

By og Byg Resultater 017

Fremtidens energieffektive skoler

Temahæfte om skolers energiforbrug, indeklima, dagslys og ventilation



Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

Fremtidens energieffektive skoler

Temahæfte om skolers energiforbrug, indeklima, dagslys og ventilation

Kirsten Engelund Thomsen
Ole Valbjørn
Kjeld Johnsen
Lars Gunnarsen
Inge Mette Kirkeby
Peter A. Nielsen

Titel	Fremtidens energieffektive skoler
Undertitel	Temahæfte om skolers energiforbrug, indeklima, dagslys og ventilation
Serietitel	By og Byg Resultater 017
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2002
Forfattere	Kirsten Engelund Thomsen, Ole Valbjørn, Kjeld Johnsen, Lars Gunnarsen, Inge Mette Kirkeby, Peter A. Nielsen
Redaktion	Gusta Clasen
Sprog	Dansk
Sidetæl	24
Litteraturhvisninger	Side 24
Emneord	Skoler, energiforbrug, indeklima, dagslys, ventilation
ISBN	87-563-1111-7
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 62,50 inkl. 25 % moms
Tegninger	Ove Nesdam
Fotos	Jørgen True (forside og s. 7), Inge Mette Kirkeby (s. 11), Erwin Petersen (s. 13, 14, 15 og 23), Lars Gunnarsen (s. 19)
Tryk	BookPartner, Nørhaven digital A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 017: Fremtidens energieffektive skoler. Temahæfte om skolers energiforbrug, indeklima, dagslys og ventilation. (2002)*

Indhold

Forord	4
Energiforbruget i skoler (af Kirsten Engelund Thomsen)	5
Varmeforbruget i eksisterende skoler	5
Elforbruget i eksisterende skoler	5
Elforbrugets fordeling	6
De sunde indeklima i skoler (af Ole Valbjørn)	8
Fugt og skimmelsvampe	8
Luftkvalitet og ventilation	9
Temperatur	10
Dagslys og elektrisk belysning	10
Støj og akustik	10
Valg af materialer	12
Rengøring	12
Bedre udnyttelse af dagslyset i skoler (af Kjeld Johnsen)	13
Bedste dagslys i klasselokaler med sidelys	13
Højtplacerede vinduer med blændingsproblemer	14
Uheldig brug af ovenlys	15
Tips til bedre udnyttelse af dagslyset i skoler	15
Energieffektiv ventilation i skoler (af Lars Gunnarsen)	17
Syv gode principper for skoleventilation	17
Balanceret mekanisk ventilation	17
Vinduesudluftning	18
Naturlig ventilation via åbninger og kanaler	18
Brugerstyring giver tilfredshed	19
Krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri (af Inge Mette Kirkeby, Peter A. Nielsen, Kirsten Engelund Thomsen og Ole Valbjørn)	20
Størrelse af klasse- og opholdsrum	20
Temperaturer og træk	20
Ventilation og luftkvalitet	20
Dagslys og belysning	21
Brand	21
Bygningers lydisolering	21
Miljø	22
Arbejdsmiljø	22
Lov om elevers og studerendes undervisningsmiljø	22
Litteratur	24

Forord

Der skal bruges milliarder på at bygge nye skoler og på at ombygge gamle skoler i de kommende år. Baggrunden er stigende elevtal, stor nedslidning af bygningerne og ændrede krav til skolernes indretning.

I Danmark findes der i dag ca. 1700 skolebygninger til brug for folkeskolen. Skolerne udgør ca. 8 millioner m² bygningsareal, hvilket er over halvdel af den kommunale bygningsbestand. En stigning i antallet af skolebørn på ca. 20 % gør, at der de nærmeste år skal skaffes plads til 110.000 flere elever i de danske skoler.

I folkeskoleloven stilles der ikke krav til udformningen af skolernes bygninger, men lovens krav til den pædagogiske virksomhed betyder, at der er brug for mere fleksibilitet med hensyn til størrelse og indretning af rummene i fremtidens skoler. Der findes ingen standardløsninger for, hvordan man bør udforme fremtidens skoler, men det er vigtigt, at ethvert skolebyggeri baserer sig på et helhedssyn, som inddrager såvel hensynet til nye undervisningsformer og energieffektiv drift, som betingelserne for et godt og sundt indeklima med god luftkvalitet, lavt støjniveau og god udnyttelse af dagslyset.

Dette temahæfte er skrevet i forbindelse med en temadag om Fremtidens energieffektive skoler, som blev afholdt af EFP - Energistyrelsens Forskningsprogram i november 2001. Temahæftet består af 5 artikler og opsummerer de foreløbige resultater fra Energiforskningsprogrammet "Program for energieffektive skoler" samt fra Branchearbejdsmiljørådet Undervisning & Forsknings startkonference om indeklima. En mere udførlig præsentation gives i rapporterne Energieffektive skoler, By og Byg Resultater 003, Reduceret energiforbrug til skoleventilation, By og Byg Resultater 004 samt i Sunde skoler, By og Byg Resultater 015.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Energi og Indeklima
Februar 2002

Erik Christophersen
Forskningschef

Energiforbruget i skoler

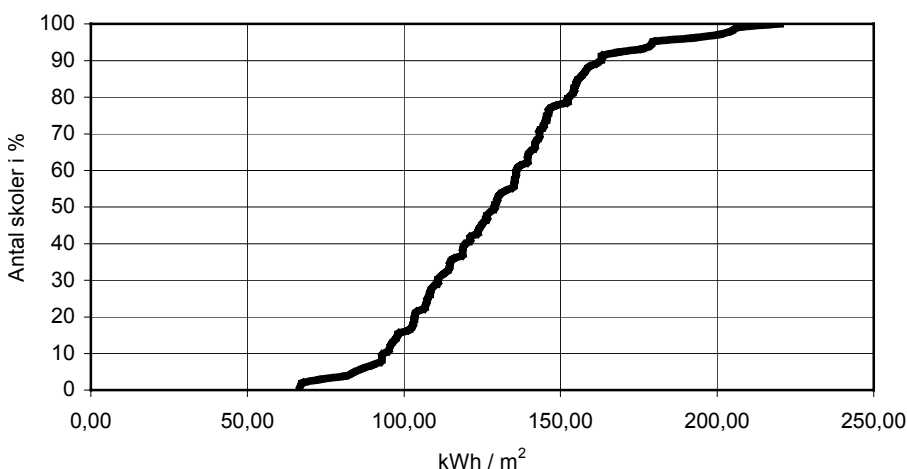
Målet med Energiforskningsprogrammet 'Program for energieffektive skoler' er at anvise metoder til at reducere energiforbruget til belysning og ventilation i skoler, samtidig med at der lægges vægt på at skabe et sundt og stimulerende indeklima.

I første fase af programmet har man bl.a. ønsket at skaffe viden om energiforbrug i eksisterende skoler. På den baggrund har By og Byg udarbejdet en oversigt over 100 skolers forbrug af varme, elektricitet og vand i perioden 1996 til 1998. De udvalgte skoler repræsenterer et bredt udsnit af forskellige bygningstyper.

Varmeforbruget i eksisterende skoler

Varmeforbruget på de 100 udvalgte skoler lå i 1998 mellem 67 og 220 kWh/m² med et gennemsnit på 130 kWh/m², mens varmforsbruget for 1996 og 1997 lå på hhv. 127 og 123 kWh/m². For 50 % af skolerne ligger varmforsbruget under 129 kWh/m².

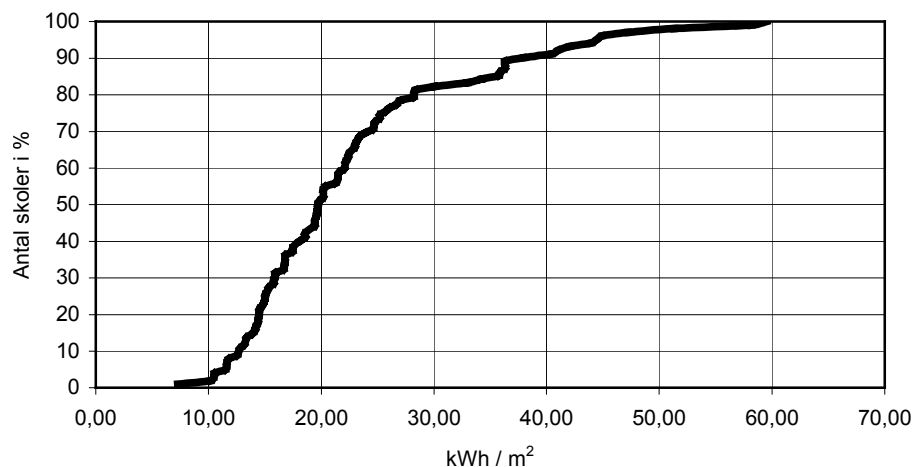
Forbruget har ligget rimelig konstant, men hvis man sammenligner varmforsbrugene med størrelsen af skolerne, ses et svagt stigende energiforbrug pr. m² ved stigende areal.



Det kumulerede varmforsbrug i 1998.

Elforbruget i eksisterende skoler

Elektricitetsforbruget på skolerne i 1998 ligger mellem 7 og 60 kWh/m² med et gennemsnit på 23 kWh/m². Elektricitetsforbruget for 1996 og 1997 ligger også på 23 kWh/m². Det gennemsnitlige elforsbruget har altså været konstant i perioden. For 50 % af skolerne ligger elforsbruget under 19,7 kWh/m².



Det kumulerede elforbrug i 1998.

Der er stor forskel på forbruget af varme og el på de forskellige skoler. Det skyldes bl.a., at skolernes brugstid er forskellig, at isoleringsstandard og installationernes art og vedligeholdelsesstandard varierer, samt at der er forskel i brugerernes adfærd og luftskiftets størrelse.

Elforbrugets fordeling

I syv udvalgte skoler blev der set nærmere på elforbrugets fordeling. Skolerne er udvalgt således, at de er repræsenteret med forskellig beliggenhed, alder og planløsning.

Der er stor forskel på det totale elforbrug pr. kvadratmeter på de syv skoler. Årsagen hertil er bl.a., at ventilationsanlæggenes udformning og driftstid er forskellig på skolerne. Desuden viser registreringer af belysningens brug, at det er nødvendigt at tage resultaterne med et vist forbehold, da der er stor usikkerhed på de opgjorte brugstimer, dvs. de timer de enkelte lokaler og gange er i brug, både når det drejer sig om belysning og ventilation.

Undersøgelsen viser, at elforbruget til belysning i gennemsnit udgør mellem 3 og 10 kWh/m² svarende til mellem 9 og 32 pct. af skolens samlede elforbrug. Elforbruget til ventilation afhænger naturligvis af, hvilken type ventilation skolen har. Det udgør mellem 3 og 17 kWh/m² svarende til mellem 11 og 37 pct. af skolens samlede forbrug. Elforbruget til belysning og ventilation udgør tilsammen ca. 46 pct. af det totale elforbrug og er gennemsnitligt er af samme størrelsesorden på skolerne. Elforbruget til pc'er udgør op til 14 pct. (1-3 kWh/m²) af det samlede elforbrug, men ligger i gennemsnit på 8 pct.

En meget stor del af elforbruget - mellem 38 og 55 pct. går til andre formål fx forbrug i skolekøkken og sløjdlokaler, tomgangstab, pumper og elforbrugende apparatur tilsluttet stikkontakter.

Elforbrugets størrelse og fordeling på syv udvalgte skoler. Tallene i parentes er fordelingen af elforbruget i % på den enkelte skole.

Elforbrug	Skole A kWh/m ² (%)	Skole B kWh/m ² (%)	Skole C kWh/m ² (%)	Skole D kWh/m ² (%)	Skole E kWh/m ² (%)	Skole F kWh/m ² (%)	Skole G kWh/m ² (%)
Belysning	8 (32 %)	3 (9 %)	7 (25 %)	5 (12 %)	10 (29 %)	10 (19 %)	5 (28 %)
Ventilation	3 (13 %)	14 (36 %)	7 (22 %)	17 (37 %)	8 (24 %)	10 (20 %)	2 (11 %)
PC'er	3 (12 %)	1 (1 %)	1 (5 %)	3 (7 %)	3 (9 %)	3 (6 %)	3 (14 %)
Diverse	10 (43 %)	20 (54 %)	14 (48 %)	20 (44 %)	12 (38 %)	28 (55 %)	9 (47 %)
Totalt elforbrug	24	38	29	45	33	51	19



Resultaterne, som er gengivet i dette afsnit er mere udførligt beskrevet i By og Byg Resultater 003: Energieffektive skoler (Gunnarsen et al., 2001).

De sunde indeklima i skoler

Årsager til massive indeklimaproblemer i skolebygninger skyldes ofte ændret og udvidet anvendelse af skolen, ændrede undervisningsformer, elevernes ændrede fysiske adfærd i skolerne samt uhensigtsmæssig drift og utilstrækkeligt vedligehold af bygningerne.

Der er en række funktionskrav til planløsning og indretning, som er særligt vigtige for undervisningsbygninger og lignende, og som kan bidrage til et godt og sundt indeklima og undervisningsmiljø. Planløsning og indretning skal lægge vægt på:

- Undervisning i varierende gruppestørrelser fra 2-28 med forskellige aktiviteter
- Hensyn til syns-, høre- og allergiske handikap
- Blændfri og refleksfri belysning
- God dagslysudnyttelse
- Undgå støj fra stole og borde, der flyttes
- Kort efterklangstid
- Lydisolering til støjende aktiviteter og rum til musikudøvelse
- Ventilation afpasset efter brug, brugstid og rummets størrelse
- Effektiv lokal ventilation i faglokaler eller ved andre forurenende processer
- Undgå overtemperatur
- Enkel, forståelig brug og indstilling af installationer
- Rengøringsvenlige materialer
- Funktionel opbevaring af overtøj og fodtøj
- Effektive rengørings- og vedligeholdelsesprogrammer

I de følgende betragtes nogle typiske indeklimaproblemer og deres årsager, og der kommer med forslag til løsninger. Det drejer sig om fugt og skimmelsvampe, luftkvalitet og ventilation, temperatur, dagslys og elektrisk belysning, støj og akustik, valg af materialer og rengøring.

Fugt og skimmelsvampe

Vækst af skimmelsvampe, især fra langvarige fugtskader, har ofte givet anledning til alvorlige indeklimaproblemer i skoler. De skyldes generelt problemer med dårligt vedligeholdte eller nedslidte tage eller fugtige gulvkonstruktioner.

Fugtskaderne er ødelæggende for bygningerne og formodes at være en væsentlig faktor for forekomst af symptomer som slimhindesyntomer og hovedpine samt allergiske reaktioner. Fugtskader og skimmelsvampe der vokser i fugtige bygninger skal fjernes, og årsagerne til at de opstår elimineres. Der bør desuden gennemføres systematiske bygningssyn med henblik på at undersøge svigt af konstruktionerne især mht. fugt og skimmelsvampevækst.

Skolebygningers planløsning har ofte medført anvendelse af flade tage med mange gennembrydninger i form af ovenlys, ventilationshætter mv., hvilket stiller store krav til udførelse og vedligeholdelse. Flade tage har endvidere fristet til færdsel på tagene i og uden for skoletiden, hvilket ofte har været årsag til vandskader.

Erfaringen har vist, at især flade tage opført gennem 70'erne, ikke har været holdbare, hvilket, sammen med en begrænset opmærksomhed og be-

sparelser på vedligeholdelseskonti, har medvirket til, at der opstår fugtskader. Fugtskader har endvidere vist sig i tage med hældning, når der er tale om nedslidte tegl- eller eternittage.

Det er derfor hensigtsmæssigt, at tagene har væsentlig taghældning og med synlige tagrender. Hermed lettes en simpel visuel inspektion udefra og en omhyggelig inspektion fx inde fra tagrummet. Det er endvidere vigtigt at anvende materialer, der har lang holdbarhed.

Mange skoler har desuden haft fugtskadeproblemer grundet dårligt udførte eller vedligeholdte drænforhold omkring kældre. Endelig er vandskader set i forbindelse med vådrengøring på nedslidte gulvbelægninger af fx pvc eller linoleum, hvor samlingerne ikke holder. Der skal sikres løbende vedligehold og gennemføres årlige inspektioner af følsomme bygningskonstruktioner.

Luftkvalitet og ventilation

Ventilation har som opgave at opretholde en god luftkvalitet ved at bortventilere forureninger fra brugerne og deres aktiviteter og fra materialerne. Bygningsreglementets krav til ventilation skal opfattes som minimumkrav, der kun sammen med udluftning og ved at eleverne går ud i frikvartererne, kan sikre acceptabel luftkvalitet, men i mange skoler er disse krav ikke opfyldt.

Mange ventilationsanlægs funktioner er utilstrækkelige til at opretholde et acceptabelt indeklima både hvad angår luftkvalitet og temperaturforhold, herunder træk. Dette skyldes ofte manglende drift og vedligehold samt manglende information til brugerne.

Skolebygningers planløsning har ofte medført dybe rum med begrænset lofthøjde. Det bevirker, at luftkvaliteten bliver mere afhængig af velfungerende ventilationsanlæg, fordi vinduesventilationen bliver mindre effektiv. Bygninger med stor lofthøjde (mere end 3-4 meter) giver bedre mulighed for trækfri lufttilførsel fra ventilationsanlæg og sikrer en bedre luftkvalitet i opholdszonen, bl.a. fordi varme fra personer og dermed dårlig luft søger opad. Bygninger med stor volumen og stor loftshøjde øger muligheden for at anvende kombinerede systemer (hybride ventilationsløsninger) bl.a. delvis baseret på naturlig ventilation.

En større sikkerhed for tilstrækkelig ventilation fås med mekaniske ventilationsanlæg, der tilfører tempereret udeluft til de områder, hvor eleverne opholder sig. Imidlertid har det vist sig, at funktionen og driften af disse anlæg i mange tilfælde ikke har været tilfredsstillende, hverken mht. til ydelse eller energiforbrug. Denne erfaring og ønsket om at reducere energiforbrug og udgifter til vedligehold, har medført ønsker om mere simple anlæg, fx baseret på naturlig opdrift eventuelt kombineret med udsugningsanlæg (tilsammen benævnt hybride systemer).

Af hensyn til optimal tilrettelæggelse og styring af ventilationssystemerne må de projekterende kende de tidsmæssigt forekommende eksponeringer i elevens og lærerens skoledag. Nye undervisningsformer, der spreder eleverne over større områder, indebærer en større udnyttelse af bygningernes bruttoareal og volumen. Derved forbedres luftkvaliteten, idet volumenerne virker som en buffer for forureningerne. Tillige vil spredningen over større arealer bidrage til at reducere den direkte kontaktsmitte.

Ventilations- og opvarmningsforholdene bør indrettes og vedligeholdes således, at projekterede forhold opretholdes. Der bør gennemføres periodevis syn af deres funktion, og der skal foreligge en strategi for driftstider.

Temperatur

Høje temperaturer i undervisningstiden resulterer i uopmærksomme elever, dels på grund af varmen (over 24 °C), dels fordi luftkvaliteten opleves dårligere ved høj temperatur frem for ved temperaturer i laveste del af komfortområdet. Temperaturen bør generelt holdes i underkanten af det traditionelle område 21-22 °C.

Indvendige overflader bør have stor varmeakkumuleringssevne. Der bør fx være tunge materialer i gulv og gerne i en eller flere vægge for at udjævne varmetilførslen fra personer og eventuel solvarme. Disse forhold kan der tages højde for i forbindelse med projekteringen, og de kan beregnes under dynamiske forhold over årtiderne med detaljerede beregningsprogrammer.

Bygningskonstruktioner af lette materialer og bygninger med store vinduer giver ofte anledning til overtemperaturer i varme, solrige perioder og undertiden træk i kolde perioder. Solafskærmninger kan afhjælpe forholdene med overtemperaturer, men afskærmningerne må ikke hindre udsyn og bør være lette at betjene og robuste over for vind og vejr.

Træk er en af de hyppigste årsager til klager i skoler. Træk skyldes ofte mekaniske ventilationsanlæg der ikke er udformet rigtigt, eller anlæg med udsugning eller naturligt ventilerede systemer, hvor luften tages ind uopvarmet ved vinduesfacaden. I mange tilfælde har natsækning af temperaturen som energibesparende foranstaltning resulteret i for lav temperatur ved undervisningens begyndelse.

Dagslys og elektrisk belysning

En god tilgang af dagslys er en forudsætning for et godt velbefindende og indeklima samt en mulighed for energibesparelser. Skolebygninger med dybe overdækkede rum med begrænset loftshøjde reducerer muligheden for at få tilstrækkeligt dagslys ind i rummene. Derimod vil højloftede rum fremme udnyttelsen af dagslys.

Lyse materialer fremmer udnyttelsen af lyset og bør generelt anvendes. Især er lyse farver omkring vinduer vigtig for at reducere blænding.

Ved for stort solindfald kan der opstå problemer med overophedning, derfor kan der være behov for solafskærmning særligt i klasselokaler med orientering mod syd. Solafskærmningen bør tage hensyn til elevernes behov for udsyn bl.a. for at kunne hvile øjet.

Den elektriske belysning bør differentieres efter forskellige aktiviteter og understøtte "naturlige" lysforhold i bygninger. Specielt i undervisningssituationer med brug af tavle bør der fokuseres på lysniveau på tavlen samt på blænding og kontrastforhold. Belysningen må ikke give direkte blænding og skal give tilstrækkelig lysstyrke på arbejdsobjekterne jf. vejledningen i DS 700 (Dansk Standard, 1997).

Der skal tages hensyn til særlige forhold som edb-skærmarbejde. Indførelsen af edb i skolerne og udviklingen i retning af undervisning i mindre arbejdsgrupper spredt over flere områder i bygningen samtidig med, at der stadigvæk vil være centraliseret tavleundervisning, stiller krav om fleksible rum med områdeopdelt belysning. Der bør desuden være god almen belysning, der muliggør rengøringen på tidspunkter, hvor der ikke er dagslys, og der bør udarbejdes rutiner for drift og vedligehold af belysningsarmaturer.

Støj og akustik

Støj og akustik spiller en meget stor rolle for gennemførelse af undervisning og for de øvrige aktiviteter i skolen. Støjproblemer kan fx skyldes åbenplan

skoler uden tekstile gulvbelægninger, ringe lydisolering til musikrum, for lange efterklangstider, behov for bedre akustisk regulering med hensyn til taleforståelighed, manglende dæmpning i gange til ophold, dårlig dæmpning i værksteder med maskiner og gamle bygninger, der ikke lever op til nuværende lydkrav i Bygningsreglementet (Boligministeriet, 1995).



Bygningens planløsning og konstruktion har stor betydning for de akustiske forhold fx er et rums overfladematerialer afgørende for efterklangstid og dermed for taleforståelsen. En tilstrækkelig dæmpning kan i traditionelle rum opnås ved dæmpende materialer i to vinkelrette flader, fx loft og sidevæg. Muligheden for dette øges ved større lofthøjde.

Lyddæmpende materialer er sjældent robuste eller lette at vedligeholde. Akustisk regulerende materialer skal derfor anbringes uden for nå-højde eller bag hullede, glatte overflader. De skal være beskyttede, så der ikke forekommer drys af fibre. Store flader med lydabsorberende materialer nedsætter muligheden for at udnytte varmeakkumuleringsevnen. Ved placeringen skal der derfor tages hensyn til at bevare passende frie overflader med tunge materialer.

Overfladebehandling af akustiske loftbeklædninger kan forringe deres akustiske egenskaber. Derfor skal der efterfølgende udføres lydmålinger, med mindre der foreligger undersøgelser, der viser konsekvensen af anvendelsen af en konkret overfladebehandling.

Ved nye planløsninger, med større rum med flere aktiviteter og med flere grupper af undervisning i større eller mindre grupper, vil der sandsynligvis

opstå mere uro og støj. Dette kræver formentlig særlige lydabsorberende tiltag. Der kan være behov for fx mobile lydabsorberende skillevægge i større åbne rum, hvor mindre grupper skal arbejde uafhængigt af hinanden. Skillevæggene skal være meget robuste og rengøringsvenlige. Gulve skal være halvhårde fx med korkment under/i linoleumsbelægninger, der skal sikres mod støj, når inventaret skubbes.

Der findes beregningsmetoder til at bestemme efterklangstiden og sikre taleforståelsen, men der er usikkerhed om, hvorledes traditionelle væg- eller loftsløsninger og mobile skærmvægge bør udføres med henblik på både akustiske egenskaber og samtidig robusthed og rengøringsvenlighed.

Valg af materialer

Materialerne giver, enten i sig selv eller ved afgivelse af absorberede lugte fra omgivelserne, bidrag til forringelse af luftkvaliteten. Gennem brug af indeklimamærkede materialer sikres mod skadelig forurening, og ved den ventilation, der skal være jf. Bygningsreglementet (Boligministeriet, 1995), vil der ikke forekomme problemer fra materialerne. Det forudsætter naturligvis en hensigtsmæssig driftsform for ventilationssystemet (fx delvis ventilering uden for brugstiden).

Der er imidlertid, på nuværende tidspunkt, ikke indeklimamærkning af de mest anvendte gulvbelægninger som pvc og linoleum, der gennem lang tids erfaring har vist sig velegnede ved passende vedligehold. Valg af disse belægninger bør derfor foretages efter en kontrol af deres lugt, og for pvc's vedkommende bør der tages hensyn til afgivelsen af eventuelle sundhedsskadelige blødgørere.

Gulvbelægninger skal desuden være antistatiske, og de fleste halvhårde gulvbelægninger som pvc og linoleumsbelægninger vil i praksis fungere tilfredsstillende. Overfladebehandlinger (fx voksbehandling) kan dog ændre materialets egentlige antistatiske evne. Ved en hensigtsmæssig overfladebehandling kan disse gener undgås, bortset fra ganske korte perioder i den koldeste vintertid.

Rengøring

Rengøring af skoler har været et forsømt område på grund af besparelser. Derfor er der ofte meget støv og snavs i skolerne. Undersøgelser har vist, at støv har en negativ effekt på oplevelsen af luftkvaliteten, og forøger indeklimasymptomerne. Andre undersøgelser har vist, at der er sammenhæng mellem organisk støv og ubehag i form af træthed og andre indeklimasymptomer. Det støv, der findes i skoler, kan være med til at øge generne hos allergikere eller medvirke til allergiens opståen. Årsagen er sandsynligvis den organiske del af støvet, som bl.a. indeholder allergener, herunder skimmelsvampe.

Ved valg af byggematerialer bør de nødvendige behandlings- og rengøringsmidler vurderes nøje med henblik på at sikre rengøringspersonalets arbejdsmiljø og senere elevernes sundhed ved at vælge rengøringsmidler, der ikke afgiver stoffer til indeklimaet. Materialerne skal derfor være lette at rengøre med indeklimavenlige midler og metoder. Der bør foreligge rengørings- og vedligeholdelsesprogrammer med angivelse af hvilke midler og metoder, der kan anvendes under hensyntagen til luftkvaliteten på kort sigt (midlernes afgivelse af stoffer, slid m.m.) og på langt sigt (nedbrydning af materialer).

Resultaterne, som er gengivet i dette afsnit er mere udførligt beskrevet i By og Byg Resultater 015: Sunde skoler. Indeklimaforhold i undervisningsrum og institutioner for børn (Kirkeby, Nielsen, Engelund Thomsen & Valbjørn, 2001).

Bedre udnyttelse af dagslyset i skoler

Det er muligt at spare mellem 25 og 45 pct. af energiforbruget til belysning ved at projekterer skoler, så de udnytter dagslyset bedre. Det viser en undersøgelse af ni eksisterende skoler i Ballerup, København og Farum, som er et led i første fase af Energiforskningsprogrammet 'Program for energieffektive skoler'. En analyse af skolernes elforbrug viser, at alene ved at anvende bevægelsesmeldere kan man opnå en elbesparelse af størrelsesorden 5-10 pct. af det eksisterende forbrug.

Det antages ofte, at godt dagslys og høj dagslysudnyttelse forudsætter store vinduer. Undersøgelsen af de ni skoler, hvor forholdet mellem rudeareal og gulvareal (glasprocent) varierede mellem 10 og 25 pct., viser imidlertid, at der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem glasprocent og lysmængde eller lyskvalitet. En høj dagslysudnyttelse kan opnås ved et forhold mellem glasareal og gulvareal på helt ned til 15 pct., hvis dybden af lokalet ikke er over to gange højden fra gulv til overkant af vinduer. Ved dybere lokaler bør glasprocenten være 20-25 pct.

Bedste dagslys i klasselokaler med sidelys

Blandt de undersøgte skoler forekom det bedste dagslys i de to skole med de enkleste vinduesløsninger, nemlig almindeligt sidelys fra én side gennem vinduer i facaden og med et rudeareal på 15 pct. af gulvarealet. Medvirken- de til det gode dagslys i disse skoler er, at rumdybden er forholdsvis beske- den - mindre end to gange rumhøjden - samt at der er lyse farver på vindu- esrammer, vinduesnicher og alle overflader.



Klasselokalet er velbelyst med en god kontrastfordeling og kun en smule himmelblænding. Orienteringen mod syd bevirker, at der er behov for solafskærmning. Det har man valgt at løse med et udvendigt lameludhæng samt indvendige gardiner.

I klasselokaler med orientering mod syd er der behov for solafskærmning. Normalt er permanent solafskærmning ikke hensigtsmæssig i Danmark, hvor vi har gråvejrt to tredjedele af tiden, men et udhæng kan være med til at afhjælpe blændingsgener fra himlen og udjævne lysfordelingen ind gennem rummet. Anvendelse af indvendige persienner eller rullegardiner i stedet for almindelige gardiner giver en større lysmæssig fleksibilitet, idet de giver bedre mulighed for delvis afskærmning.

Højtplacerede vinduer med blændingsproblemer

I tre af de undersøgte skoler er det almindelige sidelys suppleret med lys gennem højtplacerede vinduer trukket tilbage fra facaden. I de fleste tilfælde er disse rum rigtigt tænkt, men flere detaljer medfører, at dagslyset alligevel ikke bliver tilfredsstillende.

Hovedproblemerne ved de højtsiddende lodrette vinduer er, at de ikke forsynes med en solafskærmning af tilstrækkelig kvalitet, og at vinduesomgivelserne er for mørke. Begge forhold medfører blændingsproblemer og store kontraster, som bevirker, at de underliggende dele af klasselokalerne virker dunkle.

Man skal være opmærksom på, at jo dybere et lokale er, og jo højere vinduerne er placeret, desto vigtigere er det, at specielt den øverste del af vinduerne forsynes med en effektiv og regulerbar solafskærmning. Højtsiddende lodrette vinduer giver nemlig ofte problemer med blænding og store kontraster.

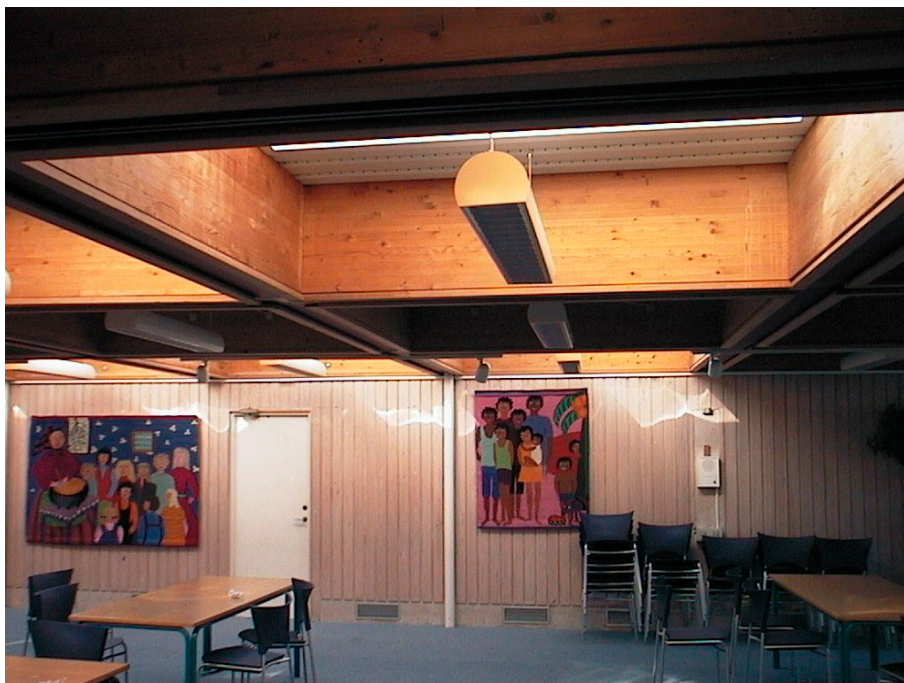
Lyse farver, særligt omkring vinduerne og på lofter, giver bedre udnyttelse af reflekslyset og samtidig reduceres kontrasten mellem vindue og omgivelser. Mange eksisterende skoler er opført i 1970'erne med et rustikt præg af mørke materialer og farver. Alene ved at gøre overfladerne lysere, vil man kunne forbedre dagslysforholdene i disse skoler væsentligt.



I dette klasselokale får den lavere del af rummet dagslys fra et gennemgående vinduesbånd, mens det største areal hovedsageligt får dagslys fra et stort højtsiddende vinduesparti placeret over nichen. Som udgangspunkt giver disse lysindtag en god og nuanceret lysfordeling i hele lokalet, og mørke hjørner er stort set undgået. Men træbeklædningen i den lavere del af lokalet stjæler en del af reflekslyset, og det samme gør sig gældende for loftet i det store rum.

Uheldig brug af ovenlys

I to af de undersøgte skoler er der meget dybe lokaler, hvor vinduerne i sidevæggen er suppleret med ovenlys. Disse er imidlertid ikke placeret, hvor der er mest behov for lys, dvs. i de bagerste del af lokalet. Rummenes store dybde i forhold til højden og det deraf følgende forholdsvis lave dagslysniveau bevirker, at der især i solskin opstår kontrastproblemer, således at stort set alt, der befinder sig imellem én selv og vinduerne, ses i silhuet.



Denne skole var oprindeligt en åben-plan skole. Desværre har ombygningen bevirket, at ovenlysene ikke altid er placeret der, hvor man kunne få mest gavn af dem. Der forekommer derfor urimeligt mørke områder i nogle af lokalerne. Derudover er lysarmaturene flere steder monteret direkte under ovenlysene. En del af ovenlysenes trærammer er for nylig blevet hvidpigmenterede – det samme gælder i øvrigt også for loftdragerne - og det er tydeligt at se, at dette nedsætter kontrasterne og medvirker til at skabe et lysere og mere luftigt indtryk.

Tips til bedre udnyttelse af dagslyset i skoler

- God dagslysudnyttelse kan opnås ved en glasprocent (glasareal i forhold til gulvareal) på helt ned til 15 pct., hvis rummets dybde ikke er mere end to gange højden fra gulv til overkant af vinduer
- I dybere rum med begrænset loftshøjde reduceres muligheden for at få tilstrækkeligt dagslys ind i rummet. Her bør glasprocenten være 20-25 pct.
- Ovenlys kan forbedre dagslysudnyttelsen i dybe rum, ligesom en visuel åbenhed af bygningerne og passende udsyn til omgivelserne bør fremmes
- Solafskærmning bør være fleksibel og tage hensyn til elevernes behov for udsyn og mulighed for at hvile øjet. Persienser og rullegardiner er bedre end almindelige gardiner, da de giver mulighed for delvis afskærmning
- Permanent solafskærmning er ikke hensigtsmæssig i Danmark, hvor det er gråvejr det meste af tiden. Men udhæng kan bruges til at reducere blændingsgener fra himlen og udjævne lysfordelingen ind gennem rummet

- Lyse materialer fremmer udnyttelsen af lyset og bør generelt anvendes. Især er lyse farver omkring vinduer vigtige for at reducere blænding, mens mørke farver fremmer kontrasten mellem vindue og omgivelser og dermed øger risikoen for blænding
- Højsiddende vinduer giver ofte problemer med blænding og store kontraster. De bør forsynes med en fleksibel solafskærmning og overfladerne omkring vinduerne bør have en lys farve.

Resultaterne, som er gengivet i dette afsnit, er mere udførligt beskrevet i By og Byg Resultater 003: Energieffektive skoler (Gunnarsen et al., 2001).

Energieffektiv ventilation i skoler

Opvarmning og ventilation er de mest energiforbrugende aktiviteter i mange skoler. Men det er ikke påvist, at skoler med lavt energiforbrug har et dårligere indeklima end skoler med et højere forbrug. Man må derfor forvente, at det er muligt at nedsætte energiforbruget betydeligt ved hensigtsmæssig projektering og drift af bygningerne.

Syv gode principper for skoleventilation

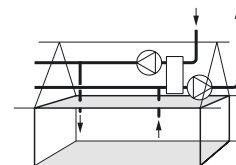
Som led i første fase af Energiforskningsprogrammet 'Program for energieffektive skoler' har By og Byg gennemgået ventilationssystemer i udvalgte skoler. Herudfra har det været muligt at identificere syv lovende ventilationsløsninger, som det er relevant at overveje, når man skal planlægge nye skoler.

De syv udvalgte løsninger gør det alle muligt at tilvejebringe temperaturstyring og god luftkvalitet med et begrænset energiforbrug. Principperne er dog ikke velegnede i alle bygninger. Det endelige valg må derfor afhænge af brug og bygningsudformning. Listen kan tjene som idekatalog tidligt i planlægningen af en ny bygning:

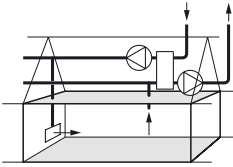
- Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, fortrængningsprincippet
- Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, opblandingsprincippet
- Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding on/off styring i de enkelte rum via bevægelsesfølere, fortrængningsprincippet
- Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, opblandingsprincippet. Fabriksfremstillet ventilationsaggregat med varmegenvinding og varmeplade i hvert rum
- Ventilatorunderstøttet naturlig ventilation styret af temperatur og CO₂ med forvarmning af udeluften i jordkanaler og krybekælder
- Brugerstyret naturlig ventilation ved åbning af vinduer i såvel tag som facader. Automatisk vinduesåbning ved høje temperaturer og evt. suppleret med tidsstyrede jævnlige åbninger
- Naturlig ventilation styret af temperatur og CO₂ med forvarmning af udeluften i konvektorer ved facaden

Balanceret mekanisk ventilation

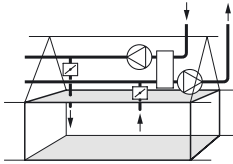
Balanceret mekanisk ventilation giver gode muligheder for varmegenvinding og stor luftudskiftning. Ydelserne i overensstemmelse med bygningsreglementets krav vil med stor sikkerhed kunne tilvejebringe sundhedsmæssigt tilfredsstillende forhold i en skole. Ydelserne er ikke tilstrækkelige til at sikre god luftkvalitet ved alle tænkelige belastninger, men suppleret med oplukkelige vinduer vil denne løsning være et fornuftigt valg i mange skoler. Dette gælder særligt for skoler i støjende eller forurenede omgivelser, for skoler med stor bygningsdybde eller sammenhængende arealer og for klasserum med særlige belastninger.



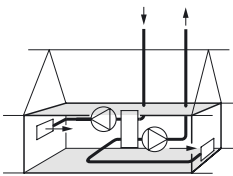
Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, opblandingsprincippet.



Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding, fortrængningsprincippet.



Balanceret mekanisk ventilation med on/off styring i de enkelte klasser via bevægelsesfølere.



Fabriksfremstillet ventilationsaggregat med varmegenvinding og varmeplade i hvert klasselokale.

Den besparelse i opvarmningsenergi, der typisk opnås i varmevekslere, er ofte mere end fire gange større end elforbruget til ventilatorer i typiske anlæg med balanceret ventilation og varmegenvinding.

Skoler med mekanisk ventilation må forventes bedre at kunne håndtere eventuelle stigende varmebelastninger fra øget brug af computere i klasserummene. Udformningen af skolernes plan og snit vil være afgørende for, om der skal foretrækkes opblandingsventilation eller fortrængningsventilation.

Behovstilpasningen byder på særlige udfordringer

For at kunne reducere energiforbruget er det væsentligt, at ventilationen tilpasses det aktuelle behov. Det kan fx ske ved at store centrale anlæg forsynes med individuel ydelsesstyring for de enkelte klasserum. En simpel on/off styring af ventilationen via bevægefølere i de enkelte klasserum kan være tilstrækkeligt.

En anden mulighed er fabriksfremstillede ventilationsaggregater, der op sættes i hvert enkelt klasseværelse. Disse har et betydeligt potentiale for at give bedre tilpasning af ventilationen i de enkelte rum, samt for at reducere anlægsomkostningerne og gøre ventilationen mere forståelig for den enkelte bruger. Måske kan der desuden opnås varmebesparelser og reduceret forbrug i ventilatorer i det simple anlæg med begrænsede kanallængder. Erfaringerne er endnu begrænsede, og det er nødvendigt at være særligt opmærksom på støj, holdbarhed, vedligeholdelsesudgifter og nødvendig bestyknings af de enkelte anlæg.

Vinduesudluftning

Naturlig ventilation baseret på vinduesudluftning giver under en række forudsætninger – bl.a. at elever og lærere bruger vinduerne fornuftigt – gode muligheder for energioekonomisk drift af en skole. Det kræver dog, at brugerne er indstillet på, at træk og kølig luft kan begrænse brugen af lokalerne under udluftningen særligt om vinteren.

Det er vigtigt, at vinduerne åbnes tilstrækkeligt – mindst én gang i timen – til at udskifte luften et par gange. Et sådant system kan kun fungere under ydre forhold uden særlig forurening, i rum med begrænset dybde og under inddragelse af skolens brugere.

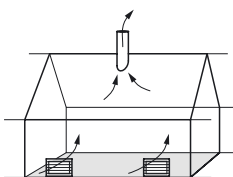
Systemet stiller også krav til vinduernes udformning, da vindtryk og skorsten-virkning kan bidrage til at forøge luftudskiftningen, hvis tværventilering eller vertikalventilering er mulig.

Byggematerialerne bør desuden udvælges, så de ikke forurener indeluften unødvendigt, og de skal have stor kapacitet for lagring af temperatur og luftforurening. Det vil også være nødvendigt med forøget luftvolumen i klasserummene for at have tilstrækkelig kapacitet til at kunne begrænse udluftningerne til én gang i timen.

Naturlig ventilation via åbninger og kanaler

Naturlig ventilation baseret på permanente åbninger, kanaler og med forvarmning af indblæsningsluften kan være et attraktivt supplement til vinduesudluftning.

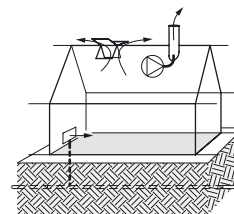
Ved forvarmning af ventilationsluften undgås en del af trækgenerne, og der er mulighed for at få varmetilskud fra jorden eller andre gratis varmekilder. Men sammenlignet med egentlig varmegenvinding kan energioekonomien blive problematisk, hvis ydelsen er på linie med bygningsreglementets eksplicitte krav til udelufttilførsel og behovstilpasningen er begrænset.



Naturlig ventilation med forvarmning af udeluften i konvektorer ved facaden.

Det kan ikke anbefales, at koble forvarmningen af ventilationsluften til rumtemperaturstyringen. Ved skiftende brug og belastning af klasseværelser er der sjældent sammenfald mellem behovet for rumopvarmning og behovet for forvarmning for at undgå træk.

Det er vigtigt, at jordkanaler udføres med stor sikkerhed mod vandindtrængning. Om sommeren, hvor den varme udeluft indeholder meget vand, kan fugten kondensere på jordkanalernes overflader med deraf følgende risiko for vækst af skimmelsvampe. Kanalerne skal derfor kunne inspiceres, og de skal rengøres jævnligt for at undgå skimmelsvampevækst.



Ventilatorstøttet naturlig ventilation med forvarmning af udeluften i jordkanaler og krybekælder.



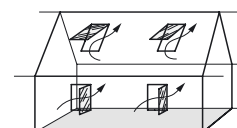
Enghøjsskolen i Hvidovre er et godt eksempel på en skole, hvor man i forbindelse med en renovering har etableret naturlig ventilation i klasselokalerne. Rumvolumenet i klasselokalerne er øget betragteligt ved at flyttet lokalerne til 1. sal og inddrage tagrummet. I stueetagen ligger faglokalerne, som har mekanisk ventilation.

Brugerstyring giver tilfredshed

Brugere, der er indstillet på at påtage sig en del af ansvaret for udluftningen, er afgørende, hvis indeklimaet skal forbedres, og energiforbruget reduceres i skoler. Det er derfor vigtigt, at de klimastyrende foranstaltninger er forståelige for brugerne.

Flere undersøgelser har vist, at brugere med indflydelse på egne forhold ofte er mere tilfredse med indeklimaet. Brugertilfredsheden i en bygning med effektive brugerstyrede udluftningsmuligheder kan være fuldt på højde med tilfredsheden i en bygning med kraftig mekanisk ventilation.

Et ydre miljø med støj- og luftforureningskilder kan selvfølgelig begrænse muligheden for at bruge vinduesåbninger til udluftning, men hvis skolen ligger i fredelige omgivelser uden forurening, er det en god idé at udnytte mulighederne for simple, brugerstyrede ventilationsløsninger som fx vinduesudluftning.



Brugerstyret naturlig ventilation ved åbning af vinduer i såvel tag som facader.

Resultaterne, som er gengivet i dette afsnit, er mere udførligt beskrevet i By og Byg Resultater 003: Energieffektive skoler (Gunnarsen et al., 2001) og By og Byg Resultater 004: Reduceret energiforbrug til skoleventilation (Gunnarsen, 2001).

Krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri

Folkeskoleloven indeholder ikke krav til folkeskolens bygninger, men derimod en række krav til skolens pædagogiske virksomhed. De få tekniske krav, der stilles til skolens lokaler, fremgår af Bygningsreglement af 1. april 1995 (BR) (Boligministeriet, 1995) samt af Arbejdstilsynets regler. Det samme gør sig gældende for daginstitutionsområdet. I SBI-anvisning 196: Indeklimahåndbogen (Valbjørn, Laustsen, Høwisch, Nielsen & Nielsen, 2000) er der samlet krav og vejledende værdier til indeklimaet.

Størrelse af klasse- og opholdsrum

Ved en arealberegning af klasserummet skal benyttes dels Folkeskoleloven og dels BR 95. Folkeskoleloven bestemmer, at der max. må være 28 elever i en klasse, mens BR 95 stiller krav om minimal rumvolumen på 6 m^3 pr. person, når der etableres effektiv, mekanisk ventilation. I et klasserum med et gulvareal på 60 m^2 og med den normalt anbefalede lofthøjde på 3 m vil rumvolumen på 180 m^3 akkurat kunne dække ovennævnte volumenkrav på 6 m^3 med det maksimale elevtal på $28 + 2$ lærere. Ved denne maksimale belastning vil der være indskrænkede muligheder for møbleringen.

Ovenstående gælder ved nye folkeskoler opført efter BR 95, mens der ved eksisterende ældre skoler tidligere har kunnet dispenseres ned til $4,2 \text{ m}^3$ pr. elev i henhold til et cirkulære fra 1938. Forudsætningen var vinduesudluftning i frikvarter og etablering af store luftventiler/-lemme til sikring af fornøden frisklufttilførsel.

For at skabe ensartede forhold for elever/studerende kan man, ved en vurdering af volumenkrav i eksisterende normalundervisningsrum efter opmåling af rummets volumen, beregne den maksimale personbelastning ud fra 6 m^3 normen, suppleret med driffforskrifter om brugeradfærd, herunder tvungen vinduesudluftning, etablering af overtøjsgarderobe uden for undervisningslokalet og lignende.

Ifølge BR 95 skal opholdsrum i dag- og døgninstitutioner for pasning af børn mindst have et frit gulvareal på 3 m^2 pr. barn i vuggestuer og på 2 m^2 pr. barn i børnehaver.

Temperaturer og træk

Ifølge Arbejdstilsynets At-vejledning A.1.2. om indeklima (Arbejdstilsynet, 2001) anses temperaturen at være passende, når den er i området $20-24 \text{ }^\circ\text{C}$, men af hensyn til luftkvaliteten bør den holdes på $21-22 \text{ }^\circ\text{C}$. Lufthastigheden bør ved stillesiddende arbejde holdes under $0,15 \text{ m/s}$, når temperaturen er i det lave komfortområde. Beklædning og aktivitet har også betydning for komfortoplevelsen.

Ventilation og luftkvalitet

BR 95 stiller krav om mekanisk ventilation i dag- og døgninstitutioner, hvor indblæsning og udsugning skal være mindst 3 l/s pr. barn og mindst 5 l/s pr.

voksen samt 0,4 l/s pr. m² gulv. I klasserum er kravet 5 l/s pr. person samt 0,4 l/s pr. m² gulv svarende til ca. 6 l/s pr. person ved 25 personer i et lokale med et gulvareal på 60 m². Der skal i fællesarealer anvendes den største ventilationsydelse. Mekanisk ventilation kan dog fraviges i undervisningsrum ved at benytte særlige byggetekniske tiltag, som fx større rumvoluminer pr. person, brug af flere udluftningsmuligheder, herunder mulighed for tværv ventilation under forudsætning af, at der kan opretholdes et sundhedsmæssigt tilfredsstillende klima. Arbejdstilsynet anbefaler, at der dimensioneres ud fra en gennemsnitlig CO₂-koncentration på 1000 ppm og at luftskiftet, hvis koncentrationen overstiger 2000 ppm i længere perioder, bør øges eller personbelastningen reduceres.

Ved valg af materialer bør der tages hensyn til, at materialerne ikke bør afgive gasser og dampe af betydning. Dette kan dokumenteres gennem en indeklimamærkning, der indeholder dels en sensorisk vurdering dels en toksikologisk vurdering, baseret på en kemisk analyse af emissionerne.

Skolebyggeri skal være robust og slidstærkt og holde til mange menneskers daglige og meget forskellige brug. Der skal derfor vælges rengøringsvenlige materialer, hvorved forstås materialer, der kan holdes rene uden brug af specielle rengøringsmetoder og -midler, og materialer der ikke akkumulerer støv og snavs. Materialerne skal også være nemme at vedligeholde.

Dagslys og belysning

Ifølge bygningsreglementet skal arbejdsrum have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er velbelyste. Dagslystilgangen vil normalt være tilstrækkelig, når vinduesarealerne ved sidelys svarer til 10 % af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 % af gulvarealet.

For belysningsanlæg kræves det ifølge BR 95, at energiforbruget begrænses mest muligt under hensyntagen til rummets udformning og anvendelse, og der er krav til belysningens kvalitet og driftstid. Anlægget skal udføres opdelt i zoner med mulighed for styring efter dagslysforhold og aktiviteter. Belysningsanlæg skal udføres på grundlag af DS 700-serien "Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler" (Dansk Standard, 1997), hvilket er eksemplificeret i branchevejledningen om belysning i klasseværelser (Branchesikkerhedsråd, 1988).

Brand

En af de vanskelige ting ved disponeringen af en skole, er brandsektioneringen. Hvis bygningen indeholder mere end én etage, må arealet af brandsektionen ikke overstige 600 m² i følge BR 95. Hvis undervisningsafsnittet er i én etage, kan arealet af brandsektionen være op til 2000 m². Dette forhold har stor betydning, hvis man planlægger at benytte sig af indskudte etager eller hemse.

Bygningers lydisolering

Lyd eller støj kan virke stærkt distraherende og kan derfor medvirke til nedsat koncentration. Det er derfor et vigtigt område, når man skal planlægge et skolebyggeri, både hvis det drejer sig om nybyggeri og hvis det drejer sig om ombygning. Der findes fx i SBI anvisning 172 (Kristensen, 1992) materiale til brug ved projektering og eftervisning af lydforhold i skoler. BR 95 indeholder ret detaljerede krav til luftlydisolation, trinlydniveau, støjniveau og efter-

klangstid i undervisningslokaler. Der er strengere krav til efterklangstiden i daginstitutioner end i klasserum. Disse krav er fastsat ud fra erfaringer fra 50'erne, 60'erne og 70'erne og baserer sig på det, der i dag må betegnes de gamle undervisningsformer. I rapporten "Lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner" fra By- og Boligministeriet (Hoffmeyer, 1999) er der foretaget en analyse af behov og muligheder for ændrede lydbestemmelser i bygningsreglementet til forbedring af lydforholdene i skoler. Det fremgår heraf, at der blandt andet med henvisning til de nye undervisnings- og indretningsformer, der følger af folkeskoleloven fra 1993, vil være behov for ændrede bestemmelser for lydisolering og efterklangstid. Der er påbegyndt en revision af bygningsreglementet på dette punkt.

Miljø

De miljømæssige overvejelser i forbindelse med et byggeri bør indgå allerede fra planlægningsstadiet. Dette er endnu ikke indeholdt i lovgivningen, men mange bygherrer har erkendt behovet og kræver, at der ved planlægning og projektering tages miljühensyn. I BPS publikation 121 gives en række vejledninger til miljørigtig projektering (BPS-centret, 1998).

Arbejds miljø

Arbejds miljølovgivningen indeholder en lang række bestemmelser i forbindelse med planlægning, projektering, opførelse og renovering af bygninger. De fleste bestemmelser er beskrevet i At-meddelelser, som udsendes af Arbejdstilsynet. Som supplement hertil er der fra Branchesikkerhedsrådet for undervisning (BSR 12) (Branchesikkerhedsråd, 1997) udsendt vejledninger om forhold, der vedrører skolers arbejds miljø. Fra Branchearbejds miljørådet Social & Sundhed er der udsendt en vejledning om indretning af daginstitutioner (Branchearbejds miljøråd, 2000). Disse vejledninger vil sammen med en række mindre publikationer fra BSR 12 være velegnede som baggrundsmateriale for projektering. BSR og Arbejds miljøfondet er nedlagt ved udgangen af 1998, og BSR er erstattet af Branchearbejds miljøråd for undervisning & forskning.

Lov om elever og studerendes undervisnings miljø

Undervisningsministeriet har vedtaget en ny lov om elever og studerendes undervisnings miljø, således at undervisningen kan foregå sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt. Desuden skal elevernes udvikling og indlæringsmuligheder fremmes. I undervisnings miljøet indgår derfor også uddannelsesstedets psykiske og æstetiske miljø. Der bliver oprettet en selvstændig, statslig institution: "Dansk Center for Undervisnings miljø", som har til formål at medvirke til at sikre og udvikle et godt undervisnings miljø i Danmark. Loven er vedtaget sommeren 2001.



Dette afsnit er uddrag af publikationen: By og Byg Resultater 015: Sunde skoler. (Kirkeby, Nielsen, Engelund Thomsen & Valbjørn, 2001)

Litteratur

- Arbejdstilsynet. (2001). *Indeklima* (At-vejledning A.1.2). København.
- Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København
- BPS-centret. (1998). *Håndbog i miljørigtig projektering 1-2* (BPS-publikation 121-1 + 121-2). Taastrup.
- Branchearbejdsmiljøråd Social & Sundhed. (2000). *Branchevejledning: Sikkerhedsorganisationens arbejde med indeklima*. København.
- Branchesikkerhedsråd 6, 8, 11 & 12. (1997). *Branchevejledning: Sikkerhedsorganisationens arbejde med indeklima*. København.
- Branchesikkerhedsråd 12. (1988). *Branchevejledning om belysning i klasseværelser*. København.
- Dansk Standard. (1997). *Kunstig belysning i arbejdslokaler* (5. udg.) (DS 700:1997). København.
- Gunnarsen, L. (2001). *Reduceret energiforbrug til skoleventilation: En interventionsundersøgelse* (By og Byg Resultater 004). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Gunnarsen, L., et al. (2001). *Energieffektive skoler: Forundersøgelser om opvarmning, ventilation og lyskvalitet* (By og Byg Resultater 003). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Kirkeby, I. M., Nielsen, P. A., Engelund Thomsen, K., & Valbjørn, O. (2001). *Sunde skoler: Indeklimaforhold i undervisningsrum og institutioner for børn* (By og Byg Resultater 015). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Kristensen, J. (1992). *Bygningers lydisolering: Nyere bygninger* (SBI-anvisning 172). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Valbjørn, O., Laustsen, S., Høwisch, H., Nielsen, O., & Nielsen, P. A. (red.). (2000). *Indeklimahåndbogen* (SBI-anvisning 196). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Temahæftet opsummerer de foreløbige resultater af By og Bygs forskning på skoleområdet. Hæftet består af 5 artikler om energiforbruget i skoler, det sunde indeklima, bedre udnyttelse af dagslyset og energieffektiv ventilation i skoler. Desuden gennemgås krav og retningslinjer for skole- og institutionsbyggeri.

Hæfte er skrevet i forbindelse med en temadag om Fremtidens energieffektive skoler, som blev afholdt af EFP - Energistyrelsens Forskningsprogram i november 2001.

1. udgave, 2002

ISBN 87-563-1111-7

ISSN 1600-8049

