

Anslagsrapport

A11:1997

Skolor med ventilation där självdrag används

Exempel på lösningar och resultat

Marie Hult



Anslagsrapport
A11:1997

Skolor med ventilation där självdrag används

Exempel på lösningar och resultat

Marie Hult

REFERAT

I rapporten beskrivs och utvärderas sju svenska skolbyggnader som, i större eller mindre utsträckning, byggts med sk naturlig ventilation eller självdrag, d v s med användning av termisk drivkraft och vindtryck. 4 nybyggnader och 3 ombyggnader - alla från 1990-talet - ingår i studien. Utvärdering har genomförts med hjälp av enkäter om inomhusmiljö och hälsa till elever och personal. Särskilt vikt har lagts vid hur allergiker upplever inomhusmiljön. Ett stort antal tekniska mätningar har genomförts. En summarisk analys har också gjorts av energianvändning och kostnader.

Resultaten visar att 6 av de 7 skolorna står sig väl när det gäller upplevd inomhusmiljö och hälsa, trots att luftväxlingen tidvis är lägre och CO₂-halterna högre än normalt i skolor med FTX-ventilation. Enligt den genomförda enkäten har även allergikerna, i alla skolor utom en, få sjukahussymptom som de anser beror på skollokalerna. De nybyggda skolorna visar sig vara energieffektiva, medan de ombyggda skolorna använder något mer energi än om hade haft en traditionell FTX-lösning. Samtidigt innebär den lägre luftväxling som förekommer i några av de nybyggda skolorna att ökad uppmärksamhet måste ägnas åt dimensionering för fukt och värmelaster samt val av byggmaterial med låg emission. De möjligheter för brukarna att påverka inomhusklimatet som lösningarna ger förefaller inverka positivt på klimatupplevelsen.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, obekvat papper.

A11:1997

ISBN 91-540-5805-8
Bygghälsorådet, Stockholm

Elanders Gotab 20542, Stockholm 1998

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	3
1. Bakgrund	6
2. Syfte och frågeställningar	8
3. Vad är självdragsventilation?	9
4. Metod	12
4.1 Urval av objekt	12
4.2 Beskrivning och utvärdering av respektive skola	15
4.3 Enkäter om upplevd inomhusmiljö och hälsa	15
4.4 Tekniska mätningar	18
4.5 Energianalys	19
5. Resultat och analys	20
5.1 Byggprojektens förutsättningar och tekniska lösningar	20
5.2 Inomhusmiljö	26
5.3 Hur uppfyller skolorna statliga normkrav för luftkvalitet och ventilation?	51
5.4 Andra faktorer än luftflöde som kan påverka luftkvaliteten ..	57
5.5 Energianvändning	63
5.6 Kostnader	69
6. Slutsatser och rekommendationer	74
6.1 Slutsatser	74
6.2 Rekommendationer	82
7. Beskrivning och utvärdering av de enskilda skolorna	85
7.1 Garda skola, Gotland - Nybyggnad	87
7.2 Länna skola, Norrtälje - Nybyggnad	108
7.3 Fredkullaskolan, Kungälv - Nybyggnad	129
7.4 Risebergaskolan, Malmö - Nybyggnad	153
7.5 Gamla läroverket, Hudiksvall - Ombyggnad	185
7.6 Karlshovsskolan, Norrköping - Ombyggnad	211
7.7 Lindöskolan, Norrköping - Ombyggnad	231
Litteraturreferenser	254
Bilagor	
BILAGA 1: Enkätundersökningen om inomhusmiljö och hälsa - metod och sammanställning av frekvenstabeller.	256
BILAGA 2: Tekniska mätningar - metoder och instrument	271
BILAGA 3: Långtidsmätning av genomsnittligt specifikt luftflöde (luftomsättning), RF och rumstemperatur - metodbeskrivning.	274
BILAGA 4: Energianalys och energistatistik - metodbeskrivning.	276
Utvikningsblad med referenser för hälsa.	280

Förord

Detta är en slutrapport i projektet "Skolor med ventilation som använder självdrag". Sju skolor beskrivs och utvärderas. Utvärderingen gäller inomhusmiljön, de tekniska lösningarna och i viss mån energianvändning och kostnader.

De skolor som ingår i projektet är 4 nybyggnader; Garda skola på Gotland, Länna skola i Norrtälje, Fredkullaskolan i Kungälv, Risebergaskolan i Malmö samt 3 ombyggnader; Gamla läroverket i Hudiksvall samt Karlshovsskolan och Lindöskolan i Norrköping.

Projektet har drivits med stöd av Bygghälsorådet, Kommunförbundet och till en mindre del av Boverket, Rådet för Arbetslivsforskning och berörda kommuner. Projektledare är Marie Hult, vid projektstart anställd vid Stockholm Konsult, Energi- och Miljö och numera vid White arkitekter AB. I arbetsgruppen har framförallt Cecilia Sundberg, Stockholm Konsult, deltagit aktivt under de senaste två åren. Hon har databehandlat enkätsvaren till frekvenstabeller, utfört mätningar, tillsammans med Lars Fyrhake, Stockholm Konsult och undertecknad. Hon har också framställt diagram över enkät- och mätresultat. I början av inventeringsfasen medverkade även Hans-Olof Karlsson-Hjorth, under sin anställning på Stockholm Konsult, med mätningar och databearbetning.

För uppritning av illustrationer för varje skolobjekt i form av enhetliga planer, sektioner mm har Maud Karlström och Susanne Langseth, White arkitekter AB, svarat. De har också deltagit i insamlingen av uppgifter för beskrivning av skolorna.

I ett inledande skede fanns en bredare arbetsgrupp som sammankallades för att diskutera projektets uppläggning och arbetsmetoder. I denna ingick följande personer:

Marie Hult, Stockholm Konsult, projektledare
 Lena Dranger, Dranger & Co Arkitektkontor AB, Stockholm (Initierade projektet ursprungligen).
 Anders Svensson, White Arkitekter, Malmö, (Redaktionell granskning)
 Lars Fyrhake, Stockholm Konsult, (Rådgivare för energianalyserna)
 Jan Gustén, CTH, installationsteknik, (Vetenskaplig granskning)
 Lars Holmström, Malmö skolfastigheter, (Kommunrepresentant)
 Hans-Olof Karlsson-Hjorth, Stockholm Konsult, (tekniska mätningar)

Ett antal personer har också medverkat i olika delundersökningar:

- Mätning av genomsnittlig luftväxling med homogensspridningsmetoden:
Carl-Axel Boman, Pentiaq, Gävle.
- Rådgivning och analys av mikrobiella klimatet:
Arne Hyppel, BYSAB.
- Datakörning med energibalansprogrammet VIP som underlag för energianalyserna:
Sune Häggbom, Sunda Hus AB.

- Rådgivning och analys i samband med mätning av efterklangstider:
Lars Dahlbom, Slb-analys, Stockholm.

Ett antal referenspersoner har varit knutna till projektet för att ge synpunkter under arbetets gång.

Referenspersoner

P-O Nylund, Sunda Hus AB
Bengt-Olof Hecktor, Knaggen Energikonsult AB
Göran Werner, EVR & Wahlings, nu Stockholm Konsult.
Ansvariga arkitekter/VVS-tekniker för respektive skolobjekt.
Ted Lindqvist, Kommunförbundet.
Ann-Christin Swärd, Arbetarskyddsstyrelsen.
Bengt Lindström, Boverket.

Handläggande forskningssekreterare på Byggeforskningsrådet har varit Nina Dawidowicz.

Som referenspersoner har också sakkunniga för de enskilda skolobjekten från berörda kommuner och fastighetsägare fungerat:

Garda skola:	Carl R. Sånghus och Göran Martis från Fastighetskontoret i Visby,
Länna skola:	Rolf Björfors, Tekiska kontoret i Norrtälje och Johan von Schmalensee, tidigare stadsarkitekt i Norrtälje,
Fredkullaskolan:	Christer Nordström, Christer Nordström Arkitektkontor AB, Torkel Andersson, Klimatteknologi AB, Håkan Gillbro, SWETEC konsult AB (numera ÅF-RNK), Jan-Erik Andersson, förälder,
Risebergaskolan:	Lars Holmström, då anställd vid StadsFastigheter i Malmö, Sam Brofjell, Stadsbyggnadskontoret i Malmö, Anders Svensson, White arkitekter AB i Malmö,
Gamla läroverket:	Hans Spjutsvik, Fastighets- och Gatuförvaltningen i Hudiksvall och Lars Pettersson, Energiautomatik AB.
Karlshovs- och Lindöskolan:	Hans Wadskog, Lars Andersson och Owe Aldín, Lokalförsörjningskontoret i Norrköping.

Därutöver har ett antal personer på respektive ort varit behjälpliga med att efter våra instruktioner, montera eller demontera mätutrustning, föra närvaroprotokoll o s v.

Till alla dessa medverkande riktas härmed ett stort tack!

Stockholm den 2 december 1997

Marie Hult

Sammanfattning

Från och med år 1976 ställde den svenska byggnormen, SBN75, krav på att nya skolbyggnader skulle förses med FTX-ventilation (från-och tilluftssystem med värmeväxling). I början av 1990-talet utvecklades byggnormerna mot funktionskrav. Detta öppnade vissa möjligheter att tillämpa annorlunda lösningar för ventilation. I denna rapport beskrivs och utvärderas sju svenska skolbyggnader som, i större eller mindre utsträckning, byggts med sk naturlig ventilation eller självdrag, dvs med användning av termisk drivkraft och vindtryck. 4 nybyggnader och 3 ombyggnader - alla från 1990-talet - ingår. Utvärdering har genomförts med hjälp av enkäter om inomhusmiljö och hälsa till elever och personal. Särskilt vikt har lagts vid hur allergiker upplever inomhusmiljön. Ett stort antal tekniska mätningar har genomförts. En summarisk analys av energianvändning och kostnader ingår också i rapporten.

Miljö och hälsa

Resultaten visar att 6 av de 7 skolorna står sig väl när det gäller upplevd inomhusmiljö och hälsa, trots att luftväxlingen tidvis är lägre och CO₂-halterna högre än normalt i skolor med FTX-ventilation. Enligt den genomförda enkäten har även allergikerna, i alla skolor utom en, få sjukahussymptom som de anser beror på skollokalerna.

Energi och kostnader

De nybyggda skolorna är enligt våra beräkningar energieffektiva, vilket också bekräftas där energistatistik funnits tillgänglig. En något lägre luftväxling på vintern än i FTX-skolor, en brukarreglerad behovsstyrning (larnerninfönster stängs när klassrum inte används och då "stängs ventilationen av") och en lägre elanvändning för fläktar kompenserar i samtliga nybyggnadsfall den förlust i energianvändning som görs genom avsaknaden av värmeåtervinning ur frånluften.

I de ombyggda skolorna är energianvändningen, enligt våra beräkningar, något högre än om skolorna hade haft en traditionell FTX-lösning. Samtidigt var investeringskostnaderna här så pass mycket lägre att den årliga **kostnaden** totalt sett blev något lägre än om traditionellt FTX-system hade valts.

Investeringskostnaderna varierar rätt mycket mellan de olika projekten, det finns både billigare och dyrare projekt än "normalt".

Tekniska lösningar

Den lägre luftväxling som förekommer i några av de nybyggda skolorna innebär skärpta krav på dimensionering för fukt och värmelaster och val av byggmaterial med låg emission. De variationer i luftväxling som förekommer innebär också att extra kontroll krävs av att tryckförhållandena i byggnaden inte orsakar oönskad luftläckning mellan rum med olika krav på renhet.

Även risklösningar och ogenomtänkta lösningar förekommer. I en skola var t ex besvärshänsynerna för allmänsymptom höga och klagomål förekom på lukt av tobaksrök och bilavgaser i klassrummen. Dessa problem har nu åtgärdats. Frågor som bör diskuteras inför en projektering är t ex: Hur kan kraven på minimering av emissioner från material och inredning skärpas? Hur kan luftläckage mellan olika rum kontrolleras? Hur stor är risken för mikrobiell påväxt och radoninträngning i klassrummen i lösningar med tilluft via jordrör - och hur kan dessa risker minskas? De låga tryckfall som självdraget kräver gör att konventionella luftfilter inte kan användas. Vilka andra filtreringsmöjligheter står till buds? Utvärderingen visar på vikten av att omsorgsfull dimensionering för fukt-, förorenings- och värmebelastning genomförs, då säkerhetsmarginalerna i dessa lösningar ofta är mindre på grund av det genomsnittligt lägre luftflödet.

Samtidigt framkommer att de flesta av de undersökta byggnaderna har en annan typ av robusthet. Det gäller bland annat att skolorna utformats så att brukarna kan reglera sitt inneklimat bättre än normalt. Klassrummen har ofta goda vädringsmöjligheter som kan anpassas efter rådande uteförhållanden, verksamhet och antal elever i klassrummet. Ventilationen har färre delar som kan gå sönder och färre dolda komponenter som riskerar att förbli trasiga långa tider. Om t ex ett lanterninfönster, som svarar för frånluftsevakueringen, inte går att öppna för att en öppningsanordning är trasig, så upptäcker brukarna detta. Det är dock lika viktigt i denna typ av skolor som i skolor med konventionell ventilation att sådana brister och fel snabbt åtgärdas. Annars blir elever och lärare utan frisk luft.

Möjligheterna att påverka ventilationen måste också förenas med ett ansvar att verkligen ventilera. Om ingen öppnar takfönstren i de rena självdragsskolor som inte har automatik i detta, blir ventilationen i stort sett avstängd. En återkommande information till personal och elever är därför avgörande för att få ett fungerande rumsklimat.

Byggnaden som system

En intressant gemensam nämnare för de flesta skolprojekten är att man arbetat med byggnadsutformningen som helhet (material, konstruktioner, takhöjder och installationer i samverkan) som klimatskapande. I dessa projekt har man, i större utsträckning än vad som är brukligt idag, åstadkommit inomhusklimat och ventilation med mer av byggnadstekniska än installationstekniska lösningar. Man har lagt vikt vid egenskaper som rumsvolym per elev, utformning av vädringsfönster i tak, lanterniner och fasad, byggnadsstommens förmåga att utjämna rumstemperaturen, byggmaterialens förmåga att buffra fukt och ge en något högre relativ luftfuktighet vintertid. Projekten speglar också en ambition att använda förnybara energikällor, som termisk drivkraft och vindtryck för luftväxling samt jordvärme och överskottsvärme för värmning av tilluft. Många av de energieffektiva lösningar som uppvisas i dessa projekt är mycket väl tillämpliga även i skolor med FTX-ventilation.

Studien styrker en förhoppning om att det är möjligt att utveckla skolventilation som svarar bättre mot brukarnas önskemål, än de lösningar som normalt erbjuds idag - och att sådana lösningar mycket väl kan

använda termisk drivkraft och vindtryck, när dessa ger tillräckliga flöden och förstärka med fläktar när och där det är funktionellt. Det måste inte vara antingen eller.

De studerade självdragslösningar som drar tilluft via jordrör behöver en längre utvärderingstid och andra studier än vad som kunnas inlemmas i detta projekt för att ge svar på hur de kommer att utvecklas fukttekniskt. Parallellt med detta projekt arbetar Sveriges Provnings- och forskningsinstitut med en utredning (8) om fuktfrågor som omfattar några självdragsskolor med jordförlagda tilluftskanaler. Även om självdragsventilation kan betecknas som en gammal beprövad lösning, så har den hamnat i en byggnadstekniskt och materialkemiskt ny miljö som ger nya förutsättningar. Det kan alltså vara klokt att skynda långsamt.

Kravformulering och normer

Beställarna har i samband med planeringen av de studerade skolorna i flera fall försökt att formulera funktionskrav som står i bättre överensstämmelse med människors uppfattning om god inomhusmiljö. Det finns idag ett glapp mellan det sätt på vilket funktionskrav ställs på inomhusmiljön och hur det uppfattas i verkligheten. Det gäller framför allt krav på god luftkvalitet, ljud- och ljusförhållanden.

Samtidigt visar undersökningen exempel på hur funktionskrav för inomhusmiljön blandats med krav på tekniska lösningar. Det behövs även en utveckling mot mer teknikneutrala krav och målformuleringar.

Resultaten understryker vikten av att fortsätta forskningen kring funktionskrav och normer som ger en bättre överensstämmelse med människors preferenser och som är teknikneutrala.

1. Bakgrund

Det finns i landet ca 6.000 anläggningar för grundskolan och ca 500 för gymnasieskolan. Antalet byggnader är väsentligt större då varje anläggning vanligen består av fler än en byggnad. De är uppförda under olika epoker. Det finns byggnader i bruk från slutet av 1800-talet. En väsentlig andel av skolorna är dock uppförda under 1940- och 50-talen och under perioden 1965-75. Nedläggningar, liksom nybyggnader, är för närvarande mycket få.

Flera undersökningar har visat att våra skolmiljöer överlag lämnar mycket i övrigt att önska (2,21,26,27). Inte minst utsätts de allergiska barnen ofta för en ohälsosam exponering av allergen och föroreningar, som förvärrar deras hälsa (21, 27, 29). Orsakerna är flera; bristande underhåll och städning, okunskap om allergiproblem bland skolpersonal, elever och föräldrar, fukt- och mögelproblem, byggnadsmaterial som avger föroreningar, dåligt fungerande ventilations- och värmesystem. Under 1970-talet utfördes också en hel del felaktigt inriktade energibesparingsåtgärder som resulterade i försämrat inomhusklimat. Fortfarande saknas ofta en totaloptimering, där mål om energieffektivisering är grundad på den primära förutsättningen att ett bra inomhusklimat ska uppnås.

Debatt om skolventilation

Under de senaste åren har det pågått en livlig debatt om ventilationen i skolor. Installationer för ventilation svarar idag ofta för 20% av investeringskostnaden vid ny- eller ombyggnad av skolor, ibland betydligt mer. Inte minst skolpolitiker har ifrågasatt om detta är rimligt. Att åtgärda ventilationen i befintliga skolor kräver ofta stora ingrepp i byggnaderna. På många håll har ventilationsarbetena skett separat utan att annat angeläget åtgärdats i byggnaderna. Detta har ibland lett till fula ingrepp i kulturhistoriskt intressanta byggnader med höga arkitektoniska värden.

Efter genomförandet är det heller inte ovanligt med klagomål på dålig inomhusluft, som ger högre besvärshänsor än normalt för symptom som irritation i näsa, hals och ögon, trötthet, huvudvärk. Drag och buller från ventilationen är andra återkommande problem.

Den indikator på god luftkvalitet i skolor som är förhärskande i normsammanhang, att koldioxidhalten inte ska överskrida 1000 ppm, har ifrågasatts. Flera studier har visat att elever och personal ibland mår bättre och uppfattar inomhusmiljön som sundare i äldre skolor som inte byggts om än i nya eller nyligen ombyggda (2, 21, 28). I dessa äldre skolor kan CO₂-halterna ibland vara betydligt högre än 1000 ppm.

Den Obligatoriska Funktionskontrollen av Ventilation, OVK:n, har visat på stora brister i både projektering, utförande, drift och underhåll av ventilation i skolorna (10).

Kritik som ofta riktas mot de i skolor vanligen förekommande FTX-systemen (mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning) är:

- att de kostar för mycket
- att de ger ljudstörningar,
- att de inte går att påverka
- att de är dåligt dimensionerade och utformade så att det blir onödigt höga tryckfall i systemet och med detta följer ytterligare elanvändning och buller,
- att en inte oansenlig del av värmeåtervinningsvinsten "äts upp" av ökad elanvändning för fläktar,
- att de, förutom elenergi, kräver en hel del resurser för drift och underhåll för att fungera tillfredsställande.
- att de innehåller så många komponenter såsom fläktar, värmebatterier, värmeväxlare, filter, ljudfällor, spjäll som riskerar att gå sönder eller försmutsas om filter saknas eller inte byts och som då försämrar funktionen.

Det tål att påpeka att kommunernas resurser för skolplanering ofta är knappa och att det därför ofta är erfarenheter av de minst påkostade FTX-systemen som de kritiska synpunkterna grundar sig på.

Bland annat mot den bakgrunden har ett antal kommuner i landet, vid ny- och ombyggnad av skolor, valt att undvika FTX-ventilation och istället prova system som, med eller utan stöd av fläktar, baseras på termik och vindtryck. Intresset för dessa lösningar har varit mycket stort och under tiden som denna undersökning pågått har ett flertal skolor med olika former av självdragslösningar tillkommit i Sverige.

2. Syfte och frågeställningar

Syftet med detta projekt var att, i ett urval av dessa skolor med nyligen installerad ventilation som använder självdrag, på ett samlat sätt beskriva de mål och krav som ställdes, de valda systemen samt de verksamhetsmässiga och byggnadstekniska förutsättningar som legat bakom systemvalet.

Syftet var också att utvärdera lösningarna med avseende på målpuppfyllelse, hur elever och personal upplever inomhusklimatet och sin hälsa samt sina möjligheter att påverka klimatet och förstå hur systemet fungerar och bör skötas. Särskilt intresse skulle ägnas åt hur allergiker upplevde inomhusmiljön. Vidare skulle tekniska mätningar genomföras för att kunna redovisa vilka värden man uppnått på olika parametrar som används för att ställa krav på luftkvalitet, termisk komfort, ljudklimat och energianvändning.

Som helhet skulle undersökningen belysa frågan i vilken utsträckning och under vilka förutsättningar självdragsventilation kan nyttjas vid ny- och ombyggnad av skolor.

Några av de centrala frågeställningar som drivit fram detta arbete är:

1. Är det möjligt att förena god **luftkvalitet** och god **termisk komfort** med ett ventilationssystem som grundas på termiska stigraster, vindtryck/sug och fönstervädning?
2. Kan system som använder termiska drivkrafter i vissa **ombyggnadssammanhang** erbjuda den mest optimala lösningen på ambitionen att åstadkomma ett hälsosäkert och bra inomhusklimat, med bibehållande av arkitektoniska värden och till låg långsiktig kostnad?
3. I vilken utsträckning kan ventilationssystem som använder självdrag även användas i samband med **nybyggnad** ?
4. Vilka risker finns med olika sätt att använda självdrag?
5. Vilka fördelar finns i skolor med ventilation som använder självdrag?
6. Hur står sig skolor med ventilation som använder självdrag jämfört med konventionella FTX-lösningar, när det gäller energianvändning och kostnader?
7. Vilka villkor kan ställas på befintliga byggnader, för att inomhusmiljön ska klassas som tillfredsställande? Klarar dessa skolor normkraven - och, klarar normkraven dessa skolor?

Alla dessa frågor kan naturligtvis inte helt besvaras av denna studie, men de blir ändå belysta. Och, studien av "sjelvdragsskolorna" har bland annat gett oss som arbetat med projektet många tankeställare om vad god inomhusmiljö är. Även något av detta hoppas vi att rapporten ska förmedla.

3. Vad är självdragsventilation?

Med **självdragsventilation** menas i föreliggande studie luftväxling som uppkommer på grund av dels termiska krafter, dels vindtryck.

Variationer i luftdensitet, orsakad av temperaturvariationer (termik) samt vindkraften, skapar förutsättningar för luftväxling i byggnaden (ett luftflöde genom byggnadens "ofrivilliga" otätheter och planerade håltagningar). Dessa krafter verkar inte oberoende av varandra.

Den **termiska drivkraften** beror av höjden mellan uteluftintaget (eller egentligen den höjdnivå på vilken tilluften värms upp från utetemperatur) och avluftsutsläpp samt av temperaturskillnaden mellan ute och inne. Boverket gav 1994 ut en handbok om självdragsventilation (9). Enligt handboken kan **den termiska drivkraften**, vid normal inomhustemperatur, överslagsmässigt beräknas enligt följande formel:

$$\text{Termiska drivkraften} = 0,04 \times h \times (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \text{ Pa (Pascal)}$$

där:

0,04 är en konstant

h= höjden mellan uteluftsintaget (den höjdnivå på vilken tilluften värms upp) och den nivå där luften lämnar byggnaden.

T_{inne} = Inomhustemperaturen

T_{ute} = Utomhustemperaturen

Vinden runt en byggnad och de därav uppkomna tryckförhållandena beror av byggnadens utformning, vindhastigheten, vindriktningen, inflytande från omgivande byggnader, vegetation och topografi.

Enligt Boverkets handbok kan **vindtrycket** mot en fasad eller det sug som bildas på läsidan och vid parallellt anblåsta fasader liksom det undertryck som kan bildas vid vindens rörelse förbi en avluftsöppning, normalt (vid formfaktor 0,5) beräknas enligt följande formel:

$$\text{Vindtrycket} = 0,3 \times v^2 \text{ Pa}$$

där v= vindhastigheten.

I de nybyggda skolorna i undersökningen är h = 5 - 6m, vilket vid utetemperaturen +5°C ger en termisk drivkraft på 3,0-3,6 Pa.

De genomsnittliga vindhastigheterna under långtidsmätningarna inhämtades från SMHI:s väderstatistik för respektive skolas närmaste mätstation. De var enligt följande på orterna där de nybyggda skolorna ligger:

Garda skola och Länna skola: 6,0 m/s, Fredkullaskolan: 5 m/s och Risebergaskolan: 3 m/s

Detta ger vindtryck på i medeltal 2,7-10,8 Pa.

Luftflödet som uppstår på grund av termik och vindtryck beror av det totala tryckfallet. Den kombinerade effekten av vind och temperatur har visat sig vara mindre än summan av de båda enskilda krafterna. Det inre trycket antar ett värde som innebär att det totala inflödet av luft svarar mot det totala utflödet (13).

I de ombyggda skolorna i undersökningen är $h = 10-18$ m, vilket vid utetemperaturen $+5^{\circ}\text{C}$ ger en termisk drivkraft på 6-11 Pa.

De genomsnittliga vindhastigheterna på de orter där de ombyggda skolorna ligger var under långtidsmätningarna enligt följande:

Gamla läroverket: 3,2 m/s, Lindöskolan och Karslhovsskolan: 4 m/s.

Detta ger vindtryck på i medeltal 3 - 4,8 Pa

Hur dessa drivkrafter sedan kan utnyttjas och kombineras i den enskilda skolbyggnaden beror på utformning av en mängd detaljer.

För att **den termiska drivkraften** ska kunna nyttjas krävs låga tryckfall och därmed låga lufthastigheter i kanalsystemen. Detta innebär dels att det krävs stora kanalareor (jämfört med i en mekaniskt system), dels att utrustning som filter, spjäll, värmeväxlare och ljuddämpare, som skapar tryckfall, inte utan vidare kan användas i självdragslösningar.

För att **vindtrycket** ska kunna nyttjas effektivt och någorlunda kontrollerat krävs omsorgsfull placering och utformning av frånluftsöppningar (t ex lanterninfönster) i förhållande till förhärskande vindriktning. För att åstadkomma en förstärkning av tilluftsflödet krävs genomtänkt placering och utformning av uteluftsintagen. Möjligheten att planerade frånluftsutsläpp tidvis blir uteluftsintag och uteluftsintag blir frånluftsutsläpp måste beaktas och pareras genom att luftintag respektive utsläpp kan regleras beroende på olika utetemperatur- och vindförhållanden.

Under sommarhalvåret kan situationer uppstå då en hög utetemperatur (lika hög som inne) eliminerar den termiska drivkraften och då vindhastigheten är 0. Då måste vädring ske med såväl tak- som fasadfönster för att åstadkomma korsdrag.

I de ombyggda skolorna, som är flerplanshus, blir den termiska stigkraften på de olika våningsplanen beroende av var uteluftsintagen är placerade. Om uteluftsintag är placerade, t ex under fönster i varje rum på de olika våningsplanen, så minskar den termiska stigkraften ju högre upp i huset man kommer. Om det däremot finns ett gemensamt uteluftsintag i t ex källarplan eller på bottenplanet och luften förvärms där till rumstemperatur blir den termiska drivkraften lika stor på samtliga våningsplan. På denna princip byggde den s k Stockholmsventilationen. Detta var också den princip som ursprungligen tillämpades i en av de tre ombyggda skolorna, Gamla läroverket i Hudiksvall. Skolan, som uppfördes i början av 1900-talet, hade ett s k Calorific-system, ett centralt kanalsystem med vars hjälp byggnaden både värmdes och ventilerades. I

en varmluftskammare i souterrängplanet togs uteluften in, värmdes med koleldning och fördelades på de olika våningsplanen. Den termiska drivkraften blev densamma på alla våningsplanen. Även efter ombyggnaden har Gamla läroverket ett centralt uteluftsintag med förvärmning i souterrängplanet.

Karlshovsskolan och Lindöskolan, som byggdes på 1930-talet, hade inte detta system ursprungligen. Lindöskolan tog in luft via uteluftsintag och Karlshovsskolan via otätheter och fönstervädning i fasad. Därmed blev den termiska drivkraften sämre ju högre upp i byggnaderna man kom. Genom ombyggnad har dock båda skolorna fått centralt uteluftsintag i souterrängplanen och därmed har det skapats samma tryckförhållanden på alla våningsplanen.

4. Metod

De parametrar i innemiljön som speciellt studerats är luftkvalitet och värmekomfort, då det, inte minst i självdragslösningar, kan finnas ett direkt motsatsförhållande mellan dessa två. God luftkvalitet under uppvärmningssäsongen betyder t ex att en viss luftmängd måste in, i många fall via uteluftsventiler, fasadfönster eller taklanterninfönster (där luften stundtals rör sig både ut och in). Detta kan då ge upphov till drag och kalla golv.

Ljudförhållanden som kan ha ett samband med ventilationslösningarna har utvärderats. Andra faktorer som har betydelse för miljön som helhet, men inte är direkt kopplade till val av ventilationssystem, tas upp mer summariskt. Det gäller t ex arkitektur, städning och ljusförhållanden. Ljusförhållanden och städning finns med som enkätfrågor. I enkäten finns också med en fråga om hur man trivs i skolan. Denna har använts som kontrollfråga, dvs för att kontrollera om det kan finnas psykosociala problem i skolan, som skulle kunna ge utslag även i omdömet om innemiljön.

Utöver detta har vissa uppgifter tagits fram om energianvändning och kostnader.

4.1 Urval av objekt

De skolor som ingår i studien (Se förteckning på sidan 14) valdes ut på den grunden att de i någon form nyttjade eller planerade att nyttja termiska drivkrafter för ventilationen. De var de äldsta färdigbyggda som vi kunde hitta vid den tidpunkt projektet skulle starta. Fyra är nybyggnader och tre är ombyggnader.

De utvalda skolorna representerar flera av de lösningar som senare förekommit i liknande varianter runt om i landets kommuner. Det förekommer dels skolbyggnader i vilka **klassrummen** ventileras helt utan fläktar (Risebergaskolan och Fredkullaskolan), dels sådana som har en liten grundventilation som är fläktstyrd (Garda skola), i övrigt självdrag och slutligen sådana som kan betecknas som skolor med F-ventilation (Länna skola, Gamla läroverket, Karlshovsskolan och Lindöskolan).

De tre ombyggda skolorna har alla F-ventilation med mycket låga tryckfall och separat tilluftsystem med centralt uteluftsintag och passiv tilluft. Med passiv tilluft menas tilluft utan fläktar och som, så att säga "hänger med" det undertryck som skapas av den mekaniska frånluftsventilationen. I Gamla läroverket används befintligt gammalt kanalsystem för både till- och frånluft. I Karlshovsskolan och Lindöskolan används gamla frånluftssystemet, men man har byggt nya tilluftskanaler.

Två av de nybyggda skolorna (Fredkullaskolan och Risebergaskolan) har tilluft via jordrör, medan två har tilluft via uteluftsventiler direkt under fönster i klassrum. Samtliga skolor har uteluftsintag i marknivå eller nära (några meter över) marknivå.

En lösning för ombyggnad med användning av självdrag, som inte finns representerad i denna undersökning är det så kallade SPARVEN-systemet. Detta har provats bland annat i samband med ombyggnad av Paradisskolan i Nybro och Wasaskolan i Kalmar. SPARVEN-lösningen bygger på principen förstärkt självdrag (F-fläkt drar igång när den termiska drivkraften inte räcker) och förvärmning av luft direkt i väderstyrda uteluftsventiler under fönster. I en nyligen publicerad BFR-rapport (11) beskrivs systemlösningen och livscykelkostnaderna analyseras och jämförs med en konventionell ventilationslösning typ FTX.

Gemensamt för de sju valda projekten var också att någon form av uppföljning planerades. Bakgrunden till detta var att myndigheterna krävde en utvärdering av luftflöden och energianvändning. Det fanns alltså intresse av att samordna en sådan uppföljning och samtidigt genomföra en analys som byggde på en mer allsidig information om skolornas inneklimat än vad uppmätt luftflöde ger.

Systemlösningarna beskrivs mer utförligt för respektive skolbyggnad i avsnitt 7.

Skolbyggnader som ingår i undersökningen

Projekt	Byggår	Ventilation
NYBYGGNADER		
Garda skola Gotland LM-skola 6 klasser	1993	Huvudsakligen självdrag. Uteluftsventiler. Lanternin med självdragskanaler och spjäll för evakuering av F-luft. Litet grundflöde med F-fläktar. F-ventilation i kök.
Länna skola Norrtälje L-skola 2 klasser	1993	F-ventilation. Uteluftsintag. Takfönster.
Fredkullaskolan Kungälv LM-skola	1992	Rent självdrag. Tilluft via jordrör och kryprum. Lanterninfönster.
Risebergaskolan Malmö L-skola 4 klasser	1994	Rent självdrag i undervisningslokaler. Jordrör och kulvert för tilluft. Lanterninfönster. FT-ventilation i kök. Omställbart mellan S och FT i matsal.
OMBYGGNADER		
Gamla läroverket Hudiksvall H-skola 15 klasser	1909. Omb 1993/94	Förstärkt självdrag F-fläktar, låga tryckfall. Användning av gamla kanaler. Passiv tilluft.
Karlshovsskolan Norrköping LM-skola 12 klasser	1927 Omb. 1993	Mekanisk frånluft, låga tryckfall. Användning av gamla F-kanaler. Passiv T-luft i nytt kanalsystem.
Lindöskolan Norrköping LM-skola 8 klasser	1931 Omb 1993	-"

4.2 Beskrivning och utvärdering av respektive skola

I avsnitt 7 beskrivs varje skola för sig, och de utvärderingsresultat som framkommit presenteras i direkt anslutning till beskrivningen. Varje skolbyggnads utformning och utvärdering beskrivs under följande rubriker:

Förblad

Fakta
Lokalisering

Beskrivning

Utgångspunkter vid planeringen
Mål och krav för byggprojektet
Byggnadsutformning, konstruktion, material
Värme och ventilation

Utvärdering

Enkätresultat
Mätresultat
Arkitektur
Energianalys
Kommunens erfarenheter

Slutsatser

Innemiljö
Teknik
Drift och underhåll
Energianvändning
Kostnader

4.3 Enkäter om upplevd inomhusmiljö och hälsa

Självrapporterad allergi och hälsa

En enkätundersökning genomfördes med frågor till elever och personal i respektive skola om upplevd inomhusmiljö och hälsa.

De allergi- och besvärsfrekvenser för olika sjukahussymptom (i fortsättning ibland förkortat SBS-symptom, från engelska Sick Building Syndrome) som redovisas i denna rapport bygger alla på enkätresultaten och anger således s k **självrapporterad allergi och hälsa**, till skillnad från sådan statistik som bygger på läkarundersökningar.

Andelen allergiker har erhållits genom att registrera de personer som i frågeformuläret svarat att de har eller har haft något av sjukdomssymptomen astma, hösnuva eller eksem. Detta är samma definition som t ex används vid sammanställning av Örebroenkäten (1).

Använda frågeformulär

Den använda enkäten är en särskild **skolenkät** som utvecklats av Stockholm Konsult i samarbete med Stockholms stads utrednings- och statistikkontor (USK) samt en referensgrupp med representanter från SISAB, Stockholms skolor, S:t Erikshälsan, skolhälsovården och huvudskyddsombud.

Frågeformulären har validerats av USK. Det omfattar ett formulär för personalen, ett (med i stort sett samma frågor) till elever i åk 5 och uppåt (åk 5-). För de yngre eleverna har ett förenklat formulär använts. Det är avsett för elever i åk 3 och 4. Eftersom det finns yngre elever (åk 1-2) i de undersökta skolorna, har vi låtit även dessa fylla i den förenklade enkäten. Vi har då noga instruerat läraren, eller själva varit med vid svarstillfället i klassrummet, för att kunna besvara elevernas frågor om ord de hade svårigheter att förstå. Som ett komplement har även de yngre elevernas föräldrar fått fylla i en särskild föräldraenkät i de skolor där många elever fanns i åk 1 och 2. I denna ställdes frågor om barnens allergi och hälsa.

Att Stockholms skolenkät valdes - och inte den mer frekvent använda Örebroenkäten - beror på att skolenkäten har betydligt mer detaljerade frågor om miljöfaktorer, vilket var intressant i detta sammanhang. Man får således med Skolenkäten t ex veta, inte bara om man "besväras av ingstängd luft" utan också om det "luktar mögel", "luktar avgaser", luktar matos" osv. Skolenkäten har också en översiktlig fråga, som gör det möjligt att bedöma om luftkvaliteten, värmekomforten, ljud- och ljusförhållandena mm i huvudsak upplevs som "bra", "acceptabla" eller "dåliga". Det gör det möjligt att ställa samman en "miljöprofil" över elevernas och lärarnas helhetsomdöme" på ett sätt som underlättar jämförelsen med andra skolor och mellan de undersökta skolorna.

Det statistiska underlaget

Enkäterna har genomförts tidigast ett halvår efter det att skolan varit inflyttad. Samtliga frågeformulär har besvarats under uppvärmningssäsongen 1995. Totalt besvarades enkäterna av 971 personer, av vilka 111 var personal, 392 elever i åk 5- och 367 yngre elever samt 101 var föräldrar till elever i åk 1-2.

Bland eleverna var könsfördelningen relativt jämn, medan kvinnorna dominerade klart bland personalen. Drygt 80% var kvinnor.

Referenser för allergi och hälsobesvär

För att bedöma svaren när det gäller allergi och hälsobesvär är det viktigt att kunna jämföra med en referens för att veta vad som är "normala" allergifrekvenser och frekvenser för olika SBS-symptom som t ex "irriterade ögon", "huvudvärk" e t c i skolor. Eftersom allergifrekvenser och SBS-symptom är olika för olika åldersgrupper bör referenserna dessutom delas upp efter olika åldrar. Då skolenkäten är relativt ny finns ännu inget omfattande referensmaterial. Frågorna om allergi och hälsa har dock samma formulering som i den mer använda Örebroenkäten. Detta har möjliggjort en användning även av tidigare enkätundersökningar

för att bygga upp referenser. Det gäller i första hand två studier som fått utvidga referensmaterialet; dels den enkätstudie som utfördes inom ramen för projektet "Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor", där basmaterialet för de 15 skolor som ingick har använts, dels en enkätundersökning som genomfördes i 14 Stockholmskolor med Örebroenkäten 1991. Skolorna i Goda exempel på sunda hus valdes ut just för att de var kända som skolor med bra inomhusmiljö. De flesta av dessa skolor hade FTX-ventilation. De 14 skolorna i Stockholm valdes ut för att representera skolor med olika byggnadsålder och ventilationssystem. Några skolor som ingick hade kända problem med inomhusklimatet och några valdes ut därför att de var utan kända klimatproblem.

Man kan således säga att de studerade skolorna med ventilation som använder självdrag, dels jämförs med hälsobilden i bra FTX-skolor, dels med ett urval av Stockholmskolor med en viss representation för olika byggår, ventilationssystem och inneklimat. Besvärsfrekvenserna i Stockholmsreferensen är överlag betydligt högre än frekvenserna i Goda exempel på sunda hus.

Mer om enkätmetod och resultatredovisning

Enkätmetoden och dess frågestruktur finns redovisad i **Bilaga 1**. Där redovisas också uppbyggnaden av de referenser som används för att bedöma besvärsfrekvenserna för hälsa vid resultatredovisningen.

Förutom den översiktliga resultatredovisning som finns i kapitel 5 finns en utförlig redovisning av enkätresultaten i text och diagramform för varje skola i kapitel sju. Frekvenstabell över samtliga enkätresultat finns i en separat **Bilagerapport "Skolor med ventilation som använder självdrag - Detaljerade frekvenstabeller."** Denna kan beställas från BYGGDOK.

Diagram över referensvärden för hälsa, som direkt kan användas för att jämföra de i avsnitt 7 redovisade enkätresultaten för varje enskild skola finns **som vikblad** (kan fällas ut så de ligger bredvid de olika skolornas diagram) **längst bak i rapporten**.

4.4 Tekniska mätningar

Mätningar av olika parametrar som vanligen används för att beskriva inomhusklimatet har genomförts i två klassrum per skola under uppvärmningssäsongen 1995. Samtliga mätningar genomfördes under månaderna februari och mars, utom i Risebergaskolan, där de genomfördes i november 1995. Risebergaskolan var den senast färdigställda byggnaden. Klassrummen har valts ut för att försöka täcka in variationer i förutsättningar; vädersträcksorientering, våningsplan e t c. Följande mätningar har genomförts:

* Rumstemperatur	Kontinuerliga mätningar i c a en vecka, samt momentant, samt i genomsnitt för 4-7 veckor.
* Operativ temperatur	Momentant.
* Ekvivalent temperatur	Momentant.
* Relativ luftfuktighet	Momentant, kontinuerliga mätningar i c a en vecka, samt genomsnitt för 4-7 veckor.
* Omsättning av uteluft (Specifikt luftflöde)	Passiva spårgasmätningar i 4-7 veckor.
* CO ₂	Kontinuerliga mätningar i c a en vecka, samt momentant utomhus.
* Radondotterhalt	Dosa med spårfilm, c a 2 månader.
* Magnetfält 5-2000 Hz	Momentant.
* Elektrostatisk personuppladdning	Enkätfråga.
* Mikrobiell påväxt	I lösningar med tilluft i jordrör. Momentant.
* Ljudnivåer, dB(A) och dB(C)	Momentant.
* Efterklangstid	Momentant.

Mätmetoder och instrument redovisas i **Bilaga 2** för alla mätningar utom spårgasmätningarna av luftomsättning. Den senare mätmetoden och en resultatansamling för alla skolorna av specifika flöden redovisas i **Bilaga 3**. Alla mätresultat redovisas under respektive byggprojekt i avsnitt 7. Vissa sammanställda resultat för alla skolorna redovisas i avsnitt 5.

4.5 Energianalys

4.5.1 Jämförande energiberäkning; aktuell ventilationslösning och FTX-ventilation

För var och en av de sju skolorna har energiberäkningar utförts. Dessa har syftat till att jämföra energianvändningen för de aktuella ventilationslösningarna med FTX-lösningar för samma lokaler. Endast de delar av skolorna som ventileras med den specifika självdragslösningen har tagits med i dessa beräkningar. Det betyder att kök och andra ytor som ventileras med FTX-system har hållits utanför beräkningen. En jämförande beräkning har sedan utförts för samma lokalytor med förutsättningen att dessa ventileras med FTX-system.

För FTX-fallet har antagits de förutsättningar som bedömts vara det vanligast förekommande vid detta ventilationsfall i skolor: Takhöjd: 3m, Luftflöde: 3,3 l/s,m², drifttid: måndag- fredag klockan 06.00-18.00. Värmeåtervinningen ur frånluft har antagits ha en genomsnittlig verkningsgrad på 50%. Detta motiveras i avsnitt 5.5.

Energiberäkningarna har utförts av Sune Häggbom, AB Sunda Hus, med hjälp av energiberäkningsprogrammet VIP+ (Se Bilaga 4). Beräkningarna bygger på i projektet insamlade uppgifter om areor, byggnadsdelars sammansättning, fläkteffekter och drifttider. De har genomförts så att de, så nära som möjligt, ansluter till verkliga förhållanden. Luftflödena för de aktuella ventilationslösningarna har hämtats från projektets mätningar av genomsnittlig luftväxling under 4-7 veckor.

Metoden för energiberäkningarna redovisas i **Bilaga 4**.

4.5.2 Energistatistik

Energistatistik har endast gått att få fram för vissa av skolorna. Skälet till detta är att många skolor värms med någon form av fjärrvärme, som omfattar flera skolbyggnader än den aktuella, och där värmestammarna inte avskilts, eller ens kunnat avskiljas, för den aktuella byggnaden. De skolor för vilka någon form av energistatistik gått att få fram är Garda skola, Fredkullaskolan, Risebergaskolan och Karlshovsskolan. Lindöskolan kan antas ha en specifik energianvändning av samma storleksordning som Karlshovsskolan. Uppgifterna bygger i förekommande fall på statistik från kommunernas fastighetskontor.

5. Resultat och analys

I detta avsnitt ges en samlad resultatredovisning, grundad på den mer detaljerade redovisningen av resultat från enkät och tekniska mätningar i varje skola som återges i avsnitt 7.

Avsikten med detta avsnitt är att ge underlag för de generella slutsatser som dras i kapitel 6, och för vilket utgångspunkten varit de frågeställningar som presenterades i inledningen till avsnitt 2. Först ges i 5.1 en översiktlig bild av likheter och skillnader i skolbyggnadernas lokaliseringsförutsättningar, tekniska utformning och valt ventilationssystem. Därefter redovisas i 5.2 och 5.3 vilket inneklimat som uppnåtts enligt de enkäter och mätningar som utförts. Detta görs först i 5.2 i huvudsak med utgångspunkt från fem för projektet uppställda kriterier på ett sunt inneklimat. Därefter görs i 5.3 en granskning av mätresultaten, främst vad gäller luftkvalitet, i förhållande till gällande byggnormer. I 5.4 förs en diskussion om de speciella lösningar som valts i de undersökta skolorna och som, utöver luftflödets storlek, skulle kunna ha betydelse för den upplevda luftkvaliteten. I 5.5 respektive 5.6 slutligen redovisas resultaten vad gäller energianvändning och kostnader.

5.1 Byggprojektets förutsättningar och tekniska lösningar

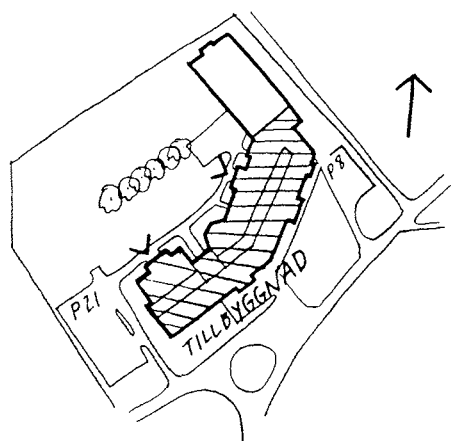
5.1.1 Verksamhet, lokalisering m m

Alla de **nybyggda** skolorna är relativt små enplanshus (max 1600 m²) med utrymmen för 2-6 klasser. De är L- eller LM-skolor med, i de flesta fall, 20-25 elever i varje klassrum. I Länna skola finns dock 40 elever i en av de två klasserna och 20 i den andra. Fritidsverksamhet är inrymd i samma byggnad och i Garda skola och Fredkullaskolan finns även daghemslokaler.

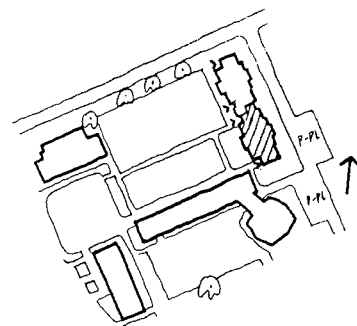
De studerade nybyggda skolorna är alla byggda under de senaste 5 åren. Gemensamt är lokalisering i naturnära miljö med mycket lite bilavgaser eller andra yttre föroreningskällor. De är belägna i södra halvan av Sverige, där förutsättningarna att fönstervädra är relativt goda.

I Garda skola finns klassrum orienterade i alla väderstreck. I Länna skola är klassrummen orienterade mot VSV, i Fredkullaskolan mot OSO och i Risebergaskolan mot norr.

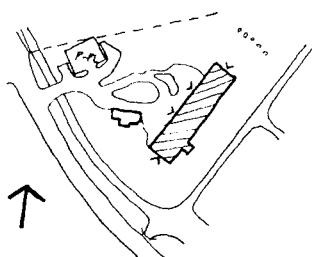
De studerade **ombyggda** skolorna är större flerplanshus med souterrängvåningar, som alla är kulturhistoriskt intressanta byggnader. De är avsedda för 8-15 klasser. Gamla läroverket har enbart högstadielärover, Lindöskolan har mellanstadielärover och Karlshovsskolan är en LM-skola. Klassrummen är lite olika i storlek, men de flesta klassrum är dimensionerade för 30 elever. I Karlshovsskolan och Lindöskolan är emellertid det faktiska elevantalet inte högre än 25-27 per klass. Karlshovsskolan har också integrerad barnomsorg.



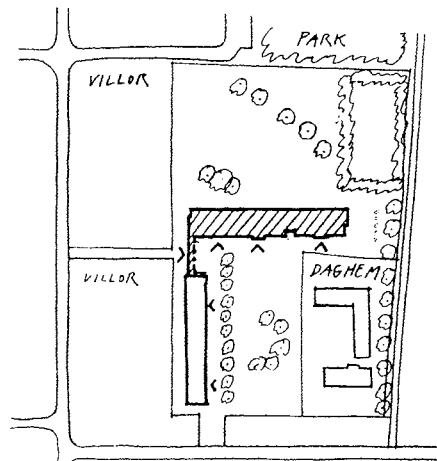
Garda skola



Läna skola

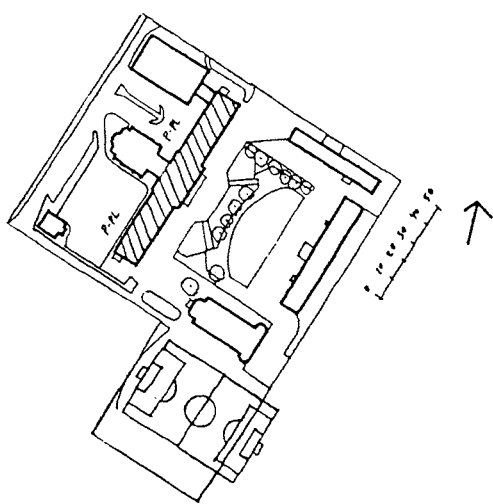


Fredkullaskolan

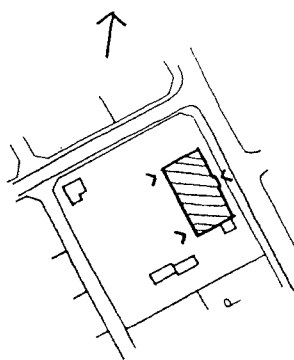


Risebergaskolan

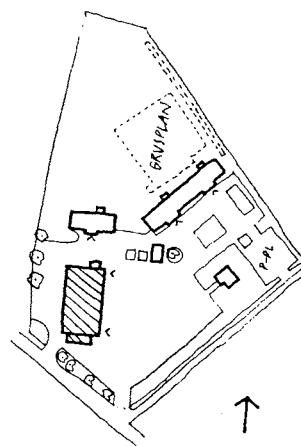
Figur 1: Situationsplaner för de nybyggda skolorna



Gamla läroverket



Karlshovsskolan



Lindöskolan

Figur 2: Situationsplaner för de ombyggda skolorna

De ombyggda skolorna är ursprungligen uppförda 1909-1931 och har samtliga byggts om under de senaste 4 åren. De är belägna i mer stadsliknande miljö med omgivande gator och parkeringar mer nära än i nybyggnadsfallen. Två av dem är lokaliserade till södra halvan av Sverige, Norrköping, och en i norra Sverige, Hudiksvall. I Gamla läroverket är klassrummen orienterade mot OSO, i Karlshovsskolan mot SV och NO och i Lindöskolan mot väster och öster.

5.1.2 Byggnadsteknik - installationsteknik

Man skulle kunna säga att, i byggnader som försetts med FTX-ventilation, komfortkyla, luftbefuktning etc har man i hög grad använt installationstekniska lösningar för att tillgodose klimatkraven. I byggnader med kulvertar för tilluft, höga takhöjder som en del i luftkvalitetstrategin, tunga stommar och taksprång för temperaturutjämning, fuktbuffrande material för utjämning av relativ luftfuktighet etc har man å andra sidan i hög grad använt byggnadstekniska lösningar för att tillgodose klimatkraven.

Om man placerar in de sju studerade skolorna på en skala efter i hur hög grad man använt installationsteknik respektive byggnadsteknik som klimatskapande ser det ut ungefär så här:

Installationsteknisk lösning	Byggnadsteknisk lösning
Länna	Riseberga
Lindö	Fredkulla
Karlshov	Garda Gamla läro- verket

Byggnadsutformning

Grundkonstruktionerna i de **nybyggda** skolorna är av följande typer:

- Garda: Betongplatta på mark med underliggande isolering.
- Länna: Varmgrund av lättbetong.
- Fredkulla: Krypgrund med dränerad makadam, ett Lekalager, 120 cm Kryprum, trossbotten av board, 20 cm cellulosafiberisolering, 22 mm råspont, 2x9 mm gipsskiva.
- Riseberga: Betongplatta på mark med underliggande isolering och betongkulvert för luftfördelning i mittdelen längs hela huset.

Tre av de nybyggda skolorna har en tung stomme. Gardaskolan har en stomme är av betong, Länna skola har lättbetongstomme och Risebergaskolan en stomme av tegel. Fredkullaskolan har en lätt träregelstomme. En tung hjärtvägg som går längs korridor finns i Garda skola och Risebergaskolan. Byggnaderna har välisolerade klimatskärmar med treglasfönster.

Alla nybyggda skolor har snedtak med väl tilltagna takhöjder - vid högsta punkten 5-7 m.

Stor omsorg har lagts ned på att välja byggmaterial med låg emission av föroreningar. Man har också lagt vikt vid att söka materialegenskaper som temperatur- och fuktutjämning.

När det gäller temperaturutjämning är tunga material som betong, sten och tegel de mest effektiva.

Material som har god fuktutjämnande förmåga är bland annat gips, betong, trä och lättbetong. Även tegel har en viss fuktutjämnande förmåga. För att materialytor ska kunna utjämna extremvärden på luftens relativa fuktighet fordras att materialet inte beläggs med ett diffusionstät ytskikt, som t ex en ångtät färg. Fuktbuffringen står dock inte i motsatsförhållande till att ha ångspärr i t ex en yttervägg av trä, då endast skiktet närmast rummet (t ex träpanelen eller gipsskivan) är aktivt i fuktutjämningen. Diffusionsöppna färger är t ex silikatfärg och kalkfärg medan plastfärg (latexfärg) och oljefärg är betydligt mer ångtät - olika dock för olika typer av färger.

Risebergaskolan har yttervägg som är en skalmur av tegel. Invändigt är den målad med silikatfärg. Taket består av glespanel med ovanliggande granfiber på diffusionsöppen duk. Golven har ytskikt av klinker och oljad bokparkett.

Fredkullaskolan har träregelväggar med ångspärr och träpanel invändigt. Panelen är målad med hartsdispersionsfärg och bivaxlasyr. Skolan har träullsplattor i tak och linoleumgolvs. I Garða skola är väggarna av betong och gips och i Länna skola av lättbetong och gips. Väggarna är målade med latexfärg. Garða skola har träullsplattor i tak och plastmattor på golvs. Länna har gipsplattor i tak och plastmattor på golvs.

Alla **ombyggda skolor** har grundkonstruktioner med källare och grundmurar av sten-, betong eller möjligen lättbetong. De har tunga stommar med såväl ytterväggar som mellanväggar av homogent, 2-stens tegel. De har även hjärtväggar av tegel längs klassrumskorridorerna. I dessa ligger de gamla ventilationskanalerna i form av ursparningar i teglet.

Ytterväggarna har höga U-värden, d v s stora transmissionsförluster. Fönstren är av tvåglastyp och har i samband med ombyggnad försetts med tätningslister.

Takhöjderna är 3,2 - 4 meter. De har stora vindsutrymmen och höga skorstenar.

I samtliga ombyggnader har väggar och tak målats med latexfärg och golven belagts med linoleummattor.

En mer utförlig beskrivning av teknisk utformning och materialval finns under redovisning av respektive skolprojekt i avsnitt 7. Där redovisas också vilka variationer i rumstemperatur och relativ luftfuktighet som faktiskt uppnåtts.

Värme och ventilation

Av de **nybyggda** skolorna har Länna skola vattenburen radiatorvärme som försörjs från en för hela skolan central panna. Risebergaskolan har vattenburen radiatorvärme som försörjs med fjärrvärme. Fredkullaskolan har vattenburen radiatorvärme som försörjs av egen elpanna. Garða skola har elradiatorer.

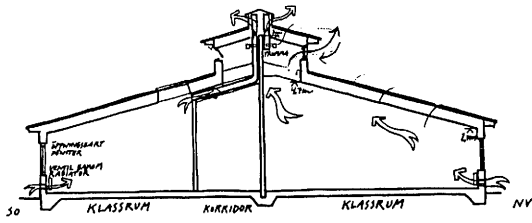
De nybyggda skolorna har många alternativa vädringsmöjligheter såsom takfönster, fasadfönster och vädringsluckor. Fredkullaskolan och Risebergaskolan tar in luft via jordförlagda betongrör och kryppgrund respektive källarkulvert och har skrena självdragslösningar. I Risebergaskolan finns dock en skhjälpfläkt med låg effekt, som används för att kyla byggnaden sommartid. Frånluften evakueras genom fönster i taklanterniner. Garða skola har uteluftsventiler och ett litet kontinuerligt grundflöde som är fläktdrivet, i övrigt självdrag, där luften evakueras genom spjällförsedda frånluftskanaler vid takets högsta punkt. Länna skola kan betecknas som en frånluftsventilerad skola, vars ventilation kan förstärkas genom väl genomtänkta vädringsmöjligheter. Uteluft tas in genom ventiler bakom radiator.

Av de **ombyggda** skolorna värms Gamla läroverket och Karlshovsskolan med fjärrvärme. Lindöskolan värms med olje- och elpanna. Alla tre ombyggda skolor har vattenburna radiatorer.

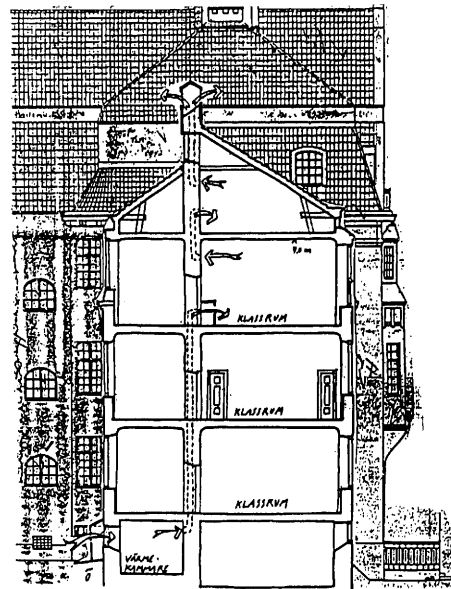
Vädringsmöjligheterna i de ombyggda skolorna är varken bättre eller sämre än i de flesta moderna skolor, dock är alla fönster öppningsbara.

Gamla läroverket har såväl tilluft som frånluft i befintliga kanaler, medan Karlshovsskolan och Lindöskolan använder befintliga frånluftskanaler, men har byggt nya tilluftskanaler och satt in nya, deplacerande don. Tilluften är i alla tre skolorna passiv, dvs ej fläktdriven, utan följer de tryckförhållanden som skapas av F-fläktar och i viss mån av termiken. Tryckfallen i kanalerna är låga på grund av stora kanaldimensioner, med låga lufthastigheter i kanalerna. Dock skulle de behövt vara ännu lägre för att maximalt nyttja den termiska drivkraften.

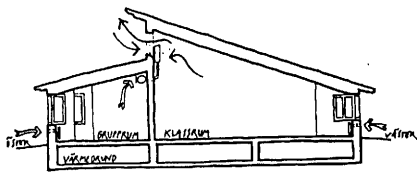
Värme- och ventilationssystemen i byggnaderna beskrivs mer utförligt i avsnitt 7 under respektive skola.



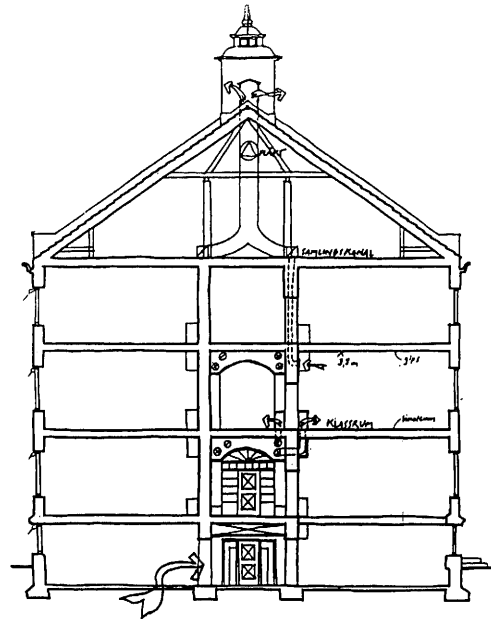
Garda skola



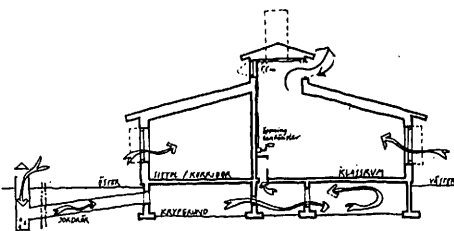
Gamla läroverket



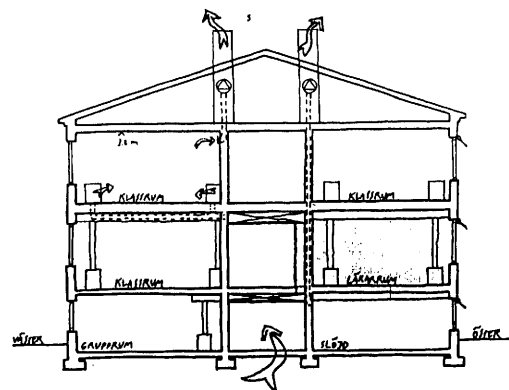
Länna skola



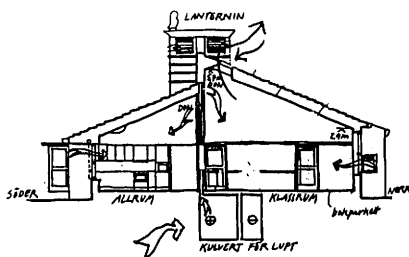
Karlshovsskolan



Fredkullaskolan



Lindöskolan



Risebergaskolan

Figur 3: Sektioner som visar huvuddragen i systemlösningarna för ventilationen.

5.2 Inomhusmiljö

I avsnitt 7 redovisas, skola för skola, de resultat som uppnåddes med den enkät och de tekniska mätningar som utförts. Där används resultaten för att kunna dra slutsatser om inomhusmiljön och värdera de tekniska lösningarna i den enskilda skolan.

I detta avsnitt används såväl enkät- som tekniska mätresultat för att ge en mer översiktlig bild av hur inomhusmiljön (luftkvalitet, termiskt klimat, ljud- och ljusförhållanden) i de sju skolorna ser ut och vilka samband det kan finnas mellan denna och elevernas och personalens hälsa. Samtidigt används vissa av dessa enkät och mätresultat för att se hur skolorna svarar upp mot en för projektet upprättad gemensam bedömningsgrund för inomhusmiljö. Denna bedömningsgrund har ställts upp för att försöka definiera en bra och hälsosäker inomhusmiljö i befintliga byggnader på ett sätt som dels ska ansluta nära till brukarnas sätt att värdera inomhusmiljö, dels ska vara teknikneutral (t ex oberoende av valt ventilationssystem).

I avsnittet 5.3 redovisas sedan hur de tekniska mätvärden som har med **luftkvalitet** att göra står sig i förhållande till gällande lagstiftning i form av byggnormer, råd och handböcker. Där redovisas också ytterligare tekniska mätningar. Avsikten med denna redovisningsteknik är att försöka tydliggöra var överensstämmelse kan erhållas mellan enkätomdömen om inomhusmiljön och normkrav uttryckta i tekniskt mätbara parametrar - och var överensstämmelse inte erhålls. I avsnitt 6, slutsatser, diskuteras sedan hur dessa resultat kan tolkas.

De utgångspunkter som ställts upp inom ramen för projektet för bedömning av skolbyggnadernas inomhusmiljö redovisas nedan. Skollokaler anses ha en bra inomhusmiljö om följande förutsättningar är uppfyllda:

1. att det vid enkätundersökning, i förhållande till referenser, inte förekommer onormalt höga besvärshänsor för SBS-symptom (sjukahussymptom) som elever och personal kopplar till byggnaden.
2. att minst 80% av elever och personal översiktligt bedömer luftkvaliteten, värmekomforten, ljud- och ljusförhållandena samt städningen i skolan som "bra" eller "acceptabla", till skillnad från "dåliga". För luftkvalitet, värmekomfort och städning ska detta även gälla minst 80% av enbart allergikerna.
3. att inte fler än 20% **ofta** besväras av stickande lukt, tobaksrök, bilavgaser, andra lukter eller statisk elektricitet, som kan vara tecken på ohälsosam inomhusmiljö. Ingen ska heller **ofta** vara besvärad av mögellukt.
4. att det inte förekommer icke-förnimbara störningar i form av t ex hög joniserande strålning eller magnetisk flödestäthet, som kan innebära en risk för hälsan.
5. att det finns möjlighet för brukarna att påverka sin inomhusmiljö efter

verksamhet, personbelastning och yttre förutsättningar.

5.2.1 Allergifrekvenser som utgångspunkt för bedömning av hälsofrekvenser

Allergifrekvensen har definierats som den procentandel av de svarande på enkäten som uppgett att de har eller har haft något av sjukdomssymptomen astma, hösnuva eller eksem.

För att kunna bedöma de besvärshänsfrekvenser för hälsa som enkätsvaren har gett behövs en kontroll över hur stor allergifrekvensen är i respektive skola. Om denna andel avviker mycket från normalfrekvensen, kan resultatet behöva tolkas på ett annat sätt. Allergiker har i regel betydligt högre besvärshänsfrekvenser för SBS-symptom än andra personer.

Exempelvis, om besvärshänsfrekvenserna för hälsa visar sig vara höga i en liten personalgrupp i en skola, kan detta antingen bero på att skolan har ett dåligt inneklimat eller på att andelen allergiker i personalgruppen är ovanligt stor. Samtidigt får man vara uppmärksam på att en byggnad med riktigt dåligt inomhusklimat (t ex fuktproblem) kan vara allergiframkallande, d v s att den höga andelen allergiker kan bero på en dålig innemiljö. I sådana situationer brukar det vara en hög andel av de svarande som angett att de SBS-symptom de har beror på byggnaden.

En tabellsammanställning över självrapporterad allergi för olika åldersgrupper jämfört med referenser finns i Tabell 1:3 i **Bilaga 1**. I avsnitt 7 finns också en tabellsammanställning av allergifrekvensen för varje skola.

Genomsnittliga allergifrekvensen bland eleverna i de sju skolorna var 32%. För de yngre eleverna i åk -4 var den 32% och för de äldre eleverna åk5- var den 33%. För de yngre eleverna svarar detta väl mot referenserna (33%). För de äldre eleverna var frekvensen betydligt lägre än referensen (44%) För personalen var allergifrekvensen 37%, vilket svarar rätt väl mot referenserna (34-42%). Högst var allergifrekvensen i Lindöskolan, där 42% av eleverna (mellanstadium) och 45% av personalen hade självrapporterad allergi. I Risebergaskolan var allergifrekvensen bland personalen hög, hälften av de 12 i personalgruppen hade, eller hade haft någon form av allergi. Bland eleverna var det dock en normal allergifrekvens, 32%. Lägsta allergifrekvens bland eleverna fanns i Fredkullaskolan, där 15% av eleverna i åk 3-4 och 21% av eleverna i åk 1-2 hade allergi och i Länna skola, där 20% av eleverna hade allergi.

En allergisk person kan ha ett eller flera av symptomen astma, hösnuva och eksem. Bland eleverna i de sju skolorna uppgav 7% att de hade astma, 10% att de hade hösnuva och 21% att de hade eksem. Bland personalen uppgav 14% att de hade astma, 17% hösnuva och 17% eksem. Även detta speglar en relativt "normal" bild för självrapporterad allergi. Frekvensen för eksem bland personalen är dock något lägre än referenserna (23-24%).

5.2.2 Hälsa

I den använda enkäten ställs frågan till personal och äldre elever om de under de tre senaste månaderna besvärats av något av symptomen trötthet, tung i huvudet, huvudvärk, koncentrationssvårigheter, irriterade ögon, näsa eller hals, hosta, torr, rodnad hud i ansiktet, fjällning i hårbotten och torr kliande hud på händerna. De yngre eleverna i åk 4 och därunder fick svara på frågan om de under de tre senaste månaderna haft några av följande besvär: extra trött, haft ont i huvudet, kliat eller svidit i ögonen, varit snuvig, varit hes eller torr i halsen, haft hosta eller varit torr om händerna eller i ansiktet. För varje symptom finns svarsalternativen "Ja ofta", "Ja ibland" och "Nej". Om svaret var ja fick personal och äldre elever dessutom ange om de ansåg att besväret berodde på skollokalerna. Denna fråga ställs dock inte till de yngre eleverna. De svar som legat till grund för analysen och som redovisas i rapporten är i första hand svaren "Ja, ofta" och "Ja, ofta, beror på skollokalerna".

I **de nybyggda** skolorna var frekvenserna för sjukahussymptom överlag låga jämfört med referenserna och få besvär som ansågs bero på skollokalerna. Detta redovisas detaljerat i avsnitt 7 för respektive skola. För de besvär som ändå förekom och som ansågs bero på skollokalerna stod i huvudsak allergikerna - utom i Fredkullaskolan, där allergikerna i stort sett var helt besvärsfria.

Referenserna för hälsa återfinns på ett utveckningsblad längst bak i rapporten.

Lägst besvär av SBS-symptom hade såväl elever som personal i Garda skola och Fredkullaskolan. Där ansågs i stort sett inga besvär bero på skollokalerna. Inte heller allergikerna ansåg detta. En skillnad mellan Garda skola och Fredkullaskolan var att endast 10% av eleverna var "extra trötta" i Garda skola, medan drygt 30% var det i Fredkullaskolan, vilket möjligen kan vara mer kopplat till verksamheten än byggnaden.

Bland eleverna i Länna skola och Risebergaskolan var besvärsfrekvenserna lägre än referenserna utom när det gällde förkylningssymptom som snuva och spruckna läppar. I Risebergaskolan var också eleverna mer trötta (34%) än i referensen för dessa åldrar (20%). De förekommande symptomen tyder på att en förkylningsperiod hade inträffat i Risebergaskolan. I Länna skola var bara 13% av eleverna "extra trötta".

Personalgrupperna i de nybyggda skolorna är så små (5-17 personer) att det är svårt att uttrycka besvärsfrekvenserna i % och jämföra med referenserna.

I de **ombyggda** skolorna, som har äldre elever, var besvärsfrekvenserna för SBS-symptom mycket låga i Lindöskolan och ansågs i mindre utsträckning bero på skollokalerna än i referensen för Stockholmskolor och även jämfört med referensen "Goda exempel på sunda hus" som enbart består av FTX-skolor med bra inneklimat.

Även i Karlshovsskolan var besvärsfrekvenserna låga och ansågs i liten utsträckning bero på skollokalerna. Allergikerna hade förhållandevis låga

besvärshäufigheter i båda dessa skolor och besvärades i mycket liten utsträckning av skollokaler. Bland de yngsta eleverna (åk-4) hade Karlshovsskolan lite högre besvärshäufigheter än Lindöskolan för de typiska förkylningssymptomen (hosta, hes, snuvig, trött).

I Gamla läroverket, som endast har högstadielärover var besvärshäufigheter onormalt höga bland eleverna för allmänsymptomen "trötthet" (60%), "tung i huvudet" (33%), "huvudvärk" (33%), "koncentrationssvårigheter" (28%) och en mycket hög andel ansåg att dessa besvär berodde på skollokaler. Allergikerna hade överlag något högre besvärshäufigheter och kopplade framförallt huvudvärk och hosta i högre utsträckning till skollokaler än de andra eleverna. Orsaken till dessa hälsoproblem var besvär av rök- och avgaslukt som spreds via ventilationen (se längre fram). För slemhinne- och hudsymptom var besvärshäufigheter i Gamla läroverket dock låga.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att i alla skolor, utom Gamla läroverket, upplever såväl personal som elever att de har en hälsosam inomhusmiljö. Skolorna står sig väl i jämförelse även med referensen för "Goda exempel på sunda hus" (FTX-skolor) och besvärshäufigheter är lägre, i flera fall mycket lägre, än i referensen för Stockholmsskolorna. Detta gäller i synnerhet för allmänsymptom (trötthet, tung i huvudet, huvudvärk), som ofta har en stark koppling till ventilation (1).

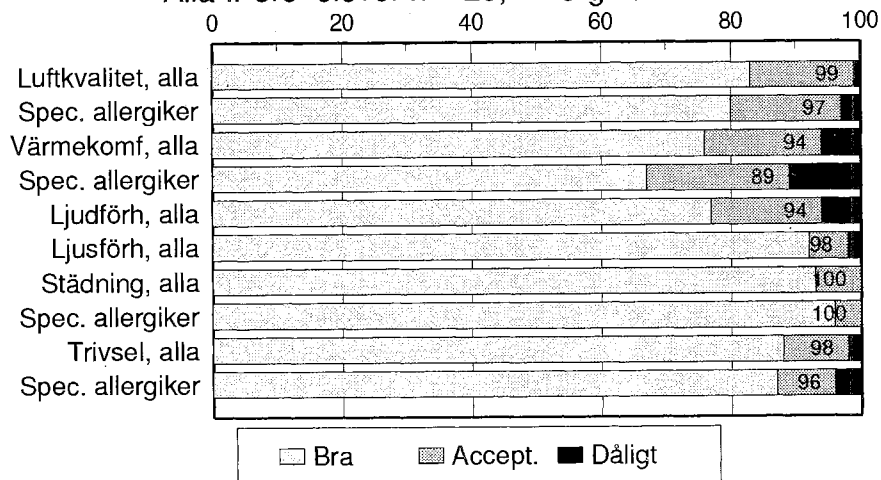
5.2.3 Miljöbedömning i stort

På sidorna härintill presenteras samlat diagram över hur personal och elever i stort bedömer sex olika miljöfaktorer i de sju studerade skolorna. Med bedömningsgrunderna som presenterats ovan (punkt 2, sidan 27) att minst 80% av personal och elever ska anse dessa faktorer som "bra" eller "acceptabla" och, att även allergikerna ska göra denna bedömning av luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel för att inomhusmiljön ska anses vara tillfredsställande, kan vi konstatera:

- o att alla skolbyggnader utom Gamla läroverket och Karlshov uppfyller dessa villkor för samtliga parametrar, d v s luftkvalitet, värmekomfort, ljudförhållanden, ljusförhållanden, städning och trivsel.
- o att de fyra byggnaderna Garda skola, Länna skola, Risebergaskolan och Lindöskolan till och med får betydligt bättre omdömen än villkoren i punkt 2, sidan 27, medan Fredkullaskolan och Karlshovsskolan ger en mer normal bild och Gamla läroverket en sämre.
- o att Karlshovsskolan uppfyller villkoren i punkt 2, sidan 27 för alla miljöfaktorer, utom att städningen endast bedöms som "bra" eller "acceptabel" av 72% av allergikerna. Man kan säga att byggnadsutformningen, men inte driften, uppfyller villkoren för en bra inomhusmiljö.

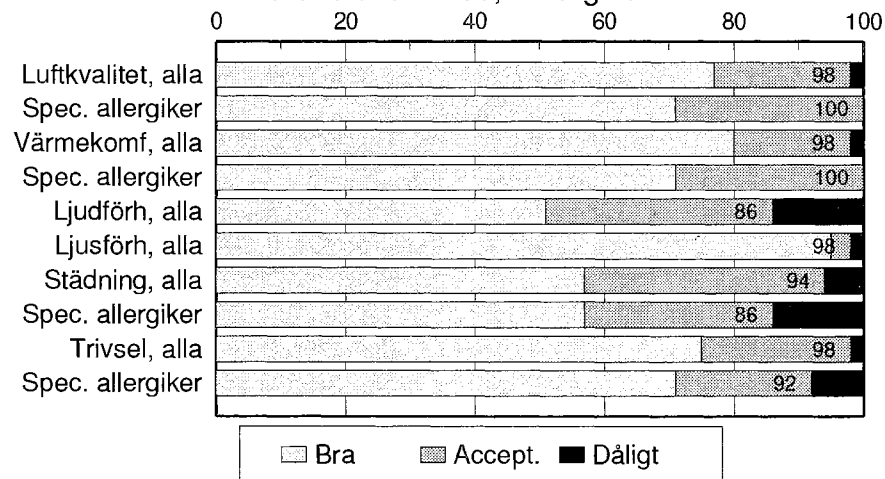
Garda: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=129, Allergiker n=46



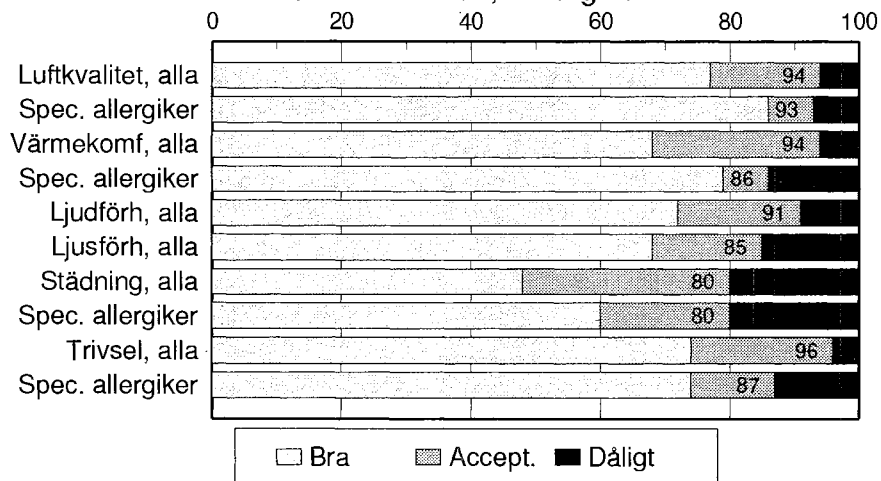
Länna: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=65, Allergiker n=14



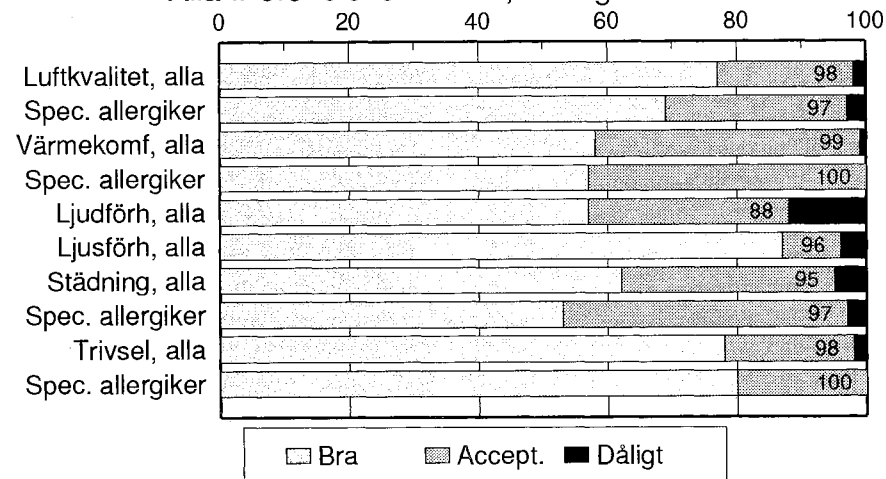
Fredkulla: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=53, Allergiker n=14



Riseberga: Helhetsbedömning

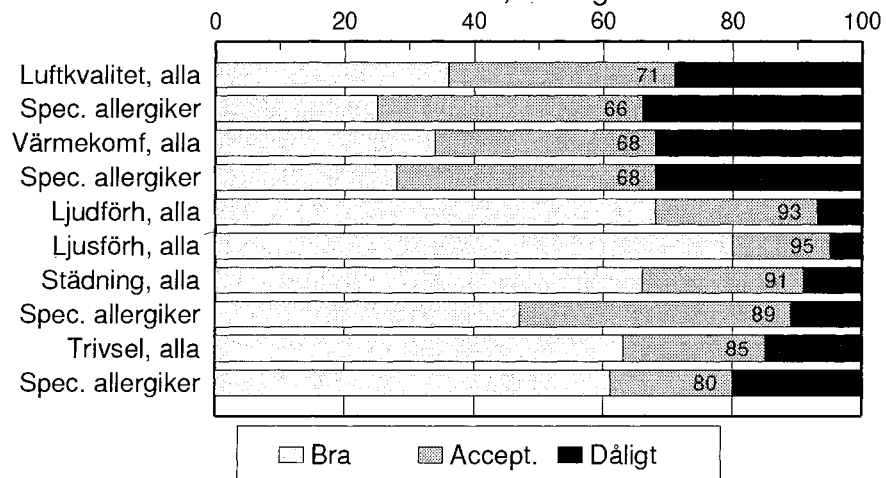
Alla :Pers+elever n=102, Allergiker n=35



Figur 4: Diagram som visar hur inomhusmiljön upplevs i de nybyggda skolorna.

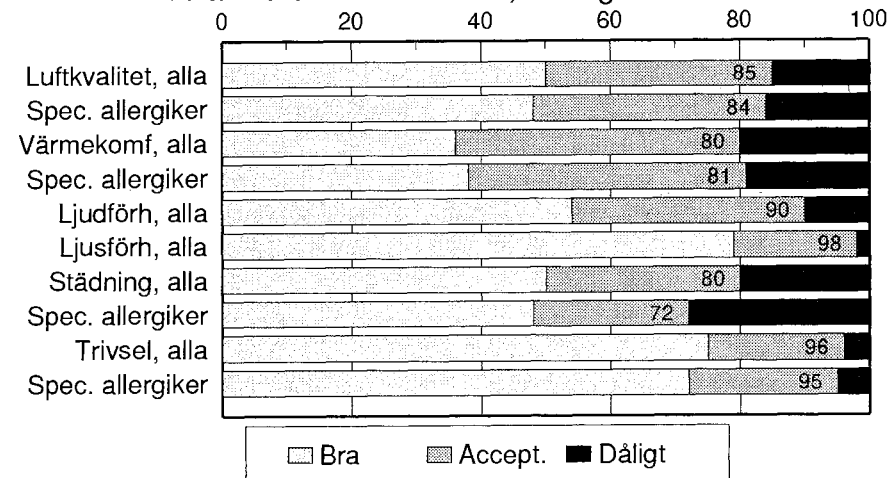
Gamla läroverket: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=209, Allergiker n=75



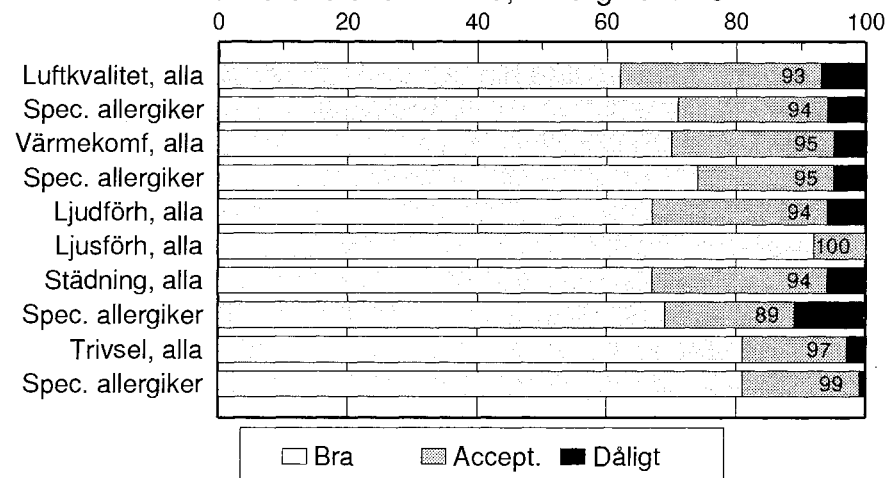
Karlshov: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=158, Allergiker n=61



Lindö: Helhetsbedömning

Alla :Pers+elever n=146, Allergiker n=62



Figur 5: Diagram som visar hur inommiljön upplevs i de ombyggda skolorna.

- o att de miljöfaktorer som inte uppfylls i Gamla läroverket är direkt relaterade till ventilationen. Endast 71% av alla och 66% av allergikerna anser att luftkvaliteten är "bra" eller "acceptabel" och 68% av alla och av allergikerna anser att värmekomforten är det.
- o att den skola som får de bästa omdömena av samtliga är nybyggda Garda skola, där andelen som ger omdömet "**bra**" till och med ligger över 80% på allt utom värmekomforten och ljudförhållandena.
- o att Lindöskolan är den **ombyggda** skola som får de bästa omdömena.

Det framstår helt klart att elever och personal i alla skolor, utom Gamla läroverket, klassar innemiljön i sina skolbyggnader som sund.

Förutom den översiktliga bedömning som redovisats ovan, finns ett antal enkätfrågor som går in mer i detalj på **besvär** som gäller värme, luft och ljud. Viktigare resultat av detta redovisas nedan, tillsammans med en del mätresultat för tillhörande miljöfaktorer. För en mer detaljerad redovisning per skolbyggnad, se avsnitt 7.

5.2.4 Termiskt klimat

För de **nybyggda** skolorna visade enkäten att det enda besvär som förekom **ofta** i högre frekvens än 20% när det gäller den termiska komforten var "kallt vid golv". I Fredkullaskolan tyckte 24% av de yngre eleverna detta och i Garda skola var det 47% av de yngre eleverna som tyckte detta (Här var värmen inte helt injusterad vid mättillfället).

Att det var "för varmt" **ibland** tyckte så många som 70% av de yngre eleverna i Fredkullaskolan och 10% tyckte att det var "för varmt" **ofta**. Även i Länna skola och Garda skola tyckte många, ca hälften av eleverna, att det var för varmt **ibland**. Dessa tre skolor har klassrum i soliga väderstreck och saknar effektiv solavskärmning.

Även om det också i Risebergaskolan fanns yngre elever, (40% av dessa), som tyckte att det var för varmt **ibland**, så är det den skolan som sammantaget fick de bästa omdömena om det termiska klimatet. Även våra tekniska mätningar och mätningar som Malmö stadsbyggnadskontor gjort sommartid styrker detta. Denna skola har norrvända klassrum, utanpåliggande markiser i södervända utrymmen för fritidsverksamheten samt markkylning av tilluften sommartid.

Den genomsnittliga dygnsmedeltemperaturen för de fyra nybyggda skolorna uppmättes under 4-7 vinterveckor 1995 till mellan 19 och 20,5°C. Under skoltid var temperaturen högre, varierande mellan 19 och 22 °C. Alla nybyggda skolor, utom Länna skola, har nattsänkning på värmen.

För de **ombyggda** skolorna visade enkäten att det enda besvär som förekom **ofta** i högre frekvens än 20% när det gäller den termiska komforten var "för varmt på morgonen" och "för kallt på eftermiddagen" i Gamla läroverket samt "för varmt" i Karlshovsskolan. I Gamla läroverket besvarades 34% av personal och elever **ofta** av att det var för varmt på morgonen och för kallt på eftermiddagen och ca 40% besvarades av detta

ibland. Detta förklaras av att alla klassrummen i Gamla läroverket vetter mot öster och byggnadsnämnden satte förbud mot att montera markiser på den k-märkta skolans fasader.

I Karlshov tyckte 34% av de yngre eleverna att det **ofta** var för varmt och 46% tyckte att det var det **ibland**. Detta gällde huvudsakligen de elever som hade lektioner i klassrum mot västerfasaden. Karlshovsskolan har markiser på nordostfasaden, men inte på sydvästfasaden, som vetter mot gatan.

Den bästa termiska komforten av de **ombyggda** skolorna hade, enligt enkäten, Lindöskolan. Även våra tekniska mätningar styrker detta. Denna skola har öster- och västervända klassrum, markiser mot öster, men inte mot väster. Den markislösa fasaden har mindre solinstrålning än Karlshovsskolans markislösa fasad, som är vänd mot sydväst och saknar skuggande träd.

Den genomsnittliga dygnsmedeltemperaturen för de tre ombyggda skolorna uppmättes under 4-7 vinterveckor 1995 till mellan 21,3 och 24,8°C, d v s betydligt högre än i de nybyggda skolorna. Under skoltid varierande den mellan 19 och 25 °C. Högst var rumstemperaturerna i Karlshovsskolan, vilket troligtvis sammanhänge dels med solinstrålning på västerfasaden, dels med drag på översta våningsplanen som inneburit att värmesystemet fått ge höga framledningstemperaturer för att klara termiska komforten där. Se avsnitt 7, Karlshovsskolan.

Ingen av de ombyggda skolorna har nattsänkning på värmen.

5.2.5 Luftfuktighet

Inte i någon av de sju skolorna besvärades fler än 20% **ofta** av att luften var "torr". I "Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor" (22), som redovisar ett antal FTX-skolor med bra inomhusmiljö är besvärsfrekvenserna för "torr luft" obetydligt högre, trots att luftflödena är högre. Klagomål på "torr luft" är däremot vanligt förekommande i sjuka hus. Vilka fysiska förhållanden som ger upphov till detta besvär är omdiskuterat bland forskare och ingen stor studie har gjorts på området. Kanske kan det vid höga besvärsfrekvenser vara fråga om en kombination av förorenad, "stickig" luft och luft med låg RF, som ger mer lättirriterade slemhinnor, ökad statisk elektricitet och därmed större utsatthet för damm och kemiska irriteranter.

Den relativa luftfuktigheten uppmättes i de sju skolorna under 4-7 vinterveckor 1995. Det är då intressant att konstatera att i Fredkullaskolan och Risebergaskolan, där man medvetet arbetat med lösningar som ska ge ett mindre torrt inneklimat, har man också lyckats med detta. RF dygnsmedel för mätveckorna var i Fredkullaskolan 44%, i Risebergaskolan 36%, i Garda skola 32% och i Länna skola 31%. En genomgång av de kontinuerliga mätningarna av RF under en vecka visar att luftens RF under **skoltid** ibland kunde ligga kring 50% i Fredkullaskolan, vilket är riskabelt högt. I Risebergaskolan översteg RF normalt inte 45%. Båda dessa skolor ligger rätt långt söderut. Det innebär att de har en högre genomsnittlig utetemperatur. Därmed får luften inte lika låg RF när den tas in och värms, som längre norrut i Sverige.

Detta kan dock inte förklara hela skillnaden i RF i förhållande till de andra skolorna.

Vid momentanmätningarna uppmättes den absoluta luftfuktigheten ute och inne i alla skolorna. Värdena, som redovisas nedan, visar att de högsta fukttillskotten inomhus fanns i Fredkullaskolan och Risebergaskolan.

Tabell 1: Fukttillskott inne i förhållande till ute i klassrum vid momentanmätning (gram vatten per kg luft)

	g/kg		g/kg
Garda	2,0-3,0	Gamla läroverket	3,0-3,3
Länna	1,0-2,0	Karlshov	2,0-2,5
Fredkulla	5,0-5,3	Lindö	2,7-3,1
Riseberga	3,0-4,0		

Det bör kunna ses som en fördel att det inte blir onödigt låg RF på vintern. När RF understiger 20% brukar luften betecknas som torr. Å andra sidan, om RF överstiger 45% inomhus på vintern börjar man närma sig riskgränsen då kvalster trivs och då vissa mikroorganismer kan börja utvecklas.

I Fredkulla- och Risebergaskolorna finns också en kapacitet för temperatur- och fuktutjämning genom jordrör och kulvert av betong för tilluft. Detta innebär samtidigt risker för fuktproblem, då den relativa luftfuktigheten i jordrör, kulvert och kryprum blir mycket hög vissa årstider. I Tabell 2 visas en överslagsmässig beräkning, utförd av arkitekt Anders Grape under kursen "Byggnadsfysik, innemiljö och miljöpåverkan" vid CTH, VT97 (12) de förväntade värdena för RF i kulverten under olika månader. Beräkningen har baserats på det uppmätta genomsnittliga specifika luftflödet 0,58 oms/h, vilket ger en medellufthastighet i kulverten på 1,0 m/s. Ett fukttillskott från jordrören har antagits med skillnaden mellan mättningsånghalten och ånghalten i uteluften (tabellvärden från Fukthandboken). Ånghalten i betongrören har antagits vara mättad. Temperaturen i kulverten har antagits variera mellan 12 och 16°C med lägst temperatur i december - mars och högst i maj - septemeber.

Tabell 2: Beräknad RF i Risebergaskolans kulvert vid olika årstider.

	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni
RF(%)	60	55	55	55	55	63
	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
RF(%)	72	82	82	72	70	70

Det framgår att RF i kulverten beräknas vara högst under augusti, september, då den överskrider 80%, d v s den är så pass hög att risk föreligger för mikrobiell påväxt.

5.2.6 Luftkvalitet

Inte i någon av de **nybyggda** skolorna var det mer än 20% som **ofta** besvärades av faktorer som tyder på dålig luftkvalitet. Endast mellan 1% och 7% av samtliga svarande i respektive skola besvärades ofta av att luften var "instängd". I Länna skola var det dock nästan 70% av eleverna som besväras av "instängd luft" **ibland**. Där fanns det också stadigvarande så många som 40 elever i ett av de två klassrummen som var avsett för max 30 elever.

I de mer detaljerade frågorna om innemiljön framkommer också att det, i de två skolor som har luftintag via jordrör, Fredkullaskolan och Risebergaskolan, fanns en andel (ca 20%) bland de svarande som **ibland** besvärades av att det "luktar illa". Vad dessa omdömen står för vet vi inte, men det förefaller troligt att de kan ha med tilluftens passage genom jordförlagda betongrör och kryprum respektive kulvert att göra. I Fredkullaskolan har föreståndaren påtalat att det ibland, vid vissa väderbetingelser, förekommer en "källarlukt". Vid mätbesöket i Fredkullaskolan kände vi ingen sådan lukt, men upplevde luften som "växthusliknande". Vid våra besök i Risebergaskolan har vi själva känt en speciell lukt som kan karaktäriseras som rå betong, jord och lösningsmedel, lukter som skulle kunna härledas till klimatet i betongkulvert och jordrör, till nya material, och möjligen till det städmedel som användes i början för rengöring av klinkergolven.

I Länna skola, som har uteluftsintag direkt i fasad, var det 15% bland eleverna, som tyckte att det "luktar illa" **ibland**. I detta fall kan lukten stå för avgaser, då 20% av personalen anser att det **ibland** "luktar avgaser". Byggnaden ligger nära en skolparkering.

Mikrobiell provtagning gjordes vid momentanmätningarna i Fredkullaskolans kryppgrund och tilluftsdon, samt i Risebergaskolans jordrör och tilluftskanalens mynning i kulverten. Även i klassrumsluften togs prov. Analysen visar på en måttlig förhöjning av mikroorganismer i förhållande till ute i provtagningspunkterna i Fredkullaskolans tilluftsdon, Risebergaskolans jordrörsmynning samt i tilluftskanalens mynning i kulverten. Inga förhöjda sporhalter konstaterades dock i klassrumsluften. Detta utesluter emellertid inte att lukter från mikroorganismer i kanaler kan spridas med tilluften till rumsluften. De mikrobiella mätresultaten presenteras utförligt i avsnitt 7 under respektive skola.

När det gäller de **ombyggda** skolorna var det framför allt i Gamla läroverket som det förekom att mer än 20% av de svarande på enkäten **ofta** besvärades av olika faktorer som är tecken på dålig luftkvalitet. Där besvärades 40% **ofta** och lika många **ibland** av "instängd luft". 25% besvärades **ofta** och 36% **ibland** av tobaksrök. I 6 av 9 klassrum besvärades 25-60% av eleverna **ofta** av tobaksrök. Orsaken till detta var att rök spreds från ett rökrum i souterrängplanet, beläget vägg i vägg luftintagskammaren. Se mer om detta i avsnitt 7.

I 4 av 9 klassrum besvärades också 5-28% av eleverna **ofta** av avgasluft. Det var i de klassrum som låg närmast de nära marken förlagda luftintagen, som sög in bilavgaser från lärarparkeringen. Se mer om detta

i avsnitt 7.

I Karlshovsskolan besvärades 20% av att luften **ofta** var "instängd" och 50% tyckte att den var det **ibland**. I Karlshov var det också förhållandevis många, 32% av de yngre eleverna, som **ofta** besvärades av statisk elektricitet och 38% gjorde det **ibland**.

o Luftomsättning

Luftomsättningen har uppmätts med spårgas i samtliga skolor. Den s k homogenspridningsmetoden, som använts, beskrivs i **Bilaga 3**. Mätresultatet utgör ett medelvärde av tillförseln av uteluft, dygnet runt, under mätperioden, som varat mellan 4 - 7 veckor i skolorna. Det **rumsspecifika luftflödet** (sort: rumsvolymer per timme) definieras som det inverterade värdet av **luftens lokala medelålder**, vilket är den storhet som mäts med passiv spårgasteknik. Den lokala medelåldern anger hur gammal luften i en punkt i genomsnitt är. Det totala **specifika ventilationsflödet** motsvarar i stort sett begreppet "**luftomsättning**".

I Tabell 3 finns en sammanställning över mätresultaten, där den genomsnittliga, uppmätta luftomsättningen, eller specifika luftflödet, framgår under rubriken "Luftomsättning, dygnsmedel". Nästa kolumn visar en beräkning som gjorts av vilket specifikt luftflöde som kan förväntas gälla under den tid på dygnet som elever och personal befinner sig i skolbyggnaden. Detta specifika luftflöde under skoltid har beräknats på följande sätt:

Med utgångspunkt från det totala antalet timmar (T) som långtidsmätningen med spårgas omfattat på respektive skola (4-7 veckor) och den faktiska tid som verksamhet pågick under dygnet i respektive skola har mättiden delats upp i:

T_v = Antalet timmar med pågående verksamhet (skoltid)

$T_{n,h}$ = Antalet timmar som verksamhet inte pågått, d v s nätter och helger som inträffat under mätperioden.

Q = Det uppmätta genomsnittliga specifika luftflödet under mätperioden.

Frågan är nu hur detta flöde fördelar sig över dygnets timmar.

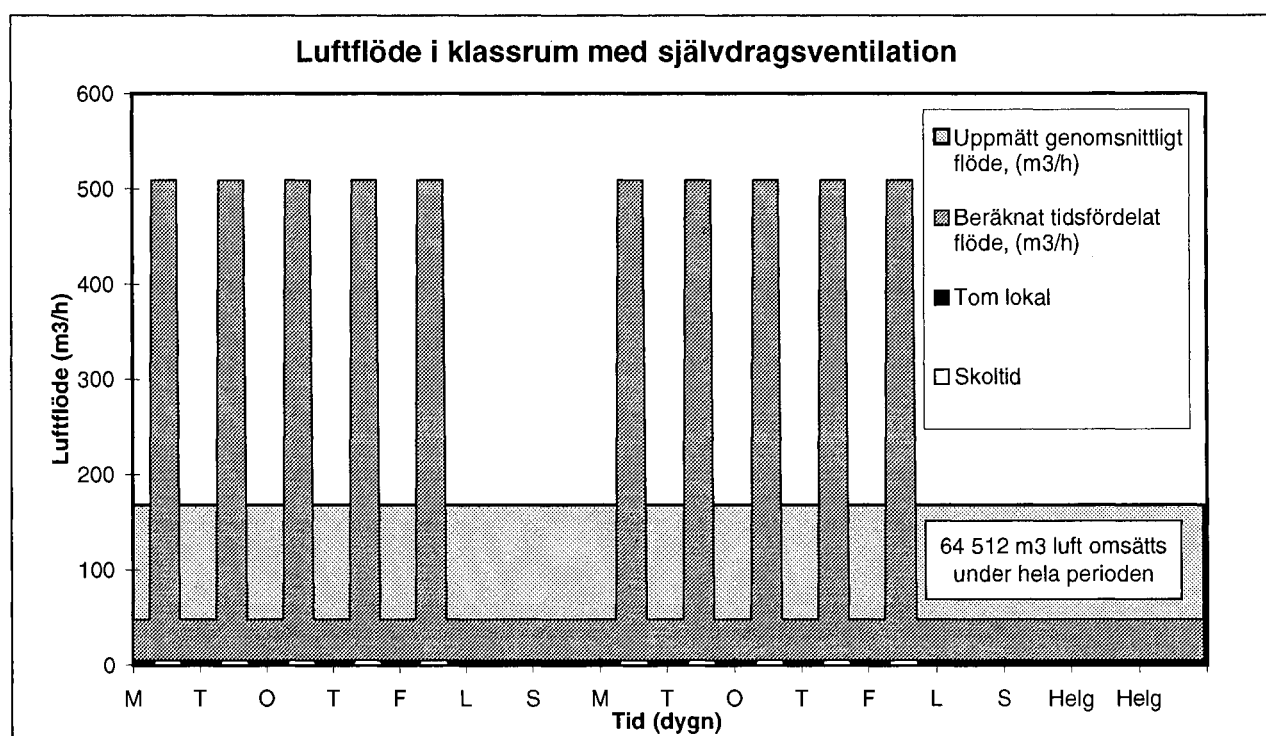
På de kvällar ingen är i skolorna och på nätter och helger är flödet lägre än på dagtid. I själva verket är luftomsättningen i de självdragsventilerade skolornas klassrum mer behovsstyrt än så. Om ett klassrum inte används för att t ex en klass är borta en förmiddag eller ett par timmar, så är lanterninfönster eller frånluftsspjäll stängda och luftomsättningen blir mycket låg. Det senare har inte beaktats i beräkningen.

Med utgångspunkt från aktuell drifttid för de fläktar som förekommer har luftväxlingen under nätter och helger, $Q_{n,h}$, beräknats. I de fall inga fläktar förekommer har luftomsättningen under nätter och helger, $T_{n,h}$, satts till $Q_{n,h} = 0,2$ oms/h.

Det specifika flödet under skoltid, Q_v , har sedan beräknats med följande formel:

$$Q_v = \frac{(T_x Q) - (T_{n,h} \times Q_{n,h})}{T_v} \quad (\text{oms/h})$$

I Figur 6 illustreras beräkningsprincipen, dvs hur den uppmätta totala luftvolym som tagits in under - i exemplet - 16 dagar (i verkligheten 4-7 veckor) fördelats efter faktisk verksamhetstid respektive icke verksamhetstid.



Figur 6: Illustration av beräkningsprincipen för luftflödet under skoltid.

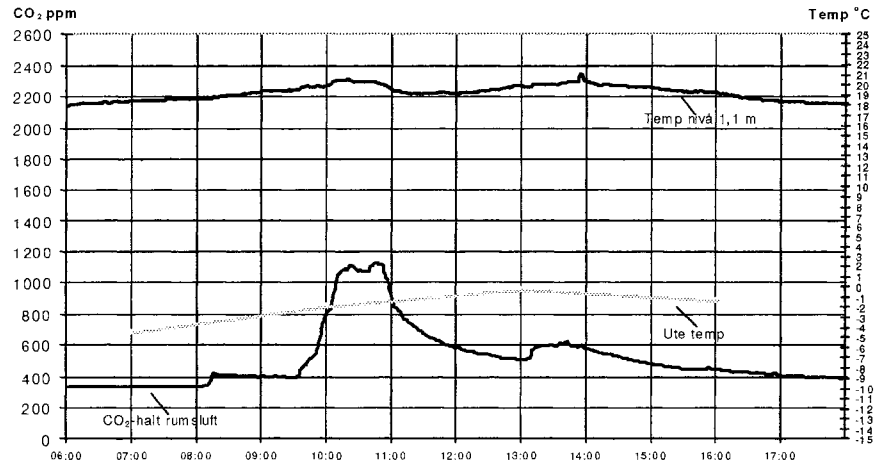
I ytterligare en kolumn till höger i Tabell 3 har en omräkning gjorts som visar vilken luftomsättning den nyss till dagtid beräknade skulle motsvarat i skola med 3 meters rumshöjd. Det motsvarar den mest vanligt förekommande rumshöjden i nya skolor. I tabellen anges också, i de två kolumnerna längst till höger, de medelvärden som samtidigt uppmättes för rumstemperatur och relativ luftfuktighet.

Som framgår av tabellen, varierar den luftomsättning som skulle kunna jämföras med en FTX-skola med 3 meters takhöjd, mellan 1,8 oms/tim och 3,2 oms/h i de studerade skolorna. En motsvarande FTX-skola med 25 elever och normenliga luftflöden skulle ha en luftomsättning på ca 3 oms/tim. Alla skolor utom Gamla läroverket har således, enligt våra beräkningar, en något lägre luftomsättning, än om skolan skulle haft en traditionell FTX-ventilation. Gamla läroverket, som är en högstadieskola, har dock normalt ca 30 elever i klasserna, till skillnad från de övriga skolorna som har max 25. Det betyder att även Gamla läroverket har ett lägre flöde än om en FTX-lösning skulle valts.

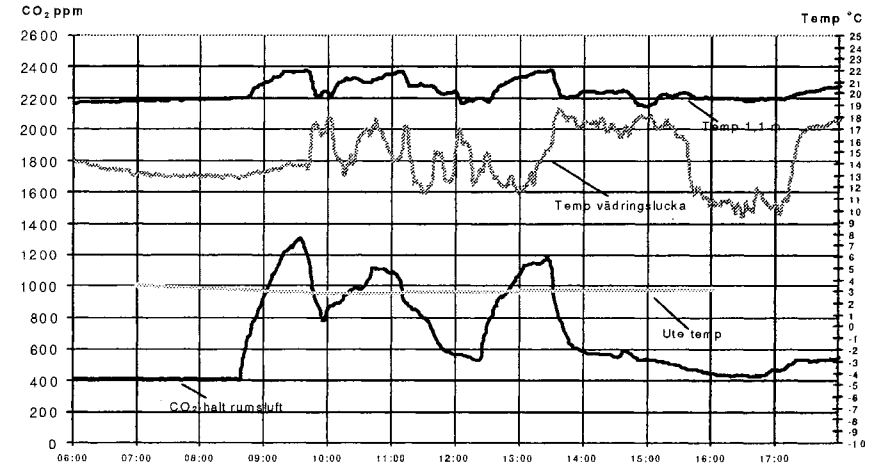
Tabell 3: Uppmätt luftomsättning, rumstemperatur och relativ luftfuktighet i "Sexveckorsmätningen"

SKOLA	MÄTPERIOD 1995	LUFTOMSÄTTNING, OMS/TIMME			RUMSTEMPE- RATUR Dygnsmedel °C	RELATIV LUFTFUK- TIGHET %	KOMMENTARER
		Dygnsmedel	Skoltid Verklig takhöjd	Skoltid omräkn. 3 m i tak			
GARDA	7 februari- 3 mars	0,66	1,68	2,0	19,7 ¹⁾	32	
LÄNNA	21 februari- 21 mars	0,50	1,58	1,8	20,4	31	
FRED- KULLA	9 mars- 21 april	0,48	1,4	1,9	19,4 ¹⁾	44	1) NATTSÄNKNING AV TEMPERATUREN
RISE- BERGA	21 november- 19 december	0,58	1,7	2,3	19,8 ¹⁾	36	
GAMLA LÄRO- VERKET	27 februari- 31 mars	1,40	2,43	3,2	21,4	22	
KARLS- HOV	15 mars- 11 maj	1,75	2,2	2,6	22,8	24	
LINDÖ	15 mars- 11 maj	1,23	2,1	2,2	21,3	26	

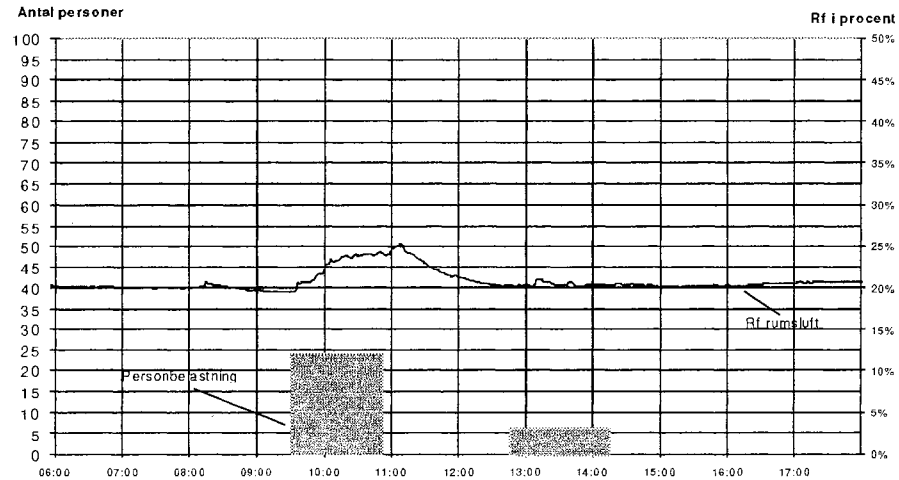
Gardaskola temperatur och CO₂ rum 163 9 feb 1995



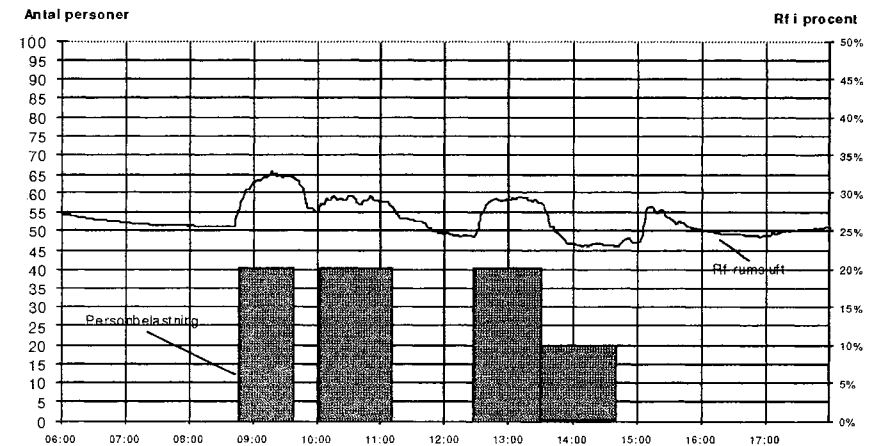
Länna Skola temperatur och CO₂ rum 108 23 feb 1995



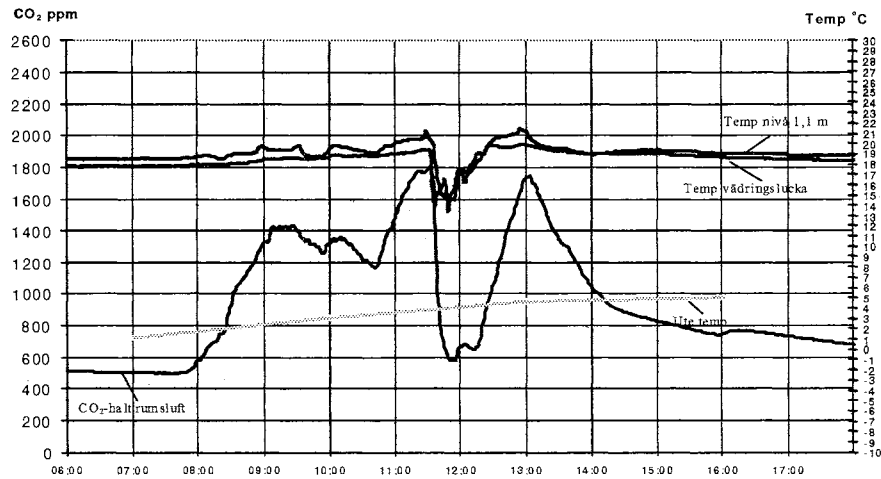
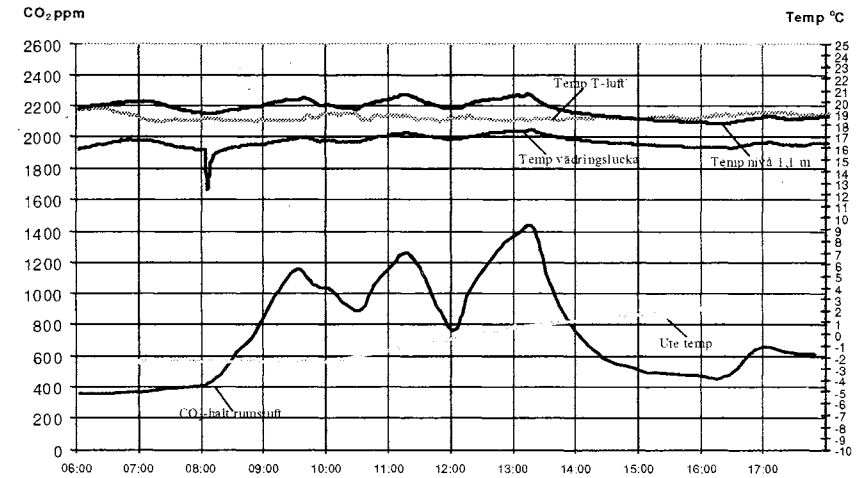
Gardaskolan Relativ luftfuktighet och personbelastning rum 163 9 feb 1995



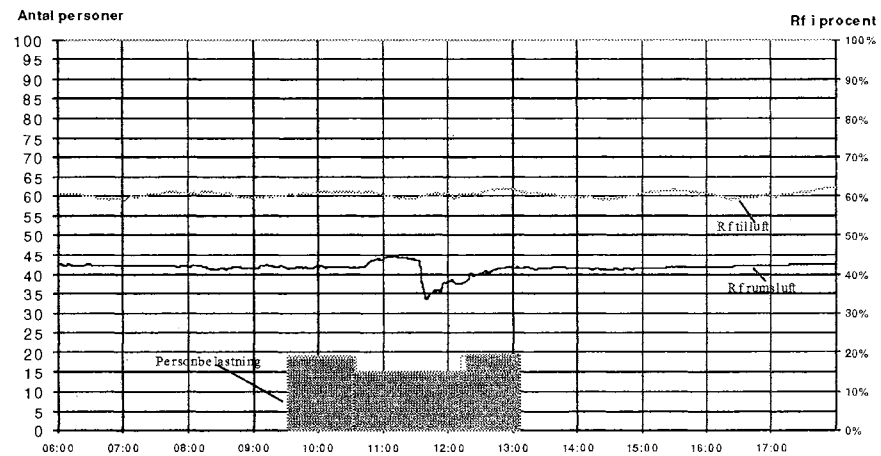
Länna Skola Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 108 23 feb 1995



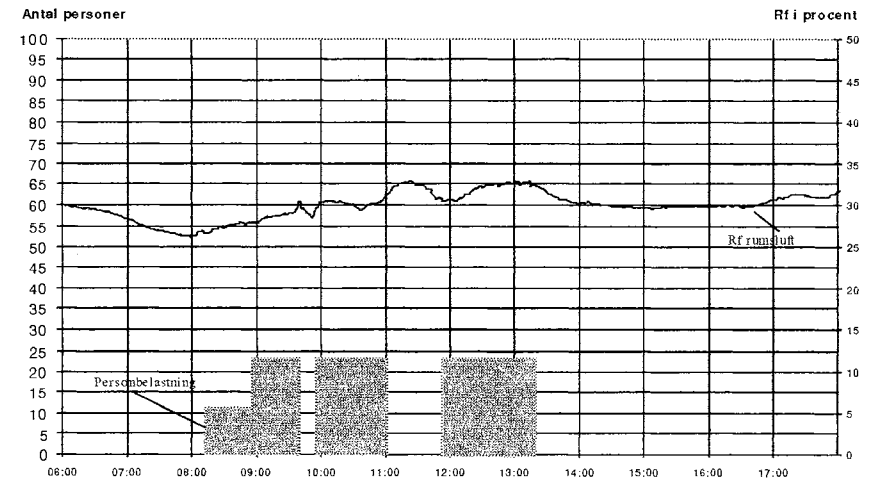
Figur 7: Kontinuerlig mätning av koldioxidhalter, rumstemperatur, utetemperatur (övre diagrammen för respektive skola) samt personbelastning och relativ luftfuktighet (undre diagrammet) under en typisk vinterskoldag.

Fredkullaskolan temperatur och CO₂ rum 3 10 mars 1995Risebergaskolan temperatur och CO₂ rum 4 30 nov 1995

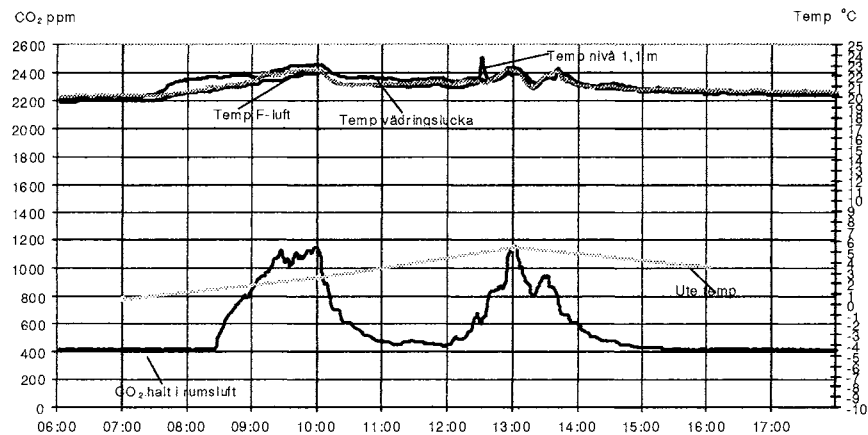
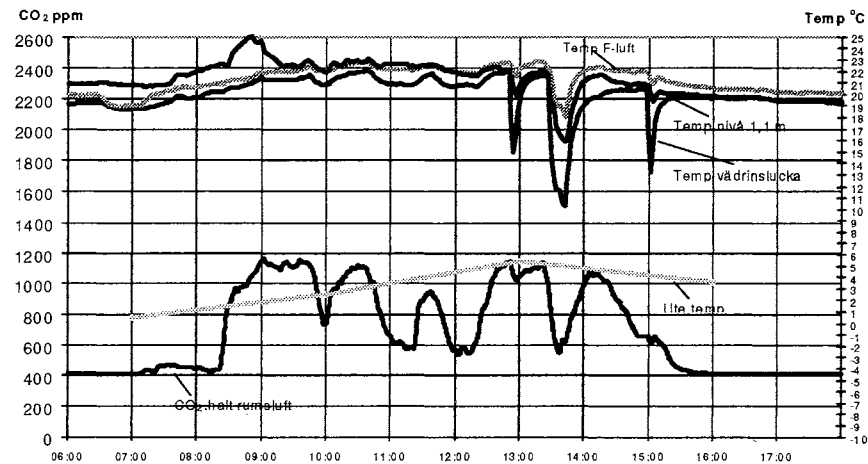
Fredkullaskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 3 10 mars 1995



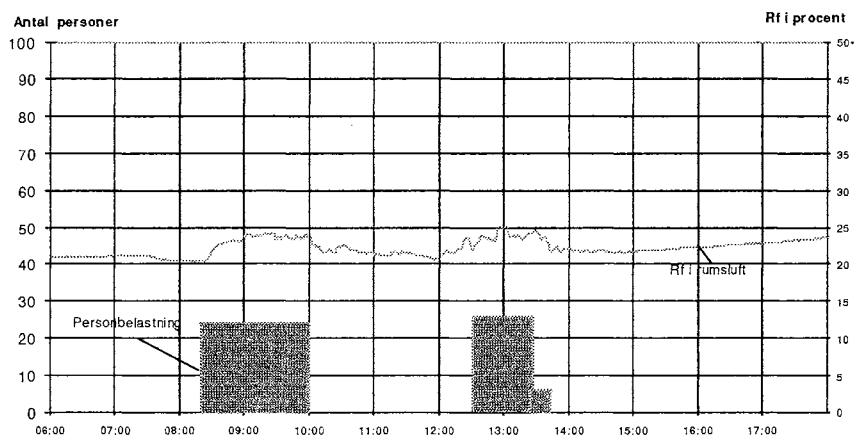
Risebergaskolan Personbelastning och relativ luftfuktighet rum 4 30 nov 1995



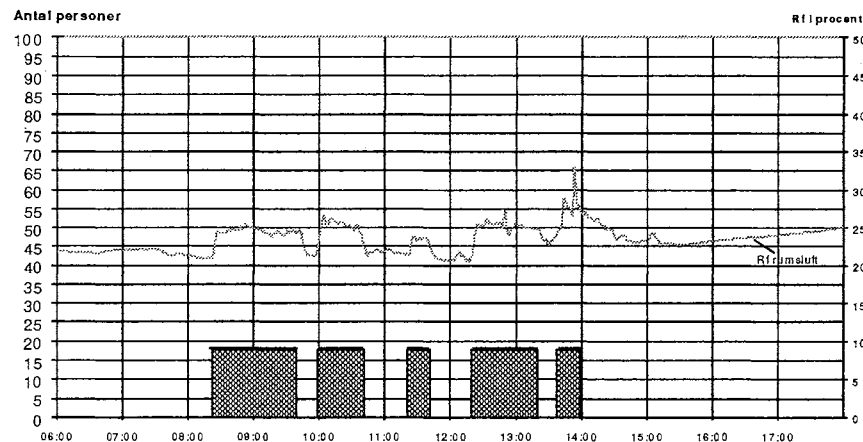
Figur 8: Kontinuerlig mätning av koldioxidhalter, rumstemperatur, utetemperatur (övre diagrammen för respektive skola) samt personbelastning och relativ luftfuktighet (undre diagrammet) under en typisk vinterskoldag.

Karlvhovsskolan temperatur och CO₂ Rum 220 17 mars 1995Lindöskolan temperatur och CO₂ rum 7 17 mars 1995

Karlvhovsskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 220 17 mars 1995

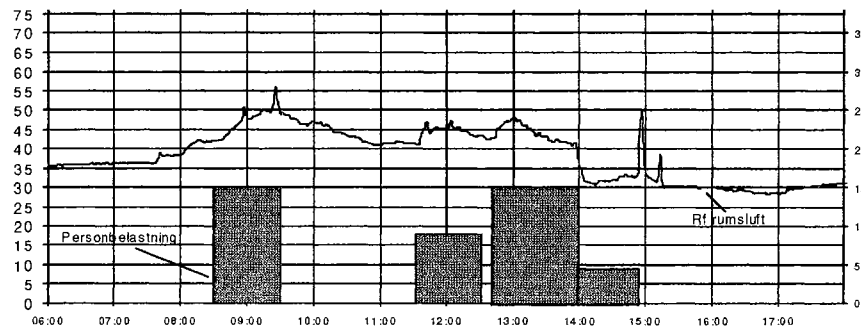
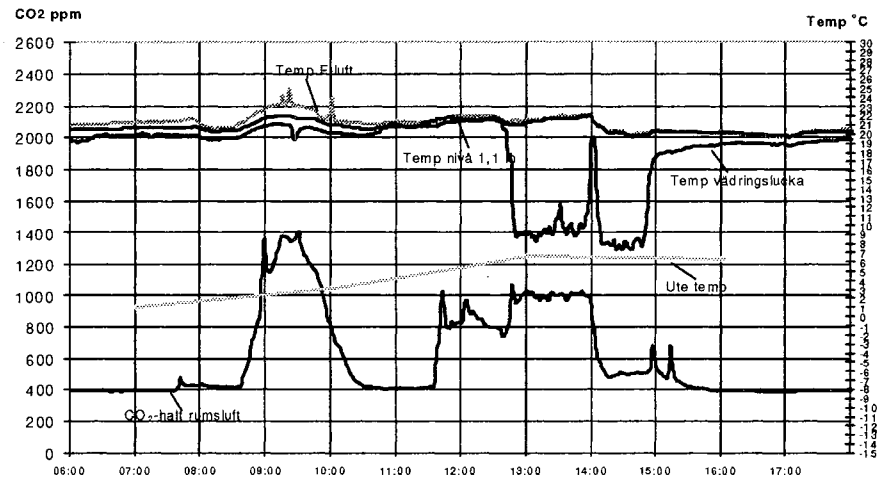


Lindöskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 7 17 mars 1995



Figur 9: Kontinuerlig mätning av koldioxidhalter, rumstemperatur, utetemperatur (övre diagrammen för respektive skola) samt personbelastning och relativ luftfuktighet (undre diagrammet) under en typisk vinterskoldag.

Gamla Läroverket temperatur och CO₂ rum 35 28 feb 1995



Figur 10: Kontinuerlig mätning av koldioxidhalter, rumstemperatur, utetemperatur (övre diagrammen för respektive skola) samt personbelastning och relativ luftfuktighet (undre diagrammet) under en typisk vinterskoldag.

o Koldioxid

I figur 7-8 (de nybyggda skolorna) och 9-10 (de ombyggda skolorna) återges diagram som visar uppmätta koldioxidhalter i klassrum under en typisk skoldag i de sju skolorna. Av det översta diagrammet för respektive skola framgår, förutom hur koldioxidhalten varierar över dagen, även hur rumstemperaturen och utetemperaturen varierar. Av motsvarande undre diagram framgår hur personbelastningen och den relativa luftfuktigheten i klassrummet varierade under samma tid som koldioxidmätningarna utfördes.

Det framgår att koldioxidhalten stiger från utomhusvärdet, som i regel ligger kring 400 ppm, vid skoldagens början, till 1000 - 1400 ppm i slutet av lektionerna. I Fredkullaskolan låg koldioxidhalten vissa tider till och med högre, ca 1.800 ppm. Den mätserie som genomfördes pågick under en hel vecka. De i figur 6 och 7 presenterade värdena kan betraktas som typiska för mätserien.

Att luftomsättningen totalt sett är något lägre än om skolorna hade projekterats med FTX-ventilation i samtliga skolor, bekräftas således både av spårgasmätningarna och koldioxidmätningarna.

o Radon

När det gäller villkoren för bedömning av bra innemiljö ingick också att mäta radongashalt och magnetfält.

Av Tabell 4 och 5 framgår uppmätta radongashalter för de nybyggda respektive ombyggda skolorna. Vi kan konstatera att ingen av skolorna har radongashalter som överstiger kravet i BBR94, högst 200 Bq/m³. Den naturliga bakgrundshalten av radongas i uteluften är dock normalt så låg som 4-5 Bq/m³.

Högsta radongashalten, 150 Bq/m³, uppmättes i Karlshovsskolans souterrängvåning. Överlag var radongashalterna i de ombyggda skolornas souterrängvåningar högre än i övrigt. Orsaken till detta skulle kunna vara antingen att det förekommer blå lättbetong i källarväggarna (vilket vi inte vet) eller att markradon sugts in genom sprickor i grundmurarna. Eftersom ett visst undertryck råder på grund av F-ventilationen kan detta vara möjligt.

Vi kan också konstatera att radongashalterna i Fredkullaskolans kryprum och Risebergaskolans kulvert var högre än i klassrummen. I dessa skolor kan det knappast finnas något byggmaterial som ger radon. Här är den troliga förklaringen att en del markradon sugts in via de jordförlagda betongrören för tilluft. I Risebergaskolan kan vi se att radongashalten är högst, 70 Bq/m³, i östra delen av kulverten, där uteluften tas in i byggnaden, näst högst, 60 Bq/m³, i västra delen av kulverten och lägst, 40 Bq/m³ i klassrum. Samma mönster finns i Fredkullaskolan med högsta radongashalt i kryprummet och lägre, men ändå mätbart, i klassrummet.

**Tabell 4: DE NYBYGGDA SKOLORNA, Radongashalt (Bq/m³)
(Osäkerhet: Plus/minus 10 Bq/m³)**

	Garda Klass- rum	Länna Klass- rum		Fredkulla Kryp- Klass- rum rum		Riseberga Kul- Klass- vert rum		
		104	108		3-4		3	4
Medel	Finns ej på Gotland	30	40	60	50	öst: 70 väst:60	40	30

**Tabell 5: DE OMBYGGDA SKOLORNA, Radongashalt (Bq/m³)
(Osäkerhet: Plus/minus 10 Bq/m³)**

	Gamla lärov. Klass- Souter.- rum våning		Karlshov Klass- Souter.- rum våning		Lindö Souter.- Souter- våning våning	
	17	vaktm.	Kök		Syslöjd	Gymnastik
Medel	<30	80	<30	150	40	80

Tabell 6: DE NYBYGGDA SKOLORNA, Magnetfält i frekvensområdet 5-2000 Hz. Enhet: μT (mikrotesla)

	Fredkulla Klass- rum 1	Riseberga Klass- rum 3-4	Garda Klass- rum 163	Länna Klass- rum 108
Medel	0,05	0,02	0,05	0,419
Max	0,5 (Lampa i tak)	0,07	0,22 (Vid elradiator)	1,94 (Under armatur)
Min	0,01	0,004	0,01	0,105

Tabell 7: DE OMBYGGDA SKOLORNA, Magnetfält i frekvensområdet 5-2000 Hz. Enhet: μT (mikrotesla)

	Gamla läroverket Klass- rum 117 317		Karlshov Klass- rum 220	Lindö Klass- rum 6	Klass- rum 7
Medel	0,09	0,08	0,15	0,16	0,17
Max	0,1	0,2	0,20 (Vid innervägg)	0,35 (Vid radiator och under armatur)	1,1
Min	0,08	0,04	0,11	0,02	0,035

o Magnetfält

Av Tabell 6 och 7 framgår uppmätta magnetiska fältstyrkor i klassrum för De nybyggda respektive ombyggda skolorna. Mätningarna gjordes i nio standardpunkter per rum i ansiktshöjd i vistelsezonen samt kompletterades med en del sökande mätningar kring utrustning som kan ge högre fältstyrkor.

Medelvärdet för den magnetiska flödestätheten var 0,13 μT (mikrotesla) för de sju skolorna. Bakgrundsnivån brukar variera mellan olika platser, men 0,1 μT brukar anges som ett vanligt bakgrundsvärde. Dåvarande Statens Elsäkerhetsverk gav på 1980-talet ut en rekommendation att undvika högre magnetfält än 0,2-0,3 μT i miljöer där barn vistas. Detta värde överskreds som medelvärde i Länna skola, där fältstyrkan var 0,41 μT . Rakt under en belysningsarmatur, uppmättes till och med ett så högt värde som 1,94 μT i Länna skola. Även vid golv intill en diskbänk inne i klassrummet fanns förhöjda värden, som högst 0,5 μT . I Fredkullaskolan var också fältstyrkan förhöjd under en belysningsarmatur, där den låg på 0,5 μT . Dessa förhöjningar uppmättes inom barnens vistelsezon.

Lägst fältstyrka uppmättes i Risebergaskolan, där medelvärdet var 0,02 μT med ett max på 0,07 och ett min på 0,004 μT . Detta var också det enda projektet där krav hade ställts på låga magnetfält och särskilda åtgärder hade vidtagits för att åstadkomma detta.

5.2.7 Ljudförhållanden

De ljud som har ett starkt samband med ventilationen är ljudnivån i tomma rum, dBA och dBC (lågfrekvent, hörbart ljud) samt efterklangstider. De senare kan vara särskilt kritiska i rum med höga takhöjder som de studerade byggnaderna.

Först granskas enkätresultaten, vad gäller upplevt ljud från ventilationen. I Länna skola är det endast 5 personer, personalen, som har besvarat denna fråga, då den inte ställs till de yngsta eleverna (åk-4). I de andra skolorna är underlaget bättre.

I de **nybyggda** skolorna var det 0-2% som **ofta** besvärades av ljud från ventilationen och 0-12% som gjorde det ibland. De få som besvärades var de som arbetade i utrymmen med fläktventilation, t ex i Fredkullaskolans kök, som har FTX-ventilation.

I de **ombyggda** skolorna, som alla har frånluftsfläktar, var besvären av ljud från ventilationen högre. Ett undantag var dock Gamla läroverket, där endast 2% av elever och personal **ofta** besvärades av ljud från ventilationen och 11% **ibland**. I detta avseende var Gamla läroverket den bästa av de ombyggda skolorna. Man hade också varit noga med att ställa krav på låga ljudnivåer och gjort studiebesök till Karlshovs- och Lindöskolorna för att undvika de ljudproblem som hade uppstått där. Enligt VVS-projektören orsakas ljudet av strypspjäll som placerats bakom

de bibehållna F-donen. Om stypspjällen istället hade placerats på vinden, hade ljudnivåerna blivit lägre.

I Lindöskolan besvarades 23% av personal och elever **ofta** av ljud från ventilationen och 34% gjorde det **ibland**. Motsvarande siffror för Karlshov var 20% respektive 24%.

Ljudnivåer i dBA och dBC uppmättes i tomma rum i samtliga skolor. Mätmetoder redovisas i Bilaga 2. Resultaten redovisas i Tabell 8 för de nybyggda och i Tabell 9 för de ombyggda skolorna.

Det gränsvärde som gäller för klassrum i BBR94 är <30 dBA. I BBR94 finns inget gränsvärde för dBC-ljud, men <50 dBC kan anses vara en rimlig nivå.

Vi kan konstatera att dessa värden uppnås i alla **nybyggnader** utom Länna. I Länna skola fick mätningen dock utföras under skoltid och resultaten påverkades av att det var elever på skolgården. Enkätresultatet, som omfattar 5 personal, visade att ingen besvarades av ljud från ventilationen, varken **ofta**, eller **ibland**.

Av de **ombyggda** skolorna klarade inte Karlshovsskolan och Lindöskolan dessa ljudvärden.

Mycket låga ljudnivåer uppmättes, både i dBA och dBC i Risebergaskolan (när en trasig armatur som surrade stängdes av), i Fredkullaskolan och Garda skola. Här upplevde vi själva, vid våra mätbesök, en befriande tystnad.

Efterklangstider uppmättes i tomma rum i samtliga skolor utom Karlshovsskolan, där mätningen misslyckades. Resultaten redovisas i Tabell 10 för de nybyggda och i Tabell 11 för de ombyggda skolorna.

I BBR94 finns inga riktvärden för efterklangstider, men i SBN80 och annan litteratur om innemiljö i skolor (3), har ett värde kring 0,6 sekunder ansetts vara bra efterklangstid i skolor.

De flesta skolor låg inom ramen 0,5-0,7 sekunder, vilket kan bedömas som acceptabelt. Länna skola hade en något längre efterklangstid, 0,9 sekunder. Akustiktaket bestod här av slitsad gips med filtbaksida, vilket tydligen inte gav tillräcklig dämpning. De höga takhöjderna har tydligen gått att förena med en hygglig efterklangstid. Förutom bra akustiktaksmaterial kan åtgärder som att sätta anslagstavlor och whiteboards på lister en bit från väggen, spela en roll.

Tabell 8: DE NYBYGGDA SKOLORNA, Ljudnivåer, dBA och dBC

	Garda Klass- rum 163	Länna Klass- rum 108	Fredkulla Klass- rum 3	Riseberga Klass- rum 4 Belysn på	Klass- rum 4 Belysn av
dBA					
Medel	23,3	33,7 ¹⁾	20,2	28,5	19,0
Max	27,4	35,2 ¹⁾	22,2	34,3	19,3
Min	21,1	32,9 ¹⁾	19,1	21,4	18,7
dBC					
Medel	41,3	56,7 ¹⁾	43,8	40,3	39,5
Max	43,7	61,7 ¹⁾	50,2	43,9	38,9
Min	39,5	53,8 ¹⁾	36,5	37,1	40,0

1) Mätningen påverkades av röster från elever på skolgården. dBC - mätningarna utfödes i grupprum 108.

Tabell 9: DE OMBYGGDA SKOLORNA, Ljudnivåer, dBA och dBC

	Gamla läroverket Klass- rum 317	Karlshov Klass- rum 220	Lindö Klass- rum 6
dBA			
Medel	24,4	33,6	38,0
Max	27,3	38,4 ¹⁾	39,8 ¹⁾
Min	21,2	30,7	36,2
dBC			
Medel	41,2	51,8	55,0
Max	43,9	55,8 ¹⁾	57,9 ¹⁾
Min	39,1	48,7	53,1

1) I vistelsezonen, närmast F-don.

Det visar sig således att dessa skolors utformning som har med ventilationslösningarna att göra, i sig inte skapat några oöverkomliga ljudproblem. I de nybyggda skolorna har de tvärtom gett unika möjligheter att skapa en tyst skolmiljö. I ombyggnadsfallen var ljudnivåerna låga i Gamla läroverket. I Karlshovs- och Lindöskolorna var de högre än planerat, vilket hade kunnat avhjälpas med en annan placering av stryppjällen. Mer om detta i avsnitt 7, Lindöskolan.

Det fanns emellertid andra ljudproblem, som var anmärkningsvärt vanliga i skolorna. Det gällde främst ljud från korridor eller angränsande rum, som fler än 20% av elever och personal besvärades av **ofta** i alla skolor utom Garda skola. Ingen av dessa skolor har överluftsdon från klassrum till korridor. Däremot är ljudklassen på dörrarna ofta dålig. Lokalanvändningen i skolor har ändrats betydligt på senare år, genom att fritidverksamhet ofta pågår utanför klassrummen och eleverna inte längre har rast - och går ut och in - samtidigt. I ombyggnaderna, som hade kvar sina tvåglasfönster, fanns också mer besvär av "ljud från skolgården".

Tabell 10: DE NYBYGGDA SKOLORNA, Efterklangstider, sekunder

	Garda		Länna	Fredkulla		Riseberga
	Klass- rum	Klass- rum	Klass- rum	Klass- rum	Klass- rum	Klass- rum
	163	172	108	1	3	4
Medel	0,5	0,5	0,9	0,4	0,5	0,7
Aku- stik- tak, typ	Trällsplattor		Slitsad gips med filtbaksida	Trällsplattor		Cellulosa- fiber bakom fiberduk och glespanel

Tabell 11: DE OMBYGGDA SKOLORNA, Efterklangstider, sekunder

	Gamla läroverket	Karlshov	Lindö
	Klass- rum	Klass- rum	Klass- rum
	317	220	7
Medel	0,7	-	0,5
Aku- stik- tak, typ	Trällsplattor	Perforerad gips med polyester- filt ovanför	Kassetter av hårdpressad mineralull, ej heltäckande.

5.2.8 Funktionskrav - krav på tekniska lösningar samt måluppfyllelse

Viss byggteknik och vissa systemlösningar ökar risken för att byggnader får en dålig luftkvalitet. Mer avgörande för att slutresultatet ska bli en byggnad med bra inommiljö är emellertid beställarkravens utformning och bevakning i byggprocessens alla skeden. Projektet "Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor" (22) visade att skolbyggnader med FTX-ventilation kan utföras på ett sådant sätt att de får mycket bra omdöme av brukarna när det gäller inommiljön. Det som utmärkte de goda exemplen på FTX-skolor var sättet att ställa krav på inneklimatet och omsorgen i projektering och genomförande av helheten och alla detaljer så att den valda systemlösningen verkligen fick avsedda förtjänster.

Vi har nu också kunnat konstatera att de flesta av självdragsskolorna fått ett mycket bra omdöme om inommiljön. I de flesta fall har man även här i tidiga skeden fört diskussioner om önskvärda egenskaper hos byggnaderna och formulerat funktionskrav för luft, värme, ljud och i vissa fall även dagsljus och belysning. Eftersom man provat nya vägar har myndighetsbevakningen varit extra hård och beställarna i de flesta fall varit mycket medvetna om vikten av att precisera krav på inommiljön och ange förväntade avvikelser från gällande normer.

Det finns dock, i flera av de studerade projekten, en blandning i kravformuleringen av **funktionskrav**, som uttrycker egenskaper man vill att inommiljön i den färdiga byggnaden ska ha, och **krav på utformning av byggnaden och tekniska lösningar**. En av orsakerna till detta torde vara svårigheten att uttrycka de egenskaper man önskar att inommiljön ska ha i form av funktionskrav.

Ett problem med funktionskrav, framför allt när det gäller luftkvalitet, är att det är svårt att ställa dem på ett sätt som närmar sig människors upplevelse och har med deras hälsa att göra. Istället ställs sådana krav ofta på ett sätt som styr mot en viss systemlösning. Exempelvis, om man som enda krav på luftkvalitet specificerar att koldioxidhalten inte ska överstiga 1000 ppm eller att luftflödet ska vara minst 8 l/s,p så har man styrt den tekniska lösningen mot ett FT-system. Samtidigt är detta ingen garanti för en bra luftkvalitet. Finns fuktproblem, som ger upphov till mögel eller kemisk reaktion mellan material och avgasning av irriterande ämnen, kan likväl huset vara sjukt.

Om fuktkontrollen och kontrollen över materialemissioner däremot är god, men CO₂-halten ligger kring 1.400 ppm i slutet av en lektion, kan luften upplevas som instängd, men det behöver inte leda till någon onormal frekvens av SBS-symptom. En alltför låg luftväxling, som t ex ger en CO₂-halt på 1.500 ppm under hela lektioner, kan dock orsaka SBS-symptom som trötthet, tung i huvudet och koncentrationssvårigheter. Å andra sidan kan en onödigt hög luftväxling troligtvis bidra till att luften upplevs som "torr". Det ideala luftflödet för att ge en bra luftkvalitet är

således inte lika över tiden eller för alla byggnader. Det beror av uteförhållanden, pågående verksamhet, husens utformning och materialval m m.

Det behövs en utveckling av mer teknikneutrala funktionskrav som också överensstämmer bättre med brukarnas upplevelser av inneklimatet. Dessa kan sedan, i sin tur, ligga till grund för att ställa krav på tekniska lösningars och byggmaterials prestanda.

Hur kraven för respektive skola formulerats, och i vilken mån man uppnått dem, framgår i redovisningen av respektive skola i avsnitt 7. Förutom vad som ovan sagts om krav på tekniska lösningar präglas formuleringen i flera fall av att man pliktskyldigt ställt krav på ett visst lägsta luftflöde eller högsta CO₂halt, som i regel inte kunnat hållas helt.

Men det finns också exempel på att krav ställts som är intressanta, därför att de både uttrycker innemiljökvantiteter för brukarna och är "teknikneutrala" (d v s förutsätter inte en speciell ventilationsprincip). Det gäller krav som:

- o möjligheter för brukarna att kunna påverka ventilation och värme i den färdiga byggnaden efter personbelastning, verksamhet och väderförhållanden,
- o att ha god möjlighet till övervakning av inneklimatet,
- o att RF i byggnaden inte ska överstiga en viss nivå, men samtidigt i system- och materialval ta hänsyn till att den inte ska vara onödigt låg på vintern,
- o att inte bara i systemvalet, utan också i byggnadsutformning och materialval ta hänsyn till rumstemperaturpåverkande faktorer,
- o att luften ska vara fri från störande lukter,
- o att elektromagnetiska fält ska ligga på bakgrundsnivå.

5.3 Hur uppfyller skolorna statliga normkrav för luftkvalitet och ventilation?

I byggnormen BABS60 medgavs självdragsventilation generellt för bostäder, skolor, kontor, sjukhus m fl byggnader. Från och med SBN75 blev det emellertid krav på FTX i nya skolbyggnader. I Nybyggnadsreglerna, som gällde 1989-1993, föreskrevs ett luftflöde i klassrum på 5 l/s.p.

Under de senaste åren har myndighetskraven på luftflöden i klassrum skärpts. Arbetskyddsstyrelsen har kommit ut med en författningssamling (AFS 1993:5), där tillräckligt effektiv ventilation anses uppnås om koldioxidhalten i rumsluften inte varaktigt överstiger 1.000 ppm. Boverkets byggregler (BBR94), som gäller från 1 januari 1994, föreskriver ett kontinuerligt uteluftflöde på lägst 0,35 l/s per m² golvarea. Frånsett detta generella krav finns i BBR inga specificerade **krav** på luftflöden. I en

rådtext sägs dock: "Till rum..där personer vistas mer än tillfälligt bör uteluftflödet uppgå till minst 7 l/s för varje person som samtidigt kan förväntas vistas där." Tillsammans ger föreskriften om 0,35 l/s,m² och rådet ett uteluftflöde i klassrum på ca 8 l/s,p.

Skall luftflöden av dessa storleksordningar kunna uppnås med självdrag krävs mycket låga tryckfall i kanalerna och därmed mycket stor kanalvolym. Detta, tillsammans med den tidigare redovisade kritiken mot bristfälliga FTX-system som ofta installeras i skolor, samt vanligt förekommande klagomål i moderna byggnader på "torr luft", har aktualiserat frågan: Är det möjligt att åstadkomma en god luftkvalitet med lägre luftflöden och andra åtgärder som kan bidra till en god luftkvalitet? Det som framhållits har t ex varit omsorgsfullt materialval med avseende på emissioner, beaktande av materialens förmåga att utjämna värme och fukt, användning av konstruktioner och material som inte stänger in fukt utan ger möjlighet till uttorkning, högre takhöjder som ger varje elev en större luftvolym och mindre överskottsvärme.

I Tabell 3 redovisades de uppmätta genomsnittliga specifika luftflödena samt den omräkning som gjorts av dessa till specifikt luftflöden under skoltid. I Tabell 12 har dessa skoltidsvärde uttryckts som luftflöde per sekund och m² golvarea respektive per person (projekterad personbelastning) i respektive skola.

Tabell 12: Luftflöden i de sju skolorna, baserat på en beräknad dygnsfördelning av ett uppmätt genomsnittsföde.

Skola	Luftflöde l/s,m ²	Luftflöde l/s,p
Garda skola	1,7	4,8
Länna skola	1,7	3,5-5,8 ¹⁾
Fredkullaskolan	1,6	3,0-3,8 ²⁾
Risebergaskolan	2,1	5,0
Gamla läroverket	2,7	5,0
Karlshovsskolan	2,0	4,3-5,0 ³⁾
Lindöskolan	1,9	3,7-4,5 ³⁾

1) F-ventilationen kördes under mätperioden på 60% av full kapacitet. Vid nyttjande av full kapacitet bör flödet anta det högre värdet. De projekterade ska vara högre, 8 l/s,p.

2) 20 respektive 25 elever. Verkligt elevantal är 20, varför 3.8 l/s,p uppnås.

3) 25 respektive 30 elever. Verkligt elevantal är närmare 25. För luftflödet per person gäller således i praktiken den högre siffran.

Om det normenliga kravet på 8 l/s,p uttrycks som ett luftflöde i l/s,m² skulle det för klassrum med 25 elever och 60 m² golvyta motsvara ett krav på 3,3 l/s,m². Det framgår av tabell 12 att ingen av skolorna, enligt

våra mätningar, tillämpar dessa luftflöden, även om de kan nå upp till dem.

I Länna skola, Gamla läroverket, Karlshovsskolan och Lindöskolan är F-fläktarna projekterade för 8 l/s,p, men körs inte på fullt varvtal under vintern. Garda skola projekterades för att kunna hålla CO₂-halten under 1000 ppm (vilket motsvarar 8 l/s,p). Temperaturgivare styr reglerteknik för spjällöppning i frånluftsutsläppen. Riseberga är projekterad för 5 l/s,p vid +5°C ute. För Fredkullaskolan ställdes inget krav på luftflöde. Generellt handlar det i enplanshusen med självsdrag om hur mycket man öppnar lanterninfönstren. Det går att öppna så att man erhåller ca 8 l/s,p. Våra mätningar tyder emellertid på att personalen väljer en balans mellan termisk komfort och luftväxling, som ger ett lägre flöde än 8 l/s,p.

5.3.1 Boverkets Handbok om självdragsventilation

År 1994 gav Boverket ut en handbok om Självdragsventilation. Där framhålls inledningsvis "att det inte finns föreskriftsmässiga hinder att förse byggnader med enkla ventilationssystem såsom självdrag."

Under rubriken "Allmänna förutsättningar" sägs:

Självdragsventilation kan anordnas och fungera om

- öppningsbara fönster finns i alla rum där personer vistas mer än tillfälligt samt i badrum och andra rum där ökad fuktbelastning förekommer,
- särskild verksamhet som kräver avsevärt större luftflöden än de som anges i BBR 6:23 (krav och rådtext) ej förekommer,
- värmehushållning enligt BBR 9:3 uppfylls genom värmeåtervinning eller på annat sätt,
- sådana anordningar installeras, som automatiskt förhindrar överventilation,
- lufthastigheten enligt BBR 6:244 och termiskt rumsklimat enligt BBR 6:41 innehålls.

Som dimensionerande förutsättningar, när det gäller kanalareor föreslår boverket en temperaturdifferens på 4K och en vindhastighet på 1 m/s.

Boverket påtalar att drivtrycken blir avsevärt större då temperaturskillnaden inne-ute ökar och att den överventilerings som då kan uppkomma under uppvärmningssäsongen måste förhindras. Detta kan ske med t ex luftintagsventiler eller luftutsläpp med variabla öppningsareor som styrs automatiskt efter temperatur och vind. Ett annat sätt är att dimensionera självdragssystemet för en relativt låg utetemperatur och med hjälp av fläktar upprätthålla luftflödena sommartid, s k förstärkt självdrag. Mekaniska ventilationssystem ger normalt inte större variation än 20% beroende på yttre påverkan. Därför, menar Boverket, bör även självdragssystem utföras så att flödet inte överstiger det avsedda under uppvärmningssäsongen med mer än 20%.

När det gäller **energihushållning** sägs i handboken att kravet på effektiv värmeanvändning enligt BBR 9:3 ska innehållas även i självdragsbyggnader. Andra metoder att effektivisera värmeanvändning än värmeåtervinning ur frånluften kan då användas, eftersom den senare oftast orsakar ett för högt tryckfall för självdraget.

När det gäller **fönstervädning** säger Boverket bland annat: "Vid självdragssystem bör **inte** möjligheten till fönstervädning läggas till grund för ventilationssystemets funktion. Möjligheten till fönstervädning (enl. BBR 6:235) är avsedd för tillfällig utvädring medan ventilationssystemet bör vara dimensionerat och utfört så att det medger tillräcklig ventilation under normala betingelser".

Kring detta citat kan många frågor ställas: Var går gränsen mellan fönster och luftintag respektive avluftutsläpp, mellan fönster och F-don och T-don? Avser fönster både fasadfönster, takfönster och lanterninfönster? I de nybyggda skolorna tjänstgör ofta taklanterninfönster som F-don och tidvis även som T-don, där luften samtidigt rinner ner i fönstrens underkant och evakueras i överkant.

Slutligen påtalar Boverket vikten av att:

- o **brandfrågor** beaktas genom att inte kanaler från olika brandceller sammankopplas, då tryckfallet i självdragssystem mellan brandceller och från brandcell till det fria inte kan ges erforderligt högt tryckförhållande.
- o **riskan för överhörning** mellan olika rum beaktas. Ljuddämpande don kan normalt inte användas i självdragssystem, då de ger för högt tryckfall. Därför bör inte kanaler från olika rum sammankopplas annat än till en gemensam huvudkanal.

Brandfrågorna har endast behandlats summariskt i denna rapport. I kapitel 7 redovisas de krav som ställdes från brandmyndigheterna och den brandcellsindelning som valdes för respektive skola (Undantag Fredkullaskolan, där dessa uppgifter varit svåra att få fram). Någon analys av dessa lösningar har dock inte rymts inom ramen för projektet.

Risken för överhörning är en problemställning som bland annat aktualiseras i lösningar med tilluft via kulvert, som i Risebergaskolan. Tilluftskanalerna till varje klassrum mynnar i kulverten. Här borde risk finnas för överhörning mellan klassrummen via kulverten, samtidigt som ljuddämpare inte kan sättas in. Det finns också en motsättning mellan ljuddämpande material i kanalerna och lätt rengörbart material. I praktiken har överhörning dock inte visat sig vara något problem i Risebergaskolan, troligtvis därför att tilluftskanalerna är så pass långa (tilluftsdonen sitter högt på vägg) att ljudet hinner reflekteras bort i tegelkanalerna och aldrig når klassrummet. Står man däremot nere i kulverten är det möjligt att uppfatta ljud från klassrummen.

De studerade byggnaderna kan alla i stort sett sägas uppfylla Handbokens "Allmänna förutsättningar" (citerade på föregående sida), beaktandet av brandskydd och risk för överhörning. Villkoret att fönstervädning inte får läggas till grund för ventilationssystemets funktion kan inte sägas vara uppfyllt i någon av nybyggnaderna, utom Garda skola - om öppning av takfönster i lanterniner räknas som fönstervädning. Sommarfallet bygger

också på fönstervädning med fasadfönster.

5.3.2 Socialstyrelsens allmänna råd om ventilation

Socialstyrelsen svarar för att ge ut riktlinjer för hur sanitär olägenhet kan konstateras i befintliga byggnader. I "Socialstyrelsens allmänna råd om ventilation, SOSFS 1989:51, sägs att sanitär olägenhet anses föreligga om något av följande förhållanden råder i lokaler där människor inte enbart tillfälligt uppehåller sig (det som enbart gäller bostäder citeras ej här):

- om 1.** det totala luftflödet är lägre än 0,35 liter uteluft per kvadratmeter golvarea eller mindre än 4 l/s och person. Mätningen bör ske vid en vindhastighet utomhus av högst 6 m/s och vid en lufttemperaturdifferens ute-inne på 10-20°C.
- om 2.** koldioxidhalten i rum till följd av personbelastning vid *normal användning* regelmässigt överstiger 1000 ppm.
- om 3.** kolmonoxidhaltens ökning till följd av tobaksrökning regelmässigt överstiger 2 ppm (toppvärde).
- om 4.** omfattande kondensbildning uppstår på fönsters insida vid utetemperaturer under -5°C.
- om 5.** luftfuktigheten i lokalen som medelvärde överstiger 7 g vatten per kg torr luft sammanhängande under dygnet under minst en månad under eldningssäsongen (motsvarar ca 45% RF).

Vi ska nu granska självdragsskolorna i denna undersökning utifrån hur de klarar socialstyrelsens 5 villkor för att inte sanitär olägenhet inte ska anses föreligga.

Punkt 1: Luftflödet

Luftflödet ligger, enligt våra långtidsmätningar och beräkningar (Tabell 12), i de nybyggda skolorna på mellan 1,6 och 2,1 l/s,m² golvarea och i de ombyggda på 1,9-2,7 l/s,m² golvarea, d v s betydligt över minimiflödet 0,35 l/s,m². De för skolorna angivna flödena är de som gäller under skoltid, vilket svarar mot kravet i socialstyrelsens råd, d v s att rådet gäller för lokaler där människor inte enbart tillfälligt uppehåller sig.

Om värdena ovan omräknas till l/s,p med det elevantal respektive skola är dimensionerad för blir luftflödena för de flesta skolorna mellan 4 och 5 l/s,p. Länna skola och Fredkullaskolan ligger dock något under 4 l/p,s. Även Lindöskolan ligger något under 4 l/s,p med projekterat elevantal 30 personer. I praktiken varierar elevantalet mellan 20-27 i klasserna och då blir flödet över 4 l/s,p. Även i Fredkullaskolan är det faktiska elevantalet lägre än det projekterade. I Länna skola är elevantalet lägre (20) än det projekterade (30) i ena klassen, men högre (40) än det projekterade i den

andra klassen.

Punkt 2: Koldioxidhalt

CO₂-halterna ligger i slutet av lektionerna över 1000 ppm med maximal projekterad personbelastning i alla skolor. De halter vi uppmätt har normalt legat mellan 1000 och 1400 ppm, med några enstaka toppvärden på upp mot 1800 ppm. Om detta ska sägas innebära att CO₂-halten **regelmässigt** överstiger 1000 ppm är en tolkningsfråga. Det gäller under slutet av lektionen, varefter en vädring eller en rast med grundlig vädring inträffat, som drar ner koldioxidhalten igen. Utifrån socialstyrelsens definition kan man säga att "sanitär olägenhet" förekommer i de flesta av självdragsskolorna.

Punkt 3: Kolmonoxidhalten p g a tobaksrök

Endast i en skola, Gamla läroverket, fanns problem med tobaksrök, som i detta fall spreds via ventilationen från ett rökrum. Vi utförde inga mätningar av kolmonoxid, men tycker i detta fall att det skulle vara rimligt att kalla förhållandena (som nu är åtgärdade) för "sanitär olägenheten", eftersom eleverna besvarades i hög grad av detta enligt enkäten.

Punkt 4: Kondensbildning på fönsters insida

Vi har inte i någon av skolorna kunnat iaktta eller fått andra rapporter eller indikationer på att kondens skulle förekomma på fönstrens insida vid utetemperaturer under -5°C. Samtidigt har vi inte närmare undersökt detta och under våra mätperioder var det endast i Hudiksvall som det var så kallt ute som -5°.

Punkt 5: Luftfuktighet i lokalen över 7 g/kg eller 45%

Långtidsmätningen (4-7 veckor) gav följande medelvärden, dygnet runt, för respektive skola:

Tabell 13: Absolut och relativ luftfuktighet i de sju skolorna

Skola	Absolut luftfuktighet inomhus (g/kg)	Relativ luftfuktighet inomhus (%)
Garda	4,5	32
Länna	4,5	31
Fredkulla	6,5	44
Riseberga	5,0	36
Gamla läroverket	3,5	22
Karlshov	4,0	24
Lindö	4,0	26

Vi kan konstatera att alla skolorna, under de för mätningen aktuella veckorna, klarade detta villkor, även om Fredkullaskolan låg nära gränsen för att klassas som att sanitär olägenhet föreligger. Det kan också antas att den mest kritiska tiden för hög luftfuktighet inomhus under uppvärmningssäsongen är oktober månad (7). Om då all luft skulle tas via jordrören skulle den absoluta fuktigheten inne, enligt beräkningar, vara i storleksordningen 10-12 g/kg luft. I Risebergaskolan genomfördes mätningen under 21 november till 19 december. Under förutsättning att all luft då tas in via jordrören, ger en överslagsmässig beräkning att den absoluta luftfuktigheten i medeltal skulle legat kring 9,5 g/kg luft (7). Enligt vår mätning låg den för denna period istället i genomsnitt på 5 g/kg luft.

Detta tyder på att en hel del av tilluften tas in via fasadfönster och taklanterniner även under uppvärmningssäsongen. Eftersom betongkulverten och ytskiktsmaterialen i klassrummen är av hygroskopiskt material kan man troligtvis också räkna med att en viss fuktbuffering förekommer som utjämnar extrema toppar av hög, respektive låg RF.

5.4 Andra faktorer än luftflöde som kan påverka luftkvaliteten

5.4.1 Rumsvolym per person

Helt avgörande för att kunna skapa en god luftkvalitet är naturligtvis att det inte förekommer fuktproblem som ger ohälsosam mikrobiell påväxt eller byggmaterial som själva eller i kombination med fukt avger ohälsosamma kemiska gaser, eller att inte föroreningar som bilavgaser eller rökgaser kommer in via uteluften. I sådana sammanhang hjälper inte höga luftflöden.

Det finns emellertid ytterligare ett antal faktorer, som har mindre betydelse än de ovan nämnda, men som ändå sammantaget kan tänkas påverka luftkvaliteten avsevärt.

Något som inte nämns i Boverkets byggregler är betydelsen av takhöjd/rumsvolym för luftkvaliteten.

Professor Elias Heyman, som år 1879 gjorde en genomgång av "Luftens beskaffenhet i Stockholms skolor" (15), menade i sin rapport:

"Även skolrummets storlek i förhållande till elevernas antal har betydelse för ventilationsbehovet, då fråga endast är att bestämma detsamma för en timme, inom vilken tid kolsyrehalten ej får överstiga ett givet maximum. I allmänhet antar man 6-7 m³ som ett lämpligt mått för varje lärjunges utrymme."

Heyman sammanställde också en tabell som visar hur olika rumsvolym per elev betingar olika ventilationsbehov om man ska klara gränsen 1000

ppm koldioxid. Med antagandet att varje elev utsöndrar 0,012 m³ CO₂ per timme anger han att ventilationsbehovet varierar med rumsvolymer enligt Tabell 14.

Tabell 14: Elias Heymans tabell för samband mellan rumsvolym per elev och ventilationsbehov per elev

Rumsvolym per elev m ³	Ventilationsbehov per elev m ³ /timme
5	30
6	28
7	26
8	24
9	22
10	20

I de nybyggda självdragsskolorna är rumsvolymer 10 m³/elev, med det oftast aktuella elevantalet 25.

Normalt, med 3 m takhöjd och 60 m² yta, är rumsvolymer med 25 elever drygt 7 m³ per elev.

Heymans tabell har betydelse i de fall man verkligen har entimmeslektioner och sedan vädrar effektivt. Har CO₂-halten väl kommit upp i 1000 ppm, och lektionen fortsätter, har extra rumsvolym ingen betydelse, menar Heyman.

5.4.2 Takhöjd och lutning

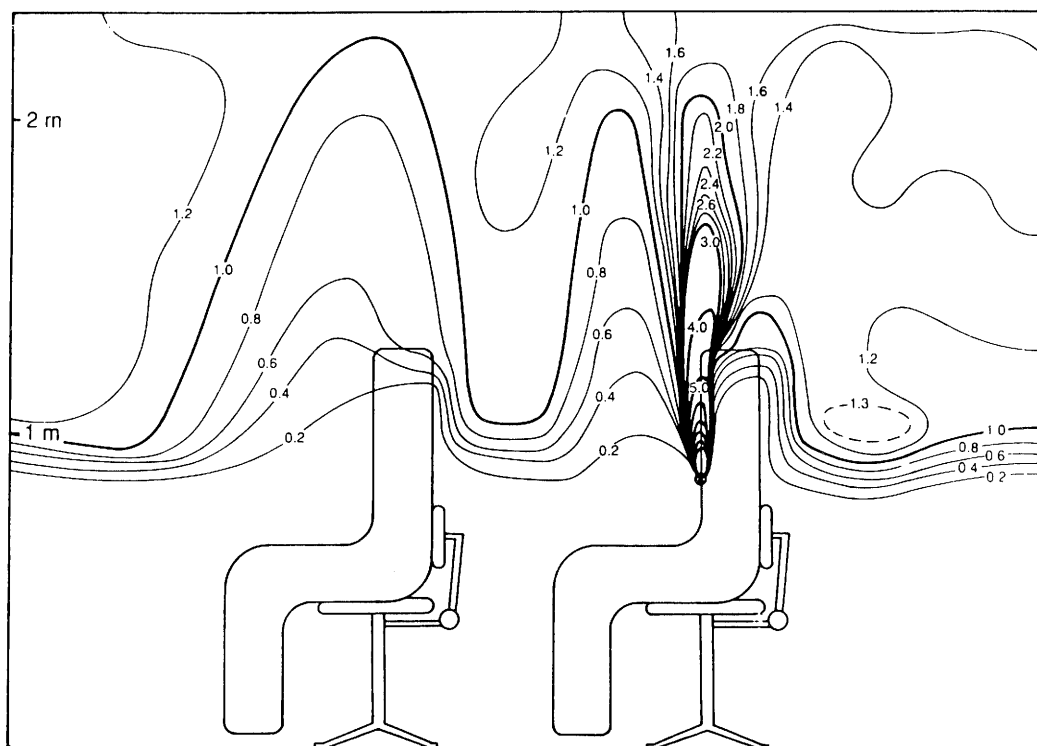
Här är det dock intressant att se närmare på de nybyggda skolorna i undersökningen med sina snedtak och taklanterninfönster. Förutom själva **rumsvolymer** per elev kan man tänka sig att **takhöjden** skulle kunna ha en viss betydelse som buffert för föroreningar i rum med deplacerande ventilation och **snedtaket** en betydelse för effektiv fasadfönstervädring. Tilluften har i samtliga skolor en låg hastighet och en lägre temperatur än rumsluften. Den deplacerande effekten blir bäst i rum med hög takhöjd. Eftersom den förskämda, uppvärmda luften stiger uppåt av termiken borde zonen som eleverna vistas i befrias från denna om takhöjden är extra hög (ofta ca 6 m vid takfönstret). Om sedan lanterninfönstret öppnas drivas denna luft ut med hjälp av den s k stackeffekten (varm luft som utvidgas skapar övertryck).

5.4.3 Luftström styrd av termik

Ytterligare en termisk effekt har konstaterats i samband med deplacerande ventilation. Det gäller den uppåtstigande termiska luftström som skapas runt de varma källorna i rummet (personerna). Detta innebär att den yngsta, svalare luften sugas upp längs kroppar och andningszon och kommer elever och lärare tillgodo i form av en renare luft än genomsnittligt på denna höjd i rummet. Detta skulle också innebära att de föroreningshalter som mäts upp 2 m från närmaste person (Arbetskyddsstyrelsens rekommenderade mätstandard för CO₂) ger en sämre bild av luftkvaliteten än den verkliga.

I en artikel i VVS-FORUM (23) har Mats Sandberg, dåvarande Statens Institut för Byggnadsforskning, sammanfattat sina forskningsresultat av kammarförsök kring deplacerande respektive omblandande ventilation. Han skriver bland annat:

Människan har en högre hudtemperatur än omgivande luft och omges därför också av en uppåtgående luftström. Luftflödet i denna är mycket stort, ca 150 m³/timme...Vid användning av deplacerande ventilation hjälper luftströmmen kring människan till med att späda ut föroreningarna kring inandningszonen. Denna "renspolningseffekt" är en följd av att en stor andel av luften i den uppåtgående luftströmmen hämtas från den undre rena zonen...(Samtidigt) hindras föroreningar från att spridas från den övre till den nedre zonen.



Figur 11: Deplacerande ventilation enligt Mats Sandbergs kammarförsök. Uppmätta koncentrationer. Luftflöde .11 l/p. (Koncentration i frånluften =1). Ur VVS-FORUM 8/92.

Figur 11 visar föroreningskoncentrationens fördelningen i ett rum ventilerat med deplacerande ventilation. Rummet är en konventionell kontorsmodul i vilken det finns två personsimulatorer. Koncentrationen i rummet har mätts upp med en teknik som utvecklats vid SIB. Den medger att man samtidigt kan mäta koncentrationen i många punkter. På den högra personen i rummet är en föroreningskälla placerad. Föroreningen fångas upp av luftströmmen kring personen. Siffrorna i figuren anger uppmätt koncentration dividerad med koncentrationen i frånluften. Därför är koncentrationen i frånluften lika med 1. Båda personernas huvuden befinner sig i den övre förorenade zonen, trots detta uppgår koncentrationen i den vänstra personens inandningszon till endast 30% av koncentrationen i frånluften. I ett omblandande system är rummets föroreningskoncentration densamma som i frånluften.

5.4.4 Påverkanmöjligheter, vädring, automatik, ansvar och information

En enkel påverkanmöjlighet som kunde utvecklats bättre i alla skolor utom Risebergaskolan är en effektiv utvändigt solavskärmning. Utvärderingen visar tydligt att den termiska komforten hade kunnat vara ännu bättre om påverkbara markiser hade funnits vid fönster i alla klassrum i soliga väderstreck.

Någon statistiskt bearbetbar enkätfråga har inte ställts om hur personal och elever **uppfattar** de möjligheter som finns i de nybyggda skolorna att påverka ventilation och värme. Däremot har vi, vid mätbesöken, samtalat med lärare och annan skol- och fritidshemspersonal om detta och om **hur** de normalt vädrar. En enkätfråga finns också till personalen om **hur ofta** de vädrar, med svaralternativen "flera gånger per dag", "någon gång per dag", "någon gång per vecka" och "mera sällan". De äldre eleverna har också besvarat frågan om de anser att det brukar vara utvädrat när lektionen börjar med svarsalternativen "alltid", "för det mesta", "ibland" och "aldrig". Nedan återges den information vi fått fram och de observationer vi gjort.

I de **nybyggda** skolorna regleras såväl luftväxling som temperatur genom att kombinera de olika vädringsmöjligheterna. Takfönstren för ut skämd luft och överskottsvärme. Takfönstren är för det mesta riktade så att vindsuget kan utnyttjas för att förstärka ventilationen. Med fasadfönster, vädringsluckor och jalousispjäll på uteluftsventiler regleras mängden uteluft som tas in. Årstidsanpassning förekommer genom att vintertid, på olika sätt, minska uteluftsintagens areor. Under lektionstid är taklanterninfönster (Fredkullaskolan, Risebergaskolan och Länna skola) och frånsluftsspjäll (Garda skola) i regel öppna. Fönstervädring sker på raster, men det förekommer även att man har fönster stående på glänt under lektionstid.

I de **ombyggda** skolorna är påverkanmöjligheterna mindre. De är alla flerplanshus och saknar takfönster i klassrummen. Det finns dock en strävan att årstidsanpassa ventilationen och nyttja den termiska drivkraften

på vintern. Då dras frånluftsfläktarna ner och, genom de förhållandevis låga tryckfallen kan termiken stå för en del av luftväxlingen. Tryckfallen kunde dock med fördel varit ännu lägre. Se energiavsnittet 5.5.

Hur påverkanmöjligheter och årstidsanpassning ser ut redovisas mer i detalj för respektive skola i avsnitt 7.

De relativt enkla lösningar som valts för påverkan i dessa skolor har, så vitt vi kunnat uppfatta, mött ett rätt stort gensvar från personalen. Att utforma systemen i en byggnad så att luftflödet kan påverkas efter växlingar i verksamheten, personbelastningen och rådande uteförhållanden framhölls som en viktig kvalitet.

Av enkätfrågan om vädring framkom följande:

Bland **personalen** i de **nybyggda** skolorna uppgav 80% att de vädrade flera gånger eller någon gång per dag (44% flera gånger per dag). Bland **eleverna** i de nybyggda skolorna ansåg 56% att det alltid eller för det mesta var utvädrat vid lektionens början. Det var dock bara 10% som tyckte att det alltid var utvädrat.

Bland **personalen** i de **ombyggda** skolorna uppgav 56% att de vädrade flera gånger eller någon gång per dag (18% flera gånger per dag). Bland **eleverna** i de ombyggda skolorna ansåg 30% att det alltid eller för det mesta var utvädrat vid lektionens början. Det var dock bara 5% som tyckte att det alltid var utvädrat.

Vi kan konstatera att personalen i de nybyggda skolorna vädrar mer än i ombyggda. Detta stämmer väl med att de nybyggda skolorna har ventilationslösningar som i högre utsträckning bygger på att takfönster ska öppnas, medan de ombyggda har mekanisk frånluftsventilation som garanterar ett visst flöde oberoende av fönstervädring. Vi kan också konstatera att personalen i högre utsträckning uppger att de vädrar än vad eleverna upplever det som utvädrat vid lektionens start. Viss svårighet att tolka svaret finns dock här, då frågan är tvetydigt ställd. Menar eleven med sitt svar att någon har fönstervädrat före lektionen eller att det känns utvädrat och friskt när han/hon kommer in i klassrummet?

Det är av stort intresse att gå vidare med fördjupade studier av vädringsvanor och synpunkter från lärare och elever på systemutformningen och möjligheterna att påverka inneklimatet i självdragsskolorna. I ett pågående forskningsprojekt vid LTH:s institution för byggnadskonstruktionslära "Effektiva ventilationssystem och vädringssätt i skolor" (Birgitta Nordquist) studeras hur ventilation och vädring kan ske på ett optimalt sätt i skolsalar. Här kommer även självdragsskolor att ingå.

I lokaler som skolor, där många personer "ska dela på innemiljön" måste möjligheterna att påverka också förenas med ansvar att det fungerar. I de

rena självdragslösningarna finns risken, **att ingen öppnar takfönstren och att lokalerna blir i stort sett helt oventilerade**. För att systemen ska fungera krävs således:

- o att **lärarna** ser till att luft kommer in i klassrummet så dragfritt som möjligt och att överskottsvärme förs bort.
- o att **driftpersonalen** med jämna intervall informerar skolans brukare om hur ventilationen fungerar och kan påverkas. Driftpersonalen måste också se till att styr- och reglerutrustning, såväl manuell som automatisk, underhålls.

I vissa fall har ventilationen kompletterats med styr- och reglerutrustning, som automatiskt stänger fönster på kvällen, eller öppnar takfönstren på glänt med jämna intervall på natten, eller som öppnar takluckor eller frånluftspjäll när temperatur eller CO₂-halt överstiger en viss nivå. Sådana åtgärder kan avlasta lärarna från att behöva ha det fulla ansvaret för luftkvaliteten. Automatik kan också användas som en "komihåghjälp", t ex stänger takluckor på kvällen. Det gäller att hitta en bra balans mellan automatik och påverkanmöjlighet. Bäst förefaller sådan automatik fungera, som går att slå av för manuell manövrering vid behov. Det förekommer ju att automatik går sönder eller inte klarar oförutsedda situationer och önskemål.

I några av skolorna har ventilationen kompletterats med ett mekaniskt grundflöde på frånluftssidan som går dygnet runt. Detta är ett annat sätt att skapa en viss säkerhetsmarginal mot fuktproblem och material-emissioner.

De linor, vevar, spjällmotorer e t c som installerats i de studerade självdragsskolorna saknar i dagsläget ofta robusthet och går lätt sönder. Detta kan vara lika olyckligt som att en fläkt står stilla i ett FTX-system. Här behövs både teknikutveckling och utarbetande av drift- och underhållsrutiner för att säkra en god funktion.

5.4.5 Filtrering och placering av uteluftsintag

För att klara så låga tryckfall som behövs för självdrag kan inte konventionella filter installeras på tilluften. Detta har inte visat sig vara något stort problem i "lantliga" lägen med ren uteluft. Enkla grovfilter kan dock installeras. Dessa kan klara stora partiklar som pollen, men inte t ex sot som kan förekomma i höga halter i innerstadslägen. För detta krävs finfilter. Ett alternativ som är möjligt, men som inte förekommer i någon av de studerade byggnaderna, är elektrostatfilter (undantag är träslöjden i Garda skola). Det finns idag relativt billiga och effektiva elektrostatfilter. Dessa skapar inget tryckfall och kan därför användas i byggnader med självdragsventilation. Ett problem med elektrostatfilter är att de kan avge en del ozon, ett ämne som är retande för astmatiker och andra personer med luftvägsproblem. På senare år har emellertid elektrostatfilter med mycket låg ozonavgivning tagits fram. Nya typer av

filter, som ger lågt tryckfall, utvecklas nu också.

I de **ombyggda** skolorna har luftintagen placerats ganska nära marknivån därför att lösningarna bygger på att ventilationen ska arbeta i samma riktning som termiken. Gamla läroverket har sitt uteluftsintag alldeles intill marken, i Karlshovsskolan och Lindöskolan är de placerade c a 3 meter ovanför marken.

Även de **nybyggda** skolorna har luftintag på marknära nivå, antingen som uteluftsventiler under fönster eller i mynningen av jordförlagda rör, någon meter över mark. Med detta finns risker förknippat och utvärderingen visar på känslighet för bilavgaser och i ett fall besvär med damm utifrån (Risebergaskolan under byggtiden för ett intilliggande daghem). Det är naturligtvis fullt möjligt att förlägga luftintagen högre upp och låta luften "ramla ned" till den plats där den värms och ges termisk stigningskraft. Utvärderingen visar att det är viktigt att, utifrån rådande lokala förhållanden, diskutera bästa placering av uteluftsintag i dessa lösningar, där intaget inte lika självklart hamnar på eller nära taket, som i FTX-byggnader.

De speciella frågor som ställts när det gäller jordförlagt uteluftsintag och tilluft via kulvert, filtrering/sedimentering av damm och risk för mikrobiell påväxt, diskuteras i avsnitt 7, redovisningen av Risebergaskolan under rubriken "Teknik".

5.5 Energianvändning

5.5.1 Jämförande energiberäkning: Aktuell ventilationslösning - FTX -ventilation

Resultatet av energiberäkningarna för de sju skolornas ventilationslösningar jämfört med om samma lokalytor hade ventilerats med ett konventionellt utformat FTX-system redovisas i Tabell 15. Hur energiberäkningarna utförts framgår av Bilaga 4.

FTX-lösningen har getts följande förutsättningar: Luftflöde 3,3 l/s,m² (motsvarar normen vid 25 elever och 60 m² stort klassrum, och kan också uttryckas som 3 oms/h), drifttid måndag till fredag 6.00-18.00, takhöjd 3 m, verkningsgrad på värmeväxlare 50%.

Som framkommit i redovisningen av enkätsvaren, avsnitt 5, fick såväl luftkvalitet som värmekomfort goda omdömen i samtliga skolor utom i Gamla läroverket. I Gamla läroverket var det tobaksrök och bilavgaser som läckte in i ventilationssystemet som orsakade problem. I samtliga fall har alltså det luftflöde som fanns under skoltid och det sätt på vilket detta togs in bedömts vara i stort sett tillfredställande. Vi har därför tyckt att det mest rimliga vid jämförelsen mellan det aktuella systemet och ett tänkt FTX-system var att i beräkningarna utgå från de något lägre flöden som faktiskt uppmätts i självdragsskolorna och det något högre som

vanligtvis projekteras vid FTX-ventilation.

På samma sätt har vi resonerat med takhöjden. Den verkliga takhöjden i de aktuella skolorna har använts som indata i energiberäkningarna i självdragsskolorna, medan takhöjden 3 m antagits i FTX-alternativet. Givetvis kan man projektera FTX-skolor med både lägre luftflöden, högre takhöjder och goda vädringsmöjligheter, men i verkligheten handlar det ofta om att välja, för att inte kostnaderna ska skjuta i höjden. Det är å andra sidan inte så troligt att luftkvaliteten skulle bedömts lika positivt i en FTX-skola med de lägre flöden som uppmätts i självdragsskolorna, med 3 meters takhöjd och utan goda vädringsmöjligheter och övriga extra utformningsdetaljer som präglar de studerade nybyggda skolorna.

Av energiberäkningarna kan följande generella slutsatser dras:

- o Energianvändningen i de **nybyggda** skolorna blir något lägre med de valda lösningarna jämfört med om FTX-ventilation hade valts i Fredkullaskolan, Risebergaskolan och Länna skola och lika stor i Garda skola. (Tabell 15, 2:a kolumnen från höger).
- o Energianvändningen i alla tre **ombyggda** skolor blir något högre med de valda lösningarna än om FTX-ventilation hade valts. (Tabell 15, 2:a kolumnen från höger).
- o Det viktigaste resultatet av beräkningarna är att de visar på så små skillnader mellan de valda systemen och en FTX-lösning. Man kan säga att ventilationslösningar av de studerade varianterna inte utgör något hinder för en effektiv energianvändning.

Skillnaderna handlar **mer om hur energin används än nivån**. I de valda systemen används i samtliga objekt mindre el för fläktar än i en FTX-lösning. Skillnaden här varierar mellan 10-12 kWh/m², år. Värmeåtervinning ur frånluften saknas i samtliga fall, vilket, i synnerhet i norra Sverige, ger en högre energianvändning för uppvärmning. Å andra sidan är den mängd luft som värms upp mindre, genom att flödena är lägre än i FTX-skolor. I de rena självdragsskolorna, där ventilationen sätts igång genom öppning av takfönster, fungerar dessa som ett slags "närvarogivare" som är energibesparande. Ventilationen är således bara igång när någon är i klassrummet. Även detta bidrar till att mindre tilluft behöver värmas. I en mekaniskt ventilerad skola går ventilationen 6-18 oberoende av närvaro i enskilda klassrum.

Dessutom nyttjas i vissa av de studerade skolorna överskottsvärme och jordvärme för uppvärmning av tilluften - vilket i och för sig är fullt möjligt att göra även i FTX-ventilerade byggnader.

Tabell 15: Energianvändning i kWh/m² uppvärmd bruksarea och år, beräknad med VIP+ - aktuella systemlösningar jämfört med FTX-ventilation

SKOLA	UPPVÄRMNING (Exkl. tappvv) kWh/m ²	ELENERGI		TOTAL KÖPT ENERGI kWh/m ²	TOTAL KÖPT ENERGI MED FLÄKTEL X 2,4 kWh/m ²
		Belysn. kWh/m ²	Fläktar kWh/m ²		
Garda					
S	93	32	0,2	125,2	125,5
FTX	78	32	12	122	139
Länna					
F/S	147	32	1,0	180	181,4
FTX	156	32	12	200	217
Fredkulla					
S	94	32	-	126	126
FTX	117	32	12	161	178
Riseberga					
S	70	32	-	102	102
FTX	86	32	12	130	147
Gamla Läroverket					
F/S	151	32	2	185	188
FTX	106	32	12	150	167
Karlshov					
F/S	190	32	1,0	223	224,4
FTX	172	32	12	216	233
Lindö					
F/S	195	32	1,0	228	229,4
FTX	179	32	12	223	240

Tabell 16: Uppmätt energianvändning i kWh/m² uppvärmd bruksarea och år för några av skolorna

SKOLA	UPPVÄRMNING	ELENERGI	TOTAL KÖPT ENERGI	ÅR	KOMMENTAR
Fredkulla			172 (ej normalårskorrigerat)	1993	Inkl. kök, matsal med FTX. Skolan värms med elvärmepanna. Nattsänkning av temperaturen.
Riseberga	108	22	130 (normalårskorrigerat)	1996	Exkl. kök/matsal med FTX, tappvv och elvärme i entréer. Nattsänkning av temperaturen.
Garda			163 (ej normalårskorrigerat)	1995	Skolan värms med direktverkande elvärme. Nattsänkning av temperaturen.
Karlshov	230	52	282 (normalårskorrigerat)	1996	Skolan värms med fjärrvärme.

Tabell 17: Sammanställning av några olika referenser för energianvändning i skolor

Referens	Energi för uppvärmn. inkl. tappvarmvatten kWh/m ² ,år			El Fastighet+ verksamhet kWh/m ² ,år			Total energi kWh/m ² ,år		
	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min
1. 23 skolor i Hudiksvall, År 1990, ref. Kjell Bergqvist (Både gamla och nya)	174	302	76	48	76	22	222	378	98
2. "Goda exempel på sunda hus"									
o 2 nybyggda skolor, FTX	138	147	129	83	87	78	221	234	207
o 3 ombyggda skolor, FTX	162	205	102	70	90	60	232	265	162
3. Malmö kommun Sven Anderssons nyckeltal	150 (Södra Sverige) 170 (Norra Sverige)			75			225 (Södra Sverige) 245 (Norra Sverige)		

I kolumnen längst till höger i Tabell 15 har elenergin för fläktar räknats upp med en faktor 2,4 för att markera elens större miljöbelastning genom att den kräver mer energi för sin framställning. En sådan uppräknings görs t ex i Stockholm stads program för energieffektiva sunda flerbostadshus, som tillämpas för byggherrar som får markanvisning av staden. Med detta betraktelsesätt blir de aktuella ventilationslösningarna mer fördelaktiga i förhållande till FTX-lösningarna i samtliga fall utom Gamla Läroverket, där FTX-lösningen fortfarande ger den lägsta energianvändningen.

Resultaten diskuteras mer i detalj i avsnitt 7 under respektive objekt.

5.5.2 Statistik över faktisk energianvändning

Ofta utgör de studerade skolbyggnaderna en av flera byggnader som tillhör samma skola. Det har då i regel inte varit möjligt att mäta av värmeanvändningen för enbart "självdragsbyggnaden". När det gäller Fredkullaskolan och Garda skola som värms med el har det varit möjligt att få fram en siffra för total energianvändning. Å andra sidan har det då inte gått att separera energi för uppvärmning respektive för verksamhet, fläktar e t c, då separerade elmätare saknats. I dessa fall har då inte heller energianvändningen för värme kunnat normalårskorrigeras. Ett årsvärde skiljer sig i regel från ett normalårskorrigerat värde med plus/minus 10-20%. I Tabell 16 sammanfattas den energistatistik vi kunnat få fram. I de **nybyggda** skolorna Garda skola och Fredkullaskolan ligger den totala energianvändningen kring 160-170 kWh/m² och år (Tabell 16). I Risebergaskolans lägre uppmätta värde på 130 kWh/m²,år är energianvändningen för kök/matsal med FTX, tappvarmvatten och värmeslingor i entréerna exkluderad. Totala energianvändningen för Risebergaskolan kan antas ligga i samma storleksordning som Garda skola och Fredkullaskolan om dessa poster inkluderas, möjligen något lägre.

Dessa värden kan jämföras med de referenser som återges i Tabell 17. Vi kan då konstatera att de nybyggda skolorna har en lägre energianvändning än de två nybyggda FTX-skolorna i "Goda exempel på sunda hus", 207 respektive 234 kWh/m², och lägre än de referenser för energianvändning i skolor som har använts i Malmö kommun (Sven Anderssons nyckeltal), 225 kWh/m².

För de **ombyggda** skolorna finns endast uppmätt energianvändning i Karlshovsskolan. Denna kan också antas ligga mycket nära energianvändningen för Lindöskolan. Den totala, normalsårskorrigerade energianvändningen var i Karlshovsskolan år 1996 282 kWh/m². Detta är betydligt högre (drygt 100 kWh/m² högre) än för de studerade nybyggda skolorna och i jämförelse med referenserna. Som framgår av referensen för Hudiksvall, som innehåller både nya och gamla skolor, finns det dock äldre skolor med så hög energianvändning som 378 kWh/m²,år. Till stor del sammanhänger den höga energianvändningen i Karlshovsskolan med sämre u-värden för ytterväggarna, som är av homogent, tvåstens tegel. Som framgick av beräkningen är energianvändningen också något högre än om skolan skulle byggts om med ett FTX-system, men den stora skillnaden gentemot nybyggnaderna

förklaras av den dåligt isolerade klimatskärmen.

I de ombyggda skolorna har också funnits en motsättning mellan att använda befintliga kanaler och att verkligen få så låga tryckfall att det finns spelrum för termiken. Frånluftsfläktarna är dimensionerade för att uppnå normenliga luftflöden, medan kanalerna, när de än gång byggdes dimensionerades för de lägre luftflöden som gällde då. Detta har lett till att det blivit för höga lufthastigheter och tryckfall i kanalerna för att effektivt kunna använda termisk drivkraft.

5.6 Kostnader

I detta avsnitt ges en mycket schematisk bild av investeringskostnaderna. Det har inte varit möjligt att få fram så detaljerat underlag från kommunerna så att kostnaderna kan analyseras på ett ingående sätt. I Tabell 18 finns en sammanställning av de kostnadsuppgifter vi kunnat få fram, samt kostnader för två nybyggda FTX-skolor från projektet "Goda exempel på sunda hus", som är uppförda ungefär samtidigt som de studerade byggnaderna.

För de **nybyggda** skolorna i undersökningen varierar investeringskostnaderna från lägst 5.385 kr/m² BTA för Fredkullaskolan till 10.600 kr/m² BTA för Risebergaskolan. Fredkullaskolan byggdes på en befintlig grund, vilket förklarar en stor del av den låga kostnaden. Skolan, som är en Waldorfskola, uppfördes också med vissa frivilliginsatser från föräldrar och man köpte viss begagnad inredning.

Vissa skillnader i kostnader per kvadratmeter förklaras också av olikheter skolornas storlek och standard, som inte har med det valda ventilationssystemet att göra. Länna skola, som har en förhållandevis hög kvadratmeterkostnad är liten, 290 m² BTA, medan Garda skola, som har en relativt låg kvadratmeterkostnad, är betydligt större, 1652 m² BTA.

De två referensobjekten är båda större än någon av de nybyggda skolorna som ingår i denna undersökning; Lillebyskolan: 5.000 m² BTA och Navets skola: 7.750 m² BTA.

Det bästa underlaget, i form av en totalredovisning för årlig kapital och driftskostnader för en nybyggnad, som finns tillgänglig, gäller Garda skola. Kalkylen, som gjorts av Gotlands fastighetskontor, återges därför i Tabell 19. Kommunen uppnådde den målsättning som ställts för Garda skolas ekonomi, att driftskostnaden skulle vara lägre än i andra fastigheter. När det gäller de **ombyggda** skolorna har Norrköpings kommun själva gjort en jämförelse mellan investeringskostnaden för de valda ventilationslösningarna i Karlshovsskolan och Lindöskolan å ena sidan och om en FTX-ventilation av traditionellt slag skulle ha valts. I båda fallen utgjorde investeringskostnaden för den valda lösningen ca 70% av kostnaden för ett FTX-system. Se avsnitt 7 under Karlshovsskolan respektive Lindöskolan, "Kostnader".

Tabell 18: Investeringskostnader för skolorna
(BTA=Bruttoarea, BRA=Bruksarea)

Skola	INVESTERINGSKOSTNAD			Prisnivå	Kommentar
	Miljoner kr	Kr/m ² BTA	Kr/m ² BRA		
Nybyggnader					
Garda	11,2	6.700	7.100	1994	
Länna	3	10.350	12.000	1993	
Fredkulla	3,5	5.385	5.833	1992	Skolan byggdes på befintlig grund.
Riseberga	14	10.600	11.700	1993	
Ombyggnader					
Gamla lrv	2,45	-	504	1993	Endast ombyggnad av ventilationen.
Karlshov	17	6.700	7.489	1992	Avser totalrenovering.
Lindö	11	6.047	6.470	1992	Avser totalrenovering.
Referenser från Goda exempel på sunda hus (FTX-skolor)					
Nybyggnader					
Lilleby		10.400		1993	
Navet		8.400		1991	

Vi kan konstatera att Garda skola har en betydligt lägre investeringskostnad/m² än Risebergaskolan. Här finns skillnader i kvalitet på ytskikt, med mer genuina och hållbara material i Risebergaskolan. En stor post i Risebergaskolans investering gäller dock den jordförlagda kulverten, kombinerat med svåra markförhållanden, då grundvattennivån på tomten ligger högt. Bland annat fick alla gjutningar mot mark utföras med vattentät betong. Kulverten är dock en stor byggvolym som ingår i ventilationssystemet. Dess kostnader ska jämföras med installationskostnader i FTX-system. Tomtens förutsättningar, nivåer etc samt markens beskaffenhet påverkar naturligtvis i hög grad om en kulvertlösning kan anses bli ekonomisk eller inte i det enskilda fallet.

Tabell 19: Exempel på kostnader för nybyggnad; Garda skola, Gotland

Kostnader	Kronor
o Investering	11 100 000
o Internränta	1 089 000
o Avskrivning	344 000
o Försäkring	29 000
o Fastighets- service	72 000 ¹⁾
o Total energi- användning	146 200 ²⁾
o Övriga kostnader	35 000
o Kapitalkostn.	1 433 000 kr/år
o Diftskostnad	282 200 kr/år
Total kostnad	1 715 200 kr/år

¹⁾ (351 h/år á 205 kr/tim).

²⁾ (255 MWh= 163,3 kWh/m²/år).

Total årlig kvadratmeterkostnad Garda skola

1 100 kr/m² bruksarea.

Årlig kvadratmeterkostnad för enbart drift och underhåll av Garda skola

180 kr/m² bruksarea.

För Gamla läroverket finns en utförlig utredning om investerings- och driftskostnader vid val av olika alternativa ventilationslösningar i en Byggeforskningsrapport (14). De delar av denna beräkning som avser kostnadsjämförelser mellan det slutligen valda systemet och ett FTX-system återges nedan.

Samma luftflöden förutsattes i båda alternativen. Vid jämförelse mellan ett FTX-system som nyttjade befintliga till- och frånluftskanaler (nedan

kallat FTX) och det valda förstärkta självdragssystemet (nedan kallat FS) som också nyttjade befintliga kanaler blev utfallet enligt följande:

Kostnad i 1993 år prisnivå (kkr)

Anläggningsdel	FTX	FS
o Vent.installation inkl. styr- och reglerutrustning, kanaler, T- och F-don, rörinstallation m m	1.400	1.050
o Byggarbeten	800	700
o Byggherrekostn.	500	400
Summa exkl. moms	2.700	2.150

Anläggningskostnaden för alternativ FTX beräknades till 2,7 Mkr och för alternativ FS till 2,15 Mkr.

Den årliga kapitalkostnaden, räknad på årlig kostnad av ett annuitetslån med 13% ränta och 15 års löptid, blev ca 85.000 kr högre för alternativ FTX.

Den årliga driftskostnaden beräknades bli 24.200 kr högre för FS-systemet än för FTX-systemet. Avsaknaden av värmeåtervinning i FS-alternativet beräknades innebära en extra kostnad på 28.300 kr/år för detta alternativ, enligt följande:

Årsmedeltemperaturen i Hudiksvall: +5,2°C. Tilluften ska värmas till +18°C. Effektbehovet för värmning av tilluften är då vid flödet 4,1 m³/s i medeltal 56,6 kW. Med 2000 timmars drifttid blir energibehovet för uppvärmning av tilluften 113.200 kWh/år. 50% återvinning bedöms vara möjlig. Återvinningsbar energi blir 56.600 kWh/år. Med ett antaget energipris 0,50 kr/kWh blir värdet av återvinningsbar energi 28.300 kr/år.

FS-systemet beräknades dock ha ca 4.100 kr/år lägre kostnad för elenergi för fläktdrift, beräknat enligt följande:

Med luftflödet 4,1 m³/h, drifttiden 2000 timmar, 60% verkningsgrad för fläktarna och elpris på 0,60 kr/kWh blir effektbehovet ca 0,7 kW per år och 100 Pa tryckuppsättning. Elkostnaden blir då ca 820 kr/år och 100 Pa tryckuppsättning.

Årlig elkostnad kunde då beräknas enligt följande:

	FTX	FS
Tryckuppsättning, Pa	600	100
Effektbehov, kW	4,2	0,7
Årlig kostnad för energi till fläktar, kr/år	4.920	820

Den totala årliga kostnadsskillnaden beräknades därmed till ca 61.000 kr/år mer för FTX-systemet än för FS-systemet enligt följande:

Merkostnad, kr:	FTX- systemet jämfört med FS	FS- systemet jämfört med FTX
Kapitalkostnad	85.000	
Värmeåtervinning		28.300
Fläktdrift	4.100	

6. Slutsatser och rekommendationer

6.1 Slutsatser

Enkäter och mätningar i denna undersökning har genomförts under uppvärmningssäsongen, som ju täcker den största delen av skolåret. Sommarfallet har däremot inte studerats. Eftersom samtliga skolor är byggda eller ombyggda ganska nyligen har inte heller några långtidseffekter, t ex konstruktionernas säkerhet mot fukt, kunnat studeras - endast diskuteras.

I avsnitt 2 redovisades ett antal frågor som ställdes i inledningen av projektet. Nedan görs, med undersökningens resultat som grund, ett försök att besvara, eller åtminstone belysa dessa frågor.

1. Är det möjligt att förena god luftkvalitet och god termisk komfort med ett ventilationssystem som grundas på termiska stigkrafter, vindtryck/sug och fönstervädring?

De skolor som i huvudsak grundar luftväxlingen på termiska stigkrafter och vindtryck är Gardas skola, Fredkullaskolan och Risebergaskolan. De övriga, dvs de ombyggda skolorna och Länna skola, har olika mix av F-ventilation och termik, men F-fläktarna utgör den huvudsakliga drivkraften.

Garda skola på Gotland, som hade den bästa luftkvaliteten, uppfyllde också alla de villkor för bra inomhusmiljö som ställdes i inledningen av avsnitt 5.2. Även när det gällde värmekomforten tyckte nästan 90% av elever och personal, i helhetsbedömningen, att den var "bra" eller "acceptabel". I den mer detaljerade analysen av den termiska komforten framkom emellertid att rätt många tyckte att det var "för kallt". Detta berodde delvis på att värmesystemet, vid mättillfället, inte var rätt inställt. Elradiatorerna var felkopplade och felet hade vid den tiden inte hittats. Detta är nu åtgärdat. Fortfarande är det dock kallt på golvet i klassrummen, vilket sammanhänger med nattsänkningen i temperaturen. Eleverna måste ha tofflor i skolan för att inte frysa om fötterna, men om detta accepteras, så varför inte?

Fredkullaskolan och Risebergaskolan uppfyller alla villkoren i avsnitt 5.2, utom punkt 3, "att det inte förekommer besvärande lukt". Det är ca 20% som besväras av "luktat illa" **ibland**. Det finns anledning att följa utvecklingen av klimatet i tilluftsvägarna i ett mer långsiktigt perspektiv. Risebergaskolan har den bästa termiska komforten av samtliga skolor och både Riseberga- och Fredkullaskolan får ett helhetsomdöme för både luftkvalitet och termisk komfort som är bättre än normalt.

Länna skola, som kan sägas utnyttja termiken genom att ha tillskapat extra goda vädringsmöjligheter med takluckor och vädringsluckor i fasad, uppfyller alla villkoren för en god inomhusmiljö enligt 5.2. utom att magnetfälten är förhöjda. Den detaljerade analysen visar också att det ibland är för varmt och instängt. De solvända klassrummen saknar

markiser och ett klassrum är överbelastat (40 elever).

Studien visar att god luftkvalitet och god termisk komfort, enligt brukarnas bedömning, går att förena i de valda lösningarna. Helhetsbedömningen av innemiljön tyder på att man tolererar de något större variationer i temperaturer som dessa skolor ger. Kanske spelar här möjligheterna att påverka inneklimatet en viktig roll. Ett tecken på att luftkvalitet och värmekomfort inte ställs i en omöjlig konflikt i lösningarna är ju också att både elever och personal har god hälsa.

2. *Kan system som använder termiska drivkrafter i ombyggnadssammanhang erbjuda den mest optimala lösningen på ambitionen att åstadkomma ett hälsosäkert och bra inomhusklimat, med bibehållande av arkitektoniska värden och till låg långsiktig kostnad?*

De tre studerade ombyggda skolorna visar på svårigheter att, med dagens krav på luftflöden, använda befintliga ventilationskanaler och åstadkomma så låga lufthastigheter och tryckskillnader att termik kan nyttjas fullt ut. Det tycks behövas någon form av förstärkt självdrag - åtminstone i flerplanslösningar, där takluckor inte kan installeras och takhöjderna är givna. Samtidigt är tryckfallen i kanalerna betydligt lägre än i FTX-ventilation och därmed fläkteffekten betydligt mindre. Det har dock visat sig svårt i de ombyggda skolorna, att med de givna utgångspunkterna, helt hämta hem energieffektivisering som motsvarar värmeåtervinning. Samtidigt är investeringen lägre, vilket i samtliga tre fall, enligt kommunernas egna kalkyler, har gett en lägre livscykelkostnad än om FTX-system hade installerats.

I både Lindöskolan och Karlshovsskolan anser minst 80% av personal och elever att luftkvaliteten och värmekomforten är "bra" eller "acceptabel". Lindöskolan har den avgjort bästa innemiljön av de tre ombyggda skolorna - och ligger helt i klass med de nybyggda. Den uppfyllde också alla villkor för en bra innemiljö enligt 5.2, även om ljudnivån i det klassrum mätningen utfördes, var över dagens norm. Karlshovsskolan hade relativt höga besvärsfrekvenser för "statisk elektricitet" och också en ljudnivå över normkraven i det uppmätta klassrummet. Allergikerna gav heller inte helt godkänt för städningen. Ingen av dessa brister har ett direkt samband med den valda ventilationsprincipen.

Gamla läroverket är den lösning i vilken man mest konsekvent försökt använda sig av gamla kanaler. Skolan uppfyllde inte villkoren 1, 2, 3 och 5 för bra innemiljö enligt 5.2. Att skolan fick en så pass dålig bedömning för inneklimatet berodde på spridning av tobaksrök- och bilavgaser via ventilationen, samt på avsaknad av solavskärmning. Bortsett från solavskärmningen, har nu dessa brister, efter kartläggningen, åtgärdats. Ingen uppföljande enkät har dock gjorts ännu. Eftersom lösningen skulle kunna vara intressant i många ombyggnadssammanhang och har flera bra detaljlösningar, skulle en sådan uppföljning vara önskvärd.

Ett exempel på en ombyggnad med förstärkt självdrag, som inte ingår i denna studie är Paradisskolan i Nybro. Även här har Stockholms skolenkät genomförts och visar på bra omdömen av innemiljön. Detta projekt beskrivs utförligt i en nyligen utkommen BFR-rapport.(11).

Svaret på frågan är att det bör kunna vara klart intressant i vissa ombyggnadssammanhang att använda system typ förstärkt självdrag och passiv tilluft. Lösningarna bör dock utvecklas i sina detaljer - och vikten av att, vid projekteringen, ta med hela byggnadens förutsättningar kan inte nog understrykas. Skall dessa lösningar kunna betraktas som miljöanpassade är det emellertid viktigt att ställa högre krav på energieffektivitet än vad som gjorts i de tre aktuella ombyggnadsfallen.

3. I vilken utsträckning kan ventilationssystem som använder självdrag även användas i samband med nybyggnad?

De flesta av de nybyggda skolorna innehåller kök och en del andra speciellt föroreningsbelastade rum, som har försetts med mekanisk ventilation. Det är i första hand klassrum och allrum, som försetts med självdrag. Andra begränsningar för självdrag vid nybyggnad kan vara läget med avseende på kringliggande trafik och andra yttre föroreningskällor. Slutligen krävs speciell byggnadsutformning, där volymer, materialval, stomme, klimatskärm, orientering, fönsterutformning, solavskärmning, belysning, värmesystem etc anpassas för samspel med ventilationen.

I övrigt besvaras denna punkt med vad som sagts under punkt 1.

4. Vilka risker finns med olika sätt att använda självdrag?

- o I de rena, manuellt styrda självdragslösningarna upphör luftväxlingen så gott som helt om inte taklanterninfönster öppnas. Det krävs således återkommande genomgångar med personalen om lämpliga vädringsrutiner.
- o Tilluft via uteluftsventilerat kryprum måste betraktas som en risklösning, som inte kan rekommenderas - även om det för närvarande tycks fungera i Fredkullaskolan. Riskerna är radoninträngning från mark och mikrobiell påväxt i kryprum, som kan ge lukt och lättflyktiga föroreningar från mikroberna till inneluften.
- o Fuktproblemen blir annorlunda, särskilt i lösningar med jordförlagt tilluftsintag. En studie av detta pågår i ett särskilt projekt som drivs av SP, Åke Blomsterberg. Där studeras även risker för fukt i klimatskärmen, som skulle kunna bli följderna av långvariga övertryck. Denna risk i samband med självdrag är allra störst i en- och enhalvplanshus som har uteluftsventiler och saknar taklanterninöppningar och ångspärr.
- o I lösningar med tilluft via jordrör, kulvertar och tegelkanaler tillkommer risken att **ytorna som tilluften passerar** inte hålls rena. Avsaknaden av filter ger extra stor dammavsättning, samtidigt som fuktbelastningen på ytorna är stor. Krav bör ställas både på inspektionsbarhet och på val av ytskikt som är lätt rengörbara, men som samtidigt inte motverkar de fuktbufferingseffekter man önskar uppnå. Här behövs utveckling av bättre lösningar och materialkombinationer. Man bör också se upp med placering av brunnar för uppsamling av kondensvatten. Stående vatten kan bli infekterat och bör inte stå i direkt förbindelse med tilluftens

passagevägar.

- o Det finns en risk att jordrör för tilluft, som består av skarvade betongrör och ligger någon meter under mark, knäcks om tunga fordon körs på marken ovanför, t ex traktorer för markarbeten. Detta kan ge sprickbildningar som gör att vatten och radon läcker in. Marken ovanför sådana uteluftsintag bör därför spärras av från all form av tung belastning. Även risken för tjälskjutningar måste beaktas. Lösning med jordrör bör inte väljas vid lokalisering på mark med hög radongenomsläpplighet.
- o Svårigheter att kontrollera tryckförhållandena i byggnaderna kan ge upphov till oönskad spridning av lukter och föroreningar. Extra uppmärksamhet måste ägnas detta förhållande redan på planeringsstadiet.
- o Uteluftsintag hamnar gärna nära marken i dessa lösningar. Det gäller både de skolor som har uteluftsintag via jordrör, källarvåningar och via fönsterventiler. Detta ökar risken för att bilavgaser och radon kan transporteras in i rummen med tilluften. Uteluftsintagens placering måste övervägas noga.
- o Svårigheter att filtrera luften (dock är det möjligt) kan ge upphov till oönskad dammbildning i byggnaden under speciella omständigheter och yttre förutsättningar. Bra elektrostatfilter eller andra filter som ger lågt tryckfall och därför kan användas, finns på marknaden idag.
- o Höga rumshöjder och snedställning av tak kräver extra omsorg om akustiken för att inte få för lång efterklangstid och ojämn akustik i rummets olika delar.
- o Risken för överhörning mellan klassrum (via kulverten) måste beaktas i kulvertlösningar.

5. Vilka fördelar finns med att använda sig av självdrag i skolor?

- o Ventilationen i de rena självdragsskolorna är mycket tyst. Den ger således ingen huvudvärk och stör inte taluppfattning och inlärningsförmåga.
- o Personal och elever i de nybyggda skolorna har stora möjligheter att påverka rumsklimatet och lär sig förstå termik och vindkraft genom att styra öppnandet av takluckor åt öster eller väster, eller ett fasadfönster eller ett uteluftspjäll, allt beroende på för tillfället rådande utetemperaturer och vindförhållanden. De bästa lösningarna har kompletterats med en viss automatik som "hjälp för minnet", men som inte utesluter manuell påverkan.
- o I de nybyggda självdragsskolorna är behovsstyrningen av luften en naturlig konsekvens av den valda systemlösningen. Ventilationen sätter igång när lanerniner eller frånluftspjäll öppnas, vilket sker när elever och personal använder rummen, d v s den luft som tas in nyttjas effektivt.

- o Ventilationslösningar av denna typ skärper kravet på ett systemtänkande, där hela byggnaden, inte bara installationerna, aktivt förutsätts bidra till ett bra inneklimat. Detta, att t ex mer nyttja materialens klimategenskaper, och se byggnaden som en helhet av samverkande delar, är ett tänkande som också behöver utvecklas i allt byggande.
- o Skolorna visar på intressanta möjligheter att i högre utsträckning än idag, använda förnybara energikällor som termik, vindtryck och jordvärme, samt att nyttja jordkyla sommartid. De visar också på goda möjligheter att kombinera fläktar och självdrag - istället för att ställa dessa i ett motsatsförhållande. Men det kräver, liksom vid all byggnadsplanering, noggrannhet i kravformulering, projektering och utförande för att slutresultatet ska bli en god och hälsosam inomhusmiljö. Och det kräver genomtänkta skötselrutiner.
- o De snedställda taken och höga rumshöjderna som ingår som en viktig förutsättning i ventilationslösningarna i enplanbyggnaderna, ger också en arkitektonisk kvalitet.

6. Hur står sig skolor med ventilation som använder självdrag jämfört med konventionella FTX-lösningar, när det gäller energianvändning och kostnader?

Energianalyser har gjorts, där självdragsskolorna jämförts med om motsvarande lokaler ventilerats med FTX-system (Avsnitt 5.5.1). Vissa mätningar av energianvändning har också utgjort underlag för analyserna. (Avsnitt 5.5.2).

Slutsatsen är att de studerade **nybyggda** skolornas systemlösning står sig väl energimässigt. Den något lägre luftväxlingen på vintern och den lägre elanvändningen för fläktar kompenseras i samtliga nybyggnadsfall den förlust i energianvändning som görs genom avsaknaden av värmeåtervinning ur frånluften. Man kan säga att det ur energisynpunkt finns en poäng genom att den luft som tas in och värms styrs med närvaro"automatik" till de rum som för tillfället används. Detta sker antingen genom att läraren öppnar lanterninfönster manuellt när hon/han ska ha lektion i rummet och stänger när klassrummet inte används (Fredkullaskolan och de flesta rum i Risebergaskolan), eller genom reglerutrustning som öppnar spjäll i frånluften eller lanterninfönster när givare känner av en temperaturstegring eller ökning av CO₂-halt (Garda skola och något rum i Risebergaskolan).

I de **ombyggda** skolorna är energianvändningen, enligt våra beräkningar, något högre än om FTX-ventilation skulle ha installerats. Samtidigt var investeringskostnaden i de ombyggda skolorna så pass mycket lägre att den årliga totalkostnaden blev något lägre än om FTX-system hade valts.

För de nybyggda skolorna ligger investeringskostnaderna inom samma intervall som mer traditionellt byggda skolor. Fredkullaskolan kostade 5385 kr/m² BTA (grunden var befintlig), Garda skola 6.700 kr/m² BTA Risebergaskolan 10.600 kr/m² BTA och Länna skola 10.350 kr/m² BTA. Allt angivet exklusive moms i 1992/93 års prisnivå.

När det gäller driftskostnader för de nybyggda skolorna har det endast gått att få fram underlag för Garda skola. Driftskostnaden för Garda skola var år 1995 180 kr/m² bruksarea. Den totala kostnaden, inklusive årliga kostnader för investering, internränta, avskrivning, försäkring, fastighetservice, energianvändning var 1.100 kr/m² bruksarea (Avsnitt 7, Garda skola). Låga underhållskostnader för ventilationen utgör en pluspost. Det är emellertid inte så att denna typ av ventilation är helt underhållsfri. Personalen måste också få återkommande information om hur ventilationen fungerar.

7. Vilka villkor kan ställas på befintliga byggnader, för att inomhusmiljön ska klassas som tillfredställande? Klarar dessa skolor normkraven - och, klarar normkraven dessa skolor?

I rapportens avsnitt 5.2 ställdes följande fem villkor för en bra inomhusmiljö, som fått ligga till grund för bedömningen av de studerade skolorna:

1. att det vid enkätundersökning, i förhållande till referenser, inte förekommer onormalt höga besvärshäufigheter för SBS-symptom (sjukahussymptom) som elever och personal kopplar till byggnaden.
2. att minst 80% av elever och personal översiktligt bedömer luftkvaliteten, värmekomforten, ljud- och ljusförhållandena samt städningen i skolan som "bra" eller "acceptabla", till skillnad från "dåliga". För luftkvalitet, värmekomfort och städning ska detta även gälla allergikerna.
3. att inte fler än 20% **ofta** besväras av stickande lukt, tobaksrök, bilavgaser, andra lukter eller statisk elektricitet, som kan vara tecken på ohälsosam inomhusmiljö. Ingen ska heller **ofta** vara besvärad av mögellukt.
4. att det inte förekommer icke-förnimbara störningar i form av t ex hög joniserande strålning eller magnetisk flödestäthet, som kan innebära en risk för hälsan.
5. att det finns möjlighet för brukarna att påverka sin inomhusmiljö efter verksamhet, personbelastning och yttre förutsättningar.

I avsnitt 5 gjordes en genomgång av den statliga strukturen av föreskrifter och råd som är aktuella för skolbyggnader. Nedan sammanfattas i en tabell - på ett mycket schematiskt sätt - hur de olika skolorna klarar villkoren som ställts, dels i projektet, dels i de olika myndigheternas föreskrifter och rekommendationer.

Det framgår av tabellen att ingen skolbyggnad lyckats klara alla olika krav som ställts på luftkvaliteten från både projektet och myndigheter. Sammanställningen får ses som ett inlägg i diskussionen om hur normer skulle kunna utvecklas till att bli bättre som funktionskrav genom att vara mer teknikneutrala och mer i samklang med brukarnas uppfattning. De villkor 1-5 som formulerats för projektet är användbara i **befintliga skolor**, där många personer som kan besvara en enkät finns i rummen. Att formulera **programkrav** för god luftkvalitet är svårare, då de måste vara uttryckta så att de kan användas under projekteringen för

dimensionering. Ett första steg i riktning mot att få fram sådana funktionskrav är emellertid att studera gränslandet mellan normer och upplevd innemiljö i olika tekniska lösningar, vilket varit ett av syftena med denna studie.

Många praktikfall visar (16) att, en byggnad som följer alla normer, kan vara en sjuk byggnad. Denna studie visar att, en byggnad som inte i alla avseenden följer myndighetskraven, kan upplevas som en sund byggnad.

I avsnitt 7 redovisas varje skola detaljerat med beskrivning av byggnaderna och deras ventilationssystem och resultaten från utvärderingen. Under slutsatserna för respektive objekt ges också en utvärdering av den valda tekniken och diskussion förs om framtida utvecklingsmöjligheter.

Till sist, analysen av de sju skolorna visar sammantaget på många olika sätt att nyttja termik och vindtryck och på att kombinera dessa naturkrafter med fläktar. Det förefaller också som om, de möjligheter för brukarna att påverka inneklimatet som lösningarna ger, inverkar positivt på klimatupplevelsen. Självdragsventilation är ju i sig ingen ny teknik, den kan tvärtom betecknas som en gammal beprövad lösning. Den har emellertid, hamnat i en ny miljö som ger nya förutsättningar, t ex i mycket mer välisolerade hus, vilket ställer nya frågor om fukt. Den lägre luftväxlingen skärper inte bara kravet på dimensionering för fukt och värmelaster utan också på val av byggmaterial med låg emission. De ytskiktmaterial som normalt används idag innehåller betydligt mer kemiska tillsatser än de gamla byggvarorna. Som med alla material och all teknik som prövas i nya sammanhang är det därför klokt att skynda långsamt och ta vara på alla tillfällen till erfarenhetsåterföring.

Tabell 20: Hur de studerade skolorna uppfyller projektets villkor respektive myndighetskrav/råd om luftkvalitet.

Uppfylls=X, Uppfylls delvis eller nästan= /, Uppfylls inte= -

Typ av villkor	Garda	Länna	Fred- kulla	Rise- berga	Gamla lrv	Karls- hov	Lindö
Projektets villkor							
o 1	X	X	X	X	-	X	X
o 2	X	X	X	X	-	X ¹⁾	X
o 3	X	X	f ²⁾	f ²⁾	-	f ³⁾	f ⁴⁾
o 4	X	f ⁵⁾	X	X	X	X	X
o 5	X	X	X	X	-	/	/
BBR94							
Krav:							
oMin 0,35 l/s,m ²	X	X	X	X	X	X	X
Råd:							
o7 l/s,p	/	/	-	/	/	/	/
ASS och Soc.styr.							
o<1000 pmm CO ₂	/	/	-	-	/	/	/
Soc.styr.							
oMin 4 l/s,p	X	X	/	X	X	X	X
oAbsolut luftfukt- ighet < 7 g/kg							
X	X	/	X	X	X	X	X
Boverkets Handbok							
oAllmänna föruts.	X	X	X	X	X ⁶⁾	X ⁶⁾	X ⁶⁾
oEj bygga vent. på fönster- vädring							
/	-	-	-	X	X	X	

1) Endast 75% av allergikerna tyckte att städningen var "bra" eller "acceptabel".

2) Liten andel tycker att det luktar illa ibland.

3) Höga besvär av statisk elektricitet i något rum.

4) Liten andel, ca 20%, tycker att det luktar avgaser (Gäller många i ett klassrum).

5) Förhöjda magnetfält i förhållande till bakgrunds nivå.

6) Boverkets krav på energihushållning enligt BBR 9:3 gäller ej ombyggnader.

6.2 Rekommendationer

Gör kravspecifikation för inomhusklimatet

- o Ställ genomtänkta mål för inneklimatet, så teknikneutrala som möjligt och med människans klimatupplevelse i åtanke. Målen måste gå att följa upp i den färdiga byggnaden.

Fuktdimensionera

- o Fuktdimensionera alla kritiska konstruktioner. Särskilt viktigt med nya lösningar, som jord-eller kulvertförlagd tilluft.

Kontrollera markens radongenomsläpplighet

- o Skaffa information om markens radongenomsläpplighet på tomten redan vid planeringsstart. Information kan finnas på Miljöförvaltningen.

Vidta åtgärder mot överskottsvärme

- o Planera för nattkylning av byggnaden, med tex sänkt värme på vintern och kylning med ventilationen på sommaren.
- o Utanpåliggande och påverkbar solavskärmning i soliga väderstreck.

Omsorgsfullt materialval

- o Välj byggmaterial och inredning med låg emission.
- o Välj temperatur- och fuktutjämnande material.

Planera för lätt och rätt städning

- o Besiktning- och rengörbara tilluftsvägar.
- o Detaljutformning/ytskikt som hindrar dammsamling.
- o Städmetoder och städmedel som är miljö- och allergianpassade.
- o Utforma ytskikt i alla tilluftsvägar lätt rengörbara och planera in bra rengöringsutrustning, t ex centralsugare i kulvert.

Beakta risk för luftläckning mellan rum

- o Tänk igenom planlösningen med hänsyn till rum som kan självdragsventileras respektive rum som behöver mekanisk ventilation. Önskat luftläckning kan uppstå mellan utrymmen med olika ventilationsprinciper. Gör helst sammanhängande zoner av rum med samma ventilationsprinciper och avskiljdhet med "slussar" eller branddörrar (dörrar som hålls stängda) mellan utrymmen med olika ventilationsprinciper.

Välj renaste uteluft

- o Tänk igenom uteluftsintagens placering med hänsyn till att renast tänkbara luft ska tas in. Var ligger bilparkeringar, busshållplatser,

industrier e t c som kan störa?

Vindtryck - var, när, hur?

- o Om vindtryck ska nyttjas:
 - Skaffa information om vindförhållanden på platsen. Förhärskande vindriktning? Vanliga vindhastigheter? SMHI har statistik. Platskorrigerigering kan behöva göras. Räkna på olika ventilationsfall beroende på uteklimat. Vilket bidrag respektive vilken flödesförlust kan vinden stå för?
 - Tänk på lanterninfönsters eller frånluftsutsläpps utformning och placering i förhållande till förhärskande vindriktning. Tänk igenom olika driftfall: När önskas maximalt vindsug? När behövs skydd mot vinden? När går luften både in och ut genom lanterninfönster?
 - Sätt upp vimplar, flaggor eller liknande centralt på gården som hjälper personalen med vindriktningen.

Termik - var, när, hur?

- o Om termisk stigning ska utgöra den huvudsakliga drivkraften för ventilationen:
 - För dimensionering, räkna på olika ventilationsfall beroende på uteklimat. Vilket bidrag respektive flödesförlust kan termiken stå för. Studera vilka situationer som kan uppstå sommar respektive vinter.
 - Vilka zoner i olika rum kan utsättas för övertryck som måste beaktas vid tak- och väggkonstruktion för att undvika diffusion.
 - Åstadkom så låga tryckfall i till- och frånluftsvägar att termiken kan nyttjas maximalt.
 - Försök åstadkomma så stort avstånd som möjligt mellan uteluftsintag (där luften tas in och värms upp) och avluftutsläpp.
 - Tänk igenom en strategi för att förhindra överventilation, som kan inträffa vid låg utetemperatur och kraftig vind.

Säkra ett grundflöde nätter och helger

- o Säkra ett visst grundflöde även nattetid och helger. Detta är en säkerhetsåtgärd mot fuktskador i byggnaden och ger en bättre morgonluft. Det kan lösas t ex genom att använda fläktar med låg effekt för WC, pentryn och torkskåp. Med hjälp av överluftsdon till klassrum skapas då ett grundflöde även här. Det kan också lösas genom att lanterninfönster öppnas med reglerteknik vissa tider under natt/helger.

Utred akustiska frågor

- o Tänk igenom akustiska frågor, risk för överhörning mellan rum?

Efterklangstider i olika delar av klassrummet om snedtak används.

Välj filterstrategi

- o Tänk igenom om filter behövs och vilken typ som i så fall kan användas utan att störa termiken.

Välj robusta och lättmanövrerade vädringsreglage

- o Tänk på att lanterninfönstrens öppnings- och stängningsfunktion är lika viktig i en självdragsbyggnad som fläktens funktion i ett FTX-system. Välj därför robusta och lättmanövrerade reglage, med god och snabb leverans av reservdelar om de går sönder. Använd uteluftsdon som kan rengöras och på vilka luftmängden kan regleras.

Placera takfönster synbara nerifrån

- o Placera lanterninfönster så att det syns nerifrån klassrummet om de är öppna eller stängda.

Underskatta inte behovet av drift och underhåll av ventilationen

- o Lägg upp program och rutiner för omställning av ventilationen från sommar- till vinterförhållanden, för hur den utrustning som ingår i självdragssystemet (t ex motorer, vevar, linor för öppning av lanterninfönster, reglerutrustning, givare) ska hållas i funktion.

Ge återkommande information till personal och elever

- o Ha ett program för hur personalen regelbundet ska få information om hur de ska vädra eller i övrigt kan påverka ventilationen. Se till att informationen förs vidare till eleverna.

7. Beskrivning och utvärdering av de enskilda skolorna

I detta avsnitt beskrivs varje skola för sig, och de utvärderingsresultat som framkommit presenteras i direkt anslutning till beskrivningen. Varje skolbyggnads utformning och utvärdering beskrivs under följande rubriker:

Förblad

Fakta
Lokalisering

Beskrivning

Utgångspunkter vid planeringen
Mål och krav för byggprojektet
Byggnadsutformning, konstruktion, material
Värme och ventilation

Utvärdering

Enkätresultat
Mätresultat
Arkitektur
Energianalys
Kommunens erfarenheter

Slutsatser

Innemiljö
Teknik
Drift och underhåll
Energianvändning
Kostnader

Under Utvärdering, Enkätresultat, redovisas diagram över miljöbedömning i stort (Helhetsbedömning), Luftkvalitet detaljerat, Värmekomfort detaljerat samt diagram över hälsa. Detaljerade frågor har också ställts om ljud- och ljusförhållanden. När det gäller ljusförhållanden redovisas detta endast som en stapel i Helhetsbedömningen, då det bedömts ligga utanför analysen av ventilationssystemet. När det gäller ljud-detaljerat har inga diagram framställts som illustrerar resultatet. Däremot har frekvenstabellerna för ljud-detaljerat använts i analysen och kommenteras i texten. För den intresserade finns frekvenstabeller, med siffervärden över resultaten för såväl luftkvalitet, värmekomfort, ljudförhållanden och hälsa detaljredovisade i Rapportbilagan på BYGGDOK (17).

- 7.1 Garda skola, Gotland - Nybyggnad**
- 7.2 Länna skola, Norrtälje - Nybyggnad**
- 7.3 Fredkullaskolan, Kungälv - Nybyggnad**
- 7.4 Risebergaskolan, Malmö - Nybyggnad**
- 7.5 Gamla läroverket, Hudiksvall -
Ombyggnad**
- 7.6 Karlshovsskolan, Norrköping -
Ombyggnad**
- 7.7 Lindöskolan, Norrköping - Ombyggnad**

7.1 Garda skola, Gotland - Nybyggnad



Foto: Bo Gruselius. Tidningen Allergia.

Garda skola, Gotland

FAKTA

VERKSAMHETEN

LM-skola med 6 klasser och förskola. Nybyggnad intill befintlig idrottshall. Totalt 126 elever och 21 förskolebarn.

INFLYTTNING

Augusti 1994.

STUDERAD BYGGNAD

Nybyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre: Gotlands kommun.

Nyttjare: Barn- och utbildningsförvaltningen, Gotlands kommun.

Konsulter:

Projektledning:

Carl R. Sånghus,

Fastighetskontoret, Gotland.

Arkitekt, konstruktör: Olle Jacobsson, Gutepro AB.

VVS: Värmetekniska Byrån AB.

El: Gotlands Elkonsult AB.

ENTREPRENADFORM

Styrd totalentreprenad.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 1652 m².

Total bruksarea: 1561 m².

Produktionskostnad: 11,2 Mkr i 1994 års prisnivå (exklusive moms).

Kvadratmeterkostnad:

6700 kr/m² BTA.

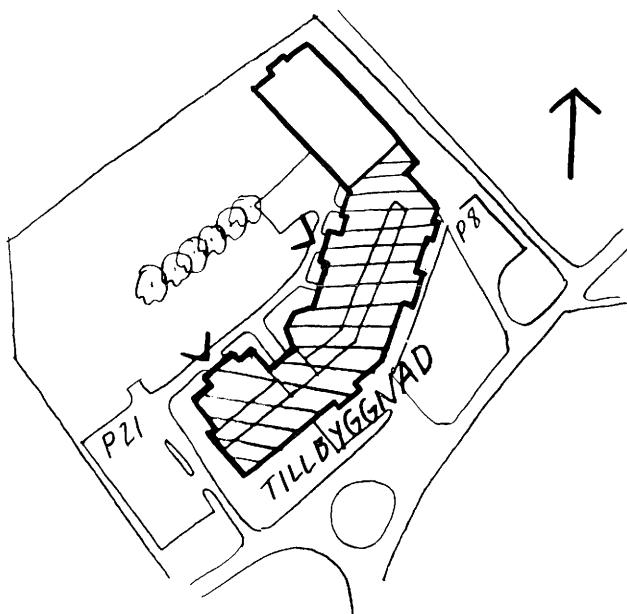
7100 kr/m² BRA.

LOKALISERING

Skolan ligger i anslutning till en av Gotlands medeltida kyrkor i Garda Kyrkby på södra Gotland. Gårdsmiljön är lantlig och utan föroreningar. Sydvästen är den förhärskande vindriktningen.



Exteriör från skolgården



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Garda skola hade i utgångsläget en mindre skolbyggnad från 1875 samt en idrottshall, byggd 1986. Den gamla skolbyggnaden var till-och ombyggd på ett sådant sätt att besvärande invändiga nivåskillnader fanns samt att takhöjden på övervåningen var för låg. Av dessa skäl gick det inte att integrera den gamla skolan med den planerade nya.

Nybyggnaden, som är en enplanbyggnad, skulle, utöver den befintliga idrottshallen, ha följande funktioner:

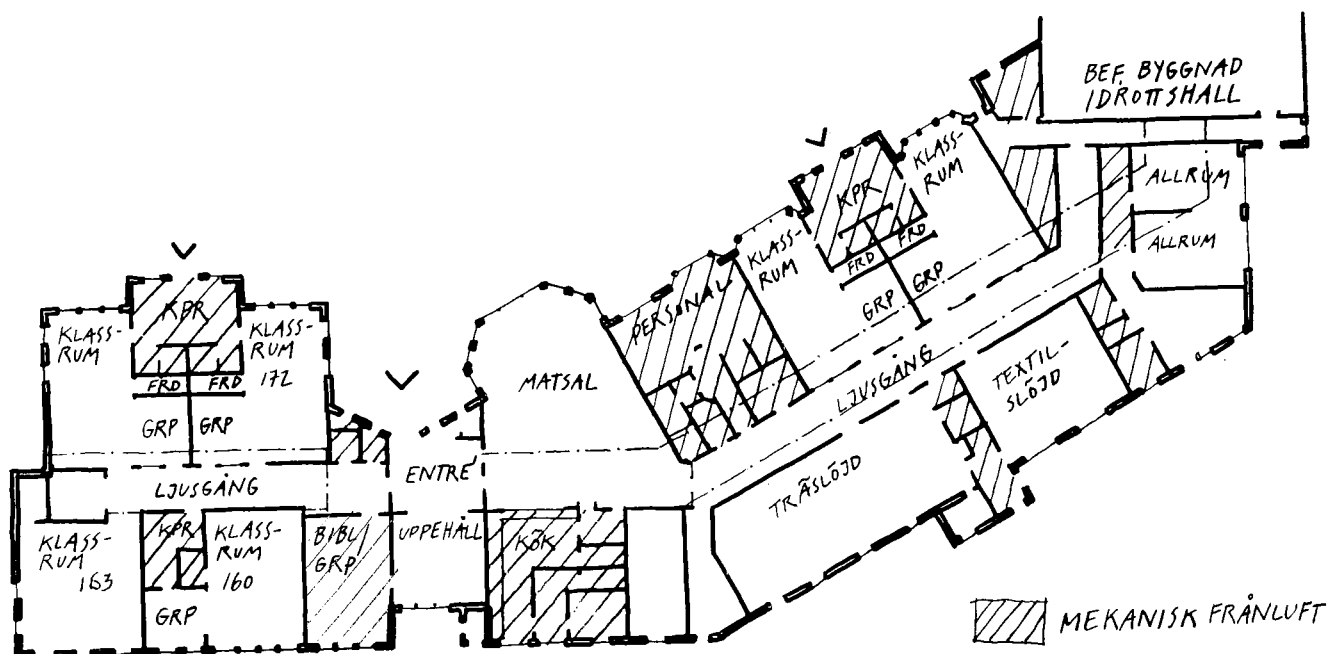
- Klassrum, 6 st.
- Grupprum, 6 st.
- Ett materialrum i varje klassrum.
- Bibliotek (tänkt i kombination med data).
- Textilslöjd.

- Träslöjd.
- Matsal.
- Mottagningskök
- Rum för skolsköterska+speciallärare.
- Lärarrum.
- Expedition.
- Centralt materialrum.
- Entréer, kapprum, toaletter.
- Förskola.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

De mål för **inomhusklimatet** som sattes upp var:

- o Att rumstemperaturen skulle hållas kring 20°C.
- o Att CO₂-halten skulle kunna hållas under 1.000 ppm utan fönstervädning.
- o Att föroreningar i rumsluften minimeras.
- o Låga bakgrundsljud, god hörbarhet.
- o Ljushöjden/belysning enligt Ljuskulturs rapport 1990. Rikligt med dagsljusbelysning.



Plan, skala 1:500.

För **energianvändningen** ställdes målet att denna inte skulle vara högre än genomsnittet för kommunens fastigheter.

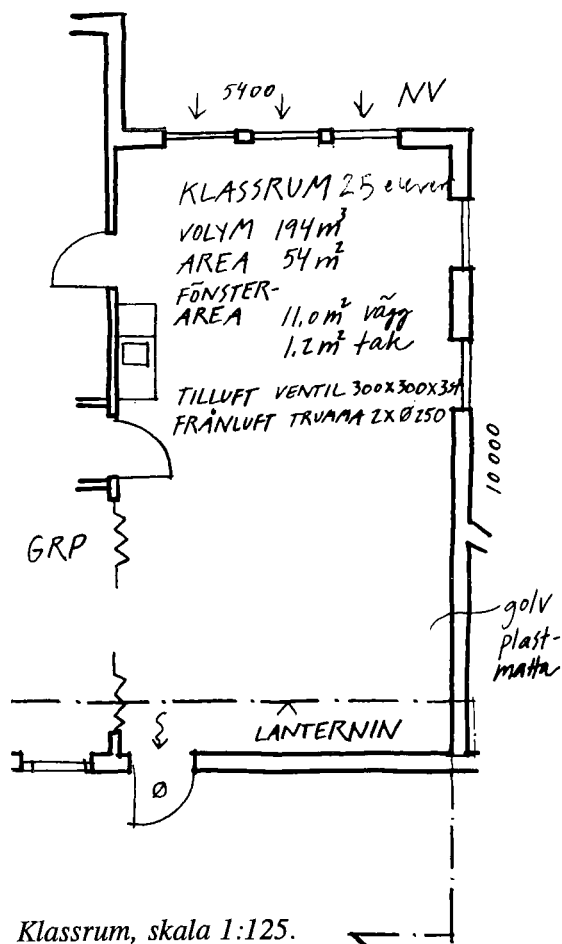
För **drift- och underhåll** sattes målet att det skulle vara lägre kostnader än normalt i kommunens fastigheter.

Flera **krav på utformning, teknik- och materialval** ställdes också upp i ett tidigt skede:

- o Stor volym.
- o Tung stomme.
- o Naturlig ventilation.
- o Indikering för dålig luftkvalitet och för hög rumstemperatur.
- o Toaletter och kök förses med frånluftssystem.
- o Intag av luft kortaste vägen in, bakom radiator. Jalousiventiler.
- o Vädringsluckor i fönster, två per klassrum.
- o Takfönster, helst i lanternin, manuellt manövrerade.
- o Varmt golv i förskolan. Golv på mark förses med rejält kapilärbrytande skikt med isolering.
- o Lågemitterande material.
- o Växtval med tanke på allergiker.
- o Centraldammsugare.
- o Beslag av mässing eller trä.
- o Färgsättning för synskadade.
- o Konstruktioner löses så att plastfolie undviks.
- o Mineralull används endast i inkapslad form.

Byggnadsnämnden ställde som enda krav att inneklimatet skulle följas upp och åtgärdas om det visade sig att målen inte klarades.

För **Brandskydd** krävdes sektionering så att korridoren utgjorde en egen brandcell, daghemmet, matsal-kök och 2-3 klassrum blev vardera en egen brandcell.



BYGGNADSUTFORMNING

KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Grundläggning: Betongplatta på mark, därunder 2st 80 cellplastskivor som kapillärbrytande skikt. Underst 20 cm singel. Plattan torkades ut omsorgfullt.

Stomme: Fasadvägg av förtillverkade betongelement från Gotland. Inifrån: Btg 100 mm + mineralullsisolering 170 mm + btg 50 mm (blästrat till en spritputsliknande yta). Bärande hjärtvägg 200 mm betong. Invändigt är ytterväggarna klädda med glasfiberväv, Microlite, som målats med latexfärg.

Golv: PVC-matta (Tarkett Eminent) i klassrum, förskola och våtrum. Klinker i bruk i entréer, kapprum och ljusgång.

Mellanväggar: Gipsskivor på stålreglar. Målade glasfiberväv, Microlite.

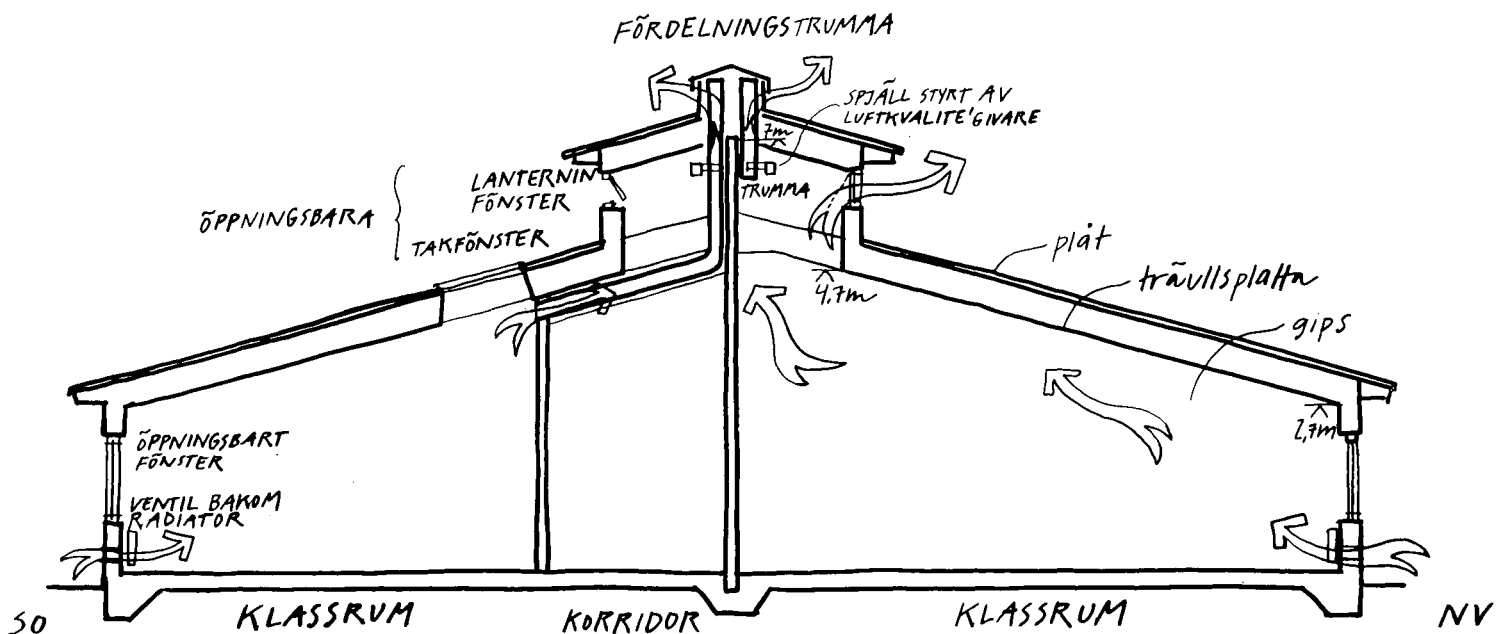
Färg: På väv och gips; Latexfärg, Scotte.

Tak: Kertobalkar (plywood) c/c 1200. Sekundärbärverk med träullsplatta 30 mm alt. gipsskivor. Ovanför denna en "Windyduk", 500 Ekofiber (pappersbaserad), en Windyduk till, luftspalt, 16 Plyfa (plywood) underlagsskiva samt ytterst, rödlackerad stålplåt.

Garda skola har således en tung stomme med hjärtvägg och en lufttät klimatskärm, utan plastfolie.

Den bågformade byggnaden har rum runt en mittkorridor, vilket innebär att lektionssalarna är förlagda med fönster i olika vädersträck, de flesta mot ost, sydost och väst, nordväst. Taket i klassrummen är lutande, från 2,7 m vid fasad till 4,7 m vid lanterninens början. Taket högst uppe i den del av klassrummet som sträcker sig in i lanterninen är 7 m. Barnomsorgens allrum är orienterade mot nordost.

De flesta klassrummen, som är avsedda för 25 elever, har en yta på 54 m² med ett direktanslutet grupprum på 15 m² - och en



Sektion, skala 1:125.

volym på 194 resp. 60 m³.

Fönstren är av treglastyp med träkarmar invändigt och aluminiumbeklädnad utvändigt.

Materialvalet är anpassat för allergiker. Handtag och beslag är av trä eller mässing. Färgvalet har gjorts med hänsyn till synskadade. Konstnärlig utsmyckning, bl a en lekskulptur med stendjur samt färgsättning, är utförd av Gardakonstären Åsa Ardin-Kedja.

VÄRME OCH VENTILATION

Värmesystem

Byggnaden värms med kapslade elradiatorer (inga fria glödtrådar). Fjärrvärme saknas. Radiatorerna har elektroniska termostater. Förskolan har golvvärme (Legaletgrund, med ett slutet system av luftkanaler i plattan).

Vid dimensionering av värmesystemet var DUT = 14°C och inomhustemperaturen 20°C.

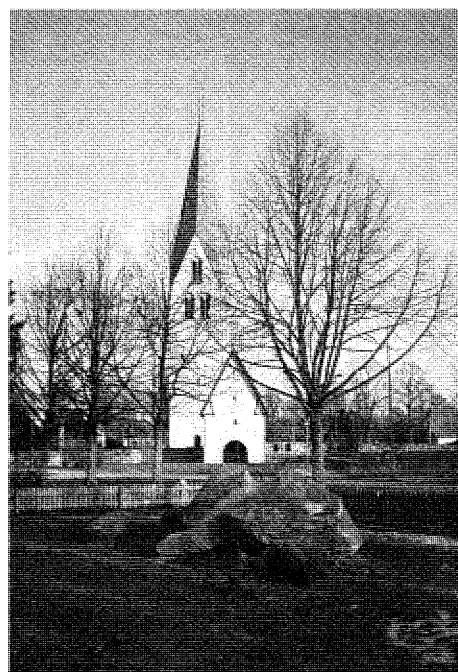
Solavskärmning kan åstadkommas i klassrummen, dels med persienner mellan glasen, dels med mörkläggningsgardiner. Ingen utvändig solavskärmning finns. Goda värdringsmöjligheter finns om det blir för varmt (se nedan under ventilation).

Den tunga stommen verkar temperatur-utjämnande. Nattsänkning av temperaturen tillämpas. Betongytterväggarna och hjärtväggen kyls då ned. Under dagen mottar stommen värmeöverskottet från klassrummen.

Ventilationsprincip

Garda skola ventileras huvudsakligen med självdrag. I entréer/kaprum (över torkskåp) samt på toaletter finns dock frånluftsfläktar och frånluftsdon som försörjer byggnaden med ett grundflöde, dygnet runt, på 0,35 l/s,m². Klassrum/grupprum har överluftsdon mot kaprum.

Tak- och lanterninfönster ger, förutom ljus,



Åsa Ardin-Kedjas lekskulptur framför Garda kyrka är utsikten från vissa klassrum.



Bokförvaring i skåp med glasörrar minskar dammproblemen - och städ-kostnaderna.

ljus, en möjlighet att förstärka luftväxlingen när så erfordras.

Köket samt näraliggande bibliotek har F-ventilation. Med den babyboom som kom ändrades "biblioteket" till "mindre klassrum" under byggtidens slutskede. Därför tillkom förstärkning med tyristorstyrd F-fläkt.

Träslöjden har spånsugar och elktrostatfilter, i övrigt självdrag, förutom den lilla grundventilation som finns i hela huset.

Den äldre idrottshallen, som inte ingår i studien, har FTX-system.

Till skillnad från i Fredkulla- och Risebergaskolorna har man, vid projekteringen av Garda skola, strävat efter kortast möjliga "kanalvandring" för luften och sett detta som en av de stora vinsterna med en självdragslösning.

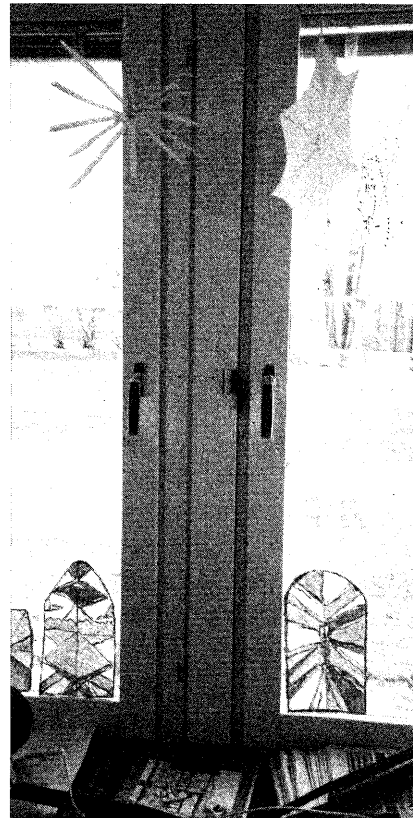
Tilluften

Garda skola har uteluftsintag i fasaden bakom radiator, 3 st 20x20 cm per klassrum. Ventilerna är upp- och nedvända Maico-don (vända för att få en något uppåtgående luftström). Möjlighet finns att styra hur mycket luft som kommer in. På vintern sätts täckplåtar för en del av öppningen, så att den bara blir 10x10 cm, för att begränsa flödet när det är kallt ute och den termiska drivkraften är stor. Ventilerna har också jalousislutare som personalen själva kan reglera flödet med.

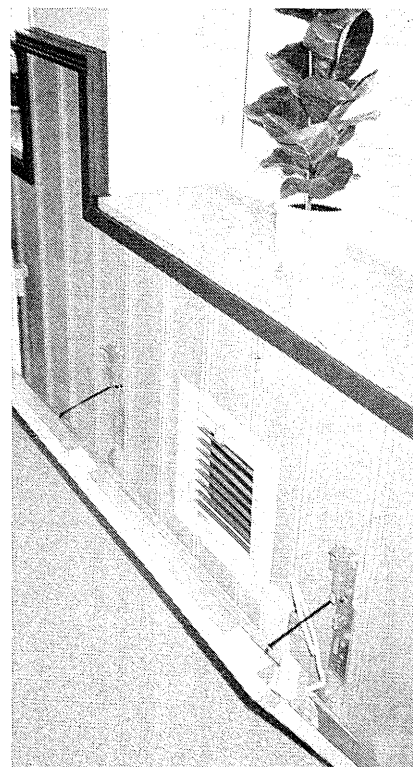
Uteluftventilerna har även i "slutet" läge en luftöppning, som nattetid, tillsammans med F-fläktarna, garanterar grundflödet på 0,35 l/s,m².

Det finns många möjligheter att fönstervädra. Det kan dels göras genom att öppna hela fönster i fasad, dels genom att öppna vädringsluckor vid sidan av stora fönstret, 2 vädringsluckor per klassrum.

Takfönster kan öppnas för kraftig utvädring. Dessa regleras med hjälp av linor och används mest under den varmare



Uteluftsventilen bakom den fällda elradiatorn. Jalousispjället regleras med en kort lina intill radiatorn.



Mellan de öppningsbara fasadfönstren sitter en smal vädringslucka.

årshalvan.

För att åstadkomma så lågt tryckfall som möjligt är filter inte monterade i uteluftsdonen. Plats finns dock för grovfilter.

Luften förvärms således inte annat än av elradiatorn. Genom att tilluften mestadels är kallare än rumsluften och takhöjderna är mycket generösa, fungerar ventilationen deplacerande. Luftrörelsen uppåt blir störst kring värmekällor, som elever och lärare. På så vis omsluts dessa av den yngsta, friskaste luften. Detta är en idé som legat bakom projekteringen och som man menar kan ge en bättre luftkvalitet för individerna än vad CO₂-mätningar i rummet visar.

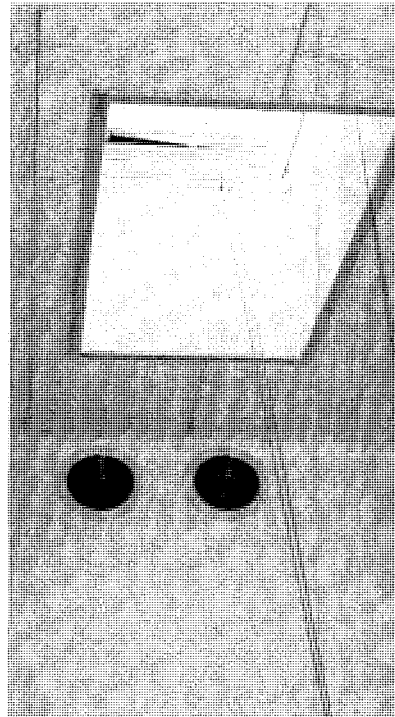
Man har från kommunens sida också tryckt på vikten av den stora luftvolym som byggnadens utformning ger och som skapar en buffert **ovanför** andningszonen för ansamlade föroreningar.

Frånluften

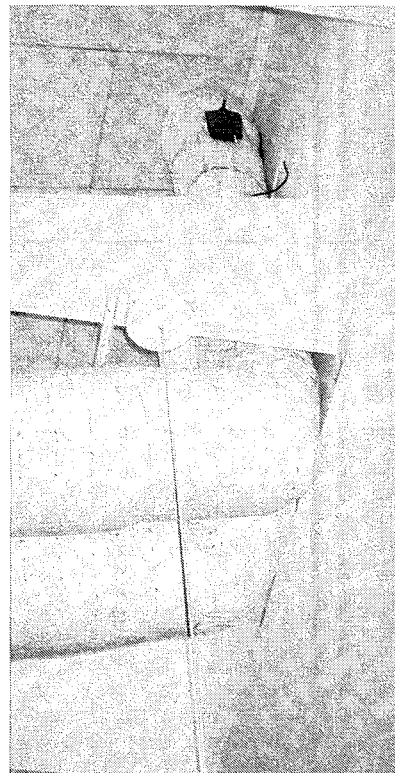
Garda skola har ett fläktstyrt grundflöde via toaletter och torkskåp som evakuerar 0,35 l/s,m² (19 l/s i klassrum = 68 m³/h = 0,4 oms/h). I klassrummets vägg mot kapprum/WC sitter ett överluftsdon för denna frånluft. I övrigt gäller självdrag i klassrum/grupprum.

Frånluften i självdragssystemet evakueras i rummets högsta punkt (ca 7 m) genom två stycken spirokanaler (diameter 16 cm) per klassrum och en per grupprum. Kanalerna mynnar i en längsgående lanternin och är där försedda med spjäll som öppnas automatiskt när en temperaturgivare i klassrummet registrerar en lufttemperatur över 20°C. I klassrummet finns också en "luftkvalitetsgivare". Givaren mäter en blandning av CO₂ och andra föroreningar (vilka är oklart). En lampa tänds i rummet när givaren mäter höga halter av denna blandning.

Spirokanalerna är dragna upp genom lanterninen och mynnar i på lanternintaket uppbyggd, längsgående kanal med en sektion som en s k kineshatt.



I de ostorienterade klassrummen finns öppningsbara takfönster. Under syns frånluftsdonen....



...som är anslutna till spirokanaler. Dessa för ut frånluften genom kineshatten på taknocken. Högst upp syns spjället, som styrs av temperaturgivare i klassrummet.

Denna ska förhindra att evakueringen störs av vindrörelser. Kineshatten erbjuder samtidigt en reservmöjlighet att lägga in ett fläktstyrt frånluftssystem - om självdraget skulle visa sig vara otillräckligt.

Takfönster finns i lanterninen, tre per klassrum och ett per grupprum i nordvästorienterade rum samt längs korridoren, och på snedtaket (två per klassrum) i sydostorienterade rum. Två lanternin- eller takfönster per klassrum är öppningsbara med hjälp av en lina. Lanterninfönstren är dock svåra att manövrera, då man inte ser dem nedifrån och därför har svårt att veta om man öppnat eller stängt. Tanken är att de ska kunna användas för att förstärka stackeffekten vid behov av stor luftväxling.

I träslöjden kan spånsugen även användas för att vid behov öka luftväxlingen. För att motverka ett av sugen förstärkt undertryck med påföljande luftläckage från andra rum, öppnas då vädringsluckor i fasad.

Värmeåtervinning ur frånluften saknas. Man har däremot satsat på att göra byggnadens klimatskärm extra välisolerad och med energisnåla fönster. Detta gör att man ändå uppnår god energieffektivitet.

De **drifrutiner** som utvecklats innebär att fönster och lanterniner stängs när ingen är i skolan. Frånluftsspjällen är stängda, eftersom nattsänkning av värmen tillämpas och spjällen öppnas först när temperaturen överstiger 20°C. Det lilla grundflödet som åstadkoms med F-fläktar för WC och torkskåp går emellertid dygnet runt och ger en grundventilation. Uteluft tas även nattetid in via uteluftsventilerna, som då står i minimiläge.

Elvärmen är inställd på nattsänkning till +14°C måndag till fredag kl 16.00-05.00 och lördag, söndag kl 00-24.00.

Läraren kan dock, genom att trycka på radiatorernas "solknapp" lokalt koppla bort nattsänkningen.



Matsalen är självdragsventilerad, men köket har frånluftsventilation.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i februari 1995. All personal och alla elever som var närvarande den aktuella dagen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i de nya lokalerna. De yngre eleverna (åk 3-4) fyllde i ett förenklat formulär.

Totalt besvarades enkäten av 129 personer, varav 17 var personal, 33 elever i åk 5-6 (åk 5 -) och 58 elever i lägre årskurser (åk - 4).

Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och könsfördelning bland personalen.

Garda skola, Enkätdatum: 1995-02-07

	Antal enkäter	Allergiker antal	%	Man/Kv antal
Personal	17	7	41	2/15
Elever				
åk -4	58	17	29	
Elever				
åk 5-	33	12	36	
Summa	108 ¹⁾	36 ¹⁾	34	

¹⁾ Utöver dessa svarande har 21 elever i åk 5 och 6 från Stånga skola, som har slöjd i Gardas skola, besvarat enkäten. 10 av dessa 21 elever hade allergi. Deras omdömen om Gardas skola tas endast med i bedömningen av miljöfaktorer, ej hälsa, eftersom de huvudsakligen vistas i Stånga skola.

Allergifrekvens

Andelen personer som har eller haft haft någon form av allergi var 41 % i personalgruppen och 36 % bland eleverna i åk 5 -, vilket för personalen är något högre än normalt. Andelen elever i åk - 4 som uppgav att de hade någon form av allergi



var 29%, vilket rätt väl motsvarar referenserna. En viss överfrekvens finns bland de yngsta eleverna för eksem (26%) och bland personalen för astma (18%).

Miljöbedömning i stort

I den översiktliga miljöbedömningen klassades samtliga parametrar som "bra" eller "acceptabla" av mellan 94% och 100% av alla (personal+elever), vilket är mycket bra (Diagram 1). Allergikerna gav något sämre omdöme om den termiska komforten (89%). I övrigt gav allergikerna i stort sett lika bra omdömen för luften, städningen och trivdes lika bra i skolan som alla andra. Resultatet, att 100% av allergikerna är nöjda med städningen är unikt!

Luftkvalitet detaljerat

Inte fler än 10% av personalgruppen och de äldre eleverna besvärades **ofta** (varje vecka) av torr, dammig, instängd luft, av lukter eller statisk elektricitet, vilket är ett mycket bra resultat (Diagram 2). Av "torr luft" besvärades emellertid 8% **ofta** och 45% **ibland**. Andra besvär som var rätt utbredda **ibland** var att luften var "instängd" (39%) och att det fanns "statisk elektricitet" (35%).

Bland de yngre eleverna besvärades inte fler än 5% **ofta** av någon efterfrågad parameter. 25% besvärades dock **ibland** av "instängd luft" och 20% av att de "fick stötar". (Diagram 3).

Att man vädrade minst en gång per dag uppgav 73% av personalen, medan 67% av eleverna tyckte att det alltid eller för det mesta var utvädrat i klassrummet.

Värmekomfort detaljerat

När det gäller värmekomforten besvärades inte fler än 20% av personalgruppen och de äldre eleverna **ofta** av att det var för kallt, för varmt eller dragigt. (Diagram 4).

Däremot besvärades 38% **ibland** av att det var för "kallt på morgonen" och 32% av att det **ibland** var "varmt på eftermiddagen", "kallt på em" eller "kallt

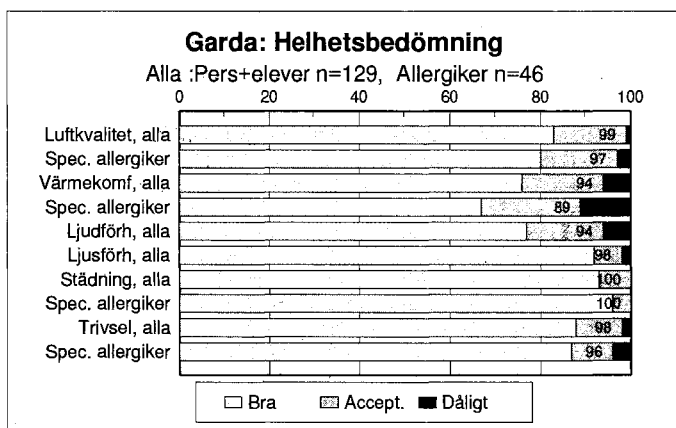


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

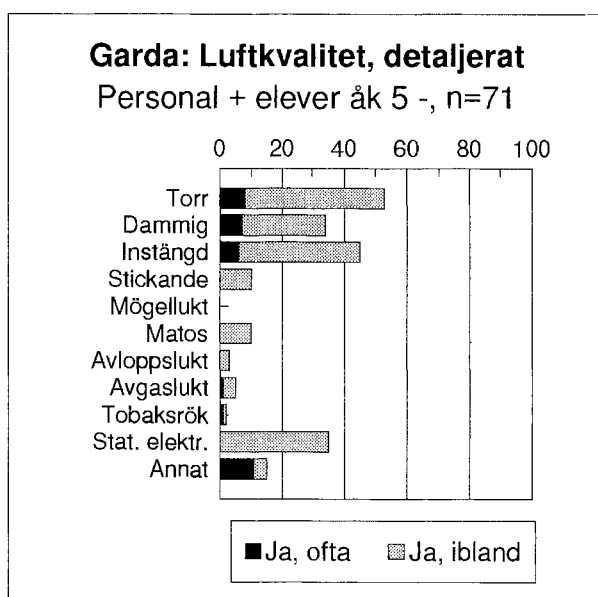


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppgav att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

vid golv".

Det är värt att notera att inte fler besvarades av "drag från ventil" med den systemlösning som valts i Garda skola.

Bland de yngre eleverna tyckte 47% att det **ofta** var "för kallt vid golv" och 21% att det var det **ibland** (Diagram 5). Drygt hälften besvarades också **ibland** av att det var "för varmt".

Sammantaget innebär detta att luftkvaliteten fick ett mycket bra omdöme, men värmekomforten ett något sämre, med kalla golv och kännbara temperaturväxlingar mellan "för varmt" och "för kallt" ibland. Vid enkättilfället gick de flesta eleverna i strumplåsten, en framgång för städningen, men inte helt bra för den termiska komforten. Nu har de flesta inneskor eller tofflor och elradiatorerna är riktigt injusterade, enligt uppgift från fastighetskontoret.

Ljud och buller

Något besvärande ljud från ventilationen eller från radiatorerna angavs inte i Garda skola. Däremot besvarades 17% av de yngre eleverna **ofta** av "ljud från intilliggande rum" och 64% gjorde detta **ibland**. Även bland personal och äldre elever besvarades 54% **ibland** av "ljud från angränsan de rum". Dörrarna till klassrummen brukar vara stängda under lektionstid. Ljudisoleringen mellan rummen var således inte helt tillfredställande. Detta kom även som en anmärkning vid slutbesiktningen, vilket ledde till åtgärder sommaren 1995.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara normalt höga besvärshänsor finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominanta i olika åldrar har personalen respektive elever i åk 5 - och i åk - 4 skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

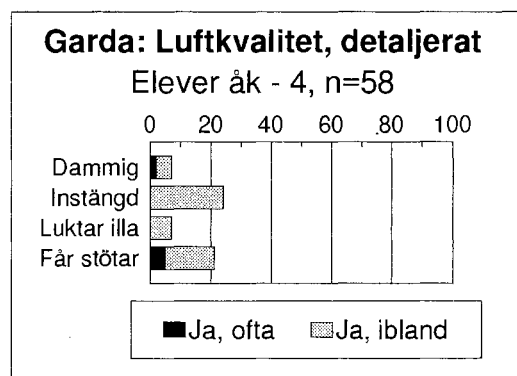


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet.

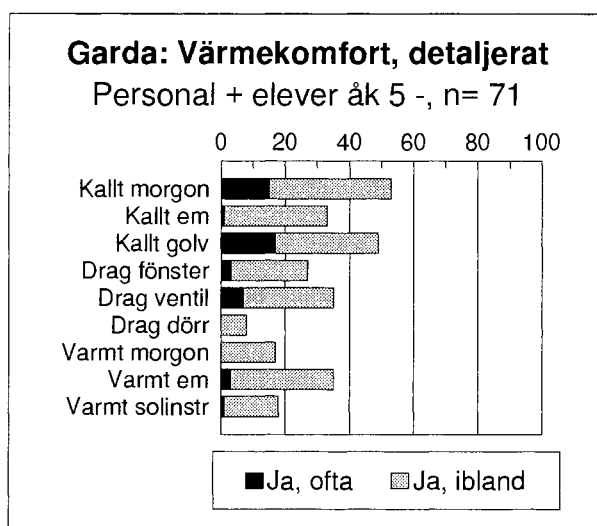


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besväras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

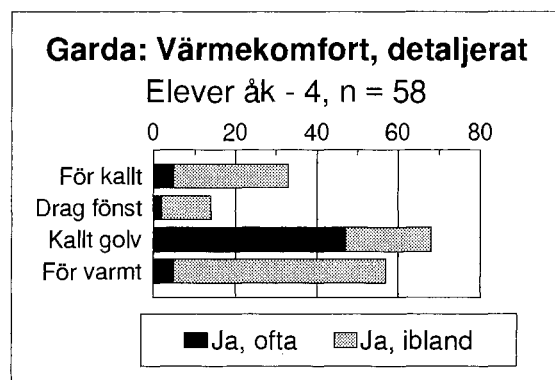


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet.

Besvärshänsen för personalgruppen, som endast består av 17 personer, var mycket låga (Diagram 6). De ligger betydligt lägre än referensvärdena. Av de 11 symptomen som efterfrågas var det endast ett ("heshet, halstorrhet") som en person relaterade till skollokaler.

Bland de äldre eleverna är alla besvärshänsen lägre än referenserna för alla symptom utom för "torr, kliande hud på händer". (Diagram 7). 9% besväras av detta och de anser alla att det har med skollokaler att göra. Det finns också enstaka elever (1-2) som relaterar trötthet, huvudvärk, torr/rodnande hud i ansiktet och fjällning i hårbotten till byggnaden. Endast 9% av eleverna i åk 5-6 är ofta trötta - ett resultat som man sällan ser!

Bland de yngre eleverna var besvärshänsen lägre än referensen för samtliga symptom. (Diagram 8). Endast 10% var ofta trötta - att jämföra med 20% i referensen.

En analys av **allergikernas hälsa** visar att de sju allergikerna i personalgruppen hade exceptionellt få besvär och inget relaterades till byggnaden. Bland eleverna var de så att de få besvär som relaterades till skollokaler gjordes av allergiska elever.

Slutsatsen är att byggnaden är ett friskt hus, med högsta betyg för luftkvalitet och städning samt att även allergikerna mår ovanligt bra i detta hus.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Garda skola en typisk vinterdag låg inom intervallet 19,5-22° C under lektionstid (Diagram 9.) Vid momentanmätningen låg den på 20,5°C.

Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, **dygnet runt**, var 19,7°C (Tabell 3). Nattsänkning av temperaturen tillämpas.

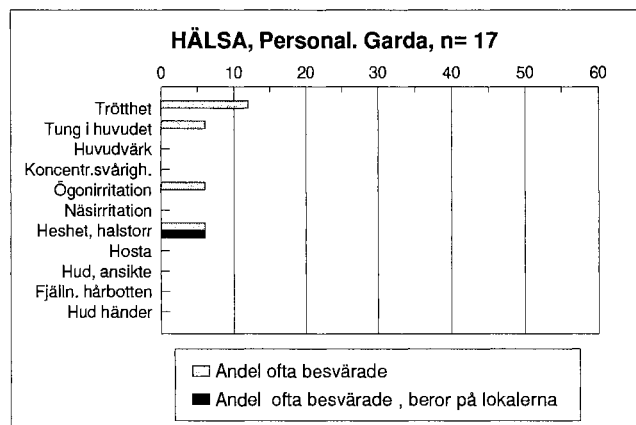


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besväras av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokaler (de svarta staplarna).

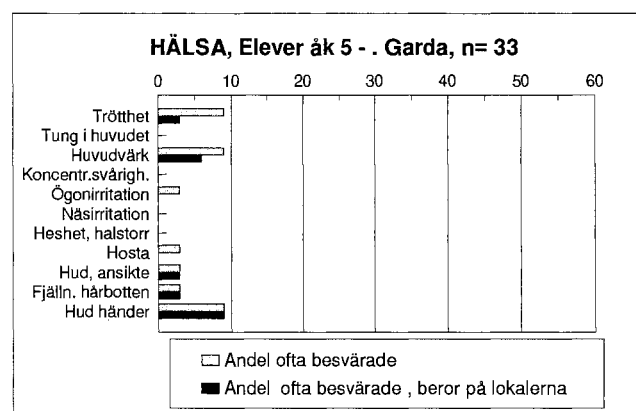


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk 5- som ofta besväras av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokaler (de svarta staplarna).

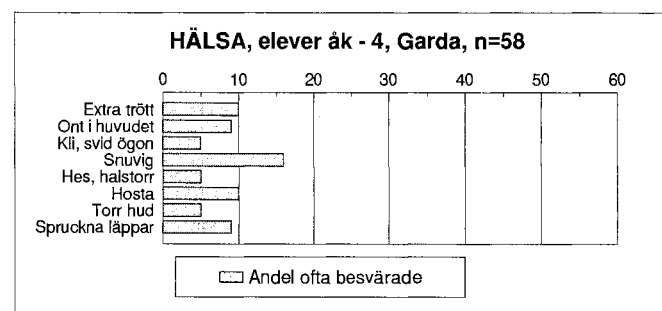
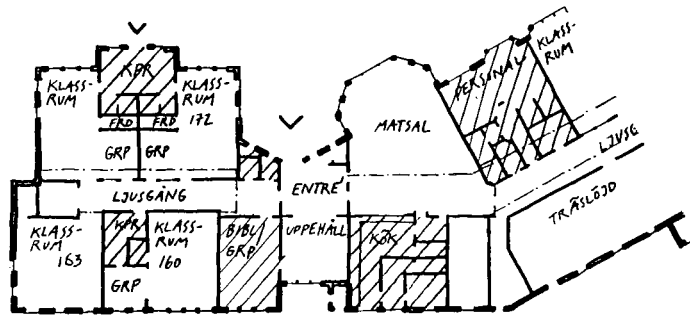


Diagram 8: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvären berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

Tabell 2: - Sammanställning av momentanmätningar - Garða skola



Klassrum 163, Fönster åt SO/SV

Tidpunkt för mätning: 19950208

Personbelastning: 26 personer.

Utförhållanden:

Temp: -1°C, RF 85%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: V, 3 m/s, klart.

Solavskärmning:

Persienner delvis fällda kl 8-10.

Viss solinstrålning.

Ventilerna hade av misstag stått

fullt öppna hela natten.

Punkt 1	Punkt 2
20,5°C	20,5°C
20,7°C	20,1°C
20,3°C	20,1°C
16,0°C	-

Temperaturer

Lufttemperatur	20,5°C
Operativ temperatur	20,2°C
Ekivalent temperatur	19,5°C
Golvtemperatur	19,0°C

Luftfuktighet

Relativ	34%
Fuktillskott inne	2,0 g/kg

Radongashalt

Marken på Gotland ej radonhaltig.

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum, i 18 punkter

	Medel	Max	Min
dB(A)	23,3	27,4	21,1
dB(C)	41,3	43,7	39,5

Efterklangstid

Uppmätt i tomt rum i 3 punkter (48 registreringar)

Sekunder	Medel	Max	Min
Rum 163	0,5	0,67	0,29
Rum 172	0,5	0,73	0,29

Magnetfält, 5-2000 Hz i µT (Mikrotresla)

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

	Medel	Max	Min
Mikrotresla	0,05	0,22 ¹⁾	0,01

Klassrum 172, Fönster åt NV/NO

Tidpunkt för mätning: 19950208

Personbelastning: 24 personer.

Utförhållanden:

Temp: +1°C, RF 65%, CO₂:400 ppm

Vind: NV, 3 m/s, klart.

Solavskärmning:

Mörkläggningsgardiner fällda för

2 NO-fönster kl 11-13.

Punkt 1	Punkt 2
20,5°C	20,5°C
20,2°C	20,0°C
19,5°C	19,3°C
19,0°C	-

Relativ	36%
Fuktillskott inne	3,0 g/kg

1) Vid elradiator

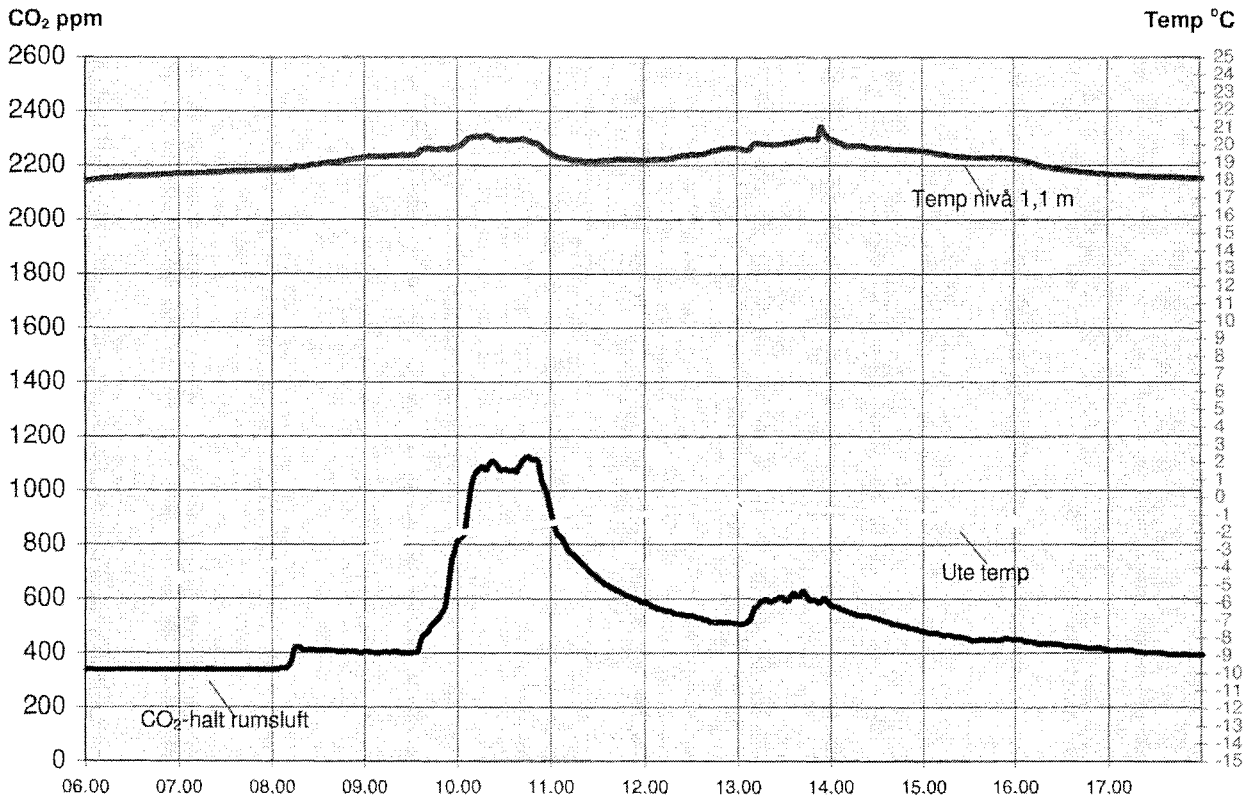
Gardaskola temperatur och CO₂ rum 163 9 feb 1995

Diagram 9: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 9 februari 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Gardaskola Relativ luftfuktighet och personbelastning rum 163 9 feb 1995

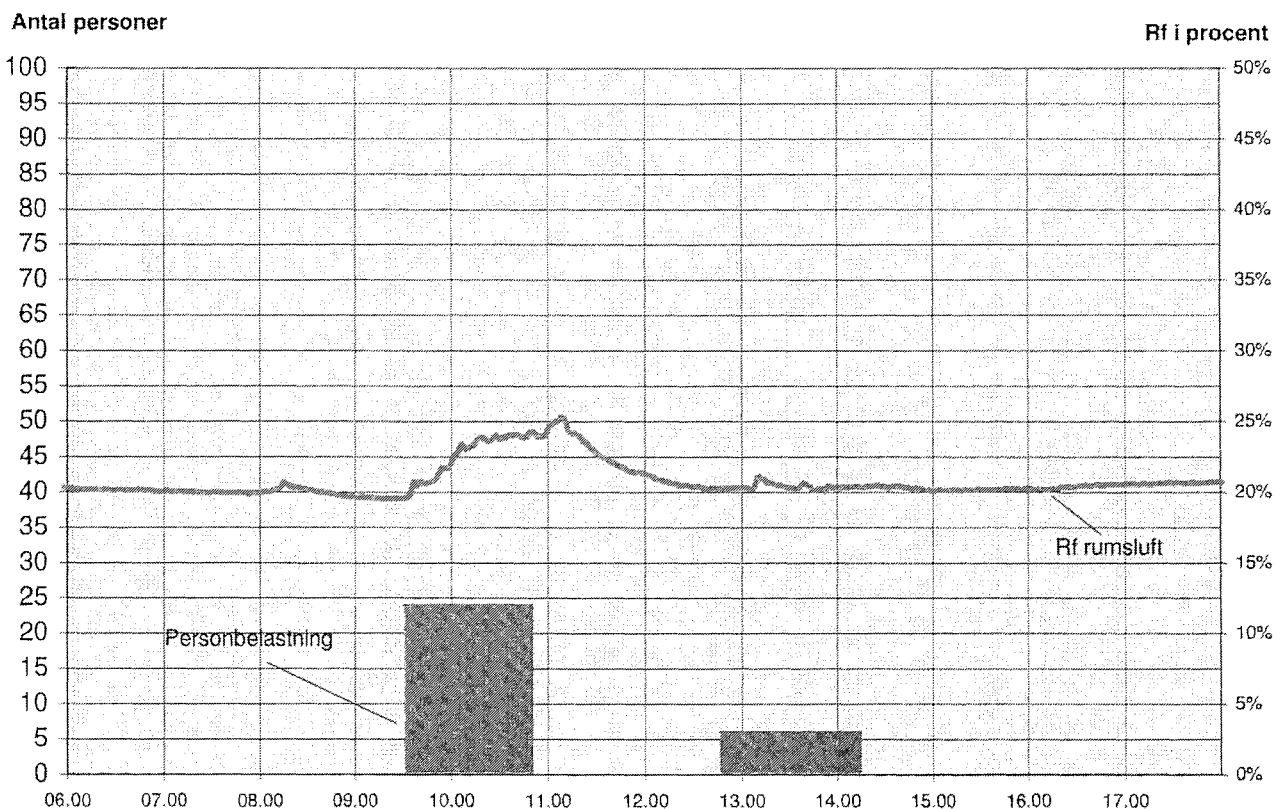


Diagram 10: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 9.

Den kontinuerliga "veckomätningen" gav en genomsnittlig rumstemperatur **under skoltid** i klassrum på 20,5°C med max 22°C och min 19°C. (Tabell 3).

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, låg ca: a 0,4°C lägre än rumstemperaturen, utom i en punkt vid fönster med solinstrålning, där den var 20,7°C. Att lufttemperaturen och den operativa temperaturen var nästan lika höga förklaras av att skolan har treglasfönster och att fönsterytorna därför inte är särskilt kalla. (Tabell 2).

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman upplevelsen av luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen ca 0,5°C lägre vid fönster än den operativa temperaturen, vilket kommer sig av ett visst drag från uteluftsdonen. I rum 172 var den ekvivalenta temperaturen ännu lägre i den inre mätpunkten (närmare innervägg), vilket förklaras av att kall luft strömmade ned från ett öppet fönster uppe i lanterninen (trasigt snöre, läraren kunde inte stänga). (Tabell 2).

I rum 163, som är ett gavelrum med fönster både åt SO och SV, var **golvet** **temperatur**, vid mättillfället kl 8.00, mycket låg (16°C) längs fasadväggarna. Uteluftsdonet hade av misstag stått i maxöppet läge hela natten, vilket inte är det normala. Tillsammans med nattsänkningen av värmen var detta förklaringen till den låga temperaturen. I rum 172 var golvtemperaturen kl 10.00 19°C i motsvarande punkt. Vi kan erinra oss att nästan hälften av eleverna besvärades av att det **ofta** var kallt på golvet.

Relativa luftfuktigheten, RF, vid momentanmätningen var 34% i det södervända klassrum 163 med 26 personer och 36% i det norrvända klassrum 172 med 24 personer. Utetemperaturen steg mellan mättillfällena från -1°C till +1°C. (Tabell 2).

I diagram 10 redovisas en kontinuerlig

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Garda skola

	Källa	Uppmätta värden
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden	(1)	0,82 oms/h
-skoltid	(1)	1,7 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,0 oms/h
Rumstemperatur		
- genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden, (nattsänkt värme)	(1)	19,7°C
-skoltid medel	(2)	20,5°C
-max	(2)	22°C
-min	(2)	19°C
RF rumsluft		
- genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden	(1)	32%
- max	(2)	35%
- min	(2)	19%

(1) Långtidsmätning

Mätning 7 februari-3 mars 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spärgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 7 februari- 15 februari 1995 (med Mitecloggrar) av CO², rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen		
-dygnsmedelvärde, hela perioden		0°C
-skoldagsmax		+7,5°C
-skoldagsmin		-4,6°C
RF ute		
-dygnsmedelvärde, hela perioden		82%
-skoldagsmax		92%
-skoldagsmin		61%
Vindstyrka		
-medel kl 10, hela perioden		6 m/s
-max		12 m/s
-min		1 m/s

mätning av RF för en typisk skoldag i februari. Den pendlade mellan 19% och 26% och stiger framför allt under lektionstid.

Genomsnittlig RF under långtidsmätningen, **dygnet runt**, var 32%. Den kontinuerliga "veckomätningen av RF gav ett max på 35% och ett min på 19%. (Tabell 3).

Fukttillskottet inomhus var vid momentanmätningen 2 g/kg i klassrum 163 och 3 g/kg i klassrum 172. Som ett riktvärde som inte bör överstigas brukar 3 g/kg luft anges. (Tabell 2).

Luftväxlingen

Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (varannan minut) i en vecka, dels med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av ca fyra veckor.

CO₂-halten, som är 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, stiger under en typisk skoldag till max 1200 ppm under slutet av lektionen med 24 personer i rummet (Diagram 9).

Den genomsnittliga luftväxlingen under en långtidsmätningen uppmättes med passiv spårgasteknik. Genomsnittet, dygnet runt, för hela denna period var 0,82 oms/h (Tabell 3). Med utgångspunkt från detta värde har den faktiska omsättningen av uteluft som gäller under skoltid beräknats till 1,7 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, räknar med takhöjden 3 m, ger detta en omsättning av uteluft under skoltid på 2,0 oms/h.

Om dessa mätresultat för CO₂ och specifikt flöde omräknas till l/s,p tyder de på att det luftflöde som upprätthålls med aktuella vädringsprinciper normalt är 4-6 l/s,p. Stundtals kan det vara något lägre eller högre. Den högre takhöjden ger en buffert för föroreningar som bör ge bättre luftkvalitet än vad detta flöde skulle gett med 3 m takhöjd.

Ljudnivåerna i tomt klassrum var överlag mycket låga - en av denna ventilationsprincips stora fördelar! Medelvärdet var 23,3 dB(A) och 41,3 dB(C) (lågfrekvent buller). BBR:s krav är <30 dB(A) och ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3) är <50 dB(C). **Efterklangstiden** låg på det tillfredställande värdet 0,5 sekunder.

Radongashalten i klassrum har inte mätts då marken på Gotland inte är radonhaltig.

De **magetiska fältstyrkorna** låg i stort sett på bakgrundnivån, men med en liten förhöjning nära elradiator.

Gotlands fastighetskontor har själva genomfört omfattande mätningar för att följa upp inomhusklimatet. Man har periodvis haft kontinuerlig registrering av CO₂, temperaturer, RF, differentialtryck över en SV- och en NO-fasad, vindriktning och vindstyrka.

Nedan återges resultaten från en sådan mätserie under perioden 1-3 februari 1995, tre typiska dygn.

Utetemperaturen under denna period var i medeltal +1,9°C (max +5°C och min -4,4°C). RF ute var i medeltal för de tre dyggen 75% (max 90% och min 64%). Den förhärskande vindriktningen var SV, SSV och V, men med NV-vindar 2 februari på eftermiddagen. Vindhastigheten var i medeltal, under skoltid, 5 m/s (max 9 m/s och min 1 m/s).

Inomhus låg rumstemperaturen på 16-17°C på natten. Kl 4.30, då nattsänkningen av elvärmen avbryts, steg temperaturen så, att den vid lektionsstart kl 8.00 var 19,5°C. CO₂-halten ute och i klassrummet var då 400 ppm och RF 30-35%.

Mellan kl 8 och 9, när lektion pågick med ca 24 personer i klassrummet, steg rumstemperaturen till 20,5°C, CO₂-halten till ca 1200 ppm och RF till 35-40%.

Under de tre skoldagarna höll sig rumstemperaturen inom intervallet 19,2-21,2°C, CO₂-halten inom intervallet 400-

1400 ppm och RF inom intervallet 30-48%. Fukttillskottet inomhus översteg inte 3 g/kg.

Tryckskillnaden mellan ute och inne varierade på SV-fasaden från 22 Pa till -8 Pa (det senare vid ett tillfälle i 30 minuter) med ett medelvärde under skoltid på ca 5 Pa 1 februari, 12 Pa 2 februari och 6 Pa 3 februari.

På NO-fasaden varierade tryckskillnaden från 6 Pa till 40 Pa med ett medelvärde under skoltid på 12 Pa 1 februari, 24 Pa 2 februari och 12 Pa 3 februari.

Endast vid ett tillfälle, kl 14-14.30 den 1 februari, kunde ett sug uppmätas (som kan innebära att luften i uteluftsdonen vänder). Denna tid var differentialtrycket -8 Pa på SV-fasaden och 6 Pa på NO-fasaden. Kl 14.30 ändrades vindriktningen från östlig till västlig och differentialtrycket blev då 9 Pa på SV-fasaden och 23 Pa på NO-fasaden. Vindstyrkan låg ganska konstant kring 4,5 m/s.

Att luften i ventilerna nästan aldrig vänder beror dels på höjden mellan uteluftsintag och frånluftsutsläpp, som ger en god termisk drifkraft, dels på att vindstyrkan alltid är kraftigare upp vid kineshatten, vilket ger ett vindsug "åt rätt håll".

ARKITEKTUR

Invändigt ger Garda skolas generösa takhöjder och snedställda tak ett luftigt intryck. Korridoren, som sträcker sig längs hela byggnaden hade dock vunnit på att ljusinsläppen i lanterninerna hade varit större. Matsalen med sin fantasifulla form och utsmyckning ger skolan sin speciella karaktär. Lanterninens inskärning i klassrummen ger ett något rörigt intryck. Kanske skulle hela lanterninen gjorts bredare, vilket bland annat hade gjort lanterninfönstren mer synliga inifrån klassrummen (Se senare under rubriken "Fastighetsägarens erfarenheter").

Utvändigt ger byggnaden med sina många vinklingar, både i plan och sektion, inget harmoniskt intryck. En enklare, rakare

planform skulle slutit bättre än till den känsliga platsen vid Garda kyrka. Med tanke på kringmiljön skulle också ett "lugnare" takmaterial, än den röda plåt som valts, varit att föredra.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft till tilluft är inte möjlig i denna lösning, där uteluften tas in direkt i fasad. De höga takhöjderna ger en stor byggnadsvolym att värma upp. Å andra sidan är byggnaden välisolerad, har en klimatutjämnade stomme och man tillämpar nattsänkning av temperaturen. Eftersom skolan är en LM-skola används den huvudsakligen mellan kl 8.00-15.00 och det är endast då som de stora luftmängderna behöver tas in och värmas. En överslagsberäkning visar att skolan endast nyttjas ca 12% av årets timmar. Övriga tider är luftflödet sparsamt. Mycket litet fläktel används.

Fläktel används för frånluftsfläkten i kök och för det lilla grundflödet som går dygnet runt.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda frånluftslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. Beräkningen omfattar endast de självdragsventilerade lokalerna, och energi för tappvarmvatten ingår inte. Resultatet är därför inte direkt jämförbart med den uppmätta energianvändningen som redovisas efter beräkningen. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4.

För Garda skola gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall S) totalt 125 kWh/m² köpt energi. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 122 kWh/m² (Avsnitt 5.5, Tabell 15). Fall S har en högre energianvändning för uppvärmning, 93 kWh/m² jämfört med fall FTX som har 78 kWh/m² och år. Orsaken till detta är att värmeåtervinning saknas. Samtidigt är

elanvändningen för fläkten i S-fallet mycket låg, ca 0,2 kWh/m², mot 12 kWh/m² och år för FTX-fallet. Slutsatsen är att skillnaden är mycket liten mellan de två fallen.

Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, därför att elen kräver mer energi för sin framställning (och är dyrare), får Fall S en total energianvändning på 125,5 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på ca 139 kWh/m².

Gotlands kommuns fastighetskontor har mätt elanvändningen under hela 1995. Totalt användes för uppvärmning, fastighets- och verksamhetsel 255 MWh. Byggnadens BRA är 1561 m², vilket ger en **total energianvändning på 163 kWh/m²** och år (ej normalårskorrigerat). I denna siffra ingår även uppvärmning av tappvarmvatten och kökets F-ventilation, varför resultatet inte är direkt jämförbart med beräkningen ovan. Även uppmätningen visar att byggnaden måste betraktas som energieffektiv. Resultatet kan jämföras med de nyckeltal för årlig energianvändning i skolor som används bl a i Malmö kommun: För värme: 150 kWh/m², för el: 75 kWh/m², d v s en **total energianvändning på 225 kWh/m²**, vilket ska jämföras med Gardas **163 kWh/m²**.

En nackdel är att hela energianvändningen, d v s även uppvärmningen, bygger på elenergi. El kräver betydligt mer energi för att produceras än värmeenergi. Vid projekteringstillfället kunde kommunen inte få begärda garantier mot frysrisk i ett vattenburet system. Fortsättningsvis använder dock kommunen vattenburna system vid nybyggnad.

KOMMUNENS ERFARENHETER

Erfarenheterna från kommunens sida är så pass goda att man planerar ytterligare en skola, denna gång en större, med samma grundsystem. Här dras förstås erfarenheter från de brister som noterats i Gardas lösningar.

Man har funnit att det är viktigt för

personalen i skolan att behärska hur systemlösningen kan användas under olika uteförhållanden för att reglera inomhusklimatet. Detta har personalen blivit mycket medveten om efterhand. Beroende på väder och vind öppnas och stängs fönsterluckor i fasad, i lanterninen och jalousispjäll på uteluftsdonet ställs om.

En annan erfarenhet för framtida utbyggnad som kommunen tar upp är att lanterninfönstren utformats så att de är för nära innervägg. En komplettering med elektrisk manövrering övervägs i Garda och kommer att vara standard i kommande objekt.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

Mätningarna tyder på att de mål som uppställts för termisk komfort och ljudnivåer i stort sett klaras.

När det gäller kravet att CO₂-halten skulle kunna hållas under 1.000 ppm utan fönstervädning kan vi konstatera att den, i slutet av lektionerna i regel ligger något högre, kring 1.200 ppm och även i kortare stunder kan nå 1400 ppm.

Påverkanmöjligheter

Garda skola har en väl avvägd kombination av automatik "som ett stöd för minnet" om lärarna glömmer ventilationen och sin påverkanmöjlighet. Både vädringsluckor, fasadfönster och lanterninfönster kan öppnas, även om lanterninfönstren är svårmanövrerade - och jalousispjäll kan ställas om på uteluftsventilerna. Det finns således många alternativa vädringsmöjligheter för olika uteförhållanden.

Upplevd inomhusmiljö och hälsa

Elever och personal i Garda skola är ovanligt friska och allergikerna mår anmärkningsvärt bra, enligt enkäten. En

slöjdlärare med astma, berättade för oss att han varit sjukskriven då han inte klarade slöjdmiljön i andra skolor, men kunde börja arbeta i Garda skola.

Luftkvaliteten får högsta betyg. Kanske betyder också en omsorgsfull städning mer för luftkvalitet och allergi än filter på tilluften.

Fler än 90% av personal och elever tycker också att värmen är "bra" eller "acceptabel". Rätt många tycker dock att det kan vara "för kallt" **ibland** och golven är kalla, speciellt i sydöstra klassrummet. Förskolan med golvvärme har naturligtvis inte detta problem.

TEKNIK

Det kritiska med den valda ventilationslösningen (med uteluftsventiler) är just att kunna upprätthålla en bra luftkvalitet när det är kallt ute utan att det blir för kallt inne.

Svårigheter fanns inledningsvis med **injusteringen av elradiatorerna**. Vid vårt mättillfälle fanns fortfarande ett ej identifierat tekniskt fel som gjorde att vissa radiatorer var mycket varma och andra helt kalla (nu åtgärdat). I flera fall var det bakom kalla radiatorer som uteluftsdonen satt. Enkäten genomfördes innan detta fel var hittat.

Det kunde bli mycket kallt i klassrummen på em, när läraren satt kvar ensam. I det klassrum där det största problemet upplevdes med detta visade det sig att ett **lanterninfönster** stått öppet, utan att detta kunnat konstateras nedifrån. Linan med vilket fönstret skulle stängas var också trasig. Endast genom att klättra upp på taket gick det att konstatera att fönstret stod öppet och det kunde då stängas utifrån. Bättre, robustare manöverutrustning för högt sittande fönster behöver utvecklas. En automatisk kvällstängning av lanternin- och takfönster skulle också vara en fördel.

Vi kan också erinra oss att nattsänkningen av elvärmen sätts på kl 16.00. Läraren kan

dock, genom att trycka på radiatorernas "solknapp" lokalt koppla bort nattsänkningen.

När läraren, efter skoldagens slut, sätter uteluftsdonet i minimiläge, ökar undertrycket inomhus. Detta sker ofta samtidigt som eleverna, "värmekällorna", som åstadkom stackeffekten, går hem. Då finns risken att luften i F-kanalerna vänder och den kalla uteluften rasar ned i klassrummet en kort stund. När temperaturen blir under 20°C stängs emellertid spjället i F-kanalerna.

De klagomål som fanns på kalla golv (47% av de yngre eleverna tyckte att det var det **ofta**) kunde bekräftas av våra mätningar. Delvis måste detta vara en konsekvens av **nattsänkningen** av värmen som tillämpas i Garda skola, samtidigt som **golvkonstruktionen är platta på mark**. Detta innebär en energibesparing, eftersom nattsänkningen gör att betongstommens långa tidskonstant kan utnyttjas. Ur ekonomisk synvinkel är det mera tveksamt hur mycket man vinner på nattsänkningen eftersom taxan för elen är billigare på natten. Risken med att reglera in värmesystemet för sparsamt är att lärare och elever ställer jalousispjällen i minimiläge när de fryser, vilket försämrar luftkvaliteten eller kan få luften att vända i frånluftskanalerna. Samtidigt är nedkylningen av stommen nattetid ett sätt att hålla borta överskottsvärmen dagtid. Det gäller väl att finna den rätta balansen mellan luftkvalitet, värmekomfort och energiekonomi.

Utvändig **solavskärmning** på öster- och söderfönster, istället för persienner, skulle minskat problemen med överskottsvärme soliga dagar och gett mer dagsljus i klassrummet än neddragna persienner. Vi kan erinra oss att drygt hälften av de yngre eleverna **ibland** besvärades av att det var för varmt.

Som en av de bra lösningarna att ta fasta på från Garda skola bedöms att det finns ett **litet fläktstyrt grundflöde** som säkerställer viss luftväxling och ett undertryck som minskar riskerna för att

byggnaden fuktskadas.

Donen för evakuering av frånluft, som styrs med automatreglerade spjäll och temperaturgivare, tillsammans med det mekaniska grundflödet, avlastar lärarna från att ha det fulla ansvaret för luftkvaliteten i klassrummet.

De höga takhöjderna i kombination med uteluftsdonens placering, ger en deplacerande ventilation och den yngsta luften runt elever och lärare.

Den tunga betongstommen verkar klimatutjämnande, men knappast fuktbuffrande eftersom väggarna målats med vattenbaserad plastfärg, som är ganska difussionstät.

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- Linor till lanternin- och takfönster samt till uteluftsdonen ses över och lagas vid behov.
- Kontroll göras dagligen av att inga lanterninfönster står öppna när skolan stängs.
- Reglerutrustning ses över och givare kalibreras regelbundet. Om spjäll i F-kanal går sönder är de svåråtkomliga för besiktning och lagning.
- F-fläktar för grundventilation och kök/bibliotek underhållas.
- Täckplåtar monteras på uteluftsdonen på hösten och avlägsnas på våren. Detta görs för att förhindra överventilation och drag vintertid.

ENERGIANVÄNDNING

I Garda skola har man lyckats uppfylla målet att skolan skulle vara energieffektiv, trots att värmeåtervinning ur frånluften saknas. Den står sig gott i jämförelse med en nybyggd FTX-skola.

KOSTNADER

Produktionskostnaden för Garda skola var 6.700 kr/m² BTA i 1993 års priser. Som jämförelse kan kostnaden för två nybyggda FTX-skolor som ingick i projektet Goda exempel på sunda anges: Lilleby skola kostade 10.400 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå och Navet kostade 8.400 kr/m² BTA i 1991 års prisnivå.

Gotlands kommuns fastighetskontor har gjort en kostnadssammanställning som visar årlig kapital och driftskostnad för nybyggnaden:

Kostnadslag	Kronor
o Investering	11 100 000
o Internränta	1 089 000
o Avskrivning	344 000
o Försäkring	29 000
o Fastighets-service	72 000 ¹⁾
o Total energi-användning	146 200 ²⁾
o Övriga kostnader	35 000
Summa	
o Kapitalkostn.	1 433 000 kr/år
o Driftskostnad	282 200 kr/år

¹⁾ (351 h/år á 205 kr/tim).

²⁾ (255 MWh= 163,3 kWh/m²/år)

Summa årlig kostnad: 1 715 200 kr/år, eller 1 100 kr/m² bruksarea och år, varav driftskostnaden utgör 180 kr/m² bruksarea och år.

Kommunen har, med Garda skola, uppnått målsättningen att driftskostnaden skulle vara lägre än i andra fastigheter.

Mer att läsa:

- o Tidningsartikel i Byggfakta projektnytt 1995 nr 1, s 90-92,94,96
- o Tidningsartikel i BFR-tidningen nr 1/95 och 1/97.

7.2 Länna skola, Norrtälje - Nybyggnad



Länna skola, Norrtälje

FAKTA

VERKSAMHETEN

Nybyggnad av låg- och mellanstadie-skola med 2 klasser och fritidshem. (År 1995 gjordes tillbyggnad med samma utförande för ytterligare 2 klasser).

INFLYTTNING

Augusti 1993.

STUDERAD BYGGNAD

Nybyggnaden 1993.

MEDVERKANDE

Byggherre: Norrtälje kommun.

Nyttjare: Barn- och utbildningsförvaltningen. Norrtälje kommun.

Konsulter:

Projektledning: Tekniska kontoret, Rolf Björfors.

Arkitekt: Johan von Schmalensee, Stadsbyggnadskontoret.

Vent: Martin Östlind, Tekniska kontoret.

VS: Stålkroo Ing.byrå AB, Norrtälje.

El: Elteknik Lars Umberg, Uppsala.

ENTREPRENADFORM

Generalentreprenad.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 290 m².

Total bruksarea: 250 m².

Produktionskostnad: 3,0 Mkr
exklusive moms i 1993 års prisnivå.

Kvadratmeterkostnad:

10.350 kr/m² BTA.

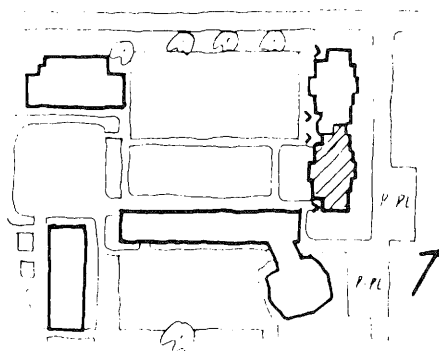
12.000 kr/m² BRA.

LOKALISERING

Skolan ligger i ett villaområde i Bergshamra, 15 km söder om Norrtälje. Nybyggnaden ligger i anslutning till bef. Länna skola. Längs nybyggnaden går en lågt trafikerad väg, men med skolans parkeringsplatser nära.



Exteriör av Länna skola, sydöstra gaveln, nederst sedd från gatan.



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Länna skola uppfördes på 1960-talet och byggdes ut i två etapper på 1980-talet. År 1993 byggdes en friliggande, enplans låg- och mellanstadieskola på tomten. Det är denna som är den studerade byggnaden med okonventionellt utformad ventilation.

Under 1995 kompletterades denna byggnad med en tillbyggnad mot norra gaveln. Tillbyggnaden från 1995 har i princip samma plan- och systemlösning, men ingår inte i denna studie, eftersom den inte var uppförd vid mättillfället.

Den studerade byggnaden skulle ha följande funktioner:

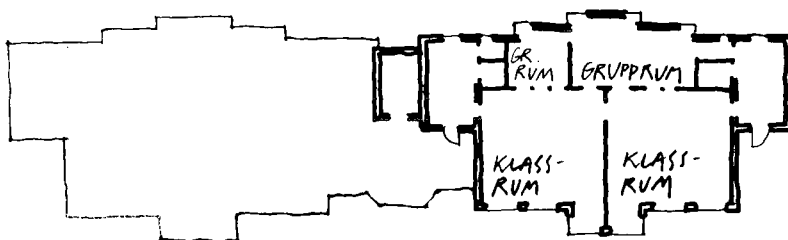
- Klassrum, 2 st för låg- och mellanstadium.
- Integrerat fritidshem för dessa klasser.

- Möjlighet för förenings- och studiecirkelverksamhet under kvällstid.
- Entréer med WC.

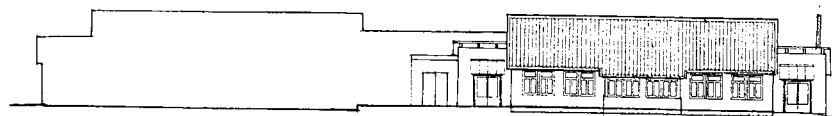
Fritidshemmets lokaler nyttjas som grupprum under skoltid.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

Vid tidpunkten för planeringen av nybyggnaden hade debatten om skolmiljön börjat ta fart. Norrtäljes kommunstyrelse fattade beslutet att den nya skolan skulle byggas med självdragsventilation. Att skolan låg på landsbygden utan problem med förorenad luft, medverkade till beslutet. Dåvarande stadsarkitekten, Johan von Schmalensee, var intresserad av att försöka skapa ett bra inomhusklimat med en medveten formgivning, lågemitterande byggmaterial i kombination med en enkel ventilationslösning. Detta "skulle lösa en hel del av de problem, som ventilations-tekniken inte klarar av", menade han och motiverade vidare systemlösningen:



Plan, skala 1:500.



Fasad, skala 1:500

"På landsbygden finns det en uppenbar risk att den luft som kommer in i rummet, efter att ha passerat genom filter, fläktar och kanaler är mer förorenad än uteluften. Dessutom kan brukarna inte påverka sitt eget inomhusklimat, systemen är alltför komplicerade."

De mål för **inomhusmiljön** som sattes upp var delvis funktionskrav, men i huvudsak uttryckta som krav på viss utformning av byggnaden och dess tekniska lösningar:

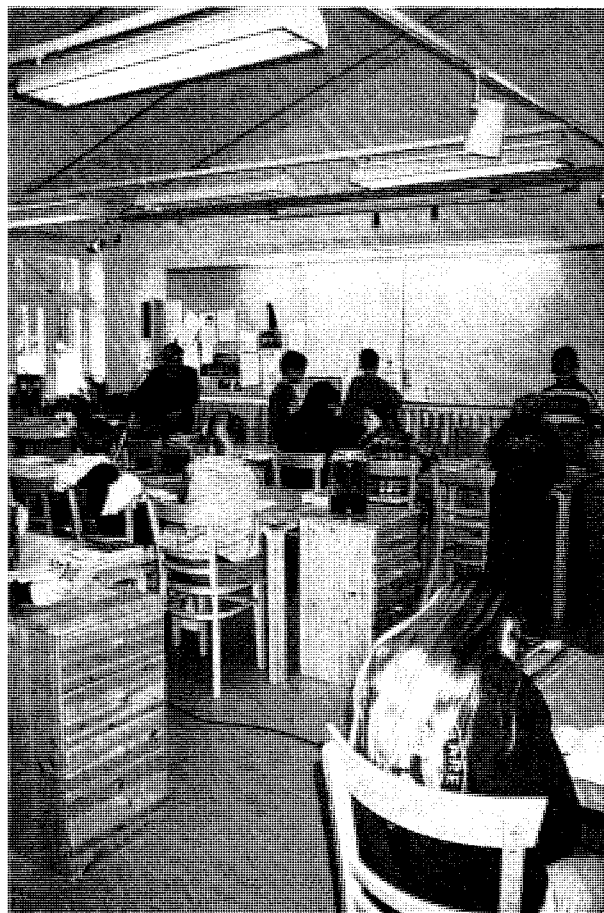
- o Ett totalt luftflöde i byggnaden på 8 l/s,p - åstadkoms med en kombination av fläkt och självdrag.
- o Brukarna ska enkelt kunna påverka sitt inomhusklimat.
- o Ingen fläktstyrd tilluft.
- o Korta tilluftskanaler.
- o Samtliga fönster ska vara öppningsbara.
- o Stor luftvolym, d v s stora takhöjder.
- o Högt sittande öppningsbara luckor eller fönster.
- o Ingen glas- eller mineralull.
- o Varma golv.
- o Lågemitterande material.
- o Ljusa, varma färger.

Byggnadsnämndens krav på **energieffektivitet** löstes genom att använda värmen ur frånluften till en varmgrund.

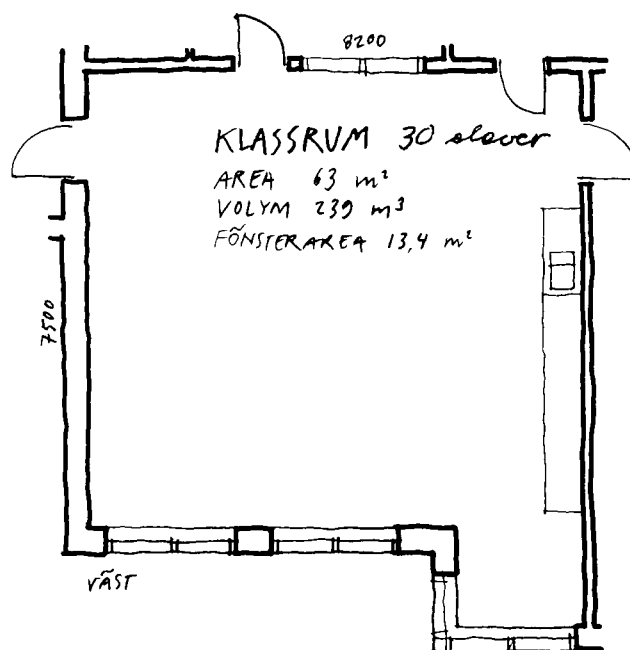
Val av en tung stomme skulle ge temperaturtjämning och därmed bidra till energieffektivitet.

För **Brandskydd** krävdes ingen sektionering, eftersom byggnaden är så liten. Timer på uttag vid spis samt rökdetektorer som brandlarm installerades. Byggnaden förbereddes för framtida inkoppling av automatiskt brandlarm.

För **drift- och underhåll** fanns målet att systemen skulle vara driftsäkra och enkla att både underhålla och påverka.



Klassrumsinteriör.



Klassrum, skala 1:125.

BYGGNADSUTFORMNING**KONSTRUKTION OCH MATERIAL**

Grundläggning: Inneluftsventilerat kryprum, typ YTONG varmgrund. 160 mm lättbetongplank utan isolering, upplagda på platsgjutna längsgående grundplattor av betong. Plastfolie på mark. Cellplastisolering på grund och mark.

Stomme/fasader: Tunnfogade lättbetongblock 400 mm, putsade ut- och invändigt. Ytterväggarna är vindtäta, men diffusionsöppna.

Golv: PVC-matta (Tarkett Optima) i samtliga utrymmen.

Väggar, bärande och icke bärande: Träregelstommar, klädda med 12 mm plywood och 13 mm gipsskivor, fyllda med cellulosafiber.

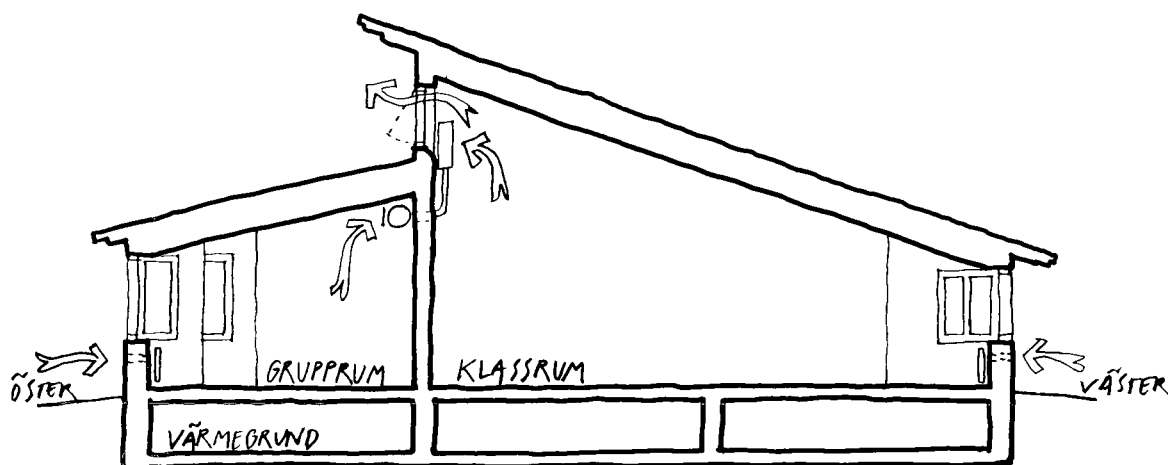
Färg: Latexfärg på gipsväggar. Träpaneler är oljade.

Tak: Kertobalkar (plywood), 50 cm höga, c/c 1200. Mellanrummet är fyllt med cellulosafiber. Ovanpå denna finns luftspalt, råspont, papp och betongpannor. Invändigt tätskikt av vindpapp och akustikplattor av slitsat gips med filtbacksida. Även takkonstruktionen är således vindtät, men diffusionsöppen.

Övrigt: Fönstren är av treglastyp, alla öppningsbara och drevade med lin.

De båda klassrummen, som har varsin entré, har fönster mot väster (VSV). Grupprum/ fritidshem vetter mot öster (ONO). Taket i klassrummen är lutande, från 2,1 m vid fasad till 5,1 m vid innervägg. Högst upp på innervägg sitter öppningsbara fönster. I grupprummen lutar taket från 2,1 m vid fasad till 3,4 m vid innervägg.

Klassrummen, som är dimensionerade för 30 elever, har en yta på 63 m² och en volym på 202 m³. Den gemensamma grupprumsytan är totalt 58 m², med en volym på 162 m³.



Sektion, skala 1:125.

Valet av lättbetong som fasadmateriäl motiverades med att man ville ha "en yttervägg, som var både klimatutjämnande och isolerande. Dessutom ger den 40 cm tjocka väggen djupa fönsternischer, där barnen kan sitta".

Lösningen med ett skulpterat tak, och frikostiga takhöjder, skulle "ge möjlighet till snabba utvädringar, istället för ett konstant högt luftflöde".

När det gäller materialval fanns en diskussion kring linoleumgolv kontra plastgolv. Städpersonalen, som önskade plastgolv, fick sista ordet. Båda de aktuella mattorna bedömdes som lågemitterande. Det fanns också en diskussion om man skulle måla väggarna med linoljefärg /oljetempera eller med latexfärger. Man valde latex.

Skolan målades i ljusa, neutrala färger, för att ge lärare och elever möjlighet att med gardiner, bilder och egna målningar skapa sin egen färgmiljö.

VÄRME OCH VENTILATION

Värmesystem

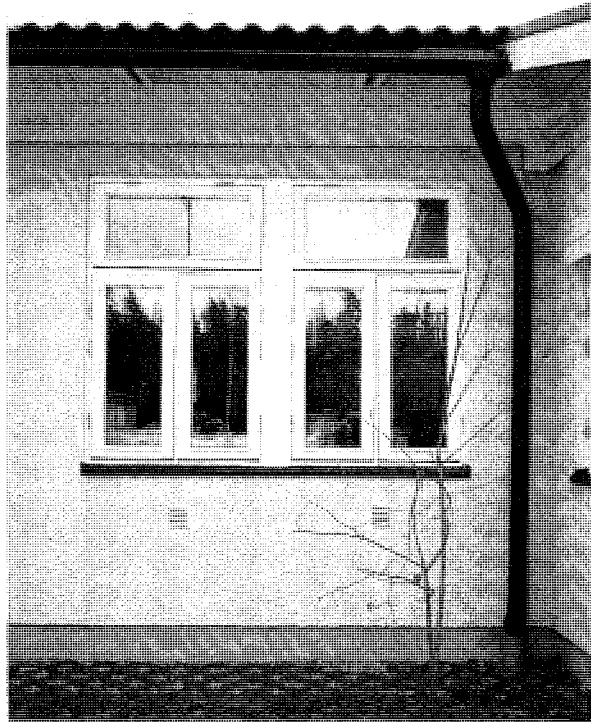
Skolan har en gemensam panncentral, från vilken även nybyggnaden försörjs med värme till vattenburna radiatorer.

Vid dimensionering av värmesystemet var $DUT = -20^{\circ}\text{C}$ och inomhustemperaturen $+20^{\circ}\text{C}$.

Ytterväggarna av 40 cm lättbetong ger god värmeisolering och ska verka temperaturutjämnande. Den långsgående innerväggen mellan klassrum och grupprum är dock inte av lättbetong, utan en träregelkonstruktion. Nattsänkning av temperaturen tillämpas inte.

Genom lösningen med varmgrund tillvaratas värmen i frånluften för att värma golven, vilket är en form av värmeåtervinning.

Väl tilltagen takfot medförde att ytterligare



Uteluftsdonen syns som små spjäll i fasaden, under fönster. Fasadfönstren är genomtänkta med tanke på att ge goda vädringsmöjligheter. Överfönstren som kan vippas upp minskar kalldraget vid vädring.



solavskärmning ansågs onödig. Klassrummen har dock invändiga rullgardiner för mörklägning.

Goda värdringsmöjligheter finns om det blir för varmt (se nedan under ventilation).

Ventilationsprincip och luftflöden

I Länna skola har man valt kortast möjliga "kanalvandring" för tilluften. Uteluften tas in direkt utifrån under fönster. För att evakuera frånluften har byggnaden två "parallella" system. Det ena - och dominerande - baseras på fläktar i kontinuerlig drift under skoltid. Det andra baseras på termik.

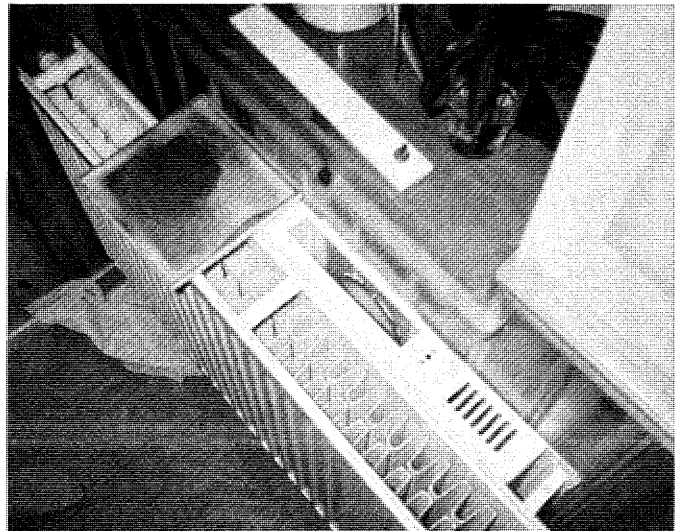
För fläktsystemet ville man inte använda metoden med en fläkt på skorstenen, utan byggde ett enkelt, avskilt aggregatrum vid husets norra gavel. Detta ansågs viktigt ur ljud- och servicesynpunkt. Där finns frånluftsfläkten, ett tidkopplingsur och en transformator för varvtalsreglering.

Det mekaniska frånluftsflödet är dimensionerat för maximalt 550 l/s (Beräknat för 8 l/s,p eller 2,2 l/s,m²). Vid driftstart injusterades frånluftsflödet dock på 324 l/s, vilket med dåvarande personbelastning, 64 personer, ger 5 l/s,p eller 1,3 l/s,m². Detta driftfall gällde även vid vårt undersökningstillfälle.

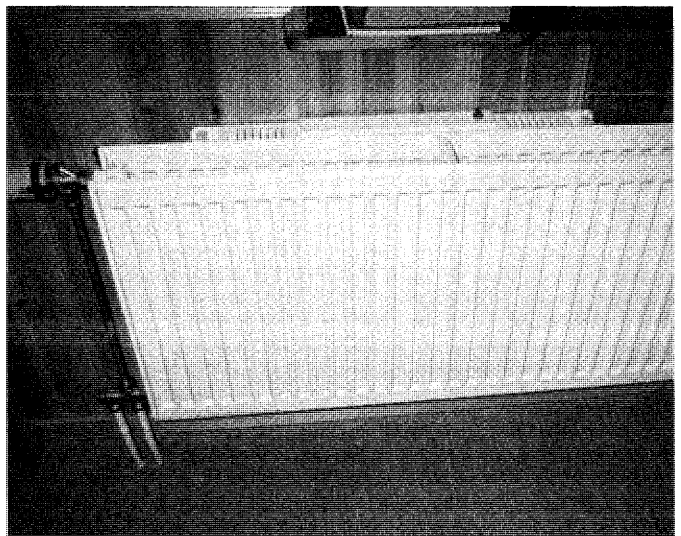
Ändringen av det mekaniska frånluftsflödet sker manuellt och kan endast göras från fläktrummet, som är lätt åtkomligt i markplan. Frånluftsfläkten är varvtalsreglerad i 5 steg genom koppling till en transformator.

Självdraagsventilationen, som är avsedd att, vid behov, förstärka det mekaniska flödet, åstadkoms genom att öppna de högt sittande fönstren. Nivåskillnaden mellan uteluftsintagen och takfönsteröppningarna är ca 4 m.

Toaletterna är försedda med mekanisk frånluft. Inget utrymme har FTX-ventilation.



Inifrån syns uteluftsdonet som en låda bakom radiatorn. Luften förs in i rummet via två gallerförsedda öppningar. Mellan dessa galleröppningar, och framför håltagningen i fasad sitter ett enkelt filter. Det är lätt åtkomligt för byte.



Tilluften

Tilluften tas in direkt utifrån i fasaden, och filtreras i uteluftsdon typ FAREX ENQ. Antalet uteluftsdon är 5 st per klassrum, 4 st totalt i fritidshemsdelen, och 3 st per entré/kapprum (varav 2 st av typ PAX TL 100).

Uteluften förvärms något i en låda, monterad bakom radiatoren, innan den förs in i rummet. Dontypen tillåter ingen manuell reglering av uteluftsflödets storlek (öppningsarean).

Fönstervädning kan dels ske genom att öppna hela fasadfönster, dels genom att öppna vippbara överfönster i fasad. Dessa svänger utåt på gångjärn i karmens överkant.

Frånluften

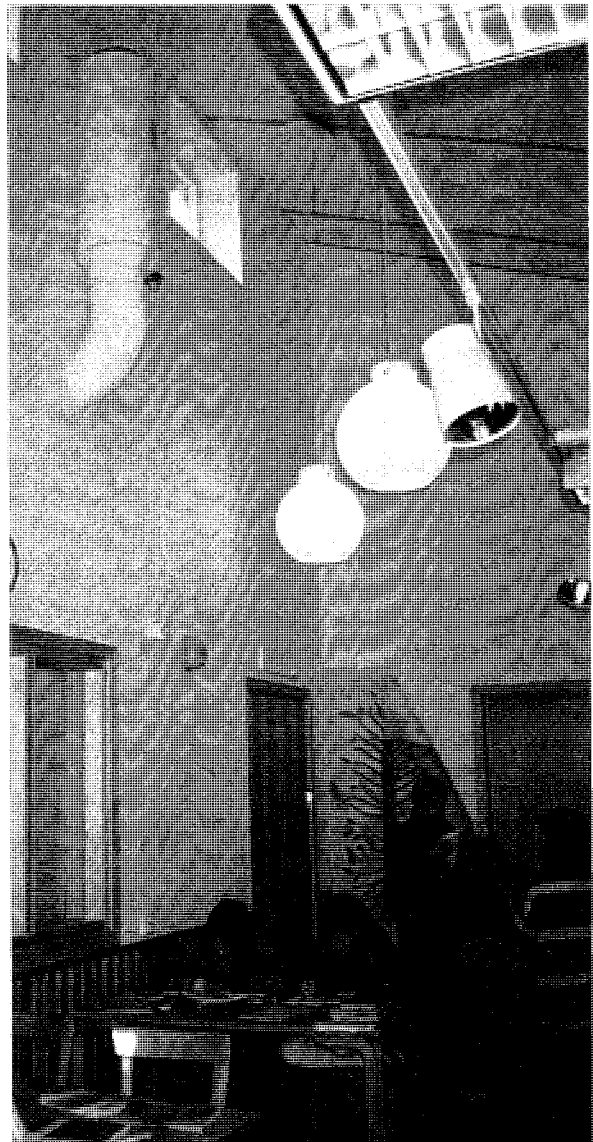
För evakuering av frånluft är tanken att två parallella system skall "samarbeta"; Dels ett kontinuerligt, mekaniskt styrt F-flöde, dels, vid behov, en termisk förstärkning av detta, som åstadkoms genom att öppna fönster högt upp på innervägg. På raster, samt även under lektionstid vid passande väderlek, kan effektiv utvädring åstadkommas genom att öppna både takfönster och fasadfönster.

I det fläktförsedda systemet sugs frånluften från klassrummen genom ett högt sittande don som monterats efter en ljuddämpare, direkt på den uppåtböjda spirokanalen vid innerväggen.

Luften förs vidare genom en rak samlingskanal för frånluft, placerad i fritidshemmets taknivå, längs husets mittvägg - en enkel installation.

Till denna är även frånluften från toaletter kopplad. Spisen vid fritidshemmet har en egen fläkt, med evakuering rakt upp på tak.

Samlingskanalen för frånluften mynnar i aggregatrummet (norra gaveln), där en fläkt med märkeffekt 457 W är placerad. Luften förs därifrån ned i varmgrunden.



Högt upp på innerväggen, mellan de två takfönstren, syns frånluftsdonet.

Avluften från varmgrunden evakueras genom två vertikala fläkthörsedda spirokanaler upp till tak vid husets sydgavel.

Självdtagssystemet består av högt sittande fönster, riktade mot ONO i de båda klassrummen. Med hjälp av fasadfönstervädning och dessa takfönster kan luftväxlingen i klassrummen förstärkas. Fönstren manövreras med handvev och lina. När lektion pågår värmer eleverna upp rumsluften, som expanderar. Genom den s k stackeffekten förs den varma luften ut genom de öppnade takluckorna.

Eftersom det mekaniska frånluftssystemet är igång kontinuerligt under skoltid finns ett konstant undertryck inne. Luften tar sig in enklast från takfönsteröppningarna (som är större än uteluftdonens öppningar). Frånluftsdonen sitter också nära takfönstren. Tidvis kan luften gå både in och ut genom takfönstren samtidigt. Om fasadfönster inte öppnas, utan enbart takfönster, "rinner" luft in genom takfönstrets nederkant och evakueras via frånluftsdonen, eller via takfönstrets ovansida, d v s den varma, lättare inneluften evakueras upptill - om det är varmare inne än ute. Detta fall bör gälla i stor utsträckning under vår, sommar och höst. Samtidigt kan det under varma dagar inträffa att det blir varmare ute än inne. Då blir luftutbytet genom takfönstrets ovan- och nederkant det motsatta.

Om fönster öppnas i fasaden samtidigt som takfönstren öppnas, minskas undertrycket och luften evakueras via takfönstren.

Luftväxlingen inne kan också förstärkas av vinden. Eftersom takfönstren placerats mot ONO ger den förhärskande vindriktningen, sydvästvinden, ett sug uppe vid takfönstren som normalt förstärker evakueringen.

Värmeåtervinning med värmeväxlare på frånluften finns inte i denna lösning, men den varma frånluften sugas ned i kryppgrunden och tas på så sätt tillvara för att värma golvet.



De högt sittande fönstren öppnas och stängs med hjälp av en handvev.

De **drifrutiner** som utvecklats innebär att frånluftsflödet körs kontinuerligt kl 6-18 månd-fred. Övriga tider är fläktarna avstängda. Möjlighet finns att, med timer, sätta på ventilationen om skolan skall användas på kvällstid.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i februari 1995. All personal och alla elever som var närvarande den aktuella dagen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i de nya lokalerna. I nybyggnaden gick endast elever i klass 3 och 4. De fyllde i ett förenklat formulär.

Totalt besvarades enkäten av 65 personer, varav 5 var personal, och 60 elever i lägre årskurser (åk - 4). I det ena klassrummet var det vid enkättillfället 37 elever och i det andra 23. Av det närvaroprotokoll som förts av lärarna framgår att detta är den normala fördelningen.

Detta är ett svagare enkätunderlag än på de andra skolorna, dels därför att personalgruppen endast består av 5 personer, dels därför att det inte fanns några äldre elever som kunde besvara det formulär som motsvarar vuxenenkäten. Att personalgruppen är liten skall hållas i minnet när procenttalen i diagrammen nedan presenteras.



Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och könsfördelning bland personalen.

Länna skola, Enkätdatum: 1995-02-21

	Antal enkäter	Allergiker		
		antal	%	antal
Man/kvinna				
Personal	5	2	40	1/4
Elever				
åk -4	60	12	20	
Elever				
åk 5-	-	-	-	
Summa	65	14	22	

Allergifrekvens

Antalet personer som har eller har haft någon form av allergi var 2 av 5 (40%) i personalgruppen. En person som hade astma var allergisk mot häst och en person som hade hösnuva var allergisk mot damm. Andelen elever i åk - 4 som uppgav att de hade någon form av allergi var 20%, vilket är lägre än referensen (30-33%). Framför allt var det få barn i Länna skola som hade eksem.

Miljöbedömning i stort

I den översiktliga miljöbedömningen klassades samtliga parametrar som "bra" eller "acceptabla" av mellan 94% och 100% av alla (personal+elever), vilket är mycket bra (Diagram 1). Minst nöjda var man med ljudförhållandena, där 14% klassade dessa som "dåliga".

Allergikerna gav lika bra omdöme om luftkvaliteten och den termiska komforten som alla. När det gällde städning och trivsel gav de emellertid något sämre omdöme. 14% av allergikerna tyckte att städningen var dålig. Trivseln var också något sämre bland allergikerna.

En iakttagelse vi gjorde på plats vid enkättillfället var att den ena klassen hade betydligt fler elever än den andra (normalt ca 40 mot 25). Den lärare som hade många elever vädrade naturligt nog mer än den andra läraren.

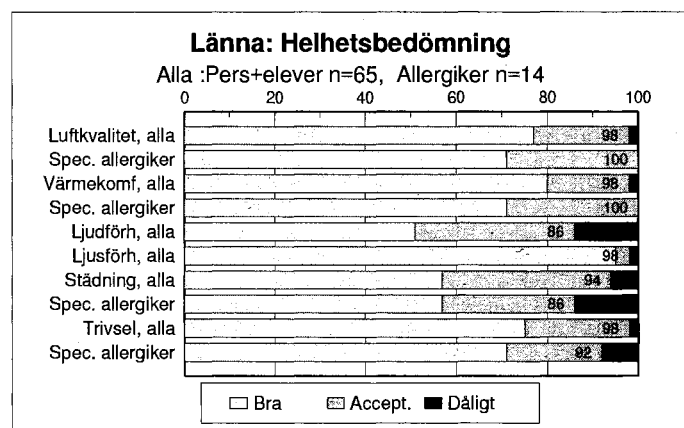


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

Luftkvalitet detaljerat

Av de fem personerna i personalgruppen tyckte en att luften ofta var "torr" och "dammig". Ingen tyckte att luften ofta var "instängd", men två tyckte att den var det **ibland**. En person tyckte att luften var "stickande" **ibland** och en att det luktade avgaser **ibland**. Två personer besvärades **ibland** av statisk elektricitet. I övrigt fanns i personalgruppen inga besvär av lukter som mögel, matos, avloppslukt eller tobaksrök.

Bland de 60 eleverna, som alla gick i åk 3 eller 4, besvärades inte fler än 5% ofta av någon efterfrågad parameter. 35% besvärades dock **ibland** av "instängd luft" och 25% av att de "fick stötar". (Diagram 3).

Lärarna uppgav att de vädrade minst en gång per dag. I undersökningen har endast elever i åk 5- fått besvara frågan om de tyckte att det alltid eller för det mesta är utvädrat i klassrummet. Eftersom Länna skola inte hade några elever i åk 5- finns inga elevsvar på denna fråga.

Värmekomfort detaljerat

När det gäller värmekomforten fanns inga "ja ofta"-besvär, varken för personal eller elever som översteg 20%.

I personalgruppen besvärades ingen av att det ofta var för kallt eller dragigt eller för varmt på grund av solinstrålning. Däremot besvärades en av de fem ofta av att det var "för varmt på morgonen" och två av att det var det **ibland**. En besvärades ofta av att det var för "varmt på eftermiddagen" och en av att det var det **ibland**. En person besvärades också av att det **ibland** var "kallt på morgonen" och av "drag från ventil".

Bland eleverna tyckte 12% att det ofta var "för kallt vid golv" och 35% att det var det **ibland** (Diagram 5). 30% tyckte att det **ibland** drog från fönstren och 40% att det **ibland** var för varmt.

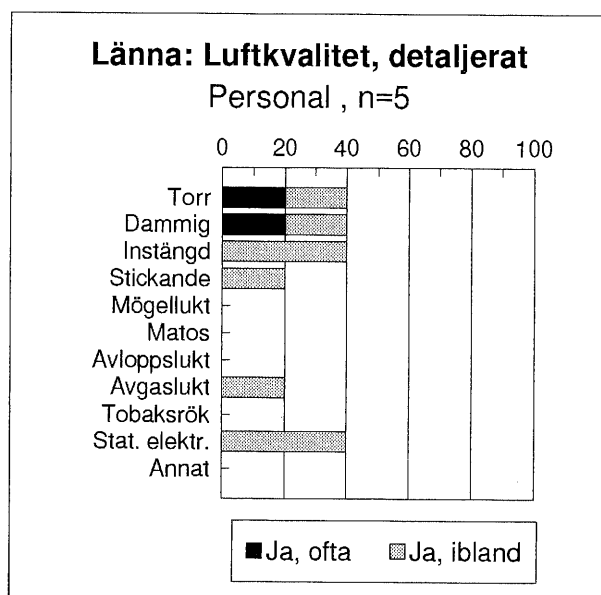


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

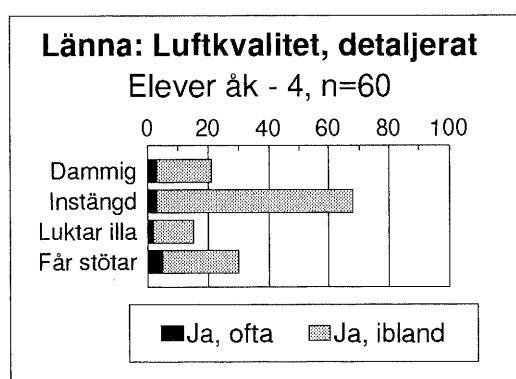


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

Ljud och buller

Något besvärande ljud från ventilationen eller från radiatorerna angavs inte i Länna skola. Däremot besvärades två i personalgruppen (40%) **ofta** av "skrap från bänkar, möbler" och övriga tre besvärades av detta **ibland**. Tre (60%) besvärades också av att det var svårt att höra på grund av "ekoljud". Som framgår senare uppmättes relativt höga efterklangstider i Länna skola.

En i personalgruppen besvärades **ofta** av "ljud från angränsande rum" och de övriga fyra gjorde detta **ibland**. Av eleverna besvärades 27% ofta av detta och 57% ibland. På önskemål från brukarna hade en dörr planerats in mellan de två klassrummen. Dörren valdes utan speciella ljudkrav, vilket torde vara huvudorsaken till störningarna.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärsfrekvenser finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominant i olika åldrar har personalen respektive elever i åk - 4 skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten, på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Eftersom personalgruppen är så liten kan ingen direkt jämförelse göras med referenserna. Procentandelarna blir inte representativa.

Besvärsfrekvenserna för personalgruppen var mycket låga (Diagram 6). Av de 11 symptom som efterfrågades var det endast tre som angavs **ofta**. En person besvärades **ofta** av "trötthet", en av "ögonirritation" och en av "irriterad, täppt eller rinnande näsa". Av dessa relaterades två ("trötthet" och "ögonirritation") till skollocalerna. I ett fall, som gällde näsirritation, avgavs att man inte visste om besväret berodde på skollocalerna eller ej.

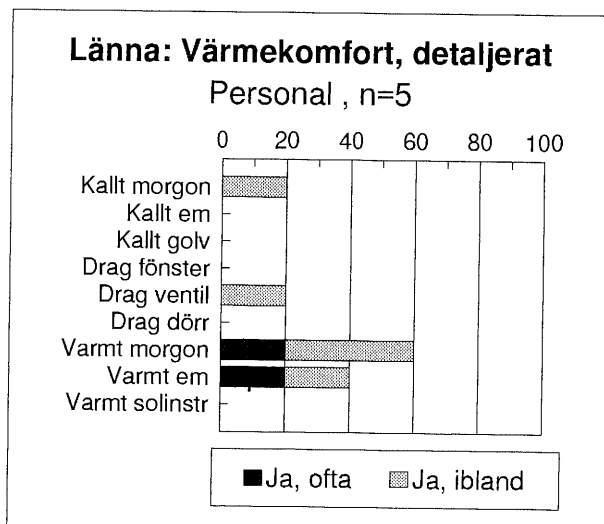


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärar av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

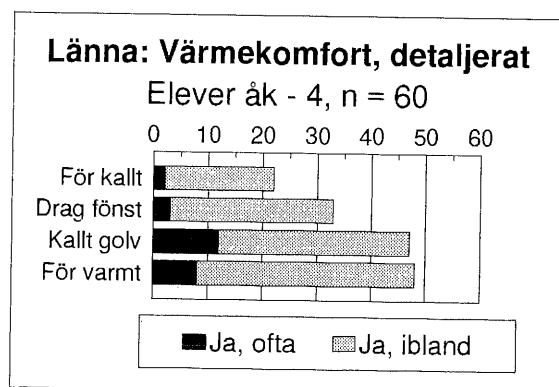


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärar av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

Bland eleverna var besvärsfrekvenserna lägre eller ungefär lika som referensen för samtliga symptom utom "varit snuvig". 26% av Lännas elever hade ofta varit snuviga mot 17% i referensen. Endast 13% var ofta trötta - att jämföra med 20% i referensen (Diagram 7).

En analys av **allergikernas hälsa** visar att i personalgruppen angav en av de två allergikerna ett besvär ofta. Det gällde näsirritation och på frågan om besväret berodde på skollokalerna var svaret "vet ej". På frågan om de allergiska besvären förändras under ledigheter (helger, lov mm) svarade den ena att besvären minskade under ledigheter och den andra att de inte förändrades.

Bland eleverna var det runt hälften av de 12 allergikerna som "varit snuviga" och "haft hosta". När det gällde hosta stod de allergiska eleverna för samtliga besvär av detta slag. De hade också haft "spruckna läppar" i högre utsträckning än sina icke allergiska kamrater. Eftersom eleverna i åk-4 inte fått besvara frågan om de tror att besvären beror på skollokalerna, kan inga slutsatser dras angående detta.

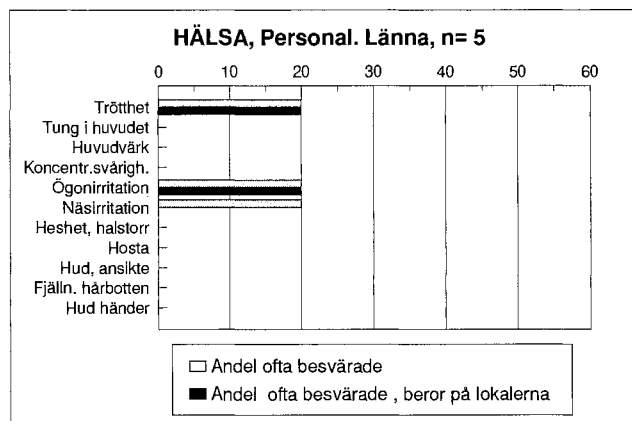


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besvärades av olika symptom (de grå staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

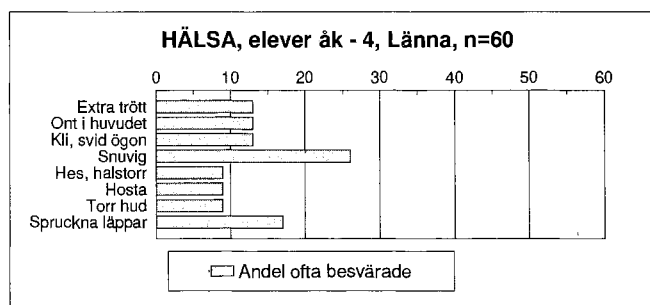


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvären berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

MÄTRESULTAT

De kontinuerliga mätningarna redovisas i diagramform för en typisk dag i respektive klassrum. Båda klassrummen har fönster orienterade åt samma väderstreck, VSV. Solinstrålningen under skoldagen, som i regel varar fram till 14.30, är inte långvarig. Personbelastningen var, som tidigare nämnts, mycket olika i de två klassrummen.

I klassrum 108, som normalt hade ca 40 elever, registrerades mätvärden med hjälp av logger var femte minut under tiden 20-24 februari.

I klassrum 104, som normalt hade ca 25 elever, registrerades endast mätvärden en gång i timmen under samma tid i februari. Genom det längre intervallet för registrering utjämnas vissa max- och minimivärden. Detta förklarar en del av kurvornas olika utseende. Samtidigt innebär den högre personbelastningen i klassrum 108 att man också vädrar mer och därför har större svängningar i värdena för temperatur, CO₂ och RF.

Vid tillfället för momentanmätningar fanns 22-23 personer i klassrum 104 och endast 13 personer i klassrum 108, där annars flest elever uppehöll sig.

Rumstemperaturen i både rum 104 och 108 en typisk vinterdag låg inom intervallet 19 - 22° C under lektionstid (Diagram 8). Vid momentanmätningen låg den på 20,0°C i samtliga punkter. (Tabell 2).

Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, **dygnet runt**, var 20,4°C. (Tabell 3). Temperaturen sänkt under nätter och helger.

Den kontinuerliga "veckomätningen" gav en rumstemperatur **under skoltid** på i genomsnitt 21°C med ett max på 23,5°C och ett min på 19,5°C. (Tabell 3).

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger

samman ytors och luftens temperatur, låg 20°C, med undantag för en punkt, där den låg på 19°C. Att lufttemperaturen och den operativa temperaturen var nästan lika höga förklaras av att skolan har treglasfönster och att fönsterytorna därför inte är särskilt kalla samt av att skolan har varmgrund.

Yttemperaturen på golvet, uppmättes 2 m från fönster i rum 108. Den var 19,4°C.

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman upplevelsen av luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen 0,4 - 0,7°C lägre än den operativa temperaturen, vilket torde bero på ett visst drag från uteluftsdonen.

Relativa luftfuktigheten vid momentanmätningen var 41-44% i klassrum 104 med den högsta personbelastningen och 36% i klassrum 108. Utetemperaturen var då ca 5°C.

I diagram 10 redovisas en kontinuerlig mätning av RF för en typisk skoldag i februari, då utetemperaturen låg runt +4°C. Då pendlade RF under lektionstid mellan 24%-30% i rum 104 och 23%-34% i rum 108. RF ligger överlag några procentenheter högre i klassrummet med den högre personbelastningen.

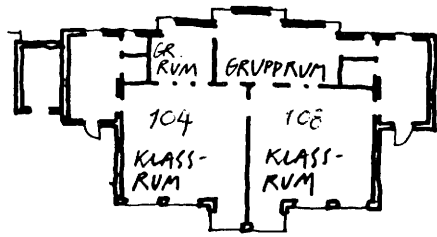
Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt, var 31%. Den kontinuerliga "veckomätningen" av RF gav ett max på 36% och ett min på 22%. (Tabell 3).

Fukttillskottet inomhus uppmättes vid momentanmätningen till 2 g/kg i rum 104 (22-23 personer) och till 1 g/kg i rum 108 (13 personer). (Tabell 2).

Luftväxlingen

Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (varannan minut) i en vecka, dels med passiv spårgasteknik som gav ett

Tabell 2: Sammanställning av momentanmätningar - Länna skola



Klassrum 104, Fönster åt VSV

Tidpunkt för mätning: 1995020, kl 11.15

Personbelastning: 22-23 personer.

Uteförhållanden:

Temp: +5°C, RF 78%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: V, 7 m/s, klart.

Solavskärmning:

Rullgardiner ej nedrullade.

Punkt 1	Punkt 2
20,0°C	20,0°C
20,1°C	20,0°C
19,3°C	19,6°C
-°C	-

Temperaturer

Lufttemperatur
Operativ temperatur
Ekvivalent temperatur
Golvtemperatur

Luftfuktighet

41%	44%
	2,0 g/kg

Relativ fuktighet
Fukttillskott inne

Radongashalt

<30 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum, i 18 punkter¹⁾

	Medel	Max	Min
dB(A)	33,7	35,2	32,9
dB(C)	56,7	61,7	53,8

1) Uppgjord tid för mätning före skolstart blev av misstag inställd, varför mätningen av dB(A) fick göras 8.15 i tomt klassrum 108.

Eleverna var dock på gården, vilket störde mätningarna. dB(C) fick mätas i tomt grupprum, dock med störningar av röster från klassrum.

Efterklangstid

Uppmätt i tomt rum (108) i 3 punkter (48 registreringar)

	Medel	Max	Min
Sekunder	0,9	1,48	0,48

Magnetfält, 5-2000 Hz i µT (Mikrotesla)

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

Mikrotesla	Medel	Max	Min
Rum 104	0,30	0,44 ¹⁾	0,11
Rum 108	0,41	1,94 ²⁾	0,11

Klassrum 108, Fönster åt VSV

Tidpunkt för mätning: 19950220, kl 12.30

Personbelastning: 13 personer.

Uteförhållanden:

Temp: +6°C, RF 76 %, CO₂:400 ppm

Vind: V, 7 m/s, mulet.

Solavskärmning:

Rullgardiner ej nedrullade.

Punkt 1	Punkt 2
20,0°C	20,0°C
19,6°C	19,0°C
18,9°C	18,3°C
19,4°C	-

36%	36%
	1,0 g/kg

40 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

1) Vid golv intill diskbank 0,50

2) Under takarmatur

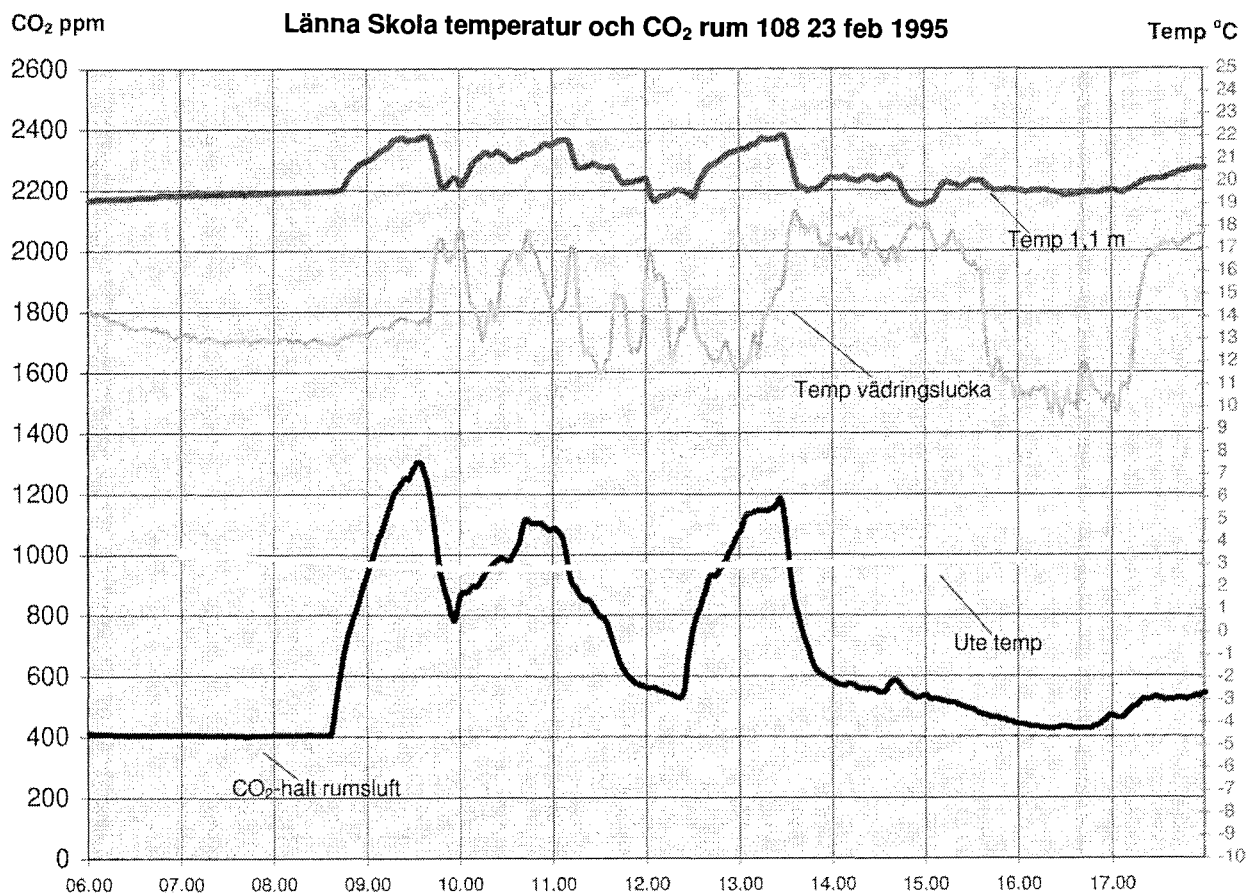


Diagram 8: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 23 februari 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Länna Skola Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 108 23 feb 1995

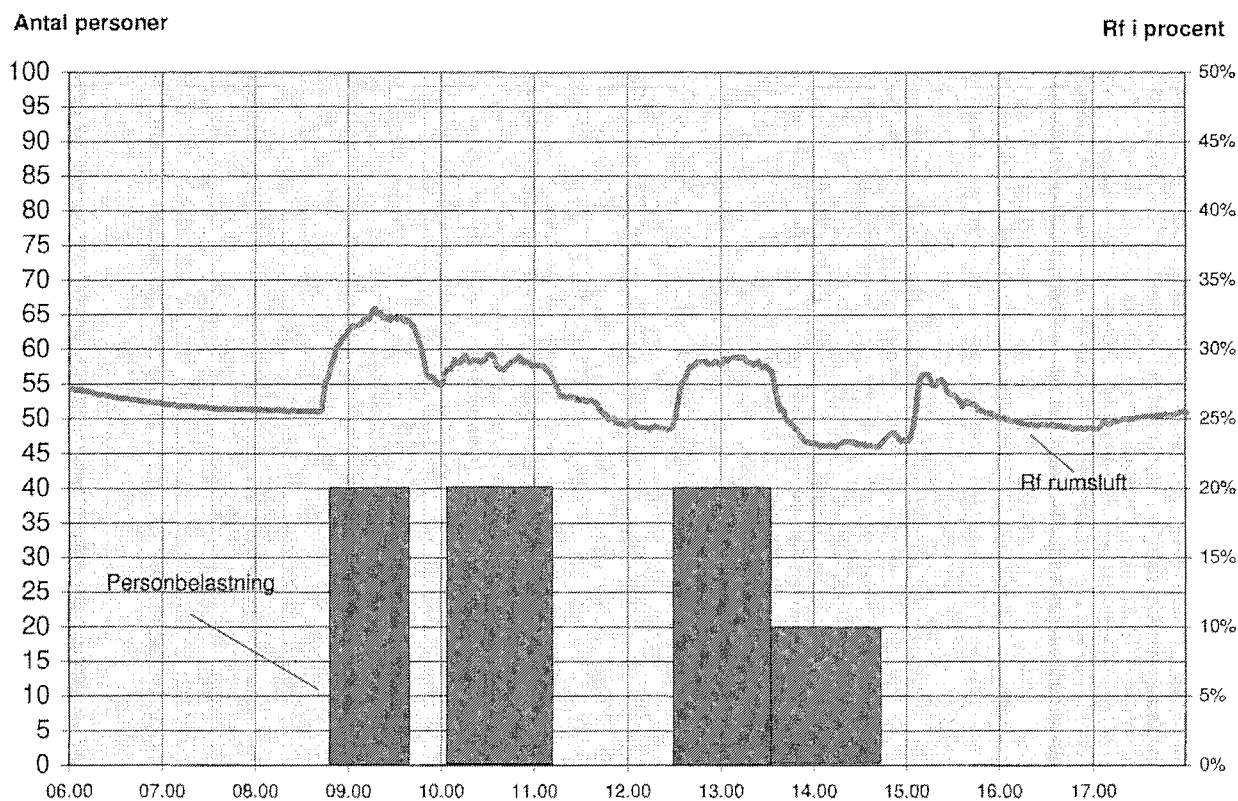


Diagram 9: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 9.

genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av fyra veckor.

CO₂-halten, som var 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, steg under en typisk skoldag till max 1000 ppm i rum 104 med 24 personer i rummet och max 1300 ppm under slutet av lektionen i rum 108 med 40 personer i rummet (Diagram 9).

Fyraveckorsmätningen med passiv spårgasteknik av den genomsnittliga luftväxlingen omfattade alla lokaler i byggnaden, alltså inte bara klassrummen. Dygnsmedelvärdet (d v s inklusive nätter och helger) för denna period var 0,50 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den luftväxlingen som gäller under skoltid beräknats till 1,6 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, ändå räknar med takhöjden 3 m, ger detta en luftväxling på ca 1,8 oms/h.

Ljudnivåerna uppmättes i tomma utrymmen, men under skoltid, då elever befann sig i andra utrymmen i skolbyggnaden och på skolgården. (Överenskommen tid före skolstart blev inställd). Ljudnivå enligt A-kurvan uppmättes i klassrum 108 och visade ett medelvärde på 33,7 dB(A). Det lågfrekventa ljudet, som fick uppmätas i grupprum, med pågående lektion i intilliggande klassrum hade ett medelvärde på 56,7 dB(C). Mätresultaten är inte rättvisande i förhållande till med dem som gjorts i övriga skolor eller jämförbara med BBR:s krav, <30 dB(A), och ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3) <50 dB(C). Resultaten tyder dock på dålig ljudisolering mellan rummen.

Som framgick av enkäten fanns ingen som besvärades av ljud från ventilationen.

Efterklangstiden i Länna skola kunde dock uppmätas under ordinära mätbetingelser och visade sig vara relativt hög, i medeltal 0,9 sekunder. 0,6 sekunder brukar anses vara en lämplig nivå i skolor. Som akustiktak har man använt slitsad gips med filtbaksida, vilket inte tycks vara tillräckligt i klassrum med dessa höga

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Länna skola

	Källa	Uppmätta värden
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	0,53 oms/h
-skoltid	(1)	1,6 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,0 oms/h
Rumstemperatur		
- genomsnitt, dygnet runt, hela perioden, (nattsänkt värme)	(1)	20,4°C
-skoltid, medel	(2)	21°C
-max	(2)	23,5°C
-min	(2)	19,5°C
RF rumsluft		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	31%
- max	(2)	36%
- min	(2)	22%

(1) Sexveckorsmätning

Mätning 21 februari-21 mars 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 20 februari- 24 februari 1995 (med Mitecloggrar) av CO₂, rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen

-dygnsmedelvärde, hela perioden	+1,9°C
-skoldagsmax	+4,8°C
-skoldagsmin	+0,4°C

RF ute

-dygnsmedelvärde, hela perioden	84%
-skoldagsmax	94%
-skoldagsmin	72%

Vindstyrka

-medel kl 10, hela perioden	6 m/s
-max	9 m/s
-min	3 m/s

takhöjder.

Radongashalten i klassrum 104 var under 30 Bq/m^3 . I klassrum 108 var den 40 Bq/m^3 . Detta är låga värden jämfört med kravet i BBR94, $<200 \text{ Bq/m}^3$.

De **magnetiska fältstyrkorna** låg högre än bakgrundnivån. I rum 104 uppmättes ett medelvärde på $0,3 \mu\text{T}$ (mikrottesla) och i rum 108 ett medelvärde på $0,4 \mu\text{T}$. Elsäkerhetsverket har uttalat att man, i miljöer där barn vistas, bör hålla sig under $0,2\text{-}0,3 \mu\text{T}$. Detta värde överskreds således något. Sökande mätningar visade att det framför allt var höga fältstyrkor nära diskbänk och under takarmaturena som var av lågenergityp.

ARKITEKTUR

Invändigt ger Länna skolas generösa takhöjder (dock endast 2,1 m vid fasad) och snedställda tak ett luftigt intryck. Planlösningen har stor flexibilitet, vilket bland annat möjliggör nyttjande av lokalerna för kvällsaktiviteter och fritidsverksamhet. Lösningen är också ytsnål. Behovet av passage är litet, eftersom det endast är två klassrum och dessa har varsin separat entré. Plastmattorna på golv står inte riktigt i samklang med det mer genuina intryck som byggnaden som helhet ger. De är emellertid resultatet av ett direktiv efter en utredning som kommunens städsektion genomfört.

En bättre ljudisolering hade kunnat erhållas framför allt om dörren mellan klassrummen hade haft en bättre ljudklass.

Utvändigt sluter den gulputsade byggnaden väl an till den äldre skolbebyggelsen. Takanslutningarna är dock delvis onödigt komplicerade i sitt utförande.

Fönsterutformningen är både ändamålsenlig för vädring och ger en fint dagsljusinsläpp.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft till tilluft är inte möjlig i denna lösning, där uteluften

tas in direkt i fasad. De höga takhöjderna ger en stor byggnadsvolym att värma upp. Å andra sidan är byggnaden välisolerad, och man använder värmen ur frånluften för att värma upp golvet.

Skolan är en LM-skola med lektioner huvudsakligen mellan kl 8.00-15.00 och det är då de stora luftmängderna, som behöver värmas, tas in. Under tiden för fritidsverksamheten, som sträcker sig till ca kl 18, är antalet barn färre och mindre luftmängder behövs. Därefter vidtar natt- och helgstängningen av ventilationen - om skolan inte har kvällsaktiviteter, då manuell påslagning sker.

Fläktel används för frånluftsfälkten och för evakuering av luft från varmgrunden.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda frånluftslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP.

För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4. Den beräknade energin för uppvärmning inkluderar inte tappvarmvatten.

För Länna skola gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall F/S) totalt 180 kWh/m^2 köpt energi per år. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 200 kWh/m^2 per år (Avsnitt 5.5, Tabell 15). Fall F har en lägre energianvändning för uppvärmning, 147 kWh/m^2 än fall FTX, 156 kWh/m^2 . Orsaken till detta är dels att frånluften nyttjas för värmning av grunden, som kan ses som ett slags återvinning, dels att luftväxlingen är lägre än i FTX-fallet. Samtidigt är elanvändningen för fläkten i F-fallet låg, ca 1 kWh/m^2 , mot 12 kWh/m^2 i FTX-fallet. Slutsatsen är att skillnaden är mycket liten mellan de två fallen.

Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, därför att elen kräver mer energi för sin framställning (och är dyrare), får Fall

F en total energianvändning på 181,4 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på ca 217 kWh/m².

Några uppgifter om separat uppmätt energianvändning för nybyggnaden har inte gått att få fram.

KOMMUNENS ERFARENHETER

Erfarenheterna från kommunens sida var så pass goda att man byggt till byggnaden med ytterligare två klassrum med i princip samma systemlösning.

Byggnaden har kompletterats i efterhand med automatisk stängning av takfönstren efter skoltid. Takfönstren i den senare gjorda tillbyggnaden har utförts i aluminium för att minska fuktskador i det utsatta läget.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

Det enda krav på innemiljön som hade ställts i form av ett, med mätningar kontrollerbart, funktionskrav var att totala luftflödet skulle vara 8 l/s,p. CO₂-mätningarna indikerar att detta uppnåddes i klassrummet med 24 personer (1000 ppm i slutet av lektionen), men inte riktigt i klassrummet med 40 personer (1300 ppm i slutet av lektionen).

Påverkanmöjligheter

Ventilationen i Länna skola bygger på enkla lösningar med lite automatik och därigenom enkel skötsel. Personalen kan själva förstå systemet och påverka sitt inneklimat med hjälp att flera alternativa vädringsmöjligheter. Dessa anpassas till aktuell personbelastning och rådande väderförhållanden.

Luftflödet i uteluftsdonen går dock inte att reglera, då dontypen saknar jalousispjäll eller liknande reglermöjlighet. Ändring av frånluftsflödet genom F-fläkten kan göras,

men kräver en omställning ute i fläktrummet.

Upplevd inomhusmiljö och hälsa

Såväl luftkvaliteten som värmekomforten i Länna skola fick ett mycket bra omdöme. Det är värt att notera att inte fler besvärades av "drag från ventil", "drag från fönster" och "kalla golv" med den systemlösning som valts. De högt sittande fasadfönstren, förvärmningslådan bakom radiatoren och varmgrundens medverkar till en god termisk komfort.

Den möjlighet till egen effektiv vädring som finns i klassrummen var en klar fördel i detta fall, där elevantalet var så olika i de två klassrummen.

Antalet allergiker som vistas i byggnaden är totalt så pass litet och eleverna så unga att det inte, utifrån enkäten, går att dra några direkta slutsatser om de mår bättre eller sämre i denna byggnad än i andra miljöer.

En av de lärare som vistades hela sin arbetsdag i byggnaden var astmatiker. Han berättade att han sedan år 1973 tog astmamedicin dagligen kl 12-13 för att klara skolmiljön. Sedan han började arbeta i den nya skolbyggnaden i Länna har han helt kunnat sluta medicinera.

Besvär av statisk elektricitet förekom **ibland** i något högre utsträckning än normalt. Vid mättillfället talade vi med en lokalvårdare som uppgav sig vara elkänslig och som fick besvär i byggnaden. Mätresultaten visade på onormalt höga magnetiska fältstyrkor. De källor som ger upphov till förhöjda magnetfält (diskbänkar och belysningsarmaturer) borde ses över.

Inga störande ljud från ventilationen förekommer.

Slutsatsen måste vara att byggnaden, utifrån enkätresultaten, kan bedömas som ett sunt hus med låga besvärsfrekvenser för hälsosymptom överlag.

TEKNIK

Takfönstren, som öppnas och stängs manuellt med lina är inte helt lätta att manövrera. Veven sitter högt upp på väggen. Det hände att fönstren blev stående öppna under natten, vilket orsakade en onödigt hög energianvändning. Fönstren har senare kompletterats med automatik som stänger dem efter skoldagens slut.

Det borde ha varit möjligt att **koppla frånluftsfläkten till en utetemperaturgivare** så att varvtalet reglerades efter möjligheten att använda termisk stigkraft. Detta skulle kanske ha minskat elanvändningen. Samtidigt är det normalt så att fläktventilationen är inställd på ett lägre flöde än 8 l/s,p och personalen ökar själva luftflödet vid behov med hjälp av de goda vädringsmöjligheterna.

Lösningen är robust då det finns en **garanterad minimiventilation** genom det installerade frånluftssystemet.

Utformningen av vädringsfönster i fasad, **överfönstren**, ger mer dragfri vädring än normalt.

Takfönstren är bra placerade så att det syns ordentligt från klassrummet om de är öppna eller stängda.

De höga takhöjderna i kombination med uteluftsdonens placering, ger i huvudsak en **deplacerande ventilation** och därmed den yngsta luften runt elever och lärare.

Den tunga stommen av lättbetong verkar temperatur- och fuktutjämnande. Då nattsänkning på rumstemperaturen inte tillämpas ger stommens långa tidskonstant dock ingen energibesparing.

Varmgrunden minskar problem med kalla golv, som brukar bli följderna av uteluftsventiler.

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas och systemlösningen fungera

som avsett måste:

- Filter bytas regelbundet i uteluftsdonen.
- Linor till takfönster samt till uteluftsdonen ses över och lagas vid behov.
- Kontroll görs dagligen av att inga takfönster står öppna när skolan stängs. (Nu sker stängningen kvällstid med automatik).
- Frånluftssystemets aggratet, don och kanaler underhållas och rensas.
- Fläktar för ventileringen av varmgrunden underhållas.

ENERGIANVÄNDNING

Energianalysen tyder på att Länna skola står sig väl energiekonomiskt jämfört med en skolbyggnad med FTX-ventilation. Avsaknad av värmeåtervinning kompenseras genom ett något lägre mekaniskt flöde än i ett FTX-system och en kompletterande luftväxling genom "självdragssystemet", som lätt anpassas till aktuell personbelastning. Värmegrunden och välisolerade väggar utgör andra plusposter.

KOSTNADER

Produktionskostnaden för Länna skola var 10.350 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå.

Som jämförelse kan kostnaden för två nybyggda FTX-skolor som ingick i projektet "Goda exempel på sunda hus" anges: Lilleby skola kostade 10.400 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå och Navet kostade 8.400 kr/m² BTA i 1991 års prisnivå.

Totala investeringskostnaden på 3 Mkr amorteras på 33 år och ger således en årlig investeringskostnad på 90.000 kr. Räntan är 9% på den årligen resterande kapitalkostnaden.

Litteratur om Länna

- J&W:s interntidning nr 3/95.
- Tidningen Lättbetong nr 1/94.

7.3 Fredkullaskolan, Kungälv - Nybyggnad

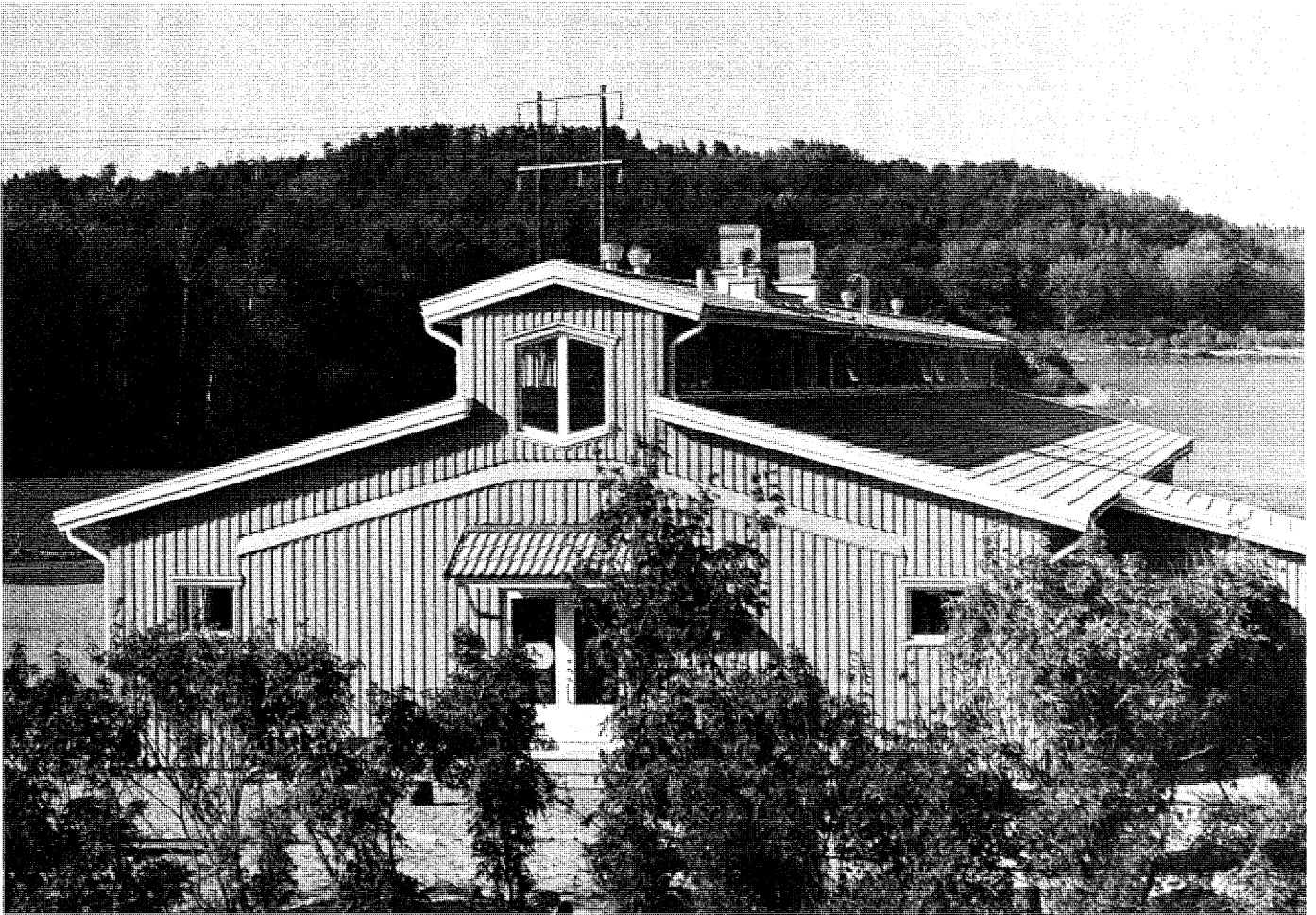


Foto: Christer Nordström.

Fredkullaskolan, Kungälv

FAKTA

VERKSAMHETEN

Nybyggnad 1991/1992 av Waldorfskola med låg- och mellanstadium i tre blandade klasser (1-2), (3-4), (5-6), fritidshem och daghem om två grupper.

INFLYTTNING

Augusti 1992.

STUDERAD BYGGNAD

Huvudbyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre: Byggnadsstiftelsen Kaveldunet.

Nyttjare: Föreningen för Waldorfpedagogik i Kungälv AB.

Konsulter:

Arkitekt: Christer Nordström
Arkitektkontor AB.
Projektledning: Projsam AB.
VVS: Torkel Andersson, Klimat
Teknologi AB samt Håkan
Gillbro, SWETEC konsult AB,
Göteborg.
El: ELPA Väst AB.

ENTREPRENADFORM

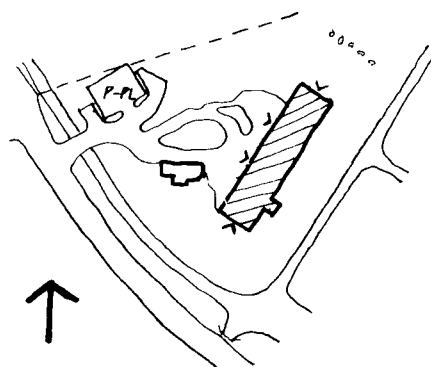
Styrd totalentreprenad.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 650 m²
Total bruksarea: 600 m²
Total produktionskostnad: 3,5
Mkr (exklusive moms och
befintlig grund) i 1992 års
prisnivå.
Kvadratmeterkostnad:
5.385 kr/m² BTA.
5.833 kr/m² BRA.

LOKALISERING

Skolan ligger i kanten av ett småhusområde. Omgivningen är fri från föroreningskällor.



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

I förutsättningarna för nybyggnaden ingick att nyttja en befintlig torpargrund, vilket styrde rumsorienteringen. En klart begränsad ekonomisk ram fanns för projektet. Begagnad köksutrustning m m hämtades från en annan skola.

Genomförandet förutsatte en viss föräldramedverkan både med byggnadsarbeten och i driftskedet. Föräldrarna sköter, tillsammans med personalen, städning och odlingarna.

Till skolan hör också en paviljong som ställdes upp 1994, i vilken äldre elever går. Denna byggnad ingår inte i undersökningen.

I en senare utbyggnadsetapp är det tänkt att utvidga med ytterligare två klasser, genom en vinkelutbyggnad.

Den studerade enplansbyggnaden, består av

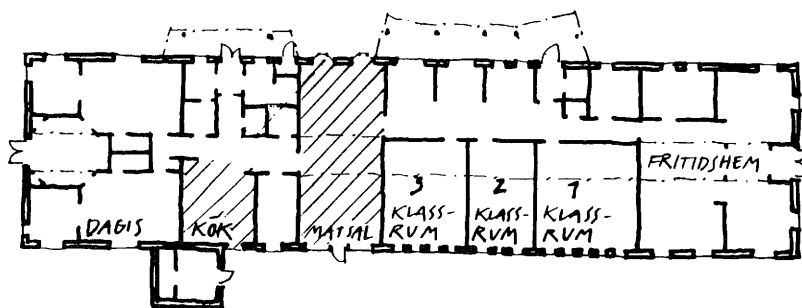
följande funktioner:

- Klassrum, 3 st
- Förskola
- Matsal
- Kök
- Lärarrum
- Expedition
- Entréer, kapprum, toaletter

Kök och matsal ventileras med ett från- och tilluftssystem. Resten av byggnaden har rent självdrag.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

Man ville bygga "en skola med sunda och naturliga material och med självdragssystem", som man ansåg vara det bästa för att ge barnen en god arbetsmiljö. Det fanns också uttalade ekologiska mål, som ingår som en del i Waldorfpedagogiken. Naturens kretslopp skall vara en central och självklar del av barnens utveckling. Man beslutade att ha grönsaksodlingar, växthus, komposter och



Plan, skala 1:500.

en återvinningsbyggnad i skolans regi.

Materialen och konstruktionen är tänkta att tillsammans med byggnadens formgivning samverka till en god inomhusmiljö. Man försökte i materialvalet undvika emissioner som kunde vara hälsoskadliga och ämnen som kunde ge påverkan på naturmiljön. Man menade att rena material skulle minska behovet av att överventilera under dagtid och samtidigt göra det möjligt att stänga av ventilationen på natten.

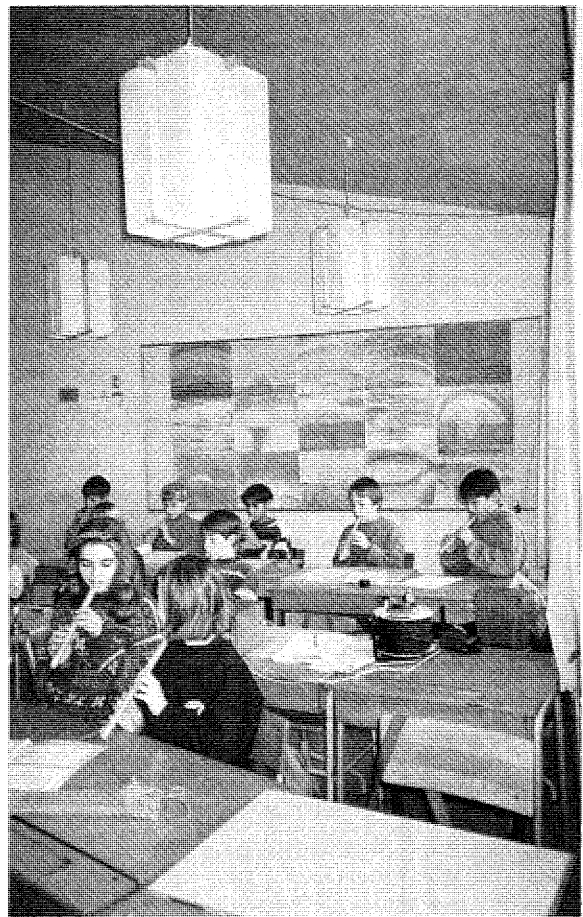
Ekologiska aspekter och Waldorftraditionen har fått styra valet av färger både inom- och utomhus.

Fredkullaskolan var den första nybyggda skolan i Sverige, där man på nytt tog upp den gamla självdragsidén. Den har därigenom rönt mycket uppmärksamhet och studiebesöken har "duggat tätt". Arkitekten, Christer Nordström, hade bland annat studerat växthus i England och danska självdragsskolor, som byggts under 1980-talet. Föräldrarna var intresserade av att tillämpa dessa idéer i Sverige. De rimmade väl med Waldorfpedagogiken, som kräver aktiv medverkan av elever och lärare - även för att skaffa ett bra inomhusklimat.

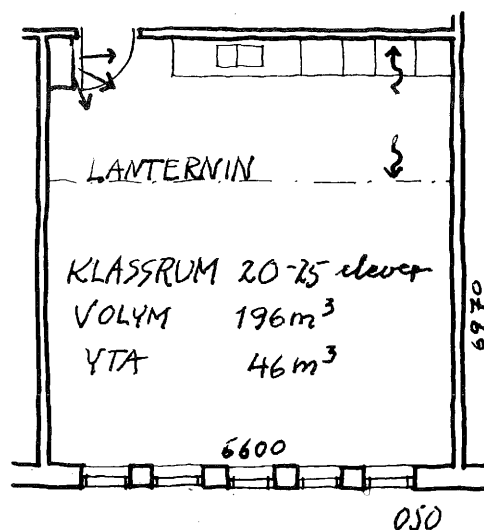
Ett slags programförklaring från Waldorfskolans byggnadsstiftelse Kaveldunet, har en av föräldrarna, Jan-Erik Andersson, uttryckt enligt följande:

"Eftersom så många olika faktorer som temperatur, relativ luftfuktighet, emissioner, drag, ljud etc påverkar inneklimatet, var det viktigt att konstruera en skolbyggnad där lärarna själva kunde påverka ventilationen. Av denna anledning fick inte fasta luftflöden vara styrande. Istället prioriterades brukarnas upplevelse av olika faktorer".

VVS-konsulterna, Torkel Andersson och Håkan Gillbro som anlätades, utgick från att CO₂-gränsen 1.000 ppm i en byggnad med låg emission av föroreningar är av underordnad betydelse för ett bra inomhusklimat.



Klassrumsinteriör.



Klassrum, skala 1:125.

Som viktigaste klimatmål såg de att hålla en jämn rumstemperatur på ca 20°C i alla lokaler, vilket man ville åstadkomma med ett lågflödesinjusterat värmesystem. (Se nedan).

Ett något lägre luftflöde på vintern än det som ger 1.000 ppm efter en lektion i ett klassrum, skulle minska dragproblemen och ge en högre relativ luftfuktighet, vilket i sin tur skulle ge en lägre dammhalt och mindre besvärande statisk elektricitet.

Man hade vidare som mål att försöka hålla en luftfuktighet på 40-60% RF. "Den får inte bli för torr vintertid och inte för fuktig sommartid. Sommartid, då skillnaden mellan temperatur ute och inne inte är så stor, erhålls ungefär samma höga RF på inneluften som vi har utomhus. Denna luft har betydligt sämre förmåga att absorbera och föra bort fukt än den uppvärmda luften vintertid. Därför måste luftmängderna vara betydligt högre sommartid än vad som behövs på vintern. Annars kan fuktproduktionen från människor, matlagning m m resultera i mycket hög RF

inomhus, med hög emission och risk för mögel- och kvalstertillväxt som följd".

BYGGNADSUTFORMNING

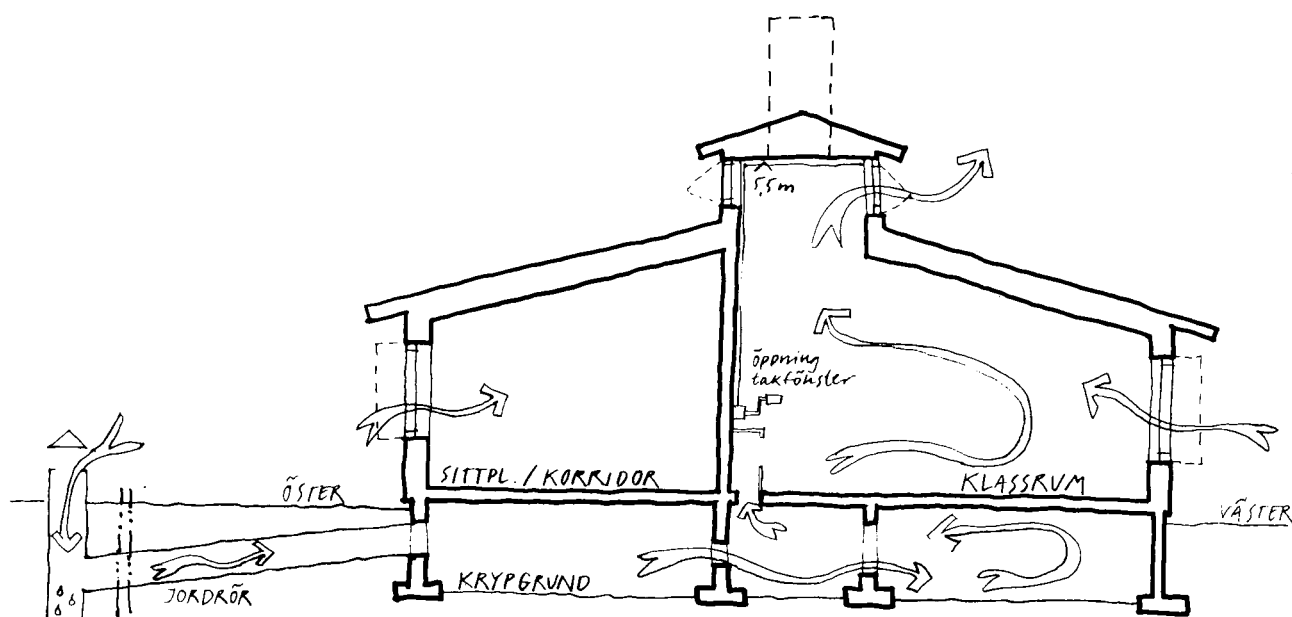
KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Grundläggning: Befintlig torpargrund som också fungerar som luftintag. Krypgrunden är dränerad med makadam. Höjden i kryprummet är 120 cm. Trossbotten är av board närmast kryprummet och har 20 cm cellulosafiberisolering, 22 mm råspont, 2x9 mm gipsskiva som underlag för golvbeklädnad.

Stomme: Träregelkonstruktion med yttervägg inifrån och ut av 13 mm gipsskiva, plastfolie som ångspärr, mineralullsisolering 195 mm, 9 mm gipsskiva samt stående träpanel.

Golv: Linoleum i alla utrymmen utom i våtrum, där plastmattor av typ PVC är lagda.

Mellanväggar: Gipsskivor på träreglar.



Sektion, skala 1:125.

Färg: Hartsdispertionsfärg och bivaxlasyr. Inga latexfärger har använts.

Tak: Limträbalkar. Inifrån och ut: Träullsskiva, alt. gipsskiva, plastfolie, 350 mm cellulosafiber, råspont och ofärgade betongpannor.

Undertak: 30 mm ofärgade träullscementskiva som ljudabsorbent i de flesta utrymmen. Även gipsplattor förekommer som undertak.

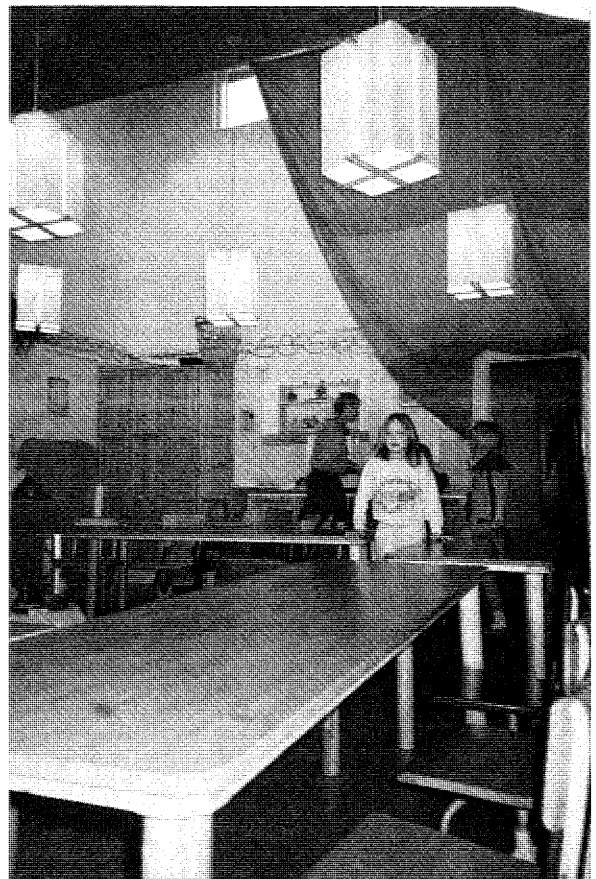
Fredkullaskolan har således en lätt stomme och en diffusionstät klimatskärm.

Planlösningen är utformad så, att klassrummen förlades i rad mot ostsydost på den befintliga grunden.

Daghemmet ligger vid södra gaveln, bakom kök och matsal. Fritidshemmet ligger vid den norra gaveln. Korridoren som förbinder klassrummen har fönster åt västnordväst. Åt detta håll ligger också kapprum och toaletter.

Man ville vara frikostig med fönster, både i fasad och i takets mittparti för att nyttja dagsljus så mycket som möjligt och spara på belysningsel.

Självdraagsventilationen har till stor del styrt utformningen av byggnaden. För att åstadkomma den för självdraget nödvändiga skorstenseffekten har takets mittparti utformats som en hög "skorsten" (lanternin) som sträcker sig utefter hela byggnadens längd. Högst upp i mittpartiet finns en rad av öppningsbara fönster, som är placerade mot öster och väster. Fönstren öppnas manuellt med en lina och vev nerifrån klassrummen. Byggnadens innertak följer yttertaket lutning och lutar således uppåt mot mittpartier för att befrämja luft rörelser mot mitten. Klassrummen får härigenom en rejäl volym, trots en förhållandevis liten yta. Klassrumsarean är 46 m² - volymen 196 m³. Antalet elever per klass varierar mellan 20 och 25.



Interiör från fritidshemmet.

VÄRME OCH VENTILATION

Värmesystemet

Byggnaden har vattenburna radiatorer. Vattnet värms med el. Det finns en ackumulatortank, som vid senare utbyggnad är tänkt att nyttja värme från solfångare på taket, kompletterad med elpatron.

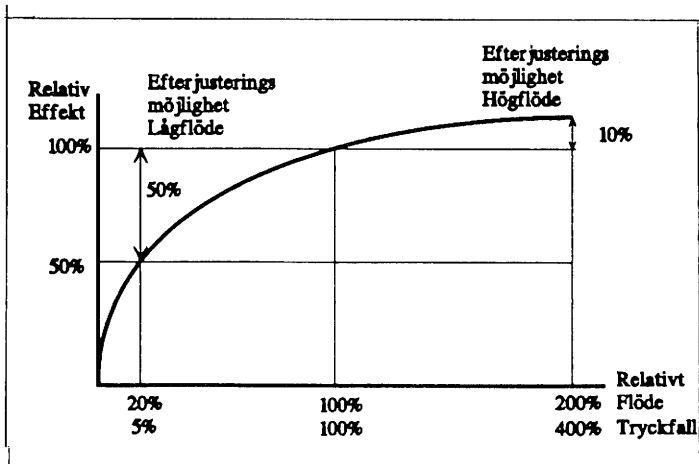
Värmesystemet är utformat enligt den princip som brukar tillämpas av de i byggprojektet anlitade VVS-konsulterna, nämligen s k lågflödessystem. Detta motiveras på följande sätt:

"De flesta värmesystem med vattenburen värme har s k högflödessystem, i vilket temperaturen på radiatorn justeras med framledningstemperaturen. Detta leder ofta till att 80-90% av klassrummen har för hög rumstemperatur (21-23°C) redan innan lektionen startar på morgonen. Den höga lufttemperaturen beror på att det inte går att justera upp värmen i de kallaste rummen genom att höja flödet genom radiatorn, utan att framledningstemperaturen måste höjas, vilket i sin tur medför höjd temperatur i samtliga rum - även i de som redan var för varma. Dessutom har termostatventilerna inte möjlighet att fungera effektivt i ett högflödessystem".

"P-band upp mot 2-3°C betyder att rumstemperaturen måste stiga 2-3°C innan termostaten stänger helt. Vanligen kan den heller inte stängas helt, utan det finns ett läckflöde som fortsätter att ge värme."

Högflödessystemet arbetar således med stora vattenflöden och små temperaturfall. I lågflödessystemen effektanpassas radiatorsystemens överdimensionering genom att flödet genom radiatorerna sänks, istället för att framledningstemperaturen sänks. Detta ökar efterjusteringsmöjligheterna. En kraftig effekthöjning kan åstadkommas på radiatorn i de rum som av någon anledning är för kalla. På detta sätt kan en jämn temperatur justeras in i skolans alla rum.

"Med de låga flöden och tryck som erhålls på detta vis elimineras dessutom



I ett särtryck ur VVS-Forum 10/11 1993 redogör Torkel Andersson för lågflöd radiatorernas fördelar. Radiatorerna projekteras så att de hamnar längre ner på effektkurvan. Det sker genom att minska flödet. Därmed ökas temperaturskillnaden mellan tillopp och retur. Då utnyttjas endast t ex 60-70% av radiatorns nominella effekt. Det medför att man efter grovinjustering, har möjlighet att öka radiator effekten med ytterligare 40-50% i rum som är för kalla.

strömningsljud och förutsättningarna för att termostatventilerna ska fungera förbättras. Små p-band, runt 0,5°C och god reglerfunktion, blir resultatet", menar VVS-projektörerna för Fredkullaskolan.

Orienteringen av klassrummen mot OSO, samtidigt som effektiv solavskärmning saknas, innebär att överskottsvärme bildas. Under sommarhalvåret kan en del av denna elimineras med den av jorden kylda tilluften.

Ventilationen

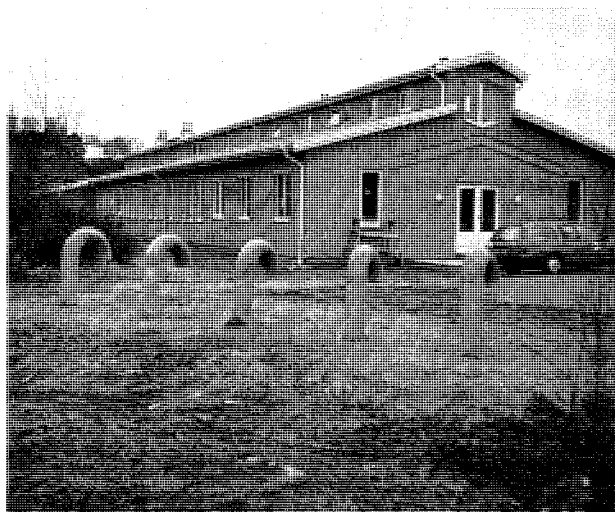
Kök och matsal har FTX-ventilation. Övriga utrymmen har självdrag, helt utan fläktar. Även WC har självdragskanaler.

Tilluften har en lång väg att "vandra" innan den når rummet. Uteluftsintaget består av 6 st, ca 10 m långa, jordförlagda rör som ansluter till byggnadens kryprum på nordöstra gaveln. Där förs luften in i krypprunden som genom betongbalkar är uppdelad i tre längsgående kamrar. Luften förs runt i kamrarna via utplacerade öppningar i balkarna. Avsikten med tilluftens dragning i jordrör och kryprum är att förvärma luften vintertid och kyla den sommartid. Luften förs sedan upp genom öppningar i trossbotten (en per klassrum) vid byggnadens längsgående mittvägg. Sommartid kyls luften i jordrören och krypprunden genom dessas kontakt med marken.

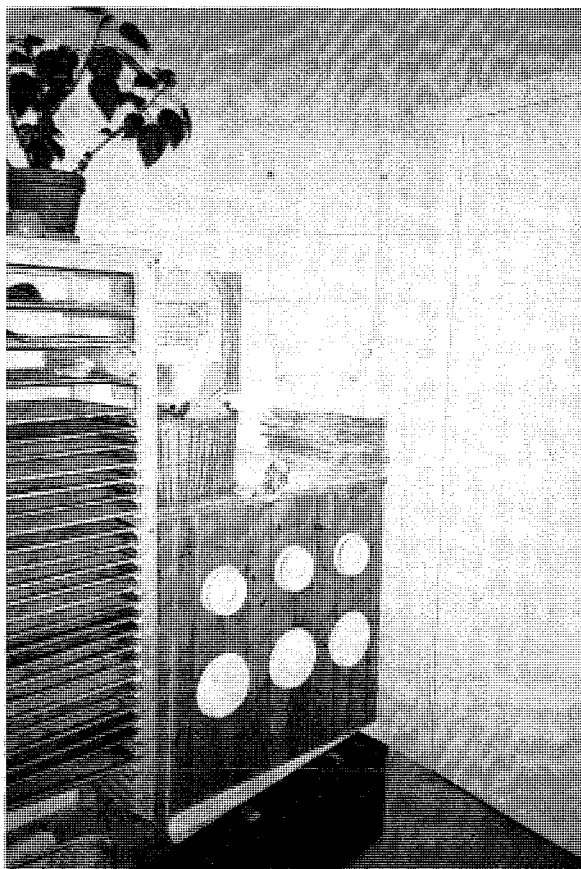
Kondensvatten, som uppstår sommartid i jordrören, samlas upp genom en "droppbrunn", placerad i botten på rörens vertikala del.

Tilluftsdonen är placerade i golvnivå mot mittväggen, 6 st tallriksventiler sitter samlade i en träinklädd låda. Denna fungerar i princip som en kombination av omblandande och deplacerande don med något underkyld luft som flyter ut längs golvet. För eftervärmning av tilluften finns ett kamflänsrör, placerat i torpargrunden. Luften ska hålla 16-17°C när den når rummet.

Tilluft kan också tas in direkt genom



Uteluftsintaget i Fredkullaskolan består av jordförlagda rör som förvärmer luften på vintern och kyler den på sommaren.



Fredkullaskolans tilluftsdon fungerar som deplacerande don, men med en viss omblandning vid donet.

vädning med fasadfönstren, som alla är öppningsbara. Genom att även korridor/passage utanför klassrummen har fönster, kan också korsdrag anordnas. Enligt VVS-konsulten är ett vanligt ventilationsfall under sommarhalvåret, när det är varmare än $+5^{\circ}\text{C}$, att större delen av luftväxlingen sker genom att uteluft tar sig in i nederkanten av de öppna lanterninfönstren, medan den varmare frånluften evakueras vid fönsteröppningens ovansida. Detta ventilationsfall, som vi inte studerat närmare i projektet, skulle uppstå när lanterninfönstren öppnas tillräckligt mycket, d v s under vår/höst och sommar. Under vissa väderbetingelser kan detta naturligtvis också ge upphov till drag (kallras). Då krävs fler öppnings- och stängningsmoment för att upprätthålla både god luftkvalitet och termisk komfort.

Ett möjligt driftfall är också att koppla bort luftens passage via jordrör och kryprum och bara ta in luft via fönster. Denna möjlighet har ännu inte använts.

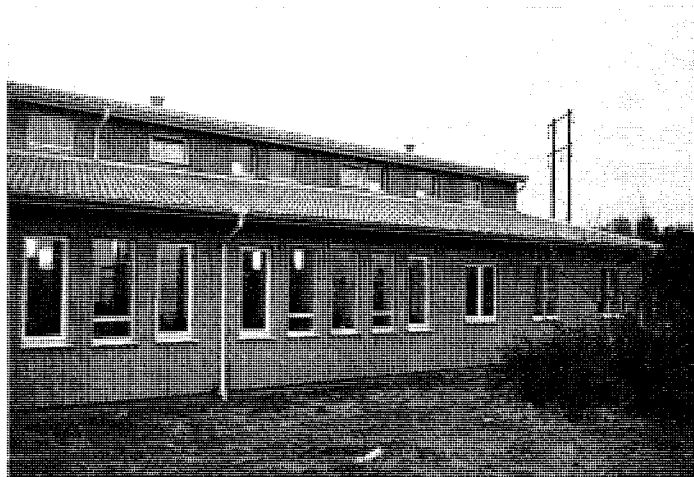
Frånluften evakueras helt utan fläktar, även den från toaletterna. Evakueringen från WC:n sker med en vertikal kanal direkt upp på tak.

Evakuering av frånluften i klassrummen är beroende av att lärarna öppnar lanterninfönstren. Det finns 2 st per klassrum. Dessa öppnas med hjälp av lina och handvev. Beroende på väder och vind, öppnas antingen den östra eller västra lanterninen - eller båda två. Oftast öppnas de fönster som för tillfället är på läsidan, vilket ger ett av vinden förstärkt sug.

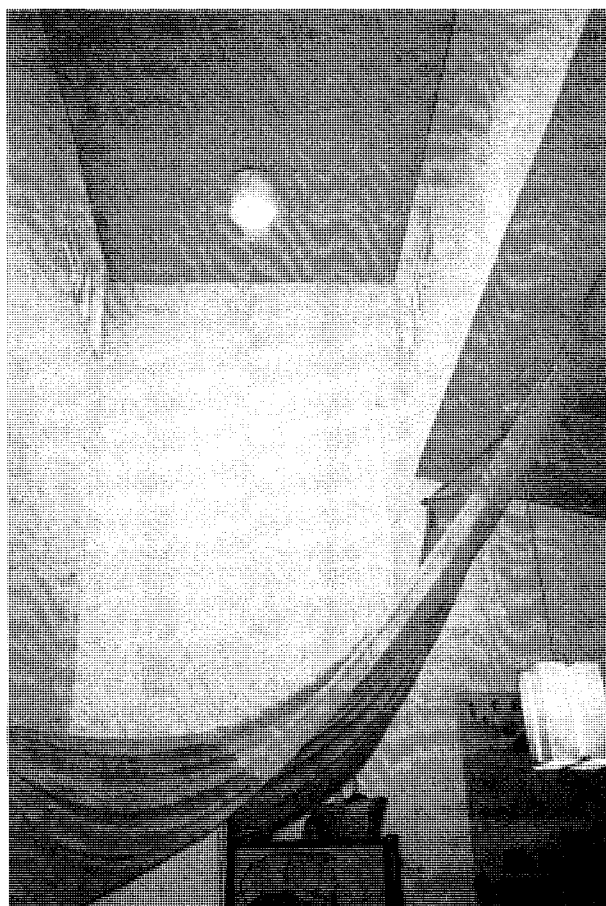
Den varma luften som ansamlats i taknivå, förs via stackeffekten (eller med andra ord termiken, som innebär att den varma luften är lättare än omgivande luft) ut när luckorna öppnas.

Driftsrutiner

Fönster och lanterniner stängs när ingen är i skolan. Då finns bara det eventuella luftflöde som sugs in genom byggnadens otätheter och ut genom toaletterna. På nätter och helger sänks värmen till ca 18°C .



När lanterninfönstren öppnas tillräckligt mycket tillförs även uteluft denna väg, vid fönstrets underkant, samtidigt som frånluften evakueras vid överkanten. Draperingen under lanterninfönstren (nedre bilden) vittnar om att detta ventilationsfall ibland förorsakar drag.



Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i Fredkullaskolan i mars 1995. All personal och alla elever som var närvarande vid detta tillfälle fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i lokalerna. De yngre eleverna fyllde i ett förenklat formulär.

Enkäten besvarades av totalt 53 personer, varav 14 var personal, 20 var elever i åk 3-4 och 19 var elever i åk 5-7. Eleverna i åk 5-7 gick för närvarande inte i den undersökta byggnaden, utan i en intilliggande paviljongen (också med självdrag). De hade emellertid tidigare gått i huvudbyggnaden och ombads därför svara på hur de upplevde inomhusklimatet i denna byggnad, där de också äter lunch. Elever i åk 5-7 fick dock inte besvara frågor om sin hälsa.

Utöver detta fyllde 19 föräldrar till eleverna i klass 1-2 i en särskild föräldraenkät. Denna har en annorlunda utformning och behandlar endast barnens

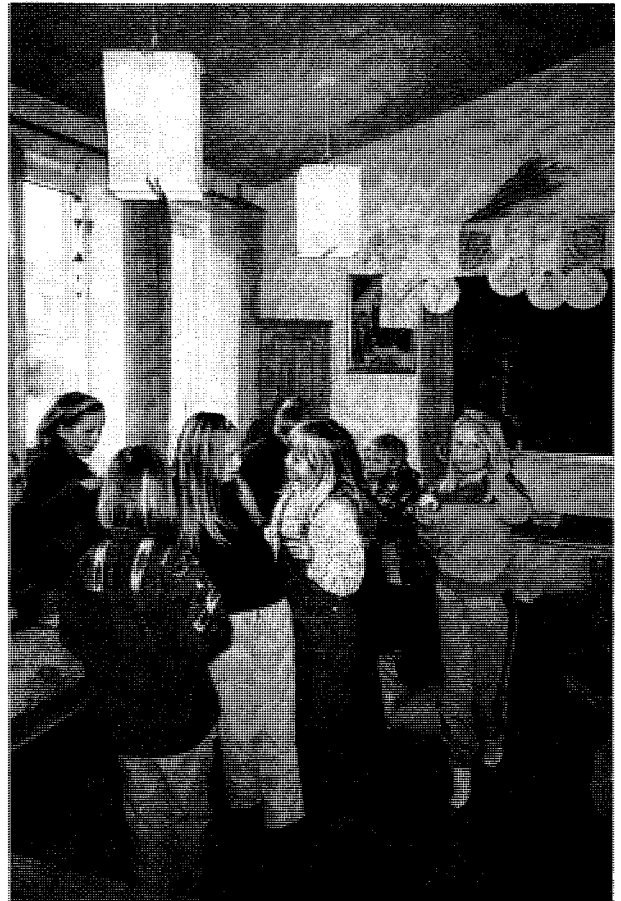
Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och personalens könsfördelning.

Fredkullaskolan

Enkätdatum: 1995-03-09

(Föräldraenkät: 1995-03-09/12)

	Antal enkäter	Allergiker antal	Allergiker %	Man/kvinna antal
Personal	14	5	36	3/11
Elever				
åk 5-	19	6	32	
Elever				
åk 3-4	20	3	15	
Föräldrar				
om elever i åk 1-2	19	4	21	
Summa	72	18	25	



hälsa. Den bedömning som gjorts är att föräldrar vistas för lite i skolan för att kunna uttala sig mer detaljerat om inomhusklimatet. Däremot kan de ge en kompletterande bild av barnens hälsotillstånd, då de kan uppmärksamma förändringar när barnen går i skolan respektive befinner sig hemma.

Kvinnorna dominerade starkt i personalgruppen. Endast 3 av de 14 var män.

Allergifrekvens

Andelen i personalgruppen som har eller har haft någon form av allergi var 36%, vilket ungefär motsvarar referensen för Riket.

Bland eleverna i åk 3-4 som gick i den studerade byggnaden var allergifrekvensen så låg som 15%. Även bland eleverna i åk 1-2 fanns, enligt föräldraenkäten, en låg allergifrekvens, 21%. Dessa tal kan jämföras med referensen för åk 1-4 som anger en allergifrekvens på 30%-33%.

Bland eleverna i åk 5-7 var allergifrekvensen 32%, vilket också är lägre än referensvärdena (44%).

I personalgruppen hade ingen astma, 4 hösnuva (29%) och 2 personer (14%) hade eksem, vilket är lägre frekvenser än normalt, bortsett från en högre andel med hösnuva.

Enligt föräldrarna hade ett av barnen (5%) astma, inget hösnuva och 16% hade eksem. Av eleverna i åk 3-4 uppgav sig ingen ha astma, 3 personer (15%) hade hösnuva och en person (5%) hade eksem - allt låga frekvenser.

Miljöbedömning i stort

I den översiktliga bedömningen av inomhusmiljön klassade minst 80% av alla (personal + elever) samtliga parametrar som "bra" eller "acceptabla" (Diagram 1).

Allergikerna gav lite sämre omdöme för värmekomfort och trivdes lite sämre i

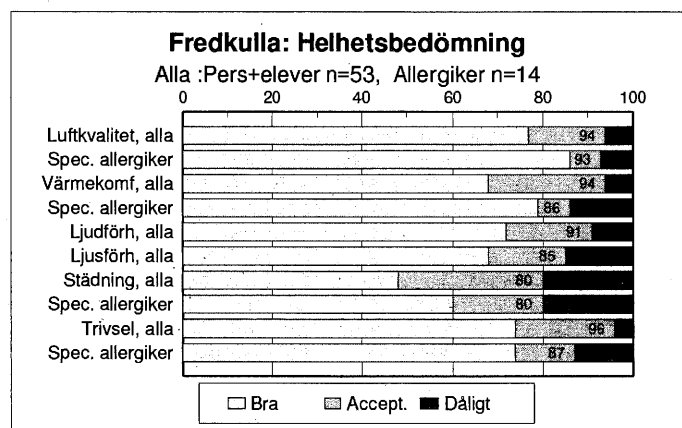


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

skolan än gruppen som helhet. Bäst omdöme fick luftkvaliteten, som klassades som "bra" eller "acceptabel" av 95% av alla svarande och av 94% av allergikerna. Andelen som klassade den som "bra" var också hög och till och med högre bland allergikerna än i gruppen som helhet (87% respektive 80%).

Sämst omdöme fick städningen, som sköts av föräldrar och personal. 80% ansåg dock att den var "bra" eller "acceptabel", men 40% av eleverna i åk 3-4 tyckte att den var "dålig". I personalgruppen tyckte ingen att städningen var "dålig".

När det gäller värmekomforten var helhetsbedömningen god. 95% bedömde den som "bra" eller "acceptabel" (86% av allergikerna). Dock ansåg rätt många att det är "för varmt" ibland och "för kallt" ibland. (Se värmekomfort detaljerat).

Luftkvalitet detaljerat

Inte för någon parameter som gäller luftkvalitet besvarades en större andel av personal och elever **ofta** än 6%.

Bland personal och äldre elever tyckte endast 6% att luften **ofta** var "torr" och 36% tyckte att den var det **ibland**. Ingen besvarades av att luften **ofta** var "instängd", men 33% gjorde det **ibland**. 19% besvarades av att luften **ibland** var "dammig". 6% besvarades av att det **ibland** "luktade mögel" och 15% besvarades **ibland** av att det "luktade annat".

Ingen tyckte att luften **ofta** "luktade mögel", "var stickande", "luktade avlopp", "luktade tobaksrök", var "statiskt elektrisk" eller "luktade annat". 15% besvarades dock ibland av "matoslukt". (Diagram 2).

Bland de yngre eleverna (åk -4) var det 5% tyckte att det **ofta** var "instängd luft" och 33% tyckte att det var instängd luft **ibland** och "dammaigt" **ibland**. 24% besvarades **ibland** av att det "luktade illa". (Diagram 3).

100% av personalen uppgav att de vädrade

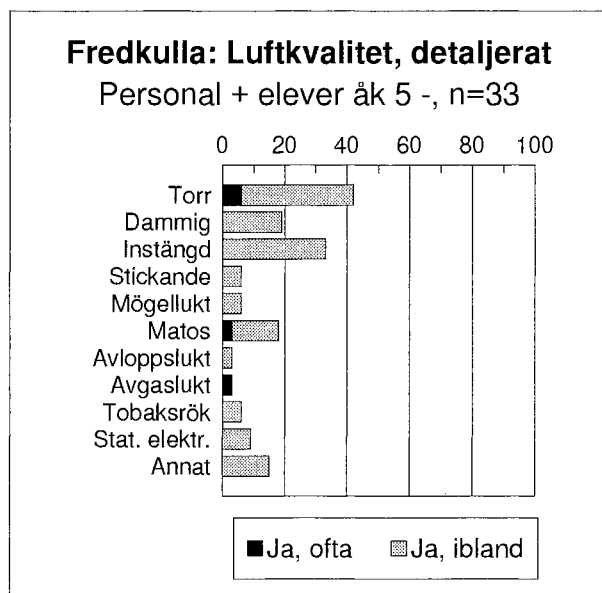


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

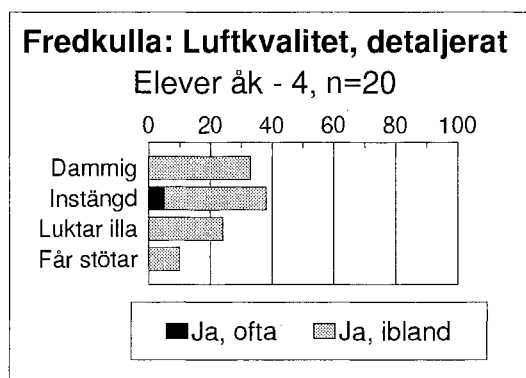


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

minst en gång per dag i byggnaden. Bland eleverna tyckte 63% att det alltid eller för det mesta var utvädrat.

Värmekomfort detaljerat

När det gäller värmekomforten besvarades 24% av de yngre eleverna **ofta** av att det var "för kallt vid golvet" och 29% tyckte att det var det **ibland**. För övrigt besvarades inte en större andel än 20% av varken personal eller elever **ofta** av någon parameter som gällde värmekomfort. Dock tyckte 10% av de yngre eleverna att det **ofta** var "för varmt" och så många som 71% av dem besvarades av detta **ibland**. Klassrummen är belägna med fönster åt ostsydost och saknar solavskärmning.

Nästan hälften av såväl personalen, som de yngre och äldre eleverna besvarades också **ibland** av att det var för kallt ("kallt på morgonen", "kallt vid golv"). 15% av personalen och de äldre eleverna besvarades **ofta** av "drag från ventil" och 12% gjorde det **ibland**. (Diagram 4 och 5).

Ljud och buller

När det gäller ljud och buller besvaras nästan ingen av ljud från värmeelementen eller ventilationen. Av ljud från korridorer och angränsande rum besvaras ca 30% **ofta** och ca 60% **ibland**. Av "skrap från möbler och bänkar" besvaras 6% av personal och äldre elever **ibland** och så många som 74% **ofta**.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärshänsfrekvenser finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominanta i olika åldrar har personal respektive elever skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Vid eventuella jämförelser med personalreferenserna får man hålla i minnet

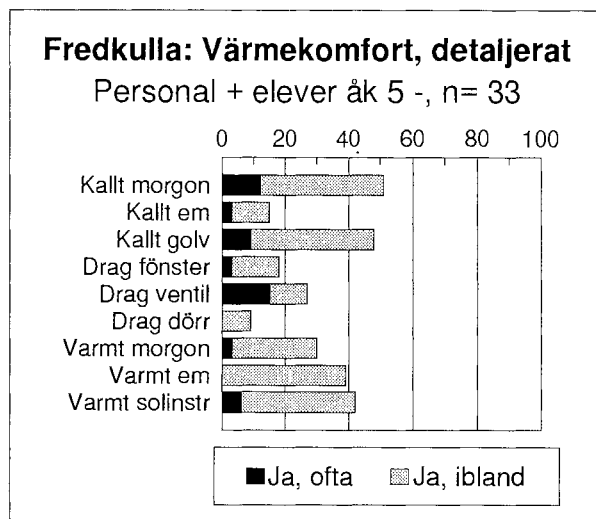


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

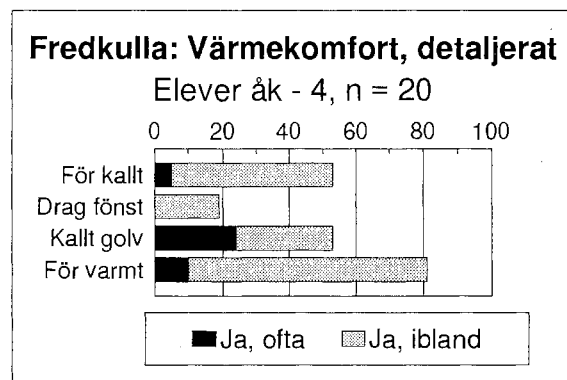


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

att personalgruppen i Fredkullaskolan endast består av 14 personer, vilket ger relativt sätt högre procentuella besvärsfrekvenser än för en större grupp.

För föräldraenkäten, som använts, saknas idag referenser. Eleverna som går i klass 5-8 och som endast äter mat i den studerade byggnaden, har inte tagits med när det gäller sammanställning av svaren på hälsofrågorna.

I **Personalgruppen** var besvärsfrekvenserna exceptionellt låga och endast **ett** symptom ("torr och rodnad hud i ansiktet) kopplades av **en** person till skollokalerna. (Diagram 6).

Bland eleverna i åk -4 besvärades 33% ofta av att de var trötta, mot 20% i referensen. För resterande sju hälsobesvär var frekvensen lägre än eller lika med referensen. (Diagram 7).

En analys av **allergikernas hälsa** visar att, av de 36% av personalen som var allergiker kopplade ingen några besvär till byggnaden.

Bland de 7 elever som hade någon form av allergi uppgav sig en (14%) ofta vara "extra trött". Av de sju övriga hälsosymptomen besvärades ingen av dessa allergiker ofta!

Slutsatsen är att enkäten visar på exceptionellt låga besvärsfrekvenser och att i stort sett inga besvär relateras till byggnaden. Allergikerna är nästan helt besvärsfria.

När det gäller husets sundhet måste en viss vaksamhet iaktas för det faktum att 6% av personalen och de äldre eleverna tycker att det ibland "luktar mögel" och 15% att det ibland "luktar annat". 24% av de yngre eleverna tycker också att det ibland "luktar illa". Även om Fredkullaskolan var tre år vid enkättilfället är det viktigt att följa utvecklingen av luftkvalitet och hälsa i byggnaden framöver. Vid vårt besök i skolan karaktäriserades lukten "annat" som en jord/källarlukt.

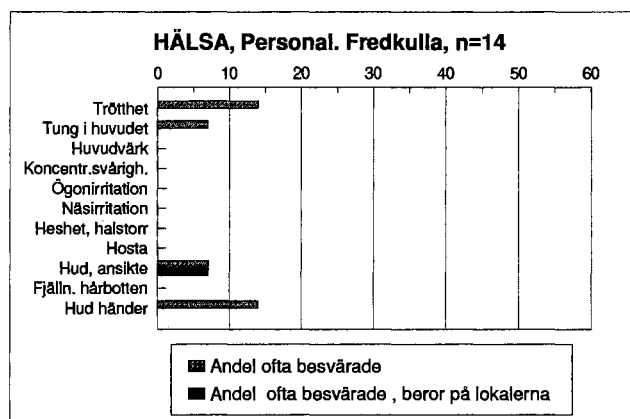


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

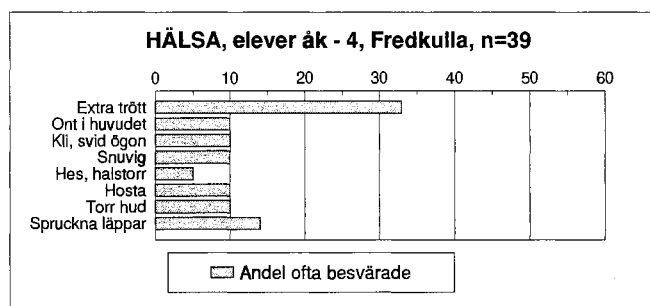


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvaren berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Fredkullaskolan en typisk vinterdag (Diagram 7) pendlar under lektionstid inom intervallet 19,0- 21,5° C i klassrummen. Vid momentanmätningen var lufttemperaturen 21°C. Tabell 2. Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, dygnet runt, var 19,4°C. Tabell 3. Den kontinuerliga "veckomätningen" gav en rumstemperatur under skoltid på 20°C, med ett max på 21°C och ett min på 18°C. Tabell 3.

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, vid mättillfället låg på i snitt 20,8°C och var i stort sätt lika i alla punkter. Den låg obetydligt under lufttemperaturen, vilket tyder på att inga kalla ytor försämrade komforten. Detta var en mulen dag. Risken i Fredkullaskolan är annars att det kan bli för varmt när solen skiner på fönstren.

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen ca 19,5°C, utom i en punkt närmast fönstret i klassrum 1, där den var 19,1°C. Den var alltså 1,3 °C lägre än den operativa temperaturen. Detta indikerar ett visst drag från öppnade fasad- och lanterninfönster. (Tabell 2).

Golvtemperaturen var i snitt för mätpunkterna drygt 19°C med undantag för en punkt närmast fönster i klassrum 1, där den var 18,4°C.

Relativa luftfuktigheten, RF vid momentanmätningen var så hög som 58% i klassrum 3 med 16 personer och 60% i klassrum 1 med 21 personer. Utetemperaturen var då +6°C. Fukttillskottet inomhus var 5,0-5,3 g/kg luft. Som ett riktvärde som inte bör överstigas brukar man ange 3 g/kg luft.

I diagram 10 redovisas en kontinuerlig mätning av RF för en typisk skoldag i mars, då utetemperaturen låg runt 5°C. Då pendlade **RF** i klassrum 3 mellan 33% och 45%. Tilluftens relativa fuktighet var

konstant kring 60%.

Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt var 44%. "Veckomätningen" av RF gav ett max på 60% och ett min på 28%. Tabell 3. Detta är de högsta nivåer vi uppmätt inomhus på vintern och man frågar sig vad detta på sikt innebär för byggnaden. Finns risk för mögelpåväxt eller ökad förekomst av kvalster?

Luftväxlingen

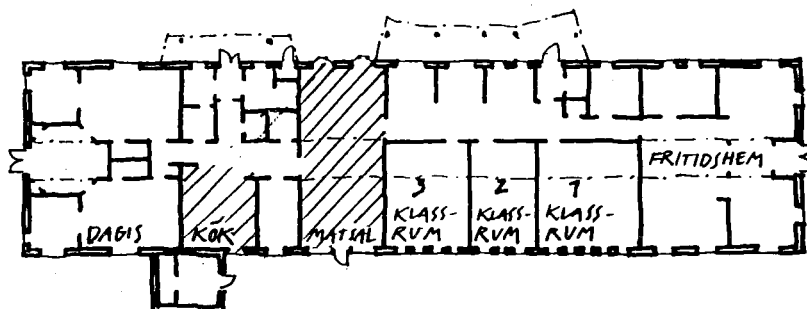
Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med olika metoder; genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (varannan minut) i en vecka samt genom momentanmätning av CO₂. Den har också uppmätts med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av ca fyra veckor.

CO₂-halten, som låg kring 500 ppm utomhus och i tomt klassrum, steg i klassrum 3 till max 1800 ppm under slutet av lektionen (Diagram 7). Under momentanmätningen uppmättes CO₂-halten i slutet av lektionen till 1500 ppm i klassrum 3 med 16 personer och till 1545 ppm i klassrum 1 med 21 personer. Där brann också två stearinljus under hela lektionen, vilket är vanligt i Waldofskolor.

Den genomsnittliga luftsväxlingen under långtidsmätningen uppmättes med passiv spårgasteknik. Dygnsmedelvärdet (d v s inklusive nätter och helger) för denna period var 0,48 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den faktiska omsättningen av uteluft som gäller under skoltid beräknats till 1,4 oms/h. Om man som brukligt är vid högre takhöjder, ändå räknar med takhöjden 3 m, ger detta en omsättning av uteluft under skoltid på ca 1,9 oms/h.

Tilluftstemperaturen ligger mycket konstant hela dagen kring 14-15°C, trots att eftervärmningsbatteriet inte använts. Detta är ett resultat av lösningen med tilluft via jordrör och krypgrund.

**Tabell 2: Sammanställning av momentanmätningar -
Fredkullaskolan.**



Klassrum 3, Fönster åt OSO

Tidpunkt för mätning: 19950309, kl 11.00

Personbelastning: 16 personer.

Uteförhållanden:

Temp: +5°C, RF 70%, CO₂:450 ppm

Vind/Väder: Vindstill, mulet.

Solavskärmning:

Invändiga tyggardiner delvis fördragna.

Klassrum 1, Fönster åt OSO

Tidpunkt för mätning: 19950309, kl 10.00

Personbelastning: 21 personer.

Uteförhållanden:

Temp: +6°C, RF 86 %, CO₂:450 ppm

Vind: Vindstill, mulet.

Solavskärmning:

Invändiga tyggardiner delvis fördragna.

Punkt 1	Punkt 2
21,0°C	21,0°C
20,7°C	20,8°C
19,6°C	19,5°C
19,2°C	19,1°C

Temperaturer

Lufttemperatur	21,0°C	21,0°C
Operativ temperatur	20,9°C	20,8°C
Ekvivalent temperatur	19,1°C	19,6°C
Golvtemperatur	18,4°C	19,1°C

Punkt 1	Punkt 2
21,0°C	21,0°C
20,9°C	20,8°C
19,1°C	19,6°C
18,4°C	19,1°C

Luftfuktighet

58%	58 %
	5,3 g/kg

Relativ fuktighet	60%	60%
Fuktillskott inne		5,0 g/kg

Radongashalt

Grundens kryprum: 60 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Klassrum 3: 50 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum (klassrum 3), i 18 punkter

	Medel	Max	Min
dB(A)	20,2	22,2	19,1
dB(C)	43,8	50,2	36,5

Efterklangstid i sekunder

Uppmätt i tomt rum (klassrum 1 och 3) i 3 punkter (48 registreringar)

	Medel	Max	Min
Klassrum 3	0,5	0,66	0,28
Klassrum 1	0,4	0,65	0,31

Tabell 2, forts.: Sammanställning av momentanmätningar - Fredkullaskolan

Magnetfält, 5-2000 Hz, i μT (mikrotesla)

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

	Medel	Max	Min	Kommentar
Klassrum 1	0,05	0,5 ¹⁾	0,01	1) Vid lampa i tak

Mögel/bakterieprovtagning i Fredkullaskolan

Proverna analyserade av Arne Hyppel, professor em, BYSAB

MIKROSKOPISK ANALYS AV LUFTSPORHALTER:

Provtagningsställe Antal sporer/m³ Dominerande arter

I kryprum under nedstigningslucka till grunden:	340	Penicillum cf crysogenum (mögelsvampar).
	60	Gula bakteriekolonier (otypade).
I klassrum 2 vid tilluftsdon:	20	Penicillum cf crysogenum (mögelsvampar)
	10	Jästsvampar Rhodotorula sp.
	910	Gula och grå bakteriekolonier (otypade).

Kommentar

Förekomsten av mikrosvampar kan inte i något av proverna sägas vara hög. Den dominerande arten är vanligt förekommande i humanmiljöer och tillhör inte de sk termotoleranta hyfomyceterna som ibland sätts i samband med vissa former av ohälsa.

De till arten otypade bakterierna tillhör Coccaceasläktet. Under odlingstiden genererar dessa kulformade bakterier en starkt syrlig lukt. Antalet bakterier per m³ luft är inte extremt högt, men högre än de värden som Arbetsmiljöinstitutet redovisar (Blomqvist 1993). I en finsk undersökning tolereras 4500 sporer/m³ luft (Seppänen 1984). Några artbestämningar innehåller ingen av dessa avhandlingar.

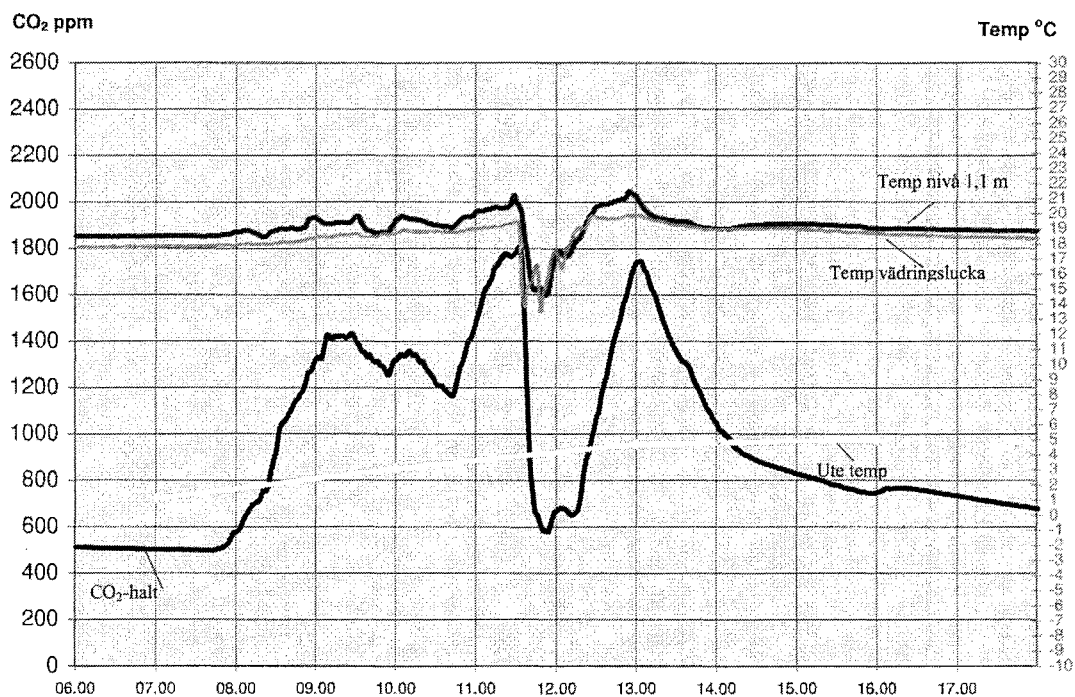
Fredkullaskolan temperatur och CO₂ rum 3 10 mars 1995

Diagram 8: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 10 mars 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Fredkullaskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 3 10 mars 1995

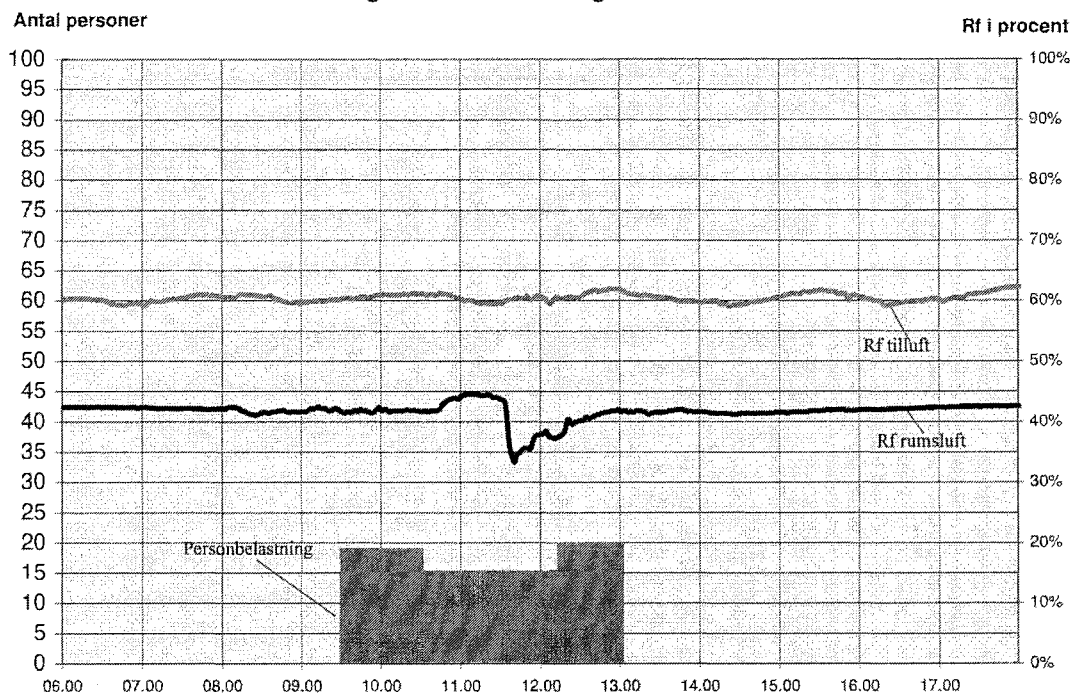


Diagram 9: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 9.

Det som varierar rätt kraftigt under dagen är CO₂-halten och den ekvivalenta temperaturen (som svarar bäst mot den av människor upplevda temperaturen). Variationerna beror på personbelastning samt öppning av lanternin- och fasadfönster. Rumsluftens och tilluftens temperatur ligger däremot relativt konstant under skoldagen.

Ljudnivåerna uppmättes i tomt klassrum 3 och var mycket låga. I medeltal låg ljudnivån så lågt som på 20,2 dBA, vilket ska jämföras med gällande nybyggnadsnorm (BBR94 <30 dBA). Det lågfrekventa ljudet låg i medeltal på 43,8 dBC, vilket också är ett bra värde. Ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3) är <50 dB(C).

Som framgick av enkäten fanns i stort sett ingen som besvärades av ljud från ventilationen. Däremot fanns besvär av ljud från andra rum och korridor under lektionstid.

Efterklangstiden i Fredkullaskolan var i medeltal 0,5 sekunder i Klassrum 3 och 0,4 sekunder i klassrum 1, vilket är bättre än den maxgräns på 0,6 sekunder som brukar anges som lämplig i skolor. (Efterklangstiden får dock inte heller bli för låg - då minskar hörbarheten). Värdena i rummet varierade dock mellan 0,66 och 0,28 sekunder - troligtvis en konsekvens av snedtaken.

Radongashalten uppmättes såväl i kryprum som klassrum för att kunna studera eventuell risk för att föra in markradon eftersom uteluften förs in via jordrör och kryprum. I kryprummet låg radongashalten på 60 Bq/m³, medan den i klassrum 3 låg på 50 Bq/m³. Detta är betydligt lägre än gällande värde i BBR94 (max 200 Bq/m³). Att det fanns mätbara radongashalter i klassrummet tyder emellertid på att det finns en viss transport från marken/grunden till klassrummen.

De **magnetiska fältstyrkorna** i vistelsezonen var mycket låga - i medeltal 0,05 µT (mikrotesla) - vilket motsvarar en naturlig

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Fredkullaskolan

	Källa	Uppmätta värden
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden	(1)	0,53 oms/h
-skoltid	(1)	1,4 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,0 oms/h
Rumstemperatur		
-genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden, (nattsänkt värme)	(1)	19,4°C
-skoltid, medel	(2)	21°C
-max	(2)	22,5°C
-min	(2)	19°C
-tilluftstemp	(2)	14-15°C
RF rumsluft		
-genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden	(1)	44%
-max	(2)	60%
-min	(2)	28%
RF tilluft		
-genomsnitt, dygnet		
runt, hela perioden	(2)	57%
-max	(2)	63%
-min	(2)	43%

(1) Långtidsmätning

Mätning 9 mars-21 april 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 9 mars- 15 mars 1995 (med Miteclograr) av CO₂, rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen

-dygnsmedelvärde, hela mätperioden	+1,4°C
-skoldagsmax	+6,2°C
-skoldagsmin	-2,7°C

RF ute

-dygnsmedelvärde, hela mätperioden	76%
-skoldagsmax	97%
-skoldagsmin	55%

Vindstyrka

-medel kl 10, hela mätperioden	5 m/s
-max	9 m/s
-min	1 m/s

bakgrundsnivå. Ett maxvärde på 0,5 μT uppmättes vid en lampa i klassrumstak.

I Fredkullaskolan genomfördes också en **mögel- och bakterieprovtagning** för att undersöka eventuell mikrobiell växt. Bakgrunden var att den valda lösningen tidvis ger kondensation i det jordförlagda luftintaget och att tilluftens RF ligger runt 60%. Ett pumpat luftprov togs i kryprummet, strax under nedstigningsluckan och ett i klassrum 2 vid tilluftsdon. Efter odling gjordes mikroskopisk analys.

Resultatet (Tabell 2) visade att halterna levande mögelsporer i kryprum och klassrum inte var höga och arterna vanligt förekommande i inomhusmiljöer. Högsta halten av mikroorganismer fanns i klassrum 2 och utgjordes av gula och grå bakteriekolonier (910 st). Det var till arten otypade, men tillhörande Coccaceasläktet. Professor Arne Hyppel, som utförde analysen kommenterade detta enligt följande:

"Under odlingstiden genererar dessa kulformade bakterier en starkt syrlig lukt. Antalet bakterier per m^3 luft är inte extremt hög, men högre än de värden som Arbetsmiljöinstitutet redovisar (Blomqvist 1993). I en finsk undersökning tolereras 4500 sporer/ m^3 luft (Seppänen 1984). Några artbestämningar innehåller ingen av dessa avhandlingar."

Som framgått av tidigare beskrivning av ventilationen finns inga filter installerade. Tilluften tas från kryprummet rakt upp i klassrummen genom en kort kanal. Här finns en klar risk att sporer tillväxer successivt samtidigt som det är svårt att rengöra kryprum och kanaler från mikrobiell växt.

Det kan inte uteslutas att de resultat enkäten uppvisar att det ibland "luktar illa", "luktar annat" och "luktar mögel" kan ha med denna bakteries syrliga lukt att göra.

ARKITEKTUR

Fredkullaskolans arkitekt, Christer Nordström, har inspirerats av engelska växthus och kan sägas ha grundlagt ett eget arkitektoniskt formspråk för de självdragsventilerade skolorna, vilket senare har fått många efterföljare.

Den befintliga grunden gav vissa givna förutsättningar för byggnadens placering och utformning. Den raka, enkla planlösningen, de generöst tilltagna luftvolymerna och lanterniner med fönsterrader sätter en arkitektonisk prägel på byggnaden som i hög grad formats av självdragslösningen.

En mycket begränsad budget för projektet satte också gränser för ytor och materialval. Klassrummen upplevs som trånga, även om takhöjderna är rejäla. Snålt tilltagna förvaringsutrymmen gör att material i stor utsträckning förvaras öppet på hyllor och ovanpå skåp, vilket ger ett något stökigt intryck.

Daghemmets och fritidshemmets placering vid respektive husgavel, med egna entréer, minskar springet i klassrumskorridoren (till skillnad från lösningen i Risebergaskolan).

Den största bristen, ur klimatsynvinkel, i utformningen av Fredkullaskolan är att en effektiv, utvändigt solavskärmning saknas vid de OSO-orienterade klassrumsfönstren. Pengar till detta fanns inte under byggtiden, men kanske blir det möjligt att komplettera med markiser i efterhand. Solinstrålningen blir intensiv på förmiddagarna, d v s under den tid barnen är där. Enda solskyddet är invändiga textila gardiner som går att dra för. Detta leder till att det blir mörkt och belysningen måste tändas.

Elbelysningen, med de speciella Waldorfarmatureerna, ger ett behagligt och stämningsfullt ljus, men en del elever gav i enkäten uttryck för att det var för svag belysning i klassrummen.

Ljudisoleringen mellan klassrum och klassrum/korridor hade kunnat lösas bättre

om dörrarna haft en högre ljudstandard.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft är inte möjlig i denna lösning, där luften evakueras rakt ut genom ett stort antal lanterniner. Å andra sidan nyttjas jordvärme för att värma tilluften vintertid (och kyla den sommartid).

Elanvändning för fläktar är mycket låg (FTX-ventilationen av kök och matsal).

Lågflödessystemet i värmeradiatorerna ska ge en lägre elanvändning (till pumpen) och effekt än en konventionellt värmesystem.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda självdragslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4. Kök och matsal ingår inte i dessa jämförande beräkningar. Inte heller energi för tappvarmvatten. Den beräknade energianvändningen är därför inte direkt jämförbar med totalsiffran för uppmätt energianvändning.

För Fredkullaskolan gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall S) totalt 126 kWh/m² köpt energi. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 161 kWh/m² (Avsnitt 5.5, Tabell 15)). Fall FTX har en högre energianvändning för uppvärmning, 117 kWh/m² mot 94 kWh/m² för S-fallet. Orsaken till detta är dels nyttjandet av jordvärme, dels den lägre luftväxlingen, som innebär att mindre luft behöver värmas upp. Fall S har ingen elanvändning för fläktar, medan fall FTX har en elanvändning för fläktar på 12 kWh/m². Skillnaden i total elanvändning mellan de två fallen är således, enligt dessa beräkningar, totalt ca 35 kWh/m². Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, därför att elen kräver mer energi för sin

framställning, får Fall S fortfarande en total energianvändning på ca 126 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på 178 kWh/m².

Uppmätning av total energianvändning, som i Fredkulla enbart utgörs av elenergi, kontrollerades det första året efter inflyttning (1992/93) och befanns vara 172 kWh/m² (ej normalårskorrigerat). Här ingår även elen till det energikrävande köket som har begagnad och överdimensionerad utrustning, samt till FTX-systemet för kök/matsal.

Uppmätningen kan jämföras med de nyckeltal för årlig energianvändning som använts bland annat i Malmö kommun. För värme: 150 kWh/m². För el: 75 kWh/m², dvs en total energianvändning på 225 kWh/m². Vid denna jämförelse är energianvändningen i Fredkullaskolan mycket låg.

FASTIGHETSÄGARENS ERFARENHETER

En av föräldrarna, Jan-Erik Andersson, som aktivt deltagit i planeringen av skolan, har i samarbete med andra medlemmar i Waldorfskolans byggnadsstiftelse Kaveldunet sammanfattat några erfarenheter från tre års drift av skolan. Han menar att funktionen visat sig vara över förväntan, trots några byggmissar och vattenskador i bottenbjälklaget från läckande vattenledningar. Skolan flyttade från en fläktventilerad byggnad. De flesta upplever ett mycket bra inneklimat och tex så har ett kvalsterallergiskt barn blivit friskt.

Självdraget på toaletterna fungerar även på sommaren, tack vare temperaturskillnader i grunden och de svartmålade specialhuvorna på taket, som värmer luften och ger bättre drivkraft. -det är viktigt att dessa huvar utformas så att jektorverkan, kallras och nedblåsning motverkas. En intelligent byggnad kan också vara en byggnad som styrs direkt av brukarna.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

Mätningarna tyder på att de enda två mål som ställts upp i form av funktionskrav, rumstemperatur kring 20°C och relativ luftfuktighet, RF, 40-60%, i stort sett klaras under vinterförhållanden. Det senare kravet är diskutabelt då det inte kan uteslutas att högre RF än 40% på vintern kan ge fuktproblem i konstruktionerna samt risk för kvalster- och mikrobiell tillväxt. I den senare byggda Risebergaskolan med liknande ventilationslösning, har kravet utvecklats till max 40% RF på vintern och max 60% RF på sommaren. Så formulerat minskar det risken för fuktproblem samtidigt som kravet speglar en ambition att undvika onödigt torr luft på vintern. Detta kan i sin tur ge mindre dammig luft och mindre statiskt elektrisk uppladdning.

Inget krav hade ställts på att CO₂-halten skulle hållas under 1.000 ppm. CO₂-halten översteg också avsevärt 1000 ppm under lektionstidens slut. Maximalt går den upp till drygt 1800 ppm vintertid med 20 personer i klassrummet.

Påverkanmöjligheter

Personal och elever har stora möjligheter att påverka inomhusklimatet och förstå hur ventilationen fungerar i samklang med termik och vind. Om det är för varmt eller kvavt öppnas fönster i lanterninen - eller i fasaden vid behov av snabbutvädring.

Denna flexibilitet borde emellertid ha kompletterats med en påverkbar solavskärmning på fönstren mot OSO.

Vårt intryck var också att lärarna gärna hade sett att det fanns någon form av automatisk öppning som gick igång när de själva glömde eller inte hade tid att veva upp takfönstren. De handvevar och linor som öppnar takfönstren hade en ömtålig konstruktion som lätt såg ut att kunna gå

sönder.

Upplevd innemiljö och hälsa

I Fredkullaskolan är andelen allergiker ovanligt låg.

Elever och lärare - även allergikerna - var enligt enkäten mycket friska i Fredkullaskolan och nästan inga SBS-symptom som kopplades till byggnaden förekom.

Luftkvaliteten som helhet fick mycket bra omdöme och nästan ingen besvärades av statisk elektricitet, vilket annars brukar påtalas att det "förekommer ibland". Man bör dock vara observant på de påpekanden som finns om att det **ibland** "luktar mögel", "luktar illa" och "luktar annat". Några karaktäriserade lukten som jord-/källarlukt.

Vår bedömning vid mätföreläggandet är att rumsluften kändes "växthusliknande" på grund av den höga luftfuktigheten. Föreståndaren framhöll vid vårt besök i skolan att detta var bra för personer med hudproblem. Enkäten visade på låga besvärshäufigheter för hudproblem. Antalet svarande är dock för lågt för att kunna dra statistiskt säkerställda slutsatser om detta.

När det gäller värmen är fluktuationerna mellan för varmt och för kallt rätt stora.

Relativt många tyckte att det ibland var kallt vid golv och kallt på mornarna på vintern. Av de sju skolorna i undersökningen fanns den högsta frekvensen av klagomål på kalla golv i Fredkullaskolan. Orsaken är dels att den kalla uteluften leds genom grunden och "stjäl" värme från golvet, dels att relativt kylig luft sjunker ner i golvnivå från tilluftsdonen. Den låga starttemperaturen på mornarna, 19°C i klassrummet, är säkert huvudorsaken till att många tycker att det är kallt på morgonen på vintern. Samtidigt tyckte 70% av de yngre eleverna att det ibland var för varmt, vilket förklaras av att solavskärmning saknas.

Som helhet får dock den termiska

komforten god acceptans, vilket är värt en del eftertanke. Tydligt anser de flesta att dessa temperaturskillnader är acceptabla - kanske just därför att man har bra vädringsmöjligheter?

Skolan har en befriande avsaknad av buller från installationer.

TEKNIK

Det kritiska med den valda ventilationslösningen är dragning av tilluften i jordrör och kryprum.

Det framkom av enkäten att det "ibland luktar illa" i byggnaden. Ett samband med konstaterad måttlig **mikrobiell växt** (bakterier med syrlig lukt) i tilluftskanalens mynning i klassrum kan inte uteslutas. Som framgått av tidigare beskrivning går tilluftskanalerna rakt från kryprummet upp i respektive klassrum via en kort kanal av plåt och inga filter finns. Kryprummet är uteluftsventilerat och vissa tider på året är klimatet i krypgrunder gynnsamt för mikrobiell växt. Genom att luften förs in i kryprummet via jordrör är också luftens relativa fuktighet hög. Här finns en risk att sporer tillväxer successivt och kan avge lukt. Kryputrymmet är svårkontrollerbart eftersom dess höjd endast är 120 cm och luften rör sig genom hela grunden i ett facksystem. Möjligheter att städa "kanalsystemet" finns emellertid. Någon sådan rengöring är hittills inte utförd. Med tanke på långsiktiga risker med påväxt borde sådan städning utföras regelbundet, någon gång om året.

Det fanns **mätbara radongashalter** i klassrum. Även om halterna var låga, indikerar detta att det finns en viss radongastransport från kryprummet till klassrummen. En lösning med jordförlagda uteluftsintag av detta slag bör föregås av undersökning av markens och eventuella schaktmassors radonavgivning.

Ett problemkomplex som inte studerats i detta projekt, (men som kommer att bli belyst i ett projekt som drivs av Statens Provnings- och forskningsinstitut, SP, Åke Blomsterberg, i några självdragsskolor), är

risken för att få fuktproblem i klimatskärmen, speciellt i taket i byggnader med självdrag. Risken för fuktskador kan öka om luftfuktigheten är högre än normalt inomhus, vilket den är i Fredkullaskolan.

I enplansbyggnader med takfönster, som Fredkullaskolan, hindras dock övertryck i taknivå om dessa fönstren hålls öppna.

Fredkullaskolan har också en ångspärr i ytterväggar i form av plastfolie och en ångbroms i tak i form av 5 lager diffusionstät papp.

Luftens dragning i jordrör av betong verkar **temperatur- och fuktutjämnande** samt **energibesparande**. Lösningen med att dra luften genom ett uteluftsventilerat kryprum är dock äventyrligt. I Risebergaskolan har lösningen utvecklats i en bättre riktning. Där har en besiktnings- och städbar kulvert ersatt kryprummet.

Man har eftersträvat att årstidsanpassa ventilationen genom att hålla ett lägre luftflöde på vintern och därmed **inte få så torr luft**. Ytterväggarna av träpanel ger också en fuktutjämnande effekt på inneklimatet. Trä har en mycket god fuktbuffrande förmåga. I vilken mån man lyckats åstadkomma ett högre luftflöde på sommaren har vi inte studerat i detta projekt, men ventilationsfallet med tilluft via lanterninfönster bör kunna ge en rätt bra luftväxling.

Värmesystemet av lågflödesmodell tycks ge en jämn och bra värme med en låg energianvändning.

Det datoriserade styr- och övervakningssystemet som finns i Fredkullaskolan kan inte öppna och stänga fönster på natten (vilket det kan i Risebergaskolan). Däremot styr det värmesystemet så att rumstemperaturen ska ligga runt 19°C på morgonen.

I Fredkullaskolan har man nyttjat jordvärme, termiska drivkrafter och "vindsug", som alla är **förnybara energikällor** - och som pekar ut den

riktning som måste tillhöra framtiden för byggandet.

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- o Kryprummets klimat hållas under uppsikt, så att inte mikrobiell växt utvecklas - särskilt stor är risken vårsommar-höst. Kryprummet måste också hållas rent från damm, då tilluften saknar filter.
- o Jordrör, tilluftskanaler och don hållas så rena att ingen risk för mikrobiell påväxt föreligger.
- o Lärare ta ansvar för att lanternin- och fasadfönster öppnas vid behov under skoltid. Om inga lanterninfönster öppnas finns inget luftutbyte i klassrummen eftersom ingen automatisk öppning av lanterninfönster finns installerad. Detta innebär att ny personal måste informeras noga.
- o Funktionen hos linor och vevar till lanterninfönstren kontrolleras regelbundet, så att de fungerar.

ENERGIANVÄNDNING

Den valda lösningen har, trots att värmeåtervinning i ventilationen saknas, gett en energisnål skola. Detta beror främst på att luftväxlingen är låg, sett över året. Men det beror också på genomtänkta lösningar som minskar energianvändningen och på nyttjande av termik, jordvärme och vindsug. Energijämförelsen mellan den aktuella systemlösningen och FTX visade på en totalt sett lägre energianvändning för den valda systemlösningen.

KOSTNADER

Produktionskostnaden för Fredkullaskolan var 3,5 Mkr (exklusive moms och befintlig grund) i 1992 års prisnivå, vilket innebär 5.385 kr/m² BTA. Som jämförelse kan kostnaden för två nybyggda FTX-skolor

som ingick i projektet "Goda exempel på sunda hus" anges: Lilleby skola kostade 10.400 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå och Navet kostade 8.400 kr/m² BTA i 1991 års prisnivå.

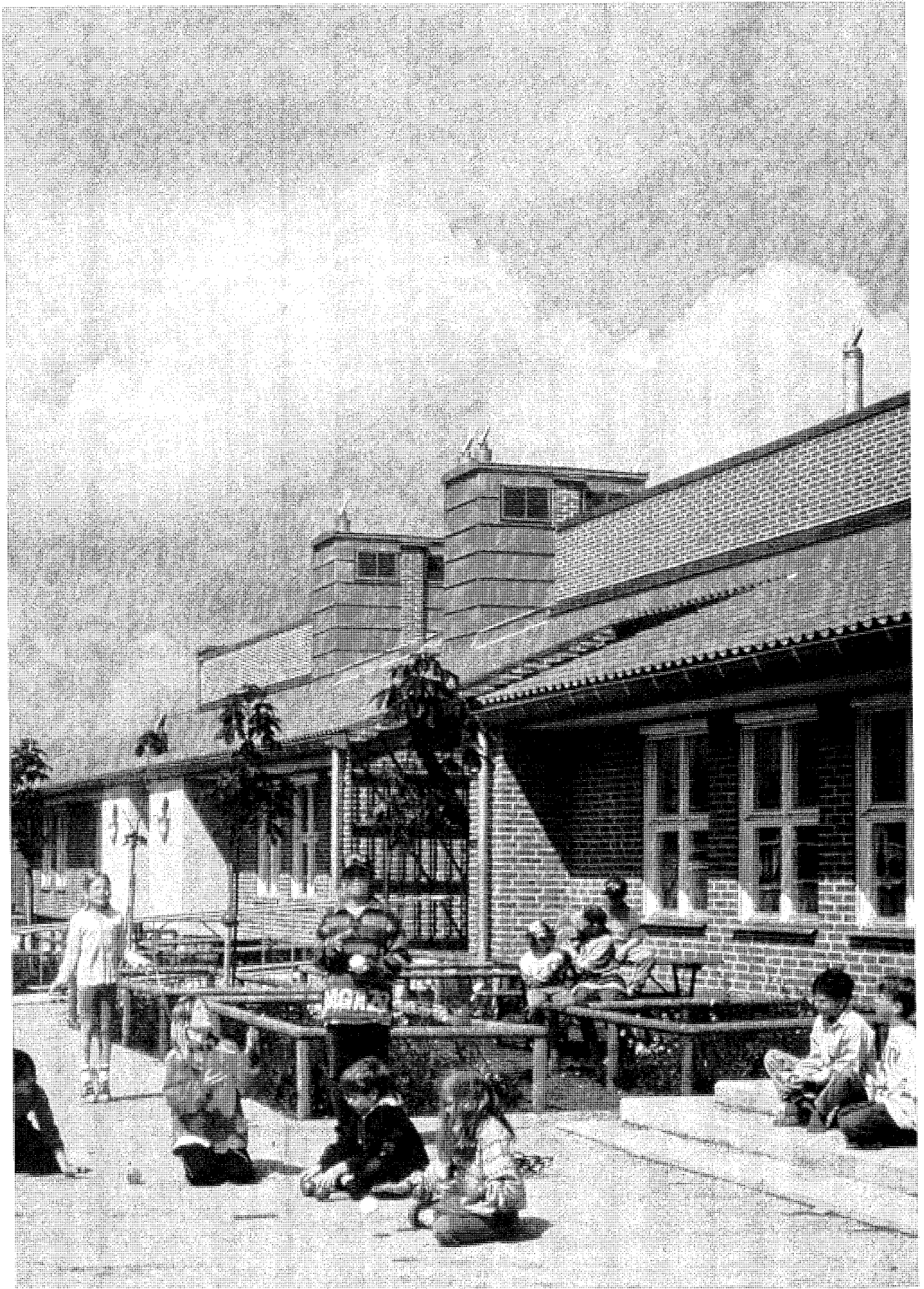
Fredkullaskolan har således en låg investeringskostnad både i förhållande till andra skolor i detta projekt och i förhållande till FTX-skolorna "Goda exempel på sunda hus". Det bör dock observeras att grunden var befintlig. Utanför den angivna kostnaden ligger också en hel del frivilligt arbete från föräldrarna som tog initiativet till skolbygget.

De högre takhöjderna som ju finns med i alla fyra nybyggnadsprojekten, ger en högre investeringskostnad än "normalhöjd", men utgör en viktig del i strategin för att få en bra luftkvalitet.

Mer att läsa:

- o I ett examensarbete utfört av Ulf Johnsson och Pär Svensson, Högskolan i Karlstad, redovisas mätningar utförda i Fredkullaskolan i november 1992.
- o "Fredkulla- och Risebergaskolan - två av många moderna självdragsskolor". Artikel i Bygg & Teknik 6/96, sidan 48-53.

7.4 Risebergaskolan, Malmö - Nybyggnad



Risebergaskolan, Malmö

FAKTA

VERKSAMHETEN

Tillbyggnad 1993/94 av befintlig paviljongskola från 1961. Nybyggnaden är gjord för 4 klasser i åk 1-3, med integrerad skolbarnomsorg.

INFLYTTNING

December 1994.

STUDERAD BYGGNAD

Tillbyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre: Stadsfastigheter i Malmö, Lars Holmström.

Nyttjare: Malmö skolor, Videdals rektorsområde.

Konsulter:

Arkitekt: White arkitekter AB i Malmö, Anders Svensson.

Konstruktör: Emil G Uddvik AB.

VVS: Torkel Andersson, Klimat Teknologi AB, Håkan Gillbro, SWETEC konsult AB.

El: Heyle Ingenjörbyrå AB.

ENTREPRENADFORM

Generalentreprenad.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 1321 m²

Total bruksarea: 1197 m²

Produktionskostnad: 14 Mkr, exkl. moms i 1993 års prisnivå.

Kvadratmeterkostnad:

10.600 kr/m² BTA.

11.700 kr/m² BRA.

LOKALISERING

Skolan ligger i ett äldre villaområde öster om Malmö, avskilt från trafikerade gator. Nybyggnaden anknyter till den äldre paviljongen med en glasad gång. Öster om den hårdgjorda skolgården ligger en daghemsbyggnad. Norr om skolan ligger "sommarskolgården", en äng med buskar och träd.

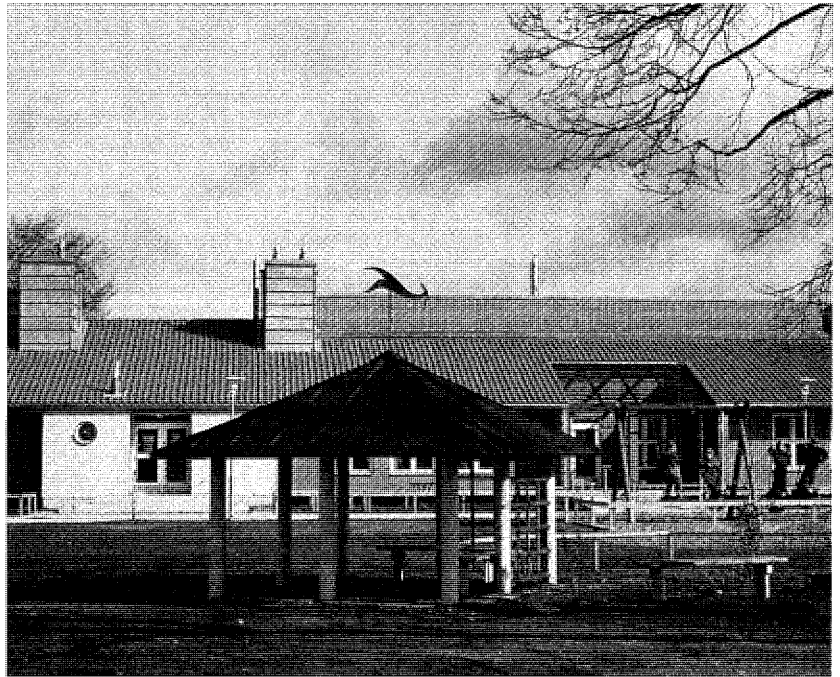
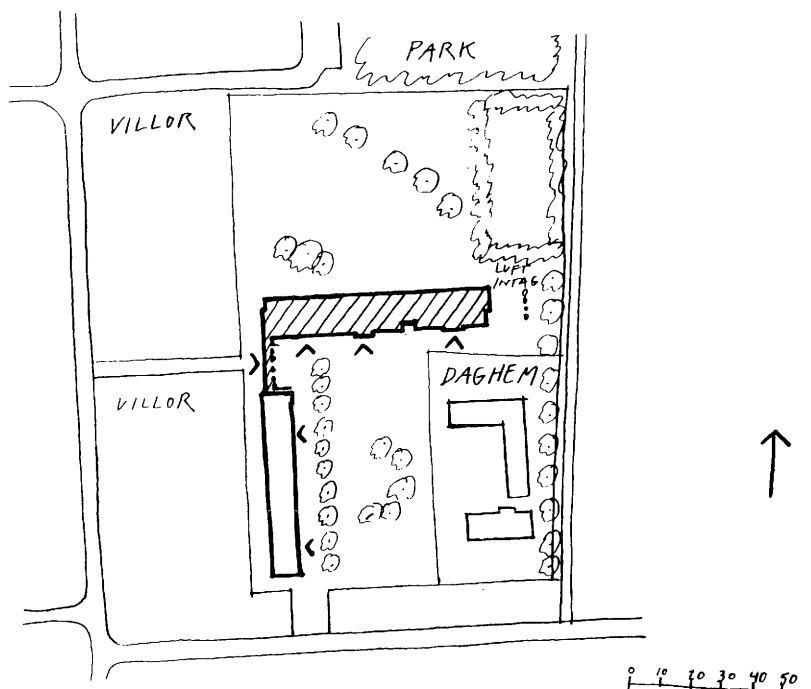


Foto: Jan Uvelius.

Risebergaskolan, sedd från södra skolgården.



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Risebergaskolans nybyggnad skulle rymma både lågstadium och skolbarnomsorg.

Verksamhet skulle således finnas i lokalerna dagligen från kl 6.30 till klockan 18.00. Krav på samordnat lokalnyttjande innebar att de flesta utrymmen fick planeras för olika funktioner under dagens lopp.

Nybyggnaden, som är en enplansbyggnad, består av följande funktioner:

- Klassrum, 4 st.
- Smårum, 2 st i bv och 2 st som loft 1 tr upp. Dessa kan användas som grupprum, mysrum m m.
- Verkstad.
- Allrum för fritidsverksamheten, 4 st. Dessa utgör samtidigt passage till klassrummen.
- Arbetsrum för lärare.
- Entréer, kapprum, toaletter.
- Matsal, som också används för samlingar, musik, rytmik m m.
- Kök.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

En bärande idé bakom Risebergaskolan var att försöka skapa en så flexibel lösning som möjligt för att stimulera till samverkan mellan skola och fritidshem.

Programskissen arbetades fram i samarbete med personalen och rektor Göte Thulin lade ned ett engagerat arbete på att få skolbyggnaden i samklang med de pedagogiska målen.

Följande mål ställdes för inneklimatet:

- o att den ekvivalenta temperaturen (sammanvägd temperaturupplevelse från rumsluft, ytor och lufthastighet) skulle hållas så nära 20°C som möjligt.
- o att den relativa luftfuktigheten, RF, skulle ligga mellan 40 och 60% (max

40% på vintern och max 60% på sommaren).

- o att bygg- och inredningsmaterialen skulle vara lågemitterande. Minimering av lim, spackel, fogmassor och plastfärger eftersträvades.
- o att luftflödena, enligt Boverket, skulle uppfylla kravet i Nybyggnadsreglerna 4:1 på 5 l/s, pers vid utetemperatur +5°C. Detta luftflöde får, enligt Boverket, underskridas kortvarigt under skolåret med högst 50% och under längre tid med högst 25%. Under den varma årstiden efterstävades att hålla RF < 60%, vilket fordrar ett högre luftflöde denna period.
- o att ljudnivåerna skulle vara låga.
- o att elektromagnetiska fältstyrkan skulle svara mot bakgrundnivån, < 0,1 mikrotesla.

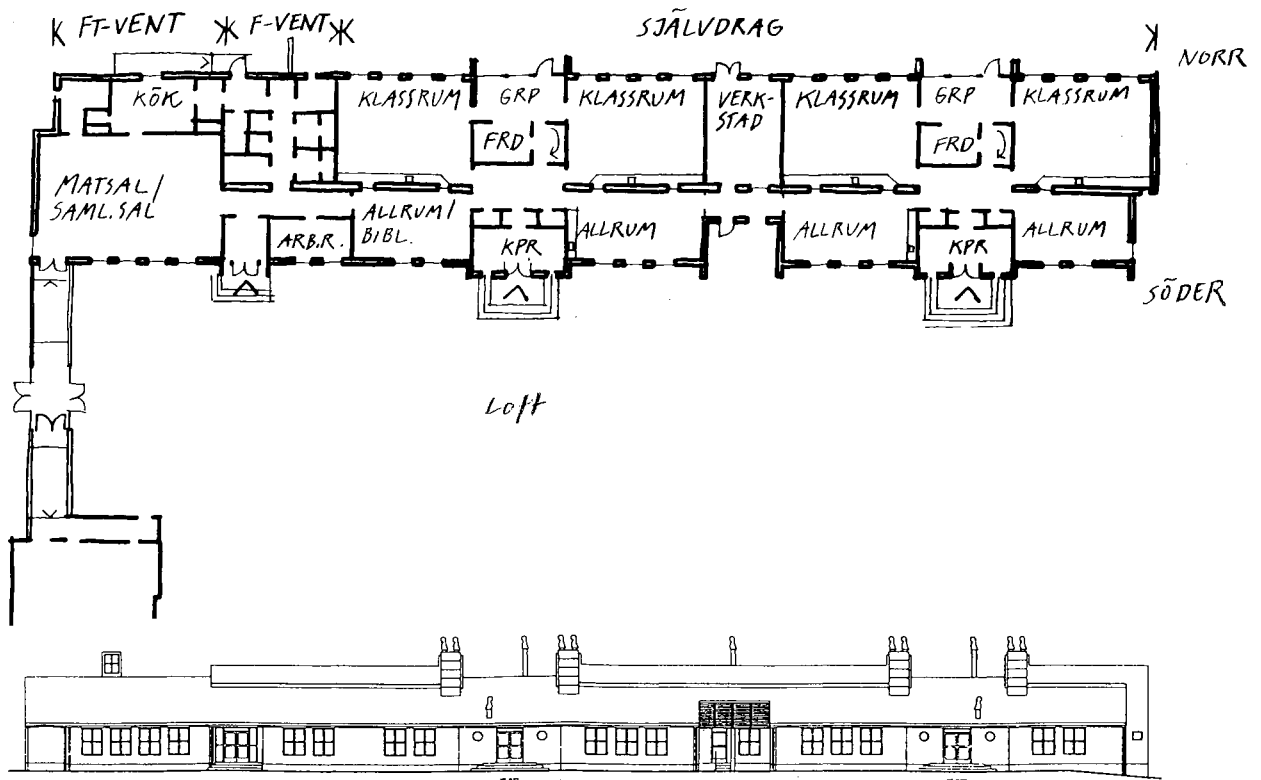
Det poängterades att den arkitektoniska utformningen, material och konstruktioner skulle samverka till en god inomhusmiljö.

Byggnaden och dess utemiljö skulle präglas av ekologiskt tänkande och uppmuntra en miljöanpassad undervisning.

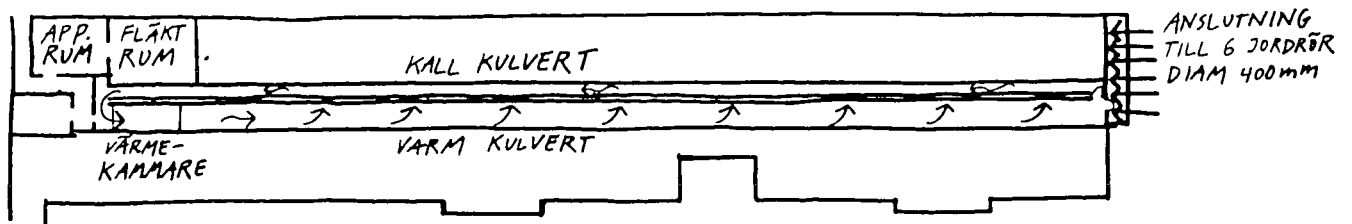
Bygg- och inredningsmaterialen skulle också vara vackra och tåliga, åldras vackert, vara lättstädade, kräva lite underhåll och vara skonsamma mot miljön vid tillverkning och rivning.

Byggnadsnämnden (Handläggare: VVS-inspektör Sam Brofjell och arkitekt Gerhard af Malmborg) och Boverket (Bengt Lindström) gav dispens till ovan redovisade luftflöden under förutsättning att inomhusklimatet dokumenterades enligt ett i bygglovet fastställt program. Boverket och Malmö stadsbyggnadsnämnd skulle delges denna enligt en tidplan för att kunna konstatera om bygglagstiftningens intentioner kunde hållas.

För **brandskydd** krävdes en sektionering så att hela nybyggnadsdelen i bv öster om matsalen skulle utgöra en brandcell, köket



Plan och fasad mot söder, skala 1:500.



Källarplan, skala 1:500.

en och matsalen en. I källarplanet skulle fläktrummet till kök utgöra en egen brandcell, elcentralen en och resten av byggnaden en.

BYGGNADSUTFORMNING

KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Grundläggning: Betongplatta på mark med underliggande isolering ($U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$). I mittdelen under bottenplattan finns en 55 m lång betongkulvert i ståhöjd (2,1 m) för tilluft. Byggnaden är belägen på mark med högt grundvatten. Kulverten fick därför utföras av vattentät betong. Den är belyst och försedd med centraldammsugare för rengöring.

Stomme: Bärande ytterväggar och hjärtväggar av tegel.

Yttervägg: 100 mm mineralullsisolering mellan 120 mm tegel + 30 mm luftspalt. ($U=0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Golv: Plangjutna utan avjämningsmassa. 20 mm bokparkett, lagt med byglar (inget lim). Underlag av stegljudsdämpande matta och polyetenfolie. Klinker, lagt i bruk, i entréer och våtrum.

Mellanväggar: Tegel med puts. Våtrum har helkaklade väggar av tegel eller lättbetong där installationer ligger infällda. Alla handfat och WC-stolar är vägghängda för att underlätta städning. Överskåpen i fritidshemmens allrum m fl är dock av kontinentalmodell, d v s inte uppdragna till tak, vilket är svårt med den höga takhöjden. De kunde dock försetts med snedställd översida för att minska dammsamlingen.

Färg: På puts: silikatfärg med vissa kulörta inslag av äggoljetempera. På trä: emulsionsfärg i tak, äggoljetempera på vägg.

Tak: Limträbalkar c/c 1200 mm med 340 mm mellanliggande träfiberisolering (kokad granfiber) på diffusionsöppen fiberduk. Invändig beklädnad av brädor 22x120 mm med 15 mm distans. Utvändig

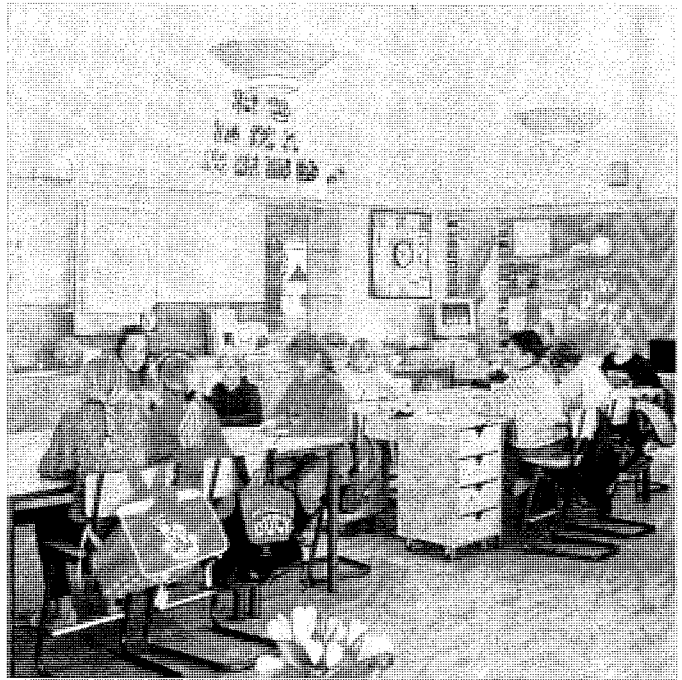
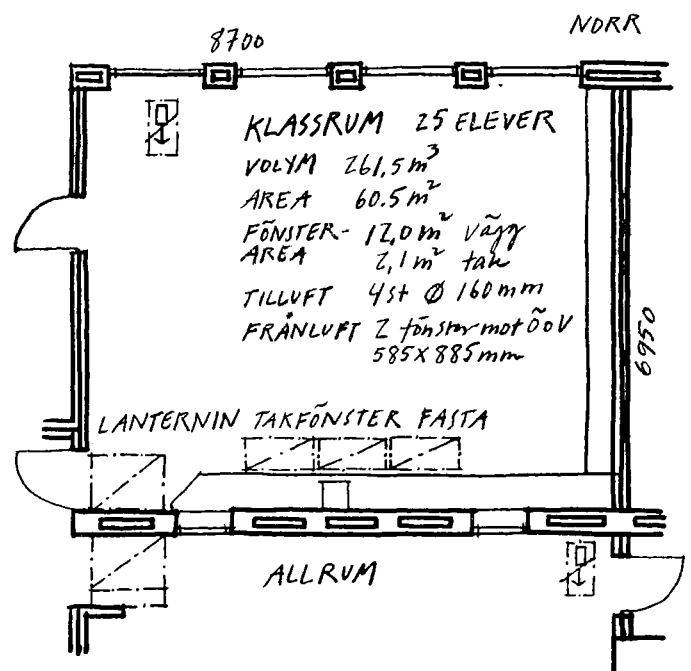


Foto: Jan Uvlius.

Klassrumsinteriör.



Klassrum, skala 1:125.

beläggning med tegelpannor. ($U=0,14$ W/m^2K).

Risebergaskolan har således en tung stomme med hjärtvägg och en lufttät, men diffusionsöppen klimatskärm.

Tomten medgav en placering av byggnaden i öst-västlig riktning. Klassrummen är förlagda mot norr och har försetts med stora fönster, av treglastyp. Dessa ger, tillsammans med fasta takfönster och öppningsbara lanterninfönster generöst med dagsljus utan direkt solinstrålning. Detta utgör en del i strategin för att minska värmelasten i klassrummen.

Barnomsorgsverksamhetens allrum, där barnen vistas mest på mornar och eftermiddagar, är söderorienterade och har försetts med utanpåliggande solavskärmning typ "svarta rullgardiner", som regleras manuellt inifrån.

Självdraagsventilationen har till stor del styrt utformningen av byggnaden. Klassrummen har rejäla takhöjder, som

högst 7 m. Taken är även invändigt snedställda upp mot den huv eller lanternin (en per rum), som innehåller två motställda, öppningsbara fönster. Dessa är orienterade mot öster och väster. Klassrummen, som är avsedda för 25 elever, har en yta på drygt $60 m^2$ - och en volym på $261,5 m^3$

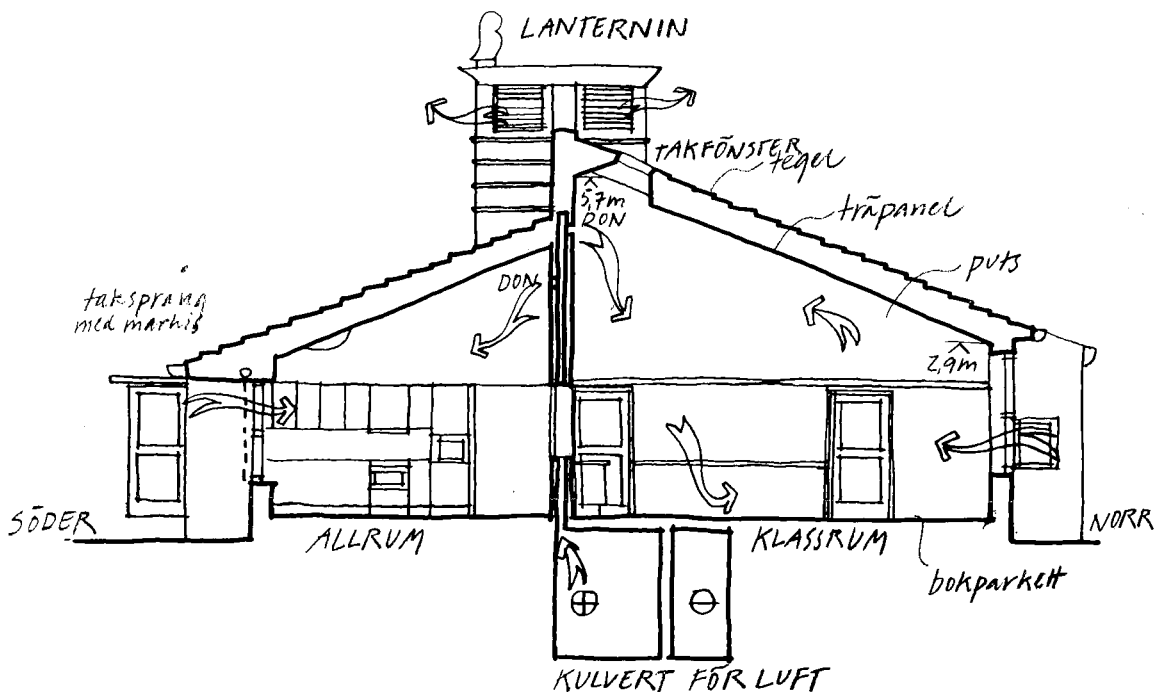
VÄRME OCH VENTILATION

Ventilations- och värmetekniskt kan Risebergaskolan ses som en vidareutveckling av de idéer som först utvecklats i Fredkullaskolan. VVS-konsulterna var desamma. I Riseberga var förutsättningarna bättre, då det inte fanns krav på att använda en befintlig kryppgrund, som fallet var i Fredkullaskolan.

Värmesystem

Risebergaskolan värms med fjärrvärme i ett radiatorsystem. I entréerna finns vattenburen golvvärme.

Värmesystemet är utformat enligt den



Sektion, skala 1:125.

princip som brukar tillämpas av Klimat Teknologi AB, nämligen s k lågflödessystem. (Se mer om detta under Fredkullaskolans rubrik Värme och ventilation).

Stor vikt har lagts vid att hålla nere värmelasterna genom byggnadsutformning. Förutom de norrvända klassrummen och markiser mot söder har byggnaden utformats med en tung stomme med hjärtvägg, som bland annat innebär att byggnaden inte kyls ned så snabbt vid fönstervädning. På morgonen strävar man efter en starttemperatur i klassrummet på 19°C. Hjärtväggen är då kall. Under dagen mottar hjärtväggen värmeöverskottet från klassrummen. Tilluften, som passerar inne i hjärtväggen på sin väg in till klassrummet värms upp av hjärtväggen.

På sommaren kyls byggnaden ner av uteluft som i jordrören och kulverten passerat den svalare marken. På vintern förvärms luften genom den varmare marken.

Ventilationsprincip och luftflöden

Köket ventileras med ett FT-system (mekanisk från- och tilluft utan värmeåtervinning). Matsalen har samma möjlighet som klassrummen att självdragsventileras, men luftväxlingen här kan kopplas över till kökets FT-ventilation. T ex, vid full beläggning i matsalen kan ventilationen ställas i driftläge FT och luftflödet ökas. Luftväxlingen kan således varieras efter verksamhetsbehov med användning av ett begränsat tilluftsflöde. Det vanliga driftläget, enligt kökspersonalen, är att matsalen har självdragsventilation och köket FT.

Resten av byggnaden har endast självdrag och är avskärmad från kök/matsal med täta branddörrar som hålls stängda.

VVS-konsulten resonerade så att, valet av lågemitterande material och ett väl injusterat och genomtänkt värmesystem, som effektivt avlastar överskottsvärme, innebär att uteluftsflödet på vintern inte behöver ligga så högt som fordras vid

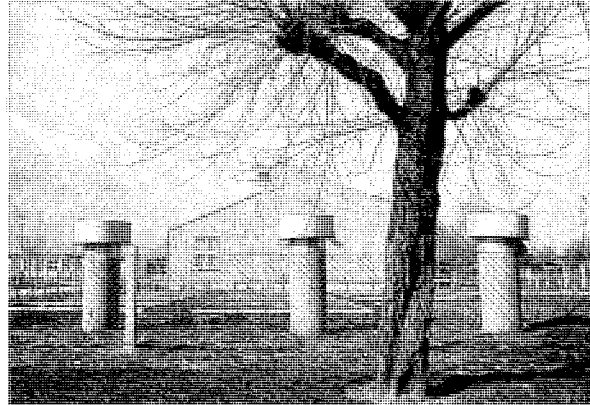


Foto: Jan Uvelieus.

Luftintagen består av jordförlagda betongrör.



Jordrörens mynning i källaren. Under rören syns rännan som avleder kondensvattnet.

Arbetskyddsstyrelsens sk indikatorgräns för CO₂-halten 1000 ppm. På detta sätt, menade han, skulle onödigt torr luft undvikas. Under den varma årstiden erfordrades dock ett högre flöde för att hålla luftfuktigheten under 60%. (Se ovan under rubriken "Mål och krav för byggprojektet").

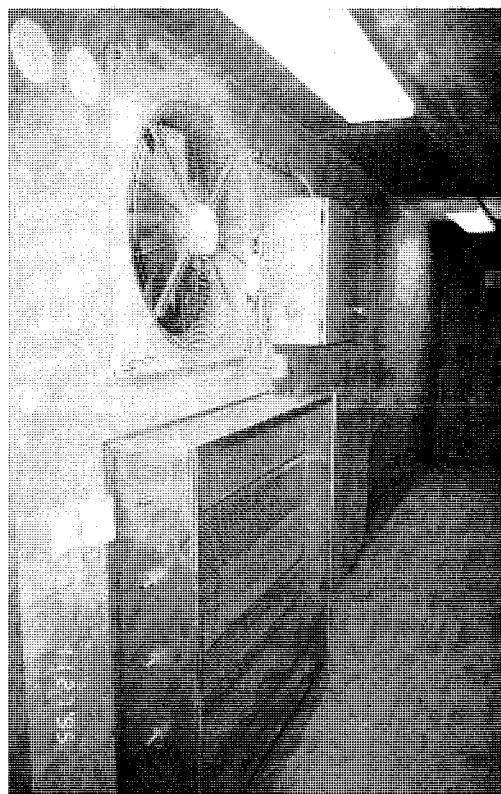
Tilluften

Risebergaskolan kan försörjas med uteluft på tre olika sätt:

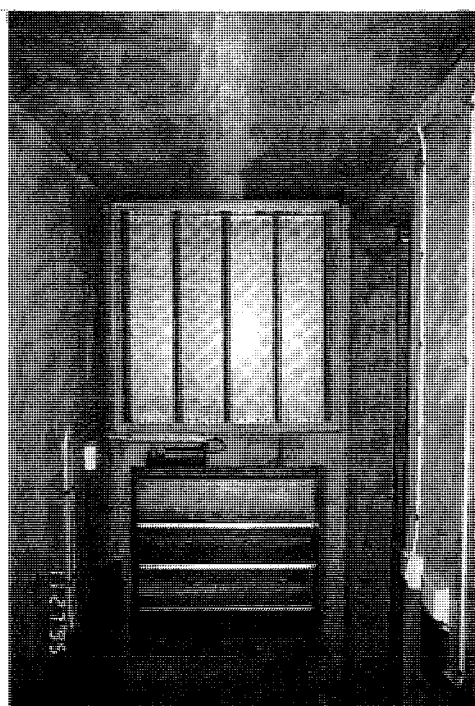
Under vinterhalvåret och vid behov av nattkylning under sommarhalvåret försörjs byggnaden huvudsakligen med tilluft via 6 st ca 20 m långa jordrör av betong (diameter 400 mm) som ansluter till byggnadens östra gavel mot en betongkulvert i källarplanet. Kulverten går längs hela byggnaden. Denna är uppdelad i två längsgående kamrar, vardera 55 m långa. Avsikten med detta är att förvärma luften och på så vis ta vara på jordvärme vintertid samt kyla luften sommartid. Inget filter sitter på tilluften. Enligt VVS-konsulten sedimenterar damm och partiklar längs den långa kulverten och renar på detta vis luften innan den når klassrummet. Dessa diskuteras under utvärderingen, längre fram. Jordrören kan spolras av och kanalerna är raka och inspekterbara från kulverten.

Vid västra gaveln, dvs när luften rört sig längs byggnaden en gång, finns kamflänsrör för eftervärmning vid kall väderlek. En temperaturgivare styr eftervärmningen. Kamflänsrören värms via fjärrvärme. Hittills har eftervärmning inte behövt användas annat än vid enstaka tillfällen, eftersom luften under uppvärmningssäsongen normalt hinner värmas upp till 19°C i jordrör, kulvert och hjärtvägg innan den når klassrummet.

Luften förs sedan vidare i den andra kammaren bort mot husets östra gavel, där den fördelas upp i rummen via tilluftskanaler i hjärtväggen. Kanalerna är gjorda som ursparningar i tegelväggen. De mynnar högt på vägg, 4 st per klassrum. Tilluftsdonen är utformade som



De två tilluftsspjällen sedda från förrummet vid gaveln, där jordrören mynnar i byggnaden. Spjällen styr luftmängden med datoriserad driftövervakning. I det övre spjället sitter fläkten för sommarkylning. Nedre bilden visar spjällen, sedda från kulverten.



tallriksventiler.

Där jordrören för uteluften ansluter till byggnaden, vid östra gaveln, finns en liten kammare. En ränna under jordrörens anslutning till ytterväggen tar hand om kondensvatten. Från kammaren finns en öppning där luften passerar in i byggnadens längsgående kulvert.

Denna öppning är uppdelad i två delar, där var och en steglöst kan slutas till med spjäll. Vid kall väderlek hålls endast det ena spjället öppet, vid varm väderlek båda. Vid den ena spjällförsedda öppningen sitter en hjälpfläkt med låg effekt (420 W). Den startar om det är mycket varmt ute, d v s om den termiska drivkraften är svag och det är vindstilla. Tilluften kyls av den kallare marken. Luftflödet styrs då av utetemperaturgivare med hjälp av frekvensomformare. Givaren är omställbar. Tilluftsfläkten används inte under vinterhalvåret och erfordras överhuvudtaget inte för luftutbytet. Den är installerad som "kylmaskin" med prestanda ca 30 W/m² byggnadsyta.

Frånluften

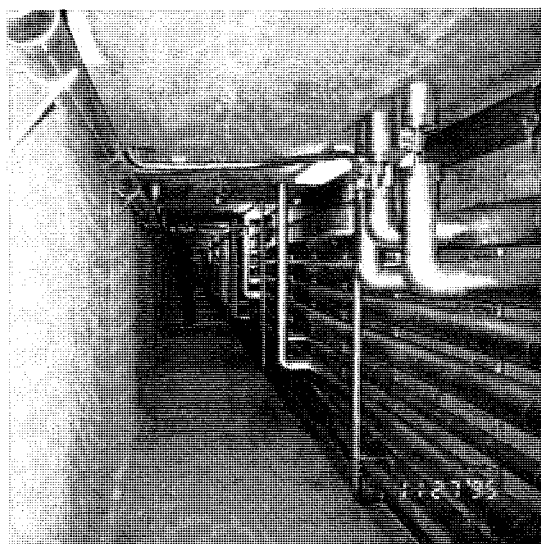
Frånluften är inte fläktstyrd, inte heller på WC, som dock har separata evakueringskanaler. Evakueringen av frånluften från rummen sker genom öppning av fönster, som sitter i lanterninerna, ett mot öster och ett mot väster. För att få bra sug på frånluften öppnas det fönster som ligger mot läsidan.

Utifrån ser lanterninerna ut som skorstenar, eftersom de har försetts med plåtgaller utanpå fönstren och tegel på övriga sidor. Plåtgallren ska minska vindstörningar.

Fönstren i huven öppnas längs en vågrät axel (fönstrets överkant går inåt) med hjälp av motorspjäll. Dessa styrs genom att man trycker på en knapp vid sidan av dörren i klassrummet. I ett av klassrummen öppnas lanterninfönstren automatiskt när temperaturen i klassrummet är över 20°C (temperaturgivare kopplad till spjällmotorn). Övriga takfönster (de som sitter på sned-



Kulvertens kalla (överst) och varma sida. Rördragning är praktiskt i kulverten, men också en källa till dammsamling. En inklädnad skulle underlätta städning. Särskilt tillstånd krävs för att gå ned i kulverten, eftersom den är en tilluftskanal och inte ska smutsas ned. På nedre bilden syns utsparningarna i taket, där tilluften går upp i klassrummen.



taket och är tre per klassrum) är inte öppningsbara. De fungerar som ljusinsläpp.

Tilluftsdonen sitter högt upp på vägg, relativt nära lanterninerna som är de enda frånluftsutsläppen. Med anledning av detta kan man fråga sig hur stor risken är för kortslutning mellan till- och frånluften. Eftersom tilluften normalt är något svalare (kring 19°C) än rumsluften sjunker tilluften mestadels ned i vistelsezonen. Videoupptagningar av prov med rökgenerator visar på denna rörelse. Samtidigt förekommer säkert driftfall med kortslutning, t ex när det är varmt och blåsigt ute och vinden ger ett sug i lanterninen. Då finns emellertid möjligheten att öppna fönster i fasaden och på så sätt säkerställa en omblandning av uteluft i rummet.

Summering av ventilationsfall

Förutom den ofrivilliga ventilationen förekommer tre ventilationsfall i Risebergskolan. För samtliga fall evakueras frånluften via lanterninfönstren.

De tre ventilationsfallen är:

1. Grundventilation med tilluft via kulverten och tilluftsdonen. Detta är normalfallet under vinterhalvåret.
2. Tilluft via lanterninfönstren. Luften "rinner" in vid fönstrets nederkant medan frånluften evakueras vid ovansidan av fönstret. Detta är det vanligaste fallet när det är mer än +5°C ute. Hur vanligt det är att luften rinner in via lanterninfönstret även när det är kallare ute vet vi inte, med troligtvis sker en del av uteluftsintaget denna väg även vid kallare väderlek.
3. Tilluft via fasadfönster. Fönstervädring används huvudsakligen när det är i stort sett lika varmt ute som inne.

Beroende på vindriktning, vindhastighet och utetemperatur kan alltså dessa tre ventilationsfall förekomma i olika kombinationer. Rumstemperaturen är avgörande för brukarnas regleringen och denna sker med lanterninfönster och fasadfönster för samtliga ventilationsfall.



Eftervärningsbatteriet behöver sällan användas.



Tilluftsdonen sitter nära lanterninfönstren, som ska evakuera frånluften - finns risk för kortslutning av luften? Den något svalare tilluften skall, enligt beräkningarna, sjunka ner till vistelsezonen.

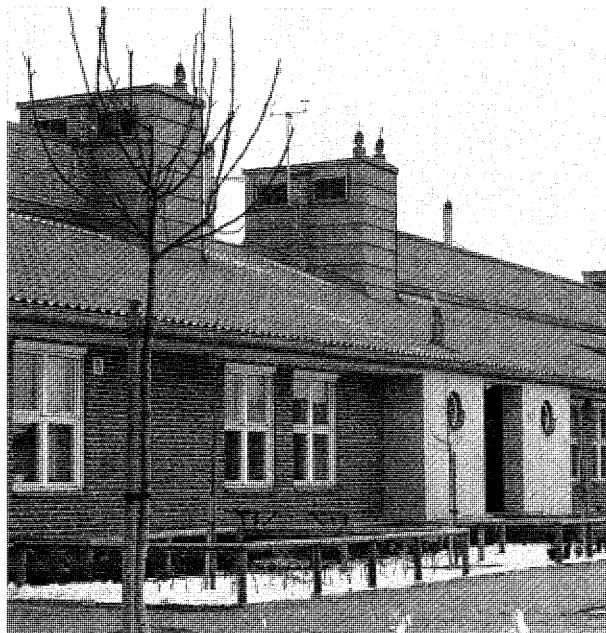
Ventilationsfall 1 övergår automatiskt i ventilationsfall 2 när motståndet i flödesvägen inte helt domineras av lanterninfönstren, då den termiska drivkraften avtar eller arean ökas (fönstret öppnas mer).

Driftsrutiner

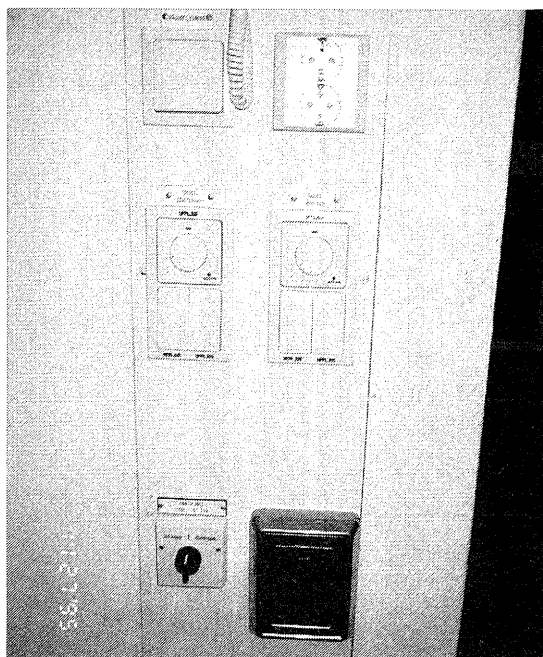
Risebergskolan har datoriserat styr/regler-övervakningssystem (SRÖ). Datorsystemet mäter temperaturer, relativ fuktighet och CO₂-halt på flera ställen i byggnaden. Driften ändras beroende av vad de kontinuerliga klimatmätningarna indikerar.

De drifrutiner som utvecklats innebär att fasadfönster naturligtvis är stängda när ingen är i skolan. Normalt är också båda utluftspjällen stängda på nätter och helger. Då finns bara det eventuella tilluftflöde som sugas in genom byggnadens otätheter. Frånluft evakueras nattetid och helger dels genom toaletternas ventiler, dels genom automatisk öppning och stängning av samtliga lanterninfönster ca var tredje timme under natten. När behov av nattkyla föreligger startas tilluftsfläkten i intaget i kulverten och lanterninfönstren öppnas via det datoriserade styr- och övervakningssystemet.

Tilluftsfläkten används inte under vinterhalvåret.



De öppningsbara lanterninfönstren sitter innanför takhuvornas galler. Dansarna (vindflöjlarna) vid frånluftsutsugen kan ibland med vindkraftens hjälp ge en "extra puff" på frånluften, men ger kanske mest en arkitektonisk effekt.



Lanterninfönstren öppnas genom att trycka på en motoransluten knapp på väggen. I ett klassrum styrs öppnandet automatiskt med hjälp av en temperaturgivare.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i de nya lokalerna i november 1995. Innan eleverna slutade i den gamla paviljongskolan genomfördes - i maj 1994 - en motsvarande enkätundersökning avseende dessa lokaler. All personal och alla elever som var närvarande vid dessa tillfällen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i lokalerna. De yngre eleverna fyllde i ett förenklat formulär.

Vid det andra enkättillfället, i de nya lokalerna, fick även föräldrarna till eleverna i klass 1-2 fylla i en särskild föräldraenkät om sina barns hälsa.

Enkäten före flytt

Den första enkäten, avseende paviljongen, besvarades av totalt 77 personer, varav 9 var personal och 68 elever i åk -4.

Enkäten efter flytt

Den andra enkäten, avseende nybyggnaden, besvarades av totalt 102 personer, varav 12 var personal och 90 elever i åk 1- 2. Utöver detta fylldes föräldraenkäten i av 82 föräldrar till dessa elever. Föräldraenkäten har en annorlunda utformning och behandlar endast barnens hälsa. Den bedömning som gjorts är att föräldrar vistas för lite i skolan för att kunna uttala sig mer detaljerat om inomhusklimatet. Däremot kan de till viss del ge en kompletterande bild av barnens hälsotillstånd, då de kan uppmärksamma förändringar när barnen går i skolan respektive befinner sig hemma.

Liksom i Länna skola har elever i så låga årskurser som 1 och 2 fått fylla i enkäterna, då inga äldre elever fanns i skolan vid denna tid. Läraren hjälpte till att förklara ord, men varje elev fyllde själv i



Barnen har kul på rasterna på "naturängen", norr om skolbyggnaden.

sin enkät. Resultaten måste bedömas mot bakgrunden att detta frågeformulär normalt bara används för åk 3 och 4, som visat sig förstå frågorna väl. Ett frågeformulär till föräldrarna om elevernas hälsa ger ett komplement som också gör det möjligt att bedöma i vilken utsträckning elever och föräldrar svarat olika (vissa hälsofrågor är mycket lika). Som jämförelse kan nämnas att 32% av eleverna svarade att de hade någon form av allergi, medan resultatet när föräldrarna till samma barn besvarade denna fråga blev 27%.

Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och personalens könsfördelning.

Riseberga efter flytt,

Enkätdatum: 1995-12-12/15

(Föräldraenkät: 1995-10-9/12)

	Antal enkäter	Allergiker antal	%	Man/kvinna antal
Personal	12	6	50	1/11
Elever				
åk -4	90	29	32	
Elever				
åk 5-	-	-	-	
(Föräldrar om elever i åk 1-2)	(82)	(22)	(27)	
Summa	102	35	34	



Fritidsverksamheten pågår utanför klassrummen.

Jämförelse enkät före och efter flytt

Enkäten före flytt genomfördes under en annan årstid (maj månad) än enkäten i de nya lokalerna (november). Enkäten före flytt besvarades av färre personer. En stor grupp nya elever tillkom efter flytt. Detta sammantaget innebär att en direkt jämförelse av svaren före och efter enkät inte är helt relevant. Fortsättningsvis redovisas därför endast enkäten efter flytt. I tabellbilagan (Separat rapport) finns dock resultaten även från enkäten före flytt redovisad. När mycket stora skillnader föreligger i enkäten före respektive efter flytt kommenteras detta också i texten.

Allergifrekvens

Andelen i personalgruppen som har eller har haft någon form av allergi var högre än normalt (50%). Bland eleverna var andelen som uppgav att de hade allergi 32% och föräldrarna till eleverna i åk 1-2 uppgav att 27% av dessa hade någon form av allergi. En sådan allergifrekvens i storleksordningen 27-32% kan betraktas som normal för de aktuella åldrarna, där referensen ligger på 30%.

I personalgruppen hade en person (8%) astma, 2 (17%) hösnuva och fyra (33%) eksem, vilket är normala frekvenser bortsett från en högre andel med eksem.

Enligt föräldrarna hade 9% av barnen astma, 7% hösnuva och 16% eksem. Enligt eleverna själva hade 8% astma, 11% hösnuva och 19% eksem. Med tanke på att det var fler elever som besvarade enkäten än föräldrar, är överensstämmelsen i svaren mellan barn och föräldrar god.

Dessa frekvenser följer också referensen för barn i dessa åldrar, med undantag för att astmafrekvensen var något högre i Risebergaskolan, 9%, än i referensen, 6%.

Miljöbedömning i stort

I den översiktliga bedömningen av inomhusmiljön klassade minst 88% av alla (personal + elever) samtliga parametrar som "bra" eller "acceptabla" (Diagram 1). Allergikerna gav lika bra omdömen för luft, värme, städning och trivdes lika bra i skolan som alla andra. Luftkvaliteten klassades som "bra" eller "acceptabel" av 98% av alla svarande och av 97% av allergikerna.

Personalen var mindre nöjda med städningen än eleverna. Endast 67% av personalen tyckte att städningen var bra eller acceptabel. Detta kan ha sin orsak i en varje dygn återkommande dammbeläggning på ytor som diskuteras länge fram. Personalen var dock mera nöjda med ljudförhållandena än eleverna. 100% av personalgruppen tyckte att ljudförhållandena var "bra" eller

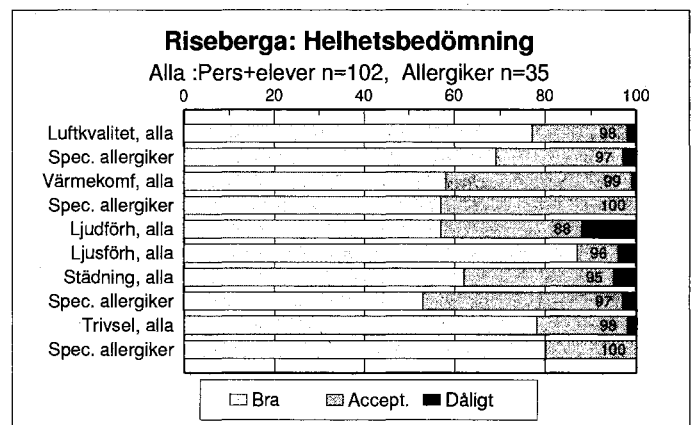


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

"acceptabla".

Nybyggnaden fick genomgående betydligt bättre omdömen än den gamla paviljongen. Som exempel på detta kan nämnas att i den gamla paviljongen klassades luftkvaliteten som "bra" av 22% av samtliga, medan motsvarande siffra i nybyggnaden var 77%.

När det gäller värmekomforten var helhetsbedömningen god. 99% bedömde den som "bra" eller "acceptabel" (58% som "bra"). Dock ansåg rätt många att det var för kallt ibland (se värmekomfort detaljerat) och för varmt ibland.

Luftkvalitet detaljerat

Inte för någon parameter som gäller luftkvalitet besvarades en större andel av personal eller elever än 20%.

I personalgruppen tyckte 2 av 12 att luften **ofta** var "torr" och "dammig" och 2 tyckte att den var det **ibland**. (Se mer längre fram om damm). Ingen tyckte heller att luften **ofta** var "instängd", men 4 personer (33%) tyckte att den var det **ibland**. Ingen tyckte att luften **ofta** var stickande, statistiskt elektrisk, att det luktade mögel, avlopp, avgaser tobaksrök eller annat. 5 personer besvarades dock ibland av "matoslukt", vilken troligtvis beror på att frukost, mellanmål och lunch serveras i fritidshemmet, som ligger i anslutning till klassrummen. (Diagram 2).

Bland eleverna fanns få klagomål på luftkvaliteten. Dock tyckte 19% att det **ibland** "luktade illa". (Diagram 3). Detta tyckte 8 elever i klassrum 1, 2 elever i klassrum 2, ingen i klassrum 3 och 7 elever i klassrum 4. Vid våra besök i Risebergaskolan har vi själva känt en speciell lukt som kan karaktäriseras som rå betong, jord och lösningsmedel, lukter som skulle kunna härledas till betongkulverten och eventuellt mikroorganismer i tilluftsvägarna, till nya material, och möjligen till det städmedel som användes i början för rengöring av klinkergolven.

15% av eleverna besvarades **ibland** av att de "fick stötar".

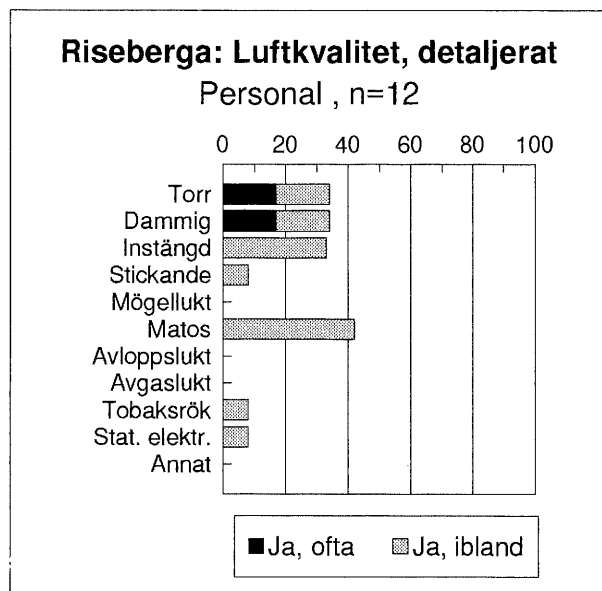


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

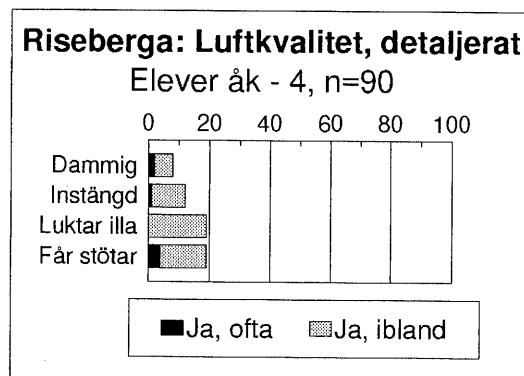


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

50% av personalen uppgav att de vädrade minst en gång per dag i nybyggnaden. Frågeformuläret för de yngre eleverna, som fått användas här, har ingen fråga om de tycker att det är utvädrat.

Värmekomfort detaljerat

Inte heller när det gäller värmekomforten besvarades fler än 20% varken i personalgruppen eller bland eleverna **ofta** av att det var för kallt, för varmt eller dragigt.

I personalgruppen besvarades emellertid 5 av 12 personer (44%) **ibland** av att det var för "kallt på eftermiddagen", 4 av att det var "kallt vid golvet" och 3 av "drag från ventil". (Diagram 4)

Bland eleverna tyckte 17% att det **ofta** var för "kallt vid golvet" och 31% tyckte att det var det **ibland**. Drygt 40% tyckte att det **ibland** var "för kallt" och **ibland** "för varmt". (Diagram 5).

Ljud och buller

När det gäller ljud och buller är det framför allt ljud från angränsande rum och korridorer som både personal och elever besvaras av, ca 20% besvaras **ofta** av detta och 30-50% **ibland**.

Orsaken till detta är att utrymmena utanför klassrummen är både hemvist för fritidsverksamheten och passage för att nå klassrummen. En bättre ljudklass på dörrarna mot korridoren hade kunnat förbättra situationen.

Noteras bör att ingen besvarades av ljud från ventilationen eller av ljud från värmeelementen.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärshänsor finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominant i olika åldrar har personal respektive elever skilda referenser. Dessa

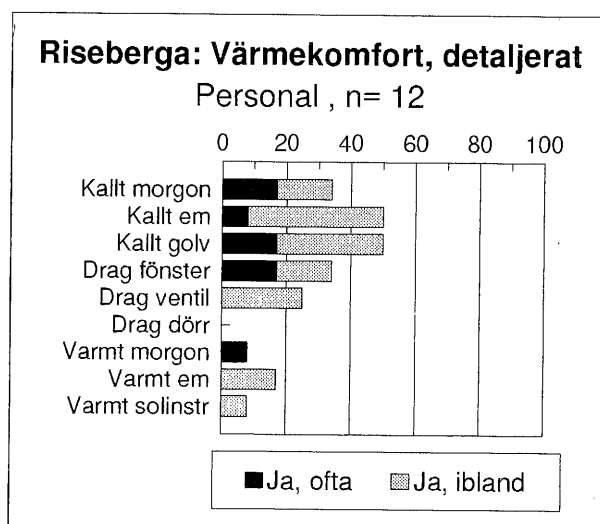


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

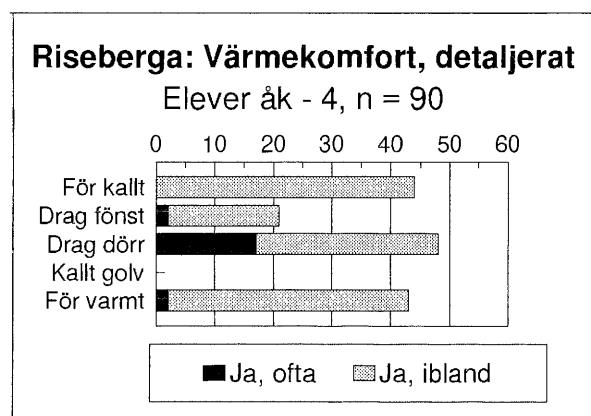


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

finns återgivna på ett utvecklingsblad längst bak i rapporten för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Vid eventuella jämförelser med personalreferenserna får man hålla i minnet att personalgruppen i Risebergaskolan endast består av 12 personer, vilket ger relativt sätt högre procentuella besvärsfrekvenser än för en större grupp.

För föräldraenkäten, som använts, saknas idag referenser. Ett slags referens, som nyttjas här, är att jämföra föräldrarnas utlåtanden om sina barns allergier och hälsa med elevernas egna omdömen om detta.

I **Personalgruppen**, som till hälften bestod av allergiker, hade 3 personer ofta irriterad näsa och en av dem ansåg att det berodde på skollokalerna. Av de 11 symptomen som efterfrågas var det totalt fyra ("huvudvärk", "irriterad näsa", "heshet/halstorrhet" och "torr, rodnad hud i ansiktet") som någon (1-2 personer) relaterade till lokalerna. (Diagram 6).

Enligt eleverna förekom några "besvär ofta" lite mer frekvent än i referensen. Det gällde besvären "extra trött" (34%, mot referensens 20%), "varit snuvig" (27% mot referensens 17%) och "haft spruckna läppar" (24% mot referensens 14%). (Diagram 7)

Enligt föräldrarna till eleverna var besvärsfrekvenserna mycket låga. Det är intressant att konstatera att barnen själva uppgav att de var mycket tröttare (34%) än vad föräldrarna ansåg att de var (1%) och att de hade mer huvudvärk (16%) än föräldrarna uppgav (1%). (Diagram 8). Vissa frågor är inte helt likadant ställda och kan därför inte jämföras rakt av.

Av de 11 symptomen som efterfrågades i föräldraenkäten var det totalt fem ("trötthet", "irriterade ögon", "irriterad näsa", "heshet/halstorrhet" och "hosta") som någon (1 person) relaterade till lokalerna.

En analys av **allergikernas hälsa** visar att

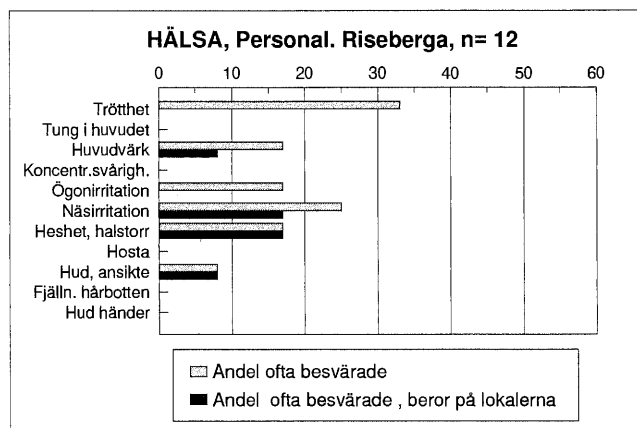


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

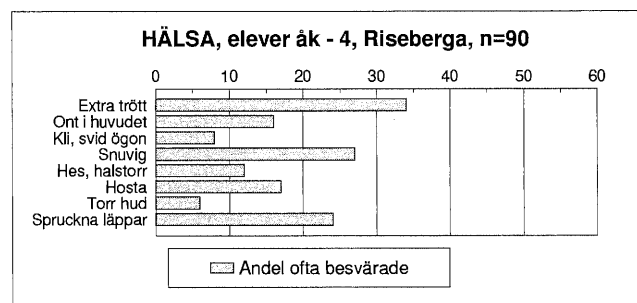


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvären berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

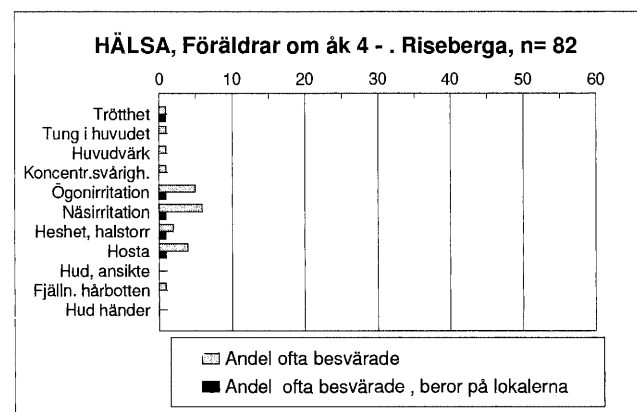


Diagram 8: Procentandel av eleverna som, enligt föräldrarnas bedömning, ofta besväras av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

de få symptom, både bland personal och elever, som överhuvudtaget kopplades till lokalerna i så gott som samtliga fall, gällde personer med allergi. Allergikerna bland eleverna var lite tröttare än de övriga eleverna. Ingen av allergikerna i personalgruppen besvärades av trötthet, tung i huvudet, koncentrationssvårigheter, hosta, fjällning/klåda i hårbotten eller torr, kliande hud på händerna. Nästan inga allergiska elever och mycket få av allergikerna i personalgruppen hade problem med torr eller rodnande hud. Detta trots att flera i personalgruppen hade allergiskt eksem. Man kan fråga sig om den förhållandevis högre luftfuktigheten i denna byggnad kan ha någon betydelse för detta resultat.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Risebergaskolan en typisk vinterdag (Diagram 9A och B) pendlar inom intervallet 19,5- 21,5° C i klassrum 3 som har manuell reglering av vädringsluckorna i lanterninen. I klassrum 4, som har automatisk öppning när temperaturen stiger över 20°C är rumstemperaturen något jämnare 19-20,5°C under lektionstid.

Resultaten från de momentana mätningarna redovisas i Tabell 2. När dessa mätningar genomfördes hade skolan temadag om Astrid Lindgren, varför det var onormalt mycket elever i vissa klassrum. I klassrum 4 kunde mätningar genomföras med ett tillfälle normalt barnantal, men i klassrum 3 fick vi genomföra mätningarna med 33 personer i rummet, vilket är 8-10 personer fler än normalt. Under mättillfället i rum 3 stod ett fasadfönster på glänt hela tiden. I rum 4 var fasadfönstren stängda. Ett av de två lanterninfönstren stod också i öppet läge i de båda klassrummen.

Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, dygnet runt i fyra veckor, var 19,8°C. Tabell 3. Den kontinuerliga veckomätningen gav en

rumstemperatur under skoltid på i genomsnitt 21°C, med ett max på 22,5°C och ett min på 19,0°C. Tabell 3.

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, vid mättillfället låg på i snitt 20,5°C. Den låg 0,4-1,6 grad under lufttemperaturen, utom i en punkt mitt i klassrum 3, där den var 0,7 grader högre än lufttemperaturen. Det senare torde sammanhånga med att det var extremt många personer i rummet (som bildade en varm yta), samtidigt som fönstret stod på glänt i fasad.

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman upplevelsen av luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen i snitt 18,35°C, d v s drygt 2,5 grader lägre än lufttemperaturen. Detta indikerar ett relativt kraftigt drag från öppnade fasad- och lanterninfönster. (Se sammanställningen av mätresultat på intilliggande sida).

Golvtemperaturen var i snitt för mätpunkterna 19,8°C och som lägst 19,1°C närmast fönster i klassrum 4.

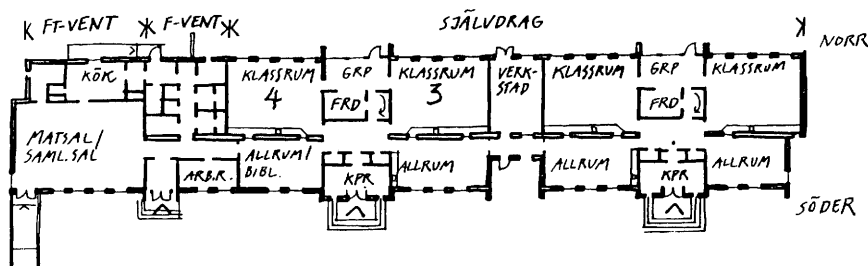
Relativa luftfuktigheten, RF vid momentanmätningen var i genomsnitt 49% i klassrum 4 och 56% i klassrum 3 som hade den högsta personbelastningen. Utetemperaturen var då +6°C.

Fukttillskottet inomhus var då 3,0 g/kg luft i klassrum 4 och 4,0 g/kg luft i klassrum 3. Som ett riktvärde som inte bör överskridas brukar man ange 3 g/kg luft. Vid normal personbelastning klarades detta värde.

Under de i diagram 10A och 10B redovisade kontinuerliga mätningarna för en typisk skoldag i november, då utetemperaturen låg runt 0°C, pendlade **RF** i klassrum 4 mellan 26% och 33% och i klassrum 3 mellan 30% och 35%.

Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt i fyra veckor, var 36%. Tabell 3.

Tabell 2: Sammanställning av momentanmätningar - Risebergaskolan.



Klassrum 4, Fönster åt N

Tidpunkt för mätning: 19951128, kl 9.00

Personbelastning: 22 personer.

Utförhållanden:

Temp: +6°C, RF 82%, CO₂:415 ppm

Vind/Väder: OSO, 7 m/s, disigt.

Solavskärmning:

Klassrumsfönster mot norr.

Klassrum 3, Fönster åt N

Tidpunkt för mätning: 19951128, kl 11.00

Personbelastning: 33 personer.

Utförhållanden:

Temp: +6°C, RF 86 %, CO₂:415 ppm

Vind: OSO, 7 m/s, disigt.

Solavskärmning:

Klassrumsfönster mot norr.

Punkt 1	Punkt 2
21,0°C	21,0°C
19,4°C	20,6°C
17,6°C	18,3°C
19,1°C	-

Temperaturer

Lufttemperatur	21,0°C	21,0°C
Operativ temperatur	20,4°C	21,7°C
Ekvivalent temperatur	18,4°C	19,1°C
Golvtemperatur	20,0°C	20,3°C

Punkt 1	Punkt 2
21,0°C	21,0°C
20,4°C	21,7°C
18,4°C	19,1°C
20,0°C	20,3°C

Luftfuktighet

47%	51%
	3,0 g/kg

Relativ fuktighet	52%	59%
Fuktillskott inne		4,0 g/kg

Radongashalt

30 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Kulvert öst: 70 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)
Kulvert väst: 60 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

40 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum (klassrum 4), i 18 punkter¹⁾

	Medel		Max		Min	
Belysning	På	Av	På	Av	På	Av
dB(A)	28,5	19,0	34,3	19,3	21,4	18,7
dB(C)	40,3	39,5	43,9	38,9	37,1	40,0

1) Ett trasigt lysrör gav ett surrande ljud. Mätningen gjordes därför med belysningen på resp av.

Efterklangstid

Uppmätt i tomt rum (klassrum 4) i 3 punkter (48 registreringar)

	Medel	Max	Min
Sekunder	0,7	1,17	0,34

Tabell 2, forts.: Sammanställning av momentanmätningar - Risebergaskolan.

Magnetfält, 5-2000 Hz i μT (Mikrotesla)

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

Mikrotesla, μT	Medel	Max	Min
Klassrum 3	0,018	0,07	0,004
Klassrum 4	0,020	0,04	0,009

Sökande mätning gjordes vid elektrisk manöverpanel, vilket gav följande resultat:

Klassrum 4	Mikrotesla (μT)
25 cm ifrån	1,44
35 cm ifrån	0,71
40 cm ifrån	0,54
50 cm ifrån	0,26

Mögel/bakterieprovtagnings i Risebergaskolan

Proverna analyserade av Arne Hyppel, professor em, BYSAB

MIKROSKOPISK ANALYS AV LUFTSPORHALTER:

Provtagningsställe	Antal sporer/ m^3	Dominerande arter
Jordrörs (utelufsintags) mynning mot uteluft:	540	Claudosporium herbarum
	10	Bacillus sp.
Jordrörs mynning i kulvertens ventilationskammare:	1490	Claudosporium herbarum
	30	Penicillium cf chrysogenum
		Bacillus sp.
I kulvertens varma sida, 20 cm under den tilluftskanals som går upp till klassrum 1:	1260	Claudosporium herbarum
	40	Peniophora giganteum
		Jästsvamsporor, art: Rhodotorula sp (ev. rubra).
I klassrum 4:	200	Claudosporium herbarum
	40	Bacillus sp.
I rytmikrum:	230	Claudosporium herbarum
	20	Bacillus sp.

Kommentar till luftproverna

Luftsporsbestämningarna visar att halterna viabla sporer i luft i såväl klassrum som rytmikrum är låga och avsevärt understiger halten sporer utomhus. I källare och intag kan mängderna betecknas som måttliga, men överstiger utomhushalten 2-3 gånger. Man kan därför inte utesluta en viss intern generering av sporer i de sistnämnda utrymmena samtidigt som det uppenbarligen finns en fungerande filtrering av sporer under uteluftens väg till klassrum m m. De identifierade arterna av miktosvampar domineras av "utomhussvampen" Cladosporium herbarum och i någon mån av Penicillium cf chrysogenum.

Tabell 2, forts.: Sammanställning av momentanmätningar - Risebergaskolan.

Forts. mögel/bakterieprovtagning

Bakterierna är otypade till art, men består av grågula, syrligt luktande spormassor, vanliga i dessa typer av luftanalyser. Ingen av de namngivna mikrosvamparterna tillhör de s k termotoleranta hyfomyceter som ibland sätts i samband med hälsobesvär. Förekomst av *Claudosporium herbarum* i **mycket höga** halter kan emellertid förorsaka allergiska symptom (Sveriges radios pollenrapport). Förekomst av den röda jästsvampen *Rhodotorula* i luft är inte helt ovanlig.

TRYCKPLATTOR RODAC

Provtagningsställe	Sporer/cm ² materialyta	Dominerande arter
Jordrörs (uteluftsintags) mykning mot uteluft:	0,1	<i>Penicillum cf crysogenum</i>
Inne i jordrör, nära mykning i kulvertens ventilationskammare:	5	<i>Claudosporium herbarum</i>
Yta i kulvertens kalla sida:	0,1	<i>Claudosporium herbarum</i>
Kulvertens varma sida, yta i den tilluftskanal som går upp till klassrum 1:	0,1 49	<i>Bacillus</i> sp. <i>Claudosporium herbarum</i>
Kulvertens varma sida, yta i tilluftskanal mitt i huset:	2 0,2	<i>Claudosporium herbarum</i> <i>Bacillus</i> sp.

Kommentar till ytprovtagningen

Användningen av s k tryckplattor, Rodac, innebär att man erhåller ett "finger print" av den aktuella materialytans innehåll av viabla sporer. Rikligt med sporer kan avläsas i Prov 2, varm källares tilluftskanal, medan mera normala mängder finns i övriga prover. De svamparter som identifierats i luftproverna förekommer även här. Rengöring av kanaler och övriga ytor kombinerat med kemisk sanering kan förmodligen bidra till ett minskat sportryck, minskad risk för utveckling av luktalstrande mycel och därmed en förbättrad luktsituation i berörda utrymmen.

Risebergskolan rum 3 30 nov

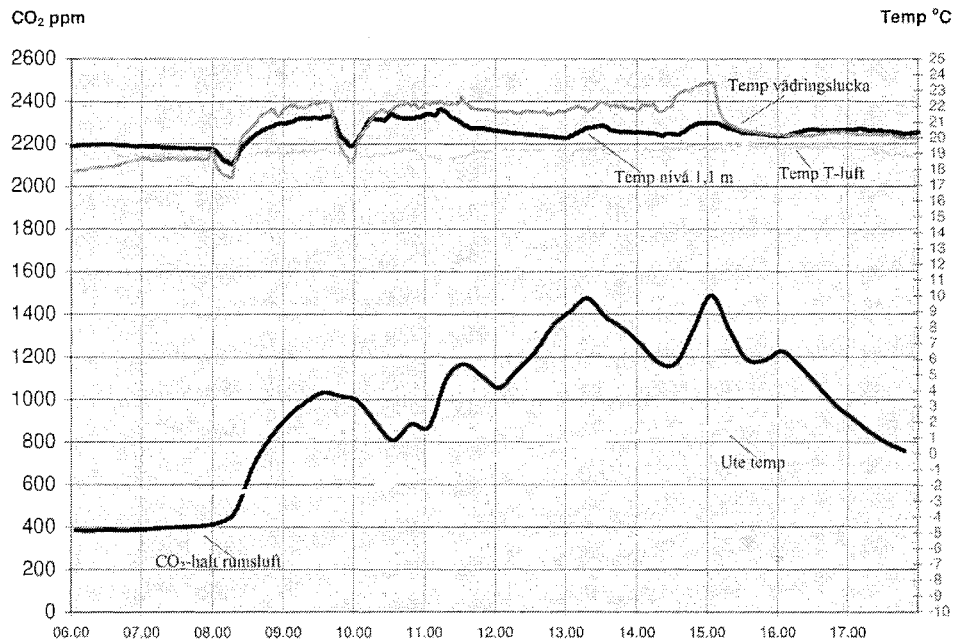


Diagram 9: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO_2 -halt i ppm (vänstra axeln) i klassrum 3 under en typisk skoldag, 30 november 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Risebergskolan Rh rum 3 30 nov

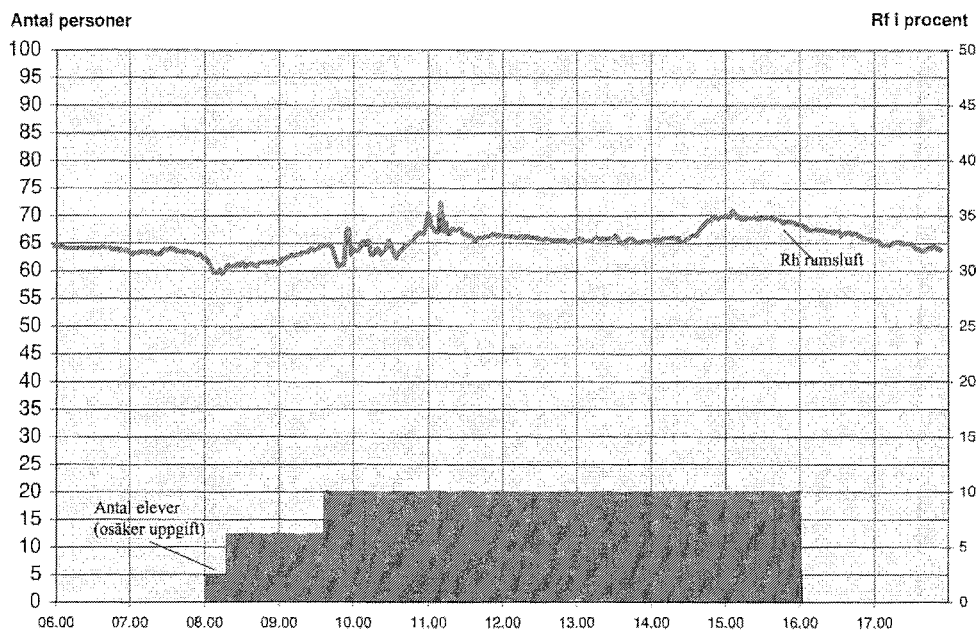


Diagram 10: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer (vänstra axeln) i samma klassrum och under samma skoldag som i diagram 9.

Risebergaskolan rum 4 30 nov

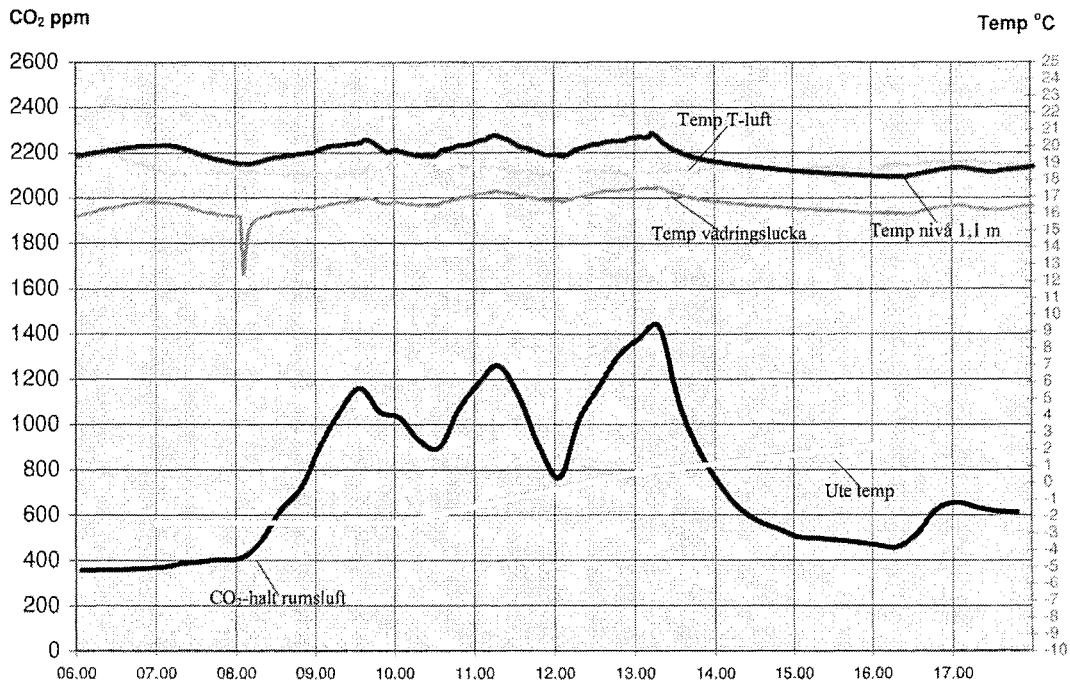


Diagram 11: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) i klassrum 4 under en typisk skoldag, 30 november 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Risebergaskolan Rh rum 4 30 nov

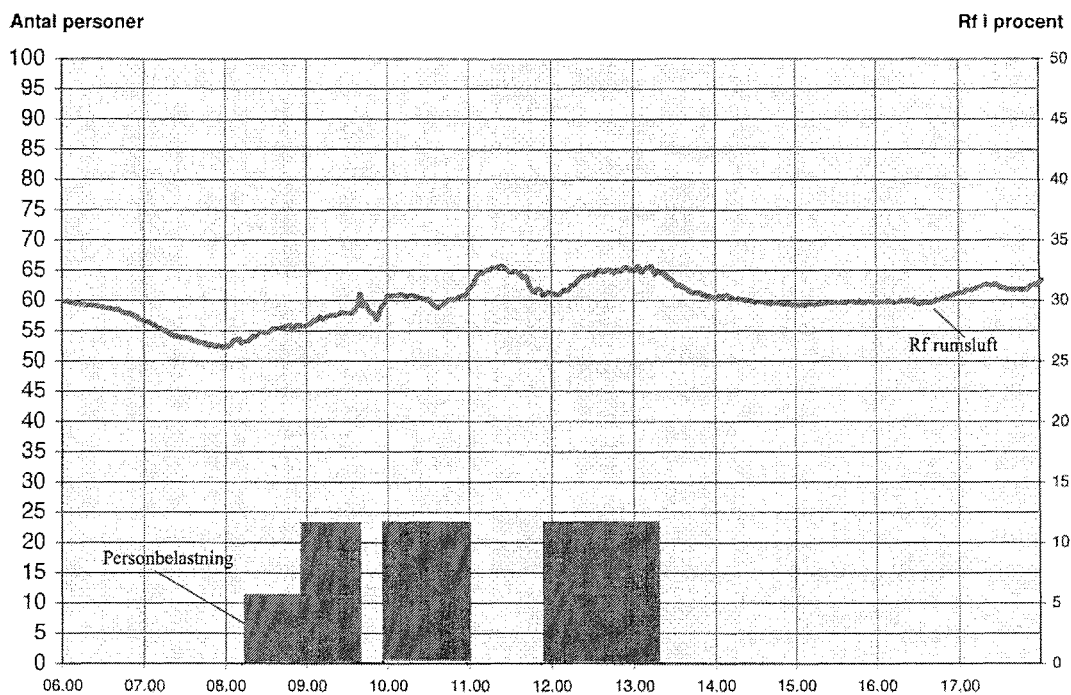


Diagram 12: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer (vänstra axeln) i samma klassrum och under samma skoldag som i diagram 11.

"Veckomätningen" av RF gav ett medel på 33%, ett max på 43% och ett min på 27%.
Tabell 3.

Tilluftstemperaturen ligger mycket konstant hela dagen kring 19°C, trots att eftervärmningsbatteriet inte använts. Detta är ett resultat av lösningen med tilluft via jordrör och kulvert.

Luftväxlingen

Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (varannan minut) i en vecka, dels med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av fyra veckor.

CO₂-halten, som ligger kring 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, stiger i klassrum 4 med 24 personer till max 1400 ppm under slutet av dagens sista lektion, kl 13.30. (Diagram 9A). I klassrum 3 med ca 20 elever (en något osäker uppgift om personbelastning här) stiger den till max 1500 ppm i slutet av en lång dag, kl 16.00 (Diagram 9B). Utomhustemperaturen vid detta tillfälle låg runt +5°C. En motsvarande mättag med ca 0°C ute gav max 1200 ppm vid slutet av sista lektionen.

Den genomsnittliga luftväxlingen uppmättes med passiv spårgasteknik under en fyraveckorsperiod. Genomsnittet, dygnet runt, för hela denna period var 0,58 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den faktiska omsättningen av uteluft som gäller under skoltid beräknats till 1,7 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, räknar med takhöjden 3 m, ger detta en omsättning av uteluft under skoltid på 2,3 oms/h.

Om dessa mätresultat för CO₂ och specifikt flöde omräknas till l/s,p tyder de på att det luftflöde som upprätthålls med aktuella vädringsprinciper normalt är ca 4-5 l/s,p. Stundtals kan det vara något lägre eller högre.

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Risebergaskolan

	Källa	Uppmätta värden
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	0,58 oms/h
-skoltid	(1)	1,7 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,3 oms/h
Rumstemperatur		
- genomsnitt, dygnet runt, hela perioden, (nattsänkt värme)	(1)	19,8°C
-skoltid, medel	(2)	20°C
-max	(2)	21°C
-min	(2)	18°C
Tilluftstemp		
-skoltid	(2)	19°C
RF rumsluft		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	36%
- max	(2)	43%
- min	(2)	27%

(1) Långtidsmätning

Mätning 21 november-19 december 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 28 november- 6 december 1995 (med Miteclograr) av CO₂, rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen	
-dygnsmedelvärde, hela perioden	+1,1°C
-skoldagsmax	+6,3°C
-skoldagsmin	-3,4°C
RF ute	
-dygnsmedelvärde, hela perioden	86%
-skoldagsmax	97%
-skoldagsmin	67%
Vindstyrka	
-medel kl 10, hela perioden	3 m/s
-max	7 m/s
-min	0 m/s

Vi kan också konstatera att det som varierar rätt kraftigt under dagen är CO₂-halten och den ekvivalenta temperaturen (som svarar bäst mot den av människor upplevda temperaturen), beroende på personbelastning, öppning av lanternin- och fasadfönster, medan rumsluftens och tilluftens temperatur ligger relativt konstant under skoldagen. Tillfällena för vädring framgår av kurvan "Temp vädringsfönster" i Diagram 9A och B.

Ljudnivåerna uppmättes i tomt klassrum 4 och var mycket låga. I medeltal låg det på sensationella 19 dBA, vilket ska jämföras med gällande nybyggnadsnorm (BBR94 <30 dBA). Det lågfrekventa ljudet låg i medeltal på 39,5 dBC, vilket också är ett mycket bra värde. Ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3) är <50 dB(C).

Ett trasigt lysrör som surrade i klassrum 4 gav oss tillfället att mäta betydelsen av detta för ljudnivåerna i klassrummet. Ovan redovisade mätvärden, var när denna armatur var släckt. När den tändes och lysröret surrade var ljudnivåerna i medeltal 28,5 dBA och 40,3 dBC. Vi kan dels konstatera att en sådan misskött underhållsdetalj kan ha stor betydelse för undervisningssituationen och att lysrörets surrande påverkade A-kurvan, men inte C-kurvan i någon nämnvärd grad.

Som framgick av enkäten fanns ingen som besvärades av ljud från ventilationen. Däremot fanns besvär av ljud från andra rum/korridor under lektionstid.

Efterklangstiden i Risebergaskolan var i medeltal 0,7 sekunder, vilket är obetydligt högre än de 0,6 sekunder som brukar anses vara en lämplig nivå i skolor.

Radongashalten uppmättes såväl i kulvert som klassrum för att kunna studera eventuell risk för att föra in markradon genom lösningen med dragning av tilluft genom jord. I kulverten låg radongashalten på 60-70 Bq/m³, medan den i klassrummen låg på 30-40 Bq/m³. Detta är betydligt lägre än gällande värde i BBR94 (max 200 Bq/m³). Att det fanns mätbara radongas-

halter i klassrummen tyder emellertid på att det finns en viss transport från marken/kulverten till klassrummen.

De **magnetiska fältstyrkorna** i vistelsezonen var mycket låga - i medeltal 0,02 uT (mikrotesla) - vilket motsvarar en naturlig bakgrunds nivå. I detta projekt hade också särskilda åtgärder vidtagits för att eliminera EMF, vilket således hade lyckats.

En sökande mätning vid den elektriska manöverpanelen i klassrummen, placerad vid entrédörren, visade emellertid på att lokal fält finns nära sådan utrustning. 25 cm från panelen uppmättes 1,44 uT och 50 cm ifrån 0,26 uT.

I Risebergaskolan genomfördes också en **mögel- och bakterieprovtagning** för att undersöka eventuell mikrobiell växt. Bakgrunden var risken i den valda lösningen med kondensation i det jordförlagda luftintaget och att tidvis rätt fuktig luft tas in via tilluftskanalerna.

Resultatet (se mätsammanställningen) visade att halterna levande sporer i luft i såväl klassrum 4 som rytmikrum var låga och avsevärt understeg sporhalterna utomhus.

I kulverten vid tilluftskanal och vid jordrörens mynning i ventilationskammare betecknades mängderna som måttliga, men översteg utomhushalten 2-3 gånger. Enligt analysutlåtandet "kan man inte utesluta en viss intern generering av sporer i dessa utrymmen, samtidigt som det uppenbarligen finns en fungerande filtrering av sporer under uteluftens väg till klassrum".

De identifierade arterna av mikrosvampar dominerades av "utomhussvampen" Cladosporium herbarum. Denna kan i **mycket** höga halter orsaka allergiska symptom (Sveriges radios pollenrapport). Ingen av de påträffade svamparterna tillhörde dock de sk termotoleranta hyfomyceter, som ibland sätts i samband med hälsobesvär.

De bakterier som förekom var otypade till art men bestod av "grågula, syrligt lukande spormassor, vanliga i dessa typer av luftanalyser".

Professor em Arne Hyppel, som gjort analysen gör slutligen följande utlåtande: "Rengöring av kanaler och övriga ytor, kombinerat med kemisk sanering kan förmodas bidra till ett minskat sportryck mot befintliga filteranordningar, minskad risk för utveckling av luktalstrande mycel och därmed en förbättrad luktsituation i berörda utrymmen."

KOMMUNENS ERFARENHETER

Mätningar utförda av stadsbyggnadskontoret i Malmö kommun

VVS-inspektör Sam Brofjell har genomfört vissa temperatur- och CO₂-mätningar vid ett vinterfall och ett sommarfall. Eftersom något sommarfall inte mätts upp i föreliggande undersökning är detta särskilt intressant. Både vinter och sommarmätningen redovisas kortfattat nedan.

Vinterfall:

1995-03-09 var utetemperatur +6,6°C. CO₂-halten som var drygt 400 ppm vid lektionens början, steg till max 1570 ppm. 25 personer vistades i klassrummet. Inomhustemperaturen låg mellan 20 och 21°C. Uteluftens temperatur steg efter genomgång i jordrören från 6,6°C till 9,1°C. I kulverten steg sedan tilluftens temperatur från 9,1°C till 15,8°C. Den totala passiva uppvärmningen av tilluften var ca 10°C. Efter genomgång i hjärtväggs kanaler steg tilluftstemperaturen från 15,8°C till 19,7°C.

Sommarfall:

Sommarmätningar genomfördes 1996-08-23 då utetemperatur var ca +30°C, efter en ovanligt lång period av höga utomhustemperaturer.

CO₂-halten steg då under lektionen från 400

ppm till max 1300 ppm. I jordrören skedde en temperatursänkning från 29,7°C till 19,4°C och i kulverten från 19,4 till 19,0°C. Tilluftens temperatur sänktes således med totalt 11°C genom passiv kyla. Det betydde att under hela denna varma sommar dag steg temperaturen aldrig över 23,5°C inomhus, vilket får ses som en mycket bra termisk komfort.

Stadsbyggnadskontorets rapport från en besiktning i mars 1997

Ett uppföljande besök för tillsyn av den nya skolans klimat och tekniska förhållanden genomfördes 1997-03-12 kl 14 av stadsbyggnadskontoret, Gerhard af Malmborg och Sam Brofjell. Några iakttagelser som har med den speciella ventilationslösningen att göra noterades:

- Man reglerar i regel ventilationsbehovet via ett fasadfönster och ett lanterninfönster. Vid blåst är det tillräckligt med lanterninfönster.
- Inga kallraseffekter kunde märkas.
- Ingen lukt från källare (ex vis jordluft) eller matos kunde noteras.
- I källarens kulvertgång noterades ingen lukt från jord eller liknande. Dock märktes en svag lukt ca 15 m från jordrörens mynningsdel. I denna mynningsdel rinner vatten från vissa av jordrören till uppsamlingsrännan för kondens. Då fukten bedöms härröra från skarvarna i betongrören - vatten eller fukt är lokalt utbredd vid rörskarvarna. Åtgärder som låg till grund för rörens sammanfogning bör studeras. I ett fall var vattennivån i röret 20 mm. Stor andel mörka partiklar av troligtvis jord finns i vattnet.
- Kondensvattenpumpen är i normal funktion, men för att undvika att tillföra fukt i kulverten och därmed risk för luktspridning bör gropen förses med lucka.

ARKITEKTUR

Det är inte minst arkitekturen som blivit uppmärksam i Risebergskolan. Den måste utgöra en visuellt stimulerande miljö för elever och personal med sitt spännande

sätt att utnyttja den höga takhöjden. Man har lyckats ge skolan ett enkelt formspråk som svarar mot de ekologiska och pedagogiska tankegångar som legat till grund för projekteringen:

- Utemiljön med den hårdgjorda lekytan i söder, skolträdgårdar och naturlektyorna på norrsidan med bevarade träd och gräsmarker.
- Byggnadens enkla, raka planlösning, de höga rumshöjderna och vinklade taket som invändigt ger plats för de små mysrummen på loftet och som utvändigt får karaktär av de skorstensformade lanterninerna. Dessa har också prytt med vindflöjlar, som kanske inte ger så stort bidrag till luftväxlingen, men som exponerar systemvalet. De norrvända klassrummen, som ändå har ett visst solljus via fritidshemslokalerna utanför, och som har utsikt över ängsmarken utgör en behaglig miljö.
- Bygg-och ytskiktmaterialen; mest tegel, trä, puts, silikatfärg, är hållbara och lågemitterande.

En brist som påtalats av fritidshemspersonalen är att allrummen samtidigt utgör genomgångsrum, vilket är störande för verksamheten. Vi har av enkätanalysen också sett att ljudstörningar förekommer mellan dessa utrymmen och klassrummen.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft är inte möjlig i denna lösning, där luften evakueras rakt ut genom ett stort antal lanterniner. Å andra sidan är byggnaden energieffektiv i andra avseenden.

- o U_m -kravet i BBR94 för klimatskärmen klaras med god marginal. U_m beräknat med dataprogrammet RWU2 gav 0,157, att jämföras med $U_{mkrav}=0,283$.
- o Det genomsnittliga luftflödet för dygnet är lägre än vad som är normalt i nya skolor med FTX-ventilation, vilket innebär ett lägre uppvärmningsbehov för tilluft.

- o Lösningen med tilluft via jordrör ger en viss förvärmning av tilluften på vintern, vilket är energibesparande.
- o Lågflödessystemet för uppvärmning ska ge en lägre elförbrukning (till pumpen) och effekt än en konventionellt värmesystem.
- o Elanvändningen för fläktar är mycket låg. Den tilluftsfläkt som används ibland under sommarhalvåret för att kyla byggnaden har en effekt på 420 W.
- o Den tunga stommens energibesparande potential utnyttjas genom att nattsänkning av rumstemperaturen tillämpas.

Jämförelse med FTX-ventilation

För att jämföra energianvändningen mellan den valda självdragslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4. Kök och matsal ingår inte i dessa jämförande beräkningar. Inte heller energin för tappvarmvatten. Totalsiffran för denna beräknade energianvändning är därför inte direkt jämförbar med totalsiffran för uppmätt energianvändning.

För Risebergaskolan gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall S) totalt 102 kWh/m² köpt energi. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 130 kWh/m². (Avsnitt 5.5, Tabell 15). Fall S hade en lägre energianvändning för uppvärmning, 70 kWh/m² mot 86 kWh/m² för FTX-fallet. Orsaken till detta är dels den lägre luftväxlingen i Fall S, som innebär att mindre luft behöver värmas upp, dels nyttjandet av jordvärme. Fall S har i stort sett ingen elanvändning för fläktar, medan fall FTX har en elanvändning för fläktar på 12 kWh/m². Skillnaden i total energianvändning mellan de två fallen är således, enligt dessa beräkningar, ca 28

kWh/m². Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, därför att elen kräver mer energi för sin framställning, får Fall S fortfarande en total energianvändning på ca 102 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på 147 kWh/m².

Energistatistik

Den faktiska energianvändningen har uppmätts med i byggnaden fast installerad mätutrustning. Stapeldiagrammet nedan, som är hämtat ur Bygg & Teknik 6/96, visar faktisk och normalårskorrigerad värmeanvändning för radiatorsystemet samt elanvändningen under året 1995/96.

Värmeanvändningen för året, efter normalårskorrigerad, blev 108 kWh/m² och elanvändningen 22 kWh/m², d v s den

totala energianvändningen för året blev 130 kWh/m². I denna statistik ingår inte den uppvärmning som sker i entréerna med golvvärme via konvektorbatterier. Elanvändningen för kök/matsal, som har FTX-ventilation, ingår inte heller.

Uppmätningen kan jämföras med de nyckeltal för årlig energianvändning som använts bland annat i Malmö kommun. För värme: 150 kWh/m². För el: 75 kWh/m², d v s en total energianvändning på 225 kWh/m². Vid denna jämförelse är energianvändningen i Risebergaskolan låg, även om vissa poster inte är med i statistiken.

Både beräkningarna och mätningarna visar således på en god energieffektivitet för skolbyggnaden.

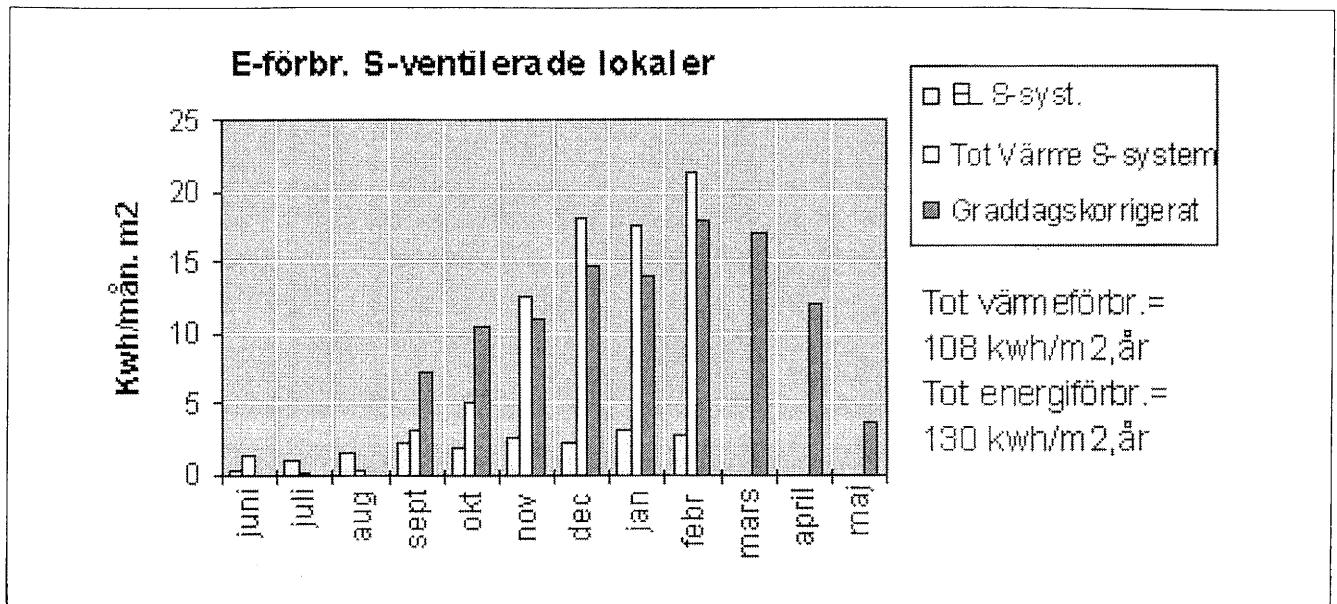


Diagram 13: De vita staplarna visar uppmätta månadsvärden över radiatorsystemets värmeanvändning för 95/96. De svarta staplarna visar normalårskorrigerade månadsvärden. De skraferade staplarna visar elanvändningen för samma år.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

De tekniska mätningarna tyder på att de vid projekteringen uppställda målen för termiskt klimat, relativ fuktighet i rumsluft, ljudnivåer och EMF-miljö i huvudsak kan anses vara uppfyllda. Med de vädringsrutiner som tillämpas kan också de ställda kraven på luftflöden upprätthållas, dvs normalt kring 4-5 l/p,s. Den stora volymen per elev som den höga takhöjden ger, innebär att bufferten för föroreningar ökar. Detta bör ge en bättre luftkvalitet än vad 4-5 l/s,p ger i en skola med 3 m takhöjd.

Påverkanmöjligheter

Systemlösningen ger goda och lättförståeliga möjligheter att påverka luftväxlingen och föra bort överskottsvärme. Allt regleras genom att öppna lanterninfönster och, vid behov, även fasadfönster. Det valda systemet för att öppna lanterninfönstren, genom att trycka på en knapp som i sin tur styr ett motoriserat reglage, är robust. Man slipper handvevar och klena linor som lätt går av.

Samtidigt kräver lösningen ett ansvarstagande från de vuxna i huset att verkligen öppna lanterninfönster. Om dessa hålls stängda blir det ingen luftväxling alls i rummen (utom i det rum som har automatisk öppning). Detta var ett problem i början. Lärarna har fått information i flera omgångar om vikten av att öppna lanternin- och fasadfönster vid behov och idag tycks vädringsrutinerna fungera.

Det har också funnits en strävan att årstidsanpassa ventilationen genom att hålla ett lägre luftflöde på vintern och därmed inte få så torr luft. Mätningarna indikerar att RF är något högre och jämnare än i skolor med vanlig FTX-ventilation. Den översteg dock sällan 45 % vintertid. Medelvärde under långtidsmätningen,

dygnet runt, var ca 36%. Högsta registrerade värde under veckomätningen var 43% och lägsta 27%.

I vilken mån man lyckas åstadkomma ett högre luftflöde på sommaren har vi inte studerat i detta projekt, men de tänkta sätten finns redovisade och de CO₂-halter Sam Brofjell uppmätte i sommarfallet tyder på detta.

Upplevd inomhusmiljö och Hälsa

Sammantaget ger enkätsvaren mycket goda omdömen om både luftkvaliteten och värmekomforten.

Slutsatsen är att byggnaden, så vitt det går att bedöma av enkäten i dagsläget, inte heller ger onormalt höga besvärshänsyns frekvenser för hälsosymptom typ SBS. Även de flesta allergiker tycks må bra - dock kom de byggnadsrelaterade hälsobesvär som uppgavs just från allergikerna. När det gäller husets sundhet måste en viss reservation göras för att 19 % av eleverna påtalade att det ibland "luktar illa". Ett samband med måttlig förhöjd halt av mikrobiell påväxt i prover från jordrör och tilluftskanals mynning i kulverten kan inte uteslutas. Det är viktigt att följa utvecklingen av luftkvalitet och hälsa i byggnaden även framöver och en ny enkät om ytterligare något år vore önskvärd.

Ljudnivåerna i tomma lokaler är mycket låga. Inga störande fläktljud eller knäpp från radiatorer. Dock förekom ljudstörningar mellan klassrum och fritidshem.

De elektromagnetiska fältstyrkorna var mycket låga.

TEKNIK

Jordrör och kulvert

Kylningen respektive uppvärmningen av tilluften i jordrör och kulvert, bidrar till att upprätthålla en **god termisk komfort** året om.

Luftfuktigheten i kulverten är tidvis

mycket hög och utgör då en gynnsam miljö för mikroorganismer. Beräkningar över året indikerar att RF i kulverten varierar mellan 50% och drygt 80%. Särskilt kritisk är RF i kulverten under augusti och september, då den kan ligga kring 80%.

Det finns en risk att mögel och bakterier tillväxer successivt i tilluftskanalerna samtidigt som de är svåra att rengöra. Lukter och lättflyktiga ämnen (MVOC) som avges från mikroorganismer kan då transporteras upp till klassrummen med tilluften.

Radongashalten i klassrummen var långt under BBR:s gränsvärde. Att den ändå var mätbart hög indikerar att det finns en viss radongastransport från marken/kulverten till klassrummen. En lösning med uteluftsintag av detta slag bör föregås av undersökning av markens och eventuella schaktmassors radonhalt. Det är också viktigt att placera jordrören så att inte rören kan skadas, t ex genom att tunga fordon kan köra på marken ovanför och knäcka rören eller skarvarna mellan dem. Då skulle markradon lätt kunna tränga in via sprickorna.

Denna ventilationslösning kräver lågt tryckfall och konventionella filter kan därför inte installeras. Lösningen förutsätter också fönstervädring, vilket innebär att även om elektrostatfilter installerades på tilluften i kulvert, så kommer tidvis stor del av tilluften andra, ofiltrerade vägar. Huruvida jordrör, kulvert och tegelkanaler "filtrerar" luften genom att partiklar faller till golvet i kulverten och sedimenterar på kanalytor och vad detta i så fall innebär har diskuterats.

Partiklar i storleksordningen < 1 mikrometer uppför sig som gasmolekyler eller har en praktiskt taget försumbar fallhastighet. Partiklar i storleken 1-10 mikrometer, s k respirabel fraktion, tar sig lätt ner i luftrörens finaste förgreningar och rymmer allergén som kvalster och kattallergén (storlek ca 1 mikrometer) samt pollen (1-10 mikrometer). Denna fraktion håller sig svävande i "normala"

lufthastigheter. I Risebergaskolan är lufthastigheterna betydligt lägre än normalt i kulverten, ca 1 m/s mot normalt 6 m/s. Luftfuktigheten i kulverten är högre än normalt, vilket torde innebära att partiklarna blir fuktbelagda och därigenom tyngre. Den låga lufthastigheten tillsammans med den höga RF skulle kunna innebära att vissa av partiklarna i den s k respirabla fraktionen och större kan "trilla ned" på kulvertgolvet och på så vis avskiljas från tilluften. Det gäller dock inte de många små partiklarna.

En sedimentering av partiklar i jordrör, kulvert och tilluftskanaler ger samtidigt en organisk beläggning som ökar risken för mikrobiell påväxt i tilluftsvägarna. Det är därför mycket viktigt att göra dessa lätt åtkomliga för rensning och med en ytbeläggning som är slät och lätt att rengöra. Beläggning med t ex vattenglas har diskuterats som en möjlig lösning, men oss veteligen inte provats någonstans ännu.

Vid genomförandet av mätningarna i Riseberga var alla horisontella ytor belagda med ett lager av blåaktigt damm. Detta påtalades av städpersonalen som berättade att det efter avtorkning blev likadant efter ett dygn igen. De visste inte vad detta berodde på. Personalgruppen uttryckte i enkäten också missnöje med städningen, vilket kan ha haft med detta damm att göra. Den troliga förklaringen till den återkommande dammbeläggningen visade sig vara att det, under denna tid, pågick ett bygge alldeles i närheten av skolans östra gavel, där luftintagen (jordrören) mynnar. Eftersom tilluften saknar filter, kan byggdammet ha förts in i byggnaden via jordrören. Det kan möjligen också ha kommit in via lanterninfönstren.

Tung stomme

Risebergaskolans tunga stomme har nyttjats maximalt för att utjämna rumstemperatur, tilluftstemperatur, luftfuktighet och för att ge en energibesparing. Sammantaget utgör tilluftsvägarna i kulverten och tegelväggarna i klassrummen stora ytor som kan ta upp och avge fukt och värme.

Diffusionsöppen takkonstruktion

Ett problem som inte studerats i detta projekt, (men som kommer att bli belyst i ett projekt som drivs av Statens provnings- och forskningsinstitut, SP, Åke Blomsterberg, i några skolor), är risken för fukt/mögelproblem i takkonstruktioner som inte har ångspärr. Risebergaskolan har en diffusionsöppen fiberduk ovanför glespanelen i tak. Bakom denna finns träfiberisolering. Risken för fuktskador blir extra stor om luftfuktigheten är högre än normalt inomhus.

Den byggtkniska lösning som brukar rekommenderas är att en ångspärr används, som t ex kan vara en för ändamålet särskild perforerad polyetenplast eller specialpapp och som är betydligt mer ångdämpande (minst fem gånger) än det yttre vindskyddet i klimatskärmen. Denna spärr kan fortfarande vara diffusionsöppen.

Det har också framförts i debatten att självdragslösningar ger övertryck i taknivå, vilket ökar risken för diffusion och kondens i takkonstruktionen. Denna risk torde emellertid, enligt vår bedömning, inte vara stor i en enplansbyggnad med taklanterniner som öppnas.

När axialfläkten används under sommaren för att kyla ned byggnaden är det dock extra viktigt att tillräckligt med frånluft evakueras, så att inte övertryck skapas.

ÖVERVAKNING, DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- o Jordrör, kulvert och tilluftskanaler hållas så rena.
- o Det datoriserade styr- och övervakningssystemet (SRÖ) hållas i god funktion. Speciellt viktigt är att lanterninfönster verkligen öppnar när axialfläkten i luftintaget är igång sommartid.

- o De utvändiga solskydden mot söder underhållas.
- o Lärare ta ansvar för att lanternin- och fasadfönster öppnas vid behov under skoltid. Detta innebär att ny personal måste informeras noga.

Styr- och övervakningssystemet som tillämpas i Risebergaskolan visar på goda möjligheter att utveckla en teknik för skolor som innebär att byggnadstekniska lösningar kan förenkla ventilationssystem om de kompletteras med ett avancerat drift-och övervakningssystem.

ENERGIANVÄNDNING

Både beräkningarna och mätningarna visar på en god energieffektivitet för skolbyggnaden, trots att den inte har värmeåtervinning. En lägre omsättning av uteluft än i FTX-skolor är en del av förklaringen. Men även andra vägar att hålla nere energianvändningen har använts, t ex nyttjande av förnybara energikällor - framförallt termik och jordvärme.

KOSTNADER

Produktionskostnaden för Risebergaskolan var 10.600 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå. I denna kostnad ingår även markarbeten. Som jämförelse kan kostnaden för två nybyggda FTX-skolor som ingick i projektet "Goda exempel på sunda hus" anges: Lilleby skola kostade 10.400 kr/m² BTA i 1993 års prisnivå och Navet kostade 8.400 kr/m² BTA i 1991 års prisnivå.

Risebergaskolan är belägen på plan mark med högt grundvatten, vilket innebar att kulverten krävde mycket schaktningsarbeten och att den fick utföras med vattentät betong, vilket var en dyr lösning.

Eftersom den valda värme- och ventilationslösningen i stor utsträckning är en byggnadsteknisk lösning har också byggkostnaderna utgjort en större andel av investeringen än normalt, medan installationskostnaderna är relativt låga.

De högre takhöjderna som ju finns med i alla fyra nybyggnadsprojekten, ger naturligtvis också en högre investeringskostnad, men utgör en viktig del i strategin för att få en bra luftkvalitet.

Golv av bokparkett och andra robusta material som tegel, klinker, puts och naturfärger har gett en hög investeringskostnad. Samtidigt kommer säkert dessa material i det långa loppet att ge en lägre underhållskostnad än konventionella material.

Mer att läsa:

- o I ett examensarbete utfört av Ulf Johnsson och Pär Svensson, Högskolan i Karlstad, redovisas mätningar utförda i Risebergaskolan 1995-03-27.
- o "Fredkulla- och Risebergaskolan - två av många moderna självdragsskolor". Artikel i Bygg & Teknik 6/96, sidan 48-53.
- o Grape, A, Hult, M. Risebergaskolan i Malmö - projektarbete 19970524 i 20-poängskurs "Byggnadsfysik, inomhusmiljö och miljöpåverkan", CTH, Institutionen för Byggnadsfysik, 1996/97.

7.5 Gamla läroverket, Hudiksvall - Ombyggnad



Gamla läroverket, Hudiksvall

FAKTA

VERKSAMHETEN

Ombyggnad 1993/94 av ventilationen i Gamla läroverket, huvudbyggnaden, uppförd 1909. Högstadium för åk 7-9 med totalt 425 elever. Totalt har skolan 19 klassrum, varav 4 i en paviljong och 15 i huvudbyggnaden.

INFLYTTNING

Augusti 1994

STUDERAD BYGGNAD

Huvudbyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre: Hudiksvalls kommun, Fastighetskontoret.

Nyttjare: KDN, Hudiksvall.

Konsulter:

Konstruktör: J&W AIB Bygg- och anläggning AB.

VVS: Värmeventing byrå AB
Styr o regler: Energiautomatik
Lars Petersson AB.

ENTREPRENADFORM

Delad entreprenad.

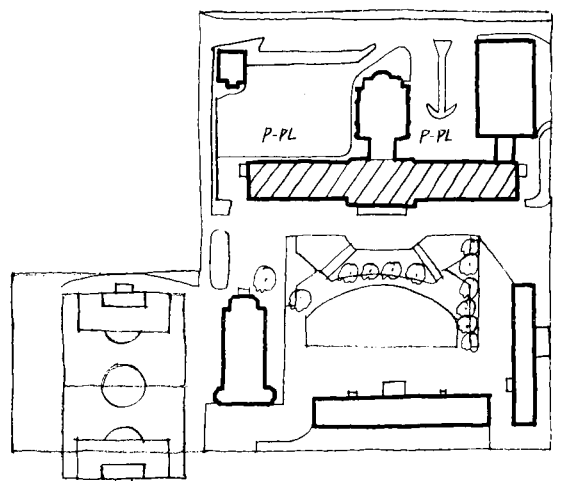
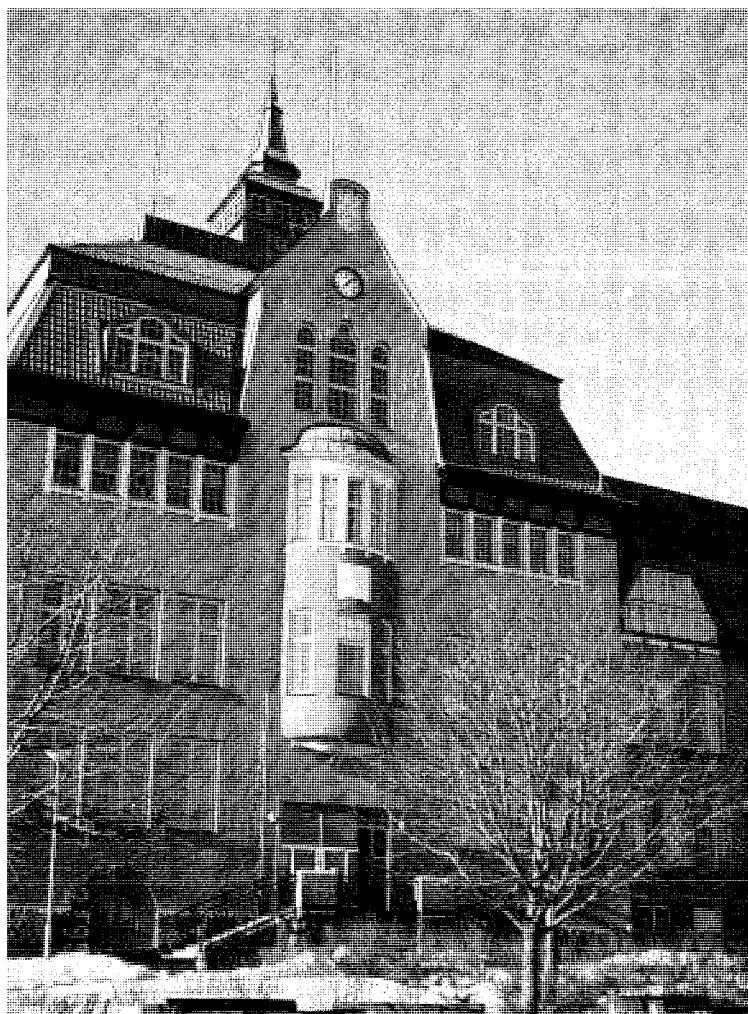
AREA OCH KOSTNAD

Bruksarea: 4860 m²

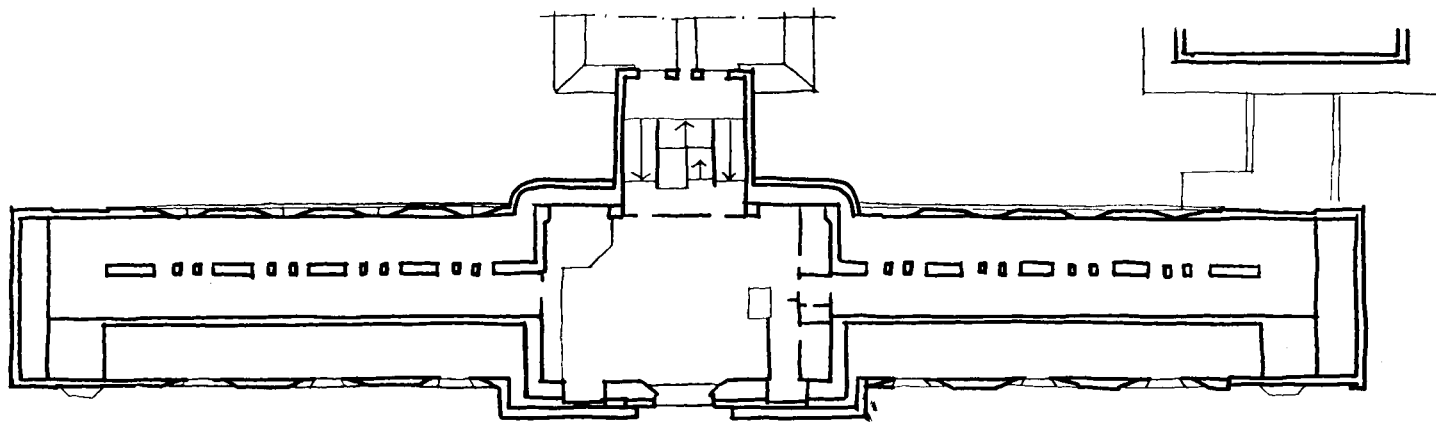
Skolan omfattar totalt 10 450 m²
Total produktionskostnad (Endast ventilationsombyggnad, ej klassrumsrenovering): 2.450.000 kr (exklusive moms) i 1993 års prisnivå.

LOKALISERING

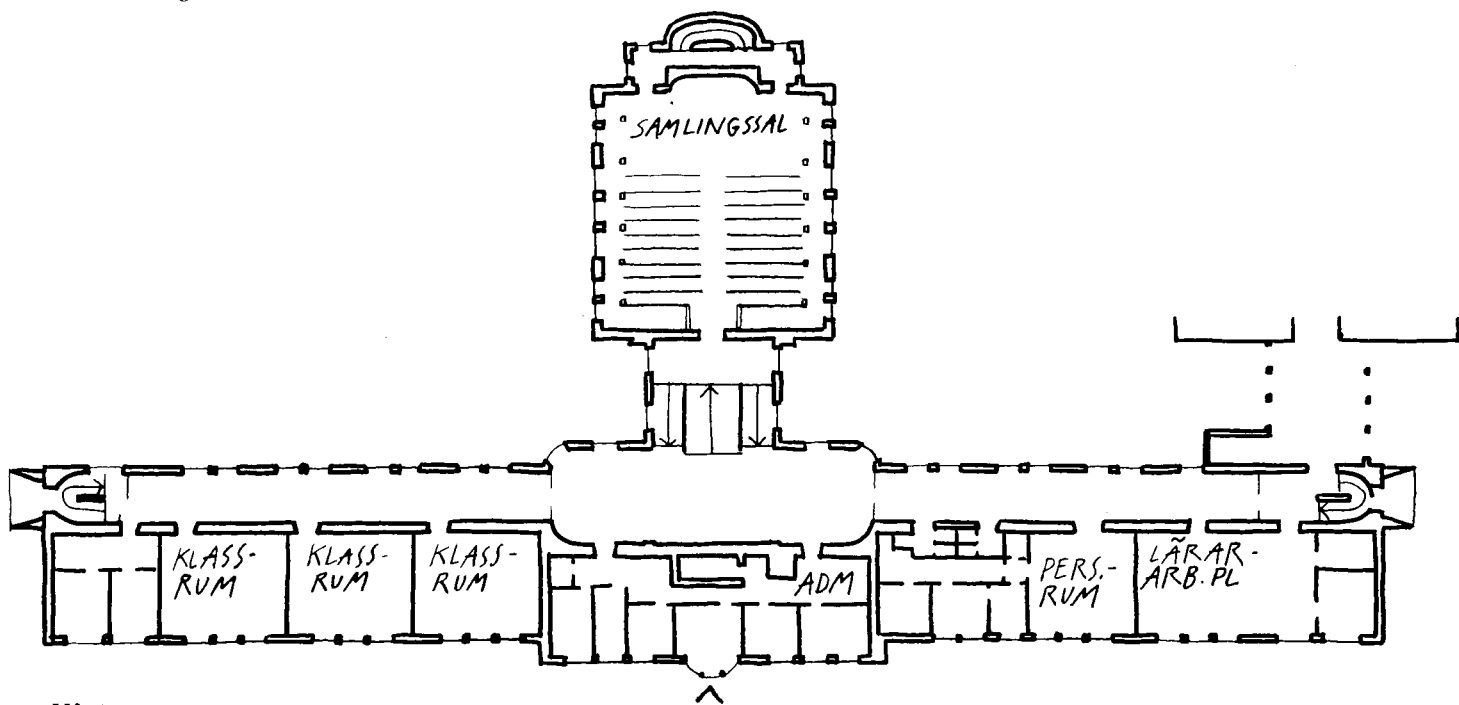
Skolan är belägen centralt i Hudiksvall med en relativt stor skolgård i öster. Hela tomten väster om skolan används som parkeringsplats.



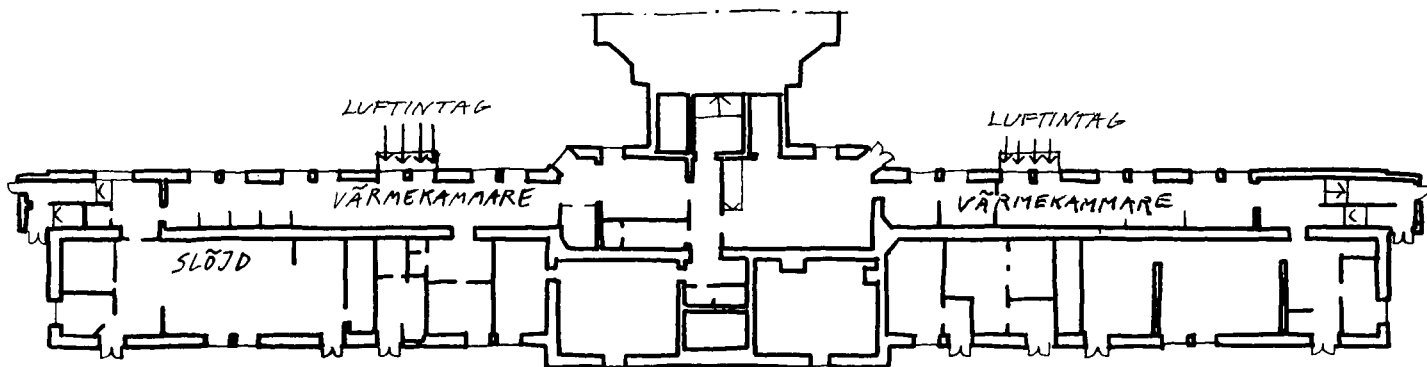
Situationsplan, skala 1:2500.



Vindsvåning, skala 1:500.



Våning 1 tr, skala 1:500.



Källarvåning, skala 1:500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Skolan, som är en vacker symmetriskola, uppfördes 1909 efter ritningar av arkitekterna Hagström och Ekman.

Skolan består av

- en central del
- två flyglar
- en aula
- en institutionsbyggnad

Byggnaden har fyra våningsplan samt en källare, delvis under mark. **Den centrala delen** innehåller på våningsplan 3 en aula med ett eget ventilationssystem. Övriga utrymmen har förstärkt självdrag.

Södra flygeln har i källarplanet lokaler för trä- och metallslöjd med eget ventilationssystem och omklädningsrum för personal. Vindsplanet är inte inrett och utnyttjas ej. Det finns nio lektionssalar, samtliga med fönstervägg mot ostsydost, varav tre salar på varje våningsplan.

Norra flygeln har fritidslokaler i källarvåningen. Vindsplanet nyttjas ej. Flygeln innehåller totalt sex lektionssalar, samtliga med fönstervägg mot ostsydost.

Institutionsbyggnaden har tillkommit under 1960-talet och har ett eget ventilationssystem. Tillbyggnaden fungerar som en helt avskild del från den ursprungliga läroverksbyggnaden. Här finns laboratorier och andra verksamheter som ställer speciella krav på ventilation. Denna byggnad behandlas ej i BFR-projektet.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

Vid en upprustning av skolan år 1992, vilken bland annat omfattade nya ytskikt i klassrum och korridorer samt tätning av

fönster, "hittade" man det gamla ventilationssystemet. Då föddes idén att kunna nyttja detta vid en förbättring av ventilationen som planerades i en senare etapp. Förberedelser gjordes, man lokaliserade kanalerna och murarna och gjorde håltagningar för framtida bruk. Dessa förberedelser var alltså gjorda inför den ombyggnad som beskrivs här.

Fastighetskontorets mål med ombyggnaden av ventilationen 1993/94 var att uppnå godtagbar ventilationsstandard med så få ingrepp som möjligt i såväl interiör som exteriör. En grundidé har också varit att om möjligt bygga vidare på det ursprungliga ventilationssystemet.

De viktigaste kraven på inneklimatet bedömdes vara en rimlig rumstemperatur (ej högre än ca 22 °C), samt låg bullernivå.

Övertemperatur var ett stort problem i den befintliga skolbyggnaden. Detta berodde dels på att uteluftsventiler i stort sett saknades, dels på att rummen hade stora fönster med besvärande instrålning av förmiddagssol. Solskydd fanns inte.

Lufthastigheterna skulle under vintern inte överstiga 0,15 m/s och tilluftstemperaturen hållas 2-3°C lägre än rumsluften.

Ljudtrycksnivån skulle inte överstiga 30 dBA och för lågfrekvent buller <500 Hz 35 dBC.

Luftflödets storlek diskuterades. Målsättningen var 8 l/s,p. Minskning till 6 l/s,p diskuterades som möjlig om lektionerna kunde begränsas till 45 minuter med 15 minuters rast med fönstervädning. I en förstudie, som finns sammanfattad i en BFR-rapport (14), diskuterades 7 olika systemlösningar, varav 5 var olika varianter av förstärkt självdrag och 2 var FTX-system. (Mer om detta under "Värme och ventilation").

Brandförsvaret ställde krav på byggnadstekniska åtgärder, t ex brandcellsindelning. Man ansåg dock att korridor och undervisningslokaler kunde

utgöra en gemensam brandcell. Därmed kunde korridoren ventileras med överluft från lektionssalarna utan hänsyn till eventuella brandskydds krav.

Om tilluften tillfördes via separata kanaler enligt ursprungligt utförande, eller via nya kanaler, krävdes brandgasspjäll för varje tilluftskanal. Vid användning av befintliga kanaler skulle spjällen placeras i källarplanet.

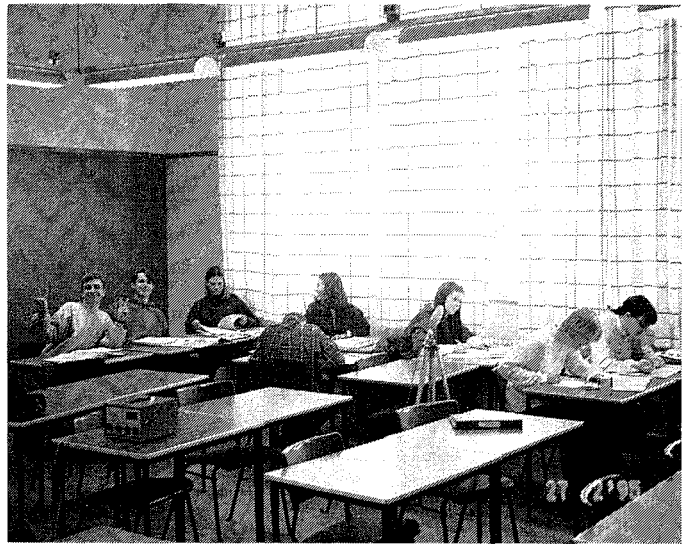
För frånluftssystemet krävdes inga särskilda brandtekniska åtgärder om befintlig kanaldragning i huvudsak bibehölls. Detta förutsatte dock att inga komponenter med stort strömningsmotstånd (typ värmväxlare, filter) monterades i frånluftssystemet.

Ny kanaldragning på vindsplanet och installation av frånluftsfläkt utan spjäll kunde accepteras om dimensioneringen gjordes så att tryckfallet i kanal och fläkt blev litet.

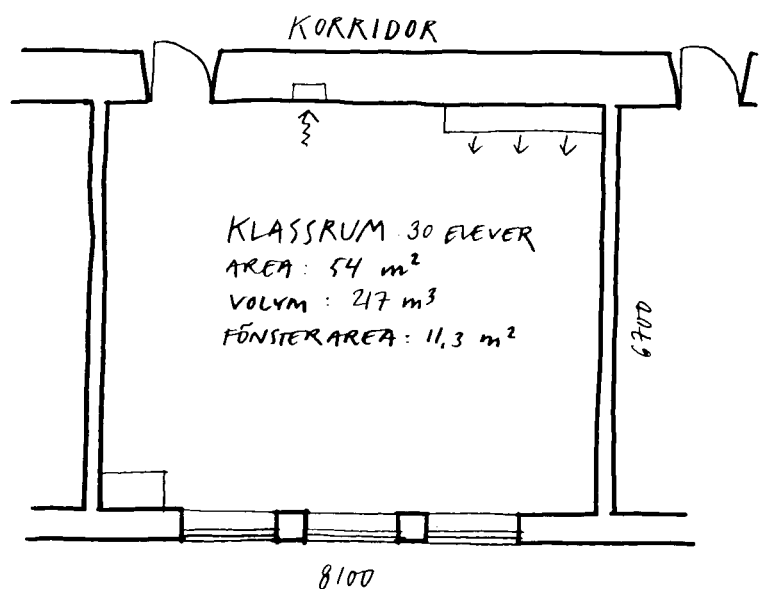
Från byggnadsnämnden ställdes inget krav på återvinning av värme ur frånluften, eftersom det gällde en ombyggnad.

Från stadens kulturansvariga fanns ett generellt önskemål att exteriören skulle bibehållas och störande förändringar av fasaden undvikas. Följande synpunkter framfördes också:

- Befintliga fönster skulle bibehållas
- Solavskärmning i form av markiser var svårt att acceptera. Persiennier, invändiga eller placerade mellan fönsterglasen accepterades. Invändiga persiennier bedömdes ha ca 30% av den effekt som markiser har på avskärmning av solvärmen. Mellanliggande persiennier bedömdes ha ca 50% effekt.
- Tilluftsöppningar på fasaden vid varje klassrum för konvektorer skulle undvikas.
- Installationsvägg (ca 40 cm tjock) längs hela hjärtväggen för att dölja nya till- och frånluftskanaler samt till- och frånluftsdon, kunde med tvekan accepteras.
- Installationerna skulle stilmässigt



Klassrumsinteriör.



Klassrum, skala 1:125.

anpassas så långt som möjligt till den ursprungliga interiören.

Fastighetskontoret ansåg

- att en 40 cm tjock installationsvägg längs hjärtväggen var en klar nackdel.
- att låg anläggnings- och driftskostnad var nödvändig med hänsyn till den ekonomiska situationen.
- att installation av kyla eller befuktning inte var aktuell.

Brukarna ansåg

- att hög lufttemperatur var det största problemet.
- att det var väsentligt att luftintagen placerades så att inte bilavgaser kunde sugas in. Bilar parkeras på baksidan, d v s den sydvästra långsidan, där även vissa godstransporter sker.
- möjligheten till 45 minuters lektion med åtföljande 15 min vädring, d v s undvikande av dubbellektioner kan till viss del accepteras. 15 minuters vädring ger dock utkylda lokaler, vilket man ansåg vara en nackdel.



Entrén mot skolgården i öster.

BYGGNADSUTFORMNING

KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Stomme: Samtliga väggar är av tegel.

Bjälklag: Tegel och stålbalkar i en valvkonstruktion. **Golv:** Linoleum.

Färg: Latexfärg på glasfiberväv.

Undertak: Träullsskivor.

Den längsgående väggen mellan lektionssalar och korridor utgör en hjärtvägg som är ca 80 cm tjock. Ytterväggarnas tjocklek är 60 cm. Fasaden är putsad. Den tunga byggnadskonstruktionen är en positiv faktor vad gäller möjligheten att ackumulera kyla och värme i stommen. Tegelkonstruktionen i golven komplicerade håltagning för och förläggning av nya ventilationskanaler. Takhöjden i såväl klassrum som korridorer är 4 m. Klassrummens storlek är kring 56m² och projekterade för 30 elever.

VÄRME OCH VENTILATION

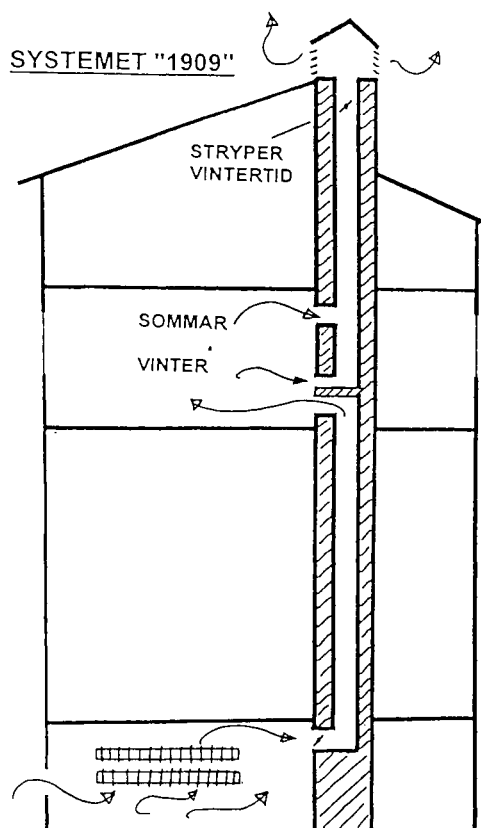
Ursprungligt system

Skolan var en gång uppförd med ett så kallat calorific-system, ett centralt självdragssystem med vars hjälp byggnaden både värmdes och ventilerades. Luften togs in i byggnaden genom två stora uteluftsintag i marknivå på den östra fasaden, dvs den som vetter mot skolgården. Luften värmdes med ångvärmeelement, som utgjordes av stora kamflänsbatterier. Dessa var placerade i det korridorliknande utrymmet i källarplanet.

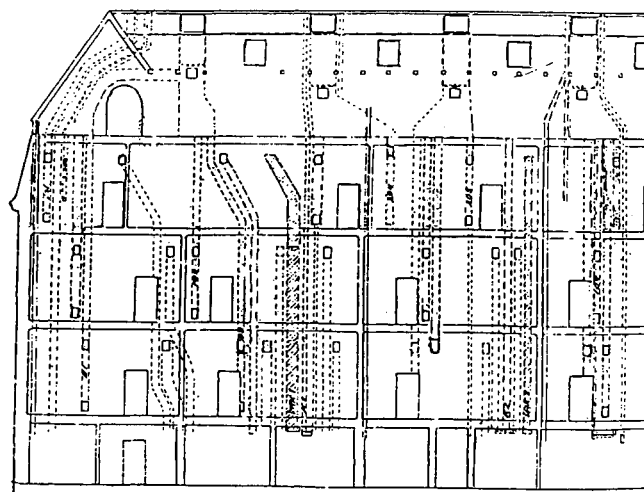
Från källarplanet distribuerades varmluften via kanaler i hjärtväggen, en kanal till varje klassrum. Inloppet till varje kanal var försedd med spjäll så att luftflödet till varje lokal kunde regleras efter behov av värme och kyla. Kanalernas mått varierar, men tvärsnittsarean är ca 0,09-0,10 m². De stora kanalerna gav låg strömningshastighet för luften med dåtida krav på uppvärmning och ventilation. Den låga hastigheten var förutsättningen för att systemet skulle fungera med självdrag. Kanalerna är i huvudsak dragna vertikalt. Till respektive lektionssal fanns två spjällförsedda öppningar, en öppning med underkant ca 25 cm ovan golv, och en ca 3 m ovan golv. Beroende på temperaturförhållandena kunde således luften tillföras antingen vid golvet eller vid lokalens övre del. Med spjäll kunde värme och ventilation i viss mån styras.

Frånluften evakuerades på motsvarande sätt från lektionssalarna via separata kanaler för varje lokal. Kanaldimensionerna är ungefär de samma som för tilluften. Liksom för tilluftskanalerna fanns två frånluftsöppningar från varje sal, en vid golvnivå och en ca 3 m från golv.

Frånluftsöppningarnas storlek var desamma som tilluftsöppningarna. Frånluftskanalerna från lokaler, belägna rakt under varandra, var på vindsplanet sammandragna till en gemensam kanal. Samlingspunkten nåddes via en inspektionsöppning. Samlingskanalerna mynnade i en



Principskiss över ursprungligt ventilationssystem, hämtad ur BFR-rapport (14).



Genomskärning av hjärtväggen som visar kanaldragningen för det ursprungliga systemet.

längsgående takås. Takåsen är täckt på toppen men har gallerförsedda öppningar på båda långsidorna.

Systemet före ombyggnad

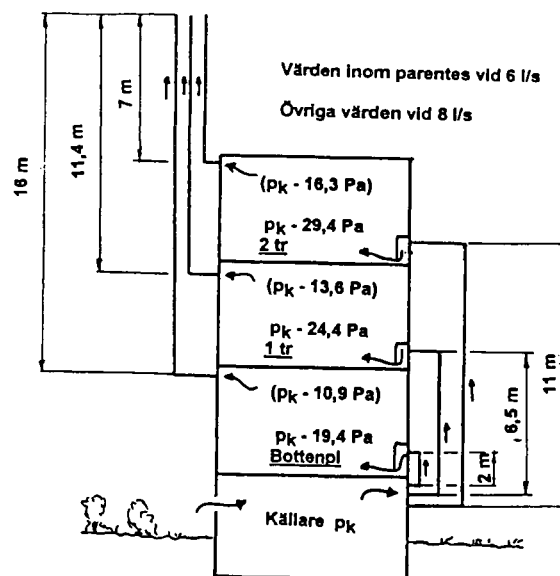
På 1950-talet ersattes luftvärmern med vattenburen radiatorvärme. De ursprungliga tilluftsöppningarna i lokalerna sattes igen. De ersattes inte med något annat tilluftssystem. Flertalet kanaler var även igensatta där de började i källaren. Det korridorliknande utrymmet, varmluftskammaren i källarplanet, användes bland annat som förråd. Några av de ursprungliga tilluftskanalerna var dessutom avskurna genom att dörrar hade flyttats. Tilluften tillfördes endast genom otätheter i klimatskärmen och med fönstervädning.

Ett frånluftsdon vid tak hade bibehållits. Frånluftskanalerna var i huvudsak intakta och i bruk för självdragsventilation. I något fall hade avluftsledning för avloppssystemet dragits i frånluftskanal.

Utredning om olika alternativ

I det tidigare nämnda BFR-projektet (14) utreddes flera alternativ för hur ventilationen skulle kunna byggas om varsamt. Totalt diskuterades sju olika systemlösningar, varav fem var olika varianter av förstärkt självdrag och två var FTX-system. De alternativa systemlösningar som utreddes var:

1. Förstärkt självdragsventilation: Tilluft via fönsterventiler i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.
2. Förstärkt självdragsventilation: Tilluft via konvektorer i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.
3. Fläktförstärkt självdragsventilation: Tilluft via befintliga kanaler från källarplanet, frånluft via befintliga kanaler.
 - A. Lägsta tänkbara tryckfall för förvärmning och transport av luften till inloppet till tilluftskanalerna.
 - B. Fläktförstärkning på såväl tilluftssom frånluftssidan.



Strömningsförluster i kanaler och tryckskillnad mellan våningsplan. Figuren är hämtad ur BFR-rapporten (14).

C. Fläktförstärkning bara på frånluftssidan.

4. FTX-system: Till- och frånluftssystem med värmeväxling. Aggregatet placerat på vindsplanet.
5. FTX-system: Frånluftssystem på vinden, tilluftssystem i källaren samt vattenburen värmeväxling dem emellan.

Lufthastigheten i befintliga frånluftskanaler beräknades bli 2,67 m/s vid luftflödet 8 l/s och person och 2,0 m/s vid luftflödet 6 l/s och person.

Kanalerna hade en mycket ojämn inneryta. Friktionsmotståndet i till- och frånluftskanalerna beräknades till 1,1 Pa/m vid strömningshastighet 2,67 m/s och till 0,6 Pa/m vid 2,0 m/s. Stötförlusten i kanalerna beräknades till 17,2 Pa vid luftflödet 8 l/s och person och 9,7 Pa vid luftflödet 6 l/s och person. Sammanlagd kanallängd för till- och frånluftssystemet var 18 m. Totalt tryckfall i systemet skulle därmed bli ca 54 Pa vid 8 l/s,p och 30 Pa vid 6 l/s,p. Av figuren härintill framgår strömningsförluster och tryckskillnader mellan de olika våningsplanen. Av figuren kan utläsas att tryckskillnaden mellan två våningsplan beräknades till ca 5 Pa vid luftflödet 8 l/s,p och 2,7 Pa vid 6 l/s,p.

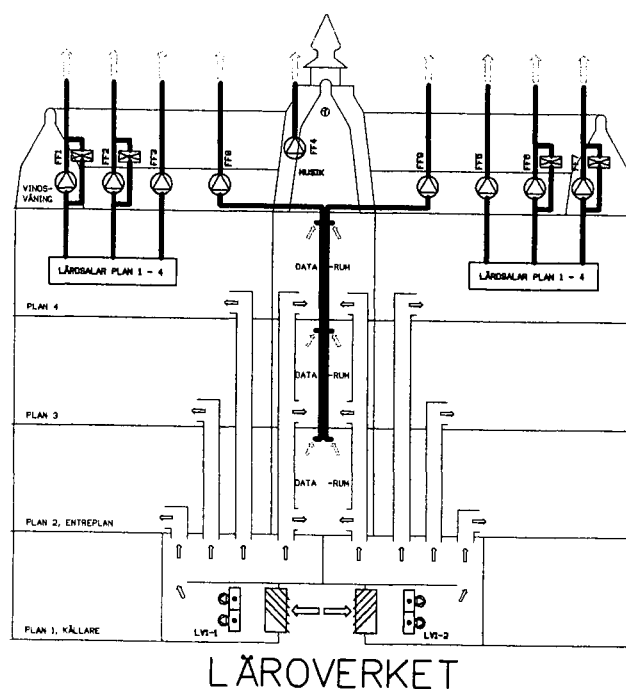
BFR-utredningen förordade alternativ 3B.

Det valda systemet

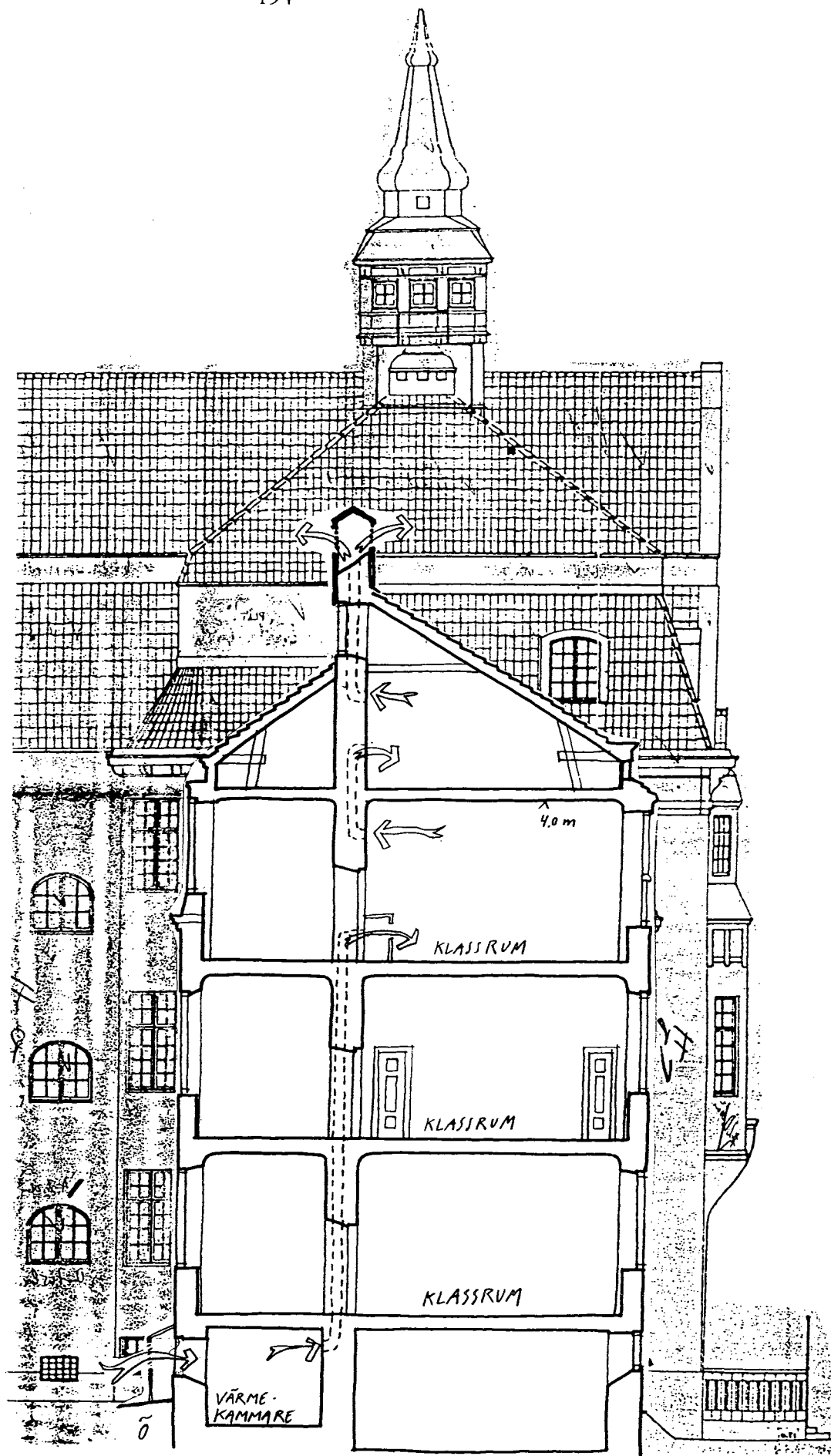
Byggnaden har kvar den vattenburna radiatorvärmens från 1950-talet. Den är kopplad till fjärrvärme. Dimensionerande utetemperatur är -20°C .

Det ventilationssystem som valdes vid ombyggnaden var BFR-rapportens alternativ 3A d v s förstärkt självdragsventilation med passiv tilluft via befintliga kanaler från källarplanet upp genom hjärtväggen, samt fläktförstärkt frånluft via befintliga kanaler i hjärtväggen.

Liksom i det ursprungliga systemet innebär förvärmningen av uteluften i källarplanet att den termiska drivkraften blir lika stor på alla våningsplan (samma princip som i k Stockholmsventilation). Hade uteluft tagits



Principskiss över det alternativ som valdes:
 "Fläktförstärkt självdragsventilation".
 Tilluft via befintliga kanaler från källarplanet, frånluft via befintliga kanaler och hjälpfläkt.



Sektion genom södra flygeln. Skala 1:150

in via uteluftsdon i varje klassrum hade den termiska drivkraften blivit sämre ju högre upp i byggnaden klassrummen låg.

Tilluften tas in centralt via två stora nybyggda uteluftsintag - ett till varje flygel - i marknivå i fasad mot västnordväst (parkeringssidan). Luften värms i en värmekammare med omblandningsfläktar. Flödet genom fläktluftvärmarna är injusterat för ett större flöde än totala tilluftsflödet för att erhålla en jämnare temperatur i värmekammaren.

För att få lägsta möjliga tryckfall på tilluftssidan utnyttjas den ursprungliga varmluftskammaren i sin helhet för förvärmning av tilluften och för transport av luften fram till hjärtväggen med de befintliga tilluftsöppningarna.

Värmekammrarna fick avtätas noga mot övriga lokaler. Värmning av tilluften sker med ett konvektorbatteri, i princip lika ursprungligt utförande, d v s fritt placerat i värmekammaren. Med de fyra friblåsande fläktarna ökas luftcirkulationen genom batterierna och därmed även värmeöverföringen. Fläktarna har obetydligt effektbehov (110 W var). De har även som uppgift att blanda luften så att temperaturen blir jämn. Tryckfallet för att transportera luften till de befintliga tilluftskanalerna blir därigenom försumbart. Tillkommande tryckfall blir endast det som uppstår vid luftpassagen genom tilluftsgallret i väggen - ca 5 Pa.

Tilluftens temperatur får variera mellan 15 och 18 °C. En frysfunktion finns, som innebär att intagsspjället och frånluftsfläktarna stängs när det är så kallt ute att det finns risk för påfrysning på luftvärmaren.

Från värmekammaren förs luften vidare till de befintliga murade, vertikala kanalerna i hjärtväggen. Luften tillförs rummen genom specialbyggda tilluftsdon framför befintliga tilluftsöppningar på hjärtväggens nedre del. Den övre befintliga tilluftsöppningen täcktes över. Donen är utformade som en 3 m lång skärm med släpp i golvnivå framför kanalöppningen. I princip fungerar donet deplacerande.

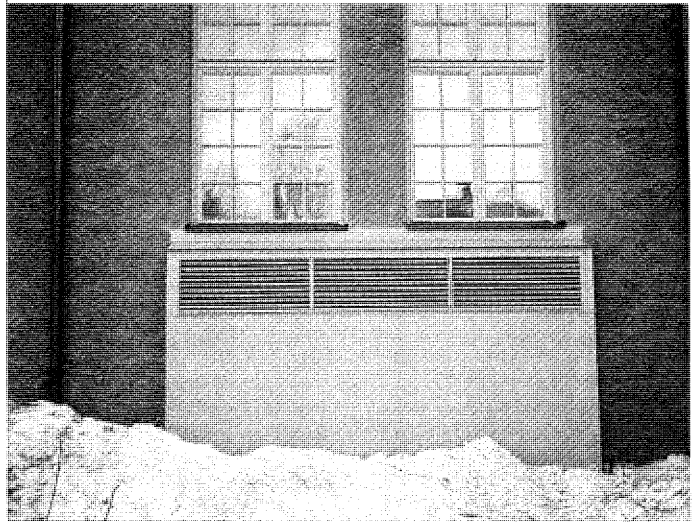
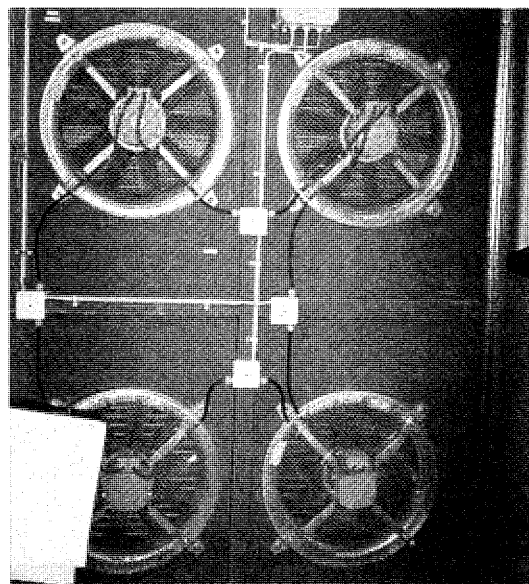
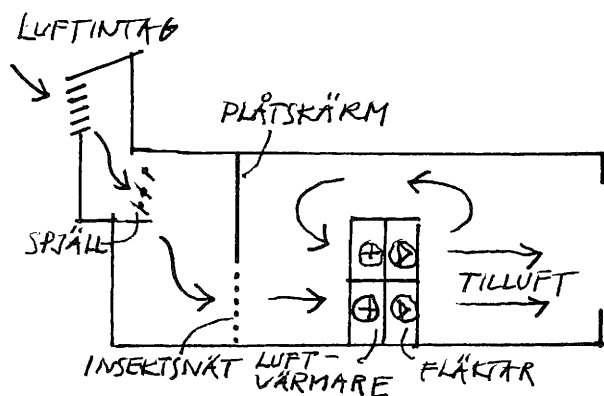


Foto (ovan) och skiss över luftintaget. Endast ett grovfilter, typ insektsnät, finns för tilluften, för att hålla tryckfallet nere.



De fyra friblåsande fläktarna framför konvektorbatteriet.

Frånluften evakueras genom bibehållna frånluftsgaller och befintliga ventilationskanaler. Kanalerna är sammanbundna på vinden till fyra fläktar för södra flygeln och tre för norra flygeln. Fläktarnas varvtal ska styras av tryckfallet i kanalerna.

Från toaletterna evakueras frånluft kontinuerligt, dygnet runt, med ett fast varvtal.

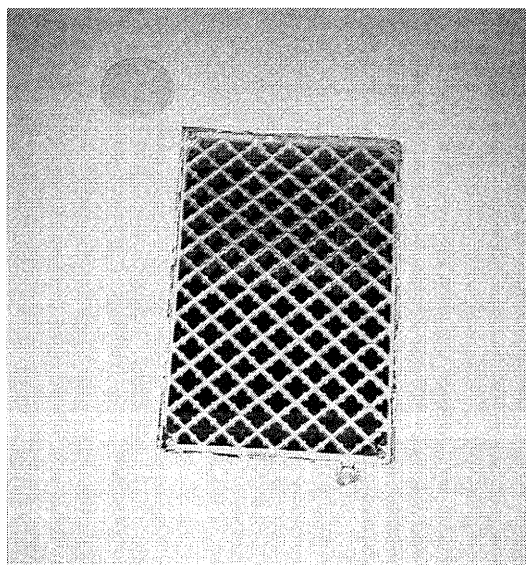
Ingen värmeåtervinning förekommer.

I anbudsförfrågan för ventilationen ingick 13 frånluftsfläktar. En för varje "skorsten" och dessa var projekterade för ett lågt tryckfall. Efter upphandlingen minskades antalet fläktar för att minska kostnaderna för installationerna och därmed blev tryckbehovet för fläktarna beräknat till ca 80 Pa.

Trycket i salarna på övre planet är ca 29 Pa lägre än trycket vid inloppet till de befintliga tilluftskanalerna i källaren. Totalt undertryck i salarna på övre planet i förhållande till omgivningen skulle därmed bli 34 Pa vid luftflödet 8 l/s,p och ca 20 Pa vid luftflödet 6 l/s,p.

Projekterade flöden och drifttider

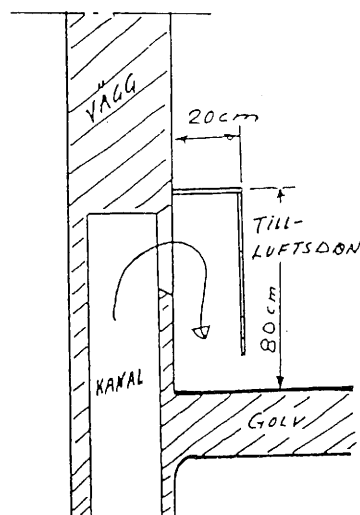
Projekterat luftflöde i klassrummen är 240 l/s. Ett grundflöde dygnet runt åstadkoms med de frånluftsfläktar som evakuerar luft från toaletterna. Övriga frånluftsfläktar går måndag-fredag kl 6.00 - 17.00, ej lördag-söndag (drifttid: 55 tim/vecka). Tanken är att styrningen av fläktarnas varvtal med tryckgivare i kanalerna ska nyttjas för att ta hjälp av termiken när det är kallare ute.



Det bibehållna frånluftsdonet sitter högt på innerväggen.



Tilluftsdonets ser ut som en bänk längs innerväggen.



Tilluftsdonets utformning i sektion.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i februari 1995. All personal och alla elever som var närvarande i huvudbyggnaden den aktuella dagen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i de ombyggda lokalerna.

Totalt besvarades enkäten av 209 personer, varav 22 var personal och 187 elever i åk 7-9.

Personalgruppen bestod av 8 män och 14 kvinnor.

Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och könsfördelning bland personalen.

Gamla läroverket, Hudiksvall.

Enkätdatum: 1995-02-27

	Antal enkäter	Allergiker antal	Allergiker %	Man/kvinna antal
Personal	22	6	27	8/14
Elever åk 7-9	187	69	37	
Summa	209	75	36	

Allergifrekvens

I personalgruppen var det 6 av 22 personer, d v s 27%, som hade eller hade haft någon form av allergi. Detta är lägre än genomsnittet för vuxna (34%). Astma var den vanligaste allergisjukdomen i personalgruppen.

Bland eleverna var andelen som hade eller hade haft allergi 37%, vilket också är lägre än referensen (44%). Här var eksem det vanligaste allergiska besväret.



Miljöbedömning i stort

I den översiktliga bedömningen av inomhusmiljön fick luftkvalitet och värmekomfort den sämsta bedömningen. Endast ca 70% av de svarande (personal+ elever) bedömde luftkvaliteten och värmekomforten som bra eller acceptabel, medan ca 30% tyckte att den var dålig. Värme och luft klarade således inte den gräns på godtagbart som brukar användas som referens, nämligen att minst 80% av de svarande ska bedöma parametern som "bra" eller "acceptabel".

Ljud- och ljusförhållanden samt städningen bedömdes däremot som bra eller acceptabel av över 90%. När det gällde ljudförhållandena bedömdes de till och med som "bra" av så många som 80%. Trivseln bedömdes som "bra" eller "acceptabel" av 85% (Diagram 1).

Allergikerna gav ännu lite sämre omdöme om luftkvaliteten och trivdes lite sämre i skolan än samtliga svarande (Diagram 1).

Luftkvalitet detaljerat

För två av parametrarna som i enkäten används för att karaktärisera upplevd luftkvalitet fanns fler än 20% av personal och elever som besvarades **ofta** (varje vecka). Det gällde "instängd luft", av vilket 41% besvarades **ofta** och 43% **ibland**. Det gällde också tobaksrök, av vilket 24% besvarades **ofta** och 38% **ibland**. (Diagram 2). 12-15% tyckte också att luften **ofta** var "dammig" respektive "torr" och nästan hälften tyckte att den var "dammig" och "torr" **ibland**.

Andra besvär, som var låga för skolan som helhet, men som förekom frekvent i någon eller några klassrum, var "avgaslukt", "stickande lukt", "mögellukt", "avloppslukt" och "matoslukt".

En närmare analys av enkätsvaren, fördelade på klassrum visade att så många som 40-60% av eleverna i klassrum 14, 18, 21, 22 och 34 **ofta** besvarades av tobaksrök! Röklukten visade sig härstamma från ett röktrum i södra flygelns källare,

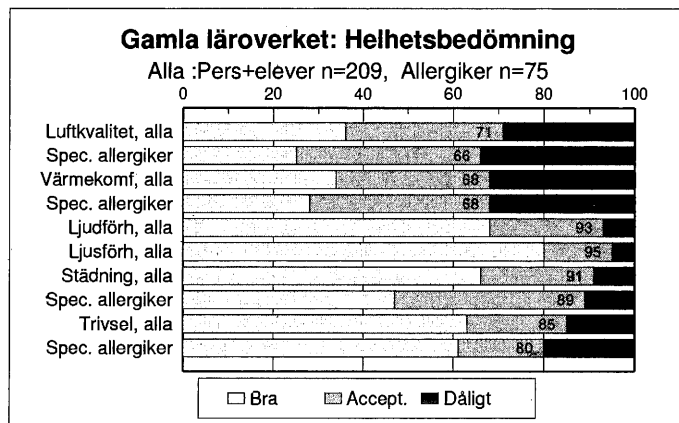


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

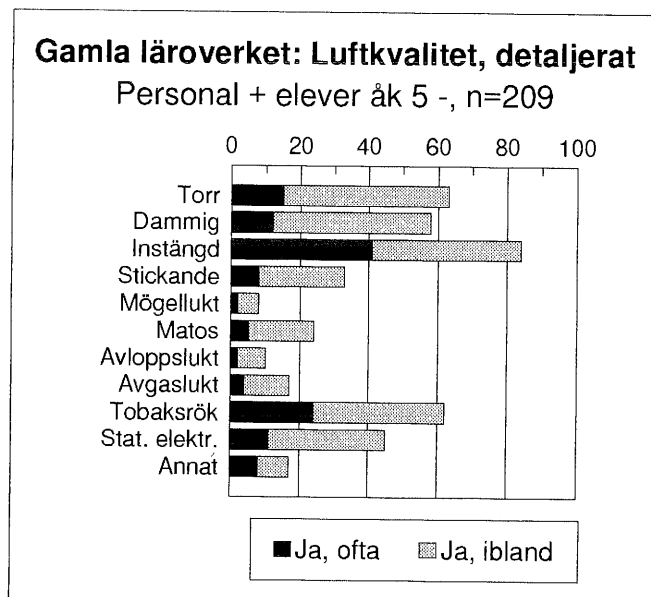


Diagram 2: Personalens och elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

från vilket lukten spreds via ventilationen.

Av "avgasluft" besvärades **ofta** 28% av eleverna i klassrum 21 och 5-10% av eleverna i klassrum 14, 22 och 34. På den sida där skolans bilparkering var förlagd fanns de båda uteluftsintagen i markplan. Intill en av dessa var också en sopcontainer placerad, vilket innebar att sopbilar ibland backade fram vid luftintagets närhet.

Det klassrum som bedömdes som sämst av eleverna var klassrum 21, som förutom ovannämnda besvär hade höga besvärsfrekvenser "**ja, ofta**" för "instängd luft" (72%), "stickande lukt" (36%) och "torr luft" (28%).

I klassrum 14, 23, 34 och 35 tyckte lika många, eller nästan lika många elever att luften **ofta** var "instängd. I klassrum 23 besvärades dessutom 50% av eleverna **ofta** av "matosluft".

I personalgruppen angav 72% att de vädrade minst en gång per dag, medan endast 30% av eleverna tyckte att det alltid eller för det mesta var utvädrat.

Värmekomfort detaljerat

För två av parametrarna som i enkäten används för att karaktärisera upplevd värmekomfort fanns fler än 20% av personal och elever som besvärades **ofta** (varje vecka).

Att det **ofta** var "kallt på eftermiddagen" tyckte 35% av elever och personal och 42% tyckte att det var det **ibland**. Att det **ofta** var "för varmt på morgonen" tyckte 33% och 37% tyckte att det var det **ibland**. Samtliga klassrum är orienterade med fönster åt öster och utvändigt solavskärmning saknas. Andra besvär som nästan hälften av de svarande påtalade fanns **ibland** var "drag från fönster", "drag från ventil" och "kallt vid golv" (Diagram 3).

Det var framför allt eleverna på det översta våningsplanet (våning 3) som tyckte att det var kallt och dragit.



Bilar framför luftintaget, som här på bilden, förekommer inte längre sedan parkeringen flyttats.

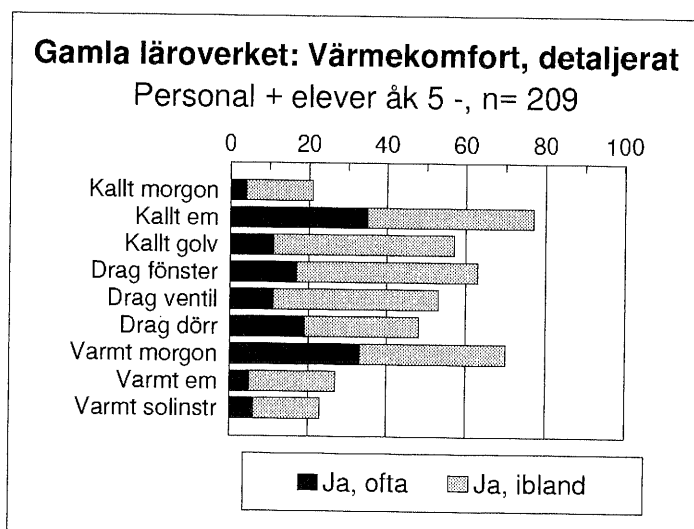


Diagram 3: Personalens och elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärar av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

Ljud och buller detaljerat

Vi kan först konstatera att störningar av ljud från ventilationen nästan inte förekom alls i Gamla läroverket, till skillnad från ombyggnaderna i Karlshov och Lindö. Speciell omsorg har lagts ned på att åstadkomma en tyst ventilation i Gamla läroverket.

För två av parametrarna som i enkäten används för att karaktärisera upplevda ljudförhållanden fanns fler än 20% av personal och elever som besvarades **ofta** (varje vecka).

Att det **ofta** var "besvärande ljud från korridor" tyckte 59% av elever och personal och 32% tyckte att det var det **ibland**. Att det **ofta** var "skrap från bänkar och möbler" tyckte 22% och 56% tyckte att det var det **ibland**.

Besvärande ljud från korridor, trots de tjocka korridorväggarna, sammanhänger med att dörrarna har låg ljudklass och att det finns överluftsdon från klassrum till korridor, genom vilka ljud transmitteras.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärsfrekvenser finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominanta i olika åldrar har personalen respektive elever skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Besvärsfrekvenserna för personalgruppen var under 10% för 7 av 11 efterfrågade symptom (Diagram 4). För ett av de efterfrågade symptomen, "torr, kliande hud på händer", var besvärsfrekvensen 0. För 6 efterfrågade besvär var frekvenserna högre än i referensen "Goda exempel på sunda hus". De högsta besvärsfrekvenserna förekom för "heshet, halstorrhet" samt "torr eller rodnad hud i ansiktet". 5 av de 22 i personalgruppen (23%) besvarades

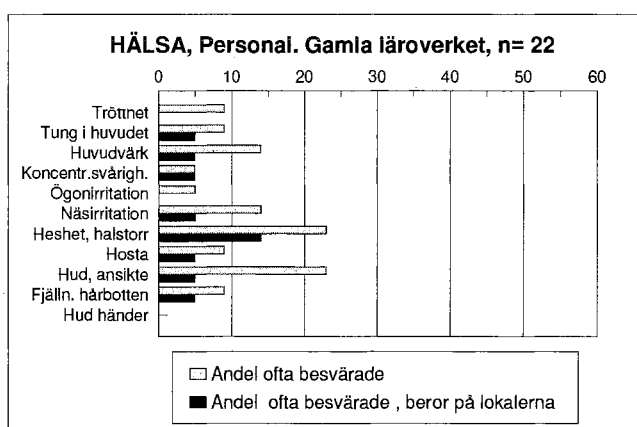


Diagram 4: Procentandel av personalgruppen som **ofta** besvarades av olika symptom (de gråa staplarna) och som **ofta** besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

ofta av dessa symptom. 3 kopplade sin heshet/halstorrhet till skollokalerna och 1 kopplade hudbesvären till lokalerna.

Anmärkningsvärt var att endast 2 personer (9%) i personalgruppen **ofta** var trötta och ingen av dem kopplade sin trötthet till skollokalerna.

Bland eleverna var besvärsfrekvenserna höga för samtliga allmänsymptom och de kopplades i hög grad till skollokalerna (Diagram 5). Drygt 60% av eleverna var **ofta** trötta och 38% ansåg att det berodde på skollokalerna! 33% var ofta tunga i huvudet och hade huvudvärk och ca 25% ansåg att det berodde på skollokalerna. Detta föreföll också påverka inlärningsförmågan, då 28% av eleverna hade "koncentrationssvårigheter och 20% ansåg att detta berodde på skollokalerna.

För hud- och slemhinnesymptom var besvärsfrekvenserna relativt låga och kopplades inte till lokalerna i så stor utsträckning.

Jämfört med referenserna kan vi konstatera att besvärsfrekvenserna för eleverna låg på samma nivå som i Stockholmsreferensen och genomsnittligt högre än i referensen "Goda exempel på sunda hus".

En analys av **allergikernas hälsa** visar att de sex allergikerna i personalgruppen hade lägre besvärsfrekvenser än gruppen som helhet. Endast ett besvär kopplades av allergikerna till skollokalerna. Det var "heshet, halstorrhet". De tre i personalgruppen som hade detta besvär och kopplade det till skollokalerna var allergiker.

Bland de allergiska eleverna var besvärsfrekvenserna överlag något högre än för gruppen elever som helhet och en något högre andel ansåg att deras besvär var relaterade till skollokalerna.

Det förefaller relativt klart att det bland eleverna förekom hälsoproblem som hade med den otillfredsställande luftkvaliteten i skolan att göra. Hög frekvens av allmänsymptom som kopplas till lokalerna

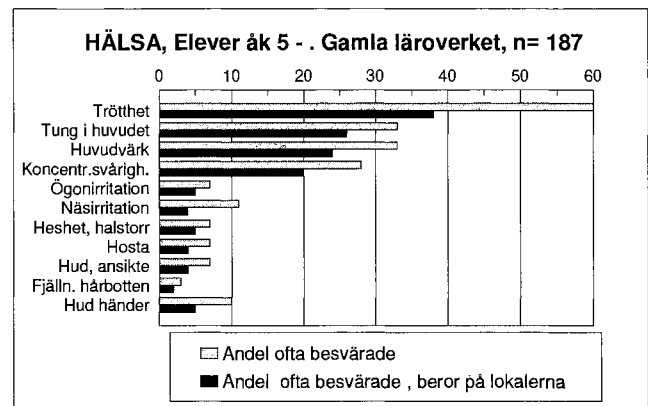


Diagram 5: Procentandel av eleverna i åk 7-9 som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besvärades och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

brukar vara ett tecken på dålig ventilation.

Som jämförelse kan nämnas att besvärshänsikten för allmänsymptomen i Gamla läroverket är 2-3 gånger så höga som i Karlshovsskolan - och betydligt mer byggnadsrelaterade. Även personalens besvärshänsikten är överlag högre än i Karlshov - med undantag för att de inte är trötta.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Gamla läroverket en typisk vinterdag (Diagram 6) pendlar under lektionstid inom intervallet 19,5- 22,0° C i klassrum 35.

Vid momentanmätningen hade klassrum 21 en lufttemperatur på 21°C (rum 2 trappor mot öster, personbelastning 11) och klassrum 35 hade 22°C (rum 3 trappor mot öster, personbelastning 17). (Tabell 2). Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, **dygnet runt**, var 21,4°C (Tabell 3). Någon nattsänkning av temperaturen förekommer inte.

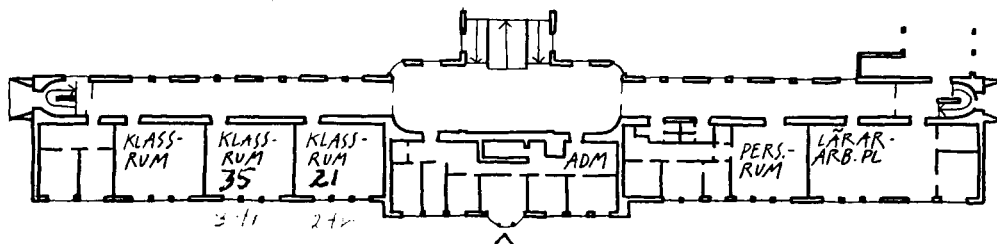
Den kontinuerliga "veckomätningen" gav en rumstemperatur **under skoltid** i klassrum 35 på ca 21°C, med max 22°C och min 20°C. (Tabell 3).

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, vid mättillfället (kl 13.15) låg på 21°C i klassrum 21, och i klassrum 35 (kl 10.30) på 22,6. Den operativa temperaturen var här något högre än lufttemperaturen, då fönsterrutorna var uppvärmda och solen. (Tabell 2).

Yttemperaturen på golv var 20,3-20,6°C i klassrum 21. Vid tilluftsdonet mot innervägg var den något svalare, 19,6°C.

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen ca 19,5°C i klassrum 21 och ca 22°C i klassrum 35. Den var

Tabell 2: Sammanställning av momentanmätningar - Gamla läroverket.



Klassrum 21, 2 tr, Fönster åt OSO

Tidpunkt för mätning: 19950227 kl 13.15

Personbelastning: 11 personer.

Utförhållanden:

Temp: -2,1°C, RF 46%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: Västlig vind, 3 m/s, klart.

Solavskärmning: Gardiner fördragna, fast ingen sol direkt på fönster.

Klassrum 35, 3 tr, Fönster åt OSO

Tidpunkt för mätning: 19950315, kl 10.30

Personbelastning: 17 personer.

Utförhållanden:

Temp: -6°C, RF 70 %, CO₂:400 ppm

Vind: Nordvästlig vind, 1 m/s, klart.

Solavskärmning: Gardiner fördragna, sol.

Temperaturer		Punkt 1	Punkt 2
Punkt 1	Punkt 2		
21,0°C	21,0°C	22,0°C	22,0°C
21,1°C	21,0°C	22,6°C	22,6°C
19,7°C	19,5°C	22,0°C	22,1°C
20,6°C	20,3 °C	-	-
	(19,6 vid T-don innervägg)		
Luftfuktighet		Punkt 1	Punkt 2
29%	29 %	31%	31%
	3,0 g/kg		3,3 g/kg

Radongashalt

Vaktmästeri, källare: 80 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Klassrum 17, plan 1: <30 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum (klassrum 35), i 18 punkter

	Medel	Max	Min
dB(A)	24,4	27,3	21,2
dB(C)	41,2	43,9	39,1

Efterklangstid i sekunder

Uppmätt i tomt rum (klassrum 317) i 3 punkter (48 registreringar)

	Medel	Max	Min
	0,7	1,63	0,39

Magnetfält, 50 Hz, i µT (mikrotesla)

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

	Medel	Max	Min
Klassrum 117	0,09	0,1	0,08
Klassrum 317	0,08	0,2	0,04

Gamla Läroverket rum 35 28 feb 1995

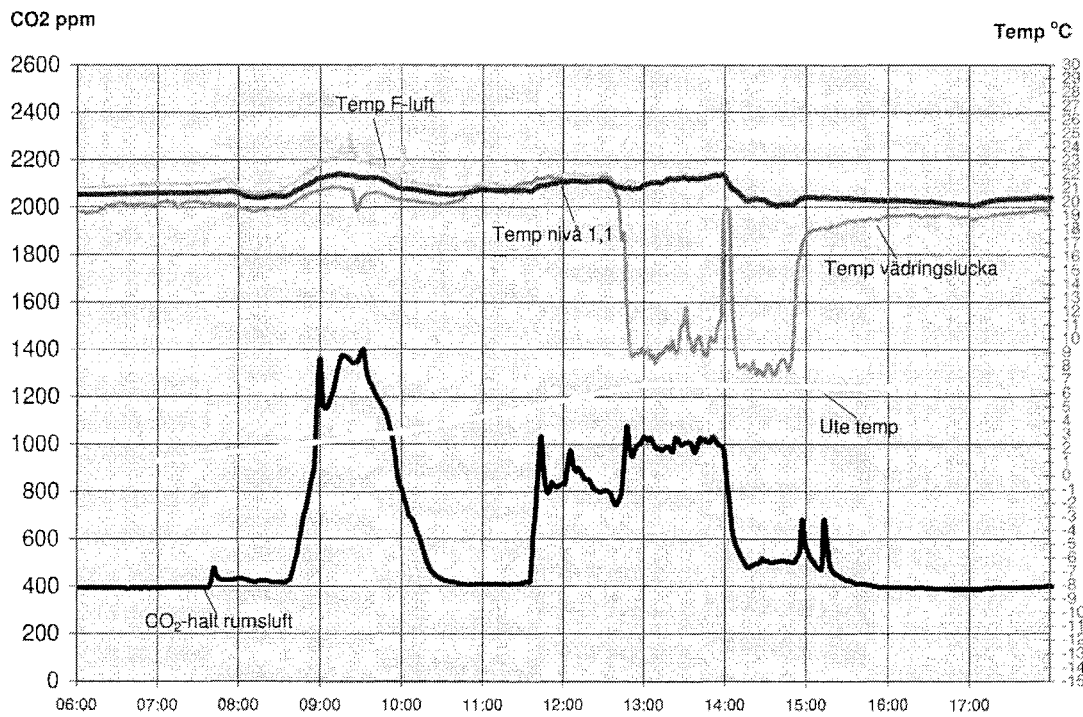


Diagram 6: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 28 februari 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Gamla Läroverket Rum 35 28 feb 1995

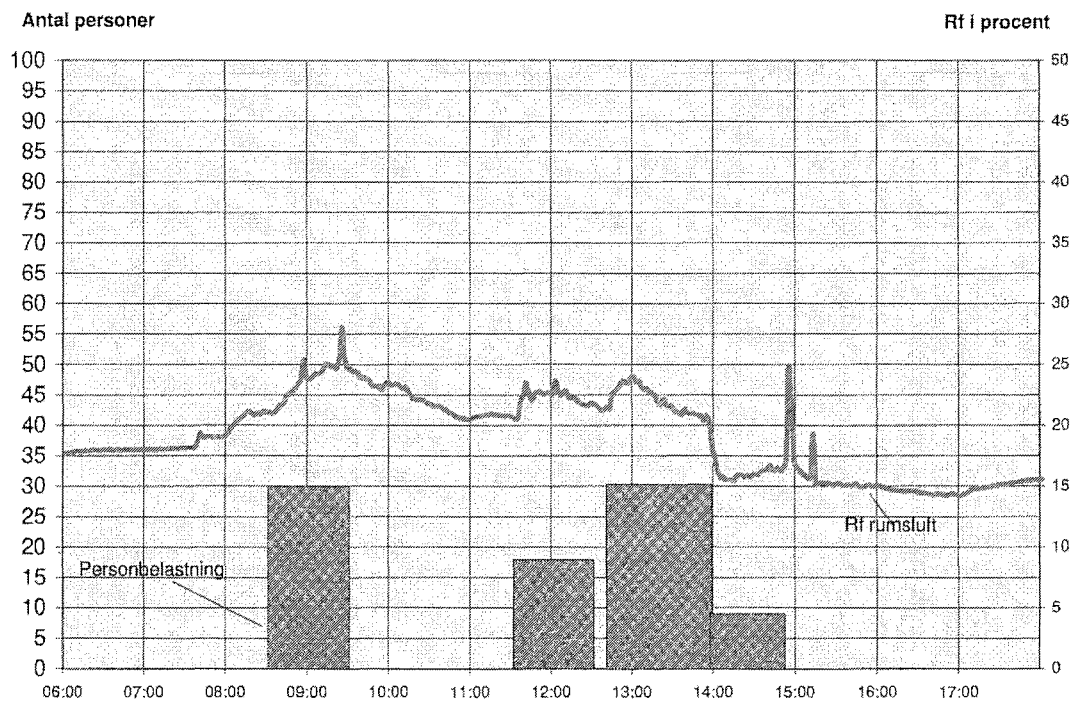


Diagram 7: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 6.

alltså, i båda klassrummen lägre än den operativa temperaturen. Ett visst drag från fönster är den troliga orsaken. Vinden var starkare när mätningen i klassrum 21 gjordes, där var också skillnaden större mellan den operativa och ekvivalenta temperaturen (ca 1,5°C) än i klassrum 35 (ca 0,5°C). (Tabell 2).

Relativa luftfuktigheten, RF vid momentanmätningen var ca 30% i båda klassrummen med 11 respektive 17 personer. Rummet med den högre personbelastningen hade mer solinstrålning och högre rumstemperatur, samtidigt som utetemperaturen var lägre vid mättillfället, vilket jämnade ut RF mellan rummen. Utetemperaturen steg mellan mättillfällena från -6°C till -2°C.

I diagram 7 redovisas en kontinuerlig mätning av RF för en typisk skoldag i mars, då utetemperaturen steg från +2°C till +6°C. Då pendlade RF i klassrum 35 (med 30 personer) under lektionstid mellan 15% och 25%.

Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt, var 22%. (Tabell 3). Den kontinuerliga "veckomätningen" av RF gav ett max på 25% och ett min på 15%.

Fukttillskottet inomhus var vid momentanmätningen 3,0 g/kg luft i klassrum 21 med den lägsta personbelastningen och 3,3 g/kg luft i klassrum 35. Som ett riktvärde som inte bör överstigas brukar man ange 3 g/kg luft. (Tabell 2).

Luftväxlingen

Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (var annan minut) i en vecka, dels med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av ca fyra veckor.

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Gamla läroverket

	Källa	Värde
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	1,4 oms/h
-skoltid	(1)	2,4 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	3,2 oms/h
Rumstemperatur		
-genomsnitt dygnet runt, hela perioden	(1)	21,4°C
-skoltid		
medel	(2)	21°C
max	(2)	22°C
min	(2)	20°C
RF rumsluft		
- genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	22%
- max	(2)	25%
- min	(2)	15%
(1) Långtidsmätning		
Mätning 27 februari-31 mars 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).		
(2) Veckomätning		
Kontinuerlig mätning 27 februari-3 mars 1995 (med Mitecloggrar) av CO ₂ , rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.		
Uteförhållanden under mätperioden (2):		
Utetemperaturen		
-dygnsmedelvärde, hela perioden		-1,3°C
-skoldagsmax		+6,7°C
-skoldagsmin		-12,3°C
RF ute		
-dygnsmedelvärde, hela perioden		63%
-skoldagsmax		72%
-skoldagsmin		58%
Vindstyrka		
-medel kl 10, hela perioden		3,2 m/s
-max		7 m/s
-min		0 m/s

CO₂-halten, som låg kring 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, steg under en typisk skoldag i klassrum 35, med 30 personer i rummet, till max 1400 ppm under slutet av förmiddagslektionen. Under eftermiddagen, då det var lika många elever i klassrummet steg CO₂-halten inte över 1000 ppm på grund av fönstervädring under lektionstid (Diagram 6).

Den genomsnittliga luftväxlingen, dygnet runt, under en fyraveckorsperiod uppmättes med passiv spårgasteknik. Mätningen omfattar alla lokaler med det förstärkta självdragssystemet, alltså inte bara klassrummen.

Dygnsmedelvärdet (d v s inklusive nätter och helger) för denna period var 1,4 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den luftsomsättning som gäller under skoltid beräknats till 2,4 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, ändå räknar med takhöjden 3 m, ger detta en luftväxling under skoltid på ca 3,2 oms/h.

Ljudnivåerna uppmättes i tomt klassrum 35. I medeltal låg ljudnivån så lågt som på 24,4 dBA, d v s en bra bit bättre än nu gällande nybyggnadsnorm, BBR94, som anger <30 dBA i lokaler för undervisning.

Det lågfrekventa ljudet låg i medeltal på 41,2 dBC. Även detta är ett bra värde, men överskrider det mål som sattes upp för projekteringen (< 35 dBC). Ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3) är <50 dB(C).

I enkäten fick också ljudförhållandena ett bra omdöme. Speciellt var klagomålen på ljud från ventilationen mycket låga.

Efterklangstiden i Gamla läroverket var i medeltal 0,7 sekunder i Klassrum 35. Klassrummen för försedda med träullsskivor som akustiktak. Som maxgräns för efterklangstiden i skolor brukar värdet 0,6 sekunder anges. Något normkrav finns inte idag.

Radongashalten uppmättes dels i vaktmästeriet i källarplan, dels i klassrum 17 på våning en trappa. I källarvåningen var den 80 Bq/m³ och i klassrummet mindre än 30 Bq/m³. Detta är lägre än gällande gränsvärde i BBR94 (max 200 Bq/m³), men en viss förhöjning i källarplanet. Möjligen kan källarväggarna innehålla blåbetong eller annat mineraliskt material med viss radongasavgivning.

De **magnetiska fältstyrkorna** i vistelsezonen var låga. De låg i medeltal på 0,1 uT (mikrotesla) i både klassrum 16 och 35.

ARKITEKTUR

Gamla läroverket i Hudiksvall har genomgått en varsam ombyggnad, vilket inneburit att den gamla symmetriskolans arkitektoniska värden kunnat bevaras ganska intakt, såväl utvändigt som invändigt. Detta har varit möjligt, bland annat tack vare den valda ventilationslösningen. Genom att de befintliga F-och T-kanalerna kunde användas minskade behovet av utrymme för ny kanaldragning.

Centralt intag av uteluft via källaren innebar att håltagningar för uteluftsdon i fasad kunde undvikas.

Att avstå från markiser (ett krav från stadens kulturansvariga) av arkitektoniska skäl var en tvivelaktig lösning, med tanke på att övertemperaturer var det problem som huvudsakligen orsakade ombyggnaden och nu visat sig vara ett delvis kvarstående problem.

Det hade säkert gått att hitta en estetiskt acceptabel lösning på markisproblemet.

Ljudisoleringen mellan klassrum och klassrum/korridor är, som i så många andra skolor, dålig. Som det avgörande här bedöms dörrarnas låga ljudklass samt att korridorväggen är genombruten av överluftsdon.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft finns inte installerad, då detta skulle öka tryckuppsättningen i systemet. Detta ger en högre fjärrvärmeanvändning för uppvärmning av tilluft än i ett FTX-system.

I FTX-system är tryckfallet högt p g a värmeväxlare och filter, ca 600 Pa i såväl F-systemet som T-systemet. Normalt ger detta en extra elanvändning i ett FTX-system på ca 12 kWh/m²,år. I Gamla läroverket som varken har värmeväxlare eller filter och stora dimensioner på "luftvägarna", är systemtrycket lågt, ca 80 Pa. Detta ger en elanvändning för ventilationen på ca 2 kWh/m²,år.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda frånluftslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. Energi för tappvarmvatten ingår inte i beräkningen. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4.

För Gamla läroverket gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall FS) totalt 185 kWh/m²,år köpt energi. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 150 kWh/m²,år (Avsnitt 5.5, Tabell 15). Fall FS har en högre energianvändning för uppvärmning (151 kWh/m²,år) än fall FTX (106 kWh/m²,år) på grund av att värmeåtervinning saknas. Samtidigt är luftväxlingen något lägre i FS-fallet och likaså elanvändningen för fläktar. Med förutsättningen att värmen kostar 0,30 kr/kWh och elen 0,60 kr/kWh ger detta en merkostnad per år för FS-systemet på ca 37.000 kr. Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4 därför att elen kräver mer energi för sin framställning, får Fall FS en total energianvändning på ca 188 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på ca 167 kWh/m²,år.

I Gamla läroverket försörjs hela kvarterets byggnader av fjärrvärme. Det finns ingen värmemätare som avskiljer huvudbyggnaden. Det finns inte heller någon separat elmätare för dessa lokaler. Den verkliga energianvändningen har således inte kunnat mätas.

KOSTNADER

I BFR-rapporten (14) gjordes kostnadsberäkningar för några av de alternativa ventilationslösningarna. Samma luftflöde förutsattes i alla alternativen. Vid jämförelse mellan ett FTX-system som nyttjade befintliga till- och frånluftskanaler (nedan kallat FTX) och det valda förstärkta självdragssystemet (nedan kallat FS) som också nyttjade befintliga kanaler blev utfallet enligt följande:

Kostnad i 1993 år prisnivå (kkr)

Anläggningsdel	FTX	FS
o Vent.installation inkl. styr/regl. utrustning, kanaler, T- och F-don, rörin- stallation m m	1.400	1.050
o Byggarbeten	800	700
o Byggherrekostnader	500	400
Summa exkl. moms	2.700	2.150

Anläggningskostnaden för alternativ FTX beräknades till 2,7 Mkr och för alternativ FS till 2,15 Mkr.

Den årliga kapitalkostnaden, räknad på årlig kostnad av ett annuitetslån med 13% ränta och 15 års löptid, blev c a 85.000 kr högre för alternativ FTX.

Den årliga driftskostnaden beräknades bli 24.200 kr högre för FS-systemet än för FTX-systemet. Avsaknaden av värmeåtervinning i FS-alternativet beräknades innebära en extra kostnad på 28.300 kr/år för detta alternativ, enligt följande:

Årsmedeltemperaturen i Hudiksvall: +5,2°C. Tilluften ska värmas till +18°C. Effektbehovet för värmning av tilluften är då vid flödet 4,1 m³/s i medeltal 56,6 kW. Med 2000 timmars drifttid blir energibehovet för uppvärmning av tilluften 113.200 kWh/år. 50% återvinning bedöms vara möjlig. Återvinningsbar energi blir 56.600 kWh/år. Med ett antaget energipris 0,50 kr/kWh blir värdet av återvinningsbar energi 28.300 kr/år.

FS-systemet beräknades dock ha ca 4.100 kr/år lägre kostnad för elenergi för fläktdrift, beräknat enligt följande:

Med luftflödet 4,1 m³/h, drifttiden 2000 timmar, 60% verkningsgrad för fläktarna och elpris på 0,60 kr/kWh blir effektbehovet ca 0,7 kW per år och 100 Pa tryckuppsättning. Elkostnaden blir då ca 820 kr/år och 100 Pa tryckuppsättning.

Årlig elkostnad kunde då beräknas enligt följande:

	FTX	FS
Tryckuppsättning, Pa	600	100
Effektbehov, kW	4,2	0,7
Årlig kostnad för energi till fläktar, kr/år	4.920	820

Den totala årliga kostnadsskillnaden beräknades därmed till ca 61.000 kr/år mer för FTX-systemet än för FS-systemet enligt följande:

Merkostnad, kr:	FTX-systemet jämfört med FS	FS-systemet jämfört med FTX
Kapitalkostnad	85.000	
Värmeåtervinning		28.300
Fläktdrift	4.100	

Ytterligare ett motiv som talade för alternativ FS, enligt BFR-rapporten, var att nya lösningar på styr- och reglersidan var av intresse att få fram och värda att prova i samband med förstärkt självdrag.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

De krav som ställts på inneklimatet i form av funktionskrav var; rumstemperatur <22°C, lufthastighet <0,15 m/s, luftflöde 8 l/s,p samt ljudnivå <30 dBA och <35 dBC.

Mätningarna visar att målet med en rumstemperatur på max 22°C klarats. Såväl enkätresultatet som mätningen av ekvivalent temperatur indikerar att kravet på att lufthastighet < 0,15 m/s troligtvis inte klaras i alla klassrum. Framförallt på våning tre trappor fanns problem med drag från fönster. Mer om lufthastigheter nedan under rubriken TEKNIK.

CO₂-mätningarna indikerar att luftflödet inte riktigt når upp till 8 l/s,p. För att hålla CO₂-halten under 1.000 ppm med 30 elever i klassrummet krävdes fönstervädring under lektionstid. Annars steg CO₂-halten till 1.400 ppm i slutet av lektionerna.

Ljutförhållandena fick mycket bra omdöme i enkäten och mätningarna visade på låga ljudnivåer; 24,4 dBA och 41,4 dBC. Det uppställda målet för lågfrekvent buller på 35 dBC är nästan omöjligt att uppnå. Ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor är <50 dBC.

Påverkanmöjligheter

Personalens och eleverna möjlighet att påverka inomhusklimatet i Gamla läroverket är inte större än i en vanlig skola med FTX-ventilation. Radiatorerna har termostatventiler. Påverkbar effektiv solavskärmning saknas. Fönstren är

öppningsbara, men eftersom det är en flervåningsbyggnad finns inga takfönster som kan bidra till en särskilt effektiv vädring.

Upplevd innemiljö och hälsa

Relativt stora problem förekom, av enkäten att döma, både när det gäller upplevd luftkvalitet och värmekomfort. Det allvarligaste problemet var röklukten och avgaslukten. Det har dock gått att komma tillrätta med båda dessa problem. (Se rubriken Teknik).

För varmt på morgonen (på grund av solinstrålning) var framför allt ett problem på de nedre våningsplanen. På våning tre upplevde eleverna det mer kallt och dragit - även på förmiddagen.

Samtidigt fanns det ett klassrum, rum 33 (327), där eleverna inte **ofta** besvarades av några parametrar som gällde luftkvaliteten eller värmekomforten.

Eleverna i Gamla läroverket hade onormalt höga besvärshäufigheter, för allmänsymptom som trötthet, huvudvärk och koncentrationssvårigheter. De kopplade också i onormalt hög utsträckning dessa besvär till skollokaler. Allergikerna gjorde detta i högre grad än de övriga.

TEKNIK

Röklukt spreds i byggnaden från ett rökrum som var förlagt i källarplanet i södra flygeln. Detta rum låg alldeles intill uteluftskammaren och tanken var att tilluften till detta rum skulle komma direkt därifrån. Rökarna öppnade emellertid en dörr i fasaden, varvid luften vände, så att den rökiga luften istället kom in i uteluftskammaren och spreds ut i alla rum via tilluftskanalerna! Rökrummet är nu avskaffat från och med vårterminen 1997.

Vissa problem förekom också med **inläckning av avgaser från en parkering** som var lokaliserad nära uteluftsintagen. Detta problem har nu också åtgärdats. Parkeringen vid luftintagen har flyttats.

Genom att en ny matsal byggdes och den gamla revs, gavs plats för en bättre lokaliserad parkering.

Problem med drag runt fönster blev inte helt avhjälp genom ombyggnaden. BFR-utredningen om sju alternativ rekommenderade inte den lösning som slutligen valdes, utan lösning 3B enligt ovan. Skälen till att en annan lösning valdes var för att klara investeringskostnaden. De nackdelar som togs upp i BFR-rapporten med det slutligen valda alternativet, lösning 3A, var "att tryckskillnaden mellan inne och ute medför att luft kommer att läcka in genom otätheter runt fönster. På övre planet kan lufthastigheten i springorna bli omkring 7,5 m/s, baserat på luftflödet 8 l/s,p och ca 6 m/s baserat på luftflödet 6 l/s,p". Det visade sig också vid ombyggnaden att de befintliga kanalerna hade otätheter som kräver ett ökat frånluftsflöde. Det högre tryckfall detta gav (80 Pa istället för planerade 50) bidrar till problemen med drag från fönster, särskilt på plan 3.

På de nedre våningsplanen är det en rätt stor andel av eleverna som tycker att det är **för varmt på förmiddagen**. Trots ombyggnaden kvarstår alltså vissa problem med värmen. Om markiser hade monterats på klassrumsfönstren, som alla ligger mot öster, hade problemet med överskottsvärme lättare kunnat bemästras.

Tryckgivarna som skulle reglera flödet efter den termiska stigkraften har inte fungerat utan fläktarna går kontinuerligt med samma varvtal dagtid. Kommunen har nu bytt ut tryckgivarna till utetemperaturgivare så att varvtalsfunktionen körs på utetemperaturkurva. Därmed kan termiken nyttjas mer. Ett visst självdrag finns nattetid och på helger, eftersom inga spjäll stängs på frånluften. Intagsspjället är dock stängt nätter och helger.

I BFR-rapporten förordades också:

- **luftintag mot norr** (befintliga fanns i öster och de valda blev i väster)
- **en 45° avfasning av tilluftsöppningen** i klassrummen för att ge öppningen mot

rummet en dubbelt så stor yta, vilket skulle ge luften en lägre utströmningshastighet och därigenom bättre fördelning av luften i rummet. Av kostnadsskäl genomfördes aldrig avfasningen.

Ombyggnaden av ventilationen har kunnat genomföras med **stor hänsyn till befintlig interiör genom att de gamla T- och F-kanalerna kunnat återanvändas.**

Väl genomförd projektering av ventilationen med hänsyn till buller och låga tryckfall i F-systemet har resulterat i **en tyst ventilation.**

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat ska kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- o Vägar för luktspridning hållas under kontroll.
- o F-fläktarnas funktion samt flöden kontrolleras regelbundet.
- o T- och F-kanaler hållas rena.
- o Varmluftskammaren inspekteras och hållas ren och blandningsfläktarnas funktion kontrolleras.

ENERGIANVÄNDNING

FS-systemet i Gamla läroverket har en något högre energianvändning (kring 35 kWh/m²,år) än om ett FTX-system skulle ha valts. Eftersom skolan ligger långt norrut har avsaknaden av återvinning ur frånluften rätt stor betydelse. De låga lufthastigheterna gör att den termiska drivkraften i viss mån kan nyttjas under vinterhalvåret som en förstärkning av det mekaniska F-systemet.

Elanvändningen är låg, vilket är ett resultat av det låga tryckfallet i ventilationen.

KOSTNADER

I en byggforskningsrapport (14) har ombyggnaden med ett liknande system som det aktuella, men med ett något högre flöde, beräknats ge en investeringskostnad som var ca 80% av om en FTX-lösning hade valts. Den totala årliga kostnaden (kapital+drift) beräknades i samma rapport bli ca 60.000 kr/år dyrare för FTX-systemet än för FS-systemet.

Litteratur

Hecktor, B-O, Olsson, H, Persson, E, Rännér, G, 1993. Äldre skolbyggnader - varsam ombyggnad av ventilation. Byggnadsforskningsrådets rapport R11:1993. Distribution Svensk Byggtjänst.

7.6 Karlshovsskolan, Norrköping - Ombyggnad



Karlshovsskolan, Norrköping

FAKTA

VERKSAMHETEN

Ombyggnad 1993 av befintlig skola, uppförd 1927, till låg- och mellanstadium för 12 klasser med totalt 300 elever. Integrerad barnomsorg.

INFLYTTNING

Augusti 1993.

STUDERAD BYGGNAD

Huvudbyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre:

Lokalförsörjningskontoret,
Norrköpings kommun, Hans
Wadskog.

Nyttjare: Karlshovsskolan.

Konsulter:

Arkitekt: Dranger & Co

Arkitektkontor AB.

Konstruktör: J&W

Vent: Sunda Hus AB

VS: VVS-konstruktioner i
Norrköping AB.

El: Gösta Sjölander

ENTREPRENADFORM

Delad entreprenad, upphandlad
på fullständiga handlingar.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 2429 m²

Total bruksarea: 2270 m²

Total ombyggnadskostnad: 17

Mkr i 1992 års prisnivå.

(Exklusive moms).

Kvadratmeterkostnad:

6.700 kr/m² BTA

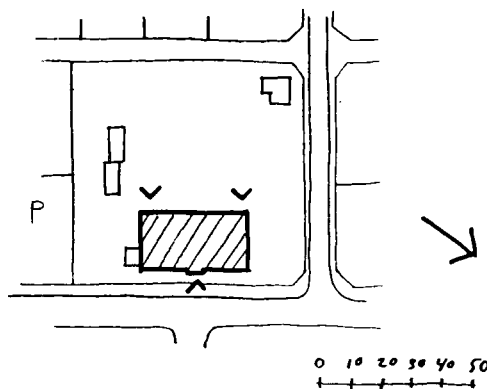
7.489 kr/m² BRA

LOKALISERING

Tomten ligger vid norra infarten till Norrköping i ett lugnt villa-område. En mindre parkeringsplats är belägen vid skolans sydöstra gavel.



Karlshovsskolans fasad mot nordost.



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Karlshovsskolan är idag en låg- och mellanstadieskola. Huvudbyggnaden, som uppfördes 1927, har genomgått en total ombyggnad 1993. Huset, som är typiskt för den tidens skolbyggnader, är i tre våningar med källar- och vindsvåning. Klassrummen är belägna i de tre våningsplanen på ömse sidor om korridorer, som i sin tur står i förbindelse med trapphus vid de båda gavlarna.

Idag används skolan av 4 st lågstadielklasser, stadierna 1, 2, 3 och en åldersblandad (1+2+3) samt 3 st mellanstadielklasser i stadierna 4, 5 och 6. Till detta kommer fritidsverksamhet för lågstadiet.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

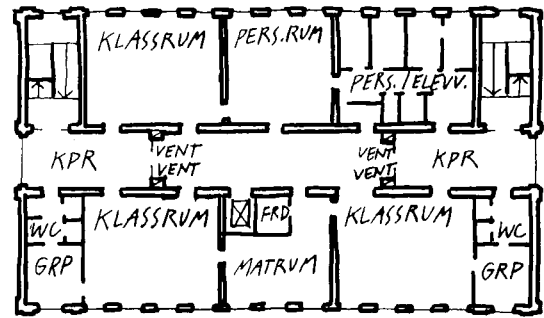
Hög temperatur och dålig luftväxling hade varit de största problemen med inomhusklimatet.

Målsättningen med projektet var att, genom varsam ombyggnad, förbättra den termiska komforten och luftkvaliteten. Man satte bland annat som mål att hålla CO₂-halten i klassrummen under 1000 ppm, vilket kräver ett luftflöde på minst 8 l/s,p.

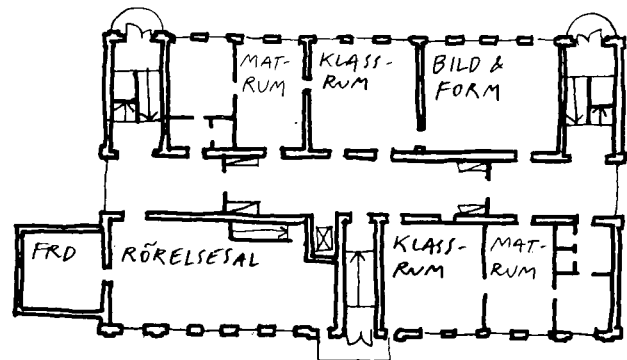
Systemen skulle också vara överskådliga och lätta att sköta. Man ville, i så stor utsträckning som möjligt använda befintliga ventilationskanaler och prova någon form av förstärkt självdrag.

För varaktig ljudnivå från installationerna ställdes kravet att den skulle understiga 30 dBA i klassrummen.

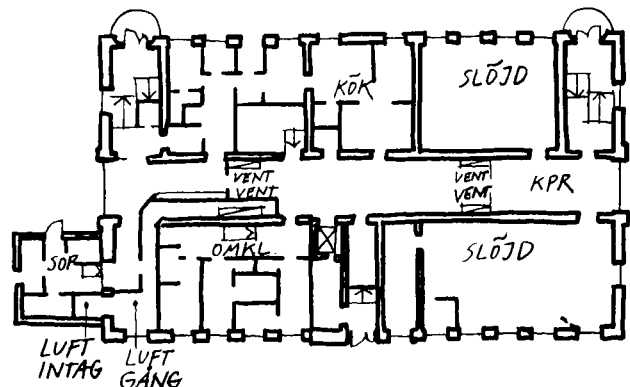
Brandförsvaret ställde inga krav på särskilda kanaler för rökavlastning eftersom varje brandcell planerades bli matad med separata tilluftskanaler. Eftersom frånluftsfläktarna skulle bli axialfläktar med låga tryckfall erfordrades inte heller några



Våning 1 tr, skala 1:500.



Entréplan, skala 1:500.



Suterrängvåning, skala 1:500.

förbigångskanaler. För att utvärdera om ventilationssystemet skulle ge upphov till rökspridning utfördes särskilda beräkningar.

Byggnadsnämnden, BN, krävde varsam ombyggnad. Samtidigt ville BN, som tidigare beviljat bygglov för Lindöskolan med en liknande ventilationslösning, först se resultatet av denna, innan fler objekt godkändes. Ett möte sammankallades mellan politiker och tjänstemän. Med hänvisning till att Boverket uttalat att man inte kunde kräva värmeåtervinning i ombyggnadsfall, beslöt politikerna att Karlshovsskolan skulle byggas med F-system och passiv tilluft, liknande lösningen i Lindö. BN ställde krav på att filter skulle installeras på tilluften.

BYGGNADSUTFORMNING

KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Grundläggning: Källarmur i sten.

Stomme: Ytterväggarna är av 2-stens

tegel, ca 50 cm tjocka. De är putsade såväl invändigt som utvändigt.

Bjälklag: Betong med ingjutna stålbalkar.

Mellanväggar: De längsgående väggarna mellan lektionssalar och korridor är hjärtväggar i 2-stens tegel, ca 50 cm tjocka. Dessa innehåller också de murade frånluftskanalerna. Nya väggar är av gips på stålreglar med mineralullsisolering.

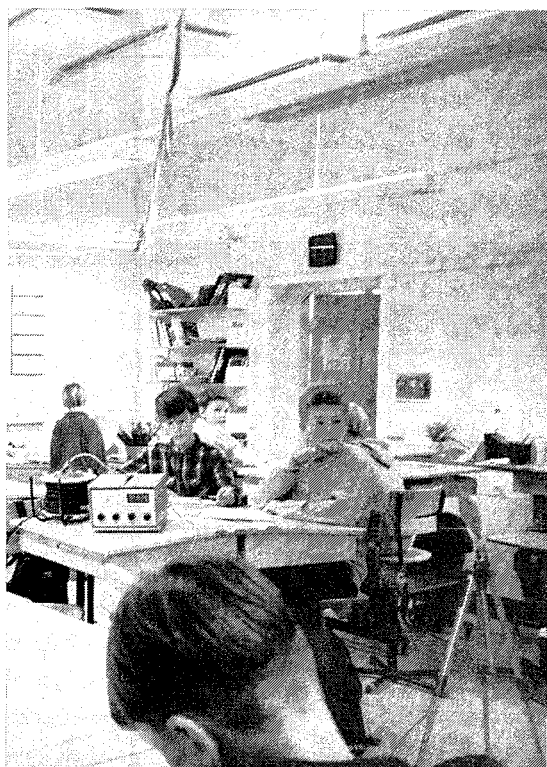
Golv: Linoleum

Färg: Latexfärg

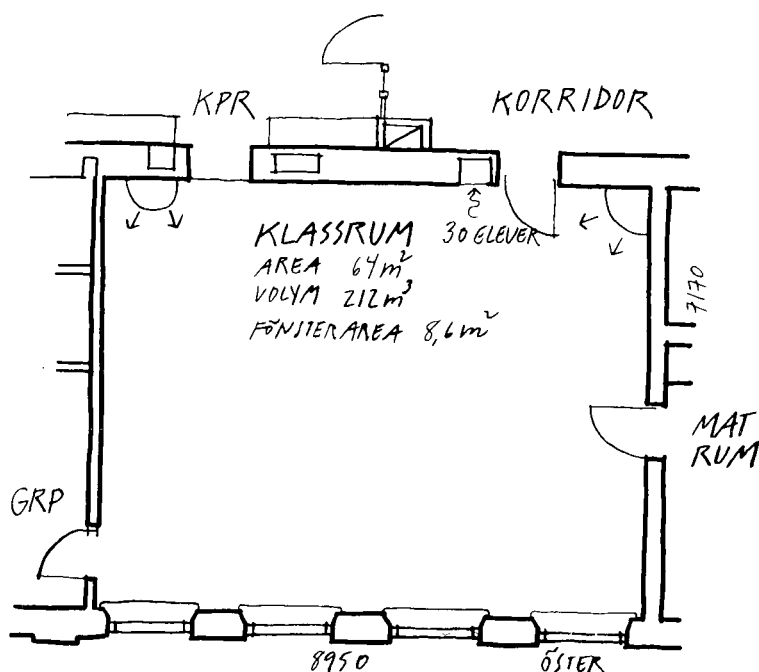
Akustiktak: Perforerad gips med bakomliggande polyesterfilt.

Takhöjden i klassrummen efter ombyggnaden är 3,3 m och i korridorerna 3 m. Klassrummens storlek varierar mellan 50 och 64 m² och är projekterade för 25-30 elever.

Korridorerna närmast trapphusen används som kapprum, medan mittdelarna inretts med sittbänkar och bord. De används för



Klassrumsinteriör.



Klassrum, skala 1:125

grupparbeten och som matrum. Maten hämtas i köket av eleverna och körs upp till våningsplanen via den nyinstallerade hissen.

VÄRME OCH VENTILATION – URSPRUNGLIGT SYSTEM

Värmesystemet före ombyggnad var utfört som ett tvårörs radiatorsystem med fjärrvärme. Systemet var slitet och behövde rustas upp. Termostatventiler saknades. Ingen utvändig solavskärmning fanns.

Ventilationssystemet före ombyggnad bestod av ett självdragssystem utan uteluftsventiler. Uteluften tog sig in i byggnaden via otätheter i klimatskärmen eller genom fönstervädring. Frånluften evakuerades från klassrummen via don högt upp på hjärtväggen.

I de båda hjärtväggarna längs korridoren gick de murade frånluftskanalerna vertikalt från källarplanet och upp på vindsvåningen. De hade en diameter på ca 30x30 cm. Luften i varje klassrum evakuerades med en sådan frånluftskanal.

På vindsvåningen sammanfördes frånluftskanalerna till samlingskanaler, som fördelades på två ventilationsskorstenar som mynnade på taket till husets högsta del, vilket gav maximal termisk drivkraft.

VÄRME OCH VENTILATION – DET VALDA SYSTEMET

Värme

De flesta klassrum är orienterade mot ostnordost eller västsydväst. Avsikten med upprustningen var att få en jämnare rumstemperatur. Detta skulle åstadkommas genom

- tätning av fönster
- bättre reglerutrustning för injustering av värmen
- montering av utvändiga markiser på den sydvästvända fasaden.

Det fjärrvärmeförsörjda värmesystemet försågs med nya radiatorer med

termostatventiler, nya ledningar, värmeväxlare och shunt.

Brukarna kan påverka värmen genom radiatortermostaterna och genom markiserna. Dessa är motordrivna. Genom att trycka på en knapp i klassrummet förs samtliga markiser ner eller upp i önskat läge. Markiserna är också försedda med vindvakt.

Ingen natt- eller helgsänkning förekommer på värmen.

Ventilationsprincip

Man valde att nyttja delar av det gamla ventilationssystemet genom att installera ett förstärkt självdragssystem med passiv tilluft.

De befintliga frånluftskanalerna användes och fläktförstärktes. Tilluften till alla lärosalar, lokaler, fritidsverksamhet och kök distribueras däremot via ett helt nytt kanalsystem.

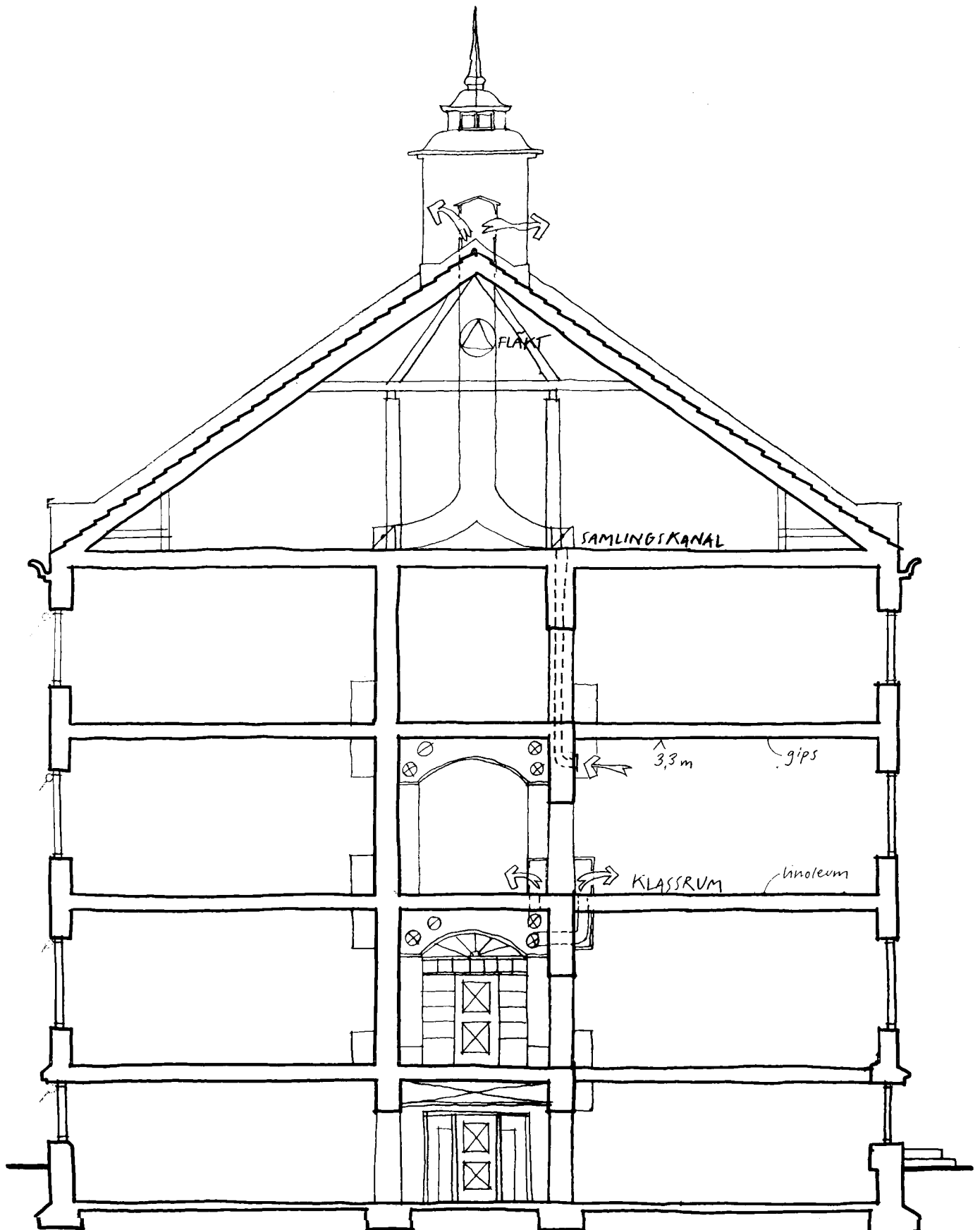
Stora dimensioner valdes för tilluftskanalerna, vilket ger låga tryckfall. Tilluften förs upp av termisk stigitkraft och passiv anpassning till den fläktförstärkta frånluften.

Förvärmningen av uteluften i souterrängplanet innebär att den termiska drivkraften blir lika stor på alla våningsplan (samma princip som i s k Stockholmsventilation). Hade uteluften, som var fallet före ombyggnaden, huvudsakligen tagits in via otätheter på varje våningsplan, hade den termiska drivkraften blivit sämre ju högre upp i byggnaden klassrummen låg.

Ingen värmeåtervinning ur frånluften förekommer, då detta skulle öka tryckfallet.

Tilluften

Skolan kompletterades med en liten tillbyggnad på skolans sydöstra gavel. Denna innehöll varuintag samt rum för sopor. Väl avskilt från dessa utrymmen ordnades uteluftintaget på tillbyggnadens



Sektion, skala 1:125

nordöstra del.

I det gamla fasadlivet har stora grovfilter med lågt tryckfall placerats. Tilluften leds sedan vidare via en kort betongkanal till en s k varmluftskammare, ett rum i vilket två stora värmebatterier är placerade. På värmebatterierna är 4 st axialfläktar (liten effekt) placerade. Dessa cirkulerar luften genom batteriet och varmluftskammaren så att den blir jämt uppvärmd. Mellan kammare och tilluftskanaler sitter ett spjäll med frysskyddsfunktion, dvs spjället stänger när uttemperaturen blir så låg att påfrysning riskeras.

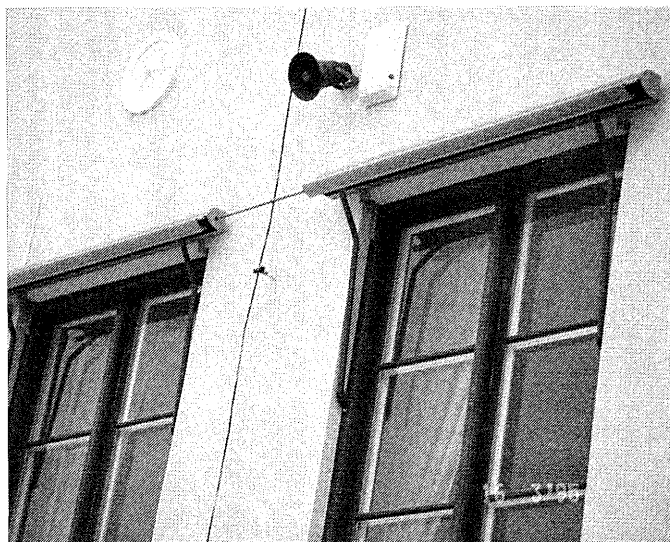
Från värmekammaren förs luften via en luftgång till en samlingskanal i suterrängvåningens korridortak. Där fördelas luften på fyra vertikala tilluftskanaler, placerade mot hjärtväggen i korridoren på våningsplanen i respektive brandcell. Varje våningsplan bildar en brandcell som avgränsas mot trapphusen som båda bildar brandceller. På våningsplanen fördelas luften via horisontella kanaler i korridortak (täckt av ett välvt undertak) till tilluftsdon i ovanliggande plan. Tilluftsdonen utgörs av deplacerande golvdon, 2 st per klassrum.

Luften matas in i donet underifrån och upp genom bjälklaget. Även korridoren har tilluft från deplacerande don.

Toalettgrupper får tilluft via överluftsdon.

Frånluften

För evakuering av frånluften nyttjas de gamla frånluftsdonen, placerade i tak och de gamla frånluftskanalerna i hjärtväggen. De ursprungliga gjutna rutgallren med spjäll på baksidan som utgjorde frånluftsdonen togs ned. Spjällbladen demonterades och gallret blåstrades och återanvändes. De murade kanalerna i hjärtväggen bedömdes vara intakta och tillräckliga för det ökade luftflödet. De kunde efter rengöring återanvändas. Likaså var samlingskanalerna på den rymliga vinden tämligen intakta och lättåtkomliga för inspektion, rensning och lagning. De bättrades och jämnades till. Nya betonglock



På sydvästra fasaden, mot skolgården, har fönstren försetts med markiser.



Uteluftsintaget är placerat på en tillbyggnad vid skolans gavel.

som utgjorde översida och samtidigt inspektionsluckor i samlingskanalerna tillverkades.

Hål togs upp i respektive skorsten och axialfläktar monterades. Frånluft finns också i korridorerna. För WC-grupperna och köket monterades separata fläktar. Även här användes gamla murade kanaler.

Frånluftsfläktarna är av axialtyp med låg effekt. Fläktarna kan varvtalsregleras via 5-stegstransformatorer. Lufthastigheten i frånluftkanalerna med fullt varvtal är ca 3,5 m/s. Fastighetsskötaren skall ändra varvtalet efter årstid, d v s på den varmare årstiden fullt varvtal på fläktarna och på den kallare årstiden – då termiken ger ett extra tillskott – lägre varvtal på fläktarna. Här kan alltså den självdragsverkan som fortfarande fungerar på grund av det låga tryckfallet i systemet till en viss del utnyttjas. För att effektivt kunna nyttja termiken skulle emellertid lufthastigheten i kanalerna vara så låg som 1,5 m/s. Detta kunde inte åstadkommas med användning av befintliga F-kanaler och de högre krav på luftflöden som gäller idag.

Värmeväxlare på frånluften finns inte installerad. Även detta skulle ökat tryckfallet i systemet.

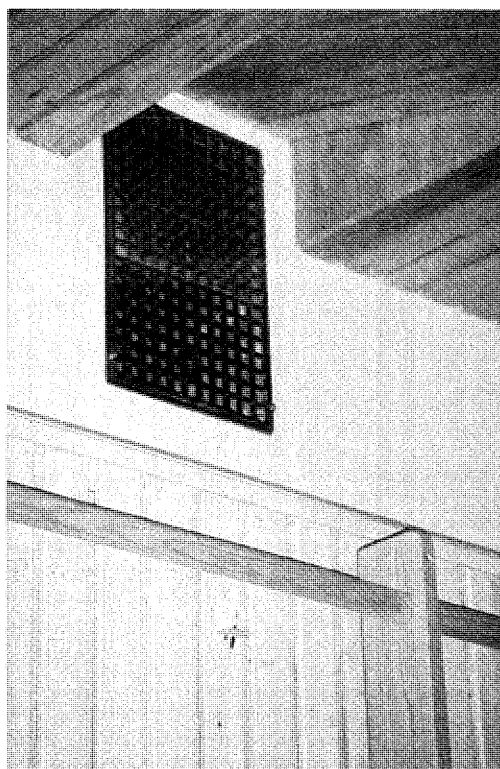
Driftsrutiner

De driftsrutiner som utvecklats innebär att fläktarna körs på 60% av full kapacitet under vinterhalvåret. Under sommarhalvåret, då den termiska stigkraften är dålig, körs fläktarna på full kapacitet. Drifttiderna för frånluftsfläktarna är måndag – fredag från kl 6.00 – 17.00. (Enligt våra mätningar förefaller det dock som ventilationen varit i drift längre tider).

Ingen natt- och helgsänkning av rumstemperaturen tillämpas.



Tilluftsdonen är deplacerande och eftersom tilluftskanalen ansluter underifrån har donets ovansida kunnat förses med ett litet avlastningsbord.



Frånluftsdonen i klassrummen kunde bibehållas efter renovering och rengöring.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i april 1995. All personal och alla elever som var närvarande den aktuella dagen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i de ombyggda lokalerna. De yngre eleverna (åk 3-4) fyllde i ett förenklat formulär.

Totalt besvarades enkäten av 158 personer, varav 22 var personal, 51 elever i åk 5-6 (åk 5 -) och 85 elever i lägre årskurser (åk - 4).

Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och könsfördelning bland personalen.

Karlshov, Enkätdatum: 1995-04-06

	Antal enkäter	Allergiker antal	Allergiker %	Man/kvinna antal
Personal	22	7	32	1/21
Elever				
åk -4	85	36	42	
Elever				
åk 5-	51	18	35	
Summa	158	61	39	

Allergifrekvens

Andelen personer som hade eller hade haft någon form av allergi var 32% i personalgruppen och 35% bland eleverna i åk 5-, vilket för eleverna är lägre än referensvärdet (44%). Andelen elever i åk -4 som har någon form av allergi var 42%, vilket ligger högre än referensen (30%).

Miljöbedömning i stort

I den översiktliga bedömningen av inomhusmiljön klassade minst 80% av alla



(personal+elever) samtliga parametrar som "bra" eller "acceptabla" (Diagram 1). Allergikerna gav lika bra omdömen för luft och värme, och trivdes lika bra i skolan som alla andra. Endast städningen fick ett sämre omdöme av allergikerna. Förutom städningen var det värmekomforten som låg på marginalen.

Luftkvalitet detaljerat

Inte fler än 20% av personalgruppen och de äldre eleverna besvårades **ofta** (varje vecka) av torr, dammig, instängd luft, av lukter eller statisk elektricitet, vilket är ett bra resultat (Diagram 2). Att luften **ofta** är torr tyckte emellertid 18% och att den var det **ibland** tyckte 45%. Andra besvär som var rätt utbredda **ibland** var "matoslukt", vilket sammanhänger med att eleverna äter lunch i korridoren vid sitt klassrum. **Ibland** upplevdes också "instängd luft", "statisk elektricitet" och "dammig luft".

Bland de yngre eleverna besvårades 33% ofta och 41% ibland av statisk elektricitet ("får stötar") (Diagram 3). 19% tyckte **ofta** att luften var instängd och drygt hälften att den var det **ibland**.

Särskilt omfattande var besvären av statisk elektricitet i rum 107, där 67% besvårades **ofta** av detta. Rätt höga besvärsfrekvenser förekom även i rum 216 och 305.

I ett par rum på plan 1, 2 tr, besvårades 35% av eleverna **ibland** av avloppslukt.

Hälften av personalen uppgav att de vädrade minst en gång per dag, medan 33% av eleverna tyckte att det alltid eller för det mesta var utvädrat i klassrummet.

Värmekomfort detaljerat

Inte heller när det gäller värmekomforten besvårades fler än 20% av personalgruppen och de äldre eleverna **ofta** av att det var kallt, för varmt eller dragigt. (Diagram 4). Däremot besvårades 44% **ibland** av att det var för "kallt på morgonen" och "för varmt på eftermiddagen".

Bland de yngre eleverna tyckte 32% att det

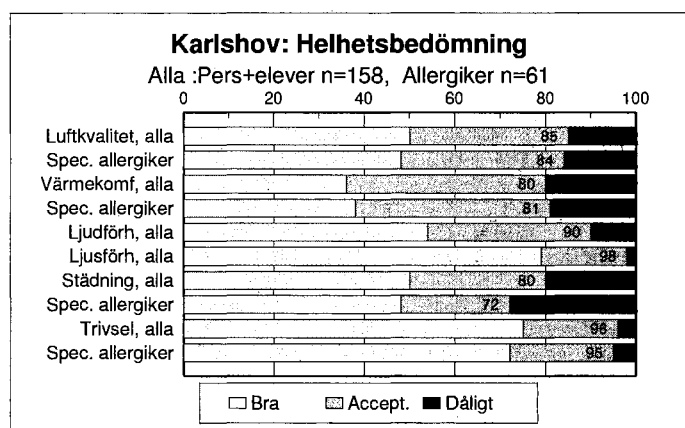


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

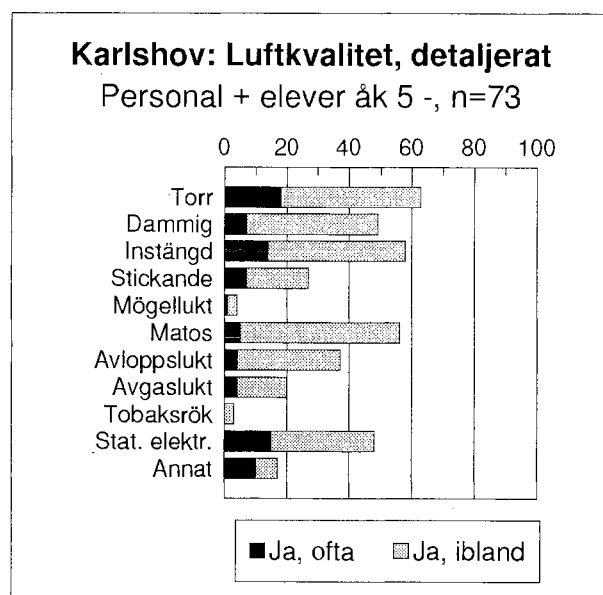


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvåras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

ofta var för varmt och hälften tyckte att det var det ibland (Diagram 5).

I några klassrum på våning 1, 2 tr (Rum 201, 220 och 216) besvärades relativt många av att det var för "kallt på morgonen", att det var "drag från dörr" och "drag från fönster".

Slutsats värme – luftkvalitet

Sammantaget innebär detta att inga stora problem finns med vare sig upplevd luftkvalitet eller värmekomfort. Det mest uppseendeväckande var att besvären av statisk elektricitet var så pass omfattande. Det finns också ibland besvär av att det är för varmt (i klassrummen mot västra fasaden) på em och för kallt på morgonen (klassrum på plan 1, 2 tr), samt att luften ibland är instängd och torr.

Ljud och buller

När det gäller ljud och buller uppgav 20% av personalgruppen och de äldre eleverna att de ofta besvärades av ljud från ventilationen (frånluftsfläktarna) och 24 % att de gjorde det ibland. Det var dock fler som besvärades av ljud från skolgården (37% ofta och 45% ibland) och ljud från korridor (35% ofta och 53% ibland). De yngre eleverna hade ingen fråga om ljud från ventilationen. Ljudproblemen, både från ventilationen och i övrigt, är större i Lindöskolan än i Karlshovsskolan.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärsfrekvenser finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominanta i olika åldrar har personalen respektive elever i åk 5 – och i åk – 4 skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten, på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Besvärsfrekvenserna för personalgruppen var mycket låga (Diagram 6). För 8 av 11 efterfrågade symptom var procentandelen

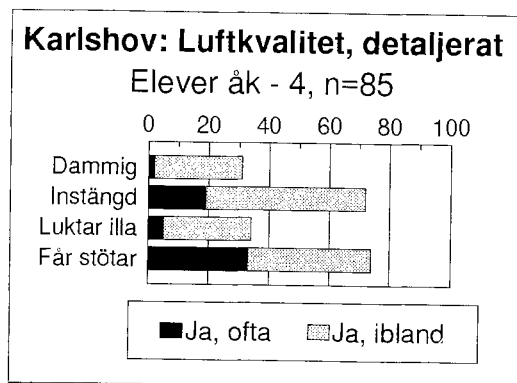


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

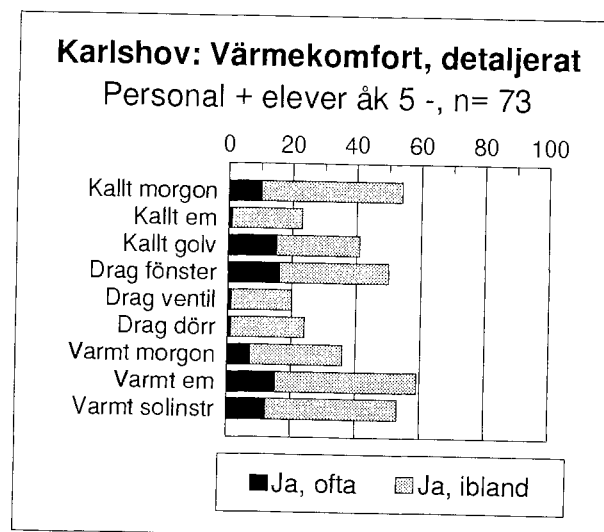


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värmekomforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

besvärade 0 eller 5%. För två av symptomen ("irriterad näsa" och "torr eller rodnad hud i ansiktet") var besvärsfrekvenserna något högre (19% respektive 14%) än i referenserna.

Av de 11 symptomen som efterfrågas var det tre ("irriterad näsa", "heshet/halstorrhet" och "torr, rodnad hud i ansiktet") som någon (1–3 personer) relaterade till lokalerna.

Bland de äldre eleverna förekom inget av besvären i onormalt stor utsträckning (Diagram 7). Överlag hade de dock något högre besvärsfrekvenser än i referensen "Goda exempel på sunda hus" (Godex) för alla symptom utom "trötthet" och "näsirritation". Av det senare var ingen ofta besvärad.

Av de 11 symptomen var det 7 där 1–4 personer av 51 kopplade sina besvär till lokalerna. Här var det främst allmänsymptom, som kopplades till lokalerna.

De yngre eleverna var tröttare (32%) än referensen (20%) (Diagram 8). De hade också högre besvärsfrekvenser för symptomen "haft hosta" (27%) i förhållande till referensen.

En analys av allergikernas hälsa visar att allergikerna hade något högre besvärsfrekvenser för de flesta symptomen, vilket naturligtvis oftast är fallet. Däremot kopplade de inte, i högre grad än alla svarande, sina besvär till byggnaden. Bland personalen fanns 2 av 7 allergiker som besvärades av "torr eller rodnande hud i ansiktet" och som ansåg att det berodde på skollokalerna. 1 av 7 besvärades av "näsirritation" och "heshet/halstorrhet" och ansåg att det berodde på lokalerna.

Bland de äldre eleverna fanns 2 av 18 allergiker som besvärades av "koncentrationssvårigheter" och 1 som besvärades av "huvudvärk", "heshet/halstorrhet" och "hosta" och som ansåg att det berodde på lokalerna. De äldre allergiska eleverna var dock mindre trötta (25%) än övriga (32%) och

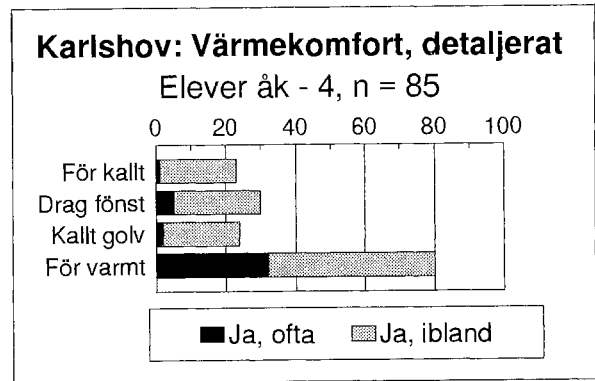


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besväras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

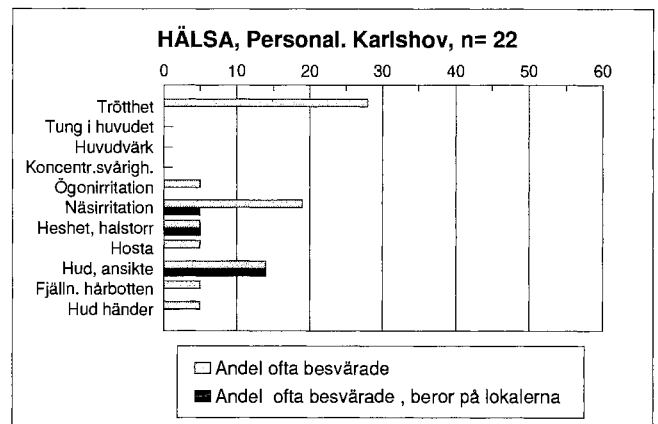


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

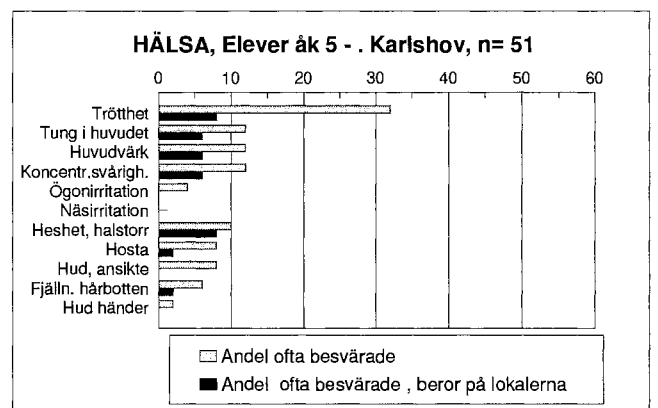


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk 5- som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

ingen av dem kopplade sin trötthet till skollokalerna.

Slutsatsen är att inomhusmiljön i Karlshovsskolan inte är helt fri från hälsosymptom som kopplas till byggnaden. Besvärsfrekvenserna för flera symptom är något högre än i referensen "Goda exempel på sunda hus". De flesta, även allergikerna, mår dock bra i huset.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Karlshovsskolan en typisk vinterdag (Diagram 9) höll sig relativt jämnt kring 20–22° C under lektionstid.

Vid momentanmätningen var lufttemperaturen i båda klassrummen, 220 (nordost med 26 personer) och 305 (sydväst med 17 personer), 22°C. (Tabell 2).

Den genomsnittliga rumstemperaturen under Långtidsmätningen, dygnet runt, var 22,8°C. (Tabell 3). Någon nattsänkning av temperaturen förekommer inte.

Den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, låg vid momentanmätningen i snitt på samma nivå, 22°C, som lufttemperaturen. I klassrum 305, som inte hade förmiddagssol var den operativa temperaturen ca 0,5°C lägre, pga den kalla fönsterytan (tvåglasfönster). På den soliga sidan, klassrum 220, var den högre p g a soluppvärmd ruta. (Tabell 2).

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman upplevelsen av luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen i snitt 21,0°C, d v s en grad lägre än lufttemperaturen. Detta indikerar ett måttligt drag från fönstren. (Tabell 2).

Golvtemperaturen var lägst på skuggsidan närmast fönster i rum 305, 18,9°C.

Relativa luftfuktigheten under momentanmätningen var 38% i klassrum 220 med 26 personer och 34% i klassrum

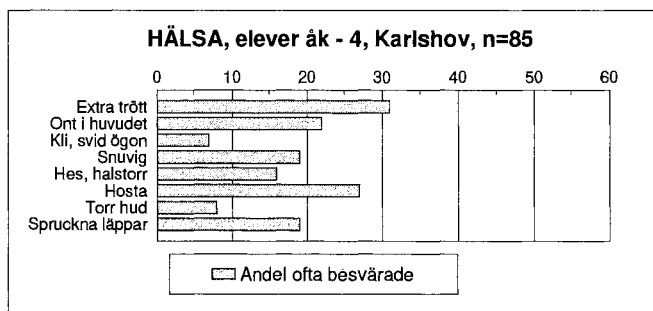
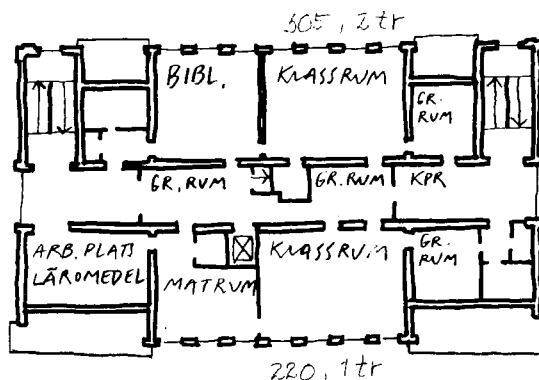


Diagram 8: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvären berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

Tabell 2: Sammanställning av momentanmätningar - Karlshovsskolan

Klassrum 305, 2 tr, Fönster åt SV

Tidpunkt för mätning : 19950316

Personbelastning: 17 personer.

Uteförhållanden:

 Temp: +1°C, RF 90%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: SO, 2 m/s, mulet.

Solavskärmning:

Fönstergardiner ej fördragna kl 8-10.

Klassrum 220, 1 tr, Fönster åt NO

Tidpunkt för mätning : 19950315

Personbelastning: 26 personer.

Uteförhållanden:

 Temp: +2°C, RF 85%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: SSO, 5 m/s, mulet.

Solavskärmning:

Markiser ej nedfällsda kl 10-12.

Punkt 1

22,0°C

21,5°C

20,5°C

18,9°C

Punkt 2

22,0°C

21,6°C

20,3°C

20,4°C

Temperaturer

Lufttemperatur
 Operativ temperatur
 Ekvivalent temperatur
 Golvttemperatur

Punkt 1

22,0°C

22,2°C

21,3°C

20,5°C

Punkt 2

22,0°C

22,5°C

21,7°C

20,7°C

Luftfuktighet

34%
 2,0 g/kg

Relativ
 Fukttillskott inne

38%
 2,5 g/kg

Radongashalt

Entréplan, kök: <30 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)
 Suterrängvåning,
 sylvärd: 150 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)

Ljudnivåer

Uppmätt i tomt rum (220), i 18 punkter

	Medel	Max	Min	
dB(A)	33,6	38,4 ¹⁾	30,7	1) vid F-don
dB(C)	51,8	55,8	48,7	

Efterklangstid

Uppmätt i tomt rum (220), i 3 punkter (48 registreringar)

	Medel
Sekunder	Mätningen misslyckades

Magnetfält (5-2000 Hz) i µT (Mikrotesla)

Uppmätt i tomt rum (220), i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

	Medel	Max	Min	
Mikrotesla	0,15	0,20 ¹⁾	0,11	1) Närmast innervägg

Karlvovsskolan temperatur och CO₂ Rum 220 17 mars 1995

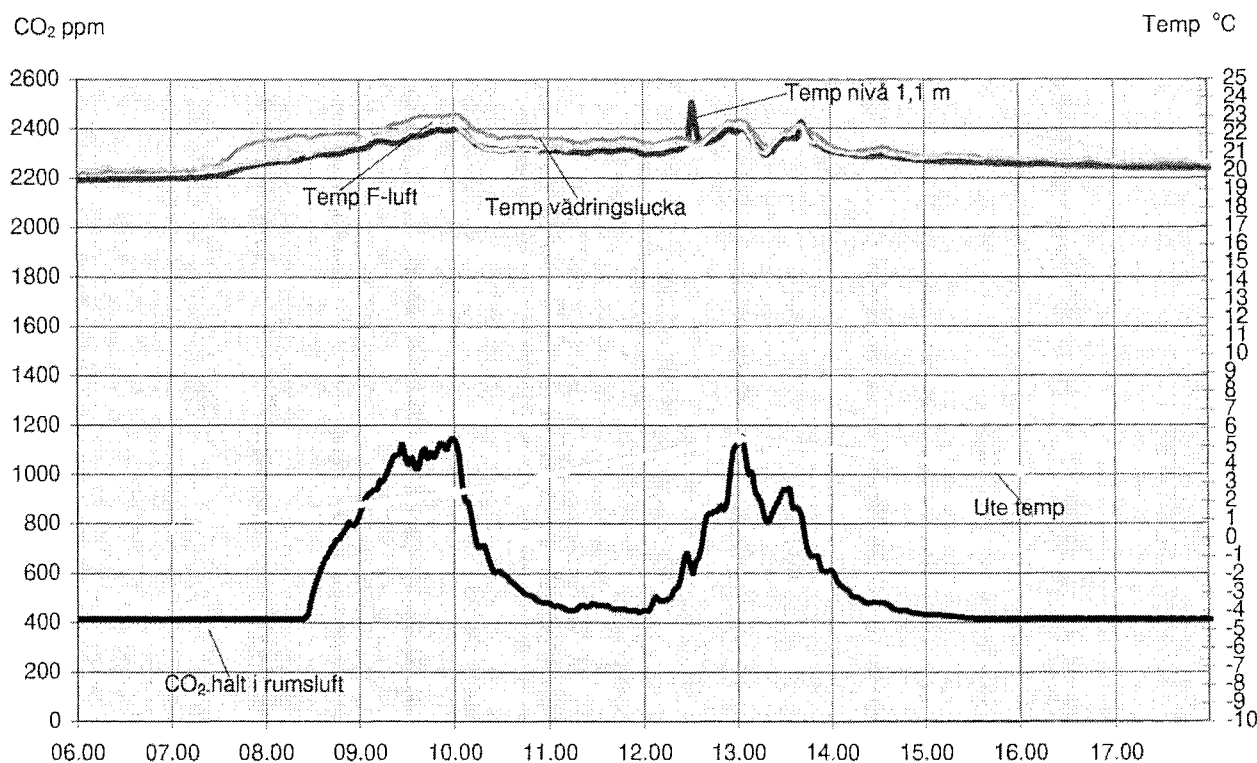


Diagram 9: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 17 mars 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Karlvovsskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 220 17 mars 1995

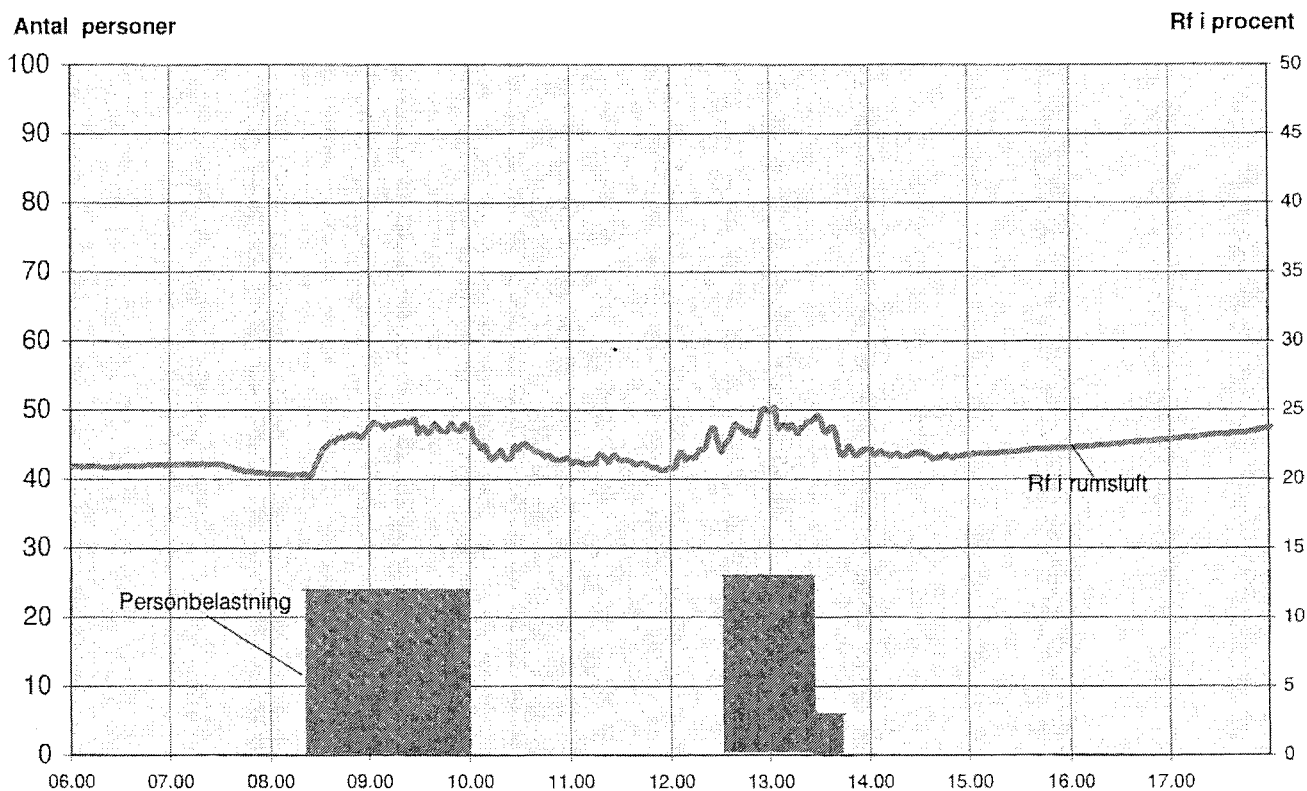


Diagram 10: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 9.

305 med 17 personer. Utetemperaturen var då 1–2°C. Fukttillskottet inomhus låg på max 2,5 g/kg. (Tabell 2).

I diagram 10 redovisas en kontinuerlig mätning av RF för en typisk skoldag i mars, då utetemperaturen låg på några plusgrader. Då pendlade RF i klassrummet (med 25 personer) under lektionstid mellan 20 och 25%.

Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt, var 24%. Den kontinuerliga "veckomätningen" av RF gav ett max på 28% och ett min på 13%. (Tabell 3).

Luftväxlingen

Luftväxlingen i klassrum har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂-halten (varannan minut) i en vecka, dels med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av ca sju veckor.

CO₂-halten, som var 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, stiger en typisk skoldag till max 1200 ppm under slutet av lektionen. (Diagram 9). Den aktuella personbelastningen framgår av Diagram 10. Eftersom det var vinter var frånluftsfläkten inställd på 60% av full kapacitet.

Den genomsnittliga luftväxlingen under en åttaveckorsperiod uppmättes med passiv spårgasteknik. Mätningen omfattar alla lokalytor med det förstärkta självdragssystemet, alltså inte bara klassrummen.

Dygnsmedelvärdet (d v s inklusive nätter och helger) för denna period var 1,75 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den luftomsättning som gäller under skoltid beräknats till 2,2 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, ändå räknar med takhöjden 3 m, ger detta en luftväxling under skoltid på ca 2,6 oms/h.

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Karlshovsskolan

	Källa	Uppmätta värden
Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	1,75 oms/h
-skoltid	(1)	2,2 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,6 oms/h
Rumstemperatur		
- genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	22,8°C
-skoltid, medel	(2)	22,5°C
max	(2)	25°C
min	(2)	20°C
RF rumsluft		
- genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	24%
- max	(2)	28%
- min	(2)	13%

(1) Långtidsmätning

Mätning 15 mars-11 maj 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 16 mars-24 mars 1995 (med Miteclograr) av CO₂, rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen

-dygnsmedelvärde, hela perioden	+3,5°C
-skoldagsmax	+11,3°C
-skoldagsmin	-0,2°C

RF ute¹⁾

-dygnsmedelvärde, hela perioden	70,4%
-skoldagsmax	92%
-skoldagsmin	40%

Vindstyrka¹⁾

-medel kl 10, hela perioden	4 m/s
-max	7 m/s
-min	2 m/s

¹⁾ Värdena här gäller 16-22 mars, då SMHI-data saknas för 24-25 mars 1995.

Ljudnivåerna i tomt klassrum var överlag högre än de mål som ställts, vilket sammanföll med nu gällande nybyggnadsnorm, BBR94 (<30 dB(A)). I genomsnitt låg ljudnivåerna i klassrum på 33,6 dB(A). Vi kan erinra oss att det fanns 20% av de svarande på enkäten som ofta besvärades av för höga ljudnivåer från ventilationen och 24% som gjorde det ibland.

Det lågfrekventa ljudet låg i medeltal på 51,8 dB(C), vilket med någon marginal överstiger det riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (3), nämligen <50 dB(C).

Radongashalten på entréplanet låg under 30 Bq/m³, vilket är betydligt lägre än gällande värde i BBR94 (200 Bq/m³). I suterrängvåningen (syslöjden) uppmättes dock en radongashalt på 150 Bq/m³, vilket närmar sig gränsvärdet.

De **magnetiska fältstyrkorna** låg i stort sett på bakgrunds-nivån.

ARKITEKTUR

Arkitektoniskt har man lyckats väl med att bevara den gamla skolans karaktär. Påbyggnaden för luftintaget ansluter väl till byggnadens formspråk. Tillufts-lösningen som valts innebär att uttag i fasad för uteluftsventiler inte behövt tas upp.

De generösa mittkorridorerna har nyttjas på ett bra sätt. Ljusinsläppen i korridorerna ändrar, kombinerat med glasade dörrar för brandavskiljning, ger en trivsam miljö, liksom det välvda korridortaket som döljer tilluftskanalerna.

Genom att de deplacerade donen matas med luft underifrån slipper man frilagda tilluftskanaler ned till donet och har istället kunnat nyttja ovansidan för ett avlastningsbord.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluften finns inte installerad, då detta skulle öka tryckuppsättningen i systemet. Härigenom blir fjärrvärmeförbrukning för uppvärmning av tilluft högre än i en skola med FTX-ventilation.

I FTX-system är tryckfallet högt på värmeväxlare, filter, ljuddämpare även på tilluften m m, totalt ca 600 Pa i såväl F-systemet som T-systemet. Normalt ger detta en extra elanvändning i ett FTX-system på ca 12 kWh/m², år. I Karlshovsskolan, som varken har värmeväxlare eller högklassiga filter, är systemtrycket lågt, ca 50 Pa. Detta ger en elanvändning för ventilationen på ca 0,5-1,0 kWh/m², år.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda F-lösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. Energi för uppvärmning av tappvarmvatten ingår inte i beräkningarna, varför resultatet inte är direkt jämförbart med den uppmätta energianvändningen. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4.

Beräkningen gav resultatet att den totala energianvändningen med det aktuella F-systemet var 223 kWh/m² och år. Om samma lokaler hade ventilerats med ett FTX-system skulle energianvändningen bli något lägre, 216 kWh/m² och år. (Avsnitt 5.5, Tabell 15).

Samtidigt är den aktuella lösningen mer effektiv. El kräver mer energi för sin framställning varför det är motiverat att räkna upp elanvändningen med en faktor.

Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, (ett tal som bl a används i Stockholms stads program för energieffektiva sunda hus) blir totala energianvändningen för F-systemet något lägre än för FTX-system på motsvarande ytor (224,4 kWh respektive 233 kWh). Slutsatsen är att skillnaderna mellan de båda förslagen är små. I kostnadsskillnad handlar det om mindre än

10.000 kr per år för hela skolans energianvändning.

Enligt den energistatistik som förs av Lokalförsörjningskontoret i Norrköping var den totala normalårskorrigerade energianvändningen för Karlshovsskolan år 1996 282 kWh/m². Av detta var 230 kWh/m² energi för uppvärmning (inklusive tappvarmvatten) och 52 kWh/m² el.

Uppmätningen kan jämföras med de nyckeltal för årlig energianvändning som använts bland annat i Malmö kommun. För värme: 150 kWh/m². För el: 75 kWh/m², dvs en total energianvändning på 225 kWh/m². Vid denna jämförelse är energianvändningen för uppvärmning i Karlshovsskolan hög. Detta sammanhänger dels med dåliga u-värden på de gamla tegelväggarna, dels med att värmeåtervinning på frånluften saknas. Elanvändningen är däremot lägre än referensen och torde främst kunna förklaras med en lägre fläktel.

KOMMUNENS ERFARENHETER

Hans Wadskog, Lokalförsörjningskontoret, har sammanfattat erfarenheterna av det valda systemets för- och nackdelar enligt följande.

"Fördelar:

- o En mer varsam ombyggnad (befintliga kanaler används).
- o "Kontroll" på luften.
- o Mindre installationsutrustning för ventilationen.
- o Mindre rör- och elinstallationer.
- o Lägre investeringkostnader.

Nackdelar:

- o Inte självklart att anläggningen godkänns (Bygglov, brandskydd osv).
- o Tidiga kontakter viktiga!
- o En noggrann projektering krävs. (Samråd mellan konsulter mycket viktigt).
- o Osäkerhet om var gamla befintliga kanaler finns i murverken.
- o Avsaknaden av värmeåtervinning ger en högre uppvärmningskostnad."

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

Förutom en allmän målsättning med ombyggnaden att den termiska komforten skulle förbättras (jämnare rumstemperatur med mindre drag), hade funktionskrav ställts på CO₂-halt < 1000 ppm samt ljudnivå från installationerna < 30 dBA.

Mätningarna visar på att rumstemperaturen under skoltid i genomsnitt var relativt hög, ca 22,5°C med ett min på 20°C och ett max på 25°C på NV-sidan, där markiser saknas. Vissa kvarstående problem med drag från fönster gör det troligtvis svårt att sänka rumstemperaturen.

Kravet på CO₂-halt < 1000 ppm klaras i stort sett. Den överstiger 1000 ppm något vid lektionstidens slut. Maximalt går den upp till drygt 1200 ppm med det aktuella elevantalet, som varierar mellan 18 och 27.

Ljudnivåerna i tomma lokaler var i medeltal 33,6 dBA. Frånluftssystemet gav ett brus, som många besvärades av ibland. Här klarades således inte det ställda kravet, trots att grundförutsättningarna var goda genom det låga tryckfallet i anläggningen och avsaknaden av fläktar på tilluftssidan. De förhöjda ljudnivåerna beror på att stryppjäll placerats bakom de bevarade frånluftsgallren. Genom att istället placera stryppjällen på vinden hade ljudproblemet kunnat undvikas. Detta hade dock blivit en dyrare lösning då det krävde ombyggnad av den gamla skorstenen.

Påverkanmöjligheter

Personalens och eleverna möjlighet att påverka inomhusklimatet i Karlshovsskolan är inte större än i en vanlig skola med FTX-ventilation. Radiatorerna har termostventiler. Påverkbar effektiv solavskärmning finns på österfasaden, men saknas på västerfasaden.

Fönstren är öppningsbara, men eftersom det

är en flervåningsbyggnad finns inga takfönster som kan bidra till en effektiv vädring.

Upplevd innemiljö och hälsa

Karlshovsskolan är inte helt fri från hälsobesvär kopplade till byggnaden. Allergikerna kopplar dock inte sina besvär i högre utsträckning än andra elever eller vuxna till skolbyggnaden.

När det gäller miljöfaktorerna är "statisk elektricitet", "för varmt", "för kallt", "buller från ventilationen" de mest frekventa problemen enligt enkäten.

Uppseendeväckande många bland elever och personal besväras av statisk elektricitet. På bv, rum 107, är det så många som 67% som ofta besväras av detta.

I vissa klassrum, fr a i de nordvästligt orienterade (107, 108) var det många elever som tyckte att det var för varmt på em. På denna fasad saknar fönstren markiser.

TEKNIK

Det fanns en **förhöjd radongashalt** i souterrängvåningen (syslöjden) på 150 Bq/m³, vilket närmar sig gränsvärdet för nybyggnad (200 Bq/m³). Detta indikerar att det finns en viss radontransport från marken, alternativt att väggarna i souterrängplanet består av blå lättbetong. En ombyggnad av detta slag bör föregås av en mätning av radongashalten, så att lämpliga åtgärder kan diskuteras vid behov. I entréplanet var halten låg.

Första tiden efter ombyggnaden fanns ett **för kraftigt undertryck i klassrummen** och otätheter runt fönster i fasaden. Kallluft läckte in via fönsterinfästningar m m. Radiatorerna var också injusterade så att de gav för lite värme. Under vintern 1995 drogs luftflödet ned till 60% av det maximala under vinterhalvåret, radiatorerna injusterades och alla fönster tätades. Detta har förbättrat den termiska komforten betydligt. Enkäten, som genomfördes efter åtgärderna visade på i stort sätt bra värmekomfort. Fortfarande är det dock för kallt **ibland** på våning 1, 2 tr upp, speciellt

i rummen som ligger mot den oisolerade vinden mot gavlarna i våning 2, 3 tr. På detta våningsplan besväras också speciellt klassrum 201 och 220 ibland av "drag vid dörr" och "drag från fönster".

Påfrysning på värmebatteriet i luftkammaren har varit ett problem. Genom att F-fläktarna nu körs på 60% av maximalt varvtal har problemen med undertryck och påfrysning minskat. Samtidigt tyder CO₂-mätningarna på att luftflödet i klassrummen i stort sett är tillräckligt.

En viktig erfarenhet att förmedla är **risken för att stöta på kanaler i samband med nya håltagningar i hjärtväggen**, t ex för nya dörrar, hiss e t c. Kanalernas exakta läge går nästan aldrig att få fram och risken är stor att man vid håltagning skär av ventilationskanalerna. Följden av detta blir att man måste skarva i med plåtkanaler. För att dessa ska få plats i väggarna måste större hål och böjar m m upprymmas.

Den **tunga byggnadskonstruktionen** är en positiv faktor vad gäller möjligheten att ackumulera kyla och värme i stommen och bidrar till **temperaturutjämning** av inomhusklimatet.

Uppvärmning av den passiva tilluften i souterrängvåningen ger mindre drag och en mer likvärdig termisk drivkraft på alla våningplanen än om tilluften tagits in via uteluftsventiler .

Den **termiska drivkraften nyttjas till en del genom att ventilationen har årstidsanpassats**. På sommaren körs fläktarna med fullt varvtal. På vintern körs de med 60% av fullt varvtal.

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat skall kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- o F-fläktarna ställas om för sommar respektive vinterdriftfall.
- o Varmluftskammaren inspekteras och hållas ren, blandningsfläktarnas funktion

m m kontrolleras. F- och T-kanaler hållas rena och frånluftsfläktarna och F-flödena ses över.

- o Markiserna underhållas.

ENERGIANVÄNDNING

Energiberäkningen indikerade att den totala energianvändningen med det aktuella F-systemet är 7 kWh/m^2 och år högre än om samma lokaler ventilerats med ett FTX-system (223 kWh respektive 216 kWh). Samtidigt är den aktuella lösningen mer effektiv. Det låga tryckfallet i ventilationen ger en mycket låg elanvändning för fläktar.

Energistatistiken visar på en relativt hög energianvändning, 282 kWh/m^2 och år, som huvudsakligen beror på att de homogena tegelväggarna har ett högt U-värde.

KOSTNADER

Husbyggnadskontoret i Norrköping gjorde i mars 1993, en sammanställning av kostnaderna för ombyggnaden av ventilationen i Karlshovsskolan, samt en jämförande beräkning av vad installation av ett FTX-system skulle ha kostat. I kostnaden ingår:

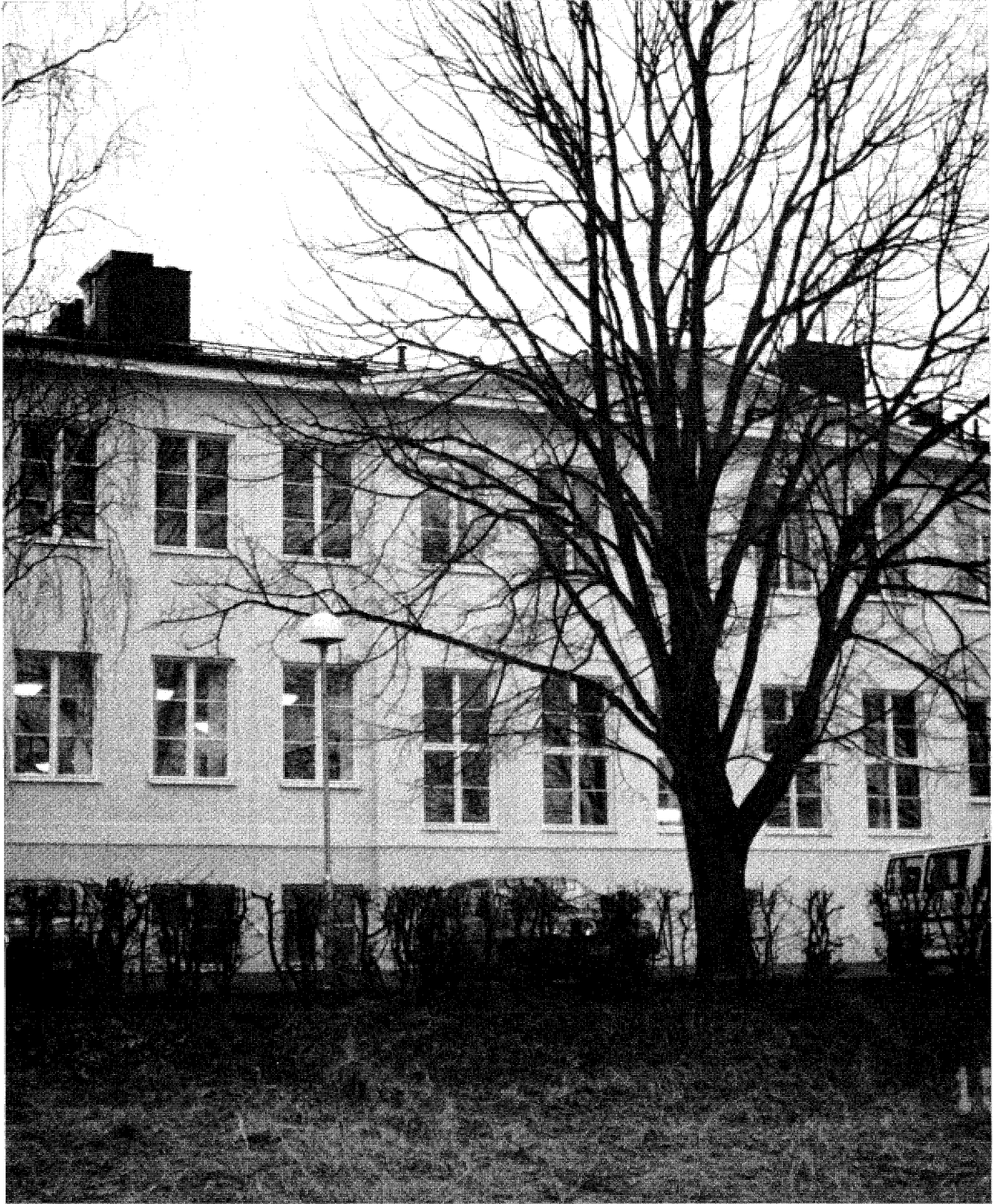
Projekteringen, ventilationsentreprenaden, byggkostnad för fläktrummet och håltagningar samt styr- och övervakningsutrustning. För det valda förstärkta självdragssystemet blev kostnaden i 1993 års priser 1,3 Mkr, eller 590 kr/m^2 . För FTX-alternativet skulle investeringskostnaden blivit 1,8 Mkr, eller 810 kr/m^2 . D v s investeringskostnaden för det förstärkta självdragssystemet utgjorde ca 70% av kostnaden för FTX-systemet.



De breda korridorerna blir trivssamma utrymmen att vistas i. De ventileras med både till och frånluft eftersom de används för lunch och grupparbeten.



7.7 Lindöskolan, Norrköping - Ombyggnad



Lindöskolan, Norrköping

FAKTA

VERKSAMHETEN

Ombyggnad 1993 av befintlig skola, uppförd 1931, till mellanstadium för 8 klasser med totalt 190 elever.

INFLYTTNING

Augusti 1993.

STUDERAD BYGGNAD

Huvudbyggnaden.

MEDVERKANDE

Byggherre:

Lokalförsörjningskontoret, Hans Wadskog, Norrköpings kommun.

Nyttjare: Lindöskolan.

Konsulter:

Arkitekt och konstruktör: Arne Carstens Byggkonsult AB.

Vent: P-O Nylund, Sunda Hus AB.

VS: Wahlings AB.

El: EL-T.

ENTREPRENADFORM

Delad entreprenad.

AREA OCH KOSTNAD

Total bruttoarea: 1819 m²

Total bruksarea: 1700 m²

Total ombyggnadskostnad:

11 Mkr i 1992 års prisnivå (exklusive moms).

Kvadratmeterkostnad:

6.047 kr/m² BTA

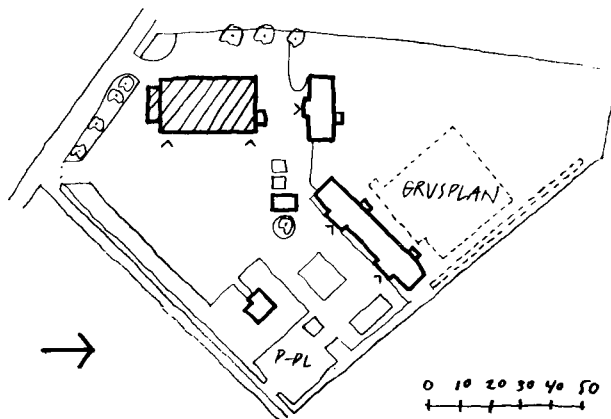
6.470 kr/m² BRA

LOKALISERING

Tomten ligger i ett villasamhälle strax utanför Norrköping. Skolan ligger inte långt från Lindö kanal, som mynnar ut i Bråviken. Skolparkeringen ligger ca 80 m från huvudbyggnaden, men en del "icke officiell parkering" förekommer längs västra fasaden. Byggnaden är omgiven av näraliggande gator i söder och väster.



Lindöskolans fasad mot öster.



Situationsplan, skala 1:2500.

Beskrivning

UTGÅNGSPUNKTER VID PLANERINGEN

Lindöskolan är idag en mellanstadieskola för 8 klasser i årskurserna 4, 5 och 6. Huvudbyggnaden, som uppfördes 1931, är typisk för tidens skolbyggnader. Den genomgick, liksom Karslshovsskolan, en total ombyggnad 1993. Huset har en vind och tre våningsplan, varav entréplanet är en souterrängvåning. Klassrummen är belägna i de tre våningsplanen på ömse sidor om korridoren, som i sin tur står i förbindelse med trapphus vid de båda gavlarna.

MÅL OCH KRAV FÖR BYGGPROJEKTET

Hög temperatur och dålig luftväxling hade varit de största problemen med inomhusklimatet.

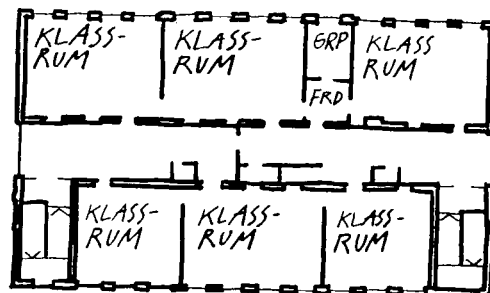
Målsättningen med projektet var att, genom varsam ombyggnad, förbättra den termiska komforten (en jämnare rumstemperatur med mindre drag) och luftkvaliteten. Man satte bland annat som mål att hålla CO₂-halten i klassrummen under 1000 ppm, vilket kräver ett luftflöde på minst 8 l/s.p.

Systemen skulle också vara överskådliga och lätta att sköta. Man ville, i så stor utsträckning som möjligt använda befintliga ventilationskanaler och prova någon form av förstärkt självdrag.

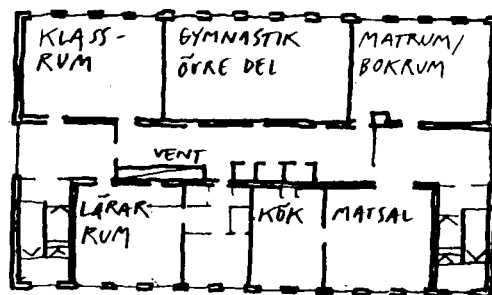
För varaktig ljudnivå från installationerna i klassrum ställdes kravet max 30 dBA.

Brandförsvaret ställde inga krav på särskilda kanaler för rökavlastning eftersom varje brandcell planerades bli matad med separata tilluftskanaler. Eftersom frånluftsfläktarna skulle bli axialfläktar med låga tryckfall erfordrades inte heller några förbigångskanaler. För att utröna om ventilationssystemet skulle ge upphov till rökspridning utfördes särskilda beräkningar.

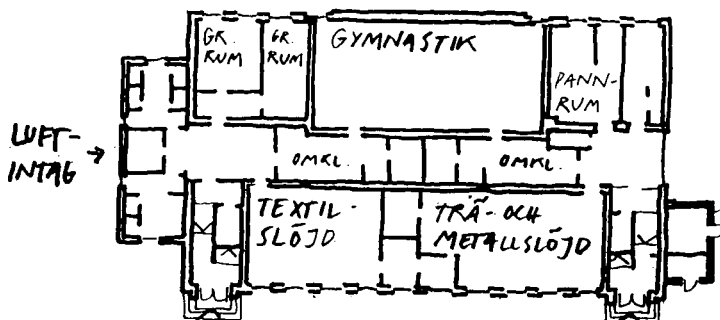
Byggnadsnämnden krävde varsam ombyggnad. Inget krav ställdes från BN på



Våning 2 tr, skala 1:500.



Våning 1 tr, skala 1:500.



Entréplan, skala 1:500.

värmeåtervinning i ventilationen, dock krävdes att filter skulle installeras på tilluften.

BYGGNADSUTFORMNING

KONSTRUKTION OCH MATERIAL

Grundläggning: Betongsula/sockel.

Stomme: Ytterväggar och hjärtväggar i 2-stens homogen tegelkonstruktion, d v s ca 50 cm tjocka. Ytterväggarna är putsade, såväl utvändigt som invändigt.

Bjälklag: Betong med ingjutna stålbalkar.

Mellanväggar: De längsgående väggarna mellan klassrum och korridor är hjärtväggar av tegel, c a 50 cm tjocka. Även övriga mellanväggar är av tegel.

Golv: Linoleum

Färg: Latexfärg

Undertak: Målad puts och absorbenter i form av kassetter av hårdpressad mineralull som spritts ut över takytan, d v s ej heltäckande.

Takhöjden i klassrummen och i korridoren på översta våningen (där ingen kanaldragning finns) är 3,2 m och i korridorerna på bv och 1 tr 3 m. Klassrummens storlek varierar något, men de flesta är ca 60 m² och projekterad för 30 elever.

Korridorerna, som är breda, används som kapprum och för grupparbeten. Även dessa är ventilerade.

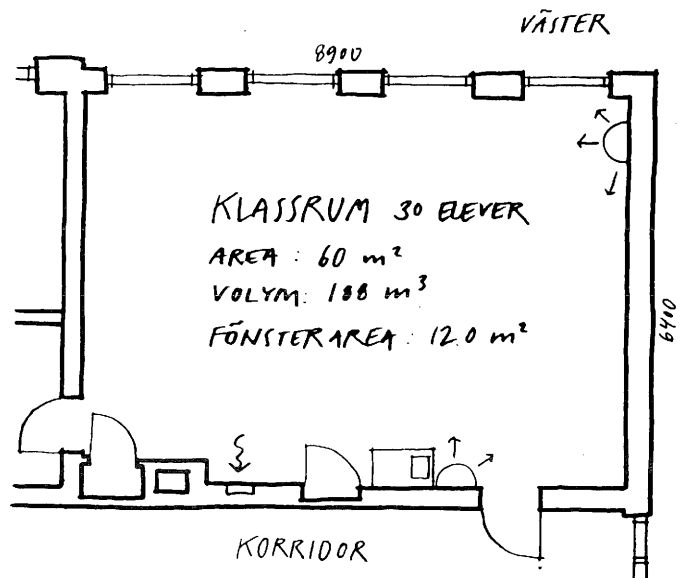
VÄRME OCH VENTILATION - URSPRUNGLIGT SYSTEM

Värmesystemet före ombyggnad var utfört som ett tvårörs radiatorsystem med egen oljepanna. Systemet var slitet och behövde rustas upp. Termostatventiler saknades.

Ventilationssystemet före ombyggnad bestod av ett självdragssystem, där tilluft erhöles genom uteluftsventiler och



Klassrumsinteriör



Klassrum, skala 1:125.

fönstervädning. Frånluften evakuerades från klassrummen via don högt upp på hjärtväggen.

I de båda hjärtväggarna längs korridoren gick de murade frånluftskanalerna vertikalt från bv och upp på vindsvåningen. De hade en diameter på ca 30x30 cm. Luften i varje klassrum evakuerades med en sådan frånluftskanal.

På vindsvåningen sammanfördes frånluftskanalerna till samlingskanaler, som fördelades på två ventilationskorstenar.

VÄRME OCH VENTILATION – DET VALDA SYSTEMET

Värme

Klassrummen har fönster mot öster respektive väster. En av avsikterna med upprustningen var att få en jämnare rumstemperatur. Detta skulle åstadkommas genom:

- tätning av fönster och bortmontering av fönsterventiler,
- bättre reglerutrustning för injustering av värmen,
- montering av utvändiga markiser.

Lindöskolans befintliga oljepanna kompletterades med en keramisk värmeackumulator och elpanna. Elpannan värmer vatten på natteltaxan. På detta vis erhålls tappvarmvatten. Elpannan används också som spetsvärme på vintern och för uppvärmning av skolan, vid behov, under sommarhalvåret när oljepannan är avstängd.

På östra fasaden monterades markiser. Dessa är motordrivna. Genom att trycka på en knapp i klassrummet förs samtliga markiser ner eller upp i önskat läge.

Lärare och elever kan således påverka värmen genom radiatortermostaterna. I klassrummen på östra sidan kan värmen också påverkas genom markiser.

Ingen natt- eller helgsänkning av värmen förekommer. Däremot finns en funktion för

nattkylning under sommarhalvåret med hjälp av ventilationen, där tilluftens temperaturen kan sänkas till ett lägre värde (förinställt på 10°C). Nattkylan via ventilationen träder automatiskt i funktion när utetemperaturen är över 18°C.

Ventilationsprincip

Man valde att använda de befintliga frånluftskanalerna, som tillsammans med nyinstallation av axialfläktar, gav ett frånluftssystem med låga tryckfall. Detta kombinerades med ett nytt passivt (fläktlöst) tilluftssystem, där uteluften togs centralt i souterrängplanet och förvärmades.

Förvärmningen av uteluften i källarplanet innebär att den termiska drivkraften blir lika stor på alla våningsplan (samma princip som i s k Stockholmsventilation). Hade uteluften, som var fallet före ombyggnaden, tagits in via uteluftsdon i varje klassrum, hade den termiska drivkraften blivit sämre ju högre upp i byggnaden klassrummen låg.

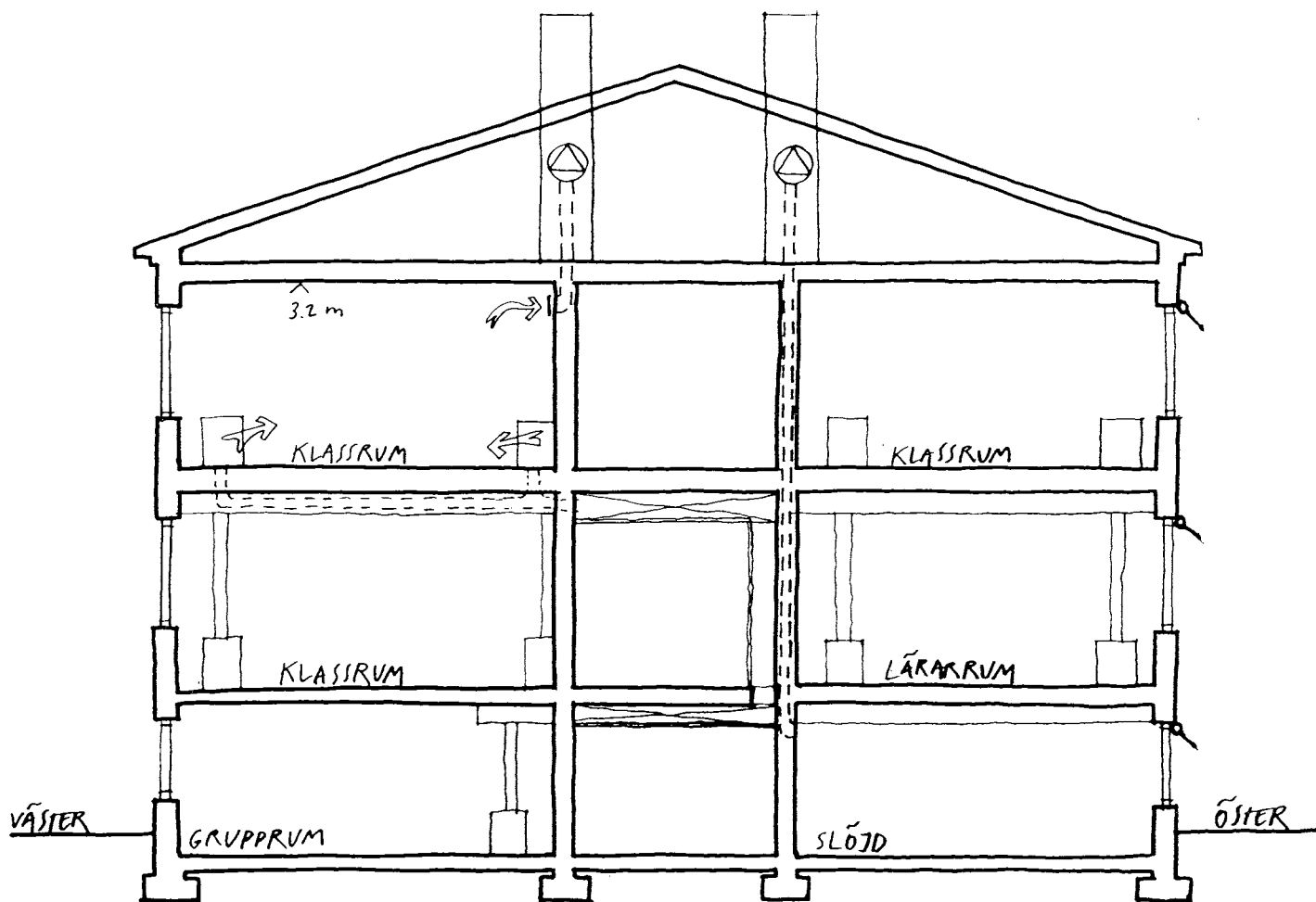
Ventilationen är projekterad för att ge ett flöde i klassrummen på 8 l/s,p med målet att inte överstiga en CO₂-halt på 1000 ppm.

Tilluftssystemet gjordes om helt – från intag till don.

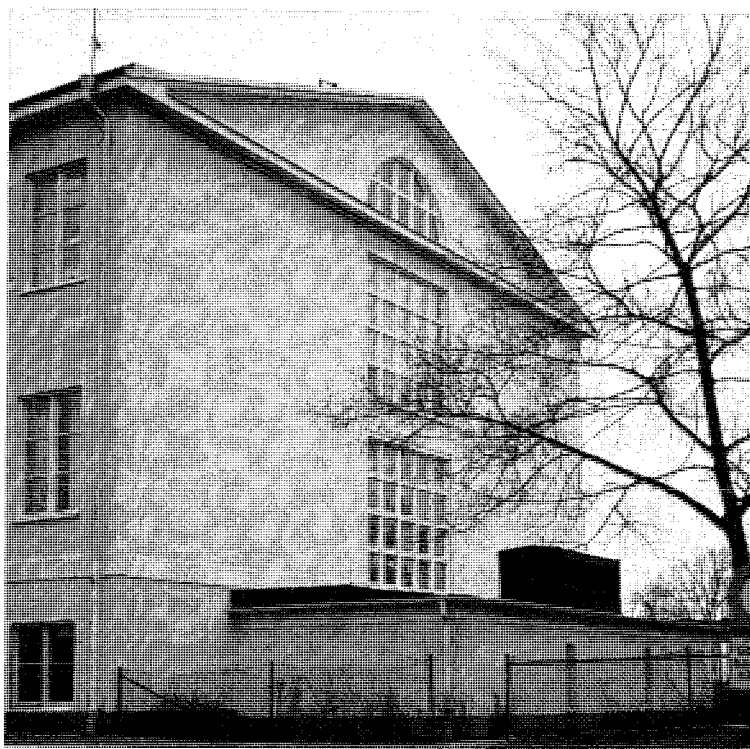
Skolan kompletterades med en liten tillbyggnad på södra gaveln, där ett centralt uteluftsintag placerades. Detta ligger relativt nära gatan och en icke officiell parkering som ligger längs skolans västra fasad. Framför luftintaget står ett högt lövträd, som skuggar luftintaget på sommaren, men släpper igenom solvärme på vintern.

Tilluften suges från intaget till en kammare i suterrängvåningen, där den förvärms till strax under rumstemperatur av värmebatterier som är kopplade till det vattenburna värmesystemet.

På värmebatterierna är 4 st axialfläktar (liten effekt) placerade. Dessa är till för att cirkulera luften genom batteriet och



Sektion, skala 1:125.



Uteluftsintaget är placerat i en liten tillbyggnad på skolans södra gavel.

varmluftskammaren så att den blir jämt uppvärmd. När det är varmare ute än $+17^{\circ}\text{C}$ stannar omblandningsfläktarna och vid -5°C går de på fullt varvtal. Ett spjäll med frysskyddsfunktion stänger lufttillförseln när utemperaturen blir så låg att påfrysning riskeras.

Inget tilluftsfilter finns – inte ens grovfilter. Orsaken till detta är att tryckfallet då skulle öka. Ett lågt tryckfall är förutsättningen för den passiva tilluften.

Luften leds sedan genom ett tiotal horisontella kanaler, försedda med motordrivna spjäll, till ett vertikalt schakt, placerat i korridor mot hjärtväggen.

På våningsplanen fördelas luften via horisontella kanaler. Dessa är förlagda i korridortak på bv och våning 1 tr. På våningsplan 1 och 2 matas tilluften till de golvplacerade donen underifrån och upp genom bjälklaget. I bv distribueras tilluften i de horisontella kanalerna i tak. I rummen ansluter dessa till golvdonen via en vertikal, synlig kanal.

Golvdonen, 2 st per klassrum, är deplacerande. Tilluften, som är något kallare än rumsluften, flyter ut längs golvet innan den värms upp av rumsluften och börjar stiga längs de varmaste kropparna, som är eleverna i rummet.

Även korridoren har tilluft från deplacerande don.

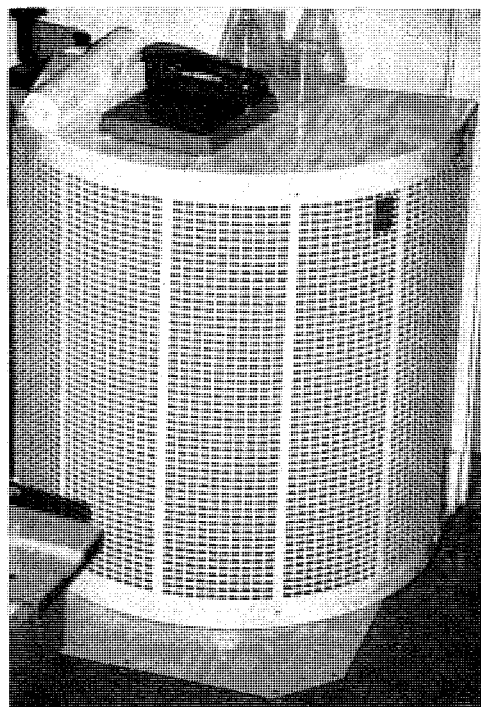
Stora dimensioner valdes för tilluftskanalerna, vilket ger låga tryckfall. Ett svagt inre undertryck utgör drivkraften för tilluftsflödet, som utan aktiv styrning följer det aktuella frånluftsflödet – därav benämningen passiv tilluft.

Tilluften till gymnastiksalen ges en lägre temperatur än luften till övriga lokaler genom inblandning av uteluft efter förvärmningen.

Toalettgrupper får tilluft via överluftsdon.



Fönstren på österfasaden har markiser.



Tilluftsdonen, 2 per klassrum, är deplacerande. Det ena sitter nära fönsterväggen och det andra mot korridorväggen.

Frånluften evakueras genom de gamla frånluftsdonen, placerade högt på vägg, och de gamla frånluftskanalerna i hjärtväggen. De ursprungliga frånluftsdonen, som var gjutna rutgaller med spjäll på baksidan, renoverades och rengjordes. Spjällbladen demonterades och gallret blåstrades och återanvändes.

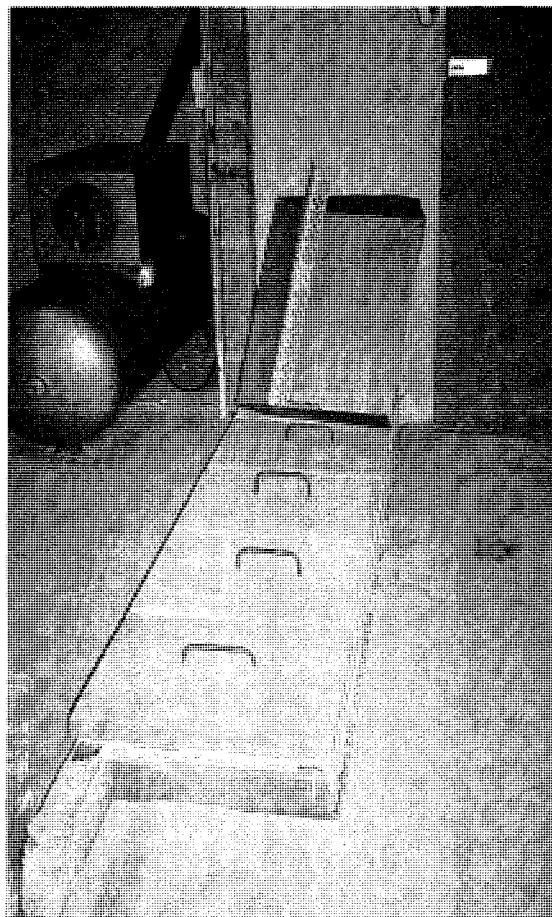
De murade kanalerna i hjärtväggen bedömdes vara intakta och tillräckliga för det ökade luftflödet. De kunde således återanvändas efter rengöring. Likaså var samlingskanalerna på vinden tämligen intakta och lättåtkomliga för inspektion, rensning och lagning. De bättrades och jämnades till. Nya betonglock som utgjorde översida och samtidigt inspektionssluckor i samlingskanalerna tillverkades.

Hål togs upp i respektive skorsten och axialfläktar monterades. Frånluft finns också i korridorerna.

För WC-grupperna och köket monterades separata fläktar. Även här användes gamla murade kanaler.

Frånluftsfläktarna är av axialtyp med låg effekt. Fläktarna kan varvtalsregleras via 5-stegstransformatorer. Lufthastigheten i frånluftkanalerna med fullt varvtal är ca 3,5 m/s. Fastighetsskötaren skall ändra varvtalet efter årstid, d v s på den varmare årstiden fullt varvtal på fläktarna och på den kallare årstiden – då termiken ger ett extra tillskott – lägre varvtal på fläktarna. Här kan alltså den självdragsverkan som fortfarande fungerar på grund av det låga tryckfallet i systemet till en viss del utnyttjas. För att effektivt kunna nyttja termiken skulle emellertid lufthastigheten i kanalerna vara så låg som 1,5 m/s. Detta kunde inte åstadkommas med användning av befintliga F-kanaler och de högre krav på luftflöden som gäller idag.

Värmeväxlare på frånluften finns inte installerad. Även detta skulle ökat tryckfallet i systemet.



Samlingskanal på vinden med inspektionssluckor.

Driftsrutiner

De driftutiner som utvecklats innebär att fläktarna körs på 60% av full kapacitet under vinterhalvåret. Under sommarhalvåret, då den termiska stigningen är dålig, körs fläktarna på full kapacitet. Drifttiden, såväl sommar som

vinter, är måndag-fredag kl 6.00 - 17.00. Nätter och helger är endast grundventilationen via toaletternas F-fläktar igång.

Ingen natt- eller helgsänkning av värmen förekommer. Nattkylning sommartid via ventilationen sker med automatik.



På vinden finns gott om utrymme för att dra frånluftskanaler.

Utvärdering

ENKÄTRESULTAT

Bakgrundsfakta

En enkätundersökning med Stockholms skolenkät genomfördes i mars 1995. All personal och alla elever som var närvarande den aktuella dagen fick fylla i ett frågeformulär om hur de bedömde inomhusklimat och hälsa de tre senaste månaderna i de ombyggda lokalerna. De yngre eleverna (åk 3-4) fyllde i ett förenklat formulär.

Totalt besvarades enkäten av 146 personer, varav 11 var personal, 81 elever i åk 5-6 (åk 5 -) och 54 elever i lägre årskurser (åk - 4).

Personalgruppen bestod av 3 män och 8 kvinnor.

Tabell 1: Antal svarande, allergifrekvens och könsfördelning bland personalen.

Lindöskolan. Enkätdatum: 1995-03-15

	Antal enkäter	Allergiker antal	Allergiker %	Man/kvinna antal
Personal	11	5	45	3/8
Elever åk -4	54	16	30	
Elever åk 5-	81	41	51	
Summa	146	62	42	

Allergifrekvens

I personalgruppen var det 5 av 11 personer, 45%, som hade eller hade haft någon form av allergi, vilket är högre än referensen (34%). Bland eleverna i åk 5- var det så hög andel som 51% ,vilket också är högre än referensvärdet (44%). Andelen elever i åk -4 som hade någon form av allergi var 30%, vilket svarar väl mot referensen (30%).



Miljöbedömning i stort

I den översiktliga bedömningen av inomhusmiljön klassade minst 93% av alla (personal+elever) samtliga parametrar; luftkvalitet, värmekomfort, ljud- och ljusförhållanden, städning och trivsel, som "bra" eller "acceptabla" (Diagram 1). Allergikerna gav minst lika bra omdömen för luft och värme, och trivdes lika bra i skolan som alla andra. Endast städningen fick ett sämre omdöme av allergikerna. 11 % av dessa tyckte att städningen var dålig.

Luftkvalitet detaljerat

Inte fler än 11% av personalgruppen och de äldre eleverna besvarades **ofta** (varje vecka) av någon av parametrarna torr, dammig, instängd luft, av lukter eller statisk elektricitet, vilket är ett bra resultat (Diagram 2). Den högsta besvärsfrekvensen för "Ja, ofta" gällde avgaslukt, vilket 11% besvarades av ofta. 20% gjorde det **ibland**. Detta gällde framför allt i klassrum 7, där så många som 40% av eleverna **ofta** besvarades av avgaslukt och 30% **ibland**.

Tilluftsintaget ligger rätt nära omgivande gator i söder och väster och en del bilar parkerar framför skolbyggnadens västra fasad, trots att det finns en parkering 80 m längre bort från skolan i öster, nedanför skolgården.

Att luften **ofta** var instängd tyckte bara 7%, medan nästan 60% tyckte att den var det **ibland**. 7% tyckte också att det **ofta** luktade matos och 33% tyckte att det gjorde det **ibland**. Andelen som besvarades av matoslukt var högre i Karlshovsskolan, där eleverna äter i korridoren.

Nästan ingen tyckte att luften **ofta** var torr – ett mycket ovanligt resultat. 36% tyckte dock att den var det **ibland**, vilket troligen sammanfaller med solinstrålning i klassrummen på eftermiddagarna. Västerfasaden saknar utvändigt solavskärmning.

Bland de yngre eleverna besvarades också 7% **ofta** av instängd luft och 54% gjorde

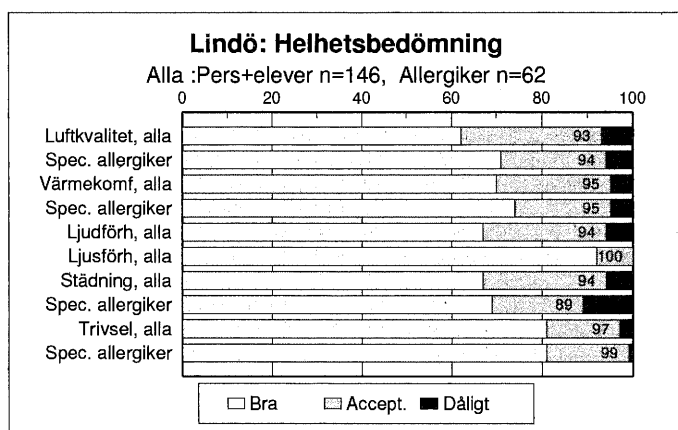


Diagram 1: Personalens och elevernas samlade bedömning av inomhusmiljön. Resultatet för de olika parametrarna brukar betraktas som tillfredsställande om minst 80% av de svarande upplever att det är "bra" eller "acceptabelt". En särredovisning av hur skolans allergiker bedömer luftkvalitet, värmekomfort, städning och trivsel finns också med i diagrammet.

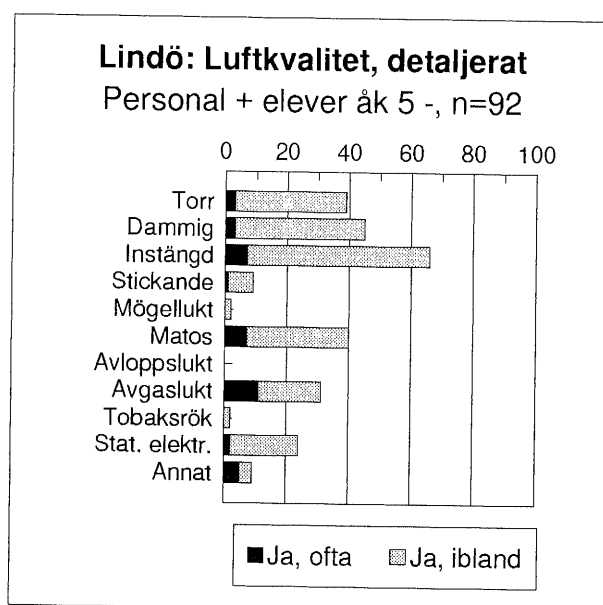


Diagram 2: Personalens och de äldre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvaras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

det **ibland**. I övrigt besvärades inte någon av de yngre eleverna ofta av någon störning i luftkvaliteten. Nästan 30% av dem besvärades dock **ibland** av att "det lukade illa". (Diagram 3). Detta kan möjligen ha avsett avgaslukt i ett klassrum.

I personalgruppen angav 36% att de vädrade minst en gång per dag, medan 27% av eleverna tyckte att det alltid eller för det mesta var utvädrat i klassrummet.

Värme komfort detaljerat

När det gäller värme komforten besvärades inte fler än 13% av personalen och de äldre eleverna **ofta** av att det var för kallt, för varmt eller dragigt. (Diagram 4). Däremot besvärades 47% **ibland** av att det var för "kallt på morgonen" och "för varmt på eftermiddagen". 13% tyckte att det **ofta** var "kallt vid golv" och nästan hälften tyckte att det var det **ibland**.

De yngre eleverna besvärades mer av att det var "för varmt" - det tyckte 56% **ibland** - än att det var "för kallt". 30% tyckte dock att det **ibland** var "för kallt vid golv" och 6% tyckte att det var det **ofta**. Att både personal, äldre och yngre elever tycker att det ibland är för kallt vid golv sammanhänger troligtvis med hur man har deplacerande golvdon samt att det tidvis sker fasadfönstervädring. (Diagr. 5).

Ljud och buller detaljerat

När det gäller ljud och buller besvärades så många som 42% av personalen och de äldre eleverna **ofta** av "ljud från korridoren" och 52% gjorde det **ibland**. 23% av dessa besvärades också **ofta** av ljud från ventilationen och 34% gjorde det **ibland**. Höga ljudnivåer uppmättes också. Se avsnittet "Mätresultat".

Ljudstörningarna i Lindöskolan är ovanligt stora. Förutom ovan nämnda ljudproblem besvärades ca hälften av personalen och de äldre eleverna **ibland** av sammantaget ganska många ljud; "ljud utifrån (skolgård, trafik)", "skrap från bänkar, möbler" och "ljud från angränsande rum."

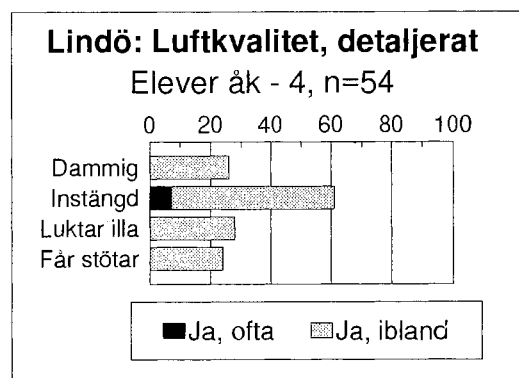


Diagram 3: De yngre elevernas bedömning av luftkvaliteten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

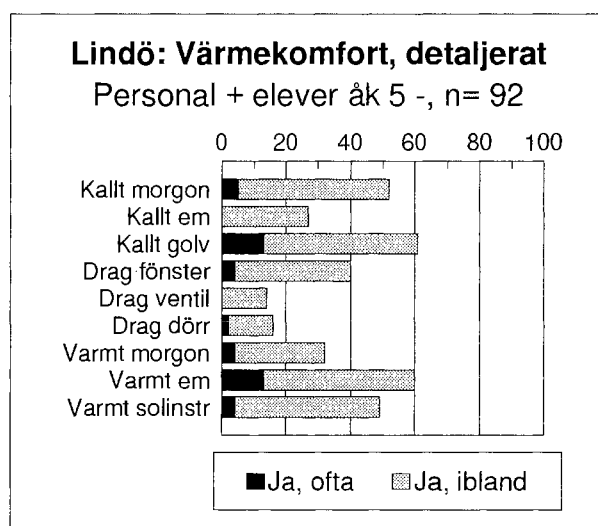


Diagram 4: Personalens och de äldre elevernas bedömning av värme komforten. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besvärades av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

Även de yngre eleverna tyckte att det mest besvärande bullret var "tal och röster från korridoren". Av detta besvärades 17% ofta och nästan 70% ibland. Nästan hälften besvärades också ibland av "ljud utifrån" och "ljud från apparater i klassrummet". Möjligen avser de yngre eleverna med detta ljudet från ventilationen. De har ingen speciell fråga om ventilationen.

Hälsa

Som underlag för att bedöma vad som kan anses vara onormalt höga besvärsfrekvenser finns referenser framtagna i undersökningen. Eftersom olika symptom är mer eller mindre dominanta i olika åldrar har personalen respektive elever i åk 5 – och i åk – 4 skilda referenser. Dessa finns återgivna längst bak i rapporten på ett vikblad som kan fällas ut för att underlätta jämförelse med de aktuella frekvenserna.

Besvärsfrekvenserna för personalgruppen var mycket låga (Diagram 6). För 7 av 11 efterfrågade symptom var procentandelen besvärade 0%. För de övriga 9%, vilket i detta fall betyder att en person besvärades ofta av "trötthet", "tung i huvudet", "huvudvärk" samt "heshet, halstorrhet". Denna person var allergiker och kopplade samtliga sina besvär till skollokaler.

Bland de äldre eleverna – av vilka hälften var allergiker – förekom inget av besvären i onormalt stor utsträckning (Diagram 7). Besvärsfrekvenserna för dessa var betydligt lägre än i Stockholms-referensen och för de flesta symptom till och med lägre än referensen "Goda exempel på sunda hus". Framför allt är de äldre eleverna betydligt mindre trötta än i referensen. Lindöskolan är dock inte helt fri från byggnadsrelaterade besvär, enligt de äldre elevernas svar.

Även bland de yngre eleverna är besvärsfrekvensen för SBS-symptom betydligt lägre än i referensen. Inga besvär förekommer ofta hos en större andel yngre elever än 9%. Observera att endast 4% av eleverna ofta besväras av trötthet, mot 20% i referensen!

En analys av allergikernas hälsa visar att

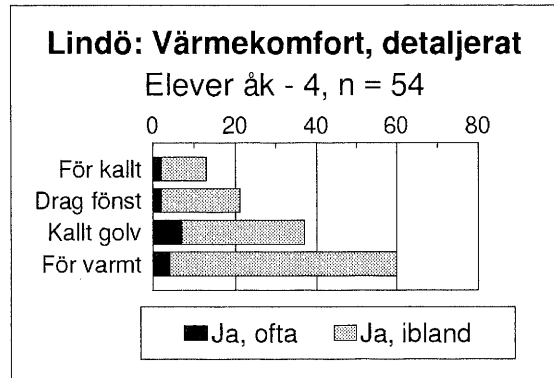


Diagram 5: De yngre elevernas bedömning av luftkvalitet. Om fler än 20% uppger att de "ofta (varje vecka)" besväras av något, bör det undersökas närmare för eventuell åtgärd.

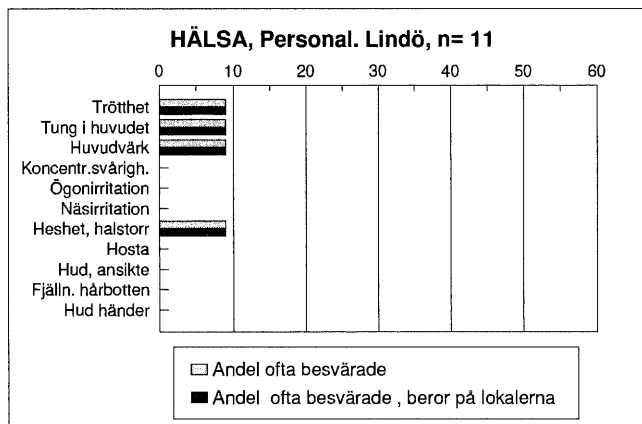


Diagram 6: Procentandel av personalgruppen som ofta besvärades av olika symptom (de grå staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

en allergiker i personalgruppen hade 4 symptom som också kopplades till byggnaden. Bland de äldre allergiska eleverna var frekvensen för näs-, ögon-, hals- och hudirritation samt hosta något högre än för övriga elever, men inte för något av dessa symptom översteg frekvenserna 10%. De äldre allergiska eleverna var till och med mindre trötta än de övriga och bland de yngre allergiska eleverna var det ingen som var trött ofta! De hade dock högre besvärsfrekvenser för ögon- och hudirritation, snuva och hosta än de övriga. Delvis är detta ett resultat av att allergikerna utgör en liten grupp, 16 personer, vilket ger proportionellt högre procentsatser. Hudbesvären var dock mer frekventa hos de yngre allergiska eleverna än i referensen för samtliga elever i "Goda exempel på sunda hus".

Slutsatsen är att byggnaden är ett friskt hus, som även allergikerna tycks må mycket bra i.

MÄTRESULTAT

Rumstemperaturen i Lindöskolan en typisk vinterdag (Diagram 9) pendlar under lektionstid inom intervallet 20,2- 22,3° C i klassrum 7. Vid en långrast, när vädringsfönstret stod öppet, var det endast 16°C när lektionen började. På ca en kvart var emellertid temperaturen uppe i 20°C. (Använd för Lindö rum 7 den 17 mars).

Vid momentanmätningen var lufttemperaturen i klassrum 7 22°C (öster med markiser, personbelastning 18) och i klassrum 6 23°C (väster, utan markiser, personbelastning 27). (Tabell 2).

Den genomsnittliga rumstemperaturen under långtidsmätningen, **dygnet runt**, var 21,3°C (Tabell 3). Någon nattsänkning av temperaturen förekommer inte.

Den kontinuerliga "veckomätningen" gav en rumstemperatur **under skoltid** på i genomsnitt 21°C med ett max på 22,5°C och ett min på 19°C. (Tabell 3).

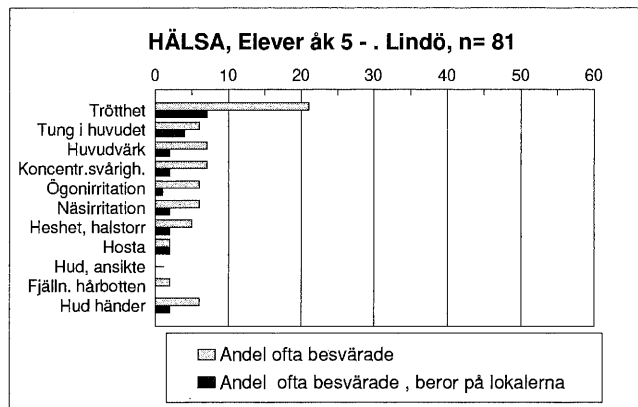


Diagram 7: Procentandel av eleverna i åk 5- som ofta besvärades av olika symptom (de gråa staplarna) och som ofta besväras och anser att det beror på skollokalerna (de svarta staplarna).

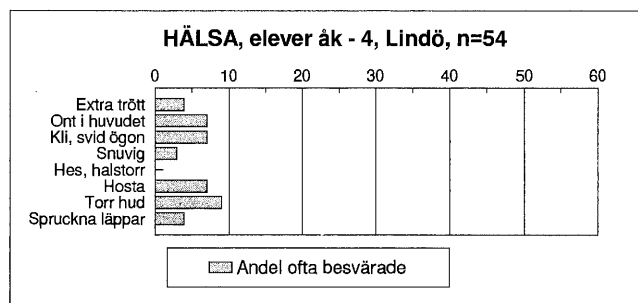
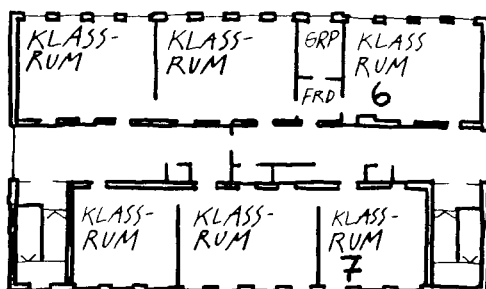


Diagram 8: Procentandel av eleverna i åk - 4 som ofta besväras av olika symptom. De yngre eleverna fick inte frågan om de trodde att besvären berodde på lokalerna. Symptomen är också något annorlunda formulerade.

Tabell 2: Sammanställning av momentan- och korttidsmätningar - Lindö skola

**Klassrum 6, Fönster åt V**

Tidpunkt för mätning: 19950315, kl 15.00

Personbelastning: 27 personer.

Uteförhållanden:

Temp: -1°C, RF 80%, CO₂:400 ppm

Vind/Väder: Ostsydostlig vind, 5 m/s, växlande målnighet.

Solavskärmning: Inga markiser.

Invändiga tyggardiner, delvis fördragna.

Klassrum 7, Fönster åt O

Tidpunkt för mätning: 19950315, kl 13.15

Personbelastning: 18 personer.

Uteförhållanden:

Temp: 0°C, RF 96 %, CO₂:400 ppm

Vind: Sydostlig vind, 5 m/s, mulet.

Solavskärmning: Markiser. Ej nedfällda.

Punkt 1	Punkt 2
23,0°C	23,0°C
24,0°C	23,3°C
21,6°C	21,5°C
22,2°C	21,5 °C

Temperaturer

Lufttemperatur
Operativ temperatur
Ekvivalent temperatur
Golvtemperatur

Punkt 1	Punkt 2
22,0°C	22,0°C
21,2°C	21,8°C
20,9°C	20,8°C
18,4°C	19,1°C

Luftfuktighet

30%	30 %
	3,1 g/kg

Relativ fuktighet	40%	40%
Fukttillskott inne		2,7 g/kg

RadongashaltSylslöjd, plan 0: 40 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)Gymnastik, plan 0: 80 Bq/m³ (+/- 10 Bq/m³)**Ljudnivåer****Uppmätt i tomt rum (klassrum 6), i 18 punkter**

	Medel	Max	Min
dB(A)	38,0	39,8 ¹⁾	36,2
dB(C)	55,0	57,9 ¹⁾	53,1

¹⁾ I punkten närmast frånluftsdon**Uppmätt i tomt rum (klassrum 7), i 18 punkter**

	Medel	Max	Min
dB(A)	32,2	33,6	30,9
dB(C)	56,5	59,6	52,0

Efterklangstid i sekunder**Uppmätt i tomt rum (klassrum 7) i 3 punkter (48 registreringar)**

	Medel	Max	Min
	0,5	1,02	0,29

Forts. Tabell 2: Sammanställning av momentan- och korttidsmätningar - Lindö skola**Magnetfält, 5-2000 Hz, i μT (mikrotesla)**

Uppmätt i tomt rum, i 9 punkter (ansiktshöjd för sittande)

	Medel	Max	Min	
Klassrum 6	0,16	0,35 ¹⁾	0,02	1) Vid radiatorer och under takarmatur
Klassrum 7	0,17	1,1 ²⁾	0,035	2) Vid dator

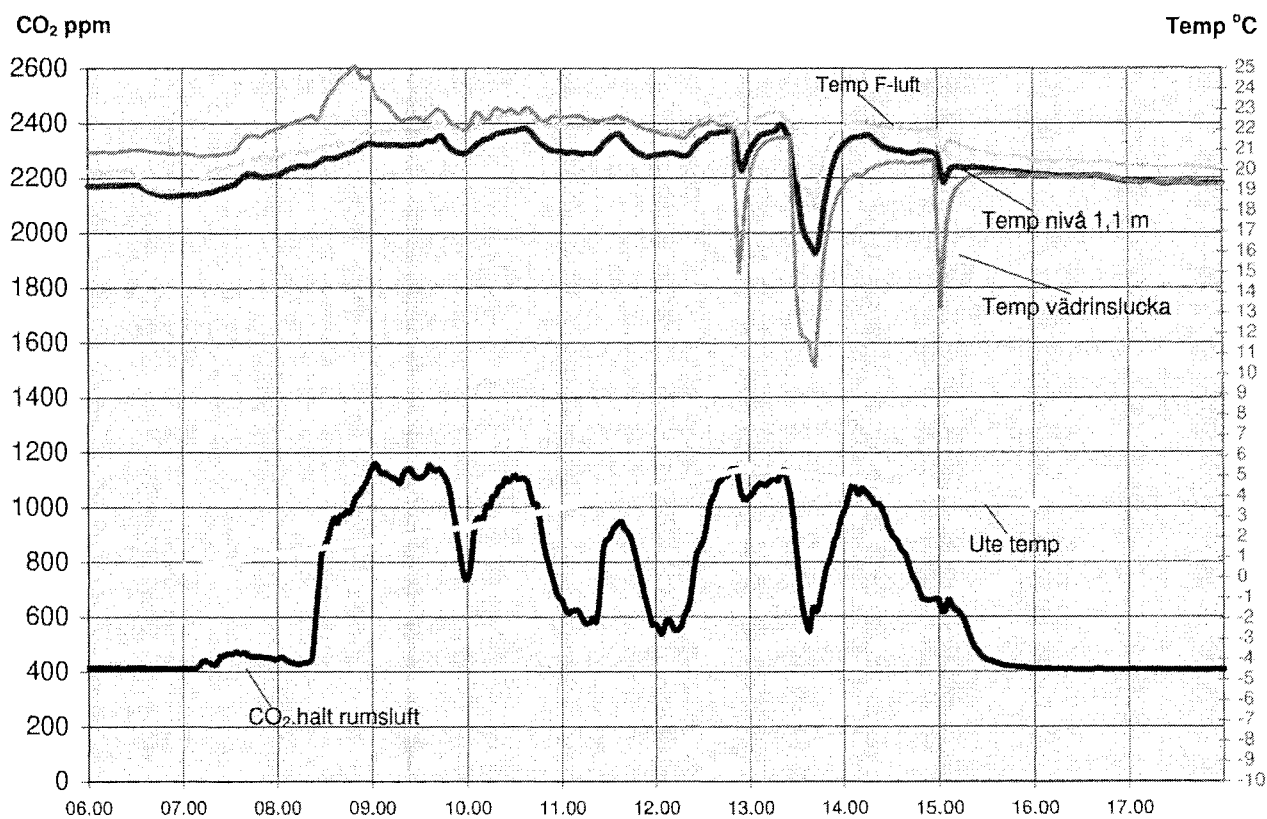
Lindöskolan temperatur och CO₂ rum 7 17 mars 1995

Diagram 9: Temperaturer i °C (högra axeln) och CO₂-halt i ppm (vänstra axeln) under en typisk skoldag, 17 mars 1995, som ingick i de fem dygn som de kontinuerliga mätningarna genomfördes.

Lindöskolan Personbelastning och Relativ luftfuktighet rum 7 17 mars 1995

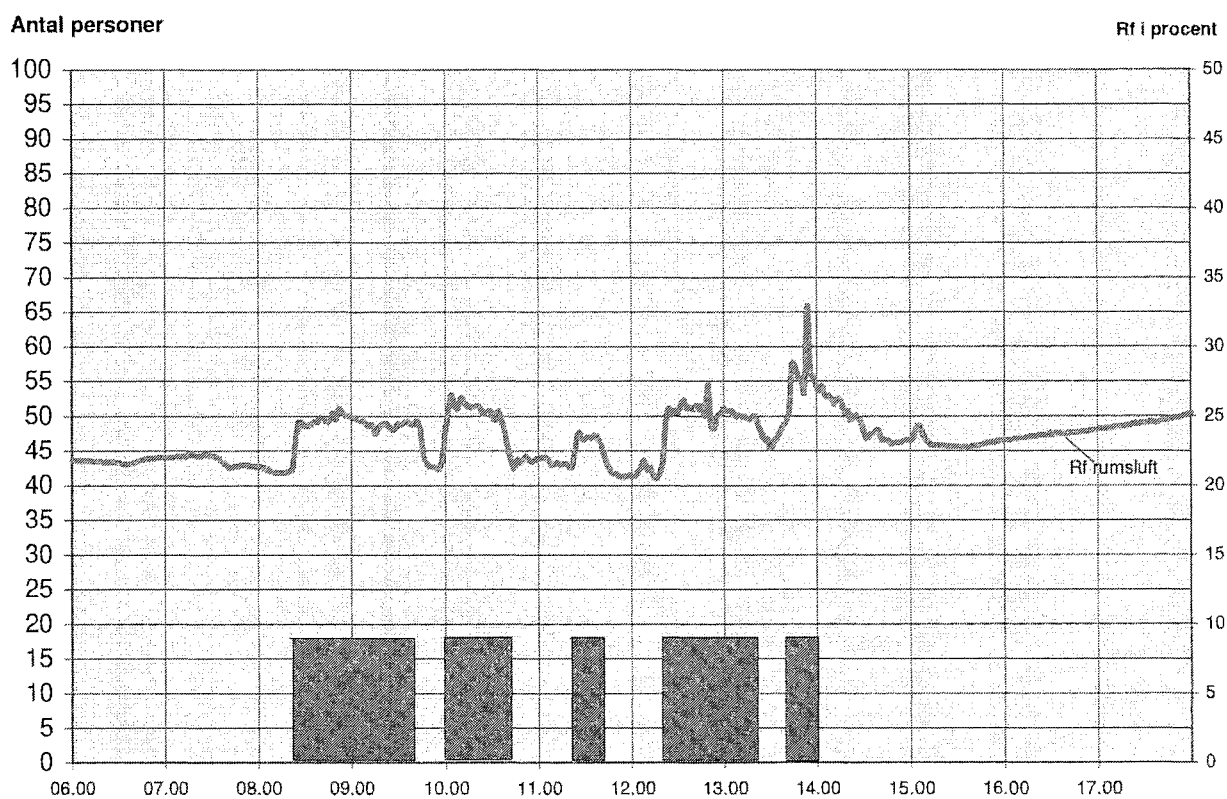


Diagram 10: Relativ luftfuktighet i % (högra axeln) och antal närvarande personer i klassrummet (vänstra axeln) under samma skoldag som i diagram 9.

Av momentanmätningarna framgår att den **operativa temperaturen**, som väger samman ytors och luftens temperatur, vid mättillfället låg mellan 23,3 och 24,0°C i klassrum 6, och mellan 21,2 och 21,8°C i klassrum 7. Klassrum 6 har västerläge och där gjordes mätningen på em. Här var också personbelastningen hög - 27 personer. Den operativa temperaturen var här något högre än lufttemperaturen, då fönsterrutorna var uppvärmda och de många eleverna avgav värme. I klassrum 7, som har österläge och där mätningen gjordes vid 13-tiden med 17 personer i rummet var den operativa temperaturen något lägre än lufttemperaturen. (Tabell 2).

Yttemperaturen på golv var 21,5-22,2°C i klassrum 6 (varmast vid fasad med viss solinstrålning) och 18,4-19,1 i klassrum 7 (kallast vid fasad).

Den **ekvivalenta temperaturen**, som väger samman luftens och ytornas temperatur samt lufthastigheten, var vid momentanmätningen ca 21,5°C i klassrum 6 och ca 21°C i klassrum 7. Den var alltså, i båda klassrummen lägre än den operativa temperaturen. Detta kan säkert förklaras med ett visst drag från fönstren. (Tabell 2).

Relativa luftfuktigheten, RF vid momentanmätningen var 30% i klassrum 6 med 27 personer och den högsta rumstemperaturen. I klassrum 7 var RF 40%. Utetemperaturen var då ca 0°C.

I diagram 10 redovisas en kontinuerlig mätning av RF för en typisk skoldag i mars, då utetemperaturen steg från +1°C till + 5°C. Då pendlade RF i klassrum 7 (med 18 personer) under lektionstid mellan 21% och 28%.

Genomsnittliga RF under långtidsmätningen, dygnet runt, var 26%. (Tabell 3). Den kontinuerliga "veckomätningen" av RF gav ett max på 31% och ett min på 12%.

Fukttillskottet inomhus var 3,1 g/kg luft i klassrum 6 med den högsta personbelastningen och 2,7 g/kg luft i klassrum 7 (Tabell 2). Som ett riktvärde som inte bör

Tabell 3: Sammanställning av kontinuerliga mätningar - Lindöskolan

Källa Uppmätta värden

Luftomsättning		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	1,23 oms/h
-skoltid	(1)	2,1 oms/h
-skoltid och omräknat till 3 m takhöjd	(1)	2,2 oms/h
Rumstemperatur		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	21,3°C
-skoltid, medel	(2)	21°C
max	(2)	22,5°C
min	(2)	19°C
RF rumsluft		
-genomsnitt, dygnet runt, hela perioden	(1)	26%
-max	(2)	31%
-min	(2)	12%

(1) Långtidsmätning

Mätning 9 mars-21 april 1995 av genomsnittlig luftomsättning (spårgasteknik, homogeniseringsmetoden dygnet runt), rumstemperatur och relativ luftfuktighet (passiv mätmetod).

(2) Veckomätning

Kontinuerlig mätning 9 mars- 15 mars (med Mitecloggrar) av CO², rumstemperatur, tilluftstemperatur m fl temperaturer samt relativ luftfuktighet.

Uteförhållanden under mätperioden (2):

Utetemperaturen	
-dygnsmedelvärde, hela perioden	+3,5°C
-skoldagsmax	+11,3°C
-skoldagsmin	-0,2°C
RF ute¹⁾	
-dygnsmedelvärde, hela perioden	70,4%
-skoldagsmax	92%
-skoldagsmin	40%

Vindstyrka¹⁾

-medel kl 10, hela perioden	4 m/s
-max	7 m/s
-min	2 m/s

¹⁾ Värdena här gäller 16-22 mars, då SMHI-data saknas för 24-25 mars 1995.

överstigas brukar man ange 3 g/kg luft.

Luftväxlingen

Luftväxlingen har uppmätts med två olika metoder, dels genom kontinuerlig mätning och registrering av CO₂ -halten i klassrum (var annan minut) i en vecka, dels gjordes en mätning med passiv spårgasteknik som gav ett genomsnittligt dygnsmedelvärde för det specifika luftflödet (omsättningen av uteluft) för en period av ca sex veckor.

CO₂-halten, som låg kring 400 ppm utomhus och i tomt klassrum, steg en typisk skoldag i klassrum 7 till max 1200 ppm under slutet av lektionerna (Diagram 9). I klassrum 6, där personbelastningen normalt är 27 personer, var loggern för den kontinuerliga CO₂-mätningen av misstag inställd på entimmesvärden (istället för 2-minutersvärden som var normalt). De maxvärden som uppmättes med denna entimmesregistrering var 1000 ppm, men högre toppar kan då ha förekommit.

Den genomsnittliga luftväxlingen under en sexveckorsperiod uppmättes med passiv spårgasteknik. Mätningen omfattar alla lokaler med det förstärkta självdragssystemet, alltså inte bara klassrummen.

Dygnsmedelvärdet (d v s inklusive nätter och helger) för denna period var 1,23 oms/h. Med utgångspunkt från detta värde har den luftsomsättning som gäller under skoltid beräknats till 2,1 oms/h. Om man, som brukligt är vid högre takhöjder, ändå räknar med takhöjden 3 m, ger detta en luftväxling under skoltid på ca 2,2 oms/h.

Ljudnivåerna uppmättes i tomt klassrum 6 och klassrum 7. I medeltal låg ljudnivån på 38,0 dBA i klassrum 6 och på 32,2 dBA i klassrum 7. Dessa värden överstiger det ställda kravet, som sammanfaller med nu gällande nybyggnadsnorm, BBR94, som anger <30 dBA i lokaler för undervisning. Den byggnorm som gällde för nybyggnad vid projekteringstillfället (för ombyggnad finns ingen) krävde lägre än 40 dBA, vilket klaras med liten marginal i Lindöskolan.

Det lågfrekventa ljudet låg i medeltal på 55 dBC i klassrum 6 och 56,5 dBC i klassrum 7. Även dessa värden är höga. Ett riktvärde som brukar användas för lågfrekvent buller i skolor (2) är <50 dB(C).

Enkäten visade också att rätt många besvärades av ljud från ventilationen.

En avlyssning av ljudnivån i övriga fyra klassrum på samma våningsplan, gav uppfattningen att ljudnivån i dessa stämde överens ungefär med de nivåer som uppmättes i klassrum 6. Det var ljud från frånluften som orsakade de höga ljudnivåerna. I ett av klassrummen, klassrum 4, hade en ljudfälla satts framför donet. Denna hade ingen större effekt. Bibehållandet av de befintliga frånluftsgallren (trots ett högre flöde), i kombination med strypventiler i F-kanalerna bakom donen, tros vara orsaken till det väsende ljudet.

Efterklangstiden i Lindöskolan var i medeltal 0,5 sekunder i Klassrum 7. Ljudabsorbenterna utgjordes av kassetter bestående av hårdpressad mineralull. Som maxgräns för efterklangstiden i skolor brukar värdet 0,6 sekunder anges. Något normkrav finns inte idag.

Radongashalten uppmättes i souterrängvåningen, dels i syslöjdsalen, dels i gymnastiksalen. I syslöjden var den 40 Bq/m³ och i gymnastiksalen var den 80 Bq/m³. Detta är lägre än gällande gränsvärde i BBR94 (max 200 Bq/m³), men en viss förhöjning. Möjligen kan källarväggarna innehålla blåbetong eller annat mineraliskt material med viss radongasavgivning.

De **magnetiska fältstyrkorna** i vistelsezonen låg i medeltal på ca 0,16 µT (mikrotesla) i både klassrum 6 och 7. I klassrum 6 uppmättes maxvärden på 0,35 µT vid radiatorn och rakt under belysningsarmaturerna. I klassrum 7 uppmättes ett maxvärde på 1,1 µT vid klassens dator. Den naturliga bakgrundsnivån ligger under 0,1 µT.

Rekommendationer utfärdades på 1980-talet av dåvarande Statens Elverk att de magnetiska fältstyrkorna i miljöer där barn vistas bör understiga 0,2–0,3 μT .

ARKITEKTUR

Lindöskolan har genomgått en varsam ombyggnad, vilket inneburit att den sparsmakade 1930-talsarkitekturen kunnat bevaras ganska intakt, såväl utvändigt som invändigt. Detta har varit möjligt, bland annat tack vare den valda ventilationlösningen. Genom att de befintliga F-kanalerna kunde användas minskade behovet av utrymme för ny kanaldragnig. Det har dock krävts en hel del ingrepp och utrymme för att dra de nya tilluftskanalerna.

Belysningsarmaturena, som idag består av nedpendlade lysrör, hade kanske kunnat väljas efter en mer stilenlig modell, men ljusförhållandena i skolan är trots allt det som får bästa betyget i enkäten.

Lindöskolan har, till skillnad från Karlshovsskolan, försetts med en matsal som både är välventilerad och har god rumsakustik.

Markiser även på västsidan hade inte skadat, varken arkitektoniskt eller med tanke på elevernas och personalens klagomålen på att det ibland blir för varmt – framför allt på denna sida.

Ljudisoleringen mellan klassrum och klassrum/korridor är, som i så många andra skolor, dålig. Det avgörande här är säkert att dörrarnas ljudklass är för låg och att det finns ljudläckage kring dörröppningarna.

I trapphus och korridorer har ljusa och lätta schablonmålningar restaurerats, och de stora gavelfönstren bevarats. Dessa m fl omsorgfullt lösta detaljer bidrag till att skapa en luftig, vacker och trivsamt miljö.

ENERGIANALYS

Värmeåtervinning ur frånluft finns inte installerad, då detta skulle öka tryckuppsättningen i systemet. Detta ger en högre oljeförbrukning för uppvärmning av tilluft än i ett FTX-system.

I FTX-system är tryckfallet högt p g a värmeväxlare och filter, ca 600 Pa i såväl F-systemet som T-systemet. Normalt ger detta en extra elanvändning i ett FTX-system på ca 12 kWh/m²,år. I Lindöskolan som varken har värmeväxlare eller filter är systemtrycket lågt, ca 50 Pa. Detta ger en elanvändning under året på ca 0,5-1,0 kWh/m²,år.

För att jämföra energianvändningen mellan den valda frånluftslösningen och FTX-ventilation för samma lokaler har en beräkning av den årliga energianvändningen utförts med dataprogrammet VIP. Energi för uppvärmning av tappvarmvatten ingår inte i beräkningen. För information om beräkningstekniken, se Bilaga 4.

För Lindöskolan gav beräkningen för lokalerna med den aktuella ventilationen (Fall F) totalt 228 kWh/m² köpt energi. Beräkningen med förutsättningen att samma lokaler skulle ha ventilerats med FTX-system (Fall FTX) gav en total energianvändning på 223 kWh/m² (Avsnitt 5.5, Tabell 15). Fall F har en högre energianvändning för uppvärmning (16 kWh/m²) på grund av att värmeåtervinning saknas. Att den inte blir högre än 195 kWh/m² beror på att luftväxlingen är något lägre än i FTX-fallet. Samtidigt har Fall F en lägre elanvändning för fläktar (1 kWh/m²) än fall FTX (12 kWh/m²). Slutsatsen är att skillnaden är mycket liten mellan de två fallen. Om fläktelen räknas upp med en faktor 2,4, därför att elen kräver mer energi för sin framställning, får Fall F en total energianvändning på ca 230 kWh/m² och Fall FTX en total energianvändning på 240 kWh/m².

Ingen energistatistik finns som särskiljer den byggnad i Lindöskolan som har F-ventilation från paviljongbyggnaden som

har FTX-ventilation. För Karlshovsskolan, som har en liknande systemlösning som Lindöskolans ombyggnad, finns dock energistatistik. (Se avsnittet om Karlshovsskolan).

FASTIGHETSÄGARENS ERFARENHETER

Liksom för Karlshovsskolan gäller erfarenheten att det är lätt att stöta på kanaler i samband med nya håltagningar i hjärtväggen, t ex för nya dörrar, hiss e t c.

1993 sammanfattade Hans Wadskog, Husbyggnadskontoret, erfarenheterna av det valda systemets för- och nackdelar:

Fördelar:

- o En mer varsam ombyggnad (befintliga kanaler används).
- o "Kontroll" på luften.
- o Mindre installationsutrustning för fläktrum o s v.
- o Mindre rör- och elinstallationer.
- o Lägre kostnader.

Nackdelar:

- o Inte självklart att anläggningen godkänns i bygglovbehandlingen, brandskydd o s v). Tidiga kontakter viktiga!
- o En noggrann projektering krävs. (Samråd mellan konsulter mycket viktigt).
- o Osäkerhet om var gamla befintliga kanaler finns i murverken.
- o Avsaknaden av värmeåtervinning ger en högre uppvärmningskostnad.

Slutsatser

INNEMILJÖ

Måluppfyllelse

Förutom en allmän målsättning med ombyggnaden att den termiska komforten skulle förbättras (jämnare rumstemperatur med mindre drag), hade funktionskrav ställts på CO₂-halt < 1000 ppm samt ljudnivå från installationerna < 30 dBA.

Mätningarna visar på att rumstemperaturen under skoltid i genomsnitt var ca 21°C med ett min på 19°C och ett max på 23°C på västsidan, där markiser saknas.

CO₂-halten överstiger 1000 ppm något vid lektionstidens slut. Maximalt går den upp till drygt 1200 ppm med det aktuella elevantalet, som varierar mellan 18 och 27.

Ljudnivåerna i tomma lokaler var höga, i medeltal 38 dBA. Här klarades således inte det ställda kravet. Frånluftssystemet gav ett brus, som många besvärades av ibland.

Påverkanmöjligheter

Personalens och eleverna möjlighet att påverka inomhusklimatet i Lindöskolan är inte större än i en vanlig skola med FTX-ventilation. Radiatorerna har termostatventiler. Påverkbar effektiv solavskärmning finns mot öster, men ej mot väster. Markiserna är motordrivna. Genom att trycka på en knapp i klassrummet förs samtliga markiser ner eller upp i önskat läge.

Fönstren är öppningsbara, men eftersom det är en flervåningsbyggnad finns inga takfönster som kan bidra till en effektiv vädring.

Upplevd innemiljö och hälsa

Elever och lärare - även allergikerna - var enligt enkäten mycket friska i Lindöskolan och mycket få SBS-symptom som kopplades till byggnaden förekom.

Vissa klagomål på att det **ibland** luktade bilavgaser i vissa klassrum sammanhänger troligtvis med luftintagets placering i förhållande till en inofficiell parkering. Det gällde framför allt i klassrum 7, där 40% av eleverna **ofta** besvärades av detta. Planen utanför västra fasaden borde kunna avskäras helt från möjligheten att parkera bilar.

Det finns också **ibland** besvär av att det är för varmt på em och för kallt på morgonen och att luften är instängd. Trots dessa variationer i inomhusklimatet gör drygt 90% av personal och elever den samlade bedömningen att luftkvaliteten och värmekomforten är "bra" eller "acceptabel".

Enkäten visade på ljudstörningar från ventilationen. Mest störande tycks ljudnivåerna vara i klassrum 1, där hälften av eleverna **ofta** störs av buller från ventilationen.

Lindöskolan hade överlag mer ljudstörningar än Karlshovsskolan, men i övrigt den bästa inommiljön av ombyggnaderna.

TEKNIK

Den valda ventilationslösningen borde ge goda förutsättningar för att klara ljudkravet på det låga tryckfallet i kanaler och avsaknaden av fläktar på tilluftssidan. De höga ljudnivåerna beror på att **strypspjäll placerats bakom de bevarade frånluftsgallren**. Genom att istället placera strypspjällen på vinden hade ljudproblemet kunnat undvikas. Detta hade dock blivit en dyrare lösning då det krävde ombyggnad av den gamla skorstenen.

Det fanns **mätbara radongashalter** i undersökta salar i souterrängplanet, gymnastik och syslöjd. Dessa var dock betydligt lägre än gällande gränsvärde för nybyggnad. Ombyggnad av ett hus med äldre källarväggar och med den valda ventilationslösningen, som förutsätter undertryck, bör föregås av undersökning av radongashalt före ombyggnad, så att eventuellt förhöjd halt kan beaktas under projekteringen.

Effektiv **solavskärmning saknas i de västerorienterade klassrummen**.

Invändiga tyggardiner är där det enda skyddet mot solinstrålning, vilket ger en betydligt sämre effekt - och mörkare rum - än markiser.

Förbättringen av skolans ventilation har kunnat genomföras med **bevarandet av den gamla skolans 30-talsstil**. Man har kunnat bevara takhöjden och sluppit s k "mullbänk" (inkladda kanaler) i taket närmast korridoren.

Den tunga byggnadskonstruktionen med tegelväggar och betongbjälklag är en positiv faktor vad gäller möjligheten att ackumulera kyla och värme i stommen. Detta bidrar till **temperaturutjämning av rumsklimatet**.

Uppvärmning av den passiva tilluften i varmluftskammaren i källaren ger mindre drag och bättre termisk stigitkraft på alla våningsplan än uteluftsventiler.

Utformning av tilluftsdonen som **deplacerande** ger en god luftutbytes-effektivitet i klassrummen.

Ventilationen årstidsanpassas för att utnyttja den termiska drivkraften.

Samtidigt finns kapaciteten att öka flödet på vintern om det skulle behövas.

DRIFT OCH UNDERHÅLL

För att ett bra inomhusklimat ska kunna upprätthållas och systemlösningen fungera måste:

- o F-fläktarna ställas om för sommar- respektive vinterdriftfall. I samband med detta sker en regelbunden kontroll av flödet och fläktarnas funktion, vilket är positivt.
- o T- och F-kanaler hållas rena.
- o Varmluftskammaren inspekteras och hållas ren och blandningsfläktarnas funktion kontrolleras.

o Markiserna underhållas.

ENERGIANVÄNDNING

Jämförande beräkningar mellan en FTX-lösning och den aktuella lösningen visade inte på stora skillnader i energianvändning. En FTX-lösning skulle dock gett en något lägre energianvändning, kring 5 kWh/m²,år.

Det låga tryckfallet i ventilationen ger en låg elanvändning genom att fläktar med mycket lägre effekt än i ett vanligt FTX-system kan användas. Samtidigt finns ingen värmeåtervinning på frånluften, vilket ger högre energianvändning för uppvärmning.

KOSTNADER

Hela ombyggnadskostnaden för Lindö skola var 11 Mkr (exklusive moms) i 1992 års prisnivå, vilket innebär drygt 6.000 kr/m² BTA. Detta är en investering som är lägre än om en ny skola skulle byggts.

Husbyggnadskontoret gjorde i mars 1993, en sammanställning av kostnaderna för ombyggnaden av ventilationen i Lindöskolan, samt en jämförande beräkning av vad installation av ett FTX-system skulle ha kostat. I kostnaden ingår: Projekteringen, ventilationsentreprenaden, byggkostnad för fläktrummet och håltagningar samt styr- och övervakningsutrustning. För det valda förstärkta självdragssystemet blev kostnaden i 1993 års priser 1,0 Mkr, eller 590 kr/m². För FTX-alternativet skulle investeringskostnaden blivit 1,4 Mkr, eller 810 kr/m². D v s investeringskostnaden för det förstärkta självdragssystemet utgjorde ca 70% av kostnaden för FTX-systemet.

Ökningen av driftskostnaden p g a den något högre energianvändningen kan beräknas till totalt ca 4.500 kr/år.

Litteraturreferenser

1. Andersson, K m fl: The MM-Questionnaires - A tool when solving Indoor Climate Problems, Örebro Medical Center Hospital, 1993.
2. Andersson, S m fl. Inomhusmiljöutredning i förskolor och skolor - Kartläggning och sambandsanalys av inomhusmiljön på 74 förskolor och 48 skolor. Malmö fastighetskontor 1992.
3. Arbetarskyddsstyrelsen, Boverket. Att se, andas och höra i skolan - en handbok om skolans innemiljö, 1996.
4. Arbetarskyddsstyrelsen. Skolans arbetsmiljö - Resultat och erfarenheter 92/93, Solna 1993.
5. Arbetarskyddsstyrelsen, Rapport 1994:7. Skolor och daghem i Norden - inomhusmiljö samt gällande regler. Nordisk konferens den 4 maj 1994 i Stockholm.
6. BABS60, Statens planverk.
7. BBR94, Boverket.
8. Blomsterberg, Å, Sikander, E, 1998. Moderna självdragsventilerade skolor - utvärdering av ventilation och fukt. BFR-rapport som utkommer i början av 1998. Svensk Byggtjänst.
9. Boverkets Handbok om Självdragsventilation, Boverket, 1994.
10. Boverket, 1996. Rapport till Näringsdepartementet 1996-06-18 ang. obligatorisk ventilationskontroll, Dnr:B681-3356/96. Undersökning av 8.000 OVK-ärenden.
11. Eriksson, L, 1997. Självdrag (S), förstärkt styrt självdrag (FSS) alternativt konventionell ventilation (FTX) - Förstudie med miljö- och livscykelkostnadsanalys i skolor.
12. Grape, A, Hult, M. Risebergaskolan i Malmö - projektarbete 19970524 i 20-poängskurs "Byggnadsfysik, inomhusmiljö och miljöpåverkan, CTH 1996/97.
13. Gustén, Jan, 1989. Wind pressure on low-rise buildings. An air infiltration analyses based on full-scale measurements, Publ. 1989:2, Division of Structured Design, Chalmers University of Tecnology.
14. Hecktor, B-O et al. Äldre skolbyggnader - Varsam ombyggnad av ventilationen. BFR-rapport R11:1993.
15. Heyman, Elias. Bidrag till kännedom om luftens beskaffenhet i skolor, Nordiskt medicinskt arkiv, band XII, nr 2, Stockholm 1879.

16. Hult, M. Miljövämlig barnstuga - system- och materialval. BFR-rapport R94:1986.
17. Hult, M. Byggforskningen nr 1/97, tidskriftsartikel s. 9-11 "Självdtag i medvind".
18. Hult, M. **Rapportbilaga** till Skolor med ventilations som använder självdtag: Enkätmetod, frekvenstabeller och referenser. BYGGDOK, 1998.
19. Hult m. fl. VVS-FORUM nr 6/7 juni/juli 1997, tidskriftsartikel s. 30 - 35 "Skolventilation med självdtag".
20. NKB-rapport 1996:01. Naturlig ventilation, Nordiska kommittén för byggbestämmelser, NKB, Inomhusklimatutskottet.
21. Norbäck, D, Smedje,G. Sjukahussymptom och astmasymptom i skolmiljön - betydelsen av inomhusluftens kvalitet och hälsoeffekter av miljöförbättrande åtgärder. AMF 92-0166. Nr 2/1996.
22. Nordqvist,B. Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor, LTH-rapport TABK-95/7032, 1995.
23. Nylund, P-O. Räkna med luftläckning - Samspel byggnad - ventilation. BFR-rapport R1:1984.
24. Sandberg, M. VVS-FORUM nr 8, augusti 1992, tidskriftsartikel, sid 16-24, "För- och nackdelar med deplacerande och omblandande ventilation.
25. Socialstyrelsens allmänna råd om ventilation i bostäder m fl lokaler, SOSFS 1988:51.
26. Yrkesinspektionen i Stockholm, 1988. Arbetsmiljön i Stockholms läns skolor.
27. SOU1989:76-78. Allergiutredningen: Att förebygga allergi/överkänslighet.
28. Stenberg, B, m fl, 1991. Inomhusmiljö och hälsa bland kontorsarbetare i Västerbotten - En enkätstudie av upplevd hälsa samt exponeringsförållanden i arbete och bostad. Arbetsmiljöinstitutets rapport 1991:11.
29. Sundell, J, Kjellman, M. Luften vi andas inomhus - Inomhusmiljöns betydelse för allergi och annan överkänslighet, Folkhälsoinstitutet 1995.

Enkätundersökningen om innemiljö och hälsa - metod och sammanställning av grundtabeller

I denna bilaga redovisas enkätundersökningens metod tillsammans med översiktliga tabeller över hela materialet i enkätundersökningen.

Här beskrivs också uppbyggnaden av de referenser som använts för att bedöma enkätresultaten, dels när det gäller miljöfaktorer, dels när det gäller frekvenser av allergi och hälsobesvär.

Fullständiga frekvenstabeller för varje skola över enkätresultaten återfinns i en särskild rapportbilaga: "Skolor med ventilation som använder självdrag - Enkätmetod och frekvenstabeller". Denna går att beställa från BYGGDOK.

Diagram med enkätresultat för hälsa, miljöbedömning i stort, luftkvalitet och termiskt klimat visas för varje skola i avsnitt 7.

Metod

Det frågeformulär som använts för att få elevernas och personalens uppfattning om innemiljön och hälsa i relations till skollokaler är "Stockholms skolenkät". Den består av ett formulär för skolans personal, ett (med i stort sett samma frågor) för äldre elever (årskurs 5 och uppåt, åk 5-) samt ett förenklat formulär för yngre elever (elever till och med årskurs 4, åk-4).

De använda frågeformulären återges sist i denna bilaga. För mer detaljerad information om hur enkäten används och sammanställs, se broschyr, utgiven av Stockholm Konsult, Energi och Miljö.

Enkäten delades ut till samtliga elever och personal som befann sig i skolan den dag momentanmätningarna genomfördes. På de flesta skolor kunde formulären samlas in ifyllda samma dag. I Några fall skickades formulären senare.

Grunddata

Nedan finns en sammanställning av grunddata. Först redovisas det statistiska underlaget i studien, d v s hur många som besvarat formuläret vid respektive skola.

Allergifrekvenser

Därefter redovisas genomsnittliga allergifrekvensen för de undersökta skoloras olika åldersgrupper, samt ett antal referenser som självdragsskolornas allergifrekvenser kan jämföras med.

Tabell 1.1: Grunddata för självdragsskolorna
Antal enkäter

	ÅK-4		ÅK 5-		Personal		Summa enkäter		Föräldrar
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant
Garda	58	45	54 ¹⁾	42	17	13	129	100	
Länna	60	92	0	0	5	8	65	100	
Fredkulla	20 ²⁾	38	19 ³⁾	36	14	26	53	100	19 ⁴⁾
Riseberga före	(68	88	0	0	8	12	76	100)	
Riseberga efter	90	88	0	0	12	12	102	100	82 ⁴⁾
G:a lärov	0	0	187	89	22	11	209	100	
Karlshov	85	54	51	32	22	14	158	100	
Lindö	54	37	81	55	11	8	146	100	
Summa (exkl Riseberga före flyttning)	367		392		111		870		101
Summa (inkl Riseberga före flyttning)	435		392		119		938		101

1) 21 av eleverna (varav 11 som har eller har haft någon form av allergi) går normalt i Stånga skola och har endast sylvård och träslöjd i Garda skola. Dessa elever bör kunna uttala sig om inomhusklimatet i Garda skola, dock inte om hälsa i relation till Garda skola. Dessa 21 elever har inte heller räknats med när andelen allergiker redovisats i Gardaskolan.

2) I Fredkullaskolan fick föräldrarna till de 19 eleverna som gick i klass 1-2 besvara en föräldrarenkät. Dessa tillkommer till den enkät som eleverna själva fyllde i gemensamt på ett enda formulär, under sin lärares ledning.

3) De 19 eleverna i Fredkullaskolan som går i åk 5- (varav 6 har eller har haft någon form av allergi) har idag undervisning i en paviljongbyggnad utanför självdragsskolan. De har dock gått i självdragsskolan under lågstadiet och äter mat här. De bör därför kunna uttala sig om miljöfaktorerna, dock inte om hälsa relaterat till självdragsskolan. Dessa 19 elever har inte heller räknats med när andelen allergiker redovisats i Fredkullaskolan.

4) I Risebergaskolans nybyggnad samt i Fredkullaskolan delades enkät även ut till föräldrarna eftersom samtliga elever gick i klass 1-2, som normalt anses för små för att kunna besvara enkäten. Föräldrarna svarade bara på frågor om hur de upplevde sina barns hälsa och hur den sammanhänger med byggnaden.

Tabell 1.2: Enkät svar fördelade på årskurser samt lärare/övrig personal

	Åk1	Åk2	Åk3	Åk4	Sum Åk-4	Åk5	Åk6	Åk7	Åk8	Åk9	Summa åk5-	Lärare	Övr. pers	Summa pers.	Summa elever och personal
Garda	-	22	22	14	58	21+ 13	12+ 8	-	-	-	54	11	6	17	129
Länna	-	-	37	23	60	-	-	-	-	-	0	5	0	5	65
Fredk	(19 föräldrar)		6	14	20	7	6	6	-	-	19	7	7	14	72 (inkl. föräldrar)
Riseb före	30	38	-	-	68	-	-	-	-	-	0	6	2	8	76
Riseb efter	46 (82 föräldrar)	44	-	-	90	-	-	-	-	-	0			12	102
G:a lärov	-	-	-	-	0	-	-	40p+ 78h		23p+ 111h	63p+ 188h	13	14	27	279
Karls- hov	-	20	39	26	85	25	26	51	-	-	51	20	2	22	158
Lindö	-	-	-	54	54	58	23	-	-	-	81	8	3	11	146
Summa	77	124	104	131	436	124	75	175	-	34	456	69	34	113	1026

Tabell 1.3: "Självdragsskolornas" genomsnittliga allergifrekvenser jämfört med referenser. NÅGON FORM AV ALLERGI, D V S ETT ELLER FLERA AV SYMPTOMEN ASTMA, HÖSNUVA, EKSEM

	Åk-4*) %	Åk5- %	Personal %
Självdragsskolor, alla	32	33	37
Självdragsskolor, nya	29	36	42
Självdragsskolor, omb	37	32	33
BasGodex ¹⁾	-	44	34
Sthlm ²⁾	30	44	42
ELIB ³⁾	-	-	34
FHI ⁴⁾	33	-	-
Astma			
Självdragsskolor, alla	5	9	14
Självdragsskolor, nya	6	9	10
Självdragsskolor, omb	5	9	16
BasGodex	-	15	9
Sthlm	6	12	17
ELIB	-	-	12
FHI	5	-	-
Hösnuva			
Självdragsskolor, alla	8	13	17
Självdragsskolor, nya	8	6	21
Självdragsskolor, omb	7	13	15
BasGodex	-	19	16
Sthlm	13	23	22
ELIB	-	-	15
FHI	13	-	-
Eksem			
Självdragsskolor, alla	21	22	17
Självdragsskolor, nya	18	33	19
Självdragsskolor, omb	27	20	16
BasGodex	-	29	24
Sthlm	18	27	24
ELIB	-	-	23
FHI	15	-	-

*) Frågan för åk -4 är annorlunda ställd: De tillfrågas endast om de **har** (ej **har eller har haft**) astma, ehösnuva eller eksem.

¹⁾ Referensen BasGodex 2.1.1 för skolpersonal, 15 FTX skolor i landet med bra inomhusklimat, n= 290 och 2.2.1 för elever åk5-, 4 skolor i landet, n=185.

²⁾ Referensen Sthlm 2.1.2: 14 skolor i Stockholm, n=438 för personal, 2.2.2: 4 skolor n=185 för elever åk 5- samt Skolenkäten: 3 skolor n=180 för elever åk -4.

³⁾ ELIB, som är en riksomfattande undersökning av självrapporterad allergi används som referens enbart för personal, och då de siffror som gäller för vuxna kvinnor, eftersom kvinnor oftast är i klar majoritet i LM-skolor, n =6.000.

⁴⁾ FHI=Folkhälsoinstitutets uppgifter om allergi (rapporterad från medicinska undersökningar).

Frågan ställdes hur man under de tre senaste månaderna i stort bedömt luftkvaliteten, värmekomforten, ljudnivån, ljusförhållandena, städningen och trivseln i skolan. De svarsalternativ som fanns för personal och äldre elever var "mycket bra", "ganska bra", "acceptabelt", "ganska dåligt" och "mycket dåligt". I redovisningen i diagramform i avsnitt 5, Figur 4, har svarsalternativen "mycket bra" och "ganska bra" slagits samman till **bra** och "ganska dåligt" och "mycket dåligt" till **dåligt**. Dessa diagram återkommer också som Diagram 1 i avsnitt 7, för varje enskild skola.

För de yngre eleverna fanns alternativt glad gubbe (som vi jämför med **bra**), neutral gubbe (som vi jämför med "acceptabelt") och sur gubbe (som vi jämför med **dåligt**).

I olika internationella standarder (t ex ASCHRE, WHO) brukar man anse att höst 20% missnöjda är ett rimligt mål när det gäller upplevelser som har med inomhusmiljö att göra. Detta bör också kunna tolkas så att **minst 80% bör anse att inomhusmiljöparametrarna är "bra" eller "acceptabla" för att man skall kunna klassa dem som godtagbara.**

I diagrammen som redovisas i avsnitt 5 och 7 (för varje skola) har vi slagit samman svaren från såväl personal som elever. **Bokstaven n** anger hur många enkätsvar bedömningen grundar sig på.

När det gäller "Miljöbedömningen i stort" har vi bedömt det som rimligt att ta med även Stångaelevernas bedömning av Gardaskolan och de äldre elevernas bedömning av Fredkullaskolan, eftersom de använder de självdragsventilerade lokalerna och kan ha synpunkter på miljön. När det gäller hälsofrågorna har deras svar dock lämnats utanför analysen, då de ansetts vistas för lite i de självdragsventilerade lokalerna för att det ska kunna påverka deras hälsa.

Upplevd hälsa

I enkätens fråga 15 ombads personal och äldre elever även att besvara frågor om sin hälsa i relation till byggnaden. Frågan inleddes med formuleringen "Har du de tre senaste månaderna haft något/några av nedanstående besvär?"

Trötthet

Tung i huvudet

Huvudvärk

Koncentrationssvårigheter

Klåda, sveda, irritation i ögonen

Irriterad, täppt eller rinnande näsa

Heshet, halstorrhet

Hosta

Torr eller rodnad hud i ansiktet

Fjällning, klåda i hårbotten/öron

Torr, kliande hud på händerna.

Svarsalternativen var "ja, ofta", "ja, ibland" och "nej, aldrig". Man ombads också uppge om man i så fall trodde att besvären berodde på skollokalerna. Svarsalternativen här var "ja" och "nej".

De yngre eleverna besvarade förenklade hälsofrågor, där dessutom frågan om koppling till skollokalerna inte förekommer. I "Barnenkätens" fråga 6 efterfrågas om de yngre eleverna under de tre senaste månaderna besvärats, enligt följande:

Har du varit extra trött
Har du haft ont i huvudet
Har det kliat eller svidit i ögonen
Har du varit snuvig
Har du varit hes eller torr i halsen
Har du haft hosta
Har du varit torr om händerna eller i ansiktet
Har du haft spruckna läppar

I diagramredovisningen över hälsobesvär i avsnitt 7 hålls personal, äldre elever och yngre elever åtskilda, då besvärsfrekvenserna kan se rätt olika ut för olika åldersgrupper.

Frekvenstabeller för varje skola (med siffervärden på besvärsfrekvenser för SBS-symptom och referenser) finns redovisade i den separata Rapportbilagan, som finns hos BYGGDOK. Där särredovisas också upplevd hälsa för allergiker.

Referenser

Som nämnts ovan anges en referens för varje åldersgrupp. För personal och äldre elever används två olika referenser. Den ena grundar sig på en enkätundersökningen som genomförts i 14 Stockholmskolor, där totalt 438 personal och 733 elever besvarat frågeformulär. Den andra referensen grundar sig på en enkätundersökning i skolor, spridda i landet, där personal och i vissa skolor även elever i åldrarna 14-17 år besvarade enkäter som underlag för urval av bra skolor inom projektet "Goda exempel på sunda hus". Totalt 290 personal i 15 skolor och 185 elever i 4 skolor besvarade enkäten. Dessa skolor är huvudsakligen skolor med FTX-ventilation.

För de yngre eleverna till och med årskurs 4 har en provisorisk referens byggts upp bestående av fyra skolor, lokaliserade i olika delar av landet, där Stockholms skolenkät använts; Hagsätraskolan i Stockholm, Kuggebodaskolan i Blekinge, Hedskolan i Gällivare och Kövra skola i Bergs kommun. Skolenkäten har totalt i dessa skolor besvarats av 200 elever i åldrarna 9-10 år. Referenserna beskrivs nedan.

Redovisning av referenserna för enkätundersökningen

1 Referenser för miljöfaktorer

1 Översiktlig miljöbedömning

I många olika sammanhang har man funnit det rimligt att klassa en miljö som godtagbar om högst 20% uppger sig vara missnöjda med miljön. Det gäller t ex i den amerikanska ventilationsstandarden som ASCHRE (USA:S VVS-tekniska förening) utvecklat. Det finns många kammarförsök som visar att det är svårt att få alla nöjda med termisk komfort, luftkvalitet och ljudförhållanden, om det inte finns möjlighet till individuell reglering. Människor har helt enkelt olika preferenser och kroppsförutsättningar. Detta är bakgrunden till att man som referens i Skolenkäten satt det som ett rimligt mål att högst 20% av de som besvarar enkäterna ska vara missnöjda. Detta kan också uttryckas på följande sätt: **om minst 80% av de svarande anser att luftkvaliteten, den termiska komforten, ljudförhållandena, ljusförhållandena och städningen i skolan i huvudsak är "bra" eller "acceptabel" till skillnad från "dålig", så kan man anse att den fysiska miljön är bra.** Frågan om trivseln finns med som en kontrollfråga, mot vilka de lokalmässiga bristerna kan stämmas av.

1.2 Miljöfaktorer - detaljerat

De besvärsfrekvenser som redovisas i sammanställningen av mer detaljerade synpunkter på värmekomforten (för varmt på grund av solinstrålning, för kallt på em, drag från fönster e t c), luftkvaliteten (luktar mögel, luktar avgaser e t c), ljud och ljus bedöms som viktiga att sammanställa när de överstiger 20%. Det innebär att, **om fler än 20% av de svarande i klassrummet ofta (varje vecka) besväras av en miljöfaktor bedöms det som angeläget att redovisa.**

2. Referenser för allergifrekvens

Eftersom allergifrekvensen och frekvensen av olika slag av allergier (astma, hösnuva eksema) ser olika ut för vuxna, för yngre elever och äldre elever som ett genomsnitt i Sverige, bör referenserna vara av flera slag. När det gäller vuxna i skolan finns dessutom ofta en majoritet av kvinnor, vilka har en annorlunda allergibild än män. Vi använder oss av följande referenser:

2.1 Skolpersonal

2.1.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Skolpersonal, n= 290 (n= antalet besvarade enkäter)(15 skolor, spridda i landet)

1993 gjordes en enkätundersökning med Örebroformuläret inom ramen för projektet "Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor"

(Andersson, Falck, Hult, Nordqvist). Som underlag för urval av de 8 bästa skolorna besvarades enkäten av personal och högstadiel elever (där sådana fanns) vid 15 skolor, vilka av fastighetskontor i landet bedömts som bra skolor ur klimatsynpunkt. Av de 15 skolorna var 4 högstadieskolor och 11 LM-skolor. Alla utom en var belägna i södra halvan av Sverige. Totalt besvarades enkäten av 290 personal vid 15 skolor och 185 elever i åldrarna 14-17 år vid 4 skolor (där högstadium fanns). Detta material har ställts ihop som en skolreferens med benämning **BAS-GODA EXEMPEL**. Basmaterialet finns på Stockholm Konsult, Energi- och Miljö.

2.1.2 STHLM-SKOLOR 1991

Skolpersonal, n= 438 (14 skolor, 67% kvinnor)

1991 gjorde S:t Erikshälsan, Miljöförvaltningen och Skolhälsovården en kartläggning av inomhusklimatet med Örebroenkäten i 14 skolor i Stockholm. De ingående skolorna representerade olika byggnadsålder och ventilationssystem. Några skolor som ingick hade kända problem med inomhusklimatet och några valdes därför att de var utan tidigare kända problem. Det ingår tre gymnasieskolor, 6 skolor med L-, M- och H-stadium och 5 med enbart L- och M-stadium. Enkäten besvarades av 438 personer i personlgrupper och av 733 elever i åldrarna 15-17 år.

2.1.3 ELIB 1991

Vuxna kvinnor n= 6.000

Om andelen kvinnor i personalgruppen är högre än normalt anges de allergifrekvenser som man funnit i ELIB-undersökningen för kvinnor i det svenska beståndet av flerbostadshus, som en av referenserna. Underlaget är c:a 6.000 besvarade enkäter, dvs n=6.000. De erfarenheter som finns hittills pekar mot att allergifrekvensen hos skolpersonal i allmänhet är högre än för genomsnittskvinnan i Sverige.

ELIB-undersökningen genomfördes av Statens Institut för byggnadsforskning, SIB i Gävle och Yrkesmedicinska kliniken i Örebro 1991-1992 med Örebroformuläret om inomhusmiljö. Undersökningen finns redovisad i SIB:s (nuvarande KTH, Byggd miljö i Gävle) rapportserie TN, nr 26 och 30.

2.2 Elever åk 5 och uppåt

2.2.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Elever åldrar 14-17 år, n= 185 (4 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.1 ovan.

2.2.2 STHLM-SKOLOR 1991

Elever åldrar 15-17 år, n= 733 (9 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.2 ovan.

2.3 Elever åk 3-4

2.3.1 SKOLENKÄTEN ÅK -4

Elever åldrar -10 år, n=200 (4 skolor)

Här finns ännu endast ett mindre referensmaterial för självrapporterad allergi. Frågan för de yngre eleverna (-åk4) är ställd på ett annat sätt än för de äldre eleverna och personalen. De yngre eleverna tillfrågas "**Har du astma, hösnuva eller eksem**", medan de äldre eleverna och personalen tillfrågas "**Har du eller har du haft astma, hösnuva eller eksem**".

Tills vidare används fyra LM-skolor (Kuggebodaskolan i Blekinge, Hagsåtraskolan i Stockholm, Kövra skola i Bergs kommun och Hedskolan i Gällivare) där Stockholms skolenkät genomförts. Underlag finns idag att ta fram ett mycket bredare referensmaterial men resurser för detta saknas.

2.3.2 Folkhälsoinstitutets statistik

Barn i åldrar 7-14 år

En annan referens som kan förekomma som referens ibland är statistik som framkommit i samband med arbetet kring Folkhälsoinstitutets kunskapsöversikt "Omfattningen av allergi och annan överkänslighet", 1994. En skillnad med denna statistik, som gör den mer svår använd som referens i detta sammanhang, är att dessa uppgifter bygger på medicinsk kontroll av barnen, d v s inte på självrapporterad astma, hösnuva, eksem. Procentandelarna blir då i regel något lägre. Allergi av

något slag: 33%

Astma: 5%

Hösnuva: 13%

Eksem: 15%

2.3.3 SKOLENKÄTEN FÖR FÖRÄLDRAR ÅK 1-2

Ibland kan det vara angeläget att få veta så mycket som möjligt om de lokaler som åk 1 och 2 finns i. Därför finns, för de yngsta eleverna, en nyligen framtagna enkät som besvaras av deras föräldrar. Föräldrarna besvarar då endast frågor om elevernas allergi och hälsa samt koppling till skolmiljön. Särskilda referenser kommer att utvecklas successivt även för dessa.

3 Referenser för hälsa

3.1 Skolpersonal

3.1.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Skolpersonal, n= 290 (15 skolor)

Se punkt 2.1.1 ovan.

3.1.2 STHLM-SKOLOR 1991

Skolpersonal, n= 438 (14 skolor, 67% kvinnor)

Se punkt 2.1.2 ovan.

3.1.3 ELIB 1991

Vuxna kvinnor, n= 6.000

Se punkt ovan 2.1.3.

3.2 Elever åk 5 och uppåt

3.2.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Elever åldrar 14-17 år, n= 185 (4 skolor)

Se punkt 2.1.1 ovan.

3.2.2 STHLM-SKOLOR 1991

Elever åldrar 15-17 år, n= 733 (9 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.2 ovan.

3.3 Elever åk 3-4

3.3.1 SKOLENKÄTEN ÅK -4

Elever i åldrarna -10 år, n=200 (4 skolor)

Här finns ännu endast ett mindre referensmaterial. Hälsotfrågorna för de yngre eleverna (-åk4) är ställda på ett annat sätt än för de äldre eleverna och personalen. De tillfrågas dels om något annorlunda symptom, dels tillfrågas de inte om de tror att besvären beror på skollokaler. Tills vidare används enskilda skolor som liknar den aktuella som referens här. Ett bredare material, bestående av resultaten från de skolor på vilka Stockholmsenkäten för yngre eleverna använts, är under bearbetning.

3.3.2 SKOLENKÄTEN FÖR FÖRÄLDRAR ÅK 1-2

Se punkt 2.3.3 ovan.

Enkät om hur Du upplever inomhusklimatet

Tidpunkt: den / kl ____

Skola: _____ Rum: _____

Vi ber Dig besvara några frågor om hur Du upplever att inomhusklimatet brukar vara i det klassrum/arbetsrum som Du är i just nu.

Hur ofta har Du lektion/ arbetar Du i detta rum? dagligen någon gång/vecka mera sällan

Kön? man kvinna

När började Du arbeta på den här skolan? 19 ____ Födelseår? 19 ____

Yrke _____

Luft och ventilation

1 Har Du under de senaste tre månaderna besvärats av att luften i detta klassrum/arbetsrum... (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
..varit torr.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..varit dammig.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..varit instängd ("dålig").....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..haft en stickande lukt.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..haft mögellukt.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..luktat matos.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..luktat avlopp.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..luktat avgaser.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..luktat tobaksrök.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..annat, vad _____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

2 Hur ofta brukar Du vädra klassrummet/arbetsrummet?

flera ggr/dag	ngn gång/dag	ngn gång/veckan	mera sällan
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

3 Har Du haft några problem med statisk elektricitet i detta klassrum/arbetsrum?

ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

4 Hur anser Du att luftkvaliteten i stort sett varit i detta klassrum/arbetsrum under de senaste tre månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Värme och temperatur

5 Har Du de tre senaste månaderna besvärats av att det i detta klassrum/arbetsrum varit... (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
..för varmt på morgonen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..för kallt på morgonen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..för varmt på eftermiddagen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..för kallt på eftermiddagen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..för varmt pga solinstrålning.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..det varit för kallt vid golvet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..drag från fönster.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..drag från dörr.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..drag från ventilationsinblåsning.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

6 Hur anser Du att värmen i stort sett varit i detta klassrum/arbetsrum under de senaste tre månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Dagsljus och belysning

7 Har Du under de senaste tre månaderna besvärats av ljusförhållandena i detta klassrum/arbetsrum som gör det svårt att läsa och skriva (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
..svag belysning vid bänken/arbetsplatsen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..svag belysning på tavlan.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..bländning av belysning/lampor.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..reflexer eller blänk vid bänken/arbetsplatsen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..reflexer eller blänk på tavlan.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

8 Hur anser Du att belysningen i stort sett varit i detta klassrum/arbetsrum under de senaste tre månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Ljud och buller

9 Har Du under de tre senaste månaderna besvärats av buller eller ljud i detta klassrum / arbetsrum såsom...
(sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
..ljud från ventilationen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från värmeelementen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud utifrån (skolgården, trafik etc).....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..skrap från bänkar/möbler.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från angränsande rum.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från korridor.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från olika apparater i rummet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

10 Tycker Du att det i allmänhet är lätt eller svårt att höra vad som sägs i detta rum?

- 1 lätt 2 svårt 3 svårt talet blir dämpat
talet studsar i rummet (ger eko) då någon talar

11 Hur anser Du att ljudnivån i stort sett varit i detta klassrum/arbetsrum under de tre senaste månaderna, om Du bortser från ljud som orsakas av oordning?

- | mycket bra | ganska bra | varken/eller (acceptabel) | ganska dålig | mycket dålig |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> |

Städning och trivsel

12 Hur tycker Du att städningen varit av detta klassrum/arbetsrum under de tre senaste månaderna?

- | mycket bra | ganska bra | varken/eller (acceptabel) | ganska dålig | mycket dålig |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> |

13 Händer det att arbetet känns påfrestande stressigt?

- | ja, varje dag | ja, varje vecka | ja, men mera sällan | nej, aldrig |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> |

14 Hur trivs Du på det hela taget med Ditt arbete?

- | mycket bra | ganska bra | varken/eller | ganska dåligt | mycket dåligt |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 <input type="checkbox"/> | 2 <input type="checkbox"/> | 3 <input type="checkbox"/> | 4 <input type="checkbox"/> | 5 <input type="checkbox"/> |

Hälsospekter

15 Har Du under de senaste tre månaderna haft något/några av nedanstående besvär? Ange även om Du i så fall tror att det beror på skollokalerna.
(sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)			ja, ibland		nej, aldrig		om ja, tror Du att detta beror på skollokalerna?	
	1	2	3	1	2	1	2	ja	nej
-trötthet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-tung i huvudet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-huvudvärk.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-koncentrationssvårigheter.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-klåda, sveda, irritation i ögonen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-irriterad, täppt eller rinnande näsa	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-heshet, halstorrhet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-hosta.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-torr eller rodnad hud i ansiktet...	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-fjällning, klåda i hårbotten/öron..	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-torr kliande hud på händerna.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>

16 Har Du haft eller har Du astmatiska besvär? 1 ja 2 nej

Har Du haft eller har Du hösnuva? 1 ja 2 nej

Har Du haft eller har Du eksem? 1 ja 2 nej

om ja,

är det något i skolmiljön som förvärrar besvären? 1 nej
(t ex ett andra röker, rider eller har påsladjur) 2 ja, vad.....

förändras besvären under ledigheter (helger, lov mm)? 1 nej
2 ökar
3 minskar

17 Hur bedömer Du inomhusklimatet i följande gemensamma utrymmen?

	luftkvaliteten			värmnen			ljudnivån			belysningen		
	bra	varken/eller	dålig	bra	varken/eller	dålig	bra	varken/eller	dålig	bra	varken/eller	dålig
matsal	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
korridorer	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
personalrum	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
lärar- arbetsplatser	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
skolan som helhet	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

Tack för hjälpen!

Enkät om hur Du upplever inomhusklimatet

Tidpunkt: den / kl _____

Skola _____ Klassrum: _____

Vi ber Dig besvara några frågor om hur Du upplever att inomhusklimatet brukar vara i det klassrum som Du sitter i just nu.

Hur ofta har Du lektion i detta klassrum? dagligen någon gång/veckan mera sällan

När har Du lektion i detta klassrum? förmiddagar eftermiddagar både fr/ve

Jag som svarar är: pojke flicka Jag har gått i den här skolan i _____ år

Jag går nu i klass _____

Luft och ventilation

1 Har Du under de senaste tre månaderna besvärats av att luften i detta klassrum... (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
... varit torr.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... varit dammig.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... varit instängd ("dålig").....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haft en stickande lukt.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... haft mögellukt.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... luktat matos.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... luktat avlopp.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... luktat avgaser.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... luktat tobaksrök.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... annat, vad _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 Brukar detta klassrum vara vädrat när lektionen börjar?

alltid	för det mesta	ibland	aldrig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 Har Du haft några problem med statisk elektricitet (att man får stötar) i detta klassrum?

ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4 Hur anser Du att luftkvaliteten i stort sett varit i detta klassrum under de senaste tre månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Värme och temperatur

5 Har Du de tre senaste månaderna besvärats av att det i detta klassrum varit... (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
... för varmt på morgonen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... för kallt på morgonen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... för varmt på eftermiddagen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... för kallt på eftermiddagen.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... för varmt pga solinstrålning.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... det varit för kallt vid golvet.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... drag från fönster.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... drag från dörr.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... drag från ventilationsinblåsning.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6 Hur anser Du att värmen i stort sett varit i detta klassrum under de tre senaste månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Dagsljus och belysning

7 Har Du under de tre senaste månaderna besvärats av ljusförhållandena i detta klassrum som gör det svårt att läsa och skriva... (sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
... svag belysning vid bänken.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... svag belysning på tavlan.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... bländning av belysning/lampor.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... reflexer eller blänk vid bänken.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... reflexer eller blänk på tavlan.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8 Hur anser Du att belysningen i stort sett varit i detta klassrum under de tre senaste månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ljud och buller

9 Har Du under de tre senaste månaderna besvärats av buller eller ljud i detta klassrum såsom...
(sätt ett kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig
..ljud från ventilationen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från värmeelementen.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud utifrån (skolgården, trafik etc).....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..skrap från bänkar/möbler.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från angränsande rum.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från korridor.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
..ljud från olika apparater i rummet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

10 Tycker Du att det i allmänhet är lätt eller svårt att höra vad som sägs i detta klassrum?

1 ja, lätt 2 svårt 3 svårt, talet blir
talet studsar i rummet (ger eko) dämpat då någon talar

11 Hur anser Du att ljudnivån i stort sett varit i detta klassrum under de tre senaste månaderna, om Du bortser från ljud som orsakas av oordning?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Städning och trivsel

12 Hur tycker Du att städningen varit av detta klassrum under de tre senaste månaderna?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dålig	mycket dålig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

13 Händer det att skolarbetet känns påfrestande stressigt?

ja, varje dag	ja, varje vecka	ja, men mera sällan	nej, aldrig
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

14 Hur trivs Du i skolan?

mycket bra	ganska bra	varken/eller (acceptabel)	ganska dåligt	mycket dåligt
1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>

Hälsoaspekter

15 Har Du under de senaste tre månaderna haft något/några av nedanstående besvär? Ange även om Du i så fall tror att det beror på skollokaler. (sätt kryss på varje rad)

	ja, ofta (varje vecka)	ja, ibland	nej, aldrig	om ja,	
				tror Du att detta beror på skollokalerna? ja	nej
-trötthet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-tung i huvudet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-huvudvärk.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-koncentrationssvårigheter.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-klåda, sveda, irritation i ögonen	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-irriterad, täppt eller rinnande näsa	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-heshet, halstorrhet.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-hosta.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-torr eller rodnad hud i ansiktet...	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-fjällning, klåda i hårbotten/öron..	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
-torr kliande hud på händerna.....	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>

16 Har Du haft eller har Du astmatiska besvär? 1 ja 2 nej

Har Du haft eller har Du hösnuva? 1 ja 2 nej

Har Du haft eller har Du eksem? 1 ja 2 nej

om ja,

är det något i skolmiljön som förvärrar besvären? 1 nej
(t ex att andra röker, rider eller har påsdjur) 2 ja, vad.....

förändras besvären under ledigheter (helger, lov mm)? 1 nej
2 ökar
3 minskar

17 Hur bedömer Du inomhusklimatet i följande gemensamma utrymmen?

	luftkvaliteten			värmnen			ljudnivån			belysningen		
	bra	varken/eller (acceptabel)	dålig	bra	varken/eller (acceptabel)	dålig	bra	varken/eller (acceptabel)	dålig	bra	varken/eller (acceptabel)	dålig
matsal	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
korridorer	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
toaletter	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
gymnastikens omklädningsrum	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
skolan som helhet	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

Tack för hjälpen!

Vad tycker Du om Ditt klassrum?

Rum: _____

Datum: den __/__/__ kl ____

Läs varje fråga och kryssa på varje rad hur Du tycker. Om Du har svårt att hitta ett svar som passar får Du gärna skriva ett eget svar.

Jag som svarar är: pojke flicka Skola _____

Jag har gått i den här skolan i _____ år Jag går i klass _____

1. Hur tycker Du att luften brukar vara i Ditt klassrum?

Brukar luften vara dammig ja, ofta ibland nej
 Brukar luften kännas instängd ja, ofta ibland nej
 Brukar det lukta illa ja, ofta ibland nej

2. Hur brukar temperaturen vara i Ditt klassrum?

Är det för varmt ja, ofta ibland nej
 Är det för kallt ja, ofta ibland nej
 Är det för kallt vid golvet ja, ofta ibland nej
 Drar det från fönstret ja, ofta ibland nej
 Drar det från dörren ja, ofta ibland nej

3. Brukar det hända att du får stötar när Du tar i klasskamrater eller saker i klassrummet?

 ja, ofta ibland nej

4. Brukar det vara buller eller ljud i Ditt klassrum som gör det svårt att höra vad läraren eller klasskamrater säger?

Hörs det ljud utifrån (skolgården, trafik mm) ja, ofta ibland nej
 Hörs det ljud från andra rum ja, ofta ibland nej
 Hörs det tal/röster från korridoren ja, ofta ibland nej
 Hörs det ljud från apparater i klassrummet ja, ofta ibland nej

VÄND

5. Hur tycker Du belysningen är i Ditt klassrum? Är det något som gör det svårt att läsa eller skriva?

Är det svag belysning ja, ofta ibland nej
 Blir Du bländad av lamporna ja, ofta ibland nej
 Är det blänk eller reflexer i böckerna ja, ofta ibland nej
 Är det blänk eller reflexer på tavlan ja, ofta ibland nej

6. Har Du de tre senaste månaderna haft några av följande besvär?

Har Du varit extra trött ja, ofta ibland nej
 Har Du haft ont i huvudet ja, ofta ibland nej
 Har det kliat eller svidit i ögonen ja, ofta ibland nej
 Har Du varit snuvig ja, ofta ibland nej
 Har Du varit hes eller torr i halsen ja, ofta ibland nej
 Har Du haft hosta ja, ofta ibland nej
 Har Du varit torr om händerna eller i ansiktet ja, ofta ibland nej
 Har Du haft spruckna läppar ja, ofta ibland nej

7. Har Du astma? ja nejHar Du hösnuva? ja nejHar Du eksem? ja nej

8. Hur tycker Du att städningen av Ditt klassrum brukar vara?

 😊 😐 ☹️

9. Hur trivs Du i skolan?

 😊 😐 ☹️

10. Hur tycker Du att luften brukar kännas i:

Klassrummet 😊 😐 ☹️
 Skolmatsalen 😊 😐 ☹️
 Korridorerna 😊 😐 ☹️
 Toaletterna 😊 😐 ☹️
 Gymnastiksalen 😊 😐 ☹️

11. Tycker Du att Du går i en fin skola eller är den sliten och inte så fin?

 😊 😐 ☹️

TACK FÖR HJÄLPEN

Tekniska mätningar - metoder och mätinstrument

Nedanstående mätningar har utförts av en grupp bestående av Cecilia Sundberg, Lars Fyrhake, Hans-Olof Karlsson-Hjort och Marie Hult, som alla vid tiden för mätningarna arbetade på Stockholm Konsult, Energi och Miljö. Sex av mätningar utfördes under uppvärmningssäsongen under februari-mars 1995. I Risebergaskolan, som var senast byggd, utfördes mätningarna i november 1995. Uppgifter om utomhusförhållandena (utetemperatur, RF, vindriktning, vindhastighet) under mätperioderna har i huvudsak hämtats från SMHI:s närmast liggande station från respektive skola. Sol-/molnighet/nederbörd registrerades under momentanmätningarna.

1. Kontinuerlig mätning ca en vecka av lufttemperaturer, CO₂ och relativ luftfuktighet (RF)

Mätningarna utfördes i två representativa klassrum, placerade i olika vädersträck. Loggrar av typ Mitec AT 40 monterades med flera givare för temperatur, CO₂ och RF. Mätvärden lagrades varannan minut i dataloggern. Temperaturgivare hängdes mitt i klassrummet på höjderna 0,1 m, 1,1 m och 1,8 m över golv. RF-givaren placerades mitt i rummet 1,8 m över golv. CO₂-givaren var placerad 2 m från närmsta person samt ungefär mitt i klassrummet. Vid mätning av CO₂-halt och temperatur i frånluft placerades givarna precis vid utsuget eller inne i frånluftskanalen. Utomhusvärden uppmättes för temperatur och i vissa fall RF.

2. Momentanmätningar

2.1 Termisk komfort

Mätningarna utfördes i två representativa klassrum, placerade i olika vädersträck. De instrument som användes var Brüel & Kjaers termiska komfortmätare typ 1212, som mäter lufttemperatur, operativ temperatur och ekvivalent temperatur. För mätning av RF ute och inne användes slungpsykrometer. För mätning av yttemperaturer användes ett direktvisande yttemperaturinstrument. Termiska komfortmätningarna utfördes i två olika punkter, dels mitt i klassrummets båda riktningar (punkt 1), dels mitt i klassrummet, 1 m från fönster (punkt 2). I höjddled gjordes temperaturmätningarna dels 0,1 m över golv, dels 1,1 m över golv.

2.2 Koldioxid, CO₂

En akustisk CO₂-mätare från FLÄKT AB användes för att mäta upp koldioxidhalten i uteluften intill skolorna. Givaren placerades utomhus i

närheten av skolan och lästes av efter ca en timme. I vissa fall användes instrumentet även för att kontrollera hur CO₂-halten i klassrummet förändrades medan övriga momentanmätningar utfördes där.

2.3 Ljudnivåer

Mätningar av ljudnivåer i dBA och dBC utfördes i tomt klassrum efter skoldagens slut med Brüel & Kjaers ljudmätare typ 2230. Beroende på klassrummets storlek bestämmer man antalet mätpunkter, vanligtvis 6 st.

2.4 Efterklangstid

Vid mätningen spelades ljudet av en startpistol in på en bandspelare, centralt placerad i klassrummet. Den som utförde skjutningen var placerad enligt en skiss med de olika mätpunkterna man antagit. Antalet mät- och källpunkter i klassrummet bestäms efter rummets volym. Vanligtvis har det varit två källpunkter och tre mätpunkter. För mätning användes en startpistol typ Röhm RG7, bandspelare typ NagraIV-SJ, Brüel & Kjaers kondensatormikrofon typ 4615 samt Brüel & Kjaers förstärkare typ 2639. Bandupptagningarna lämnades till Stockholms Luft- och Bulleranalys, Slb, för analys.

2.5 Magnetfält

Magnetfält i av lågfrekvent typ, 5-2000 Hz, uppmättes med magnetfältsmätare typ Combinova MFM10. Mätningen utfördes i tomma lokaler, men med belysning och värmesystem igång. Mätpunkterna var i ansiktshöjd för sittande och utfördes efter ett rutnät med 9 punkter i rummet som en standardmätning. Utöver detta gjordes sökande mätningar för att se om det fanns högre magnetfält i vissa zoner.

2.6 Mikrobiell provtagning

I Risebergaskolan och Fredkullaskolan som har tilluft via jordrör gjordes mikrobiell provtagning. I uteluft vid luftintag samt i klassrum pumpades luft över stora MA-skålar i en av Arne Hyppel, BYSAB, specialgjord provtagare. I kanalmyrningar användes tryckplattor Rodac för direkt provtagning på ytorna. På plattorna fastnar sporer av mögel och bakterier som genom en tids odling sedan kan räknas (antalet kolonibildande sporer/m³ luft, cfu/m³) och artbestämmas. Plattorna skickades till BYSAB för odling och analys.

3. Långtidsmätningar

3.1 Radongas

Radongas mättes genom utplacering av dosor med MRM:s spårfilm. Under mätningen kommer radon in i dosorna via en smal luftspalt i bakkanten. De alfapartiklar som bildas vid sönderfallet av detta radon orsakar spår i filmen. Antalet spår är ett mått på radonhalten i rummet, där radonmätaren varit placerad. Radonmätare placerades ut i klassrum, souterräng- källarvåningar och kryprum i förekommande fall. Mättiden var minst två månader och samtliga dosor insamlades före 15 april. Dosorna skickades till Mark Radon Miljö (MRM) för analys.

3.2 Specifikt luftflöde

Metoden för spårgasmätning av specifikt luftflöde beskrivs i **BILAGA 3**.

Långtidsmätning av genomsnittligt specifikt luftflöde (luftomsättning), RF och rumstemperatur - metodbeskrivning

Specifikt luftflöde, uppmätt med passiv spårgasteknik

Ventilationsmätningarna har genomförts av Pentiaq AB, Gävle, med Carl-Axel Boman som ansvarig. De har genomförts med hjälp av passiv spårgasteknik. Denna kännetecknas bland annat av att man, i en lokal eller i en hel byggnad, kan mäta tillförseln av uteluft till olika punkter i byggnaden eller till hela byggnaden. Mätperioden kan vara från någon dag till flera månader beroende på syftet med undersökningen. I denna undersökning har mätperioden för varje objekt varierat mellan 4 och 7 veckor och resultatet har primärt använts för beräkning av energianvändningen, då de ger en god uppfattning om hur mycket uteluft som tas in och behöver värmas i byggnaden.

Mätresultatet utgör ett medelvärde av tillförseln av uteluft under mätperioden. Genom kännedom om tilluftsmängden till en byggnad kan man med metoden bestämma hur bra en punkt ventileras av den tillgängliga tillförseln av uteluft. Detta begrepp uttrycks numera som luftens medelålder i en viss punkt, eller som det rumsspecifika luftflödet. Det **rumsspecifika luftflödet** (sort: rumsvolymer per timme) definieras som det inverterade värdet av **luftens lokala medelålder**, vilket är den storhet som mäts med passiv spårgasteknik. Den lokala medelåldern anger hur gammal luften i en punkt i genomsnitt är. Det totala **specifika ventilationsflödet** motsvarar i stort sett det gamla begreppet "**luftomsättning**". Exempelvis, om den lokala medelåldern är 2,0 så är det specifika luftflödet ("luftomsättningen") 0,5 rumsvolymer per timme.

Generellt kan sägas att ju yngre luftens lokala medelålder är desto renare är luften och ju äldre luftens lokala medelålder är desto mer nedsmutsad är luften. Med passiv spårgasteknik mäts primärt luften lokala medelålder.

Vid mätningarna i denna undersökning har en speciell typ av passiv spårgasteknik använts, nämligen **homogenspridningstekniken**. Tekniken innebär att spårgaskällor, med perfluorocarboner som spårgas, placeras ut så att en så homogen spridning som möjligt av spårgas sker i hela den rumsvolym som innefattas av mätobjektet. I denna undersökning har i vissa fall hela skolbyggnaden och i andra fall delar av skolbyggnaden uppmätts. Varje rumsvolym har i princip en spårgaskälla centriskt placerad. Spårgasen diffunderar ut i luften från varje källa med konstant hastighet (ca 10 mikrogram per timme) och blandas in i rumsluften. Koncentrationen av spårgas i lokalen beror på hur bra lokalen är ventilerad. En bra ventilerad lokal har relativt sett en låg koncentration och en mindre bra ventilerad lokal har en högre koncentration av spårgas i luften. Koncentrationen av spårgas i olika delar av lokalen mäts med s k provtagare.

I denna undersökning har provtagare placerats ut i alla utrymmen som betraktas som stadigvarande vistelsezon för elever och personal. Genrellt har alla provtagare suttit på en höjd över golv av 1,6-1,9 m. Några provtagare har placerats vid särskilt intressanta punkter som t ex lärararbetsplats. I klassrum har i regel flera provtagare placerats ut i elevernas vistelsezon.

Provtagare har även varit utplacerade i närheten av klassrummens frånluftsdon för att mäta eventuella kortslutningseffekter hos ventilationssystemet.

Genomsnittlig RF och rumstemperatur

Innetemperaturen har registrerats dels med elektroniska medeltemperaturmätare dels med dataloggers. Relativa luftfuktigheten har mätts med diffusionsprovtagare. Medeltemperaturmätare och relativa luftfuktighetsmätare har varit placerade i alla de utrymmen som elever och personal stadigvarande vistas. Datalogger har endast placerats i något rum per skola.

Energianalyser och energistatistik - metodbeskrivning

1. Jämförande beräkningar av energianvändning mellan aktuella system och FTX-system

För var och en av de sju skolorna har energiberäkningar utförts. Dessa har syftat till att jämföra energianvändningen för de aktuella ventilationslösningarna (fortsättningsvis förkortade S/F-lösningarna) med FTX-lösningar för samma lokaler. Endast de delar av skolorna som ventileras med den specifika lösningen (S eller F förstärkt med självdrag) har tagits med i dessa beräkningar. Det betyder att kök och andra ytor som ventileras med FTX-system har hållits utanför beräkningarna. En jämförande beräkning har sedan utförts för samma lokalytor med förutsättningen att dessa ventileras med FTX-system.

Beräkningsmetoder och indata

Energiberäkningarna har utförts av Sune Häggbom, AB Sunda Hus, med hjälp av energiberäkningsprogrammet VIP+. Beräkningarna bygger på i projektet insamlade uppgifter om areor, byggnadsdelars sammansättning, fläkteffekter och drifttider. De har genomförts så att de, så nära som möjligt, ansluter till verkliga förhållanden.

De beräkningsmodeller som ingår i VIP+ kan i huvudsak indelas i två delar. Den ena modellen gäller för värmelagring i byggnadsstommen och den andra för beräkning av luftflöden genom ventilationssystemet och luftläckage genom byggnadsdelar. Det finns två knutpunkter där egenskaperna hos de ingående systemen möts.

Den ena knutpunkten är byggnadens invändiga lufttryck. Där knyts vindtryck, termik, läckage och ventilationsflöden samman till ett luftsystem, med balans mellan tillförd och bortförd luft. Samtliga faktorer har ett inbördes samband.

Den andra knutpunkten är byggnadsstommens temperatur. Där knyts energiflöden från sol, processer, luftomsättning, transmission m m samman till ett energisystem, med balans mellan tillförd och bortförd och lagrad energi.

Programmet bygger på en dynamisk beräkningsmodell, vilket innebär att beräkningen upprepas timme för timme under beräkningsperioden, som i detta fall satts till ett år. Energiflöden och temperaturer beräknas med hänsyn till påverkan av klimatfaktorer som utetemperatur, sol och vind. Uppmätta rumstemperaturer och luftväxling har styrt beräkningarna.

Fläktarnas energiförbrukning beräknas utifrån deras verkningsgrad, tryckhöjning och flöde.

I FTX-fallet ingår frånluftens flöde och temperatur tillsammans med utetemperatur och uppvärmningsbehov i beräkningarna av återvunnen energi.

För närmare beskrivning av beräkningsmetoden, se programmanual för VIP+.

Ventilationen i S/F-lösningarna

Luftflödena för de aktuella ventilationslösningarna har hämtats från projektets mätningar av genomsnittlig luftväxling under sex veckor. Dessa mätningar har utförts med den så kallade Homogeniseringsmetoden, som är en passiv spårgasteknik. Se närmare beskrivning av denna i Bilaga 3. Mätningarna ger en genomsnittlig luftomsättning, dygnet runt, för vinterförhållanden, vilket är den kritiska perioden för energianvändningen. Därmed ger dessa ett mått på hur mycket ventilationsluft som behöver värmas upp.

Den uppmätta medelluftomsättningen har fördelats på skoltid och annan tid med kännedom om hur skolan används och, i förekommande fall, med kännedom om fläktarnas basflöden som använts under icke skoltid. Hur denna beräkning gjorts framgår av avsnitt 5.2.6.

Ventilationen i FTX-lösningarna

En jämförande beräkning har utförts för ett fall som omfattar samma lokalytor, men med en takhöjd på 3 m och som nu förutsatts vara ventilerade med ett konventionellt FTX-system. Här har luftflödet antagits vara $3,3 \text{ l/s, m}^2$. Drifftiden har antagits vara måndag till fredag kl 06.00-18.00, vilket är vanligt i FTX-skolor. Värmeåtervinningen ur frånluften har antagits ha en genomsnittligt verkningsgrad på 50%.

Process- och personenergi

Processenergi, som i huvudsak är belysning, har i båda beräkningsfallen antagits vara 15 W/m^2 under skoltid och 0 W/m^2 under annan tid. Personenergin har på motsvarande sätt antagits vara 4 W/m^2 respektive 0 W/m^2 .

Resultatet av energiberäkningarna redovisas samlat i rapportens tabell 15.

2. Uppmätt energianvändning

BILAGA 4 Sid 3

Ofta utgör de studerade skolbyggnaderna en av flera byggnader som tillhör samma skola. Det har då i regel inte varit möjligt att mäta av värmeanvändningen för enbart "självdraagsbyggnaden". När det gäller Fredkullaskolan och Garda skola som även värms med el har det varit möjligt att få fram en siffra för total energianvändning. Å andra sidan har det då inte gått att separera energi för uppvärmning respektive el för verksamhet, fläktar etc, då separata elmätare saknats. I dessa fall har då inte heller energianvändningen för värme kunnat normalårskorrigeras. Ett årsvärde skiljer sig dock i regel inte från ett normalårskorrigerat värde med mer än plus/minus 10%.

I Tabell 5.1 visas skillnaden mellan beräknad och uppmätt total energianvändning (värme, tappvarmvatten, samt el för fastighet och verksamhet). Jämförelsen är bara möjlig i fyra av de sju skolorna och är ändå inte så relevant eftersom beräkningen gäller självdragsventilerade ytor, exklusive tappvarmvatten och mätstatistiken omfattar även energi för tappvarmvatten och el för FTX-delar. För att få resultaten lite mer jämförbara har ett schablonvärde för förbrukning av energi för uppvärmning av tappvarmvatten adderats till de beräknade värdena. Denna schablon har satts till 25 kWh/m² och år. I denna siffra har det beaktats att barnomsorg/fritidshem ingår i verksamheten. I Risebergaskolan, där energi för uppvärmning av tappvarmvatten inte ingick i mätningen har samma schablon även lagts till på det uppmätta värdet. Fortfarande skiljer sig alltså beräknad och uppmätt energianvändning i samtliga fall utom Riseberga, genom att endast självdragsventilerade ytor ingår i beräkningarna, medan uppmätt energianvändning även omfattar utrymmen med mekanisk ventilation.

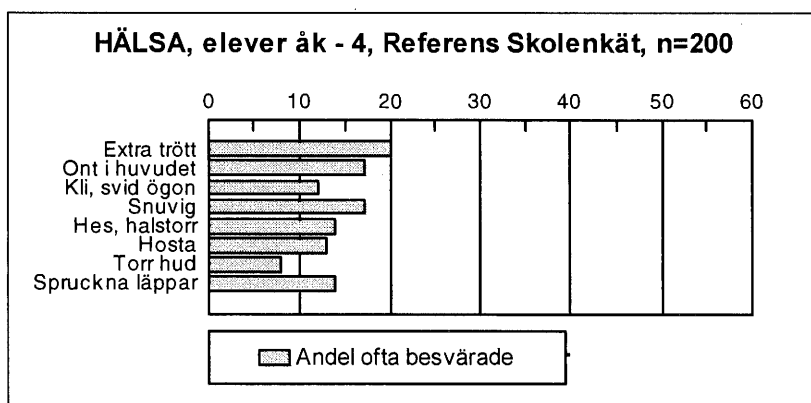
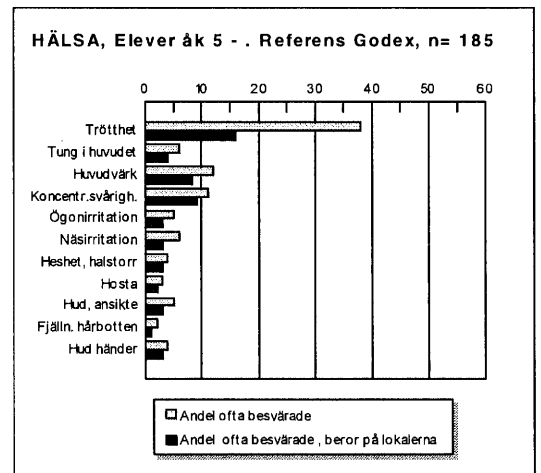
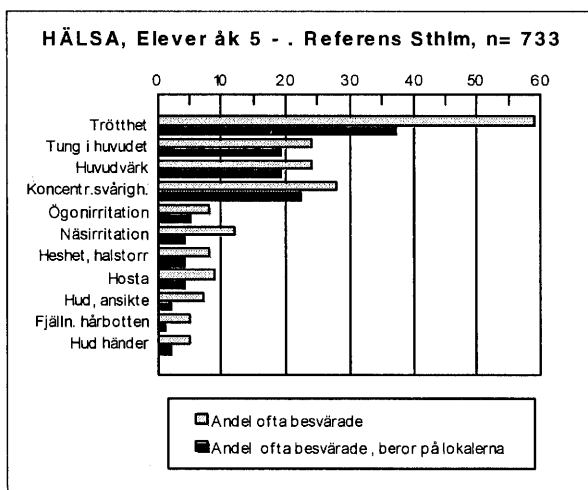
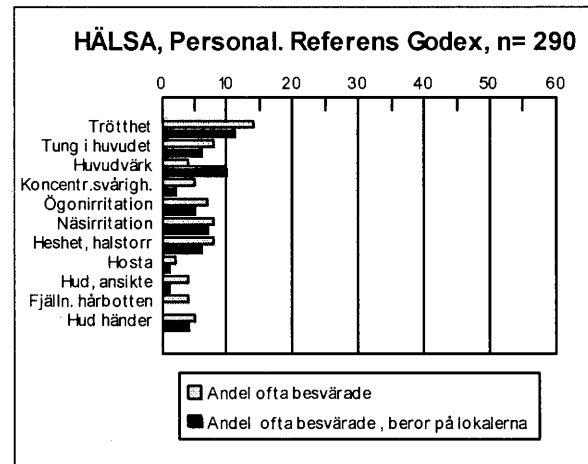
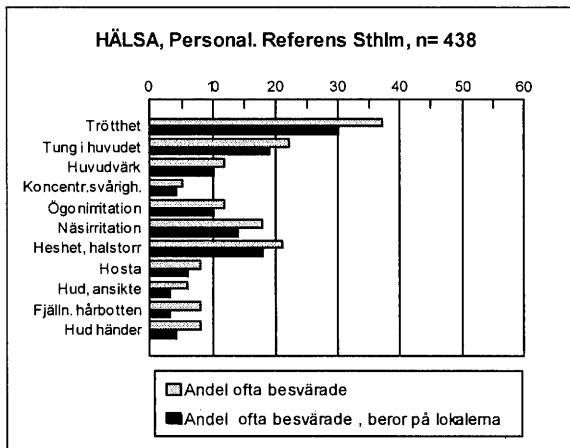
Som framgår av tabellen, är den beräknade energianvändningen 8-18% lägre än den uppmätta.

Tabell 5.1: Uppmätt energianvändning i kWh/m² uppvärmd bruksarea och år, jämförd med beräknad för några av skolorna.

SKOLA	UPPMÄTT TOTAL ENERGI- ANV. kWh/m ₂ ,år	BERÄKNAD TOTAL ENERGI- ANV. kWh/m ₂ ,år	DIFF. BERÄKN- UPPMÄTT kWh/m ₂ ,år	RELATIV SKILLNAD Procent	KOMMENTAR
Garda	163	150 ¹⁾	-13	-8%	1) El till köksfläktar och köksutrustning ingår inte i beräkningarna, men i mätningarna.
Fredkulla	172	151 ¹⁾	-21	-12%	1) El till köksfläktar och köksutrustning ingår inte i beräkningarna, men i mätningarna.
Riseberga	155 ²⁾	127 ¹⁾	-28	-18%	2) El till köksfläktar och köksutrustning ingår varken i mätningarna eller beräkningarna. I mätningarna ingår inte heller värmeslingor i entréer.
Karlshov	282	248 ¹⁾	-34	-12%	1) El till köksfläktar och köksutrustning ingår inte i beräkningarna men i mätningarna.

Referenser, hälsosymptom

(För beskrivning av referenserna, Sthlm och Godex, se bilaga 1)



Referenser för allergifrekvens

	Åk-4*)		Åk5-		Personal	
	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Någon form av allergi						
BasGodex ¹⁾	-		44		34	
Sthlm ²⁾	30		44		42	
ELIB ³⁾	-		-		34	
FHI ⁴⁾	33		-		-	
Astma						
BasGodex	-		15		9	
Sthlm	6		12		17	
ELIB	-		-		12	
FHI	5		-		-	
Hösnuva						
BasGodex	-		19		16	
Sthlm	13		23		22	
ELIB	-		-		15	
FHI	13		-		-	
Eksem						
BasGodex	-		29		24	
Sthlm	18		27		24	
ELIB	-		-		23	
FHI	15		-		-	

*) Frågan för åk -4 är annorlunda ställd: De tillfrågas endast om de **har** (ej **har** eller **har haft**) astma, ehösnuva eller eksem.

- 1) Referensen BasGodex 2.1.1 för skolpersonal, 15 FTX skolor i landet med bra inomhusklimat, n= 290 och 2.2.1 för elever åk5-, 4 skolor i landet, n=185.
- 2) Referensen Sthlm 2.1.2: 14 skolor i Stockholm, n=438 för personal, 2.2.2: 4 skolor n=185 för elever åk 5- samt Skolenkäten: 3 skolor n=180 för elever åk -4.
- 3) ELIB, som är en riksomfattande undersökning av självrapporterad allergi används som referens enbart för personal, och då de siffror som gäller för vuxna kvinnor, eftersom kvinnor oftast är i klar majoritet i LM-skolor, n =6.000.
- 4) FHI=Folkhälsoinstitutets uppgifter om allergi (rapporterad från medicinska undersökningar).

A11:1997
ISBN 91-540-5805-8
Byggforskningsrådet
Stockholm

Distribution:
BYGGDOK
S:t Eriksgatan 46
112 34 Stockholm
Tel 08-617 74 50
Fax 08-617 74 60

Skolor med ventilation som använder självdrag - Enkätmetod, frekvenstabeller och referenser

Rapportbilaga

Marie Hult

Augusti 1997

Inledning

Detta är en bilaga till rapporten "Skolor med ventilation som använder självdrag - exempel på lösningar och resultat", utgiven av BFR 1997.

I bilagan beskrivs metodiken för genomförandet av enkätundersökningen om inomhusmiljö och hälsa, med Stockholms skolenkät med personal och elever vid de sju skolor som ingår i projektet. Här återges också de frekvenstabeller som sammanställts för varje skola när det gäller allergi, miljöbedömning i stort, miljöfaktorer detaljerat och hälsa.

Slutligen redovisas de referenser som använts för att bedöma allergi- och besvärshänsfrekvenser för sjukahussymptom hos personal, yngre elever i årskurs fyra och lägre (åk-4), respektive äldre elever i årskurs fem och uppåt (åk5-).

Stockholm 19970820

Marie Hult

Innehållsförteckning

1. Enkätundersökningens uppläggning och statistiska underlag samt allergifrekvenser	4
Tabell 1: Grunddata för självdragsskolorna - antal enkäter	5
Tabell 2: Enkät svar fördelade på årskurser samt lärare/övrig personal	6
Tabell 3: Andel personer i skolorna (Personal + elever) som " har eller har haft " allergi	7
Tabell 4: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för alla skolorna	8
Tabell 5: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för de fyra nybyggda skolorna; Garda, Länna, Fredkulla, Riseberga	9
Tabell 6: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för de tre ombyggda skolorna; Gamla läroverket, Karlshov och Lindö	9
Tabell 7: "Självdragsskolornas" genomsnittliga allergifrekvenser jämfört med referenser.	10
2. Miljöbedömning i stort	11
Tabell 8: Garda skola - miljöbedömning i stort	12
Tabell 9: Länna skola - miljöbedömning i stort	13
Tabell 10: Fredkullaskolan - miljöbedömning i stort	14
Tabell 11: Riseberga före flyttning - miljöbedömning i stort	15
Tabell 12: Riseberga efter flyttning - miljöbedömning i stort	15
Tabell 13: Gamla läroverket - miljöbedömning i stort	16
Tabell 14: Karlshovsskolan - miljöbedömning i stort	17
Tabell 15: Lindöskolan - miljöbedömning i stort	18
3. Bedömning av luftkvalitet	19
Tabell 17: Länna skola - luftkvalitet	20
Tabell 19: Risebergaskolan/före flyttning - luftkvalitet	22
Tabell 20: Risebergaskolan/efter flyttning - luftkvalitet	23
Tabell 21: Gamla läroverket - luftkvalitet	24
Tabell 22: Karlshovsskolan - luftkvalitet	25
Tabell 23: Lindöskolan - luftkvalitet	26
4. Vädring	27
Tabell 24: Garda skola - vädring/personal	27
Tabell 26: Länna skola - vädring/personal	28
Tabell 27: Fredkullaskolan - vädring/personal	28
Tabell 28: Fredkullaskolan - utvädrat/elever	28
Tabell 29: Riseberga skola före flyttning - vädring	29
Tabell 30: Riseberga skola efter flyttning - vädring	29
Tabell 31: Gamla läroverket - vädring/personal	30
Tabell 32: Gamla läroverket - utvädrat/elever	30
Tabell 33: Karlshovsskolan - vädring/personal	31
Tabell 34: Karlshovsskolan - utvädrat/elever	31
Tabell 35: Lindöskolan - vädring/personal	32
Tabell 36: Lindöskolan - utvädrat/elever	32
5. Värmekomfort	33
Tabell 37: Garda skola - värmekomfort	33
Tabell 38: Länna skola - värmekomfort	34

Tabell 39: Fredkullaskolan - värmekomfort	35
Tabell 40: Risebergaskolan före flyttning - värmekomfort	36
Tabell 41: Risebergaskolan efter flyttning - värmekomfort	37
Tabell 42: Gamla läroverket - värmekomfort	38
Tabell 43: Karlshovsskolan - värmekomfort	39
Tabell 44: Lindöskolan - värmekomfort	40
6. Ljud och buller	41
Tabell 45: Gardas skola - ljud och buller	42
Tabell 46: Länna skola - ljud och buller	43
Tabell 1.47: Fredkullaskolan - ljud och buller	44
Tabell 48: Risebergaskolan/före flyttning - ljud och buller	45
Tabell 49: Risebergaskolan/efter flyttning - ljud och buller	46
Tabell 50: Gamla läroverket - ljud och buller	47
Tabell 51: Karlshovsskolan - ljud och buller	48
Tabell 52: Lindöskolan - ljud och buller	49
7. Upplevd hälsa	50
Tabell 53: Gardas skola - personalens hälsa	51
Tabell 54: Gardas skola - elevers hälsa	52
Tabell 55: Länna skola - personalens hälsa	54
Tabell 56: Länna skola - elevers hälsa	55
Tabell 57: Fredkullaskolan - personalens hälsa	56
Tabell 58: Fredkullaskolan - elevers hälsa	57
Tabell 59: Risebergaskolan/före flyttning - personalens hälsa	58
Tabell 60: Risebergaskolan/före flytt - elevers hälsa	59
Tabell 61: Risebergaskolan/efter flyttning - personalens hälsa	60
Tabell 62: Risebergaskolan/efter flyttning - Föräldrarna om elevernas hälsa	61
Tabell 63: Risebergaskolan/efter flytt - elevers hälsa	62
Tabell 64: Gamla läroverket - personalens hälsa	63
Tabell 65: Gamla läroverket - elevers hälsa	64
Tabell 66: Karlshovsskolan - personalens hälsa	65
Tabell 67: Karlshovsskolan - elevers hälsa	66
Tabell 68: Lindöskolan - personalens hälsa	68
Tabell 69: Lindöskolan - elevers hälsa	69
8. Redovisning av referenserna för enkätundersökningen	71
8.1 Referenser för miljöfaktorer	71
8.2 Referenser för allergifrekvens	71
8.3 Referenser för hälsa	74

1. Enkätundersökningens uppläggning och statistiska underlag samt allergifrekvenser

Det frågeformulär som använts för att få elevernas och personalens uppfattning om inomhusmiljön och hälsa i relation till skollokaler är "Stockholms skolenkät". Den består av ett formulär för skolans personal, ett (med i stort sett samma frågor) för äldre elever (i årskurs 5 och uppåt, åk 5-) samt ett förenklat formulär för yngre elever (i elever till och med årskurs 4, åk-4).

För frågornas innehåll och hur enkäten används och sammanställs, se bilagd broschyr, utgiven av Stockholm Konsult, Energi och Miljö.

Enkäten delades ut till samtliga elever och personal som befann sig i skolan den dag momentanmätningarna genomfördes. På de flesta skolor kunde formulären samlas in ifyllda samma dag. I Några fall skickades formulären senare.

Nedan finns en sammanställning av grunddata. Först redovisas det statistiska underlaget i studien, d v s hur många som besvarat formuläret vid respektive skola.

Därefter redovisas i tabellsammanställning allergifrekvensen i de enskilda skolorna, samt den totala allergifrekvensen för nybyggnaderna respektive ombyggnaderna, samt totalt för samtliga sju skolor.

Sist i serien av tabeller över allergifrekvens ges ett antal referenser som självdragsskolornas allergifrekvenser kan jämföras med.

Tabell 1: Grunddata för självdragsskolorna - antal enkäter

	ÅK-4		ÅK 5-		Personal		Summa enkäter		Föräldrar
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant
Garda	58	45	54 ¹⁾	42	17	13	129	100	
Länna	60	92	0	0	5	8	65	100	
Fredkulla	20 ²⁾	38	19 ³⁾	36	14	26	53	100	19 ⁴⁾
Riseberga före	(68	88	0	0	8	12	76	100)	
Riseberga efter	90	88	0	0	12	12	102	100	82 ⁴⁾
G:a lärov	0	0	187	89	22	11	209	100	
Karlshov	85	54	51	32	22	14	158	100	
Lindö	54	37	81	55	11	8	146	100	
Summa (exkl Riseberga före flyttning)	367		392		111		870		101
Summa (inkl Riseberga före flyttning)	435		392		119		938		101

1) 21 av eleverna (varav 11 som har eller har haft någon form av allergi) går normalt i Stånga skola och har endast systlöjd och träslöjd i Garda skola. Dessa elever bör kunna uttala sig om inomhusklimatet i Garda skola, dock inte om hälsa i relation till Garda skola. Dessa 21 elever har inte heller räknats med när andelen allergiker redovisats i Gardaskolan.

2) I Fredkullaskolan fick föräldrarna till de 19 eleverna som gick i klass 1-2 besvara en föräldrarenkät. Dessa tillkommer till den enkät som eleverna själva fyllde i gemensamt på ett enda formulär, under sin lärares ledning.

3) De 19 eleverna i Fredkullaskolan som går i åk 5- (varav 6 har eller har haft någon form av allergi) har idag undervisning i en paviljongbyggnad utanför självdragsskolan. De har dock gått i självdragsskolan under lågstadiet och äter mat här. De bör därför kunna uttala sig om miljöfaktorerna, dock inte om hälsa relaterat till självdragsskolan. Dessa 19 elever har inte heller räknats med när andelen allergiker redovisats i Fredkullaskolan.

4) I Risebergaskolans nybyggnad samt i Fredkullaskolan delades enkät även ut till föräldrarna eftersom samtliga elever gick i klass 1-2, som normalt anses för små för att kunna besvara enkäten. Föräldrarna svarade bara på frågor om hur de upplevde sina barns hälsa och hur den sammanhänge med byggnaden.

**Tabell 2: Enkät svar fördelade på årskurser
samt lärare/övrig personal**

	Åk1	Åk2	Åk3	Åk4	Sum Åk-4	Åk5	Åk6	Åk7	Åk8	Åk9	Summa åk5-	Lärare	Övr. pers	Summa pers.	Summa elever och personal
Garda	-	22	22	14	58	21+ 13	12+ 8	-	-	-	54	11	6	17	129
Länna	-	-	37	23	60	-	-	-	-	-	0	5	0	5	65
Fredk	(19 föräldrar)		6	14	20	7	6	6	-	-	19	7	7	14	72 (inkl. föräldrar)
Riseb före	30	38	-	-	68	-	-	-	-	-	0	6	2	8	76
Riseb efter	46 (82 föräldrar)	44	-	-	90	-	-	-	-	-	0			12	102
G:a lärov	-	-	-	-	0	-	-	40p+ 78h	23p+ 111h	63p+ 188h	13	14	27		279
Karls- hov	-	20	39	26	85	25	26	51	-	-	51	20	2	22	158
Lindö	-	-	-	54	54	58	23	-	-	-	81	8	3	11	146
Summa	77	124	104	131	436	124	75	175	-	34	456	69	34	113	1026

Tabell 3: Andel personer i skolorna (Personal + elever) som "har eller har haft" allergi.

	Allergi av något slag		Astma		Hösnuva		Eksem	
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Garda n=107	36 ¹⁾	34 ¹⁾	9	8	10	9	29	27
Länna n=65	15	23	3	5	7	11	4	6
Fredk n=53	12 ²⁾	23	1	2	7	13	6	11
Riseb n=102	35	34	8	7	13	13	19	19
G:a lärov n=209	75	36	25	12	31	15	44	21
Karlshov n=158	61	39	13	8	21	13	44	28
Lindö n=146	62	42	12	8	23	16	41	28
SUMMA n=910	321	35%	76	8%	127	14%	204	22%

1) Utan Stångaeleverna. 10 av dessa 21 elever är allergiska.

2) Utan eleverna i åk 5- i paviljongen. 6 av dessa 19 elever är allergiska.

Referenser

Goda exempel på sunda hus

BAS n=475 180 38% 52 11% 81 17% 124 26%

Skolor i Sthlm

n=803 319 40% 107 13% 162 20% 187 23%

Tabell 4: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för alla skolorna

	Åk-4 Tot:367		Åk5- Tot:352		Summa elever Tot: 719		Personal Tot: 103		Summa pers+elever(Tot:822)	
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Allergi	117	32	115	33	232	32	38	37	270	33
-Asthma	20	5	31	9	51	7	14	14	65	8
-Hösnuva	28	8	45	13	73	10	18	17	91	11
-Eksem	78	21	76	22	154	21	18	17	172	21

Tabell 5: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för de fyra nybyggda skolorna; Garda, Länna, Fredkulla, Riseberga

	Åk-4 Tot:228		Åk5- Tot:33		Summa elever Tot:261		Personal Tot:48		Summa pers+elever(Tot:309)	
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Allergi	65	29	12	36	77	30	20	42	97	31
-Asthma	13	6	3	9	16	6	5	10	21	7
-Hösnuva	18	8	2	6	20	8	10	21	30	10
-Eksem	41	18	11	33	52	20	9	19	61	20

Tabell 6: Sammanställning av genomsnittliga allergifrekvenser för de tre ombyggda skolorna; Gamla läroverket, Karlshov och Lindö

	Åk-4 Tot:139		Åk5- Tot: 319		Summa elever Tot: 458		Personal Tot: 55		Summa pers+elever (Tot:513)	
	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%	Ant	%
Allergi	52	37	103	32	155	34	18	33	173	34
-Asthma	7	5	28	9	35	8	9	16	44	9
-Hösnuva	10	7	43	13	53	12	8	15	61	12
-Eksem	37	27	65	20	102	22	9	16	111	22

Tabell 7: "Självdragsskolornas" genomsnittliga allergifrekvenser jämfört med referenser.

	Åk-4*)	Åk5-	Personal	Kommentar
	%	%	%	
NÅGON FORM AV ALLERGI				Ett eller flera allergisymptom; astma, hösnuva och eksem.
Självdragsskolor, alla	32	33	37	
Självdragsskolor, nya	29	36	42	
Självdragsskolor, omb	37	32	33	
BasGodex ¹⁾	-	44	34	
Sthlm ²⁾	30	44	42	
ELIB ³⁾	-	-	34	
FHI ⁴⁾	33	-	-	
Astma				
Självdragsskolor, alla	5	9	14	
Självdragsskolor, nya	6	9	10	
Självdragsskolor, omb	5	9	16	
BasGodex	-	15	9	
Sthlm	6	12	17	
ELIB	-	-	12	
FHI	5	-	-	
Hösnuva				
Självdragsskolor, alla	8	13	17	
Självdragsskolor, nya	8	6	21	
Självdragsskolor, omb	7	13	15	
BasGodex	-	19	16	
Sthlm	13	23	22	
ELIB	-	-	15	
FHI	13	-	-	
Eksem				
Självdragsskolor, alla	21	22	17	
Självdragsskolor, nya	18	33	19	
Självdragsskolor, omb	27	20	16	
BasGodex	-	29	24	
Sthlm	18	27	24	
ELIB	-	-	23	
FHI	15	-	-	

*) Frågan för åk -4 är annorlunda ställd: De tillfrågas endast om de **har** (ej **har** eller **har haft**) astma, ehösnuva eller eksem.

¹⁾ Referensen BasGodex 2.1.1 för skolpersonal, 15 FTX skolor i landet med bra inomhusklimat, n= 290 och 2.2.1 för elever åk5-, 4 skolor i landet, n=185.

²⁾ Referensen Sthlm 2.1.2: 14 skolor i Stockholm, n=438 för personal, 2.2.2: 4 skolor n=185 för elever åk 5- samt Skolenkäten: 3 skolor n=180 för elever åk -4.

³⁾ ELIB, som är en riksomfattande undersökning av självrapporterad allergi används som referens enbart för personal, och då de siffror som gäller för vuxna kvinnor, eftersom kvinnor oftast är i klar majoritet i LM-skolor, n =6.000.

⁴⁾ FHI=Folkhälsoinstitutets uppgifter om allergi (rapporterad från medicinska undersökningar).

2. Miljöbedömning i stort

Frågan ställdes hur man under de tre senaste månaderna i stort bedömt luftkvaliteten, värmekomforten, ljudnivån, ljusförhållandena, städningen och trivseln i skolan. De svarsalternativ som fanns för personal och äldre elever var "mycket bra", "ganska bra", "acceptabelt", "ganska dåligt" och "mycket dåligt". I redovisningen i tabelform nedan har vi slagit samman "mycket bra" och "ganska bra" till **bra** och "ganska dåligt" och "mycket dåligt" till **dåligt**.

För de yngre eleverna fanns alternativt glad gubbe (som vi jämfört med **bra**), neutral gubbe (som vi jämfört med "acceptabelt") och sur gubbe (som vi jämfört med **dåligt**). De yngre eleverna har på detta vis bedömt luften i klassrummet, städningen och trivseln, men totalbedömning av värme, ljud och ljus efterfrågas inte i enkäten för åk -4.

I olika internationella standarder brukar man anse att höst 20% missnöjda är ett rimligt mål när det gäller upplevelser som har med inomhusmiljö att göra. Detta bör också kunna tolkas så att **minst 80% bör anse att inomhusmiljöparametrarna nedan är "bra" eller "acceptabla" för att man skall kunna klassa dem som godtagbara.**

I tabellerna nedan har vi slagit samman svaren från såväl personal som elever (även de yngre finns med där de gjort bedömningar). Bokstaven n i vänsterkolumnen anger hur många enkätsvar bedömningen grundar sig på. Att n varierar från fråga till fråga sammanhänger med om de yngre eleverna svarat på frågan eller inte.

I detta sammanhang har vi bedömt det som rimligt att ta med även Stångaelevernans bedömning av Gardaskolan och De äldre elevernas bedömning av Fredkullaskolan.

Tabell 8: Garda skola - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever, samt procentandel av allergikerna, som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra"+"acceptabelt".

Alla som svarat n=129, Alla allergiker som svarat n=46

	Bra %	Accept %	Bra+ Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	83	16	99	1
Allergiker	80	17	97	3
Värmekomfort				
Alla	76	18	94	6
Allergiker	67	22	89	11
Ljudnivå				
Alla	77	17	94	6
Ljusförhållanden				
Alla	92	6	98	2
Städning				
Alla	93	7	100	0
Allergiker	96	4	100	0
Trivsel				
Alla	88	10	98	2
Allergiker	87	9	96	4

Tabell 9: Länna skola - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra" + "acceptabelt".

Alla som svarat n=65, Alla allergiker som svarat n=14.

	Bra %	Accept %	Bra+ Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	77	21	98	2
Allergiker	71	29	100	0
Värmekomfort				
Alla	80	18	98	2
Allergiker	71	29	100	0
Ljudnivå				
Alla	51	35	86	14
Ljusförhållanden				
Alla	95	3	98	2
Städning				
Alla	57	37	94	6
Allergiker	57	29	86	14
Trivsel				
Alla	75	23	98	2
Allergiker	71	21	92	8

Tabell 10: Fredkullaskolan - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra" + "acceptabelt".

Alla som svarat n=53, Alla allergiker som svarat n=14

	Bra %	Accept %	Bra+ Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	77	17	94	6
Allergiker	86	7	93	7
Värmekomfort				
Alla	68	26	94	6
Allergiker	79	7	86	14
Ljudnivå				
Alla	72	19	91	9
Ljusförhållanden				
Alla	68	17	85	15
Städning				
Alla	48	32	80	20
Allergiker	60	20	80	20
Trivsel				
Alla	74	22	96	4
Allergiker	74	13	87	13

Tabell 11: Riseberga före flyttning - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra"+"acceptabelt".

Alla som svarat n=76, Alla allergiker som svarat n=21

	Bra %	Accept %	Bra + Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	22	58	80	20
Allergiker	36	46	82	18
Värmekomfort				
Alla	36	47	83	17
Ljudnivå				
Alla	34	46	80	20
Ljuförhållanden				
Alla	58	35	93	7
Städning				
Alla	50	44	94	6
Allergiker	38	48	86	14
Trivsel				
Alla	67	29	96	4
Allergiker	68	32	100	0

Tabell 12: Riseberga efter flyttning - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra"+"acceptabelt".

Alla som svarat n=102, Alla allergiker som svarat n=35

	Bra %	Accept %	Bra + Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	77	21	98	2
Allergiker	69	28	97	3
Värmekomfort				
Alla	58	41	99	1
Allergiker	57	43	100	0
Ljudnivå				
Alla	57	31	88	12
Ljuförhållanden				
Alla	87	9	96	4
Städning				
Alla	62	33	95	5
Allergiker	53	44	97	3
Trivsel				
Alla	78	20	98	2
Allergiker	80	20	100	0

Tabell 13: Gamla läroverket - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra"+"acceptabelt".

Alla som svarat n=209, Alla allergiker som svarat n=75

	Bra %	Accept %	Bra+ Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	36	35	71	29
Allergiker	25	41	66	34
Värmekomfort				
Alla	34	34	68	32
Allergiker	28	40	68	32
Ljudnivå				
Alla	68	25	93	7
Ljuskörhållanden				
Alla	80	15	95	5
Städning				
Alla	66	25	91	9
Allergiker	47	42	89	11
Trivsel				
Alla	63	22	85	15
Allergiker	61	19	80	20

Tabell 14: Karlshovsskolan - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra" + "acceptabelt".

Alla som svarat n=158, Alla allergiker som svarat n=61

	Bra %	Accept %	Bra + Accept %	Dålig %
Luftkvalitet				
Alla	50	35	85	15
Allergiker	48	36	84	16
Värmekomfort				
Alla	36	44	80	20
Allergiker	38	43	81	19
Ljudnivå				
Alla	54	36	90	10
P+åk5- n=73	48	47	95	5
Ljusförhållanden				
Alla	79	19	98	2
P+åk5- n=73	67	30	97	3
Städning				
Alla	50	30	80	20
Allergiker	48	24	72	28
Trivsel				
Alla	75	21	96	4
Allergiker	72	23	95	5

Tabell 15 Lindöskolan - miljöbedömning i stort

Procentandel av skolans personal och elever som svarat att de anser att luftkvaliteten, värmekomforten etc är "bra", "acceptabel" eller "dålig". Målet bör vara minst 80% "bra" + "acceptabelt".

Alla som svarat n=146, Alla allergiker som svarat n=62

	Bra %	Accept %	Bra+ Accept %	Dålig %
Luftkvalitet	62	31	93	7
Alla				
Allergiker	71	23	94	6
Värmekomfort				
Alla	70	25	95	5
Allergiker	74	21	95	5
Ljudnivå				
Alla	67	27	94	6
Ljusförhållanden				
Alla	90	10	100	0
Städning				
Alla	67	27	94	6
Allergiker	69	20	89	11
Trivsel				
Alla	81	16	97	3
Allergiker	81	18	99	1

3. Bedömning av luftkvalitet

I enkäten ombads personal och elever att, förutom den översiktliga bedömningen av innemiljön, precisera vad de besvärades av när det gällde luftkvaliteten. Frågan inleddes med formuleringen "Har du under de tre senaste månaderna besvärats av att luften känns "torr", "dammig" etc. De yngre eleverna fick förenklade frågor. Svartalternativen var "ja, ofta", "ja, ibland" och "nej, aldrig". Resultatet redovisas skola för skola.

Tabell 16: Garda skola - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-

n=71

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	8	45
Dammig	7	27
Instängd	6	39
Stickande	0	10
Mögellukt	0	0
Matos	0	10
Avloppslukt	0	3
Avgaslukt	1	4
Tobaksrök	1	1
Statisk elektr.	0	35
Annat	11	4

Elever åk -4, n=58

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	2	5
Instängd	0	24
Luktar illa	0	7
Får stötar	5	16

Tabell 17: Länna skola - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal

n=5

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	20	20
Dammig	20	20
Instängd	0	40
Stickande	0	20
Mögellukt	0	0
Matos	0	0
Avloppslukt	0	0
Avgaslukt	0	20
Tobaksrök	0	0
Statisk elektricitet	0	40
Annat	0	0

Elever åk -4

n=60

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	3	18
Instängd	3	35
Luktar illa	2	13
Får stötar	5	25

Tabell 18: Fredkullaskolan - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-
n=33

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	6	36
Dammig	0	19
Instängd	0	33
Stickande	0	6
Mögellukt	0	6
Matos	3	15
Avloppslukt	0	3
Avgaslukt	3	0
Tobaksrök	0	6
Statisk elektricitet	0	9
Annat	0	15

Elever åk -4
n=20

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	0	33
Instängd	5	33
Luktar illa	0	24
Får stötar	0	10

Tabell 19: Risebergaskolan/före flyttning - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-
n=9

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	44	33
Dammig	22	44
Instängd	78	11
Stickande	11	11
Mögellukt	0	22
Matos	33	33
Avloppslukt	11	22
Avgaslukt	0	11
Tobaksrök	0	11
Statisk elektricitet	0	0
Annat	0	0

Elever åk -4
n=68

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	7	37
Instängd	12	65
Luktar illa	3	26
Får stötar	1	0

Tabell 20: Risebergaskolan/efter flyttning - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal		
n=12		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	17	17
Dammig	17	17
Instängd	0	33
Stickande	0	8
Mögellukt	0	0
Matos	0	42
Avloppslukt	0	0
Avgaslukt	0	0
Tobaksrök	0	8
Statisk elektricitet	0	8
Annat	0	0
Elever åk -4		
n=90		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	2	6
Instängd	1	11
Luktar illa	0	19
Får stötar	4	15

Tabell 21: Gamla läroverket - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-
n=209

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	15	48
Dammig	12	46
Instängd	41	43
Stickande	8	25
Mögellukt	2	6
Matos	5	19
Avloppslukt	2	8
Avgaslukt	4	13
Tobaksrök	24	38
Statisk elektricitet	11	34
Annat	8	9

Tabell 22: Karlshovsskolan - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-

n=73

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	18	45
Dammig	7	42
Instängd	14	44
Stickande	7	20
Mögellukt	1	3
Matos	5	51
Avloppslukt	4	33
Avgaslukt	4	16
Tobaksrök	0	3
Statisk elektricitet	15	33
Annat	10	7

Elever åk -4

n=85

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	2	29
Instängd	19	53
Luktar illa	5	29
Får stötar	33	41

Tabell 23: Lindöskolan - luftkvalitet

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av att luften var "torr", "dammig" etc.

Personal + elever åk 5-
n=92

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Torr	3	36
Dammig	3	42
Instängd	7	59
Stickande	1	8
Mögellukt	0	2
Matos	7	33
Avloppslukt	0	0
Avgaslukt	11	20
Tobaksrök	0	2
Statisk elektricitet	2	22
Annat	5	4

Elever åk -4
n=54

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Dammig	0	26
Instängd	7	54
Luktar illa	0	28
Får stötar	0	24

4. Vädring

I enkäten fick personalen svara på frågan hur ofta de vädrade, samtidigt som eleverna fick svara på om de ansåg att det var utvädrat när de kom till klassrummet. Frågan om det är utvädrat har endast ställts till elever från och med årskurs 5.

Tabell 24: Garda skola - vädring/personal

n=17

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	33
Någon gång per dag	40
Någon gång per vecka	13
Mera sällan	13

Tabell 1.25: Garda skola - utvädrat/elever

n=54

Procentandel elever som anser att det är utvädrat alltid eller aldrig

Utvädrat.....	%
Alltid	6
För det mesta	61
Ibland	31
Aldrig	2

Tabell 26: Länna skola - vädring/personal

n=5

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	60
Någon gång per dag	20
Någon gång per vecka	-
Mera sällan	20

Tabell 27: Fredkullaskolan - vädring/personal

n=14

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	50
Någon gång per dag	50
Någon gång per vecka	0
Mera sällan	0

Tabell 28: Fredkullaskolan - utvädrat/elever

n=19

Procentandel elever som anser att det är utvädrat alltid eller aldrig

Utvädrat.....	%
Alltid	21
För det mesta	42
Ibland	32
Aldrig	5

Tabell 29: Riseberga skola före flyttning - vädring

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan
n=9

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	89
Någon gång per dag	
Någon gång per vecka	
Mera sällan	
Ej svar	11

Tabell 30: Riseberga skola efter flyttning - vädring

n=12

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	33
Någon gång per dag	17
Någon gång per vecka	33
Mera sällan	17

Tabell 31: Gamla läroverket - vädring/personal

n=22

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	18
Någon gång per dag	54
Någon gång per vecka	5
Mera sällan	23

Tabell 32: Gamla läroverket - utvädrat/elever

n=187

Procentandel elever som anser att det är utvädrat alltid eller aldrig

Utvädrat.....	%
Alltid	3
För det mesta	27
Ibland	56
Aldrig	14

Tabell 33: Karlshovsskolan - vädring/personal

n=22

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	18
Någon gång per dag	32
Någon gång per vecka	9
Mera sällan	41

Tabell 34: Karlshovsskolan - utvädrat/elever

n=51

Procentandel elever som anser att det är utvädrat alltid eller aldrig

Utvädrat.....	%
Alltid	5
För det mesta	28
Ibland	59
Aldrig	8

Tabell 35: Lindöskolan - vädring/personal

n=11

Procentandel i personalgruppen som uppger att de vädrar ofta eller mera sällan

Vädrar.....	%
Flera gånger per dag	18
Någon gång per dag	18
Någon gång per vecka	9
Mera sällan	55

Tabell 36: Lindöskolan - utvädrat/elever

n=81

Procentandel elever som anser att det är utvädrat alltid eller aldrig

Utvädrat.....	%
Alltid	7
För det mesta	20
Ibland	57
Aldrig	16

5. Värmekomfort

I enkäten ombads personal och elever att, förutom den översiktliga bedömningen av innemiljön, precisera vad de besvärades av när det gällde värmekomforten. Frågan inleddes med formuleringen "Har du under de tre senaste månaderna besvärats av att det är "för kallt på morgonen", för kallt på em" etc. De yngre eleverna fick förenklade frågor. Svartalternativen var "ja, ofta", "ja, ibland" och "nej, aldrig".

Tabell 37: Garda skola - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal + elever åk 5-
n=71

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	15	38
Kallt på em	1	32
Kallt vid golv	17	32
Drag från fönster	3	24
Drag från ventil	7	28
Drag från dörr	0	8
Varmt på morgonen	0	17
Varmt på em	3	32
Varmt på grund av solinstrålning	1	17

Elever åk -4
n=58

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	5	28
Drag från fönster	2	12
Kallt vid golv	47	21
För varmt	5	52

Tabell 38: Länna skola - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal		
n=5		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	0	20
Kallt på em	0	0
Kallt vid golv	0	0
Drag från fönster	0	0
Drag från ventil	0	20
Drag från dörr	0	0
Varmt på morgonen	20	40
Varmt på em	20	20
Varmt på grund av solinstrålning	0	0

Elever åk -4		
n=60		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	2	20
Drag från fönster	3	30
Kallt vid golv	12	35
För varmt	8	40

Tabell 39: Fredkullaskolan - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal + elever åk 5-
n=33

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	12	39
Kallt på em	3	12
Kallt vid golv	9	39
Drag från fönster	3	15
Drag från ventil	15	12
Drag från dörr	0	9
Varmt på morgonen	3	27
Varmt på em	0	39
Varmt på grund av solinstrålning	6	36

Elever åk -4
n=20

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	5	48
Drag från fönster	0	19
Kallt vid golv	24	29
För varmt	10	71

Tabell 40: Risebergaskolan före flyttning - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal

n=8

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	25	50
Kallt på em	13	25
Kallt vid golv	13	38
Drag från fönster	0	63
Drag från ventil	25	0
Drag från dörr	13	50
Varmt på morgonen	63	25
Varmt på em	63	25
Varmt på grund av solinstrålning	75	25

Elever åk -4

n=68

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	10	51
Drag från fönster	9	34
Kallt vid golv	21	31
För varmt	12	44

Tabell 41: Risebergaskolan efter flyttning - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal n=12		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	17	17
Kallt på em	8	42
Kallt vid golv	17	33
Drag från fönster	17	17
Drag från ventil	0	25
Drag från dörr	0	0
Varmt på morgonen	8	0
Varmt på em	0	17
Varmt på grund av solinstrålning	0	8
Elever åk -4 n=90		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	0	44
Drag från fönster	2	19
Kallt vid golv	17	31
För varmt	2	41

Tabell 42: Gamla läroverket - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal + elever åk 5-
n=209

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	4	17
Kallt på em	35	42
Kallt vid golv	11	46
Drag från fönster	17	46
Drag från ventil	11	42
Drag från dörr	19	29
Varmt på morgonen	33	37
Varmt på em	5	22
Varmt på grund av solinstrålning	6	17

Tabell 43: Karlshovsskolan - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal + elever åk 5-
n=73

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	10	44
Kallt på em	1	22
Kallt vid golv	15	26
Drag från fönster	16	34
Drag från ventil	1	19
Drag från dörr	1	23
Varmt på morgonen	7	29
Varmt på em	15	44
Varmt på grund av solinstrålning	12	41

Elever åk -4
n=85

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	1	22
Drag från fönster	5	25
Drag från dörr	2	18
Kallt vid golv	2	22
För varmt	32	48

Tabell 44: Lindöskolan - värmekomfort

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av kyla, drag eller värme.

Personal + elever åk 5-
n=92

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Kallt på morgonen	5	47
Kallt på em	0	27
Kallt vid golv	13	48
Drag från fönster	4	36
Drag från ventil	0	14
Drag från dörr	2	14
Varmt på morgonen	4	28
Varmt på em	13	47
Varmt på grund av solinstrålning	4	45

Elever åk -4
n=54

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
För kallt	2	11
Drag från fönster	2	19
Drag från dörr	2	2
Kallt vid golv	7	30
För varmt	4	56

6. Ljud och buller

I enkäten ombads personal och elever att, förutom den översiktliga bedömningen av innemiljön, precisera vad de besvärades av när det gällde ljudnivåer och buller. Frågan inleddes med formuleringen "Har du de tre senaste månaderna besvärats av buller eller ljud såsom "ljud från ventilationen", ljud från värmeelementen etc. De yngre eleverna fick förenklade frågor. Svartalternativen var "ja, ofta", "ja, ibland" och "nej, aldrig".

Tabell 45: Garda skola - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av olika ljud.

Personal + elever åk 5-

n=71

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	2	6
Ljud från värmeelementen	0	2
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	2	37
Skrap från bänkar, möbler	0	37
Ljud från angränsande rum	0	54
Ljud från korridor	6	41
Ljud från olika apparater i rummet	11	20

Elever åk -4

n=58

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	5	29
Ljud från andra rum	17	64
Tal, röster från korridoren	7	21
Ljud från apparater i klassrummet	5	5

Tabell 46: Länna skola - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika ljud.

Personal		
n=5		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	0	0
Ljud från värmeelementen	0	0
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	0	80
Skrap från bänkar, möbler	40	60
Ljud från angränsande rum	20	80
Ljud från korridor	0	40
Ljud från olika apparater i rummet	0	0

60% av lärarna tycker att det är svårt att höra vad som sägs i klassrummet p g a eko.

Elever åk -4		
n=60		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	8	50
Ljud från andra rum	27	57
Tal, röster från korridoren	12	32
Ljud från apparater i klassrummet	8	17

Tabell 1.47: Fredkullaskolan - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av olika ljud.

Personal + elever åk 5-
n=33

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	0	12
Ljud från värmeelementen	0	0
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	6	36
Skrap från bänkar, möbler	3	55
Ljud från angränsande rum	6	36
Ljud från korridor	18	45
Ljud från olika apparater i rummet	3	6

Elever åk -4
n=21

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	24	48
Ljud från andra rum	24	62
Tal, röster från korridoren	29	62
Ljud från apparater i klassrummet	5	0

Tabell 48: Risebergaskolan/före flyttning - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika ljud.

Personal			
n=8			
	Ja, ofta	Ja, ibland	
	%	%	
Ljud från ventilationen	0	13	
Ljud från värmeelementen	0	13	
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	38	50	
Skrap från bänkar, möbler	38	38	
Ljud från angränsande rum	13	63	
Ljud från korridor	38	50	
Ljud från olika apparater i rummet	0	38	
	Lätt att höra	Svårt, dämpat	Ej svar
Akustiken	63	13	25
n=p=8			
Elever åk -4			
n=68			
	Ja, ofta	Ja, ibland	
	%	%	
-Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	21	53	
-Ljud från andra rum	22	66	
-Tal, röster från korridoren	38	49	
-Ljud från apparater i klassrummet	0	18	

Tabell 49: Risebergaskolan/efter flyttning - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika ljud.

Personal		
n=12		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	0	0
Ljud från värmeelementen	0	0
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	0	8
Skrap från bänkar, möbler	17	50
Ljud från angränsande rum	17	42
Ljud från korridor	17	33
Ljud från olika apparater i rummet	0	8
Elever åk -4		
n=90		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	4	31
Ljud från andra rum	18	51
Tal, röster från korridoren	20	51
Ljud från apparater i klassrummet	5	21

Tabell 50: Gamla läroverket - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av olika ljud.

Personal + elever åk 5-
n=209

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	2	11
Ljud från värmeelementen	1	7
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	13	41
Skrap från bänkar, möbler	22	56
Ljud från angrän- sande rum	15	43
Ljud från korridor	59	32
Ljud från olika apparater i rummet	4	21

Tabell 51: Karlshovsskolan - ljud och buller

Procentandel av svarande bland äldre elever som besvärades av olika ljud.

Elever åk 5- n=51		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	20	24
Ljud från värmeelementen	2	8
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	37	45
Skrap från bänkar, möbler	22	45
Ljud från angränsande rum	8	49
Ljud från korridor	35	53
Ljud från olika apparater i rummet	8	33
Elever åk -4 n=85		
	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	22	61
Ljud från andra rum	8	55
Tal, röster från korridoren	18	67
Ljud från apparater i klassrummet	2	16

Tabell 52: Lindöskolan - ljud och buller

Procentandel av svarande bland personal och elever som besvärades av olika ljud.

Personal + elever åk 5-
n=92

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud från ventilationen	23	34
Ljud från värmeelementen	0	4
Ljud utifrån (skolgården, trafik etc)	15	55
Skrap från bänkar, möbler	4	51
Ljud från angränsande rum	13	50
Ljud från korridor	39	51
Ljud från olika apparater i rummet	7	35

Elever åk -4
n=54

	Ja, ofta %	Ja, ibland %
Ljud utifrån, (skolgården, trafik mm)	6	48
Ljud från andra rum	4	39
Tal, röster från korridoren	17	69
Ljud från apparater i klassrummet	11	46

7. Upplevd hälsa

I enkäten ombads personal och elever även att besvara frågor om sin hälsa i relation till byggnaden. Frågan inleddes med formuleringen "Har du de tre senaste månaderna haft något/några av nedanstående besvär?"

Svarsalternativen var "ja, ofta", "ja, ibland" och "nej, aldrig". Man ombads också uppge om man i så fall trodde att besvären berodde på skollokalerna. Svarsalternativen här var "ja" och "nej". De yngre eleverna besvarade förenklade hälsofrågor, där dessutom frågan om koppling till skollokalerna inte förekommer.

I tabellredovisningen över hälsobesvär hålls personal, äldre elever och yngre elever åtskilda, då besvärsfrekvenserna kan se rätt olika ut för olika åldersgrupper.

Dessutom särredovisas upplevd hälsa för allergiker.

Referenser

För varje åldersgrupp anges också en referens. För personal och äldre elever används två olika referenser. Den ena grundar sig på en enkätundersökningen som genomförts i 14 Stockholmsskolor, där totalt 438 personal och 733 elever besvarat frågeformulär. Den andra referensen grundar sig på en enkätundersökning i skolor, spridda i landet, där personal och i vissa skolor även elever i åldrarna 14-17 år besvarade enkäter som underlag för urval av bra skolor inom projektet "Goda exempel på sunda hus". Totalt 290 personal i 15 skolor och 185 elever i 4 skolor besvarade enkäten. Dessa skolor är huvudsakligen skolor med FTX-ventilation.

För de yngre eleverna till och med årskurs 4 har en provisorisk referens byggts upp bestående av fyra skolor, lokaliserade i olika delar av landet, där Stockholms skolenkät använts; Hagsätraskolan i Stockholm, Kuggebodaskolan i Blekinge, Hedskolan i Gällivare och Kövra skola i Bergs kommun. Skolenkäten har totalt i dessa skolor besvarats av 200 elever i åldrarna 9-10 år. Se mer om referenserna i i avsnitt 8 i denna bilagerpport.

Tabell 53: Garda skola - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. Garda n=17	Allergisk pers. Garda n=7	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens BAS, Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta % %	Ja, ofta %
Trött	12 (0)	14(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	6 (0)	14(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	0 (0)	0(0)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0 (0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	6 (0)	14(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	0 (0)	0(0)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	6 (6)	0(0)	21 (18)	8(6)
Hosta	0 (0)	0(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	0 (0)	0(0)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	0 (0)	0(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	0 (0)	0(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 54: Garda skola - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland äldre elever (åk 5-) som besvärades av olika hälsosymptom.

Elever åk 5-	Alla elever Garda n=33	Allergiska elever Garda n=12	Alla elever Referens Sthlm n=733	Alla elever Referens BAS, Goda ex. n=185
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta % %	Ja, ofta %
Trött	9(3)	25(8)	59 (37)	38(16)
Tung i huvudet	0(0)	0(0)	24 (19)	6(4)
Huvudvärk	9(6)	17(17)	24 (19)	12(8)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	28 (22)	11(9)
Irritation i ögon	3(0)	8(0)	8 (5)	5(3)
Irritation i näsa	0(0)	0(0)	12 (4)	6(3)
Heshet, halstorrhet	0(0)	0(0)	8 (4)	4(3)
Hosta	3(0)	8(0)	9 (4)	3(2)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	3(3)	8(8)	7 (2)	5(3)
Fjällning, i hårbotten /öron	3(3)	8(8)	5 (1)	2(1)
Torr kliande hud på händer	9(9)	25(25)	5 (2)	4(3)

Elever åk -4	Alla elever Garda n=58	Allergiska elever Garda n=17	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	10	12	20
Ont i huvudet	9	18	17
Kliat eller svidit i ögonen	5	6	12
Varit snuvig	16	12	17
Varit hes eller torr i halsen	5	6	14
Haft hosta	10	18	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	5	6	8
Haft spruckna läppar	9	12	14

Tabell 55: Länna skola - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. n=5	Allergisk pers. n=2	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	20(20)	0(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	0(0)	0(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	0(0)	0(0)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	20(20)	0(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	20(0)	50 ¹⁾²⁾	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	0(0)	0(0)	21 (18)	8(6)
Hosta	0(0)	0(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	0(0)	0(0)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	0(0)	0(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	0(0)	0(0)	8 (4)	5(3)

1) En av två personer

2) Personen svarat "vet ej" på frågan om besvåret beror på skollokalerna.

Tabell 56: Länna skola - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland yngre elever (åk-4), som som ofta besväras av olika hälsosymptom.

Elever åk -4	Alla elever Länna n=60	Allergiska elever Länna n=12	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	13	17	20
Ont i huvudet	13	17	17
Kliat eller svidit i ögonen	13	17	12
Varit snuvig	26	58	17
Varit hes eller torr i halsen	9	17	14
Haft hosta	9	42	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	9	17	8
Haft spruckna läppar	17	25	14

Tabell 57: Fredkullaskola - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. Fredk n=14	Allergisk pers. Fredk n=5	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	14(0)	20(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	7(0)	0(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	0(0)	0(0)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	0(0)	0(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	0(0)	0(0)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	0(0)	0(0)	21 (18)	8(6)
Hosta	0(0)	0(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	7(7)	0(0)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	0(0)	0(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	14(0)	20(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 58: Fredkullaskolan - elevers hälsa

Elever åk -4	Alla elever Fredkulla n=39	Allergiska elever Fredkulla n=7 ¹⁾	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	33	14	20
Ont i huvudet	10	0	17
Kliat eller svidit i ögonen	10	0	12
Varit snuvig	10	0	17
Varit hes eller torr i halsen	5	0	14
Haft hosta	10	0	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	10	0	8
Haft spruckna läppar	14	0	14

¹⁾ För eleverna i klass 1-2 har föräldrarna svarat.

Tabell 59: Risebergaskolan/före flyttning - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. Riseb/f n=8	Allergisk pers. Riseb/f n=5	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	33(33)	60(60)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	22(22)	40(40)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	11(11)	20(20)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	22(22)	40(40)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	0(0)	0(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	11(11)	20(20)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	22(22)	20(20)	21 (18)	8(6)
Hosta	11(11)	20(20)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	11(11)	20(20)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	11(0)	20(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	11(0)	20(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 60: Risebergaskolan/före flytt - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland yngre elever (åk-4), som som ofta besväras av olika hälsosymptom.

Elever åk -4	Alla elever Rieb/f n=68	Allergiska elever Riseb/f n=16	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	13	0	20
Ont i huvudet	16	19	17
Kliat eller svidit i ögonen	13	25	12
Varit snuvig	25	13	17
Varit hes eller torr i halsen	19	19	14
Haft hosta	26	13	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	10	13	8
Haft spruckna läppar	-	-	14

Tabell 61: Risebergaskolan/efter flyttning - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers.	Allergisk pers.	All pers. Referens Sthlm	All pers. Referens Goda ex.
	n=12	n=6	n=438	n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	33(0)	0(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	0(0)	0(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	17(8)	17(17)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	17(0)	33(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	25(17)	33(17)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	17(17)	33(33)	21 (18)	8(6)
Hosta	0(0)	0(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	8(8)	17(17)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	0(0)	0(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	0(0)	0(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 62: Risebergaskolan/efter flyttning - Föräldrarna om elevernas hälsa

Procentandel av svarande föräldrar som uppger att deras barn besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och där föräldrarna dessutom anser att besvären beror på skollokalerna. I de två högra kolumnerna återges elevernas egna svar.

Föräldrar om elever	Alla elever	Allergiska elever
	n=82	n=22
	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	1(1)	0(0)
Tung i huvudet	1(0)	0(0)
Huvudvärk	1(0)	0(0)
Koncentrations- svårigheter	1(0)	0(0)
Irriterade ögon	5(1)	14(5)
Irriterad näsa	6(1)	9(5)
Heshet, halstorrhet	2(1)	5(5)
Hosta	4(1)	5(5)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	0(0)	0(0)
Fjällning hårbotten /öron	1(0)	5(0)
Torr kliande hud på händer	0(0)	0(0)

Tabell 63: Risebergskolan/efter flytt - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland yngre elever (åk-4), som ofta besväras av olika hälsosymptom.

Elever åk -4	Alla elever Riseb/e n=90/	Allergiska elever Riseb/e n=29	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	34	41	20
Ont i huvudet	16	24	17
Kliat eller svidit i ögonen	8	10	12
Varit snuvig	27	24	17
Varit hes eller torr i halsen	12	21	14
Haft hosta	17	14	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	6	3	8
Haft spruckna läppar	24	38	14

Tabell 64: Gamla läroverket - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna. Observera det låga antalet allergiker när procenttalen betraktas.

Personal	All pers. G:a lärov n=22	Allergisk pers. G:a lärov n=6	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	9(0)	0(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	9(5)	0(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	14(5)	0(0)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	5(5)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	5(0)	17(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	14(5)	33(0)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	23(14)	50(33)	21 (18)	8(6)
Hosta	9(5)	17(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	23(5)	33(0)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	9(5)	17(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	0(0)	0(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 65: Gamla läroverket - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland äldre elever (åk 5-) som besvärades av olika hälsosymptom.

Elever åk 5-	Alla elever G:a lärov n=187	Allergiska elever G:a lärov n=69	Alla elever Referens Sthlm n=733	Alla elever Referens Goda ex. n=185
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	61(38)	62(36)	59 (37)	38(16)
Tung i huvudet	33(26)	41(30)	24 (19)	6(4)
Huvudvärk	33(24)	41(30)	24 (19)	12(8)
Koncentrations- svårigheter	28(20)	28(17)	28 (22)	11(9)
Irritation i ögon	7(5)	10(9)	8 (5)	5(3)
Irritation i näsa	11(4)	14(6)	12 (4)	6(3)
Heshet, halstorrhet	7(5)	10(7)	8 (4)	4(3)
Hosta	7(4)	12(9)	9 (4)	3(2)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	7(4)	13(4)	7 (2)	5(3)
Fjällning, i hårbotten /öron	3(2)	1(0)	5 (1)	2(1)
Torr kliande hud på händer	10(5)	14(6)	5 (2)	4(3)

Tabell 66: Karlshovsskolan - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. Karlsh n=22	Allergisk pers. Karlsh n=7	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	28(0)	38(0)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	0(0)	0(0)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	0(0)	0(0)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	5(0)	0(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	19(5)	13(13)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	5(5)	13(13)	21 (18)	8(6)
Hosta	5(0)	13(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	14(14)	25(25)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	5(0)	13(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	5(0)	?	8 (4)	5(3)

Tabell 67: Karlshovsskolan - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland äldre elever (åk 5-) som besvärades av olika hälsosymptom.

Elever åk 5-	Alla elever Karlshov n=51	Allergiska elever Karlshov n=18	Alla elever Referens Sthlm n=733	Alla elever Referens Goda ex. n=185
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	32(8)	25(0)	59 (37)	38(16)
Tung i huvudet	12(6)	10(0)	24 (19)	6(4)
Huvudvärk	12(6)	20(5)	24 (19)	12(8)
Koncentrations- svårigheter	12(6)	15(10)	28 (22)	11(9)
Irritation i ögon	4(0)	5(0)	8 (5)	5(3)
Irritation i näsa	0(0)	0(0)	12 (4)	6(3)
Heshet, halstorrhet	10(8)	5(5)	8 (4)	4(3)
Hosta	8(2)	15(5)	9 (4)	3(2)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	8(0)	20(0)	7 (2)	5(3)
Fjällning, i hårbotten /öron	6(2)	5(0)	5 (1)	2(1)
Torr kliande hud på händer	2(0)	5(0)	5 (2)	4(3)

Elever åk -4	Alla elever Karlshov n=85	Allergiska elever Karlshov n=36	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	31	18	20
Ont i huvudet	22	21	17
Kliat eller svidit i ögonen	7	12	12
Varit snuvig	19	18	17
Varit hes eller torr i halsen	16	15	14
Haft hosta	27	27	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	8	6	8
Haft spruckna läppar	19	18	14

Tabell 68: Lindöskolan - personalens hälsa

Procentandel av svarande bland personal som besvärades av olika hälsosymptom. Siffrorna inom () anger den andel som har besvär och dessutom anser att besvären beror på skollokalerna.

Personal	All pers. Lindö n=11	Allergisk pers. Lindö n=5	All pers. Referens Sthlm n=438	All pers. Referens Goda ex. n=290
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	9(9)	20(20)	37 (30)	14(11)
Tung i huvudet	9(9)	20(20)	22 (19)	8(6)
Huvudvärk	9(9)	20(29)	12 (10)	4(3)
Koncentrations- svårigheter	0(0)	0(0)	5 (4)	3(2)
Irriterade ögon	0(0)	0(0)	12 (10)	7(5)
Irriterad näsa	0(0)	0(0)	18 (14)	8(7)
Heshet, halstorrhet	9(9)	20(20)	21 (18)	8(6)
Hosta	0(0)	0(0)	8 (6)	2(1)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	0(0)	0(0)	6 (3)	4(1)
Fjällning hårbotten /öron	0(0)	0(0)	8 (3)	4(0)
Torr kliande hud på händer	0(0)	0(0)	8 (4)	5(3)

Tabell 69: Lindöskolan - elevers hälsa

Procentandel av svarande bland äldre elever (åk 5-) som besvärades av olika hälsosymptom.

Elever åk 5-	Alla elever Lindö n=81	Allergiska elever Lindö n=41	Alla elever Referens Sthlm n=733	Alla elever Referens Goda ex. n=185
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Trött	21(7)	17(5)	59 (37)	38(16)
Tung i huvudet	6(4)	7(5)	24 (19)	6(4)
Huvudvärk	7(2)	7(5)	24 (19)	12(8)
Koncentrations- svårigheter	7(2)	5(2)	28 (22)	11(9)
Irritation i ögon	6(1)	5(2)	8 (5)	5(3)
Irritation i näsa	6(2)	10(5)	12 (4)	6(3)
Heshet, halstorrhet	5(2)	10(5)	8 (4)	4(3)
Hosta	2(2)	5(5)	9 (4)	3(2)
Torr eller rodnad hud i ansiktet	0(0)	0(0)	7 (2)	5(3)
Fjällning, i hårbotten /öron	2(0)	5(0)	5 (1)	2(1)
Torr kliande hud på händer	6(2)	12(5)	5 (2)	4(3)

Elever åk -4	Alla elever Lindö n=54	Allergiska elever Lindö n=16	Alla elever Referens Sthlm:s skolenkät åk -4 n=200
	Ja, ofta %	Ja, ofta %	Ja, ofta %
Extra trött	4	0	20
Ont i huvudet	7	0	17
Kliat eller svidit i ögonen	7	13	12
Varit snuvig	3	13	17
Varit hes eller torr i halsen	0	0	14
Haft hosta	7	13	13
Varit torr om händerna eller i ansiktet	9	19	8
Haft spruckna läppar	4	6	14

8. Redovisning av referenserna för enkätundersökningen

8.1 Referenser för miljöfaktorer

8.1.1 Översiktlig miljöbedömning

I många olika sammanhang har man funnit det rimligt att klassa en miljö som godtagbar om högst 20% uppger sig vara missnöjda med miljön. Det gäller t ex i den amerikanska ventilationsstandarden som ASCHRE (USA:S VVS-tekniska förening) utvecklat. Det finns många kammarförsök som visar att det är svårt att få alla nöjda med termisk komfort, luftkvalitet och ljudförhållanden, om det inte finns möjlighet till individuell reglering. Människor har helt enkelt olika preferenser och kroppsförutsättningar. Detta är bakgrunden till att man som referens i Skolenkäten satt det som ett rimligt mål att högst 20% av de som besvarar enkäterna ska vara missnöjda. Detta kan också uttryckas på följande sätt: **om minst 80% av de svarande anser att luftkvaliteten, den termiska komforten, ljudförhållandena, ljusförhållandena och städningen i skolan i huvudsak är "bra" eller "acceptabel" till skillnad från "dålig", så kan man anse att den fysiska miljön är bra.** Frågan om trivseln finns med som en kontrollfråga, mot vilka de lokalmässiga bristerna kan stämmas av.

8.1.2 Miljöfaktorer - detaljerat

De besvärsfrekvenser som redovisas i sammanställningen av mer detaljerade synpunkter på värmekomforten (för varmt på grund av solinstrålning, för kallt på em, drag från fönster e t c), luftkvaliteten (luktar mögel, luktar avgaser e t c), ljud och ljus bedöms som viktiga att sammanställa när de överstiger 20%. Det innebär att, **om fler en 20% av de svarande i klassrummet ofta (varje vecka) besväras av en miljöfaktor bedöms det som angeläget att redovisa.**

8.2 Referenser för allergifrekvens

Eftersom allergifrekvensen och frekvensen av olika slag av allergier (astma, hösnuva eksem) ser olika ut för vuxna, för yngre elever och äldre elever som ett genomsnitt i Sverige, bör referenserna vara av flera slag. När det gäller vuxna i skolan finns dessutom ofta en majoritet av kvinnor, vilka har en annorlunda allergibild än män. Vi använder oss av följande referenser:

3.2.1 Skolpersonal

8.2.1.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Skolpersonal, n = 290 (n = antalet besvarade enkäter)(15 skolor, spridda i landet)

1993 gjordes en enkätundersökning med Örebroformuläret inom ramen för projektet "Goda exempel på sunda hus - daghem och skolor" (Andersson, Falck, Hult, Nordqvist). Som underlag för urval av de 8 bästa skolorna besvarades enkäten av personal och högstadieelever (där sådana fanns) vid 15 skolor, vilka av fastighetskontor i landet bedömts som bra skolor ur klimatsynpunkt. Av de 15 skolorna var 4 högstadieskolor och 11 LM-skolor. Alla utom en var belägna i södra halvan av Sverige. Totalt besvarades enkäten av 290 personal vid 15 skolor och 185 elever i åldrarna 14-17 år vid 4 skolor (där högstadium fanns). Detta material har ställts ihop som en skolreferens med benämning **BAS-GODA EXEMPEL**. Basmaterialen finns på Stockholm Konsult, Energi- och Miljö.

8.2.1.2 STHLM-SKOLOR 1991

Skolpersonal, n = 438 (14 skolor, 67% kvinnor)

1991 gjorde S:t Erikshälsan, Miljöförvaltningen och Skolhälsovården en kartläggning av inomhusklimatet med Örebroenkäten i 14 skolor i Stockholm. De ingående skolorna representerade olika byggnadsålder och ventilationssystem. Några skolor som ingick hade kända problem med inomhusklimatet och några valdes därför att de var utan tidigare kända problem. Det ingår tre gymnasieskolor, 6 skolor med L-, M- och H-stadium och 5 med enbart L- och M-stadium. Enkäten besvarades av 438 personer i persongrupper och av 733 elever i åldrarna 15-17 år.

8.2.1.3 ELIB 1991

Vuxna kvinnor n = 6.000

Om andelen kvinnor i personalgruppen är högre än normalt anges de allergifrekvenser som man funnit i ELIB-undersökningen för kvinnor i det svenska beståndet av flerbostadshus, som en av referenserna. Underlaget är c:a 6.000 besvarade enkäter, d v s n=6.000. De erfarenheter som finns hittills pekar mot att allergifrekvensen hos skolpersonal i allmänhet är högre än för genomsnittskvinnan i Sverige.

ELIB-undersökningen genomfördes av Statens Institut för byggnadsforskning, SIB i Gävle och Yrkesmedicinska kliniken i Örebro 1991-1992 med Örebroformuläret om inomhusmiljö. Undersökningen finns redovisad i SIB:s (nuvarande KTH, Byggd miljö i Gävle) rapportserie TN, nr 26 och 30.

8.2.2 Elever åk 5 och uppåt

8.2.2.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Elever åldrar 14-17 år, n= 185 (4 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.1 ovan.

8.2.2.2 STHLM-SKOLOR 1991

Elever åldrar 15-17 år, n= 733 (9 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.2 ovan.

8.2.3 Elever åk 3-4

8.2.3.1 SKOLENKÄTEN ÅK -4

Elever åldrar -10 år, n=200 (4 skolor)

Här finns ännu endast ett mindre referensmaterial för självrapporterad allergi. Frågan för de yngre eleverna (-åk4) är ställd på ett annat sätt än för de äldre eleverna och personalen. De yngre eleverna tillfrågas "**Har du astma, höснуva eller eksem**", medan de äldre eleverna och personalen tillfrågas "**Har du eller har du haft astma, höснуva eller eksem**".

Tills vidare används fyra LM-skolor (Kuggebodaskolan i Blekinge, Hagsätraskolan i Stockholm, Kövra skola i Bergs kommun och Hedskolan i Gällivare) där Stockholms skolenkät genomförts. Underlag finns idag att ta fram ett mycket bredare referensmaterial men resurser för detta saknas.

8.2.3.2 Folkhälsoinstitutets statistik

Barn i åldrar 7-14 år

En annan referens som kan förekomma som referens ibland är statistik som framkommit i samband med arbetet kring Folkhälsoinstitutets kunskapsöversikt "Omfattningen av allergi och annan överkänslighet", 1994. En skillnad med denna statistik, som gör den mer svår använd som referens i detta sammanhang, är att dessa uppgifter bygger på medicinsk kontroll av barnen, dvs inte på självrapporterad astma, höснуva, eksem. Procentandelarna blir då i regel något lägre.

Allergi av

något slag: 33%

Astma: 5%

Höснуva: 13%

Eksem: 15%

8.2.3.3 SKOLENKÄTEN FÖR FÖRÄLDRAR ÅK 1-2

Ibland kan det vara angeläget att få veta så mycket som möjligt om de lokaler som åk 1 och 2 finns i. Därför finns, för de yngsta eleverna, en nyligen framtagna enkät som besvaras av deras föräldrar. Föräldrarna besvarar då endast frågor om elevernas allergi och hälsa samt koppling till skolmiljön. Särskilda referenser kommer att utvecklas successivt även för dessa.

8.3 Referenser för hälsa

8.3.1 Skolpersonal

8.3.1.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Skolpersonal, n= 290 (15 skolor)

Se punkt 2.1.1 ovan.

8.3.1.2 STHLM-SKOLOR 1991

Skolpersonal, n= 438 (14 skolor, 67% kvinnor)

Se punkt 2.1.2 ovan.

8.3.1.3 ELIB 1991

Vuxna kvinnor, n= 6.000

Se punkt ovan 2.1.3.

8.3.2 Elever åk 5 och uppåt

8.3.2.1 BAS-GODA EXEMPEL (BGE) 1993

Elever åldrar 14-17 år, n= 185 (4 skolor)

Se punkt 2.1.1 ovan.

8.3.2.2 STHLM-SKOLOR 1991

Elever åldrar 15-17 år, n= 733 (9 skolor)

Se beskrivning av underlaget under punkt 2.1.2 ovan.

8.2.3 Elever åk 3-4

8.2.3.1 SKOLENKÄTEN ÅK -4

Elever i åldrarna -10 år, n=200 (4 skolor)

Här finns ännu endast ett mindre referensmaterial. Hälsofrågorna för de yngre eleverna (-åk4) är ställda på ett annat sätt än för de äldre eleverna och personalen. De tillfrågas dels om något annorlunda symptom, dels tillfrågas de inte om de tror att besvaren beror på skollokalerna. Tills

vidare används enskilda skolor som liknar den aktuella som referens här. Ett bredare material, bestående av resultaten från de skolor på vilka Stockholmsenkäten för yngre elevera använts, är under bearbetning.

8.2.4 SKOLENKÄTEN FÖR FÖRÄLDRAR ÅK 1-2

Se punkt 2.3.3 ovan.