

Økologiske løsninger i naturligt ventileret skolebyggeri

Økologiske løsninger i naturligt ventileret skolebyggeri

Aase Gilling
Kolding Kommune

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	15
1.1 BAGGRUND FOR PROJEKTET	15
1.2 FORMÅL	15
2 ORGANISERING AF PROJEKTET	17
2.1 BYGHERRE - TILSKUDSMODTAGER	17
2.2 PROJEKTLEDER	17
2.3 BYGGESTYREGRUPPE	17
2.4 SVERIGESGRUPPEN	17
2.5 ARBEJDSGRUPPE	18
2.6 FØLGEGRUPPE	18
2.7 HÅNDVÆRKERE	18
2.8 LEVERANDØRER	18
2.9 ÆNDRING AF ORGANISATIONEN	18
2.10 DELKONKLUSION – ORGANISATION	19
3 INFORMATION	21
3.1 DELKONKLUSION – INFORMATION	21
4 BRUGERINDDRAGELSE	23
4.1 DELKONKLUSION BRUGERINDDRAGELSE	23
5 PROCESSEN	25
5.1 DELKONKLUSION PROCESSEN	25
5.2 VED IGANGSÆTNING AF PROJEKTET VAR FØLGENDE FORHOLD GÆLDENDE	25
6 FORUDSÆTNINGER OG BINDINGER	27
6.1 BYGGEGRUNDEN:	27
6.2 ANVENDELSE AF BYGGERIET:	27
6.3 BRUGERNES ØNSKER:	27
6.4 DELKONKLUSION PÅ VALG AF MATERIALER	27
7 EKSEMPLER PÅ VALG AF MATERIALER	29
7.1 GENBRUGSSTEN	29
7.2 LERJORDSBLOKKE	29
7.3 TEGL	30
7.4 SAMMENLIGNING AF ENERGIFORBRUG PÅ LERJORDSBLOKKE OG DE VALGTE STEN	31
7.5 VALG AF MURSTEN	31
7.6 TRÆ	31
7.7 FACADER	32
7.8 OVERFLADEBEHANDLING	32

7.9	DELKONKLUSION - EKSEMPLER PÅ ARBEJDSPROCESSEN	32
8	MILJØBESPARELSER OG RESSOURCEBESPARELSER	33
8.1	ESTIMERET FORBRUG FOR FORSØGSBYGGERIET	33
8.2	GENNEMSNITLIGT FORBRUG I 100 SKOLER	33
8.3	GENNEMSNITSTAL FOR KOLDING KOMMUNE FOR SFO- SKOLEBYGGERI	33
8.4	VÆSENTLIGT LAVERE RESSOURCEFORBRUG FOR FORSØGSBYGGERIET	33
9	BRUGERADFÆRD	35
10	RESSOURCEFORBRUG FOR VENTILATIONSDELEN	37
10.1	MILJØBELASTNING FOR FORSØGSBYGGERIET PR. ÅR	37
10.2	DELKONKLUSION - MILJØBELASTNING	37
11	ØKONOMI	39
11.1	DELKONKLUSION - ØKONOMI	39
12	BRUGERNES TILFREDSHED	41
12.1	DELKONKLUSION AF BRUGERNES TILFREDSDHED	41
13	NATURLIG VENTILATION I BILLEDER	43
14	RESULTATER	45
14.1	DELKONKLUSION - RESULTATER	45
15	HOVEDKONKLUSION	47

Bilag A
Bilag B

Forord

Med udgangspunkt i de stigende allergiproblemer i Danmark og ønsket om et gennemført økologisk byggeri, var det Kolding Kommunes mål at opføre en skolebygning hvor indeklimaproblematikken var sat i højsædet. Derudover var ønsket at opføre en bygning, der minimerede miljøbelastningen og drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne bl.a. ved anvendelse af naturlig ventilation. Det var i den forbindelse ønsket, at udvikle en metode for naturlig ventilation der minimerer hidtidige ulemper ved naturlig ventilation så som træk, varmetab og ustabil luftskifte.

Med baggrund i "LivCasA - projektet besluttedes det at opføre en indskolings- og SFO-bygning ved Sdr. Vang Skole i Kolding.

Denne rapport omhandler projektets organisering, deltagende grupper og de valg projektet medførte.

Sammenfatning og konklusioner

Projektet bag denne rapport havde til formål at få opført et offentligt byggeri med lav miljøbelastning, økologiske materialer og optimeret indeklima.

Ved valg af økologiske indeklimarigtige materialer er en væsentlig hindring for anvendelse af naturlig ventilation elimineret: Afgasning fra byggematerialer og inventar.

Med udgangspunkt i naturlig ventilation og vedligeholdelsesminimerende økologiske materialer, konstruktioner og inventar var det accepteret, at etableringsudgiften kunne overskride standard byggeri, i og med at totaløkonomien, herunder udgifter til drift og vedligehold, vil være lavere.

Den økologiske skolebygning set fra sydvest. Sdr. Vang Skole, Kolding.

Materialer og indeklima

En af de største barrierer ved analyse og valg af økologiske materialer er manglende dokumentation og klassificering af produkterne. Alternative materialer er i vid udstrækning orienteret mod private husholdninger. Således blev manglende dokumentation af styrke, kravet om moderne byggeproces med tidsfrister og garanti for slidstyrke medvirkende til fravalget af materialer og konstruktioner - som f.eks. ubrændte lersten.

Ved at anse hele bygningen som medvirkende element for opnåelse af optimalt indeklima rejstes yderligere krav, der var med til indsnævring af valgmulighederne.

Af hensyn til bygningens funktion i optimering af indeklimaet ved muligheden for akkumulering af fugt og varme blev træhusbyggeri fravalgt til fordel for tungt byggeri. Røde teglsten fra teglværk med mindst miljøbelastning fra produktionen blev valgt.

Af hensyn til minimering af støv fra materialer, bevarelse af diffusionsåbenhed, opnåelse af lyse lokaler og reduceret vedligehold skulle indvendige overflader overfladebehandles. Optimalt set er diffusionsåbne, miljørigtige materialer ikke vedligeholdelsesvenlige hvorfor det blev valgt, at behandle vægoverflader indenfor nåhøjde (ca. 180 cm) med rengørings- og vedligeholdelsesvenlige materialer medens overvægge behandlede med diffusionsåbne materialer.

Naturlig ventilation og indeklima

Ved at anvende miljørigtige hhv. økologiske materialer åbnes som ovenfor nævnt muligheden for naturlig ventilation. Ulempen ved naturlig ventilation er svingende luftskifte, i vinterperioden træk og varmespild.

Ved valg af afgasningsfri materialer ansås kravet til luftskiftet at være så meget mindre, at det var muligt seriøst at etablere et indeklimamæssigt godt ventilationsprincip. Kravet om det store konstante luftskifte kunne derfor bearbejdes.

Det blev som udgangspunkt besluttet at anvende årstidstilpasset ventilationsprincip. Målet er her at opnå en RF % indendørs på mellem 40 og 60%. Om vinteren kan den kolde udeluft medføre meget lav RF-% indendørs. Der er i klasseværelser påvist RF % på ned til 10 - 15% ved indendørstemperaturer på ca. 24 gr. C.

Ved årstidstilpasset naturlig ventilation reduceres luftskiftet således RF % bibeholdes på det ønskede niveau. Derved opnås dels et bedre indeklima, men også en betydelig reduktion af varmetabet.

Løsningen på trækproblemet om vinteren blev at luften passerer gennem en ventilationskælder, hvor luften forvarmes via den jordbetingede temperatur i kælderen.

Problemet i klasseværelser i sommerhalvåret er for høje temperaturer. Her er der i andre skoler behov for mekanisk ventilering om natten for at modvirke de høje temperaturer. Temperaturer over ca. 24 gr. C reducerer indlæringssevnen og kan medføre fysiske gener.

I ventilationsprincippet i Sdr. Vang Skolen anvendes ventilationskælderen til at afkøle luften.

Ventilationsprincippet er således dobbeltvirkende: Varmer frisk luft om vinteren og køler frisk luft om sommeren.

På projektet ved Sdr. Vang Skolen styres ventilationen af brugerne. I hvert klasseværelse styres individuelle spjæld i ventilationsskorstenene. Ved ønsket om større luftskifte kan dette suppleres med åbning af yderdøre og -vinduer og højtstående vinduer.

Økologisk byggeri, indeklima og brugere

Et væsentligt element i projektet var inddragelse af brugerne.

Målet hermed var at finde løsninger, der ville kunne anvendes i det daglige, øge brugernes bevidsthed om bygningen (gøre den til deres) og lægge grunden for at opnå en adfærd, der harmonerer med naturligt ventileret, økologisk byggeri.

Rengøringen er således særskilt for bygningen og følger ikke Kolding Kommunes produktvalg for rengøring. Endvidere skal brugerne skifte fodtøj, således rengøring minimeres og tilførselen af støv reduceres.

Modsat mekanisk ventilerede bygninger er brugerne her stærkt involverede i, at etablere et for dem behageligt indeklima. De vælger selv graden af udluftning via regulering af spjældene i skorstenene.

At brugerne således selv styrer deres bygning - at de må tage særlige forholdsregler for anvendelsen af bygningen - har medført en meget større tilknytning til byggeriet, der i sidste ende forventes modsvaret af væsentlige færre hærværksproblemer.

Naturligt ventileret, økologisk byggeri og økonomi

Fremover forventes med baggrund i erfaringerne fra Sdr. Vang projektet at lignende bygninger kan etableres for stort set samme m²-pris som traditionelt byggeri.

Med udgangspunkt i brugerdeltagelse, naturlig ventilation, høj levetid og minimerede vedligeholdelsesudgifter anses de årlige drifts- og vedligeholdelsesudgifter at være halveret. Det estimerede energi- og vandforbrug er således ca. 43.000,- kr. eller ca. 40 % af tilsvarende traditionelt byggeri af samme areal på 875m².

Værdien af godt arbejdsmiljø, brugeransvar og minimering af allergener kan ikke kapitaliseres, men vil være væsentlige emner i kommende byggerier, hvor erfaringerne fra projektet fra Sdr. Vang Skole vil blive anvendt.

Summary and conclusions

The aim of the project presented in this report is to construct a public building with low environmental impact, based on ecological materials and optimised indoor climate.

By choosing ecological indoor environment-friendly materials, a substantial obstacle to the application of the natural ventilation principle was eliminated: The emission of gases from building materials and furniture.

As a pilot project including new features, among others an advanced natural ventilation principle, the use of maintenance reducing ecological materials, constructions and furniture, it was accepted that the costs might exceed the costs normally accepted for traditional buildings, because the overall economic requirements, including expenses for maintenance and running, are expected to be lower.

Materials and indoor climate

One of the major barriers to thorough analyses and choice of ecological materials is the lack of documentation and classification of the ecological products. Alternative materials are to a great extent targeted towards private households. Thus, the lack of documentation of strength, the demand for an up-to-date building process with time limits and guarantees, contributed to the rejection of materials and constructions - as was for example the case with unburned clay tiles.

By regarding the whole building as a contributing element in the realisation of the optimal indoor environment, additional requirements were made, which caused further restrictions of possible solutions.

One example of these considerations is the accumulation of heat and vapour: Because of the function of the building in the optimisation of the indoor climate and the accumulation of heat and vapour, a heavy brick building was chosen, and not a wooden building; and red tiles with documented low energy use in production were used.

To minimise the release of dust from materials, maintenance of diffusion openness, light open premises and reduced maintenance, indoor surfaces had to be treated. In the end, diffusion-open ecological materials are not easy to maintain, and therefore it was decided to treat wall surfaces up to the height of reach of children with cleaning and maintenance friendly paints, while wall sections above that height were treated with diffusion- open paint.

Natural ventilation and indoor climate

The use of indoor environment-friendly and ecological building materials opened up the possibility of natural ventilation.

The disadvantages of natural ventilation are unstable rates of air exchange, and, during the winter, draft and heat loss.

By using emission-free materials the air exchange rate requirements were considered less important, and it was therefore possible to establish a natural ventilation principle allowing for a good indoor climate.

It was decided to use the principle of seasonally adapted ventilation., aiming to keep RH percentages between 40 and 60%. In winter the cold air can cause very low RH percentages indoors. In classrooms RH percentages of 10 - 15 % have been recorded at indoor temperatures of 24 - 25 degree Celsius.

By using the seasonally adapted ventilation principle, the air exchange is reduced, thus maintaining the RH at the level intended, and, thus, improving the indoor climate reducing the loss of heat.

The solution to the problems of draft during the winter was found by leading the fresh air through a "ventilation basement", where the air is preheated by the higher temperature of the surrounding grounds.

In classrooms the problem can be too high temperatures during the summer. In other schools it is necessary to ventilate the buildings by night by mechanical ventilation systems, in order to reduce the high indoor temperatures reached during the day. Temperatures above 24 degrees Celsius reduce the learning capacity of the children and may also cause physical nuisances.

In the natural ventilation principle of Sdr Vang School, the ventilation basement is used for cooling the fresh air in summer.

Thus, the seasonally adapted natural ventilation principle developed, serves to aims: To preheat the fresh air in the winter and to cool the fresh air in the summer.

In this building, the ventilation is controlled by the users (except CMS-control in bad weather and outside school opening hours). Each classroom is fitted with control panels, allowing control of individual dampers in the stacks. If needed, the air exchange can be supplemented by opening of doors and windows in the classrooms, and by windows placed high up on the walls of common areas.

Ecological building, indoor climate and users

A substantial element in the project was the involvement of the users, opening up ideas and solutions that could be used in every day life, improve the users' consciousness of the building ("make it theirs"), and create the basis for behaviour that goes along with a naturally ventilated ecological building. For instance the users must change footwear when entering the building, in order to minimise cleaning and reduce the amount of dust.

As opposed to mechanically ventilated buildings, the users in the Sdr. Vang project are strongly involved in establishing a comfortable indoor climate for themselves, and they are able to regulate ventilation air by regulating the dampers in the stacks.

The great user involvement in the control and use of their building has given them a much greater feeling of ownership to the building, which in the end is expected to be reflected in much less vandalism.

Naturally ventilated, ecological building and economic aspects

On the basis of the experiences from the Sdr. Vang project, it is expected that in the future, similar buildings can be built largely at the same m²-prices as traditional buildings.

In the light of the user involvement, the natural ventilation principle, the long life span and the minimised maintenance costs, the annual maintenance and running expenses are expected to be substantially reduced. The estimated costs of energy and water is, thus DKK 43,000 (approx. Euro 5,760), corresponding to about 40% of the costs of traditional buildings of the same surface area of 875 m².

The value of a good working climate, user responsibility and minimisation of allergens, cannot be capitalised, but will be important elements in future projects based on the experience gained in this project.

1 Indledning

Nærværende rapport beskriver forsøgsprojektet LivCasA : "Økologiske konstruktioner og materialer, der danner basis for naturlig ventilation i forbindelse med opførelse af et skole-SFO-byggeri" Projektet er støttet af Miljøministeriet og By – og Boligministeriet under Den Økologiske Handlingsplan.

Projektet blev opdelt i tre faser: analysefase, projekteringsfase og byggefase. Ved afslutning af analysefasen blev der udarbejdet en rapport. Det anbefales at læse rapporten i forbindelse med nærværende rapport. (Se Bilag B).

I projekteringsfasen blev der truffet beslutninger i overensstemmelse med de beslutninger, der blev truffet i analysefasen. De konkrete valg af materialer og konstruktioner er beskrevet i byggesagsbeskrivelsen. Overvejelserne i forbindelse med de konkrete valg fremgår ikke af byggesagsbeskrivelsen. De er kort refereret i denne rapport.

Da valg og beslutninger blev foretaget i forhold til det konkrete byggeri, kan løsninger ikke betragtes som en facitliste, der kan anvendes i andre forhold. Det kan alene tjene som inspiration til, hvordan valg af materialer og konstruktioner kan træffes, når miljø, indeklime og naturlig ventilation er prioriteret højt. Det er blandt de vigtigste erfaringer fra projektet. Rapporten er opbygget med en række delkonklusioner og en hovedkonklusion.

1.1 Baggrund for projektet

Flere forhold gjorde sig gældende for skole / børneinstitutionsbyggeri:

- Halvdelen af de danske skoler havde et meget dårligt indeklime og stod foran renovering.
- En stigende del af den danske befolkning havde allergi – og tallet var stigende.
- Byggeriet havde stort medansvar for det samlede ressourceforbrug (50%).
- Skolesektoren var i en spændende udvikling med nye krav.

Skoler – og børneinstitutioner havde stor påvirkningskraft på fremtidige generationers adfærd – herunder anvendelse af ressourcer.

Der var derfor god grund til at udvikle en skole / børneinstitution, der ville være mere holdbar, mindre ressourcekrævende og meget sundere. Det var også vigtigt, at byggeriet omfattede pædagogiske elementer, der kunne vise økologiske og miljømæssige.

1.2 Formål

Det er projektets mål at dokumentere et positivt samspil mellem indeklime, drift og vedligehold som følge af et positivt samspil mellem konsekvent valg af økologiske byggematerialer og konstruktioner. Et væsentligt formål er endvidere at fremvise et byggeri med naturlig ventilation.

LivCasA (LCA-livscyklushuset) var en helt ny skolemodel, hvor der skulle tænkes i helheder, således at konsekvent valgte økologiske byggematerialer og konstruktioner kunne gøre det muligt at konstruere en skole med følgende kvaliteter:

- Naturlig ventilation
- Høj kvalitet
- Lang holdbarhed
- Sundt indeklima
- Lav miljøbelastning
- Lave vedligeholdelsesudgifter
- Dokumenterede byggematerialer
- Lave driftsudgifter

Skolen måtte herudover gerne være et pædagogisk eksperimentarium for børn, lærere og forældre, der kan vise de økologiske sammenhænge OG give mulighed for spændende eksperimenter.

Projektet, der var det første af sin art i Danmark, tog udgangspunkt i et konkret byggeri – en ny afdeling af Sdr. Vang. Skolen i Kolding, der skulle realiseres. Byggeriet blev baseret på nytænkning og den viden, der var kendt på det pågældende tidspunkt.

2 Organisering af projektet

Da projektet omfatter såvel forsøg som realisering af et byggeri, blev der dels oprettet en række funktioner og arbejdsgrupper, der traditionelt knytter sig til et skole-SFObyggeri, dels funktioner og grupper, der varetog forsøgsdelen og endelig grupper, der varetog såvel byggeri som forsøgsdelen. Det gav sammenlagt en meget stor forgrenet organisation. For at opnå kontinuitet blev der lagt vægt på koordinering, så der var konsensus i og mellem de forskellige grupper. Dette var ikke mindst væsentligt, da brugernes holdninger og ønsker var særdeles væsentlige for at sikre lang holdbarhed, lave driftsomkostninger og den deraf følgende lav miljøbelastning fremover. De deltagende parter fremgår af Bilag A.

2.1 Bygherre - tilskudsmodtager

Skoleforvaltningen, Kolding Kommune var bygherre for forsøgsbyggeriet og tilskudsmodtager. Kolding Kommune var endvidere repræsenteret ved bygningsafdelingen, der forestod byggeriet samt byggesagsafdelingen, der forestod myndighedsbehandling.

Kolding Kommune udpegede Sdr. Vang skolen som forsøgssted i forbindelse med skolens udvidelse med 860 m² til indskoling og SFO. Skolen er karakteriseret ved en meget aktiv lærer- og personalegruppe samt bestyrelse. Skolen har i flere år haft grønt flag for deres miljøindsats.

2.2 Projektleder

Projektet blev i analysefasen og projekteringsfasen ledet af projektlederen, Aase Gilling. Arbejdet omfattede blandt andet analyser, miljøvurderinger, udarbejdelse af rapport samt koordinering af arbejdet med de forskellige grupper. Den iterative proces var særdeles interessant. Projektlederen anvendte forskellige rådgivere i forbindelse med forsøget. Projektlederens arbejdsområde ændrede sig i byggefasen – se senere.

2.3 Byggestyregruppe

Byggestyregruppen bestod af repræsentanter fra skolens ledelse, lærergruppen, pædagoggruppen, teknisk personale, Kolding Kommunes bygningsafdeling, Kolding Kommunes skoleforvaltning samt rådgivere og projektleder. Byggestyregruppen fastlagde og eller accepterede byggeriets funktioner og udseende. Byggestyregruppen var tilknyttet projektet i hele perioden.

2.4 Sverigesgruppen

Sverigesgruppen var en udvidet byggestyregruppe, idet også medlemmer fra lærerforeningen i Kolding og BUPL i Kolding deltog. Endvidere deltog repræsentanter fra byggesagsafdelingen. Gruppen blev etableret for at sikre organisationernes (Lærerforeningen og BUPL) inddragelse og accept af

projektet. Det samme gjorde sig gældende for byggesagsafdelingen, der skulle bevillige dispensation vedrørende naturlig ventilation. Sverigsgruppens indstilling til projektet var afgørende for, om projektet kunne realiseres.

2.5 Arbejdsgruppe

En gruppe medarbejdere fra skolen udarbejdede brugervejledning. Skolen ville hermed sikre, at lærergruppen, forældregruppen samt kommende brugere var og bliver indstillet på byggeriet og de krav, der er i den forbindelse, så der også på længere sigt opnås lav miljøbelastning.

2.6 Følgegruppe

Forsøgsdelen blev fulgt af en følgegruppe nedsat af By- og Boligministeriet og Miljø- og Energiministeriet. Følgegruppen fulgte selve forsøget og var projektlederens rådgivningsgruppe. De to ministerier kunne følge projektet som medlem af og formand for følgegruppen.

2.7 Håndværkere

I slutfasen af projekteringen blev en række håndværkere inddraget. Det gav spændende løsninger, hvor gamle håndværksmæssige traditioner blev genoplivet for at undgå for eksempel bly. Håndværkerne fik ved samme lejlighed indsigt i og forståelse for projektets målsætning og ide. Det var væsentligt for at sikre, at byggeriet blev realiseret som forudsat og for at forhindre, at "plejer" fik overtag på byggepladsen. Det var ønsket, at håndværkerne ville standse op, når de normalt ville anvende lim, fugemasse etc. og så finde alternative løsninger.

2.8 Leverandører

Leverandørerne blev inddraget aktivt dels for at bidrage med miljødata og dels for at gennemgå holdbarhed og vedligeholdelsesomkostninger.

2.9 Ændring af organisationen

Da projekteringen var tilendebragt og byggeriet prissat, ønskede Kolding Kommune besparelser. Det gav anledning til en række sonderinger. Resultatet blev, at bygherren og de to ministerier sammen fandt de fornødne midler, så forsøgsbyggeriet kunne realiseres. Bygherren valgte at udføre byggeriet i fagentreprise med tilsynsførende rådgivere. Organisationen blev hermed ændret til en mere traditionel byggesagsorganisation.

Den iterative proces for beslutninger, mange aktører og mange nye arbejdsrutiner og viden var mindre egnet til en traditionel byggesagsorganisation. Det betød, at nogle af deltagerne undertiden "faldt tilbage" til traditionelle og rutineprægede beslutninger. Da projektlederens rolle samtidig ændrede karakter til tilsyn og rådgivning, blev miljøforhold mere vanskelige at fastholde og inddrage. Ved projektopfølgning lykkedes det at få hovedparten af uafklarede forhold omkring miljø afklaret. I forbindelse med opfølgningen blev der udarbejdet miljørapporter, der tilgik bygherren.

2.10 Delkonklusion – organisation

Organisationsformen er meget vigtig for processen og det endelige resultat. Projektet viste, at det optimale er en projektorganisation, der er opbygget, så de involverede konstant er bevidste om, at der er tale om beslutninger og beslutningsveje, der adskiller sig fra, hvad man normalt gør i forbindelse med byggeri. Det er meget væsentligt, at der tidligt i processen er konsensus om mål og midler.

Forsøget viste, at der skal udvises omhu med udvælgelse af de deltagende personer. Det stiller særlige krav til aktørerne, når der arbejdes med ny viden, en stor organisation og nye arbejdsmetoder som eksempelvis den iterative arbejdsproces.

Følgegruppen var givende for projektledelsen med konstruktive løsninger, ligesom følgegruppen bidrog til gode diskussioner. Diskussionen af analyserapporten og hermed fastlæggelse af mål og midler for projektet var særdeles gavnlig.

3 Information

Information har været et centralt indsatsområde i hele projektforsløbet. Brugere er dels informeret og dels instrueret. Det er sket med møder, skriftligt materiale og studieture. Den største miljømæssige gevinst i forbindelse med et byggeri er lang levetid og lave vedligeholdelsesomkostninger. Når et byggeri er udformet optimalt i forhold til anvendelsen, er der dels mindre tilbøjelighed til, at brugere ændrer byggeriet med det deraf følgende ressourcspild, og dels vil driften være mindst muligt som følge af, at materialer er valgt i overensstemmelse med anvendelsen og brugere aktivt ændrer adfærd. Information har også været væsentlig i forhold til bygherre og myndigheder. Sidstnævnte skulle give dispensation for bygningsreglementet som følge af naturlig ventilation.

Information var afgørende for de implicerede rådgivere og håndværkere, så byggeriet blev realiseret i overensstemmelse med forsøgets intentioner. Det var endvidere væsentlig for at få så mange ideer ind i projektet som muligt. Fagorganisationerne blev løbende orienteret. Det er sket af hensyn til arbejdsmiljøet for de ansatte. Det var især væsentligt, da der skulle gives dispensation for lovkravene vedrørende ventilation.

Herudover har der løbende været henvendelser fra rådgivere, forældre, skoler, kommuner etc., der har ønsket at få gode råd til at bygge tilsvarende byggerier. Ideer og tanker i projektet er implementeret mange steder. Kolding Kommune har i flere byggerier overført ideer fra nærværende projekt til andre byggerier.

To gange er der informeret om projektet på konferencer afholdt af By – og Boligministeriet og Miljøministeriet- og Energiministeriet. Der er skrevet artikler i dagblade, og byggeriet er fremvist for besøgende.

Af informationsaktiviteter i øvrigt kan nævnes:

- By – og Boligministeriets hjemmeside.
- Dansk Center for Byøkologi – hjemmeside.
- Undervisningsvideo – DR Undervisning. Er vist 5 gange i landsdækkende TV og distribueres via amtscentraler til skoler.
- Artikler i tidsskrift om arbejdsmiljø.
- Lærerforeningens medlemsblad.
- Konference afholdt af Kolding Kommune for nærliggende kommuner og entreprenører.
- Skolens information om byggeriet
- Konference for byggeriets parter.

3.1 Delkonklusion – information

Der har såvel i projektfasen, i byggefasen som efter byggeriets færdiggørelse været en del informationsaktiviteter. Der har i hele forløbet været meget stor interesse for projektet. Det må forventes, at projektet vil tjene som referenceprojekt et stykke tid fremover og som sådan blive genstand for en del henvendelser og interesse.

4 Brugerinddragelse

Der blev lagt stor vægt på brugerinddragelse. En bygning, der opfylder brugerens ønsker og behov vil i langt mindre grad blive ændret og ombygget. Da enhver ændring og nedbrydning er ledsaget af miljøbelastninger, er det væsentligt at inddrage denne parameter i et byggeri.

Brugerens forståelse af bygningen var vigtig. Bygningen skulle styres manuelt for at delagtiggøre brugerne i deres forbrug. Det forudsatte, at brugerne havde kendskab til bygningens funktion.

Der blev lagt stor vægt på indeklimaet. Indeklimaet kan i brugsfasen ændres fundamentalt, hvis brugerne møblerer med inventar, der kan afgive dampe og partikler, hvis der anvendes kemiske stoffer til rengøring, hvis brugerne ved maling af vægge anvender den "normale" plastmaling etc. Det blev aftalt, at børn og voksne skal skifte fodtøj, når de går ind i bygningen. Herved reduceres støv og skidtmængden betydeligt. Endvidere vil det reducere støjniveauet og nedsætte vedligeholdelsesomkostningerne. Endelig er det et synligt tegn og god signalværdi, når børn og voksne går ind i bygningen, at her er der andre og særlige regler.

Bygningen blev konstrueret, så den kan indgå som et pædagogisk element i børn og voksnes hverdag. For at sikre, at kommende brugere også har forståelsen for, hvorfor bygningen er, som den er og hvordan samspil mellem mennesker og bygning er tænkt, har personalet udarbejdet en brugervejledning for bygningen.

Projektlederen har afholdt separate møder med skolens personale omkring eksempler og muligheder for lejrskoler, øvelser i natur-teknik, gør-det-selv modeller og andre pædagogiske tiltage med elementer af miljø og økologi, der kunne fremme forståelsen for miljø og økologi som helhed.

4.1 Delkonklusion brugerinddragelse

Brugerne blev inddraget aktivt i hele processen ved møder, instruktioner, studieture og udleveret materiale – se også afsnit om information. Det var en meget konstruktiv og positiv proces. Brugerne indkøbte selv inventar, hvor de stillede miljømæssige krav til leverandørerne.

5 Processen

Forsøget var i tre faser: analysefasen, projekteringsfasen og byggefasen. Der er lagt vægt på analyser, forundersøgelser og beskrivelser tidligt i processen. En del af denne proces er beskrevet i analyserapporten. Det skal bemærkes, at denne blev udarbejdet forud for byggeprogrammet, samt at den skal ses i sammenhæng med de møder, studieture og notater, der blev foretaget og udarbejdet.

De endelige valg er beskrevet i byggesagsbeskrivelsen.

Hvad angår økologien blev der truffet beslutning om, at den væsentligste egenskab ved et materiale var, at det til den valgte anvendelse havde lang levetid og få drifts- og vedligeholdelsesomkostninger. Herudover skulle et givet materiales specifikke miljødata (fremstilling, transport etc.) vurderes. Projektet gav ikke mulighed for totalvurderinger. Som følge heraf blev de største materialegrupper udvalgt til nærmere analyser.

Den konkrete miljøvurdering viste sig meget vanskelig. En række og organisationer blev kontaktet. Resultatet heraf kan kort summeres som følger: De fleste miljødata på materialer var rettet mod privat anvendelse. Grøn Information og Astma - Allergiforbundet var eksempler på, at data primært var rettet mod den private husholdning og privatboliger. Astma - Allergiforbundet havde ikke miljødata men udelukkende data på allergener (allergifremkaldende stoffer).

Indeklimamærkningen omfattede udelukkende mængde og type af partikler og stoffer, der blev afgivet til luften efter installationen. Der var ingen miljødokumentation og data på, hvordan materialet ville reagere i forbindelse med rengøring, vedligehold eller nedbrydning.

Flere producenter, der havde svanemærke eller tilsvarende, havde det på gængse produkter og ikke på specialprodukter. Eksempelvis var der ikke svanemærkede indvendige døre, der kunne opfylde de lyd- og brandkrav, der var stillet til skole- og institutionsbyggeri.

5.1 Delkonklusion processen

Alternative materialer var som regel til den private husholdning.

Dokumentation og erfaringsgrundlaget var ofte meget spinkelt. Det var mere reglen end undtagelsen, at et givet materiale ikke kunne overholde gældende normer og standarder til skole og institutionsområdet. Svag logistik og få udbydere gjorde det yderligere svært at finde miljødokumenterede materialer til byggeriet.

Selve arbejdsprocessen stillede store krav til de implicerede deltagere. Det var nødvendigt at arbejde iterativt. Se analyserapporten Bilag B.

5.2 Ved igangsætning af projektet var følgende forhold gældende

Projektet var fra begyndelsen nytænkende på en række væsentlige områder. Naturlig ventilation var et meget nyt begreb. Skole og – institutionsbyggeri stillede særlige og skærpede krav til byggeriet. Det gjaldt ikke mindst ventilationsdelen. Projektet var nyt for alle involverede parter, hvilket har kompliceret projektet.

Følgende forhold var gældende, da projektet startede op:

- Der var enkelte tiltag med naturlig ventilation, men ingen med det princip, der blev valgt som udgangspunkt for dette forsøg
- Der var enkelte skole- og institutionsbyggerier med økologiske tiltag, men ingen, hvor miljø var tænkt konsekvent igennem.
- Lovgivningsmæssigt krævede byggeriet dispensation på ventilationsområdet.
- Anlægspris var en afgørende faktor for valg af byggeri.

6 Forudsætninger og bindinger

Da forsøget skulle resultere i et konkret byggeri, var det vigtigt at klarlægge forhold, der havde indflydelse for det færdige byggeri.

Der var fire væsentlige forudsætninger og bindinger, der fik afgørende betydning for det endelige byggeri:

6.1 Byggegrunden:

Placeringen var vanskelig. Der var tale om en tilbygning med forbindelse til den eksisterende bygning. Bygningen var placeret i skolegården. Grunden var kantet, lille og med stærkt skrånende terræn til naboer. Den ønskede bygning var reelt for stor til den lille kantede grund, der begrænsedes af den eksisterende bygning på en side, skrånninger på to sider og skolegården på den fjerde side.

6.2 Anvendelse af byggeriet:

Bygningen skulle anvendes til indskoling, hvilket vil sige til børnehaveklasse, 1., 2. og 3. klasse samt pasning af eleverne før og efter skoletiden.

Hermed fulgte en række krav til bygningens funktion og sikkerhed. Flugtveje, brandsikkerhed og støjdemping var blot nogle af de krav, der var ufravigelige.

Anvendelse af naturlig ventilation:

Den valgte naturlige ventilation stillede store krav til bygningens form og valg af materialer.

6.3 Brugernes ønsker:

Brugerne blev aktivt inddraget i processen, så deres ønsker kunne imødekommes.

6.4 Delkonklusion på valg af materialer

Grundens udseende, størrelse og placering blev i kombination med anvendelsen af bygningen, brugernes ønsker samt valg af naturlig ventilation fastlagde hovedtrækkene for byggeriets konstruktioner og materialevalg.

7 Eksempler på valg af materialer

Dette afsnit er en direkte opfølgning på beslutninger og overvejelser i analyserapporten.

Tidligt i processen fremgik det, at et væsentligt materiale skulle være sten som følge af, at naturlig ventilation stillede krav til regulering af fugt og varme i det enkelte lokale. akkumuleres, udlignes og reguleres i de enkelte rum. Sten opfyldte kravene.

Valget stod mellem tre typer sten, nemlig genbrugsmursten, lerjordsten og mursten. Sidstnævnte kunne være brændte eller ubrændte.

7.1 Genbrugssten

Signalværdien var god. Miljø kan næppe signaleres mere tydeligt end ved at genanvende materialer frem for kassation.

Der var en række ulemper ved genbrugssten. Blandt andet kan nævnes, at lerjordssten kun var egnet til bagmur og indendørs, de var svære at skaffe, logistikken var usikker (det var uvist, hvornår, hvor mange og om, der kunne komme leverancer samt til hvilken pris). Endelig var afrensningsprocessen belastende for såvel miljø som arbejdsmiljø.

Da ulemperne overgik fordelene, blev genbrugsmursten fravalgt.

7.2 Lerjordsblokke

Lerjordsblokke gav god signalværdi, lav belastning af miljøet, og produktion og anvendelse kunne ske på samme sted.

Blandt ulemperne til nærværende byggeri kan nævnes, at styrke kun var 30 % af traditionelle sten, lydforholdene var ukendte og, at de kunne ikke overholde gældende normer og standarder til skole og institutionsområdet. Endvidere var der en række forhold som, at anvendelse primært var til indvendigt brug som følge af sårbarhed overfor fugt og, at hård belastning som for eksempel børns leg ville bevirke støvafgivelse, der gjorde lerjordsblokke mindre attraktive i det pågældende projekt. Da lerjordsblokke fylder noget mere end traditionelle sten, ville det give en reduktion af nettoarealet. Det viste sig endvidere, at der skal arbejdes med andre kræfter end ved traditionelle sten.

Endelig kan nævnes, at det stiller særlige krav til opmuring og produktion, at kanter og andre udsatte steder i bygningen skulle forstærkes med andet materiale, at lokal produktion var umulig og logistikken var meget vanskelig at indpasse i en fastlagt tidsplan med afhængighed til andre aktører i et byggeri ville være dagbodsanktioner.

For at afklare forholdene var der en del kontakter til producenter af lerjordsblokke. Byggeriet skulle opføres i bymæssig bebyggelse med meget snævre adgangsforhold. Der var ikke mulighed for lokal produktion, og bygherren havde ikke mulighed for at skaffe jord og faciliteter til tørring af

blokkene. Der viste sig en mulighed for at transportere jord fra Fyn til Århus, hvor produktion kunne foregå.

Leverandøren var lidt forskrækket over tidsfristerne med dagbodsanktioner – samt størrelsen af byggeriet.

Der blev indhentet data på lerjordsblokkene, så disse kunne indarbejdes konservativt i bygningen. I den forbindelse viste der sig flere problemer. Blandt andet kan nævnes, at bygningen ville blive nogle kvadratmetre mindre. Det var et reelt problem, da der i forvejen var for lidt plads på byggegrunden. Lerjordsblokkene havde ikke den fornødne styrke. Det kunne i en vis udstrækning løses ved at ændre konstruktionerne og indsætte forstærkninger. Det ville imidlertid betyde, at beslutningen om, at et materiale skulle besidde de ønskede og nødvendige egenskaberne selv og ikke ved "lag på lag" løsninger, skulle tilsidesættes.

Børns leg er ensbetydende med hårdt slid. Slid kan betyde øget støvafgivelse. Det var en forudsætning, at der var ren luft i bygningen. Lerjordsblokke var ikke optimalt robuste i denne sammenhæng. Det var muligt at forstærke lerjordsblokkene ved at tilsætte stabiliserende stoffer. Det blev endvidere tilrådet at forstærke alle kanter med lister – "lag på lag" - løsning.

Som det fremgår, viste der sig en række problemstillinger, der kun delvist kunne løses. Det udslagsgivende var imidlertid, at der ikke forelå støjmålinger. Det var et ufravigeligt krav fra brugerne, at byggeriet havde en støjdæmpning minimum i overensstemmelse med lovgivningen herom. Dokumentation desangående kunne ikke fremskaffes.

Hermed stod det klart, at lerjordsblokke kun i begrænset omfang var egnet til generel anvendelse. Derimod blev enkelte egnede områder i byggeriet udvalgt.

Da malerbehandlingen var valgt, viste den iterative proces sin styrke. De vægge, der skulle opmures med lerjordsblokke, var væggene til toiletrum og vådrum. Det var vægflader, hvor malingstypen skulle have vandafvisende karakter og således være mindre diffusionsåben. Det var ikke foreneligt med lerjordsblokke, der helst skal have diffusionsåben overfladebehandling.

Som det fremgår, blev lerjordsblokke i nærværende byggeri enten fravalgt som følge af manglende dokumentation og statik eller som følge af overfladebehandling eller fugtrisiko.

7.3 Tegl

Ulemperne ved tegl var miljøbelastningen.

Af fordele kan blandt andet nævnes, at statikken var kendt og at dokumentation var i overensstemmelse med gældende normer og standarder.

Der blev indhentet oplysninger fra Miljøstyrelsen (LCA-rapport), Teglværksbranchens organisation, Murværkscenteret samt producenterne af tegl. Resultatet kan kort summeres således:

Den samlede miljøbelastning kom fra opvarmning, el, fluorid og CO₂. Transporten bidrog minimalt, hvorfor teglværkets beliggenhed var af mindre

betydning. Der blev anvendt forskellige energiformer såsom naturgas, fuelolie og kul. Naturgas blev prioriteret.

Halvdelen af energien blev anvendt til tørring og halvdelen til brænding. Det var således muligt at halvere energiforbruget og miljøbelastningen ved at anvende ubrændte sten. Enkelte teglværker kunne levere ubrændte sten. Styrken var mindre end ved brændte sten. Ubrændte sten overholdt ikke gældende normer og standarder.

Nærmere analyser viste, at der blev anvendt 13% mere energi ved fremstilling af gule sten end røde sten samt, at der var op til 87% forskel i energiforbrug på samme type sten fra teglværk til teglværk.

Emissionerne var fluorid og CO₂. Røde og gule sten afgav samme mængde fluorid. Derimod afgav gule sten 40% mere CO₂ end røde sten.

7.4 Sammenligning af energiforbrug på lerjordsblokke og de valgte sten

Der blev foretaget følgende regneeksempel for at sammenligne energiforbruget for lerjordsblokke og tegl.

Producent af lerjordsblokke oplyste: "200 lerjordsblokke koster 1 liter dieselolie (fra komprimeringsprocessen) svarende til 100- 200 gange lavere forbrug end mursten " .

Murværkscenteret oplyste: " 7 sten koster 1 liter olie. Det gav en faktor 28 og ikke 100-200."

7.5 Valg af mursten

Røde sten havde lavere miljøbelastning end gule sten. Røde sten produceret på teglværk med lavt naturgasforbrug belastede miljøet mindre end ubrændte sten fra et tilfældigt teglværk. Det optimale valg var ubrændte sten fra et værk med lavt energiforbrug. Netop dette teglværk ønskede af arbejdsmiljømæssige årsager ikke at levere ubrændte sten. Udfra en samlet vurdering af fordele og ulemper og en samlet vurdering af miljøbelastningen i såvel anlægs som driftsfasen, blev det besluttet at anvende brændte sten fra det teglværk, der anvendte mindst energi til forarbejdning. Teglværket havde udarbejdet en miljørapport, der dokumenterede miljøledelsen på værket.

7.6 Træ

Projektet var fra begyndelsen tænkt som et træbyggeri med en bred vifte af forskellige danske træsorter udvalgt under hensyntagen til konstruktiv beskyttelse og de enkelte træsorters egenskaber. Da krav og forudsætninger for byggeriet var beskrevet, blev det klart, at træ ikke kunne opfylde kravene til fugt - og varmeregulering. Træ kom som følge heraf til at udgøre en mindre andel af byggeriet end forventet.

Følgende krav og forudsætninger blev opstillet for anvendelse af træ:

Ubehandlet og ulimet træ skulle foretrækkes. Finer og lignende produkter skulle undgås. Limtræ kunne anvendes, hvor fuldtømmer ikke var tilstrækkelig til at opfylde kravene til styrke. Konstruktiv beskyttelse var et must. Trægulve kunne anvendes i grupperum, hvor vand og jord ikke forekom. Træ på facader er beskrevet nedenfor.

7.7 Facader

Det var ønsket at anvende træ. Træ stillede krav til konstruktiv beskyttelse. Da en stor del af facaderne var tæt på jord eller børns hårde leg, faldt valget på sten på disse områder og træ på mindre belastede områder. De røde sten matchede endvidere den eksisterende skolebygning fint.

7.8 Overfladebehandling

Tegl krævede ikke overfladebehandling, men en lys overflade ville kunne reducere elforbrug og øge velværet i bygningen. Det var en forudsætning, at overfladebehandlingen kunne bevare stenens fugtregulerende egenskaber samt, at såvel vedligeholdelsesfaktoren som miljøet blev tilgodeset.

Ved gennemgang af forskellige malingstyper blev det klart, at en hygroskopisk miljømaling var meget sart i forbindelse med børns leg. Initialt blev det besluttet, at drift - og vedligehold skulle være minimal samt holdbarheden optimal. Det blev derfor besluttet at anvende en mere robust maling i fingerhøjde og den hygroskopiske mere sarte maling over fingerhøjde. Hermed blev der vist et konkret eksempel på, hvordan den optimale miljøløsning afhænger af anvendelsen.

De to malingstyper blev visuelt adskilt med en liste af ubehandlet Douglas.

Træværk skulle kun i mindre omfang overfladebehandles. Der stillede krav til konstruktiv beskyttelse og valg af træsorter til den enkelte anvendelse. Som eksempel kan nævnes, at der i stedet for malerbehandlede fyrretræslistes er valgt ubehandlede douglaslistes. Fyrretræslistes koster 4 kr. pr m douglaslistes koster 50 kr. Malerbehandling koster 30 - 40 kr. pr m. Som følge heraf, var det såvel miljømæssigt som totaløkonomisk en fordel ved at anvende douglaslistes. Merprisen var mere end indtjent ved første efterbehandling.

7.9 Delkonklusion - eksempler på arbejdsprocessen

Meget få miljøcertificerede produkter viste sig at være egnede til skolebyggeri. Det optimale miljømæssige produkt viste sig i flere tilfælde at være et andet, end det, der umiddelbart syntes mest miljørigtigt. Inddragelse af totaløkonomi og totaløkologi ændrede ofte valg af produkter. Den iterative proces viste sig ved flere lejligheder at give en anden kombination af materialer og konstruktioner, end det var ventet. Når et produkt blev ændret, kunne det udløse en lang række af ændringer for at opnå den sammenlagt optimale løsning i det enkelte lokale.

8 Miljøbesparelser og ressourcebesparelser

Ressourceforbesparelser i driftsfasen var en væsentlig parameter for den samlede miljøbelastning af byggeriet. På nuværende tidspunktet er det alene muligt at angive de estimerede værdier.

8.1 Estimeret forbrug for forsøgsbyggeriet

Varme: 69 kWh / m² / år
Vand: 0,20 m³ / m² / år
Elforbrug: 21 kWh / m² / år - heraf til belysning: 15 kWh / m² / år

8.2 Gennemsnitligt forbrug i 100 skoler

(By og BYG s rapport ” Energieffektive skoler – en forundersøgelse om opvarmning, ventilation og lyskvalitet ”):

Varmeforbruget varierer mellem 67 og 222 kWh / m² / år med et gennemsnit på 130 kWh / m² / år.

Elforbruget er mellem 7 og 60 kWh / m² / år med et gennemsnit på 23 kWh / m² / år.

Vandforbruget ligger mellem 0,11 og 0,57 m³ / m² / år med et gennemsnit på 0,26 m³ / m² / år.

8.3 Gennemsnitstal for Kolding Kommune for SFO-skolebyggeri

varme: 117,6 kWh / m² / år
vand : 0,279 m³ / m² / år
elforbrug : 32,43 kWh / m² / år.

8.4 Væsentligt lavere ressourceforbrug for forsøgsbyggeriet

Varme : 41 % lavere end gennemsnittet i Kolding og 47 % lavere end gennemsnittet i 100 skoler.

Vand : 28% lavere end gennemsnittet i Kolding og 23% lavere end gennemsnittet i 100 skoler.

El : 35% lavere end gennemsnittet i Kolding og 9 % lavere end gennemsnittet i 100 skoler.

Energipriser 2001 excl. moms : 28 øre for fjernvarme / kWh, 1,1 kr. for el / kWh, 25 kr. for vand / m³

Det estimerede forbrug for forsøgsbyggeri er kr. 42.678, hvilket er 43% lavere forbrug end for skole – og SFO-byggeri i Kolding, der for et tilsvarende areal ville anvende kr. 68.018. Sammenlignes med et tilsvarende areal på den gamles skolebygning ville forbruget være kr. 83.898. Den nye skolebygning har således kun det halve forbrug af den eksisterende bygning. Det skal bemærkes, at den gamle skole havde svømmehal.

Det kan forventes, at der kan opnås yderligere besparelser, idet der kun er indregnet 10% besparelse som følge af, at luften forvarmes. Det vil formentlig være en større besparelse. Der er regnet med et gennemsnitlig luftskifte på 1,5 l/s pr. m². Det er en meget konservativ beregning. Da der ikke tidligere er udført tilsvarende byggerier, er denne model anvendt. Ved behovstilpasset naturlig ventilation, vil dette formentlig kunne bringes til 1 l/s pr. m². Herved spares 1/3 af varmetabet. Da varmetabet ved ventilationen udgør 2/3 af det samlede varmeforbrug, er der en del varme at spare ved at behovsregulere ventilationen. Der er væsentlig forskel på det nuværende forbrug i den gamle bygning og det estimerede forbrug for forsøgsbyggeriet.

9 Brugeradfærd

Forudsættes aktiv brugerinddragelse kan forbruget reduceres med 25 % på varme, 40 % på el og 20 % på vand. Det vil på årsbasis betyde en besparelse på 13.563 kr. årligt. Ved negativ brugeradfærd kan forbruget blive væsentligt dyrere.

Da børnene vil opholde sig i forsøgsbyggeriet i de første tre år af deres skolegang, er der gode muligheder for adfærdspåvirkning, der også vil få positiv indflydelse på forbruget i den "gamle" skolebygning.

Luftstrømmene reguleres ved ventiler i luftskorstenene. Ved trykknapper kan brugerne åbne og lukke vinduerne trinvis. Åbnes ventilerne, vil det automatisk, medføre, at der kommer mere luft fra kældergangene. Det er her væsentligt, at der åbnes i forhold til vindretningen.

Det er vigtigt, at luftstrømmene reguleres denne vej og ikke gennem de almindelige vinduer og døre.

Brugerfunktionen er væsentlig for funktionen.

10 Ressourceforbrug for ventilationsdelen

Det samlede ressourceforbrug ved naturlig ventilation forventes at være noget lavere end ved mekanisk ventilation. Naturlig ventilation koster årligt 13.365kr. Mekanisk ventilation ville koste 19.801 kr. Herudover vil mekanisk ventilation give omkostninger til drift og vedligehold. Sammenlagt forventes naturlig ventilation kun at blive halv så dyr som mekanisk ventilation. Det bemærkes, at omkostningerne ved naturlig ventilation er varmetab, hvorimod der i modsætning til mekanisk ventilation stort set ikke anvendes el. Det skal bemærkes, at beregningerne for naturlig ventilation er meget konservative – se foranstående. De reelle omkostninger kan forventes lavere. Om sommeren afkøles luften ved naturlig ventilation. Det giver en betydelig komfort for brugerne. Da der ikke traditionelt anvendes aircondition, vil der ikke være tale om en ressourcebesparelse i forhold til traditionelt byggeri men alene en øget komfort.

10.1 Miljøbelastning for forsøgsbyggeriet pr. år

Med udgangspunkt i CO₂-tal fra TVIS og Trefor, kan følgende beregninger opstilles

Forsøgsbyggeri:	7.634 kg CO ₂
Gennemsnitsskole Kolding:	13.008 kg CO ₂
Gennemsnit 100 skoler, Danmark:	14.371 kg CO ₂
Forsøgsskolen – gammel bygning:	21.331 kg CO ₂

10.2 Delkonklusion - miljøbelastning

Valg af materialer og konstruktioner i projektet forventes at give en betydelig ressource- og miljøbesparelse i forhold til traditionel byggeri til skole og SFO. Da 2/3 af en bygnings samlede miljøbelastning sker i driftsfasen, er dette en særdeles vigtig miljøfaktor.

Der er endvidere draget omsorg for at anvende de mindst miljøbelastende materialer ved opførelsen. Det er ikke muligt at opsætte en samlet miljøvurdering på disse valg, da data enten ikke er tilgængelige eller ikke er sammenlignelige.

Brugeradfærd kan påvirke estimatet såvel positivt som negativt.

11 Økonomi

Nærværende forsøgsbyggeri er 20- 30 % dyrere end traditionelt byggeri. Der er imidlertid forventning om, at drift- og vedligehold kan halveres i forhold til traditionelt byggeri.

Der blev i dette projekt lagt vægt på, at byggeriet har lang holdbarhed og reduceret risiko for ændringer, ligesom tidshorizonten for renovering er forlænget.

Brugernes adfærd blev påvirket positivt for at reducere forbruget af ressourcer og reducere nedslidning. Arbejdsmiljø og lav miljøbelastning blev prioriteret højt. Det er begge forhold, der er svære at kapitalisere, om end det er velkendt, at det har en økonomisk betydning samfundsmæssigt.

Bygherren valgte i enkelte tilfælde dyrere løsninger af æstetiske årsager. Den samlede merpris er således ikke alene et udtryk for miljømæssige forhold, men en kombination af fordyrende elementer som følge af en vanskelig tilgængelig grund, æstetiske valg samt valg, der giver lavere drifts- og vedligeholdelsesomkostninger og/ eller mindre miljøbelastning.

Det er ikke muligt umiddelbart at sammenligne anlægsprisen for dette byggeri med traditionelt byggeri. En sådan model skal i givet fald inkludere totaløkonomi, totalværdi og miljøfaktorer.

En væsentlig beslutningsparameter for en bygherre for tilsvarende byggerier er udover økonomi tillige holdninger til indeklima, arbejdsmiljø, miljø og totaløkonomi.

11.1 Delkonklusion - økonomi

Et byggeri som nærværende forsøgsbyggeri, der lægger vægt på andre parametre end de traditionelle, kan ikke umiddelbart sammenlignes ud fra traditionelle økonomiske modeller. Skal økonomien sammenlignes med traditionelt byggeri, skal der inddrages beregninger for såvel totaløkonomi som totalværdi.

Bygherrens holdninger til byggeriets samspil med brugerne, arbejdsmiljø samt påvirkning af det ydre miljø er incitamenter for at vælge denne type byggeri.

12 Brugernes tilfredshed

Som anført i afsnittet om brugerinddragelse var og er brugernes rolle i projektet afgørende.

Det var desværre ikke muligt at opnå tilskud til en målefasen. Målefasen skulle udover målinger af luftkvalitet måle tilfredshed hos voksne og børn. Samtaler med børn og voksne 2 og 3 måneder efter ibrugtagning af bygningen giver meget stærke og entydige tilbagemeldinger. Nedenstående er de hyppigste udsagn:

”Luften er dejlig frisk.”

”Her er stille”.

”Lyden bliver opslugt, så man hører ikke 30 småmumlende børn, der læser”.

”Det er godt, man kun må have indesko på”.

”En arbejdsdag her er langt mindre belastende end en normal arbejdsdag”.

”Man er mindre træt og mere frisk i hovedet”.

”Der er mærkbar forskel på slimhinderne, når man skifter mellem den gamle skole og den nye skole”.

”Det er først nu, hvor man har muligheden, man rigtig mærker forskellen”.

”Her er bare dejligt”.



Figur 1. Betjening af naturlig ventilation sker manuelt af brugerne.

Betjeningen af ventilationen er enkel med tænd-sluk-knapper. Umiddelbart efter tændeknappen er aktiveret, mærkes en let sommerbrise i lokalet. Der er ikke trækgener.

12.1 Delkonklusion af brugernes tilfredshed

Det har været en meget positiv proces med brugerinddragelsen. Brugere har efter færdiggørelsen udtrykt stor tilfredshed ikke blot med processen men i høj grad med det færdige byggeri. Det lever op til, hvad de havde ønsket og håbet.

Hermed er der skabt de bedste forudsætninger for, at byggeriet fremover vil have minimal miljøbelastning. Brugere er opmærksomme på, at de kommende årgange, der skal anvende bygningen skal instrueres om anvendelse af bygningen og have information om, hvor og hvordan bygning er økologisk.

13 Naturlig ventilation i billeder



Figur 2. Luften trækkes ind via den murede skorsten



Figur 3. Fra skorstenen ledes luften ned i kældergange under bygningen



Figur 4. Luften ledes fra kældergangene ind i de enkelte lokaler gennem åbninger i væggen. Den brugte luft trækker ud gennem huller ved loftet.



Figur 5. Hvert lokale sin skorsten. Den brugte luft trækker ud gennem skorstenene.

14 Resultater

Byggeriet er færdigt og taget i brug af børn og voksne. Det er et byggeri, der såvel miljømæssigt som arbejdsmiljømæssigt er mere visionært end byggerier generelt.

Der er med projektet vist, at byggeri, der planlægges ud fra totaløkonomi og totalværdi, kan blive bedre, sundere og mere miljørigtig end traditionelt byggeri. Det kan beregnes, at drift – og vedligeholdelsesudgifterne kan halveres. Derimod kan øvrige værdier ikke kapitaliseres. Bygherren skal afsætte ca. 20% ekstra i anlægspris for byggerier med de nævnte kvaliteter. Iterative processer er afgørende for det færdige resultat. Det stiller krav til såvel den enkelte deltager som til organisationen. Projektforløbet har vist, at en traditionel organisation er mindre egnet til at gennemføre et byggeri, der stiller krav ud over, hvad man ”plejer”.

Projektforløbet har vist, det er meget væsentligt at foretage grundige analyser forud for opstart af byggeprogram og projektering.

Brugernes inddragelse og forståelse af projektet er meget væsentlig for et godt resultat.

14.1 Delkonklusion - resultater

Processen har været lang og undertiden besværlig, men det færdige byggeri lever op til de stillede mål og ønsker for byggeriet. Resultatet er meget tilfredsstillende.

15 Hovedkonklusion

Projektet er overvejende udført i overensstemmelse med forsøgsplanen.

Det var lettere end forventet at skabe motivation og interesse hos brugerne – herunder de faglige organisationer. Byggesagsafdelingen var meget positiv og engageret i processen og bevilgede dispensation for gældende regler for ventilation.

Brugerne er meget tilfredse med det færdige resultat. De oplever bygningen som en stor arbejdsmiljømessig gevinst.

Det ligger i sagens natur, at økologien for børn og voksne kan være svær at forholde sig til og mærke på egen krop i hverdagen. Det er signaler som indesko og den lette sommerbrise fra ventilationen, der minder brugerne om, at der er tale om en særlig bygning.

Den naturlige ventilation virker tilfredsstillende. Da bygningen kun har været i brug i få måneder, er det for tidligt at udtale sig om ventilationen på årsbasis. De foreløbige oplevelser giver anledning til at forvente, at ventilationen er velfungerende under alle vejrforhold.

Administrativt har projektet af forskellige årsager være mere kompliceret end forudsat. Projektperioden er forlænget med et år.

Projektet har stillet store krav til de deltagende parter indsig og viden. Der er i høj grad tale om en iterativ proces, hvor helheder skal inddrages. Det stiller krav til såvel den enkelte deltager som til organisationen. Det gav vanskeligheder specielt i byggefasen, hvor organisationen var ændret til en traditionel byggesagsorganisation.

Projektet har vist, at der er meget stor interesse miljørigtigt byggeri baseret på naturlig ventilation. Projektet har allerede været reference for andre byggerier og må forventes at være det i den kommende periode.

Det kan således konkluderes, at skole- og SFObyggeriet, der er opført i Kolding, er vellykket og målsætningerne opfyldt. Det gælder ikke mindst de indeklimamæssige parametre for børn og voksne, der er de daglige brugere af byggeriet.

Ved rapportens afslutning forelå ikke færdig vejledning til drift og vedligehold. Projektlederen har anbefalet bygherren at der lægges speciel stor vægt på angivelse af produkter til rengøring samt produkter, der skal anvendes ved reparation og vedligehold. Det gælder ikke mindst fremtidig anvendelse af malerprodukter til overfladbehandlinger.

Der er desværre ikke afsat midler til at følge byggeriet. Men et gammelt ordsprog siger, at godt begyndt er halvt fuldendt.

Deltagerliste

Udover det i afsnit "Organisation" nævnte, har følgende parter deltaget i projektet:

Forsøgsdelen:

Projektledelse og forsøgstilsyn: Aase Gilling

Anlægsvært /bygherre: Sdr. Vang Skolen i Kolding Kommune

Rådgivere :

- Søren Østergaard Jensen, Teknologisk Institut
- Erik Scheldon, SolenergiCenter Danmark
- Torkel Andersson, Klimat Teknologi AB, Gøteborg.
- Mathias Blau, Oikos, Flensborg

Følgegruppe:

- Lotte Holck Bauditz, By – og Boligministeriet
- Aase Gilling, projektleder
- Margit Vestbjerg, Kolding Kommune
- Ib Hansen, Kolding Kommune
- Erik Boye, Kolding Kommune
- Jesper Saxgreen
- Thomas Pedersen. Ålborg Universitet
- Carsten Stig, COWI
- Thøger Nis Thomsen, Københavns Kommune

Byggeriet:

- Cowi Rådgivende ingeniører A/S (ingeniør)
- Lauge Juuls Tegnestue I/S (arkitekt)
- Teknologisk Institut (rådgiver naturlig ventilation)

- Gilling A/S (tømrer- og snedkerentreprise)
- O.C. Byggeforretning A/S (beton – og murerentreprise)
- Lauritz Balle A/S (elentreprise)
- Malernes Aktieselskab (malerarbejde)
- Kaj Olsen VVS (vvs – og blikkenslagerentreprise)

Analyserapport : LivCasA

Rapport vedrørende analyser i forbindelse med valg af konstruktioner og økologiske materialer, der kan danne basis for naturlig ventilation.



Indhold

Indledning:	46
Kommissorium:.....	46
Rapporten er opdelt i to delrapporter:	47
Del 1 : Naturlig ventilation i skoler – krav og kriterier.....	47
Indeklima - kriterier	49
Uddybning	49
Temperatur.....	49
Luftfugtighed.....	50
Ventilation.....	50
Lufthastighed	51
Dagslys.....	51
Lyd	51
Naturlig ventilation	52
Afkast	52
Indtag.....	53
Styring	53
Sammenfatning	54
Del 2 :Materialer og konstruktioner.....	54
Væsentlige indsatsområder:	56
Indeklima:.....	56
Økologi / miljø:.....	56
Tilgængelighed og pris:.....	57
Lovgivning:.....	57
Brugerinddragelse:.....	58
Valg og afgrænsninger:	59
Prioritering:.....	59
Miljø:.....	59
Indeklima:.....	60
Beskrivelse af proces for udvælgelse af materialer og konstruktioner:	61
Procesforløb:.....	61
Følgende materialegrupper vurderes:.....	63
Eksempler på udvælgelse af materialer:	63
Sanitet:.....	63
Tagmaterialer :	63
Udvendig beklædning :	64
Indvendige vægge (inkl. ydermur) :	64
Vinduer:	65
Gulvblægning:.....	65
Overfladebehandling:.....	66
Isolering:.....	66
Eksempler på beslutninger og overvejelser i trin 3:	68

Eksempler på beslutninger og overvejelser om materialer :.....	77
Eksempel 1 mursten:.....	77
Eksempel 2 træ:.....	78
Eksempel 3 kemiske produkter mv.:.....	79

Indledning:

Nærværende rapport beskriver de analyser og vurderinger, der blev foretaget i begyndelsen af forsøget. Hensigten med dette arbejde var at definere og afgrænse projektet for hermed at danne beslutningsgrundlag for de involverede parter som eksempelvis brugere, bygherre, fagorganisationer, bygningsmyndighed og rådgivere.

Kommissorium:

”Valg af økologiske materialer og konstruktioner, der danner basis for naturlig ventilation i forbindelse med opførelse af et skole-SFO-byggeri i Kolding.“

Projektet har modtaget støtte fra Miljøstyrelsen i samarbejde med By - og Boligministeriet under den økologiske aktionsplan.

Om rapporten kan i øvrigt nævnes:

Rapporten blev udarbejdet forud for byggeprogrammet og blev anvendt i forbindelse med udarbejdelse af byggeprogram og møder med byggestyregruppen, Sverigesgruppen, bygherren og rådgivere. De samme aktører deltog endvidere i studietur og undervisning omkring naturlig ventilation.

Rapporten beskriver ikke detaljeret de overvejelser, der er gjort i forløbet, ligesom rapporten ikke er at betragte som en positivliste eller facitliste.

Der blev givet afslag på ansøgning om alternativ isolering, hvorfor dette ikke indgår i projektet.

Da forsøget startede, var der såvel internationalt som nationalt interesse for naturlig ventilation og for indeklimaproblematikken som helhed. Som følge heraf var der nogen tilgængelig specialviden. Denne viden var oftest meget teoretisk eller meget specifik. Der var ingen samlede data baseret på at betragte en konkret bygning i sin helhed OG derefter omsætte teorierne til praksis.

Nærværende projekt prioriterer helhedsløsninger og realisering af et byggeri.

Det blev vurderet, om der skulle opstilles én prioriteret liste over tagløsninger, én over gulvbelægninger, én over vægbeklædninger etc. Dette blev fravalgt. Årsagen er, at indeklimaet skal vurderes på en række parametre. Et produkt vil som hovedregel have forskellige ratings afhængig af, om det vurderes på fugtregulering, varmeakkumulering, lydabsorption, hygiejne etc. Kunsten er at finde en kombination af materialer, der sammen giver det ønskede indeklima i det enkelte rum.

En ratingliste kan indebære, at der vil ske valg af materialer, der har højeste ratings. Kombinationen af en række af disse materialer i et lokale er ikke nødvendigvis det, der samlet giver det optimale indeklima.

Kun ved at forstå sammenhænge og opstille ønsker og krav til indeklimaet, kan de enkelte rum og bygningen som helhed opbygges af materialer og konstruktioner, der tilsammen opfylder ønskerne. Analysearbejdet skulle definere og afgrænse de områder, der skulle inddrages og ikke mindst finde en egnet arbejdsform.

Rapporten er opdelt i to delrapporter:

“Naturlig ventilation i skoler - krav og kriterier “

“ Materialer og konstruktioner “

Analysearbejdet og rapporterne er udarbejdet af henholdsvis Søren Østergaard Jensen, Danmarks Teknologiske Institut og projektleder Aase Gilling.

Del 1 : Naturlig ventilation i skoler – krav og kriterier.

Indeklima - kriterier

Indeklimaet i klasserummene skal så vidt muligt overholde følgende krav for at maksimere komforten og indlæringen:

Temperatur: Den ideelle temperatur er 20°C. Temperaturen bør ikke overstige 22°C.

Luftfugtighed: Luftfugtigheden skal ligge mellem 40 og 60% for at sikre en god luftkvalitet.

Ventilation: God luftkvalitet. Dvs. affaldsstoffer fra lærer/elever samt afgang fra materialer i klasserummet skal fjernes.

Luft hastighed: Luft hastigheden skal ligge under 0,1-0,15 m/s for at undgå træk.

Dagslys: Der skal i dagtimerne være 500 lux på hver arbejdsplads uden blænding og ikke under 200 lux noget sted i klasseværelset.

Lyd: Lav efterklangstid og ingen lyd fra andre klasserum og gangarealer.

Uddybning

Ovenstående krav/henstillinger er ikke uafhængige. En ændring af værdien af en af de ovenstående parametre fører som regel til en ændring af værdien af en eller flere af de andre parametre.

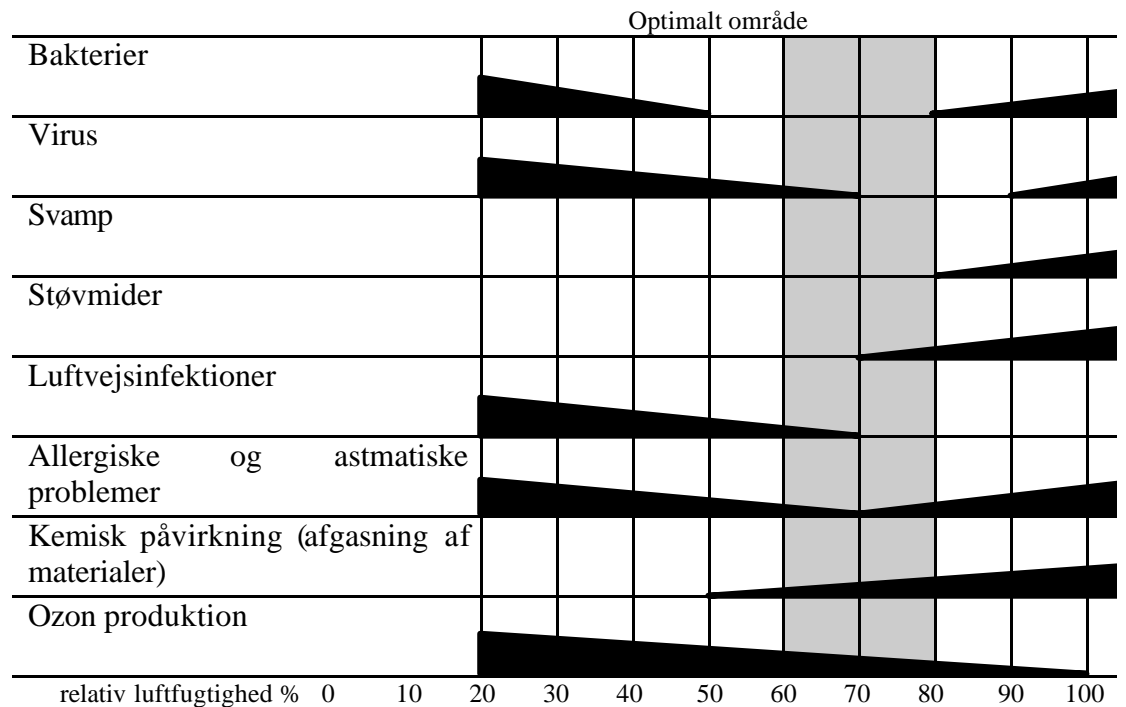
Temperatur

Modsat beboelse og kontorer, hvor komfortniveauet for lufttemperaturen er ca. 21°C, er komforttemperaturen i skoler 20°C. Ved højere temperaturer mindskes koncentrationsevnen. Norske undersøgelser har vist en nedgang i koncentrationsevnen på ca. 10% ved en lufttemperatur på 23-24°C. Temperaturen skal helst holdes under 22°C.

Temperaturniveauet i danske skoler ligger som regel over 20°C. At fastholde en lufttemperatur på 20°C kræver en præcis styring af varme- og ventilationsanlæg. Termisk tunge konstruktioner vil medvirke til at udjævne temperatursvingninger og bl.a. give mulighed for at køle om natten med udeluft, således at temperaturen om morgenen er 19°C, og derefter stiger langsomt i løbet af dagen i perioder med høje udelufttemperaturer.

Luftfugtighed

Høj luftfugtighed fører som regel til gener f.eks. i form af sundhedsfarlige svampesporer og mikroorganismer i luften. Men for lav luftfugtighed skaber også problemer, som figur 6 viser.



Figur 6. Indeklimarelaterede problemer afhængig af luftfugtigheden.

Svamp og støvmider er ikke et problem ved lave luftfugtigheder. Til gengæld udtørres slimhinderne samtidigt med, at personer bliver lettere statisk opladede, når det er tørt, hvorved de aktivt suger støv og andre partikler til sig, herunder virus og bakterier, som overlever fint i et tørt klima. Et for tørt klima giver således anledning til en øget sygdomsfrekvens både i form af infektioner, men også i form af astma og allergiske problemer. Problemer med lav luftfugtighed opstår om vinteren, hvor udeluften på grund af den lave temperatur kun kan indeholde lidt vand.

Ideelt bør luftfugtigheden holdes under 60% om sommeren (det er vanskeligt/umuligt at opnå en lavere luftfugtighed om sommeren uden affugtning) og over 40% om vinteren.

Luftfugtigheden kan om vinteren holdes oppe ved at begrænse ventilationen. Anvendelse af hygroskopiske materialer kan passivt medvirke til at regulere luftfugtigheden i rummet på samme måde, som termisk tunge materialer udjævner temperaturudsving.

Konstruktionerne må ikke have kuldebroer, hvor luftens fugt kan kondensere og derved danne grobund for mikroorganismer - råd, svamp og bakterier.

Ventilation

Ventilationen skal være tilstrækkelig til at opretholde en god luftkvalitet, men ikke højere da ventilationen bidrager stærkt til varmebehovet i skoler.

Klasselokalet bør være bygget af sunde materialer (forstået som materialer uden afgasningsproblemer), ligeledes bør inventaret ikke give anledning til afgasning, så den nødvendige ventilation udelukkende er afhængig af personerne i rummet. Det skal være muligt at dimensionere luftskiftet ud fra bortskaffelsen af menneskelige affaldsprodukter - CO₂, fugt og odour - alene. Dvs. ud fra et princip om minimum-ventilation om vinteren. Ventilationen kan yderligere være behovsstyret, således at ventilationen gøres afhængig af belastningen af lokalet - f.eks. antallet af personer i lokalet.

Et stort luftvolumen i klasselokalerne vil nedsætte det nødvendige luftskifte, hvilket jævnlig udluftning f.eks. i frikvarterer også vil gøre.

I perioder med høje udelufttemperaturer skal det være muligt at øge ventilationsmængden betydeligt for at kunne holde indelufttemperaturen på under 22°C ved hjælp af køling med koldere udeluft.

Lufthastighed

Køling med koldere udeluft kan give anledning til trækgener - specielt ved høje luftskifter. Indblæsningsarmaturerne skal derfor udformes således, at lufthastigheden i opholdszoner ikke overstiger 0,1-0,15 m/s.

Dagslys

Dagslys er vigtig, dels fordi mennesket mentalt har behov for en vis daglig portion dagslys, dels fordi tilstrækkelig med dagslys reducerer elektricitetsforbruget til belysning.

Tilstrækkelige mængder dagslys om vinteren - mellem 2000 og 3000 lux af en times varighed om dagen (helst om morgenen) - vil i de fleste tilfælde forhindre vinterdepressioner.

Rigeligt med dagslys kræver store vinduespartier i dybe rum. Dette konflikter ofte med det termiske indeklima, idet store vinduespartier traditionelt giver overophedning om sommeren og kuldenedfald om vinteren. Udhæng og højisolerede ruder kan dog afhjælpe dette. Ved store vinduespartier vil der desuden være risiko for blænding.

Et højsiddende vindue bagi i klasselokalet (modsat facaden med vinduerne) kan betydeligt forbedre lysforholdene i denne del af klasselokalet samtidigt med, at vinduespartierne i facaden kan mindskes.

Oplukkelige, højsiddende vinduer bagerst i klasselokalet vil øge muligheden for anvendelse af naturlig ventilation. Dels som følge af øget højde mellem friskluftindtag og afkast, dels som følge af et større luftvolumen i klasselokalet som vist i figur 7.

Lyd

Selv med stor termisk masse er det muligt at holde efterklangstiden nede. Dette kan ske ved at benytte en kombination af termisk tunge overfaldere og lyddæpende overflader.

Lyd må ikke blive transmitteret mellem klasselokaler indbyrdes og fra gangarealer til klasselokaler via ventilationssystemet.

Naturlig ventilation

Naturlig ventilation drives dels af vinden, dels af den termiske opdrift, der naturligt opstår i en bygning, når indeluften er varmere end udeluften.

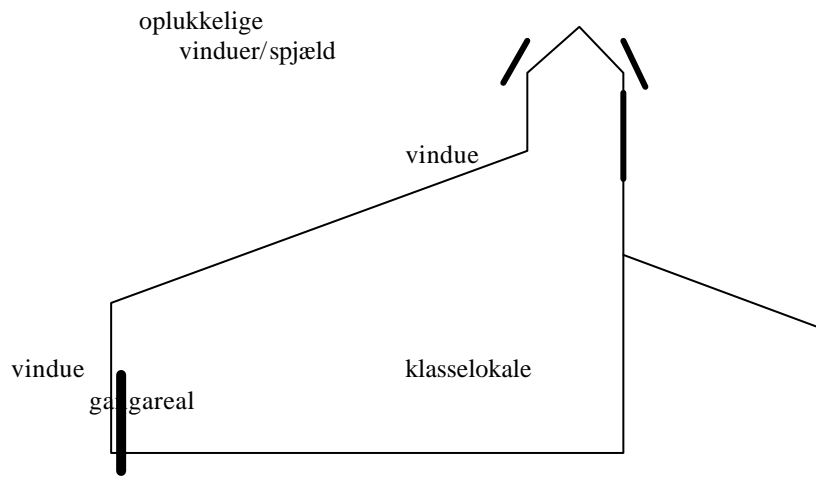
Det drivtryk vinden skaber er meget fluktuerende, dels over året og dagen, men også fra minut til minut. Vinden kommer desuden fra vekslende retninger, således at der både skabes tryk og sug ved friskluftindtaget. Naturlig ventilation bør derfor hovedsagelig dimensioneres for situationer uden vindpåvirkning. Luftindtag og luftafkast skal derefter dimensioneres, så vinden helst hjælper med til at drive ventilationen eller ikke influerer på ventilationen, og derved ikke virker mod den termiske opdrift.

Da det termiske drivtryk er en funktion af inde- og udelufttemperaturen samt højden mellem luftindtag og luftafkast, skal lokalet være så højt som muligt, eller afkastet skal ske gennem en ventilationssskorsten med en vis højde.

Afkast

Trykfaldet over afkastet skal være lille, da der ved naturlig ventilation opereres med lave drivtryk - som regel $< 10 \text{ Pa}$.

Naturlig ventilation harmonerer godt med oplukkelige, højsiddende vinduer bagerst i lokalet, specielt hvis det er muligt at åbne vinduer eller spjæld mod alle fire verdenshjørner, idet det så altid vil være muligt at åbne i læsiden og dermed udnytte vinden til at forøge drivtrykket.



Figur 7. Højsiddende vinduer/spjæld bagerst i klasselokalet.

Afkastet til det fri skal være højt placeret $> 5 \text{ m}$ i forhold til friskluftindtaget. Flere lokaler kan evt. benytte samme afkast, i så fald skal der dog tages hensyn til spredningen af lyd mellem lokalerne. Lyden skal i så fald dæmpes - en dæmpning der dog kan forøge trykfaldet over afkastet.

Der vil være overtryk ved afkastet. Det skal her sikres, at fugt ikke trænger ind i konstruktionen på en sådan måde, at der dannes grobund for mikroorganismer.

Indtag

Trykfaldet over friskluftindtaget skal være lille.

Indtaget af frisk luft skal sikre, at der ikke opstår trækgener f.eks. ved hjælp af diffusorer.

Ved placering af indtag gennem væg til det fri er det ikke muligt at neutralisere vindpåvirkningen, idet vinden skaber skiftende forhold af tryk og sug omkring en bygning. Ved denne placering af indtag skal det sikres, at evt. sug neutraliseres af et tilsvarende eller større vindskabt sug ved afkastet.

Indtaget skal let kunne renses. På grund af det store tryktab over normale filtre (f.eks. pollenfiltre) er det kun muligt at anvende grovfiltre, der forhindrer f.eks. fugle, blade og andre større partikler i at trænge ind i bygningen.

Ved indtag af luft væk fra bygning og derefter kanalført til bygningen gennem jordkanaler og kælder/krybekælder kan vinden benyttes til at skabe ekstra drivtryk eller vindeffekten kan neutraliseres. Føring af friskluft gennem jord og kælder vil give forvarmning af friskluften om vinteren og køling af friskluften om sommeren.

Ved kanalføring i jord og kælder skal det sikres, at kondensering af fugt om sommeren ikke skaber grobund for mikroorganismer, at kanaler og kælder kan rengøres, samt at der ikke kan ske indtrængning af radon.

Styring

Luftskiftet ved naturlig ventilation er ofte meget fluktuerende, idet drivtrykket helt er afhængig af de klimatiske forhold - vind og udelufttemperatur. Der er derfor behov for en styring af åbningsarealet i afkastet og/eller i friskluftindtaget.

Automatisk styring vil umiddelbart kunne give den mest optimale styring med hensyn til at fastholde et konstant luftskifte. Men hurtigtreagerende spjældreguleringsmekanismer er i dag ikke lydløse. Selv lave lyde fra spjældreguleringen vil virke forstyrrende på undervisningen, idet lyden kommer uventet.

Manuel regulering vil som regel være mindre optimal med hensyn til fastholdelse af et konstant luftskifte. Til gengæld sker reguleringen som følge af en bevidst handling fra lærer eller elever, som derfor er forberedt på den afbrydelse, reguleringen medfører. Det vil derfor ikke på samme måde virke forstyrrende i undervisningen - og vil måske endda kunne inddrages positivt i undervisningen. Faren er dog, at systemet ikke virker efter hensigten, fordi spjældene indstilles forkert. Hvis luften forvarmes i jordkanaler om vinteren, vil de øgede varmetab som følge af en ikke optimal styring være mindre (afhængig af den aktuelle forvarmning i jorden).

Sammenfatning

Kriterier for opnåelse af god naturlig ventilation i skoler:

Minimum luftskifte om vinteren: Brug af sunde materialer med et minimum af afgasning.

Stort luftskifte om sommeren: F.eks. mulighed for åbning af vinduer i facaden samt evt. anvendelse af solvarme til forøgelse af drivtrykket.

Høje rum: Stort termisk drivtryk og stort luftvolumen.

Lille tryktab over friskluftindtag og afkast: Det er små drivtryk, der er til rådighed.

Friskluftindtag og afkast der udnytter vinden: Forøgelse af drivtrykket.

Diffusorer i friskluftindtaget: For at undgå trækgener.

Mulighed for rengøring af friskluftindtag og afkast: For at undgå forringet luftkvalitet som følge af opblomstring af mikroorganismer.

Termisk tunge materialer: Udjævning af indelufttemperaturen.

Hygroskopiske materialer: Udjævning af luftfugtigheden.

Evt. forvarmning om vinteren/køling om sommeren i jordkanaler: Reduceret varmetab om vinteren. Øget komfort om sommeren.

Del 2 :Materialer og konstruktioner

Nedenstående beskriver primært de overvejelser og beslutninger, der kendetegnede den iterative proces i forsøgets opstartsfasen. Rapporten gengiver ikke alle detaljer i processen. Rapporten blev udarbejdet forud for byggeprogrammet og skal ses i sammenhæng med studieture og møder med brugerne.

Følgende kilder var informationskanaler og diskussionspartnere i processen: Dansk Indeklimamærkning, Grøn Information, LØB's katalog og hjemmeside, Forbrugerstyrelsen, BST, Kolding Kommunes renovationsafdeling, Astma-Allergiforbundet, tyske erfaringer, svenske erfaringer, erfaringer hos Teknologisk Institut og Gilling Byøkologi samt møder og samtaler med en lang række institutioner, rådgivere og virksomheder.

Mange forhold skulle tages i betragtning. Dansk Indeklimamærkning testede for afdunstning og partikkelafgivelse lige efter installationen. Derimod blev der ikke taget højde for miljøbelastningen forud for installationen, ligesom driftsfasen med fremtidige behandlinger, rengøringsvenlighed og støvbinding var omfattet. Det var alle meget væsentlige faktorer i forsøgsbyggeriet.

BST vurderede arbejdsmiljø i forbindelse med anvendelse af et givet produkt.

Renovationsafdelingen vurderede afskaffelse og genanvendelse af et givet materiale.

Grøn Information vurderer miljøbelastningen forud for installation og anvendelse.

Astma- og Allergiforbundet tog udgangspunkt i materialers indeklimapåvirkning. Heri indgik også vedligehold. Derimod var miljøbelastningen på det eksterne miljø ikke omfattet.

Brugeradfærd var en disciplin for sig, om end den var og er væsentlig, når målet er lave driftsomkostninger og dermed lav miljøbelastning.

Der kan nævnes flere eksempler, men for alle gælder, at det er væsentligt at vide, hvad en erklæring omfatter og dernæst sammenholde det med de opstillede ønsker og krav.

Væsentlige indsatsområder:

Det blev besluttet at opdele kravene i fire grupper med lige stor vægt. De fire grupper var:

1. Indeklima.
2. Økologi og miljø
3. Tilgængelighed og pris
4. Lovgivning

Indeklima:

Godt indeklima er kombinationen af optimale valg af konstruktioner og materialer. Indeklimaet er defineret af temperatur, luft, lyd, lys.

For at opnå det optimale indeklima er valg af konstruktioner og materialer vigtig. Konstruktioner og materialerne skal have en kombination af følgende egenskaber:

- Ingen eller minimal afgang og afgivelse af partikler til omgivelserne / afgang/partikelafgivelse skal om muligt være kendt.
- Hygroskopiske egenskaber, så der kan ske fugtregulering.
- Varmeakkumulerende egenskaber, så der kan skabes et stabilt temperaturniveau.
- Lydabsorberende egenskaber, så der er tilstrækkelig lyddæmpning.
- Rengøringsvenlige konstruktioner og materialer og overflader, der ikke giver grobund for mikroorganismer og som er lette at rengøre.
- Overflader, der giver optimale lysforhold i lokalet

Da ingen konstruktioner eller materialer besidder alle egenskaber, er det vigtigt at vælge kombinationer, der sammenlagt opfylder ovenstående og dermed i samspil giver et godt indeklima.

Økologi / miljø:

Det er kun de yderste 2 centimeter, der har betydning for indeklimaet. Produkter, der er omtalt under punkt 1 var ikke nødvendigvis økologiske og vise versa. Men økologiske materialer medvirkede som regel til et godt indeklima.

Der var relativt få materialer med dokumenterede miljødata, og det var generelt svært at sammenligne forskellige produkters miljødata. Der var givet en række produkter med en positiv miljøprofil, men uden dokumentation herfor. Det var derfor ganske omfattende og / eller umuligt at fremskaffe de fornødne data.

Der var ikke entydige definitioner af økologi, hvilket gjorde det nødvendigt at definere de områder, der i projektet skal være synonymt med økologi.

Under miljøforhold inddrages arbejdsmiljø.

Tilgængelighed og pris:

Jo mere konventionelt et produkt var, desto større sandsynlighed ville der være for, at projektet kunne reproducere. Det blev vægtet højt.

Høj pris og meget specielle løsninger og materialevalg kunne udgøre en barriere for udbredelse af resultaterne til andre byggerier.

Totaløkonomiske beregninger var ønsket, idet dette inddrog langsigtede miljømæssige vurderinger og beregninger.

Lovgivning:

Der skulle arbejdes med en afvejning mellem gældende lovgivning og ønskede effekter. Ønskede mål blev opstillet og efterfølgende gennemgået med henblik på lovgivning og eventuelle dispensationer. Det skulle afklares tidligt i processen, om dispensationer kunne opnås - eller, om der var kardinalpunkter, hvor der under ingen omstændigheder kunne dispenseres.

Naturlig ventilation udløste krav om dispensation.

Lydforhold var et ufravigeligt krav til bygningen.

Brugerinddragelse:

Brugernes aktive rolle var væsentlig i projektet. Blandt andet var det vigtigt at informere brugerne om, at der skulle udvises stor opmærksomhed ved valg af inventar m.m. Det skulle stå klart for brugerne, at bygningen kun var en del af det samlede indemiljø. Mennesker, inventar, og hvad, der ellers er i bygningerne, bidrager alt sammen med afgasninger og influerer derfor på luftkvaliteten.

Brugerne skulle gøres ansvarlige for den daglig anvendelse, vedligeholdelse og evt. fornyelse af bygningen og ikke mindst rengøring.

Brugerne skulle inddrages i problematikken, så den optimale løsning kunne findes. En isoleret set god løsning, ville ikke finde anvendelse, hvis der ikke kunne findes opbakning til denne hos brugerne. Udgangspunktet var motivation og forståelse for byggeriets miljøpåvirkninger. Hvis brugerne ikke oplevede, at byggeriet levede op til deres behov og forventninger, ville der være en risiko for, at de ville ændre på byggeriet eller anvendelsen heraf. Bygningsændringer og anden anvendelse end oprindelig forudsat, kunne ændre den økologiske profil.

Valg og afgrænsninger:

Valg af naturlig ventilation efter de anførte principper udløste en række krav til konstruktioner og materialer.

Det betød, at den egentlige miljøvurdering blev begrænset til få materialegrupper.

På arbejdsmiljøområdet forelå en række data i modsætning til området omkring indeklima og miljøvurderinger. Som følge heraf blev der i flere tilfælde taget udgangspunkt i viden omkring arbejdsmiljø. Det gjaldt for eksempel valg af fugemasse, hvor det blev forudsat, at den fugemasse, der var mindst skadeligt for den udførende håndværker, alt andet lige ville være mindst skadeligt for indeklimaet i bygningen.

Det blev endvidere forudsat, at de produkter, den kommunale renovationsafdeling stillede færrest krav til, også var de produkter, der alt andet lige var mindst skadeligt for miljøet.

Prioritering:

Prioritering og afgrænsning var meget væsentlig i projektet. Følgende forhold skulle indgå i alle beslutninger:

1. Udgangspunkt i forudsætninger for naturlig ventilation (anvendelse og lokale forhold)
2. Tænke mursten og mennesker sammen (bygning, mennesker, inventar, drift og vedligehold)
3. Helheder, totaler og lang tidshorisont (1/3 af en bygnings totale miljøbelastning sker i anlægsfasen og 2/3 i driftsfasen, totaløkonomi, arbejdsmiljø, internt miljø, eksternt miljø)

Miljø:

Der blev arbejdet med tre former for miljø:

Arbejdsmiljø:

A: håndværkerne

B: eleverne

C: lærerne

D: rengøringspersonalet

Indeklima:

A: bygningen

B: mennesker

C: inventar

D: rengøring, vedligehold

Eksternt miljø: ("økologi")

A : forbrug af ressourcer (anlæg, drift og vedligehold)

B : produktion af affaldsstoffer

Beskrivelse af proces for udvælgelse af materialer og konstruktioner:

Der var ingen danske paradigmer og regelsæt for, hvordan økologi skulle eller kunne defineres i forbindelse med valg af byggematerialer og konstruktioner.

Procesforløb:

Trin 1: Udarbejdelse af definition af de egenskaber, byggeriet skulle have.

Trin 2 :Definition af de udvalgte materialegrupper.

Trin 3: Vurdering og udvælgelse af materialer indenfor de enkelte materialegrupper.

Trin 1:

Da naturlig ventilation var en væsentlig del af byggeriet, blev der indledningsvis foretaget undersøgelser af, hvilken form for naturlig ventilation der skulle vælges, SAMT forudsætning for dette.

Det blev besluttet, at den naturlige ventilation skulle udføres efter svensk model med kældergange. Beslutningen var baseret på svenske erfaringer, der viste, at energi og driftsomkostninger kunne halveres i forhold til traditionelle bygninger samt elever og læreres oplevelse af et godt indeklima. Den valgte form for naturlig ventilation udløste følgende krav til materialer og konstruktioner:

- Der skulle etableres kældergange, luftkanaler i vægge, stor rumhøjde, oplukkelige vinduer i kip. etc.
- Der skulle vælges materialer indendørs, der kunne give det optimale indeklima.
- Det var væsentligt at vælge materialer med fugt og varmeregulerende egenskaber.
- Materialer og konstruktioner skulle være uden eller næsten uden afdunstning og støvafgivelse.

Som det fremgår, betød valg af naturlig ventilation, at der skulle arbejdes med indeklimaet i langt større grad end ved traditionelt byggeri.

Det var en forudsætning, at brugerne blev inddraget aktivt. Driftsfasen er meget afhængig af, om brugerne forstår den bygning, de er en del af. Bygningen skulle levere rammerne for et sundt indeklima med naturlig ventilation. Valg af inventar, fremtidig maling og anvendelsen i øvrigt kan ændre forholdene radikalt.

Da der er tale om et SFO-skolebyggeri, skulle materialerne kunne tåle hårdt slid. Det var samtidig givet, at der løbende skete udskiftning af brugere. Bygningen og driften heraf skulle således være indrettet, så den også var velfungerende med en ny brugergruppe. Det stillede krav til bygningens udformning om, at også fremtidige brugere er opmærksomme på bygningens anvendelse. Bygningen måtte endvidere gerne indgå som en del af pædagogikken.

Brugerne blev inddraget aktivt i beslutningsprocessen.

Lydforholdene var et ufravigeligt krav fra BUPL og lærerforeningen: Det blev således fastlagt, at lydforhold skulle overgå alle andre forhold i beslutningsprocessen.

Det skulle endvidere tilstræbes at opnå gode lysforhold. Gode lysforhold giver bedre arbejdsmiljø og lavere el-regning og dermed miljøbelastning.

Som det fremgår, blev der i trin 1 truffet en række afgørende valg og afgrænsninger for valg af materialer og konstruktioner.

Trin 2:

Med udgangspunkt i de beslutninger og afgrænsninger, der blev foretaget i trin 1, blev trin 2 indledt.

I trin 2 blev der opstillet følgende krav til materialer og konstruktioner:

- Lang levetid
- Lav drift og vedligehold
- Undgå bly
- Undgå PVC
- Undgå kemiske produkter og under ingen omstændigheder anvendelse af produkter på Miljøstyrelsens liste over uønskede produkter.
- Undgå kuldebroer for at undgå skimmelsvampe og for at reducere varmetabet
- Undgå lag på lag løsninger, idet det er ressourcebesparende såfremt et materiale alene kan opfylde de ønskede egenskaber frem for at anvende flere materialer i kombination.
- Konstruktiv beskyttelse for at forlænge holdbarheden og reducere vedligeholdelsesomkostningerne
- Undgå dampbremse
- Traditionel isolering, da der desværre ikke var givet tilskud til alternativ isolering.
- Manuel betjening af lys, vand, varme for at inddrage brugerne aktivt

Der blev herefter opstillet krav til enkelte materialegrupper:

Kravene varierede fra materialegruppe til materialegruppe. Det var for eksempel ikke de samme egenskaber, der var ønsket eller krævet ved facadebeklædning og sanitet.

Følgende materialegrupper vurderes:

- Hårde hvidevarer / sanitet
- Tagbeklædning
- Udvendig beklædning
- Indvendige vægge
- Vinduer
- Gulvbeklædning
- Lofter
- Overfladebehandling

Eksempler på udvælgelse af materialer:

Sanitet:

- Lavt vandforbrug
- Lang levetid
- Miljøomkostninger
- Synligt forbrug

Tagmaterialer :

- Minus dampbremse
- Konstruktiv beskyttelse
- Minus kuldebro
- Minus bly
- Minus PVC
- Minus kemikalier
- Lang levetid
- Lave drifts - og vedligeholdelsesudgifter
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger (de enkelte produkters herkomst - genanvendelighed - transportbelastning -)

Udvendig beklædning :

- Konstruktiv beskyttelse
- Minus kuldebro
- Minus bly
- Minus PVC
- Minus kemikalier
- Lang levetid
- Lave drifts- og vedligeholdelsesudgifter
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger baseret på de enkelte produkters herkomst, genanvendelighed og transportbelastning

Indvendige vægge (inkl. ydermur) :

- Minus dampbremse (ydermur)
- Konstruktiv beskyttelse
- Minus kuldebro (ydermur)
- Minus PVC
- Minus kemikalier
- Regulering af fugt
- Regulering af varme
- Lang levetid
- Lave drifts- og vedligeholdelsesudgifter
- Ej støv
- Ej støj
- Ej afdunstning
- Rengøringsvenlig overflade
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger baseret på de enkelte produkters herkomst, genanvendelighed og transportbelastning.

Vinduer:

- Lyskvalitet
- Passiv solvarme
- Konstruktiv beskyttelse
- Minus kuldebro
- Minus bly
- Minus PVC
- Minus kemikalier
- Reducere energitab
- Lang levetid
- Lave drifts- og vedligeholdelsesudgifter
- Ej støv
- Ej støj
- Ej afdunstning
- Rengøringsvenlig overflade
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger baseret på de enkelte produkters herkomst, genanvendelighed og – transportbelastning.

Gulvblægning:

- Skal tåle stærkt slid
- Konstruktiv beskyttelse
- Minus kuldebro
- Minus PVC
- Minus kemikalier
- Reducere energitab
- Lang levetid
- Lave drifts-vedligeholdelsesudgifter
- Ej støv
- Ej støj

- Ej afdunstning
- Rengøringsvenlig overflade
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger baseret på de enkelte produkters herkomst, genanvendelighed og transportbelastning.

Overfladebehandling:

- Overfladens egenskaber skal bevares efter behandling
- Lysforhold
- Lang levetid
- Lave drifts og vedligeholdelses udgifter
- Rengøringsvenlig overflade
- Afdunstning
- Arbejdsmiljø
- Lave miljøomkostninger (de enkelte produkters herkomst - genanvendelighed - transportbelastning -)

Isolering:

I projektets opstart blev der foretaget en række sonderinger med hensyn til alternativ isolering.

Kontakt til de danske udviklingsprojekter med hamp, hør og papirisolering i plader viste, at udviklingen var på et niveau, hvor producenterne ikke ønskede at indgå i et fuldskalaforsøg på størrelse med forsøgsbyggeriet.

Der viste sig store forskelle på dokumentation og krav til udførelse med papirisolering fra produkt til produkt. Tyske produkter kunne fremvise dokumentation for papirets oprindelse, produktion samt indhold af kemiske produkter. Der blev endvidere stillet krav til de tyske isolatører.

Papirisolering havde arbejdsmiljøproblemer i form af støv, hvorfor beskyttelsesdragter og støvværn var påkrævet. Papirmåtter viste sig meget tunge og dermed belastende for håndværkerne, der skulle håndtere materialet. Dette blev forstærket af, at alle tilskæringer skulle foretages på en speciel maskine, der nødvendigvis måtte stå på gulvplan. Det betød, at håndværkerne skulle ned fra stilladset, hver gang en tilskæring skulle foretages. Normalt kunne dette udføres med kniv på stedet. De mange transporter og løft var negativt for arbejdsmiljøet.

For flere af de alternative isoleringsmaterialer forelå kun få langtidsstudier for isoleringseffekt.

Det var et ønske, at alternativ isolering kunne indgå i projektet i form af papirisolering i plader suppleret med de tre danske produkter i mindre skala efter aftale med de danske producenter. Arbejdsmiljøforholdene skulle blandt andet klarlægges i den forbindelse.

Projektet opnåede desværre ikke tilskud, hvorfor det ikke var muligt at gennemføre projektet med alternativ isolering.

Det blev besluttet at gennemføre projektet med Glasuld. Glasuld har en dokumenteret isolerende virkning på lang sigt, produktionen var miljøcertificeret, over 60% består af genbrugsglas, der ellers ville belaste lossepladser. Arbejdsmiljøforholdene var kendte.

Glasuld blev valgt af arbejdsmiljømæssige årsager., idet det er lettere at bære og løfte for håndværkerne end for eksempel Rockwool.

Trin 3:

Efter gennemgang af materialeegenskaber for de enkelte materialegrupper, skete en udvælgelse af de bedst egnede materialegrupper.

Der var få materialegrupper tilbage efter trin 1 og trin 2.

Indenfor de enkelte materialegrupper blev produkter og deres data gennemgået med henblik på at finde de produkter, der kunne opfylde de stillede krav. Ved denne vurdering indgik egentlig miljøvurdering.

Fordelen ved denne metode var, at der kun var den gruppe produkter, der kunne opfylde de stillede kriterier, der skulle miljøvurderes. Metoden var baseret på, at økologi blev defineret ved vurdering af det enkelte produkts egnethed til den konkrete anvendelse. Under egnethed hører også totaløkonomiske overvejelser. (lang levetid og få driftsomkostninger). Miljøvurderingen blev udført på materialer, der udgjorde de største mængder. Projektets omfang giver ikke mulighed for en totalanalyse af hele bygningen. Miljøvurdering blev foretaget på baggrund af oplysninger fra leverandører og en række databaser.

Trin 3 er et puslespil. Vælges de optimale materialer i hver enkelt materialegruppe, kan dette medføre, at materialerne i sammenhæng ikke vil give de ønskede samlede kvaliteter i de enkelte lokaler og bygningen som helhed. Som eksempel kan nævnes:

Vælges store arealer af sten på vægge for at opnå fugt og varmeregerende egenskaber, kan dette give støjproblemer. Er der til loftbeklædning og gulvbeklædning tilsvarende fundet materialer, der isoleret set er optimale miljømæssigt men med samme indvirkning på støj, må kombinationerne af materialer ændres.

Det var vigtigt, at de oprindelige intentioner for bygningen og de enkelte lokaler blev fastholdt i hele processen.

Der skulle således løbende foretages samlede vurderinger. Det skete ved en iterative proces.

Eksempler på beslutninger og overvejelser i trin 3:

- Bygherren ønskede naturlig ventilation svarende til Risebergaskolan. Ventilationen skulle suppleres med mekanisk ventilation i køkken og bad. Hermed var de ydre rammer givet i omrids med høje skrå tagflader med taglys og ventilation.
- De enkelte rum skulle være selvregulerende med hensyn til luftskifte, varme-og fugtregulering samt lyd.

- Indvendigt var bærende synlige konstruktioner af træ en mulighed. Træet kunne udarbejdes som bindingsværk. I felterne kunne genbrugsmursten anvendes. Alternativt kunne anvendes hel murstensvæg af nye sten.
- Dampspærre skulle undgås.
- Malerbehandling skulle tilgodese de hygroskopiske egenskaber.
- Den udvendige facade kunne udføres i mursten og / eller træ afhængig af lys og skyggeforhold.
- Gammeldags kalfaltringsfuger skulle overvejes såvel ved indvendige som udvendige samlinger.
- Tagudhæng skulle yde konstruktiv beskyttelse og forebygge overophedning.
- Vinduerne skulle optimeres i forhold til det enkelte rum og orienteringen, så der kunne opnås optimale balancer mellem passiv solvarme og overophedning.
- Isolering skulle udføres traditionelt som følge af manglende tilskud.
- Skillevægge kunne udføres i sten eller gips. De to produkter skulle vurderes med hensyn til pris, vedligehold, lyd og brand.

Eksempler på beslutninger og overvejelser om materialer :

Eksempel 1 mursten:

Fordele:

- Lang holdbarhed.
- Varme og fugtakkumulerende egenskaber.
- Lave vedligeholdelsesomkostninger.

Ulemper :

- Kan give lydproblemer, hvis der anvendes meget stenmateriale i et lokale.
- Ressourcekrævende under forarbejdning og hermed også miljøbelastende.

Da de største miljøbelastninger sker i produktionsfasen og i nedbrydningsfasen, skulle genbrugsmursten inddrages som alternativ. Ved genbrugssten er miljøomkostningerne i forbindelse med produktion og nedbrydning afholdt. Sidstnævnte kan dog forsinkes, hvis stenene genanvendes.

Afgasning var ikke kendt for nye sten. Der var ingen afgasning fra genbrugssten.

Anvendelsen af genbrugssten skulle vurderes nøje. Genbrugssten var klassificeret som bagmursten og kunne som sådan ikke anvendes, hvor der var særlige krav til styrke og holdbarhed.

Genbrugsmursten kunne anvendes til indvendige mure. Alternativt kunne der opmures i rammekonstruktioner (indvendigt bindingsværk). Endvidere kunne genbrugsmursten anvendes til gulvbelægning.

Gulvene ville ikke kræve mere vedligehold (- primært støvsugning). Gulvene ville have varmeakkumulerende og vandabsorberende egenskaber.

Genbrugssten kunne afgive støv i større mængder end nye sten og dermed udgøre en risiko for allergi.

Gulve med genbrugsmursten var dyrere i anlægspris end linoleum. Totalprisen og de samlede miljøomkostninger skulle vurderes nærmere.

Lydforholdene skulle undersøges.

Eksempel 2 træ:

Fordele:

Træ var som udgangspunkt det mest økologiske byggemateriale, der kunne anvendes (oplagret solenergi).

Ved valg af træsort var det vigtigt at fastlægge, hvad og hvor træet skulle anvendes, hvor træet kom fra (transport) og i enkelte tilfælde, hvad træet ville afgive til omgivelserne.

Det var en forudsætning, at der blev arbejdet med konstruktiv beskyttelse.

Til facader og bærende konstruktioner kunne dansk gran være egnet.

Det var muligt at anvende genbrugstømmer. Da dette materiale højst sandsynligt skal transporteres fra København til Kolding, blev det vurderet, at det var mere miljørigtigt at anvende dansk træ fra et nærliggende savværk.

Test på afgangsstoffer på det anvendte træ skulle overvejes. Det var hermed muligt at skaffe en næsten fuldstændig miljø- og afgangstestprofil for det træ, der blev anvendt i det konkrete tilfælde.

Ulemper:

Vedligehold afhængig af den valgte træsort og anvendelsesområde.

Anvendelse:

Bærende konstruktioner, eventuel indvendig bindingsværkskonstruktion (synlig) i hvilken der kunne indmures (genbrugs)mursten.

Trægulve ville påvirke efterklangstiden positivt (modsat sten)

Træ til gulvbelægning ville være et godt valg. Ved anvendelse af genbrugsparket kunne opnås en positiv miljøprofil. Afgasning af lim m.m. ville være tilendebragt.

Der forelå dokumentation for genbrugsparkets indeklimaforhold.

Ved anvendelse af genbrugsparket skulle transportforholdene inddrages.

Parket var mindre egnet, hvor der var risiko for vand såsom gangarealer og fugtige områder (toiletter). Derimod ville det være egnet til klasselokaler, kontorer etc.

Genbrugsparket havde lang holdbarhed og kunne blive som nyt ved en afslibning. Der var hermed valgt et gulv med mange års historie og levetid. Gode signaler på genbrug = miljø.

Nye trægulve ville være et godt og miljørigtigt valg. Gulvene kunne produceres af dansk træ og behandles med sæbevand. Kraftige gulvbrætter kan afslibes, hvorved gulvene kan fremstå som nye.

Det skønnedes, at prisen i anlægsfasen ville være højere ved den traditionelt anvendte linoleum. Ved brug bliver linoleum slidt og parket patineret. Linoleum er såvel indeklimateæssigt som miljømæssigt mere belastende end genbrugsparket.

Rengøring og vedligehold skulle vurderes af Kolding Kommunes rengøringsafdeling.

Eksempel 3 kemiske produkter mv.:

Det tilstræbtes at anvende konstruktionsprincipper, så anvendelse af kemikalier kunne begrænses. Gammeldags kalfaltringsfuger var en mulighed.