



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



BENGT-OLOF HECKTOR
HANS OLSSON
ERIK PERSSON
GERT RÄMNER

Äldre skolbyggnader

R11: 1993

Varsam ombyggnad av
ventilationen

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129252



BYGGFORSKNINGSRÅDET

R11:1993

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

ÄLDRE SKOLBYGGNADER

Varsam ombyggnad av ventilationen

Bengt-Olof Hecktor
Hans Olsson
Erik Persson
Gert Rännér

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
920320-8 från Byggforskningsrådet till Hudiksvalls
kommun, Fastighetskontoret, Hudiksvall.

Referat.

I Sverige finns ett antal äldre skolbyggnader av kulturhistoriskt värde men med dåligt fungerande ventilationssystem. Ursprungliga ventilationskanaler finns ofta kvar men används ej på grund av ändrat uppvärmningssystem. Nya krav på komfort medför nu krav på ombyggnad av de äldre ventilationssystemen.

Rapporten behandlar en förprojektering av ombyggnad av ventilationssystemet i en äldre skolbyggnad, Läroverket i Hudiksvall, vilken uppfördes 1909. Målsättningen har varit att så långt möjligt bibehålla byggnadens exteriör och interiör i ursprungligt skick, dvs göra en varsam ombyggnad. En grundtanke har varit att klarlägga om det system med fläktförstärkt självdrag som utvecklats under senare år kunde vara ett realistiskt alternativ. Målsättningen är även att projektets resultat skall kunna ge impulser som är användbara i andra liknande fall.

I rapporten redovisas det stegvisa arbetet med inventering av byggnaden och dess funktion, fastställande av ventilationsbehov, synpunkter från berörda myndigheter och intressegrupper. Baserat på detta material har ett antal tänkbara systemlösningar studerats och deras för- och nackdelar redovisats. Avslutningsvis har en ekonomisk jämförelse gjorts mellan de mest närliggande alternativen.

Utredningen visar att det finns goda förutsättningar att utnyttja ursprungligt kanalsystem och med lågtrycksfläktar åstadkomma erforderliga luftflöden. Det s.k fläktförstärkta självdragssystemet med enbart frånluftsfläkt i drift sommartid visade sig ej vara användbart i sin ursprungliga form. Arbetet har istället lett fram till en rekommendation om en variant av detta system med lågtrycksfläktar på såväl tilluften som frånluften. Ett sådant system har i detta fall bedömts ge en årskostnad som är ca 60 000 kr lägre än det konventionella FTX-systemet.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R11:1993

ISBN 91-540-5522-9
Bygghoforskningsrådet, Stockholm

gotab 97291, Stockholm 1993

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

	Sammanfattning.....	5
1	Uppdraget.....	7
2.	Beskrivning av skolbyggnad och verksamhet.....	9
	Lokaler att ventilera.....	10
	Byggnadskonstruktion.....	13
	Ventilationssystem.....	13
3	Krav och önskemål på rumsklimat.....	16
	Lufttemperatur.....	16
	Bullernivå.....	16
	Luftomsättning.....	15
4	Synpunkter från brandförsvaret, byggnadsnämnden, kulturansvariga, fastighetsägare och brukare.....	18
	Brandförsvaret.....	18
	Byggnadsnämnden.....	18
	Kulturansvariga.....	18
	Fastighetsägaren.....	19
	Brukaren.....	19
5	Diskuterade systemlösningar.....	21
5.1	Generella tekniska förutsättningar.....	21
5.2	Allmänt om självdrag, sk. naturligt drag.....	23
5.3	Fläktförstärkt självdragsventilation.....	26
5.3.1	Alternativ 1. Fläktförstärkt självdragsventilation: Tilluft via fönsterventiler i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.....	26
5.3.2	Alternativ 2. Fläktförstärkt självdragssystem: Tilluft via konvektorer i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.....	26
5.3.3	Alternativ 3. Fläktförstärkt självdragsventilation: Tilluft via befintliga kanaler från källarplanet, frånluft via befintliga kanaler... Alt 3.A Lägsta tänkbara tryckfall för förvärmning och transport av luft till inloppet till tilluftskanalerna.....	27 28
	Alt 3.B Fläktförstärkt självdragsventilation med hjälpfläkt på såväl tillufts- som frånluftssidan.....	29
	Alt 3.C Fläktförstärkt självdragssystem med fläkt enbart på tilluftssidan.....	30
5.4	Alternativ 4. FTX-system: Konventionellt kombinerat till- och frånluftsggregat med värmeväxling placerat på vindsplanet.	30
5.5	Alternativ 5. FTX-system: Frånluftsggregat på vind, tilluftsggregat i källare samt vattenburen värmeväxling dem emellan.	32
5.6	Sammanfattning.....	33
6	Ekonomi.....	34
	Anläggningskostnader.....	34
	Driftkostnader.....	
	Ekonomisk jämförelse mellan alternativen.....	35
7	Slutsats.....	36

Författarnas förord.

Rapporten har utarbetats av en arbetsgrupp med följande sammansättning:

Bengt-Olof Hecktor, Knaggen Energikonsult AB Kalmar

Hans Olsson, Fastighetskontoret Hudiksvalls Kommun

Erik Persson, J&W AIB

Gert Rämner, BRa VVS-konsult AB Kalmar

Initiativtagare till och ansvarig för projektet är fastighetschef Kjell Bergqvist efter en idé av Erik Persson.

Projektledare och rapportskrivare är Bengt-Olof Hecktor.

Sammanfattning.

I Sverige finns ett antal skolbyggnader och liknande byggnader från sekelskiftet. Byggnaderna är ofta av betydande kulturhistoriskt värde. Under årens lopp har dessa byggnaderna genomgått ett antal mer eller mindre genomgripande renoveringar och ombyggnader. Förändringarna har vanligtvis endast omfattat byggnadernas inre medan exteriören ofta bibehållits. Motiven för renovering och ombyggnad har -frånsett normal uppfärschning- varit ändrad lokalanvändning samt krav på ökad komfort.

Ventilationen i dessa äldre byggnader når inte upp till dagens krav på luftflöden som är omkring 8 l/s och person om lokalerna utnyttjas kontinuerligt. Ett typexempel på detta är Hudiksvalls gamla läroverk vars huvudbyggnad uppfördes 1909. Byggnaden uppfördes med ett s.k. calorific system. Detta system kännetecknades av att lokalerna uppvärmdes och ventilerades via ett centralt självdragssystem.

Systemet fungerade på så sätt att tilluften värmdes centralt av ångbatterier placerade i en värmekammare i källarplanet. Från värmekammaren distribuerades luften via separata kanaler till varje lektionssal. Frånluftssystemet utgjordes likaledes av separata kanaler. Dessa drogs samman på vindsplanet till ett fåtal kanaler som avslutades med utloppsgaller vid taknocken. Kanalerna var stora vilket gav låg strömningshastighet med dåtida krav på uppvärmning och ventilation. Den låga hastigheten var förutsättningen för att systemet skulle fungera med självdrag. Till- och frånluftsdonen utgjordes av gallerförsedda öppningar i lektionssalarna. Till- och frånluftsdon fanns såväl vid tak som vid golv. Med spjäll kunde värme- och ventilation i viss mån styras efter behov av kyla eller värme.

Uppvärmningen via calorificsystemet blev så småningom otidsenlig och ersattes vanligtvis med varmvattenradiatorer. Tilluftskanalerna från källarplanet togs ur drift vanligtvis utan att nytt tilluftssystem installerades. "Tilluftssystemet" kom därför att utgöras enbart av fönstervädring.

Avsikten med föreliggande projektet har varit att inventera möjliga sätt att uppnå godtagbar ventilationsstandard i denna typ av byggnader med målsättningen att göra så få ingrepp som möjligt i såväl interiör som exteriör. En grundidé har också varit att om möjligt bygga vidare på det ursprungliga ventilationssystemet.

Att basera ett projekt av detta slag på generella förutsättningar är ej möjligt. Projektet har därför baserats på de förutsättningar som råder vid det aktuella projektet Hudiksvalls gamla läroverksbyggnad.

Av innehållsförteckningen kan utläsas att arbetet utförts stegvis med följande huvudmoment:

Inventering av byggnaden, dvs lokalanvändning, byggnadskonstruktion och ventilationssystem.

Klarläggande av ventilationsbehov

Synpunkter från myndigheter och andra intressegrupper.

Tänkbara systemlösningar, för och nackdelar.

Ekonomiskt jämförelse mellan de alternativ som bedöms vara realistiska.

De viktigaste kraven på ventilationen har bedömts vara rimlig rumstemperatur (ej högre än ca 22 °C), samt låg bullernivå. Luftflödets storlek har diskuterats. Målsättningen har varit 8 l/s och person. Minskning till 6 l/s och person har diskuterats och kan vara möjlig om lektionerna

kan begränsas till 45 minuter med 15 minuters rast med fönstervädning. Detta bedöms dock ge en del praktiska problem med utkylda lokaler och att dubbellektioner ej kan undvikas helt.

Totalt har 7 olika systemlösningar diskuterats. Av dessa har 5 varit olika varianter av självdragssystem och två konventionella FTX-system.

Av dessa har två alternativ bedömts vara mera lämpliga än övriga vad gäller såväl kostnader som ingrepp i byggnaden. Det ena av dessa två är ett konventionellt FTX-system med tilluft-saggregat i källarplanet och frånluftsaggregat på vindsplanet och vattenburen värmewäxling dem emellan. Det andra är ett system med "förstärkt självdrag" med lågtrycksfläkt för såväl tilluft som frånluft utan värmeåtervinning. I båda alternativen utnyttjas de ursprungliga till- och frånluftskanalerna.

Anläggningskostnaden för det förstnämnda har beräknats till ca 2 700 kkr medan anläggningskostnaden för det sistnämnda är ca 550 kkr lägre.

Årlig driftkostnad har med dagens energikostnader beräknats vara ca 24 kkr högre för det fläktförstärkta självdragssystemet. Årlig kapitalkostnad räknad som årlig kostnad av ett annuitetslån med 13% ränta och 15 års löptid är ca 85 kkr högre för FTX-systemet.

Den totala årliga kostnadsskillnaden har därmed beräknats till ca 60 kkr/år till förmån för det förstärkta självdragssystemet. Ytterligare ett motiv som talar till förmån för det fläktförstärkta självdragssystemet är att nya lösningar på styr- och reglersidan kan vara intressanta och värda att pröva i samband med fläktförstärkt självdrag.

1. Uppdraget.

I Sverige finns ett antal skolbyggnader från sekelskiftet. Byggnaderna är ofta av betydande kulturhistoriskt värde. Under årens lopp har dessa byggnaderna genomgått ett antal mer eller mindre genomgripande renoveringar och ombyggnader. Förändringarna har vanligtvis endast omfattat byggnadernas inre medan exteriören ofta bibehållits. Motiven för renovering och ombyggnad har -frånsett normal uppfärschning- varit ändrad lokalanvändning samt krav på ökad komfort.

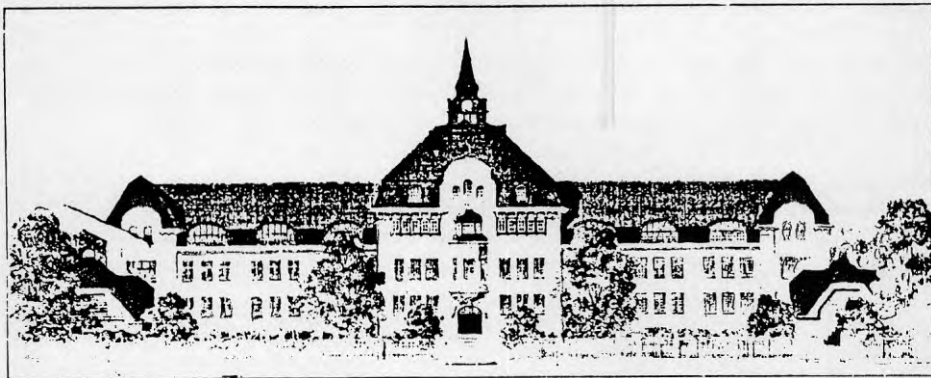
Kraven på ökad komfort skall ses mot bakgrunden av den teknik- och kunskapsutveckling som skett i vårt samhälle under årens lopp i kombination med vårt ökade materiella välstånd. På samma sätt som våra bostäder har genomgått en modernisering har i viss mån en liknande modernisering skett kontinuerligt i dessa äldre skolbyggnader.

Forskningen kring inomhusklimatet var under lång tid i huvudsak inriktad på bostäder. Under de senaste åren har dock resultat kommit fram som visar att temperaturnivå, luftväxling och buller i undervisningslokaler har en avgörande betydelse för välbefinnande och inlärningsförmåga. Kontentan av detta är att uppvärmnings- och ventilationssystem som tidigare ansetts ge godtagbart rumsklimat idag är oacceptabelt omoderna och måste ersättas med nya installationer eller byggas om till mera effektiva.

Tidigare moderniseringar och ombyggnader har ofta genomförts mindre pietetsfullt, mera baserat på funktion och effektivitet än på känsla för att bevara det ursprungliga. I dag finns dock ett stort intresse för att bevara och återställa dessa byggnader av kulturhistoriskt värde i så ursprungligt skick som möjligt. Sådan återställning förutsätter dock att dagens krav på komfort och välbefinnande kan tillgodoses.

Hudiksvalls läroverk är ett exempel på ovanstående.

Skolbyggnaden uppfördes efter ritningar av arkitekterna Hagström och Ekman omkring 1910, se **figur 1.1**. Byggnaden beskrivs i en artikel i "Årgång 39 af Teknisk Tidskrift Nr 5 1 maj 1909" "Av artikeln framgår att det Hagström-Ekmanska förslaget var ett av tre. Förslaget ställdes på andra plats av de sakkunnige, läroverksrådet B J:son Bergqvist och professorn I.G. Clason.



FÖRSLAG TILL LÄROVERKSBYGGNAD I HUDIKSVALL.

ARKITEKTER: HAGSTRÖM OCH EKMAN.

Figur 1.1. Läroverksbyggnaden i Hudiksvall.

I tidskriften lämnas en ingående beskrivning av det förslag som kom till utförande. Ur denna beskrivning kan utläsas att "Den af Hagström-Ekman föreslagna anordningen af läroverks huset medför den afsevärda olägenheten, att utrymmet å gårdsplanen på olämpligt sätt splittras och direkt solbelysning av vissa rum försvåras, vartill kommer, att samma anordning medför svårigheter ifråga om lärjungarnas öfvervakande."

Förslaget kom trots detta till utförande sedan det ingående studerats av läroverkskollegiet och stadsfullmäktige.

Av handlingar och ritningar framgår att byggnaden ursprungligen uppvärmdes med luft, i ett sk calorificsystem. Luften togs in i källarplanet där den värmdes med ångvärmeväxlare. Luften distribuerades sedan från källarplanet via ett system av murade kanaler i byggnadens hjärtvägg till de olika lokalerna. Efter att ha avlämnat erforderlig värmemängd och "förfriskat" klassrumsluften fördes luften via ett annat kanalsystem upp till vindsplanet och vidare ut över tak.

Luftuppvärmningen ersattes så småningom med ett radiatorsystem. I samband därmed blockerades tilluftskanalerna varefter erforderlig friskluft erhöles genom fönstervädning. Uppvärmningssystemet har under senare år moderniserats genom installation av fjärrvärme, men behovet av ventilation tillgodoses fortfarande genom öppning av fönster i kombination med ursprungligt självdrags-frånluftssystem.

För att tillgodose tidens krav på komfort vad gäller bla rumstemperatur, luftkvalitet och buller står man därför nu inför en ombyggnad av befintliga installationer.

Med avsikt att, så långt det är möjligt bibehålla och återskapa den ursprungliga inre miljön och samtidigt uppfylla dagens krav på komfort har idén framförts att söka modernisera det ursprungliga uppvärmnings- och ventilationssystemet.

Ett system som använts vid modernisering av självdragsventilation är system med sk. förstärkt styrt självdrag. BFR har tidigare bidragit till utveckling och utprovning av det sk SPAR-VENT-systemet. Detta arbetar efter grundprincipen att utnyttja byggnadens befintliga ventilationskanaler och åstadkomma en energisnål styrning av till- och frånluftslödet. Ett sådant system har bedömts vara en tänkbar möjlighet bland många andra för att åstadkomma ett bra inneklimat även i föreliggande typ av byggnad. Det nämnda systemet är dock ej utprovat för de stora luftflöden som krävs i undervisningslokaler

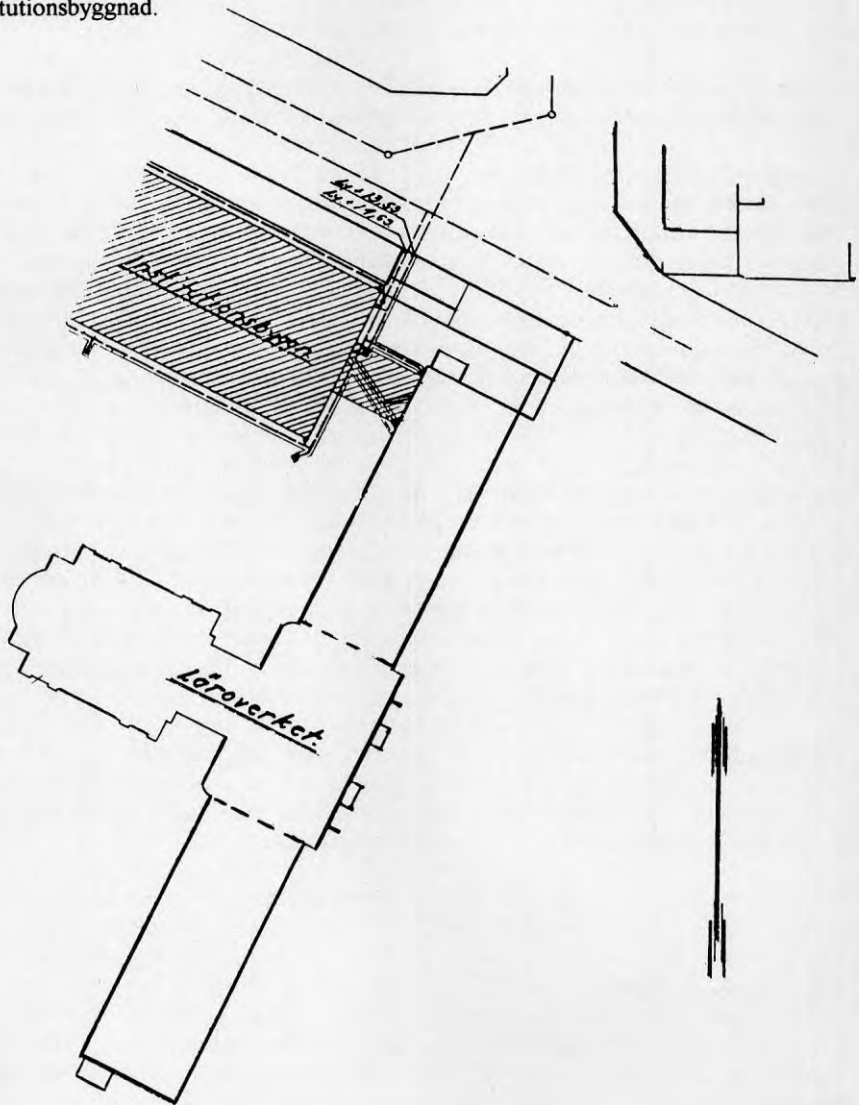
Avsikten är därför att utreda förutsättningarna för ett styrt självdragssystem med lågt effektbehov för transport och styrning av luften. Om det bedöms att dessa förutsättningar finns skall en teknisk ekonomisk jämförelse göras med andra tänkbara alternativ.

Medel har sökts från och beviljats av BFR för att specialstudera en ombyggnad av ventilationssystemet vid det gamla Läroverket i Hudiksvall. Motivet för BFR:s medverkan är att det finns ett rätt stort antal skolor och andra lokaler där resultat och bedömningar från föreliggande projekt kan vara möjliga att utnyttja.

2. Beskrivning av skolbyggnad och verksamhet.

Av situationsplanen, **figur 2.1** framgår skolans utformning samt dess läge i förhållande till vädersträcken. Skolbyggnadens huvuddelar är:

- en central del
- två flyglar,
- en aula
- en institutionsbyggnad.



Figur 2.1 Situationsplan över läroverket i Hudiksvall.

I **figur 2.2 och 2.3**, nästkommande sidor visas planskisser av byggnadens centrala del samt de båda flyglarna.

Den centrala delen är uppförd i fyra våningsplan ovan mark samt källarplan delvis under mark. Källarplanet, plan 1, innehåller förrådsutrymmen. Entréplanet, plan 2, innehåller förutom trapphus en hall ca 125 m² med närliggande toaletter för eleverna samt dessutom 2 lärar-rum. Våningsplan 1 tr, dvs plan 3, innehåller trapphus samt skolans expeditionslokaler. På våningsplan 2 tr, dvs plan 4, finns trapphus/korridor samt bibliotek. På våningsplan 3 tr, dvs plan 5, finns en musiksäl med ett eget ventilationssystem. Detta plan är vindsplan. Samtliga lokaler frånsett musiksalen ventileras med befintligt självdrags-frånluftssystem.

De båda flyglarna, benämnda norra respektive södra flygeln, är liksom den centrala delen uppförda med källarplan samt med fyra våningsplan ovan mark, inklusive vindsplanet.

Södra flygeln innehåller i källarplanet, plan 1, lokaler för trä- och metallslöjd. Dessa lokaler har eget ventilationssystem. I **källarplanet** finns dessutom bl. a. omklädnadsrum för personal. Längs den sydvästra långsidan finns ett korridorliknande utrymme som ursprungligen användes som värme- och fördelningskammare för luften till samtliga lokaler i byggnaden. Vid tak finns en hel del rörledningar, av vilka speciellt fjärrvärmerören skall beaktas. På **entréplanet, plan 2**, finns tre lektionssalar samt längst ut i flygeln personalrum. Samtliga lektionssalar har fönstervägg mot nordost. En längsgående korridor som förbinder de båda flyglarna med den centrala delen har fönster mot den sydvästliga långsidan. **Våningsplanen 1 tr och 2 tr, dvs plan 3 och 4** är identiskt lika bottenplanet, plan 2. **Plan 5, vindsplanet** är ej inrett och utnyttjas ej. Flygeln innehåller således totalt 9 lektionssalar med tre salar på varje våningsplan.

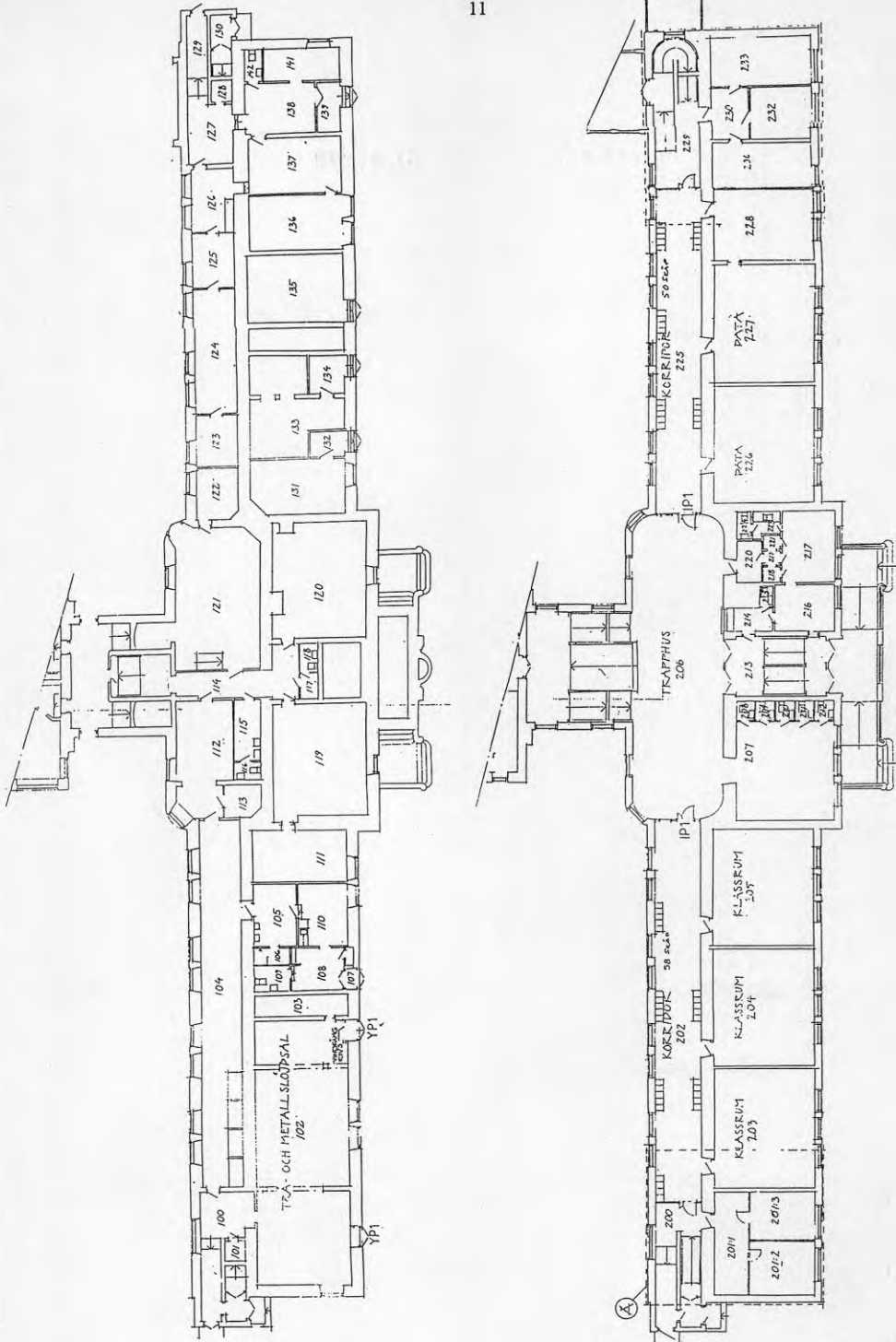
Norra flygeln innehåller i **källarplanet** fritidslokaler samt en del förrådsutrymmen. Längs sydvästra långsidan finns motsvarande korridorliknande utrymme som i södra flygeln. Utrym-met är dock nu delat i mindre lokaler med enkelt byggda mellanväggar. På **entréplanet, plan 2**, finns 2 lektionssalar. Dessutom finns personalutrymmen längst ut i flygeln. Liksom i södra flygeln finns en längsgående korridor mot den sydvästliga långsidan. **Våningsplanet 1 tr, dvs plan 3** innehåller enbart lokaler för personalen, således lokaler som har relativt måttligt behov av ventilation. **Planet 3 tr, plan 4**, innehåller 4 lektionssalar. **Plan 5, vindsplanet**, är ej inrett och utnyttjas ej. Flygeln innehåller därmed totalt 6 lektionssalar.

Institutionsbyggnaden har tillkommit under 1960-talet. Byggnaden har ett eget ventilations-system och fungerar som en helt avskild del från den ursprungliga läroverksbyggnaden. I denna del har samlats laboratorier och andra verksamheter som ställer speciella krav på bl.a. ventila-tion. Denna byggnad behandlas ej i föreliggande utredning.

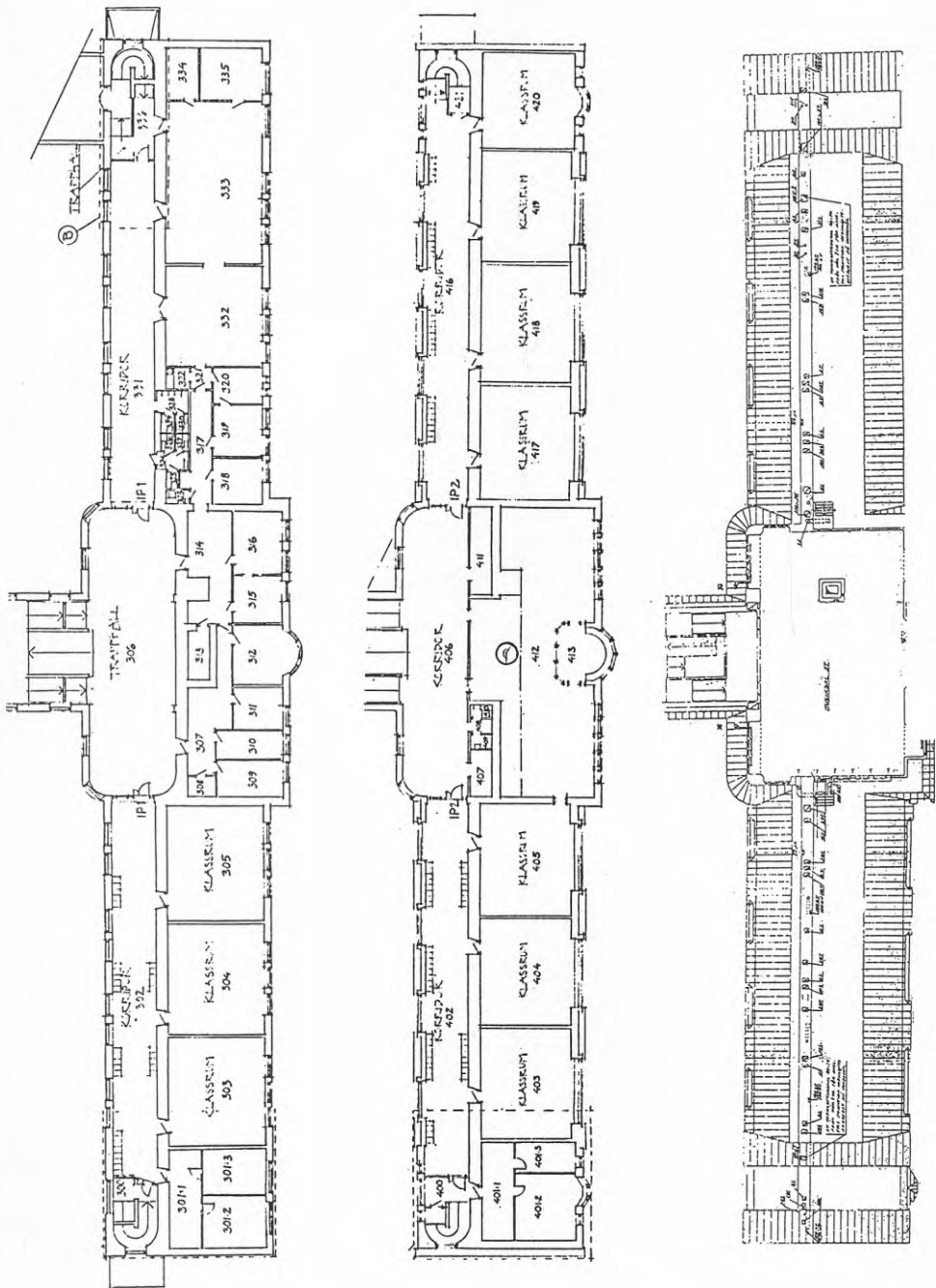
Aulan har likaså ett eget ventilationssystem och behandlas därför ej i utredningen.

Lokaler att ventileras.

De lokaler som omfattas av föreliggande utredning är således samlade i de båda flyglarna samt i viss mån i den centrala delen. Totalt finns $9 + 6 = 15$ lektionssalar, samtliga belägna i flygel-byggnaderna. Dessutom finns ett antal lokaler för personal. Därtill ett mindre antal WC. I lek-tionssalarna bedöms maximalt 30 personer befinna sig samtidigt. I personallokalerna vistas normalt 2-3 personer i respektive lokal.



Figur 2.2 Planskiss över läroverket i Hudiksvall, källarplan och entréplan.



Figur 2.3 Planskiss över läroverket i Hudiksvall, plan 3-5.

Byggnadskonstruktion.

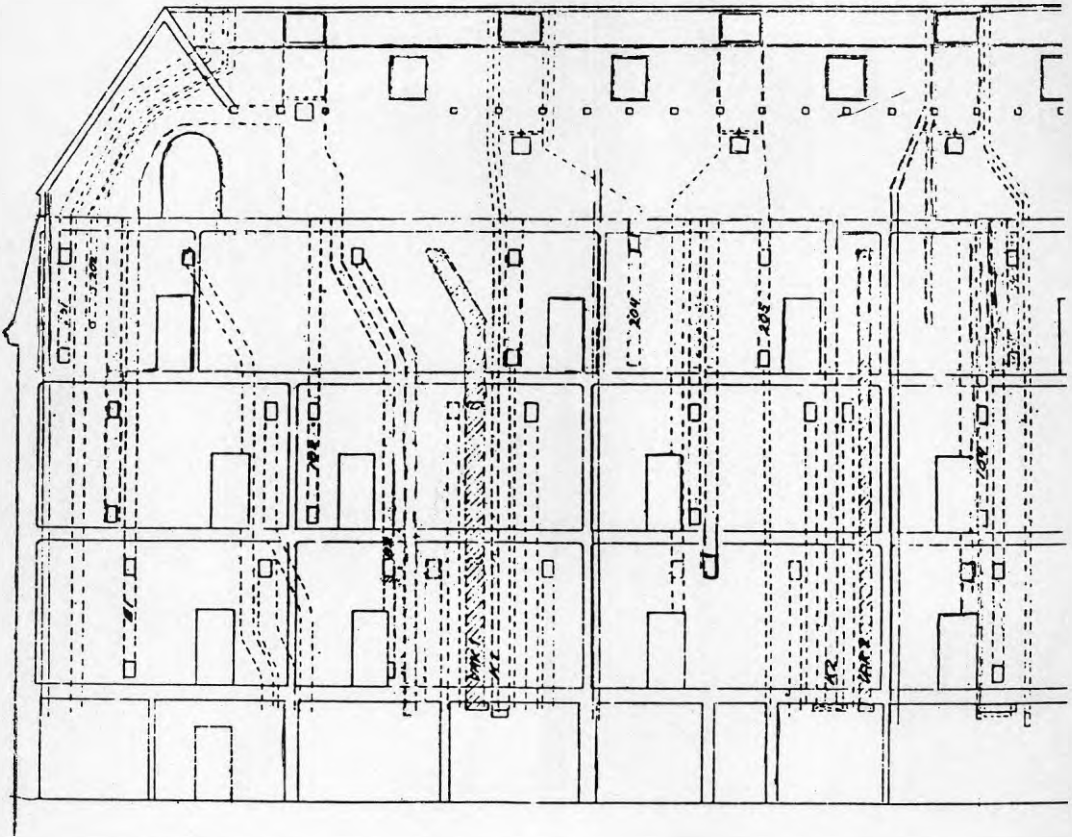
Läroverket centrala del med flyglar och aula är byggt i huvudsak med tegel som material i stommen. Sålunda är samtliga väggar av tegel. Bjälklagen är utförda av tegel och stålbalkar i en valvkonstruktion. Den längsgående väggen mellan lektionssalar och korridor utgör en hjärtvägg ca 80 cm tjock. Ytterväggarnas tjocklek är ca 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 är dock en besvärande faktor för håltagning för, och förläggning av nya ventilationskanaler.

Ventilationssystem.

Ursprungligt system.

Uppvärmning och ventilation av byggnaden skedde ursprungligen med varmluft. Varmluften producerades medelst ångvärmeväxlare, dvs stora kamflänsbatterier som var placerade i det korridorliknande utrymmet i källarplanet.

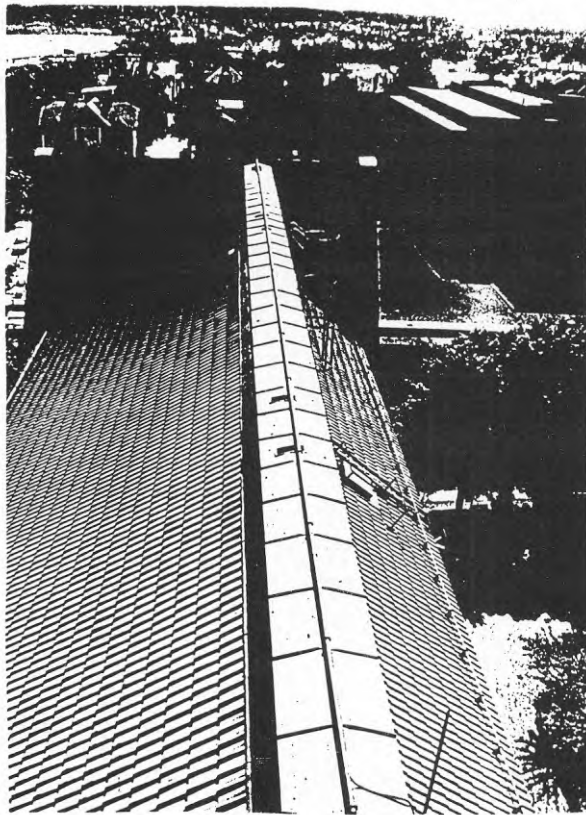


Figur 2.4. Skiss över ursprungligt ventilationssystem.

Från källarplanet distribuerades varmluften via kanaler i hjärtväggen, en kanal till varje lektionssal, **figur 2.4**. Inloppet till kanalerna var försedda med spjäll så att luftflödet till varje lokal kunde regleras. Kanalernas mått varierar men tvärsnittsarean är ca 0,09-0,10 m². Kanalerna är i huvudsak dragna vertikalt. Till respektive lektionssal finns två spjällförsedda öppningar, en öppning med underkant ca 25 cm ovan golv, och en ca 3 m ovan golv. Beroende på temperaturförhållandet kunde således luften tillföras antingen vid golvet eller vid lokalens övre del.

Frånluften evakuerades på motsvarande sätt från lektionssalarna via separata kanaler för varje lokal. Kanaldimensionen är ungefär samma som tilluftskanalernas. Kanaldimensionen varierar något mellan olika lokaler och våningsplanen. Liksom vid tilluftskanalerna fanns två frånluftöppningar från varje sal, en vid golvnivå och en ca 3 m från golv. Öppningarnas storlek var samma som tilluftöppningarna.

Frånluftskanalerna från lokaler belägna rakt under varandra är på vindsplanet sammandragna till en gemensam kanal, se **figur 2.4**. Samlingspunkten nås via en inspektionsöppning. Samlingskanalerna mynnar i en längsgående takås, se **figur 2.5**. Takåsen är täckt på toppen men har gallerförsedda öppningar på båda långsidorna.

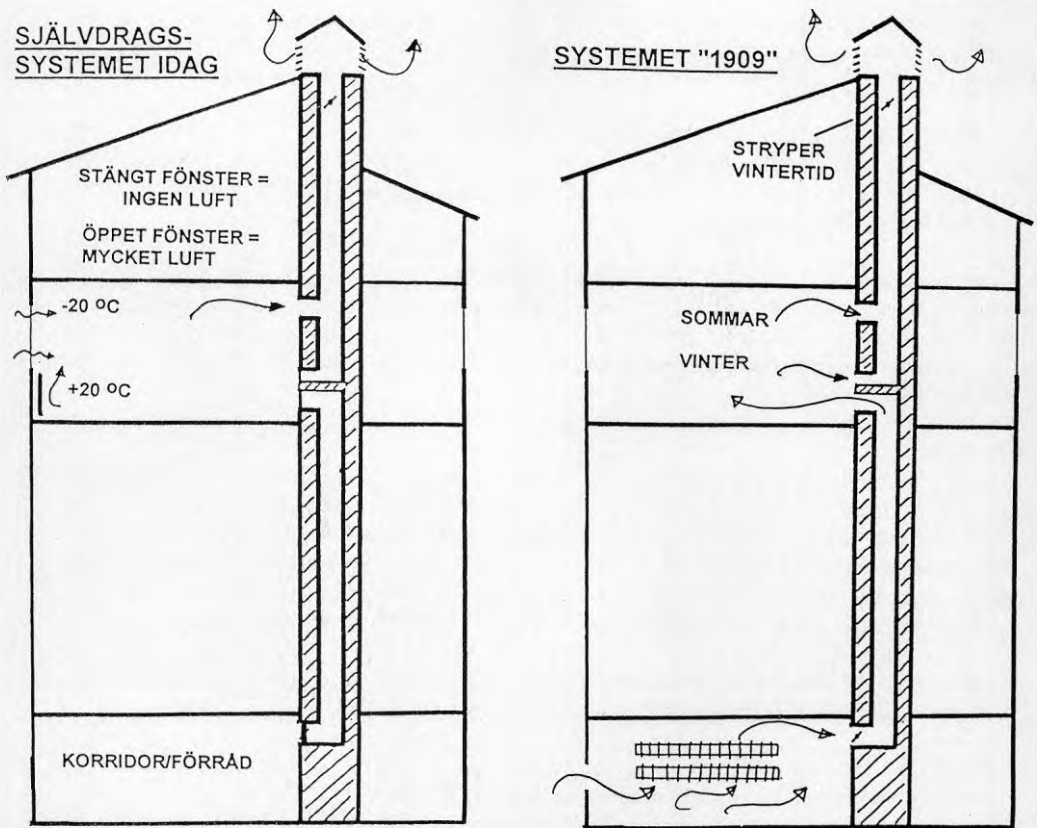


Figur 2.5. Utlopp för frånluft.

Nuvarande system.

De ursprungliga tilluftsöppningarna i lokalerna är numera igensatta, och har ej ersatts med annat tilluftssystem. Flertalet kanaler är även igensatta där de börjar i källarplanet. Det korridorliknande utrymmet, varmluftskammaren i källarplanet, används bl.a. som förråd. Några av de ursprungliga tilluftskanaler är dessutom avskurna genom att dörrar flyttats. Tilluften tillförs därmed endast genom otätheter i klimatskärmen och vid fönstervädning. Frånluftskanalerna är i huvudsak intakta och i bruk för självdragsventilation. I något fall har i frånluftskanalerna dragits avluftningsledning för avloppssystemet.

En sammanfattande bild av ursprungligt och nuvarande system ges i **figur 2.6**.



Figur 2.6. Läroverket i Hudiksvall. Principskiss över ursprungligt och nuvarande ventilationssystem.

3. Krav och önskemål på rumsklimat.

Miljö och hälsoskyddskontoret har genomfört en inventering av "klimatstandarden" vid ett antal grundskolor inom Hudiksvalls kommun. Inventeringen visar att endast ett fåtal skolor har tillfredsställande ventilation. De skolor där luftkvaliteten bedömdes vara bra är relativt nybyggda och försedda med från- och tilluftssystem (FT-system).

Av rapporten från inventeringen framgår att de tre faktorer som i nämnd ordning bedöms påverka välbefinnande och arbetsprestation negativt är:

Övertemperatur
Buller
Luftomsättning.

Erfarenheter och slutsatser som redovisas i den lokala utredningen stämmer väl med de erfarenheter och utredningar som redovisats i ett flertal sammanhang, bl.a på BFR:s konferens Skoltema 92 i Mölndal i september 1992.

Lufttemperatur.

Rumstemperaturen är sålunda en faktor av största betydelse för välbefinnandet. Holmberg och Wyong har t.ex. visat att om lufttemperaturen ökar från 20 °C till 27 °C så sjunker läshastighet och läsförståelse till omkring hälften.

Övertemperatur är ett stort problem i den nu aktuella skolan. Den höga temperaturen har två orsaker, dels att tilluft saknas, dels att lokalerna har stora fönster med besvärade instrålning av förmiddagssol. Det kan här noteras att solskydd ej finns monterade. Temperaturen överstiger sålunda relativt ofta den rekommenderade ekvivalenta temperaturen 22 °C och den accepterade variationen 20-24 °C.

Bullernivå.

Det är svårare att påvisa bullernivåns påverkan på arbetsprestationen än temperaturens påverkan. Utredningar som bl. redovisades på konferensen Skoltema 92 av Christian Simmons visar dock klara samband mellan sjunkande läsförståelse/läsinläring och ökad bullernivå. Särskild hänsyn bör även tas till lågfrekvent buller vilket visat sig vara mera störande än buller av högre frekvens. Detta stämmer väl med de lokala erfarenheter som redovisas av miljö- och hälsoskyddskontoret. Det lågfrekventa bullret kommer i många fall från ventilationssystemet.

Godtagbar ljudtrycksnivå bör enligt föreliggande rekommendation ej överstiga 30 dBA. För lågfrekvent buller < 500 Hz bör ljudtrycksnivån ej överstiga 35 dBC.

Luftomsättning.

Luftomsättningen i en lokal ger en god uppfattning om luftens kvalitet. Ett riktvärde för godtagbar luftomsättning är ett luftflöde av 8 l/s och person. Erforderligt luftflöde beror dock på flera faktorer, bl.a på hur luften omblandas i lokalen och vilka aktiviteter som pågår i lokalen. Som mått på luftkvaliteten används luftens innehåll av koldioxid, CO₂. Värdet på CO₂-halten bör ej stadigvarande överskrida 1 000 ppm även om viss toppar över detta värde kan accepteras. Människan påverkas negativt av koldioxid först vid betydligt högre halter än ovan angiven.

Andra luftföroreningar som är mera besvärande men samtidigt betydligt svårare att mäta kan finnas i ungefär samma proportioner som koldioxiden. Därför används koldioxidhalten som ett indirekt mätvärde på dessa mera besvärande föroreningar. Halten CO_2 i uteluft är ca 300-350 ppm.

Vid lokaler med periodisk personbelastning, såsom vid undervisningslokaler med raster mellan arbetspassen är det eventuellt möjligt med lägre luftflöde än 8 l/s och person. Om det t.ex. är möjligt att kontinuerligt ha lektioner om 45 minuter med åtföljande 15 minuters rast med fönstervädring kan sannolikt luftbehovet begränsas till omkring 6 l/s och person.

Ytterligare faktorer som bör beaktas vid utformning av ventilationssystemet är lufthastigheten i vistelsezonen, den inblåsta luftens temperatur samt halten av partiklar i den inblåsta luften.

Lufthastigheten i vistelsezonen bör normalt ej överstiga 0,15 m/s. Temperaturen på tilluften bör vara ca 2-3 °C lägre än lokaltemperaturen. Halten av partiklar i tilluften bör inom området 1-10 μm ej överstiga ca 10 000 partiklar per m^3 luft. Uteluftsintaget bör placeras med hänsyn till trafik och andra föroreningskällor. Eventuellt kan det vara nödvändigt att filtrera tilluften. Ett skäl till filtrering av luften, förutom hälsoskäl är att filtrering minskar nedsmutsningen av ventilationsaggregatets komponenter, t.ex. värmebatterier, samt kanalsystem.

4. Synpunkter från brandförvar, byggnadsnämnd, kulturansvariga, fastighetsägare och brukare.

Brandförsvaret.

Brandförsvarets synpunkter kan sammanfattas enligt följande.

Brandförsvaret ställer krav på brandskyddstekniska åtgärder t.ex. brandcellsindelning vid denna typ av byggnader. I den här aktuella byggnaden anser brandförsvaret att korridor och undervisningslokaler kan utgöra en gemensam brandcell. Därmed kan korridoren ventileras t.ex. med överluft från lektionssalarna utan hänsyn till speciella brandskyddskrav.

Om tilluften tillförs via separata kanaler i princip enligt ursprungligt utförande liksom vid nya kanaler krävs brandgasspjäll för varje tilluftskanal. Om befintliga kanaler används placeras spjällen i källarplanet.

På frånluftssystemet krävs inga särskilda brandtekniska åtgärder om befintlig kanaldragning i huvudsak bibehålles. Detta förutsatt att inga komponenter med stort strömningssmotstånd monteras i frånluftssystemet. Komponenter med stort strömningssmotstånd är t.ex. värmeväxlare och luftfilter.

Ny kanaldragning på vindsplanet och installation av frånluftsfäkt utan spjäll kan accepteras om dimensioneringen görs så att tryckfallet i kanal och fäkt blir litet.

Vid kombinerat till- och frånluftssystem placeras på vindsplanet krävs brandgasspjäll på såväl till- som frånluftskanaler.

Byggnadsnämnden.

Enligt Svensk Byggnorm skall vid *nybyggnad* återvinning av värme ur frånluften ske vid luftflödet av den storlek som erfordras i denna installation. I den här aktuella *ombyggnaden* ställs dock ej krav på värmeåtervinning. Yrkesinspektionen har genom underhandskontakter hållits underrättade om projektet.

Kulturansvariga.

Ett generellt önskemål är att exteriören skall bibehållas och störande förändringar av fasaden undvikas.

Det är även önskvärt att så få ingrepp som möjligt görs i lokalerna. Synpunkterna sammanfattas i följande punkter.

Befintliga fönster skall bibehållas.

Solavskärmning i form av markiser är svårt att acceptera. Persienner, invändiga eller placerade mellan fönsterglasen accepteras. Invändiga persienner bedöms ha ca 30 % av den effekt som markiser har på avskärmning av solvärmen. Mellanliggande persienner har ca 50 % effekt..

Tilluftöppningar på fasaden vid varje klassrum för konvektorer skall undvikas. .

Installationsvägg längs hela hjärtväggen, -ca 40 cm tjock- för att dölja nya till- och frånluftskanaler samt till- och frånluftsdon kan accepteras med tvekan.

Några speciella synpunkter på t.ex. konvektorer istället för befintliga radiatorer, typ av till- och frånluftsdon, flyttning av dörrar för att återställa befintligt kanalsystem, mm har ej lämnats. Generellt gäller dock att installationen stilmässigt skall anpassas till den ursprungliga interiören så långt detta är möjligt.

Fastighetsägaren.

Fastighetsägarens synpunkter kan sammanfattas enligt nedan:

Betydande utrymme finns tillgängligt för apparater och kanaler på vindsplanet, men bjälklagets sannolikt låga bärlast skall beaktas.

Större delen av det korridorliknande utrymmet i flyglarnas källarplan kan disponeras för apparater och kanaler. Dock skall behov av speciellt materialutrymme för slöjdundervisningen tillgodoses.

Genomgång av bjälklagen med nya ventilationskanaler kan vara problematiskt med hänsyn till hållfastheten.

Montering av installationsvägg som tar ca 40 cm av lokalernas bredd är en klar nackdel.

Ventilationssystemet skall vara lättskött och enkelt att underhålla.

Systemet skall vara driftsäkert.

Låg anläggnings- och driftkostnad är nödvändig med hänsyn till den ekonomiska situationen. Installation av kyla och befuktning av tilluften är därmed ej aktuell.

Brukaren.

Projektet har diskuterats med skolans personal vid ett informationsmöte. Vid mötet redovisades bl.a. de alternativ till utförande som tas upp i kapitel 5. Vid tidpunkten för mötet var de olika alternativen ej genomarbetade. Diskussionen var därför generell och förutsättningslös. Dock klargjordes att varken kylning eller befuktning av tilluften var planerad. En viss kyleffekt bedöms dock kunna uppnås om friskluftsintaget placeras på byggnadens nordvästra sida. I kombination med en viss upplagring av kyla i byggnadstommen bör därmed tilluftstemperaturen normalt kunna hållas önskad 2-3 °C lägre än rumstemperaturen.

Från personalen framfördes bla. följande synpunkter.

Persienner accepteras som solavskärmning, (idag används "mörkläggningsgardiner").

Hög lufttemperatur upplevs som det största problemet.

Det är väsentligt att friskluftsintaget placeras så att bilavgaser ej kan sugas in. Bilar parkeras på "baksidan", dvs den sydvästra långsidan där även vissa godstransporter sker.

Yrkesinspektion och huvudskyddsombud skall genom underhandskontakter hållas underrättade om projektets utveckling.

Möjligheten till 45 minuters lektioner med åtföljande 15 min vädring diskuterades. Dubbelktioner förekommer i viss mån, men antalet kan sannolikt begränsas genom annan planering.

15 minuters vädring per timme under rast ger utkylda lokaler vilket är en nackdel.

5. Diskuterade systemlösningar.

Ett flertal systemlösningar har diskuterats. För- och nackdelar har för varje system vägts mot varandra och jämförts med övriga system. För ett antal av systemen har en eller ett par nackdelar tillsammans varit så stora att systemet bedömts vara direkt olämpligt. I de fallen har det ej bedömts vara meningsfullt att detaljredovisa övriga för- och nackdelar.

Inledningsvis redovisas vissa generella tekniska förutsättningar och beräkningar. Dessutom beskrivs självdragsprincipen

5.1. Generella tekniska förutsättningar.

Luftflöden.

Ventilationssystemet dimensioneras för maximalt 30 personer i varje lektionssal. Med rekommenderat luftbehov 8 l/s och person blir erforderligt luftbehov ca 240 l/s och sal. Med 6 l/s och person som sannolikt kan accepteras om fönstervädring sker 15 minuter per timme blir luftflödet 180 l/s för varje sal.

Som redovisats i avsnitt 2 finns i södra flygeln 9 lektionssalar och i norra flygeln 6 salar. Ventilationsbehovet för övriga lokaler i flyglarna uppskattas motsvara 1 sal per flygel.

Totalt luftbehov blir därmed:

- * södra flygeln: 2,40 m³/s, och i minialternativet 1,8 m³/s
- * norra flygeln: 1,7 m³/s, och i minimalalternativet 1,26 m³/s

Reglering av luftflödet.

Uppvärmningskostnaden för ventilationsluften är betydande vid de luftflöden som krävs i detta fall. Det måste därför finnas möjlighet att på ett enkelt sätt reglera luftflödet för varje sal. Det enklaste är en från/till-reglering där frånslaget kan vara tidsfördröjt så att lokalen luftas ut efter användning. Man kan även tänka sig en mera sofistikerad reglering baserad på frånluftens koldioxidhalt. I båda fallen krävs motormanövrerade spjäll i kanalerna till respektive sal.

Luftfläktarna är varvtalesreglerade och varvtalet styrs av trycket i kanalerna.

Filtrering av luften.

Utomhusluften bedöms vara förhållandevis ren i skolans omgivning. Att filtrera luften av hälsoskäl bedöms därför ej vara nödvändigt. I de fall där värmeväxlare installeras i till- och frånluft är det dock vanligtvis motiverat att installera luftfilter före växlaren för att minska behovet av rengöring av växlarna. Värmeväxlarna på frånluftssidan är mera utsatta för nersmutning eftersom en betydande mängd fibrer frigörs i lokalerna.

Befintliga till- och frånluftskanaler.

I de fall befintliga till- och frånluftskanaler skall utnyttjas gäller följande:

Tilluftssidan.

Kanaler som blockerats t.ex. genom flyttning av dörrar skall återställas i erforderlig omfattning.

Övre tilluftsöppningen i lokalerna täcks över och tilluften tillförs lokalen genom den nedre öppningen.

Den nedre tilluftsöppningen vidgas (fasas) så att öppningen mot lokalen får ungefär dubbelt så stor yta som befintlig öppning. Motivet för detta är att sänka utströmningshastigheten för att få lägre bullernivå och bättre fördelning av luften, se **figur 5.4**.

Tilluftsdonen utformas så att luften tillförs lokalen nära golvet med låg, nedåtriktad, hastighet.

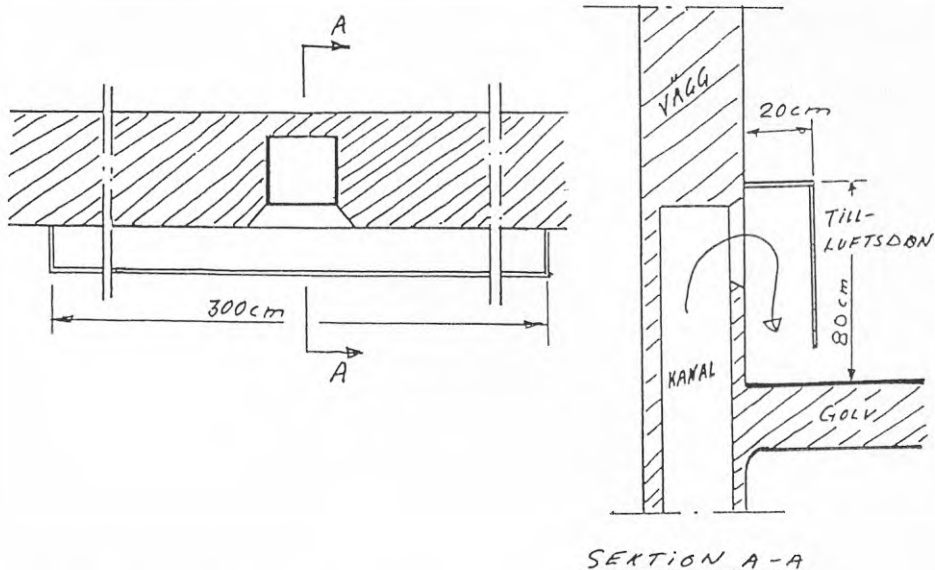
Tilluftsdonen kan förslagsvis utformas som en "låda" ca 300 cm lång, ca 20 cm bred och ca 70 cm hög enligt figur 5.4. Lådan monteras längs med hjärtväggen så att den täcker tilluftsöppningen och så att lådans underkant är ca 20 cm ovanför golvet. Lådan är öppen på baksidan och den sida som vetter mot golvet. Den öppna sidan mot golvet förses med upplägg så att plåtar för styrning och fördelning av luften lätt kan monteras.

Frånluftssidan.

Kanaler som blockerats t.ex. genom flyttning av dörrar skall återställas i erforderlig omfattning.

Nedre frånluftöppningen i lokalerna täcks över och frånluften tas ut från lokalen genom den övre öppningen.

Frånluftöppningen fasas lika inblåsöppningen så att öppningen mot lokalen får ungefär dubbelt så stor yta som befintlig öppning. Avsikten är att sänka utsugningshastigheten så att bullernivå och tryckfall blir lägre.



Figur 5.1 Förslag till utförande av tilluftsdon.

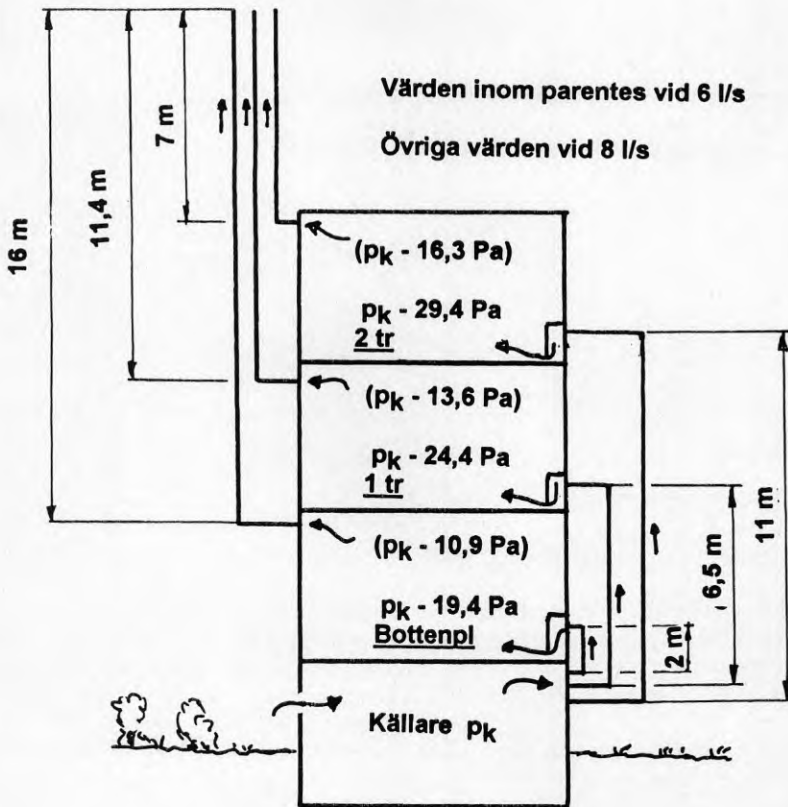
Tryckfall i befintliga murade kanaler.

Befintliga murade frånluftskanaler används i vissa alternativ. Lufthastigheten i dessa kanaler blir ca 2,67 m/s vid luftflödet 8 l/s och person respektive 2,0 m/s vid luftflödet 6 l/s och person.

Kanalerna har mycket ojämn inneryta. För tryckfallsberäkningen har λ -värdet 0,08 använts. Med detta värde har friktionsmotståndet i till- och frånluftskanaler beräknats till 1,1 Pa/m vid strömningshastighet 2,67 m/s och till 0,6 Pa/m vid 2,0 m/s.

Vid beräkning av engångsmotståndet, stötförlusten, har bedömts att stötförlusten i in- och utlopp till kanalerna inklusive till- och frånluftsdon, samt befintliga kanalböjar motsvarar $\zeta = 4$ för vardera till- respektive frånluftskanal. Stötförlusten blir därmed ca 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 frånluft är ca 18 m. Totalt tryckfall i systemet blir därmed ca 54 Pa vid 8 l/s och 30 Pa vid 6 l/s. Strömning förluster och tryckskillnad mellan de olika våningsplanen visas i **figur 5.2**. Av figuren kan utläsas att tryckskillnaden mellan två våningsplan är ca 5 Pa vid luftflödet 8 l/s och 2,7 Pa vid 6 l/s och person



Figur 5.2. Strömning förluster i kanaler och tryckskillnad mellan våningsplan.

5.2. Allmänt om självdrag , sk naturligt drag.

Vid sk. självdragssystem utnyttjas den tryckskillnad som uppstår när två lika höga luftpelare har olika temperatur.

Tillgängligt drivtryck Δp kan beskrivas med formeln:

$$\Delta p = g * h * (\rho_u - \rho_i)$$

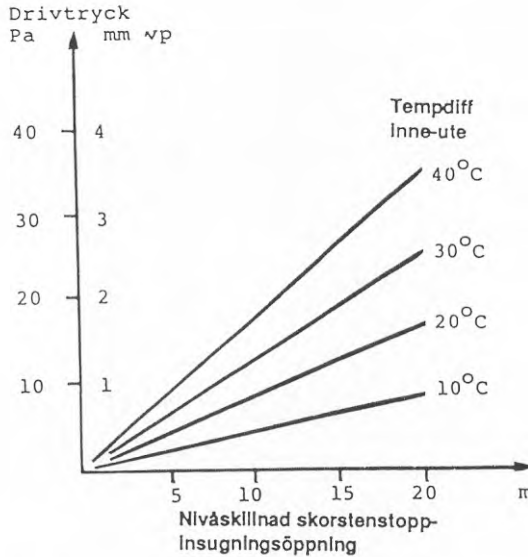
där:

Δp = Differenstryck, Pa

ρ_u = Uteluftens densitet, kg/m³

ρ_i = Inneluftens densitet, kg/m³

h = Höjdskillnad mellan skorstenstoppen och den punkt där luften antar rumstemperaturen.



Figur 5.3 Drivtryck vid självdragsventilation.

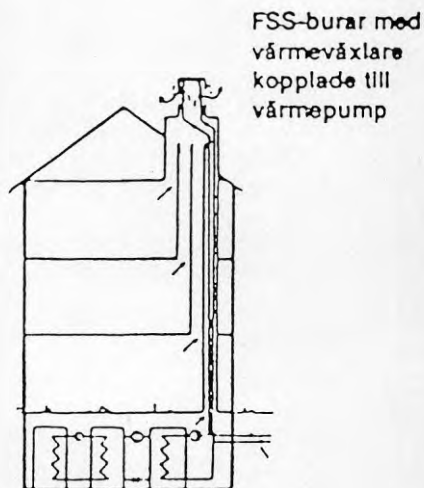
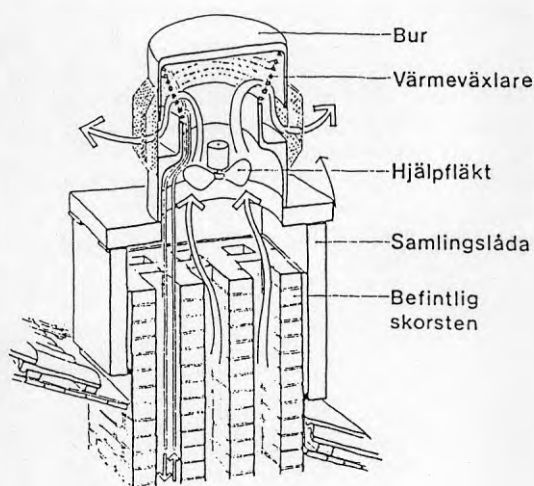
I **figur 5.3** visas hur drivtrycket påverkas av temperaturskillnaden mellan inne och ute samt luftpelarens, dvs ventilationsskorstenens höjd. Grundtanken i självdragssystemet är att erforderligt drivtryck för att övervinna strömningsmotståndet i till- och frånluftskanaler genereras av skillnaden i lufttemperatur mellan utomhus och inomhusluft.

Av figuren 5.3 framgår som exempel att vid utomhustemperaturen -20 °C är drivtrycket ca 1,7 Pa/m höjdskillnad. Vid 0 °C är drivtrycket ca 0,85 Pa/m och blir vid +20 °C 0 Pa/m..

Vid låg utomhustemperatur är det termiska drivtrycket tillräckligt stort för att vid hus byggda för självdragsventilation ge tillräckligt luftflöde. Det varierande drivtrycket gör det önskvärt att installera temperaturstyrda tilluftsdon. Sådana tilluftsdon är konstruerade så att tryckfallet genom donet blir större ju lägre utomhustemperaturen är. Därigenom kan luftflödet hållas i stort sett konstant trots att drivtrycket varierar beroende på utomhustemperaturen. Vid hög utetemperatur blir dock drivtrycket för litet och det krävs en hjälpfläkt som ger kompletterande tillskott av drivtryck.

Det låga drivtrycket gör självdragssystemet extremt känsligt för yttre störningar. Sådana störningar är vindhastighetens ejetorverkan vid skorstenstoppen. Tryckstörningar vid skorstenstoppen genom luftvirvlar från t.ex. närliggande byggnader kan också förekomma.

För att dämpa dessa tryckstörningar ha en speciell vinddämpande huv konstruerats, **figur 5.4**. Huvn är så utformad att den samtidigt kan användas som värmeväxlare. Värmet i frånluften överförs i värmeväxlaren till en brinekrets och utnyttjas t.ex. för uppvärmning av tappvarmvatten via en värmepump, **figur 5.5**.



Figur 5.4 Vinddämpande huv.

Figur 5.5 Systemuppbyggnad med värmepump.

En positiv konsekvens av det låga drivtrycket är att fönstervädning endast ger marginell påverkan på självdragssystemets funktion.

Ovan beskrivet system med fläkthjälpstärkt självdragsventilation i bostadshus har som nämnts utvecklats med hjälp av medel från BFR och redovisats ingående i BFR-rapporterna R 67:1986 och R66:1988. Systemet har i det ovan beskrivna grundutförandet i huvudsak följande för- och nackdelar.

Fördelar:

- * låg anläggningskostnad.
- * fungerar hjälpligt vid fläkthaveri och strömavbrott.
- * låg driftkostnad.

Nackdelar:

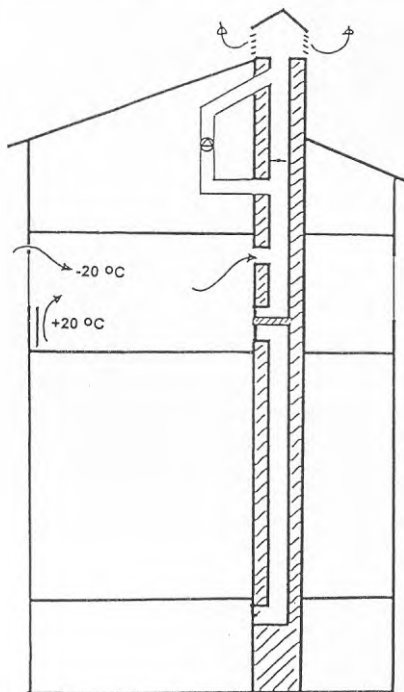
- * Det låga drivtrycket kräver låg strömningshastighet i kanalsystemet, dvs stor kanalarea
- * Vid lokaler med hög persontäthet kan hjälpfläkten behöva vara i drift även vintertid.
- * För värmeåtervinning krävs värmepump.

5.3 Fläktförstärkt självdragsventilation.

5.3.1. Alternativ 1 -Fläktförstärkt självdragsventilation: Tilluft via fönsterventiler i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.

Detta system blir i princip identiskt med ovan redovisat grundutförande av fläktförstärkt självdragssystem. Tilluften tillförs således till lokalerna via tilluftsdon av typ springventiler vilka monteras i fönsterbåge eller fönsterkarm. Det finns flera fabrikat att välja på, men de har konstruerats för användning i bostäder och liknande lokaler med avsevärt mindre luftbehov än i lektionssalar. En tänkbar möjlighet är att montera flera tilluftsventiler vid sidan om varandra så att erforderlig tilluftsöppning erhålls.

Frånluften evakueras via befintliga kanaler. På vindsplanet, efter befintliga samlingskanaler, dras kanalerna i varje flygel samman till en gemensam kanal. I denna gemensamma kanal placeras en frånluftsfläkt. Fläkten kan möjligtvis placeras inne i befintlig gemensam kanal eller mera sannolikt i ny kanal som drages på vindsplanet. Man kan även välja en gemensam fläkt för kanalerna i en flygel, alternativt en fläkt för varje grupp av murade kanaler. Värmeåtervinning kan ske i begränsad omfattning med brine-värmeväxlare med lågt tryckfall, i princip enligt ovan redovisat grundutförande, [figur 5.6](#).



Figur 5.6 Frånluftsfläkt med tilluft via fönsterventiler i varje lokal.

Systemet har generellt den stora nackdelen att tilluften ej kan förvärmas. Vid det stora luftflöde som erfordras till lektionssalar är det orealistiskt att tillföra ej förvärmad luft till salarna. I detta speciella fall är dessutom fönsterfasaden belägen i sydostlig riktning vilket ger för varm tilluft under den varma årstiden.

Systemet bedöms därför generellt sett vara olämpligt att installera i undervisningslokaler med hög personbelastning.

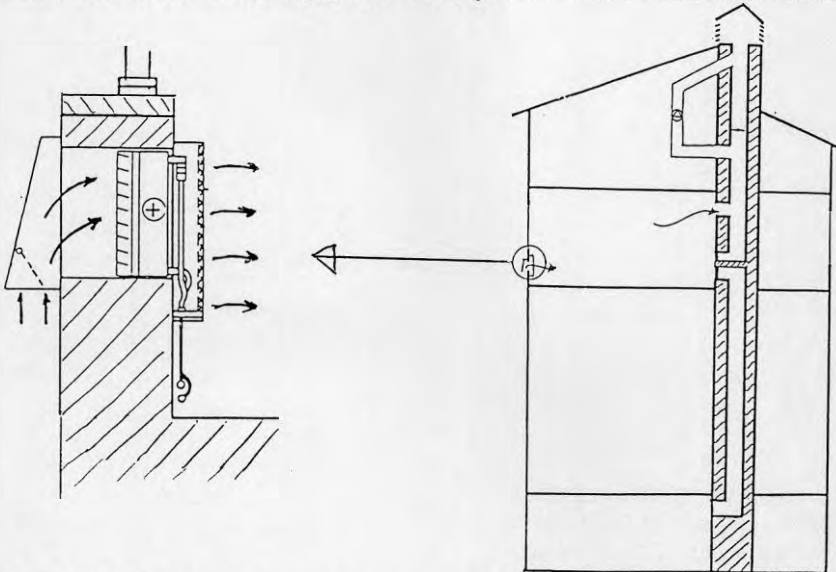
5.3.2. Alternativ 2 -Fläktförstärkt självdragssystem: Tilluft via konvektorer i varje lokal, frånluft via befintliga kanaler.

Liksom i föregående system, enligt 5.2.2 tas luften in från fasaden till varje enskild lokal. Systemet skiljer sig från det föregående genom att luften förvärms innan den släpps in i lokalen. På marknaden finns ett antal typer av konvektorer som kan ersätta befintliga radiatorer och samtidigt förvärma tilluften. Konvektorerna monteras på radiatorernas plats. Tilluften tas in genom öppningar i fasaden bakom respektive konvektor. Konvektorerna kan vara försedda med en liten energisnål elektrisk fläkt., **figur 5.7.**

Frånluftssystemet är identiskt med föregående alternativ, dvs alternativ 1 och samma möjlighet till värmeåtervinning finns.

Systemets har generellt sett den stora nackdelen att installationen medför betydande ingrepp i fasaden. Dels erfordras att hål av betydande storlek tas upp på fasaden, dels krävs att vind- och regnskydd monteras över den upptagna öppningen. Man kan även notera att konvektorer med så stort luftflöde som krävs i detta fall ej finns att tillgå som standard.

Systemet bedöms därför generellt sett vara olämpligt att installera i byggnader där det är väsentligt att fasaden bevaras i ursprungligt utförande, ej heller där stora luftflöden erfordras.



Figur 5.7 Frånluftsfäkt med tilluft via konvektorer i varje lokal.

5.3.3. Alternativ 3 -Fläktförstärkt självdragsventilation: Tilluft via befintliga kanaler från källarplanet, frånluft via befintliga kanaler.

I detta alternativ tas tilluften in centralt för varje flygel i källarplanet och distribueras via de befintliga tidigare använda tilluftskanalerna till varje lektionssal. Befintliga frånluftskanaler utnyttjas på samma sätt som i de två tidigare redovisade alternativen.

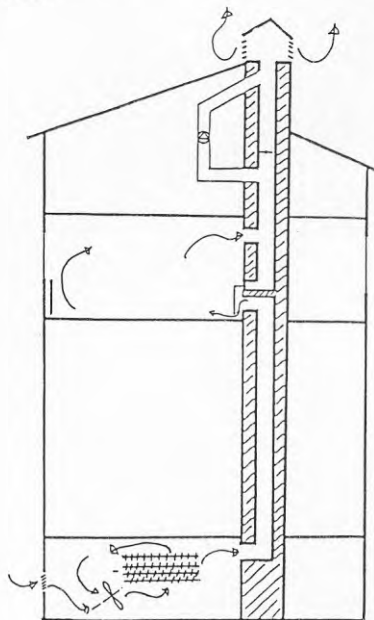
Genom lämplig placering av uteluftsintaget, t.ex. på byggnadens norrsida eller annan skuggad plats bör det vara möjligt att under den varma årstiden hålla tilluftstemperaturen önskade 2 - 3 °C lägre än normal rumstemperatur utan att kylning installeras. Luften värms vid behov centralt medelst varmvattenbatteri placerat i tilluftskanalen i källarplanet. I frånluftskanalen på vind monteraras varvtalsreglerad frånluftsfläkt (hjälpfläkt). Från- och tilluftskanaler för lektionssalar förses med motordrivna spjäll.

Luften skall förvärmas och transporteras från byggnadens utsida till inloppet av de befintliga tilluftskanalerna. Tryckfallet i tilluftsgaller och smådjursnät i ytterväggen bedöms vara ca 5 Pa.

Alt 3.A Lägsta tänkbara tryckfall för förvärmning och transport av luften till inloppet till tilluftskanalerna.

Lägsta tänkbara tryckfall på tilluftssidan fås om den ursprungliga värmekammaren utnyttjas i sin helhet för förvärmning av tilluften och transport av luften fram till de befintliga tilluftskanalerna. I det fallet sker värmningen med ett konvektorbatteri i princip lika ursprungligt utförande, dvs fritt placerat i värmekammaren. Med en friblåsande fläkt ökas luftcirkulationen genom batteriet och därmed även värmeöverföringen. Fläkten som har obetydligt effektbehov har även som uppgift att blanda luften så att temperaturen blir jämn. Tryckfallet för att transportera luften till de befintliga tilluftskanalerna blir därmed försumbart. Tillkommande tryckfall blir endast tryckfallet genom tilluftsgallret i väggen, dvs ca 5 Pa.

Frånluftssystemet utformas lika alternativ 1.



Figur 5.8. "Fläktförstärkt självdragsventilation". Tilluft via befintliga kanaler från källarplanet, frånluft via befintliga kanaler och hjälpfläkt.

Av figur 5.5 framgår att trycket i salarna på övre planet är ca 29 Pa lägre än trycket vid inloppet till de befintliga tilluftskanalerna i källarplanet. Totalt undertryck i salarna på övre planet i förhållande till omgivningen skulle därmed bli 34 Pa vid luftflödet 8 m/s och ca 20 Pa vid 6 l/s och person.

Systemet har följande två uppenbara nackdelar.

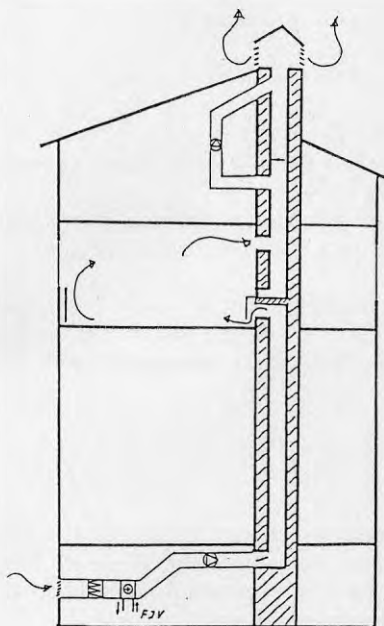
Den ena är att den ursprungliga värmekammaren i varje flygel måste tas i anspråk helt för detta ändamål och avtätas nogga mot övriga lokaler. Värmekammaren utnyttjas nu för annat ändamål samt som passage till andra lokaler.

Den andra är att tryckskillnaden mellan inne och ute medför att luft kommer att läcka in genom otätheter runt fönstren. På övre planet kan lufthastigheten i springorna bli omkring 7,5 m/s baserat på luftflödet 8 l/s och ca 6 m/s vid flödet 6 l/s och person. Denna lufthastighet kan förutom dragkänsla ge upphov till besvärande ljud

Alternativet bedöms därmed ej vara realistiskt.

Alternativ 3.B. Fläktförstärkt självdragsventilation med hjälpfläkt på såväl tillufts- som frånluftssidan.

I detta alternativ monteras en tilluftskanal mellan tilluftsgallret i ytterväggen och de befintliga murade kanalerna. I kanalen monteras luftfilter och värmebatteri. Kanalen dimensioneras för lufthastighet ca 2 m/s vilket motsvarar kanalarean ca 1,2 respektive 0,85 m². I den tidigare värmekammaren finns utrymme för dessa kanaler. Vissa av de befintliga rörledningarna i lokalen måste dock flyttas.



Figur 5.9. "Fläktförstärkt självdragsventilation". Hjälpfläkt på såväl tillufts- som frånluftssidan.

Tryckfallet genom tillkommande plåtkanaler och värmebatteri har beräknats till ca 35-40 Pa. Därtill kommer tryckfallet över luftfiltret, vilket installeras för att minska nersmutsningen av värmebatteriet. Tryckfallet över filtret är ca 25 Pa vid rent filter och ökar till ca 50 Pa innan det bytes. Totala motstånd i tillkommande kanal med batteri, filter och friskluftsgaller beräknas bli ca 90-100 Pa vid nersmutsat filter. För att inte få för stort undertryck i lokalerna krävs därför i detta fall att en tilluftsfläkt installeras.

Systemet har följande fördelar.

- * Måttlig investeringskostnad
- * Låg drift- och underhållskostnad.
- * Relativt enkelt handhavande
- * Tilluftstemperaturen kan styras och hållas på önskad nivå, 2 - 3 °C under rumstemperaturen, dock ej helt under sommarmånaderna. .
- * Bullernivån kan hållas låg
- * Små ingrepp i byggnadskonstruktionen
- * Tilluften filtreras
- * Luftflödet kan styras med hänsyn till lokalutnyttjandet.

Systemet har följande nackdelar:

Generellt:

- * Vissa utrymmen blockeras i källarplanet.
- * Luften tas in i marknivå med viss risk för föroreningar.
- * Eventuell värmeåtervinning måste ske med värmepump.
- * Fläkt för tilluften, om än med liten tryckuppsättning, erfordras
- * Brandgasspjäll måste monteras vid inloppet till samliga murade tilluftskanaler.

Speciellt för denna anläggning:

- * Kompletterande fjärrvärmväxlare med tillhörande rördragning erfordras.
- * Viss befintlig rördragning måste flyttas.

Alternativ 3 C. Fläktförstärkt självdragssystem med fläkt enbart på tilluftssidan.

Det kan kanske ligga nära till hands att överväga att enbart installera tilluftsfläkt och köra systemet med svagt övertryck i lektionssalarna.

Övertryck leder emellertid till att luft kommer att gå ut i väggarna med resultat att fukt från luften kondenserar i väggkonstruktionen. Av samma skäl kommer fukt att fällas ut på insidan av det yttre fönsterglasat. Systemet är således helt olämpligt.

5.4. Alternativ 4 -FTX-system: Konventionellt kombinerat till- och frånluftsaggregat med värmväxling, placerat på vindsplanet.

Kombinerade till- och frånluftsaggregat med direktvärmväxlare installeras i varje flygel. Uteluften tas in vid byggnadens tak och förvärms via värmväxling. Kompletterande uppvärmning sker med varmvattenbatteri, i detta speciella fall via fjärrvärme. Före värmebatteri och värmväxlare monteras filter. Nya vertikala till- och frånluftskanaler installeras. De nya kanalerna döljs bakom en tillkommande installationsvägg. Installationsväggen minskar lokalens bredd med ca 40 cm. Tilluften tillförs lämpligen i golvnivå med lågimpulsdon och med ca 2-3 °C undertemperatur när detta är möjligt, se **figur 5.10**.

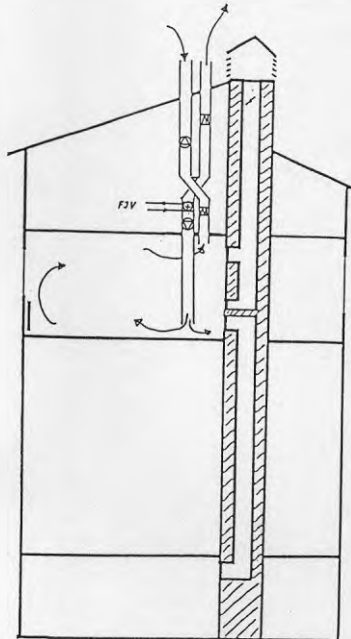
Kanaler, fläktar filter och värmebatterier samt övriga komponenter dimensioneras med tryckfall enligt vedertagen praxis vid FTX-system. Sammanlagd tryckuppsättning för till- och frånluftsfälktar beräknas till ca 700 Pa.

Systemet har bla följande fördelar:

- * God kontroll av till- och frånluftslöden.
- * God värmeväxling.
- * Erforderliga luftlöden kan skapas efter behov.
- * Möjlighet finns att styra luftlödet med hänsyn till lokalutnyttjandet.
- * Tilluftstemperaturen kan styras och hållas på önskad nivå, 2 - 3 °C under rumstemperaturen, dock ej helt under sommarmånaderna. .

Systemet har följande nackdelar:

- * Relativt hög energi förbrukning, för fläkt drift.
- * Relativt hög anläggningskostnad.
- * Kräver ej obetydliga ingrepp i byggnaden.
- * Ej helt försumbar bullernivå kan förväntas.
- * Stor bygghöjd och hög vikt för aggregaten. Detta kan medföra utrymmesproblem samt kräva förstärkning av vindsbjälklaget.
- * Brandgasspjäll krävs på såväl till- som frånluftssida.
- * Kompletterande rödragning till vindsplanet för eftervärmningsbatteri erfordras, i detta fall även extra fjärrvärmeväxlare.



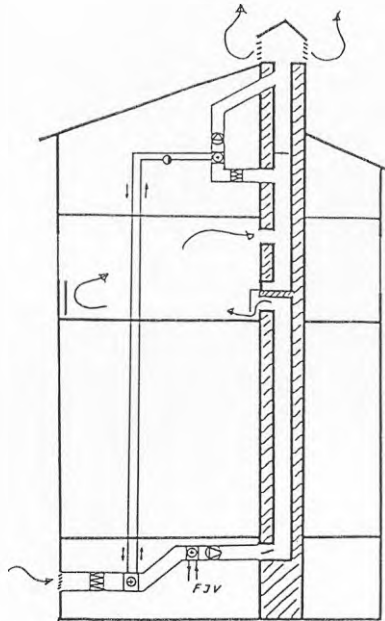
Figur 5.10 Kombinerat till- och frånluftssystem placerat på vind.

5.5. Alternativ 5 FTX-system: Frånluftsaggregat på vind, tilluftsaggregat i källare samt vattenburen värmewäxling dem emellan.

Detta alternativ har i huvudsak samma uppbyggnad som alternativ 3 B och befintliga till- och frånluftskanaler utnyttjas.

Således installeras tilluftsaggregat i källarplanet, i detta fall ett i varje flygel, se **figur 5.11**. Friskluften tas in i källarplanet från ej solbelyst byggnadssida. Befintliga tilluftskanaler utnyttjas. Luften tillförs lokalerna med lågimpulsdon i golvhöjd enligt avsnitt 5.1. och frånluften evakueras via befintliga frånluftsöppningar. Värme återvinnes ur frånluften medelst värmewäxlare på vindsplanet och värmen överförs till värmewäxlare i tilluftsaggregatet via vattencirkulationskrets. Kompletterande eftervärmningsbatteri installeras. Före värmewäxlarbatterierna i till- respektive frånluften monteras luftfilter.

Kanaler, (frånsett befintliga murade kanaler), fläktar värmewäxlare och värmebatterier dimensioneras med tryckfall enligt vedertagen praxis för FTX-system. Sammanlagd tryckuppsättning för till- och frånluftsfläkt beräknas till ca 600 Pa.



Figur 5.10 FTX-system: Tilluftsaggregat i källare, frånluftsaggregat på vind.

Systemet har följande fördelar:

- * God kontroll av till- och frånluftsflöden
- * God värmeväxling
- * Möjlighet finns att styra luftflödet med hänsyn till lokalutnyttjandet.
- * Relativt måttliga ingrepp i byggnaden erfordras.
- * Förvärmning och filtrering av tilluften
- * Tilluftstemperaturen kan styras och hållas på önskad nivå, 2 - 3 °C under rumstemperaturen, dock ej helt under sommarmånaderna. .

Systemet har följande nackdelar.

- * Relativt hög anläggningskostnad
- * Vissa utrymmen i källarplanet tas i anspråk.
- * Rödrugning för vattenburen värmeåtervinning mellan vinds- och källarplan erfordras. Besvärande rödrugning.
- * Kompletterande fjärrvärmeväxlare med rödrugning för eftervärmningsbatteri i den aktuella installationen erfordras

5.6. Sammanfattning.

Ovanstående genomgång visar att det knappast är möjligt att med gott resultat utföra ventilationssystemet som ett renodlat fläktförstärkt självdragssystem.

Det alternativ som bedöms vara "minst omöjligt" är alternativ 3 A. Detta alternativ har dock flera nackdelar. Den mest påtagliga nackdelen är risk för oljud och drag från fönster. En annan nackdel är att den ursprungliga värmekammaren i källarplanet som nu har annan funktion måste tas i anspråk helt för systemet.

Det närmaste man kommer ett fläktförstärkt självdragssystem är ett FT-system med utpräglat låg tryckuppsättning för till- och frånluftsfläktarna, dvs alternativ 3 B.

En ekonomisk jämförelse görs därför mellan de tre alternativen 3 B, samt alternativ 4 och alternativ 5.

6. Ekonomi.

Ekonomiska beräkningar är sällan generellt användbara. Varje projekt måste därför studeras med utgångspunkt från de speciella förutsättningar som råder i det aktuella projektet. Resultat från ett specialstuderat objekt kan dock i många fall vara vägledande vid bedömning av andra likartade projekt.

Förhoppningen är därför att den nedan genomförda ekonomiska bedömningen - förutom att ge vägledning vid val av ventilationssystem vid Hudiksvalls gamla läroverk även skall ge information som är användbar i andra likartade anläggningar.

Nedanstående ekonomiska beräkningar är överslagsberäkningar och skall ses som ett underlag för val av alternativ samt anger kostnaden exklusive aula och institutionsbyggnad.

Anläggningskostnader.

Angivna anläggningskostnader baseras på offerter och erfarenhetsvärden. Kostnaderna har sammanställts som ett antal större poster på sedvanligt sätt.

Projektering, kontroll, besiktning antas kosta ca 10 % av beräknad anläggningskostnad. Samma procentsats har antagits för oförutsett. Ombyggnaden bedöms ske etappvis under terminstid. För alternativ 4 antas totala ombyggnadstiden vara ca 6 månader, för alternativ 5 ca 5 månader och för alternativ 3 B ca 4 månader. Ränta på erforderligt kapital har beräknats efter 13 % och med halva kapitalet bundet under ombyggnadstiden.

	Alt. 4 FTX-system på vind	Alt 5. Delat FTX- system vind-käl- lare	Alt 3 B. Fläktför- stärkt självdrags- ventilation med hjälpfläkt på till- och frånluftssidan.
Anläggningsdel	kostnad kkr	Kostnad kkr	Kostnad kkr
Ventilationsinstallation inkl. styr- och reglerutrustning, kanaler, till- och frånluftsdon, rörinstal- lation mm.	1 300	1 400	1 050
Byggnadsarbeten	1 400	800	700
Byggherrekostnader	650	500	400
Summa exkl. moms	3 350	2 700	2 150

Driftkostnader.

Skillnaden i driftkostnader utgörs i huvudsak av kostnaden för elenergi till fläktarna samt värdet av återvinningsbar värme ur frånluften.

Elenergi.

Elkostnad för fläktdriften baseras på drifttiden 2 000 tim per år och totala luftflödet $2,4 + 1,7 = 4,1$ m³/s. Fläktarnas verkningsgrad bedöms vara 60 %. Elenergin antas kosta 0,60 kr/kWh.

Med dessa utgångsdata blir effektbehovet ca 0,7 kW per år och 100 Pa tryckuppsättning. Elkostnaden blir ca 820 kr per år och 100 Pa. tryckuppsättning.

Årlig elkostnad blir därmed:

Alternativ	Alt. 4 FTX-system på vind	Alt 5. Delat FTX-system vind-källare	Alt 3B. Lågtrycks FT-system
Tryckuppsättning Pa	700	600	100
Effektbehov kW	4,9	4,2	0,7
Årlig kostnad för energi till fläktar kr/år	5 740	4 920	820

Värmeåtervinning.

Energibehov och värdet av återvinningsbar energi beräknas enligt följande.

Årsmedeltemperaturen är för Hudiksvall ca +5,2 °C. Tilluften skall värmas till ca +18 °C. Effektbehovet för värmning av tilluft är då vid luftflödet 4,1 m³/s i medeltal 56,6 kW. Med 2 000 tim drifttid blir energibehovet för uppvärmning av tilluften 113 200 kWh/år. 50 % återvinning bedöms vara möjlig. Återvinningsbar energi blir 56 600 kWh/år.

Med antaget energipris 0,50 kr/kWh blir värdet av återvinningsbar energi 28 300 kr/år.

Ekonomisk jämförelse mellan alternativen.

Anläggningskostnaden för alternativ 4 FTX-system på vinden är ca 650 kkr högre än för alternativ 5, Delat FTX system vind-källare. Alternativ 4 bedöms ej ha någon fördel som motsvarar denna kostnadsskillnad, snarare tvärtom. Den slutliga jämförelsen blir därför mellan alternativ 3 B och alternativ 5.

Årlig skillnad i kapitalkostnad.

Installationens livslängd antas vara 15 år. Den årliga kostnaden för mellanskillnaden i kapital mellan alternativen 5 och 3 B som är 550 kkr kan antas motsvara den årliga utbetalningen för ett 15-årigt annuitetslån med 13 % ränta (annuitetsfaktor 0,1547).

Årlig skillnad i kapitalkostnad blir med detta synsätt 85 000 kr till fördel för alternativ 3 B.

Årlig skillnad i driftkostnad.

Avsaknad av värmeåtervinning i alternativ 3 B innebär extra kostnad med 28 300 kr/år för detta alternativ. Alternativ 3 har dock ca 4 100 kr/år lägre kostnad för elenergi för fläktdriften.

Årlig skillnad i driftkostnad blir därmed ca 24 200 kr/år till nackdel för alternativet 3 B.

Total årlig kostnadsskillnad.

Med ovanstående beräkning blir den årliga skillnaden i kostnad ca 61 000 kr/år till fördel för alternativet 3 B, dvs det "fläktförstärkta självdragssystemet" i jämförelse med alternativ 5, Ftx-system med tilluftsaggregat i källare och frånluftsaggregat på vind.

7. Slutsats.

Det alternativ som ger bästa ekonomiska utfall bedöms vara ett system som vi betecknat med "förstärkt självdrag med till- och frånluftsfläktar". Systemet kan även betecknas som ett FT-system med extremt låg tryckuppsättning och effektförbrukning för fläktdriften. Det ekonomiska avståndet till närmast intressanta alternativ, konventionellt till- och frånluftssystem med tilluft i källarplan och frånluftsaggregat placerat på vindsplan, är ca 60 kkr /år enligt de gjorda över-slagsberäkningarna. Skillnaden i årlig kostnad är förhållandevis liten.

Vilket system som skall väljas är därmed mera en fråga om policy och önskan att pröva och utveckla ett något okonventionellt system. Ett motiv som talar för "självdragssystemet" är att nya lösningar på styr- och reglersidan kan vara intressanta och värda att pröva i samband med självdragssystem.

R11:1993

ISBN 91-540-5522-9

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6813011

Abonnemangsgrupp:

W. Installationer

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna