} + \text{konc ex} - \left(\frac{\text{CO}_2 \text{ avg}}{\text{flöde } \dot{v}} + \text{konc-ex} - \text{konc-0} \right) \times e^{-\frac{\text{flöde } \dot{v} \times T}{\text{volym}}}$$

För korridoren:

$$\text{konc-ex} = \frac{\text{CO}_2 \text{ avg ex}}{f\text{-tot ex}} + \frac{f\text{-flöde} + f\text{-flöde-ex}}{f\text{-tot ex}} \text{CO}_2 \text{ till} + \\ + \frac{\text{flöde-öt} - f\text{-flöde}}{f\text{-tot-ex}} \times \text{konc} - \left(\frac{\text{CO}_2 \text{ avg-ex}}{f\text{-tot-ex}} + \right. \\ \left. + \frac{f\text{-flöde} + f\text{-flöde ex}}{f\text{-tot-ex}} \times \text{CO}_2 \text{ till} + \frac{\text{flöde-öt} - f\text{-flöde}}{f\text{-tot-ex}} - \right. \\ \left. - \text{konc-ex 0} \right) e^{-\frac{f\text{-tot-ex}}{\text{volym-ex}} \times T}$$

Beräkningarna har gjorts i dator med korta tidssteg, växelvis för klassrum och korridor. Ingångsdata finns angivna vid respektive diagram i rapporten.

BILAGA 2 Redovisning av mätresultat med och utan forcerad överluftsföring, Östanåskolan Eksjö

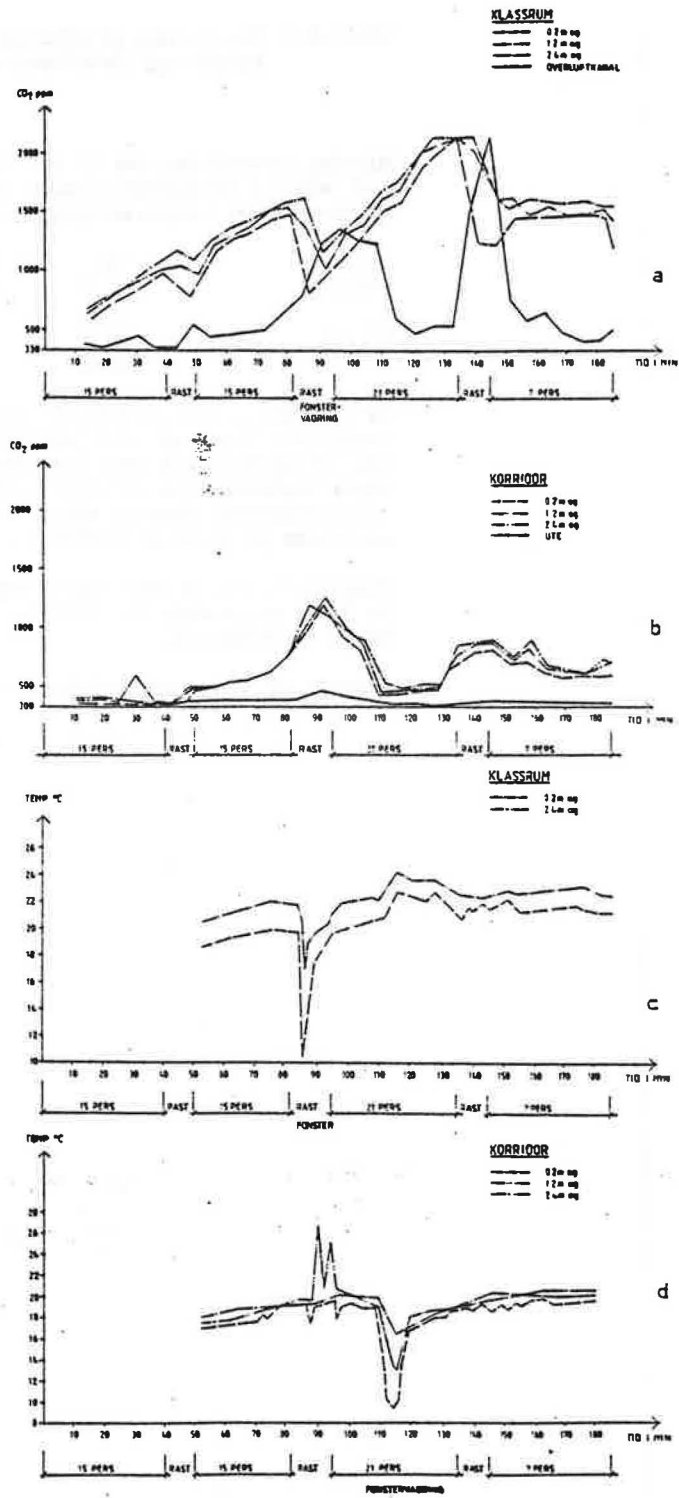
Mätning genomfördes den 11 och 12 november 1988. Den 11 november med befintlig frånluftsventilation och den 12 november med forcerad överluftsföring. Utomhustemperaturen framgår nedan:

Datum	Tid	Utomhustemp.
871111	08.30	-2°C
	11.00	+0°C
871112	08.30	+6°C
	11.00	+6°C

Av diagram 1a och 1b framgår koldioxidkoncentrationen med befintlig ventilation. Topparna i överluftskanalen visar att när dörren är öppen sker en luftströmning från klassrum till korridor på grund av de termiska krafterna. Fluktuationen i utomhuskoncentrationen beror på att mätinstrumentet påverkas något av koncentrationen i omgivande luft i korridoren på grund av otätheter i instrumentet.

Diagram 1c och 1d visar temperaturförloppen vid befintlig ventilation. På grund av problem vid start av mätningen saknas mätvärden de första 50 minuterna.

Diagram 2a - 2d visar förloppen vid forcerad överluftsföring.



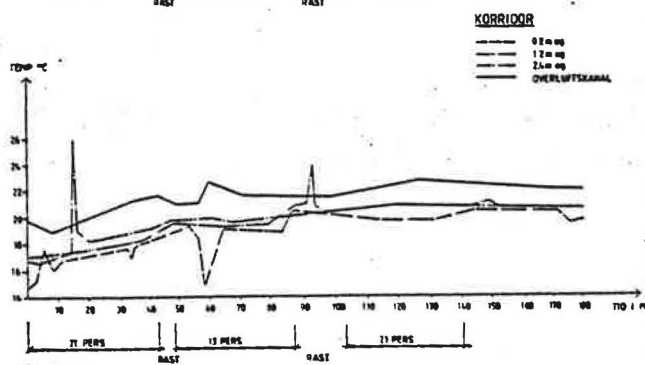
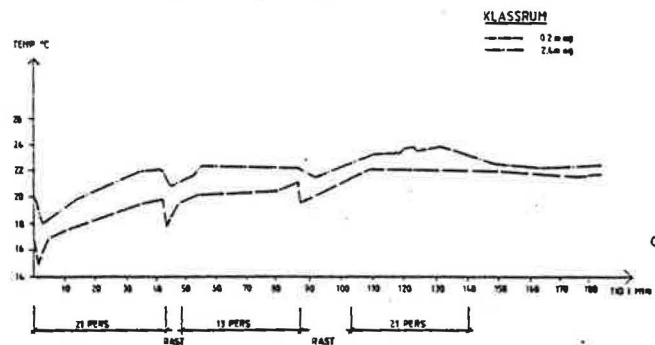
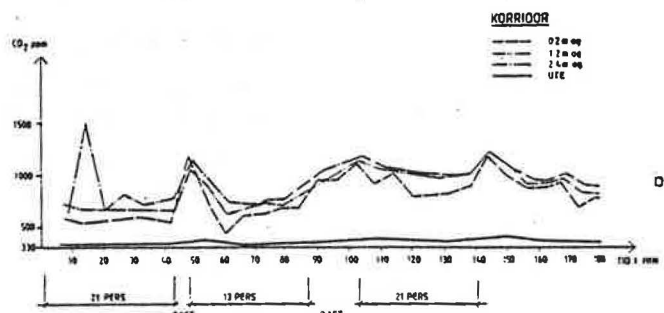
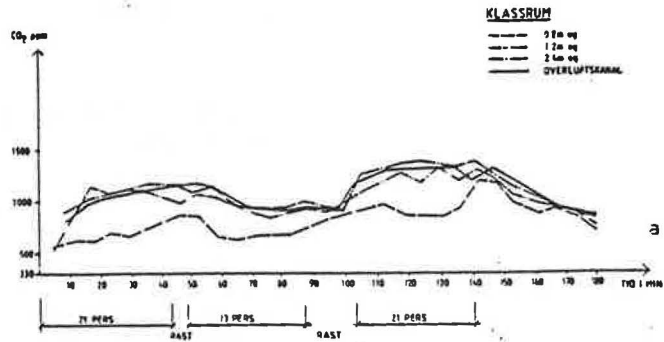


Diagram 2 a - d Koldioxidkoncentration och temperatur med forcerad överluftsföring 240 l/s.

LITTERATURLISTA

AFS 1987, Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift Hygieniska gränsvärden.

Berglund, B, Berglund, U och Lindvall, T. Inomhusluftkvalitet och "sjuka byggnader". VVS Special 2 1983.

Berglund, B och Lindvall, T. 01 factory evaluation of indoor air quality in P.O Fanger and O Valbjörn, Indoor Climate. Effects of human comfort performance and health. Copenhagen, Denmark 1971 pp 141-156.

Fristedt, B. Yrkesmedicin. Studentlitteratur, Lund 1977.

Svensson, T. Eksjö Företagshälsovård AB. Koldioxidmätningar Östanåskolan 1984-85 (ej publicerade).

Yaglou, C.P., Riely, E.C. and Coggins, D.I. Ventilation requirements. ASHRAE. Transactions, 1936, 42, 133-162.