

BYG BEDRE SKOLER

6 DESIGNELEMENTER, DER HJÆLPER
BØRNS INDLÆRING

VELUX®

Commercial

Mere end

64MIO.

europæiske
skolebørn og

4.5MIO.

lærere bruger
omkring

200

dage i skole hvert år

Børn bruger

70%

af deres tid
indendørs, svarende
til næsten

1

år indendørs gennem
deres folkeskoletid

...og mange studier viser, at
et veldesignet skolemiljø vil
medføre forbedret indlæring
samt styrke barnets helbred
og velvære

INTRODUKTION

Europas 64 millioner børn og unge opholder sig længere tid i skole end noget som helst andet sted uden for hjemmets fire vægge. Med omtrent 200 skoledage på et skoleår i folkeskolen tilbringer de i løbet af deres liv næsten et helt år i et klasseværelse ¹. De senere år har arkitekter påtaget sig et stort ansvar for at udvikle skolebyggeriet, så det står mål med moderne praksis for undervisning. Fokus på børns boglige præstationer er i mellemtiden ikke blevet mindre, så hvordan kan vi fortsætte med at udvikle skolebyggeriet, så det understøtter optimal læring, samtidig med at det bliver stadig sundere for børn at opholde sig i?

Det spørgsmål er måske mere vigtigt end nogen sinde før at finde svar på. Europa oplever lige nu en vækst inden for nybyggeri og renovering af uddannelsesinstitutioner, hvis omfang vi ikke har set siden 1970´erne. Det har givet både arkitekter og undervisere helt unikke muligheder for at gentænke uddannelsesinstitutionerne og det fysiske miljø således at de får en positiv effekt på læring og trivsel.

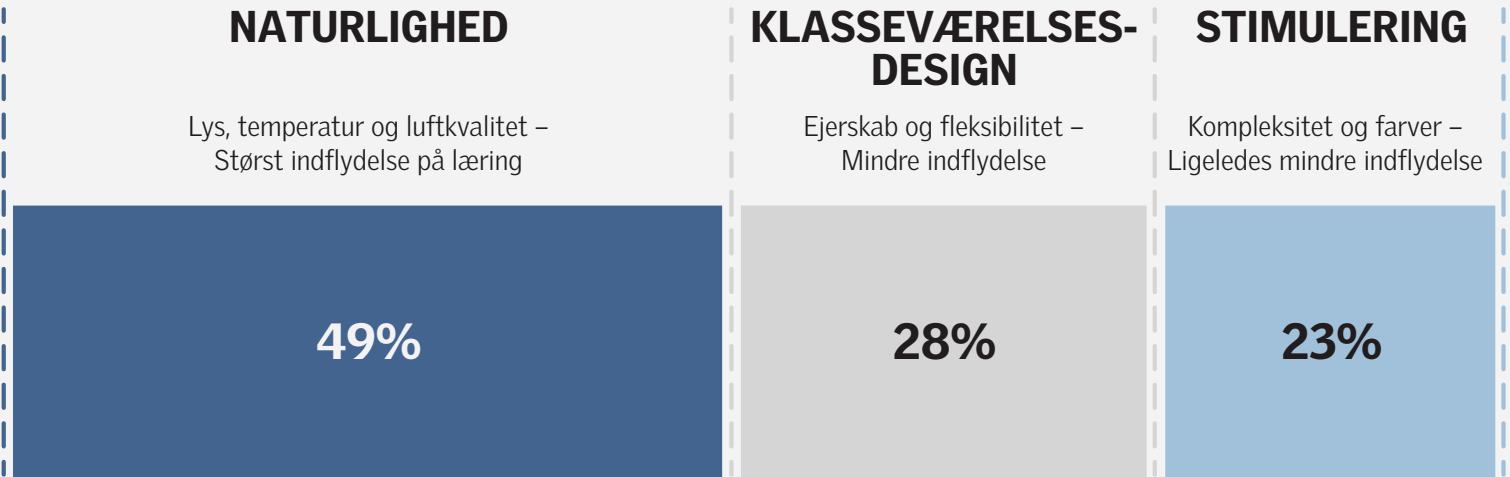
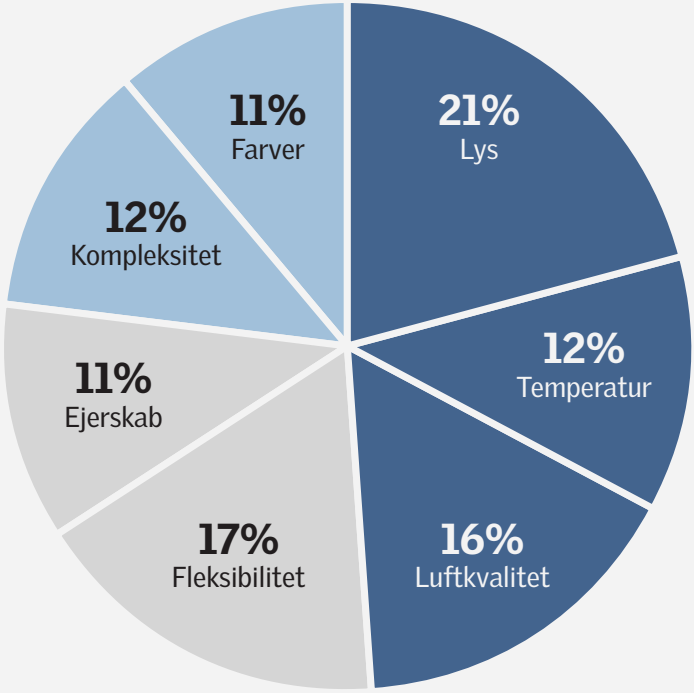
1 SINPHONIE final report [LINK](#)

Denne guide, og HEAD-studiet, som den primært er baseret på, anskuer tre fundamentale fysiske karakteristika for skoledesign, der alle er fundet særligt indflydelsesrige for læring:

- Naturlighed: Lys, temperatur og luftkvalitet. Disse elementer udgør tilsammen halvdelen af skoledesignets indflydelse på indlæring.
- Klasseværelsesdesign*: Ejerskab og fleksibilitet udgør en fjerdedel af indflydelsen på indlæring.
- Stimulering: Komplexitet og farver udgør ligeledes en fjerdedel af indflydelsen på indlæring

*I HEAD-studiet betegnes det, vi her kalder klasse- værelses-design som "individualisering".

Derudover ser vi også på lyd, som HEAD-studiet anerkender som en "sekundær faktor" til naturlighed. Det betyder, at det beviseligt har indflydelse på indlæring, men blot ikke i lige så høj grad som de andre faktorer.



Nyskabende forskning på feltet

Der er allerede meget konkret erfaring på området, men nylig forskning fører egentligt bevis for at et grundigt arbejde med design af selve klasseværelset kan resultere i, at børns indlæring inden for særligt de boglige fag øges betydeligt. Forskningsprojektet er gennemført på University of Salford i Manchester, UK, i et team under Peter Barrett, professor i ledelse af byggeri og ejendom. Projektets titel er HEAD (the Holistic Evidences and Design Project¹).

Teamet konkluderede, at forskelle i fysiske karakteristika for klasseværelser gav en variation i fremskridt for læring på 16 % i løbet af et år blandt de 3.766 skolebørn, der indgik i studierne. Kort sagt: jo bedre klasseværelser er design, des bedre klarer børn sig bogligt.

De vitale elementer i designet

Resultaterne i HEAD-undersøgelsen afslører, at nedenstående elementer i designet er af helt grundlæggende betydning for, at læring i et klasseværelse bliver styrket.

- Dagslys
- Luftkvalitet
- Lyd
- Temperatur
- Klasseværelsesdesign
- Stimulering

² Clever Classrooms – Resumé af HEAD-projektet [LINK](#)

Det er første gang, man har ført isoleret bevis for effekten af det samlede design af rum på brugere i virkelige situationer. Tidligere har man studeret enkeltstående elementer som for eksempel luftkvalitet. Indtil nu har det dog hovedsageligt været formodninger, der har ligget til grund for opfattelsen af, hvordan alle rummets elementer samlet set påvirker mennesker i virkeligheden.

Hen over tre år udførte forskerne på HEAD-projektet detaljerede undersøgelser af 153 klasseværelser fordelt på 27 meget forskellige skoler, mens de samlede statistikker for indlæring blandt de elever, der opholdt sig i rummene.

Betydningen af sensoriske faktorer

Forskerne fandt frem til resultaterne ved at isolere en bred variation af rummets sensoriske faktorer fra andre faktorer, som for eksempel eleverne selv og deres lærere, ved hjælp af statiske bearbejdning af data.

Som de bemærkede i deres forskningsrapport: "Det viser sig overraskende, at skolens omhelhed (f.eks. størrelse, navigation, fagspecifikke faciliteter eller legearealer) ikke synes at være nær så vigtig som designet af de enkelte klasseværelser. Budskabet er, at hvert eneste klasseværelse skal designes med omtanke".

Se guidelines for, hvordan resultaterne i HEAD-projektet kan

implementeres i udviklingen af læringsmiljøer.

Det giver desuden mening at overveje, hvordan principperne for at skabe rammer for optimal læring kan omsættes til byggerier med andre aktiviteter. Mens vi bygger bedre klasseværelser, hvorfor så ikke bygge endnu bedre sundhedsfaciliteter, bedre arbejdspladser og endnu bedre boliger?

INDHOLD

Dagslys	5
Case: Sågbäcksgymnasiet	10
Indendørs luftkvalitet	14
Case: Ryparken Lille Skole	16
Lyd	19
Temperatur	21
Case: Hessenwaldschule	24
Klasseværelsesdesign	27
Stimulering	30



DAGSLYS



CASE: SÅGBÄCKSGYMNASIET



INDENDØRS LUFTKVALITET



CASE: RYPARKEN LILLE SKOLE



LYD



TEMPERATUR



CASE: HESSENWALDSCHULE



KLASSEVÆRELSESDSIGN



STIMULERING



1 DAGSLYS

Vi ved alle, at den bedste modgift mod 'vinterdepression' og det at dagene bliver kortere og kortere, er et afbræk til et varmere og mere solrigt klima, helst med en sandstrand og et klart og blåt hav.

Den positive effekt af dagslys kan også mærkes under mindre målestoksforhold og i en bred variation af fysiske miljøer – fra boliger og arbejdspladser til skoler og universiteter. Derfor er det nok ikke nogen overraskelse, at lys viste sig at være en af de vigtigste faktorer for klasseværelsets indeklima, der påvirker elevers indlæringssevne¹.

¹ Impact of Lighting on School Performance in European Classrooms (2016) C. Maesano and I. Annesi-Maesano, CLIMA 2016, 12th REHVA World Congress 2016, Aalborg [LINK](#)

DAGSLYS I SKOLER

MERE DAGSLYS FORBEDRER INDLÆRINGSEVNEN

Elever med mest dagslys i deres klasseværelse forbedrede sig:

20%

Hurtigere i matematiktest.

26%

Hurtigere i læsetest.

Optimalt ovenlys i undervisningslokalet betød, at eleverne forbedrede sig:

19–20%

Hurtigere end elever uden ovenlys.

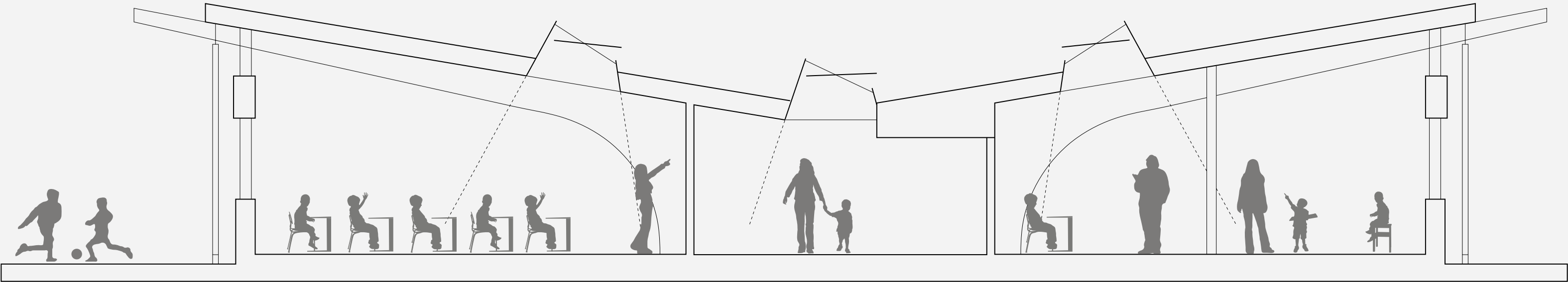
I klasseværelser, hvor vinduerne kunne åbnes, forbedrede eleverne sig:

7–8%

Hurtigere end i værelser med faste vinduer.

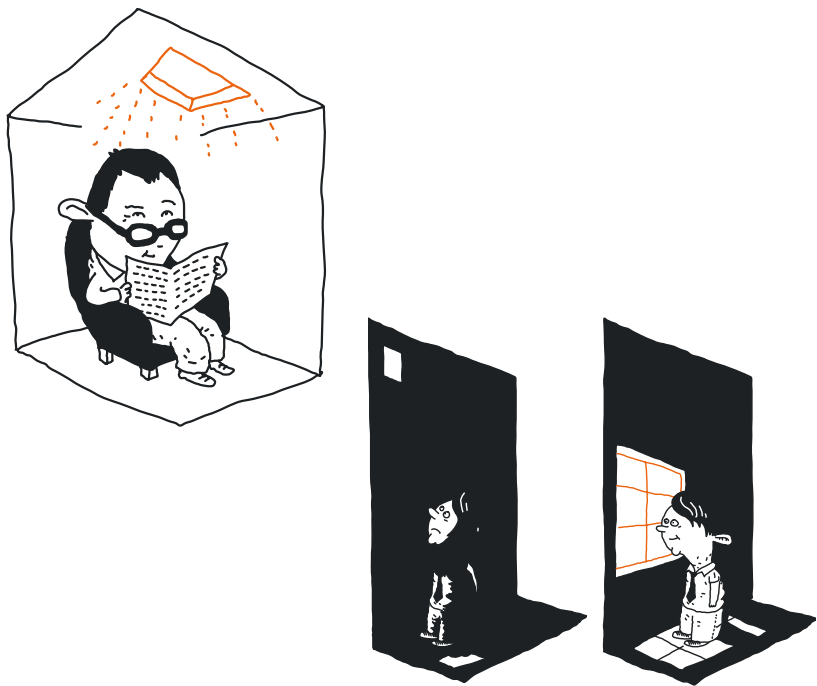
1999 af George Loisos til The California Board for Energy Efficiency Program. Indsendt af HESCHONG MAHONE GROUP

Testresultater fra flere end 21.000 studerende i 2000 klasseværelser fra distrikter i Orange County, California, Seattle, Washington, og Fort Collins, Colorado



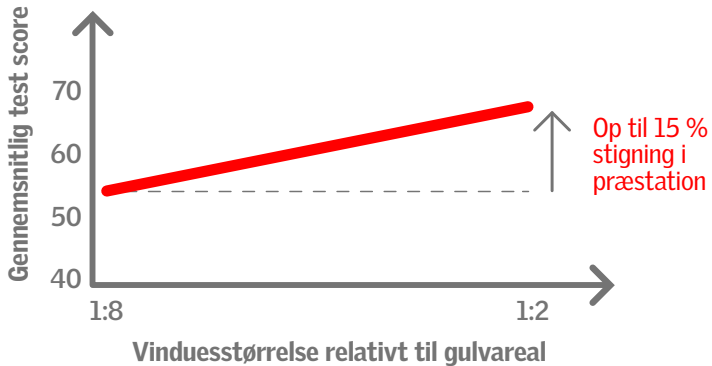
4 måder hvorpå du kan forbedre dagslysforholdene i klasseværelser

1. Sørg for at dagslys er den primære lyskilde i størstedelen af årets lyse dagtimer, når du designer skoler og klasseværelser
2. Vælg solafskærmning der sikrer gode dagslysforhold og bevarer udsyn til det fri
3. Koncentrer dig om skolens mest brugte rum. Invester i gode dagslysløsninger der, hvor eleverne er, og tillad om nødvendigt lidt mørkere områder i de øvrige dele af rummet
4. Integrer succesfulde dagslysløsninger i det samlede design af skolen, der kombinerer fordelene ved facadevinduer og ovenlys

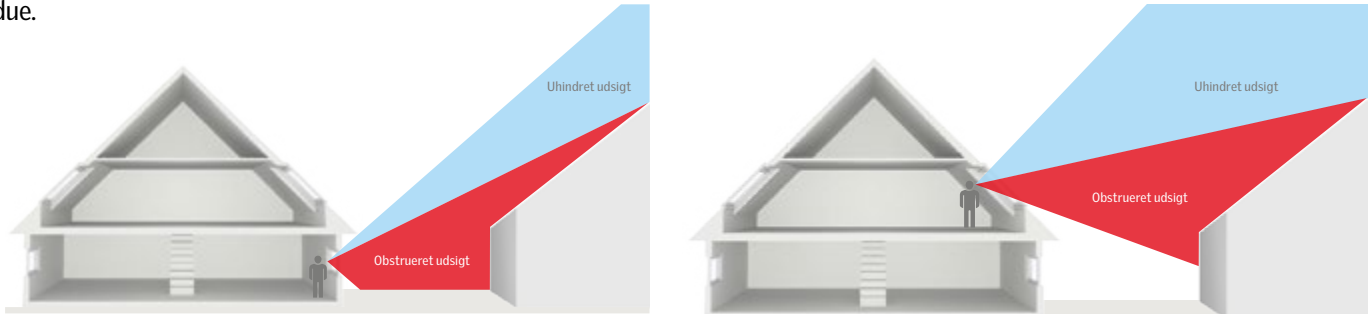


Mere dagslys forbedrer indlæringsvnen

Elever der opholder sig i klasseværelser med større vinduer klarer sig op til 15% bedre i både matematiske og logiske tests, sammenlignet med elever der opholder sig i klasseværelser med mindre vinduer.



Ovenlys er ofte mindre påvirket af udvendige skyggende forhold end et facadevindue.



Hvorfor dagslys?

Flere undersøgelser har nu vist, at dagslys ikke kun er godt for børns overordnede helbred og trivsel, det kan også forbedre deres faglige indlæring betydeligt.

En af disse undersøgelser¹, et stort EU projekt, dækkede 13 europæiske lande med deltagelse af i alt 2.387 børn. Konklusionen var, at elevers indlæring kan forbedres med op til 15%, når de opholder sig i klasseværelser med tilstrækkelig store vinduer, der sikrer at der er, såvel mere dagslys i rummet og et bedre udsyn til verden uden for.

I undersøgelsen "The Clever Classrooms Study"², der blev gennemført på University of Salford i Manchester i England, var konklusionen, at gode lysforhold understøtter en fornemmelse af fysisk og mental komfort, og fordelene synes at række længere end til blot at gælde for udsynet.

Hvordan kan man designe med dagslys?

Dagslys må suppleres med kunstigt lys af god kvalitet, når mængden af dagslys uden for ikke er tilstrækkelig til at være hovedlyskilden. Dog bør man sigte mod, at dagslyset er den primære lyskilde i

skolerne. Direkte sollys er generelt en velkommen lyskilde i bygninger i hele Europa, så længe den er ordentligt kontrolleret, når man har behov for det.

Dagslys, der passerer gennem vinduer orienteret mod nord, har en tendens til at være mere 'blødt' og diffust, og ændringer i lysniveau og lysfarve er mindre, end for andre vinduesorienteringer. Når lyset kommer ind fra andre orienteringer, giver fx direkte sollys en høj lysintensitet, der vil give rum livligt lys med høj intensitet, der hvor solen rammer.

Gode dagslysforhold kan blive særligt udfordrende i dybe klasseværelser, hvor afstanden mellem vindue i facaden og den bagerste del af rummet er betydelig. Lyset fra vinduerne aftager hurtigt, jo længere ind i rummet, man befinder sig. Fornuftig placering af ovenlys vil ofte være en rigtig god løsning i situationer, hvor rummets form eller størrelse ikke giver en passende dagslysmængde i hele rummet. Hvis der evt. ikke er mulighed for ovenlys, kan lystunneler være et effektivt alternativ.

En yderligere fordel ved at skabe åbninger, der trækker dagslys ind i rummet, er at der gives adgang til udsyn for brugeren. Man kan følge med i vejret og tid på dagen og året.

Der er en række faktorer, der skal tages højde for, når det vurderes, hvor meget dagslys, der kan komme fra vinduer i tag og facade. Disse faktorer er

blandt andet rudernes lystransmitans, væg og lofttykkelse, rummets dybde, udvendig skyggende omgivelser enten fra bygningen selv (fremspring over vinduet som for eksempel altaner eller udhæng) eller andre bygninger. De udvendige skyggende omgivelser er desuden ofte mindre generende for tilgang til dagslyset for et ovenlys sammenlignet med et vindue i facaden. Når man sammenligner et ovenlys med et facadevindue af samme størrelse, vil ovenlyset give dobbelt så meget dagslys til rummet.

Kontrol af blænding

Blænding opstår, når områder, med høj lysintensitet (for eksempel en solplet i rummet), befinder sig inden for synsfeltet eller når kontrastforholdene er store. Men vi er også tilbøjelige til at være lidt mere tolerante over for blænding fra vinduer⁴. Selvom gode dagslysforhold er essentielt for et klasseværelse, er det fortsat nødvendigt at afskærme for dagslyset, når det er ønskeligt eller for at undgå evt. gener fra det direkte sollys. Med nutidens anvendelse af multimedia, interaktive whiteboards og projektorer i klasseværelserne etc. er det vigtig at have løsninger der er fleksible til at håndtere forskellige krav.

Med det som udgangspunkt, er det vigtigt at overveje vinduernes orientering og valg af afskærmning. For eksempel kan risiko for blænding fra

Bygningsstandarder og lysstyrke

Dagslysforholdene i et rum vil være bestemt af mængden af det lys der er tilgængelig udenfor, fordeling af antal timer med sol eller dage hvor himlen er overskyet osv. For at imødekomme de klimatiske forskelle der er, fra et sted til et andet, så anbefaler udkastet til en Europæisk Standard for dagslys (FprEN 17037) at et rum får tilstrækkeligt dagslys, hvis den indvendige belysningsstyrke fra dagslys er 300 lux eller mere for det relevante gulvareal i mindst halvdelen af dagslystimerne mellem solopgang og solnedgang. Det relevante gulvareal er forskellig, afhængig af om rummet primært har åbninger i facaden eller i taget. For et rum med åbninger i taget er det relevante gulvareal 95% af rummet. I rum med facadevinduer er det relevante gulvareal 50% og desuden anbefales et minimumsniveau svarende til 100 lux i 95% af rummet. Tilsvarende, kan en traditionel dagslysfaktor bestemmes ud fra den indvendige lysstyrke (for eksempel de 300 lux) og den mængde lys, der er udenfor bestemt af den

lokale klimafil. De såkaldte 'klimabaserede' dagslysfaktorer for alle Europæiske hovedstæder er angivet i standarden.

De absolutte lysstyrker, der er nødvendige for at udføre en bestemt visuel opgave, afhænger af opgavens karakter og det visuelle miljø, den udføres i. "Europæiske Standard, EN 12464-1: Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser" giver information om de indendørs lysniveauer, der eksempelvis anvendes i undervisningsmiljøer. Generelt anbefales de følgende niveauer:

Lux	Visuel opgave	Rumtyper
100	Begrænset til bevægelse og generel perception	Cirkulationsområder og korridorer
300	Ret simpelt	Klasseværelser (minimum lux for alle områder af et klasseværelse), undervisningslokaler, computerrum
500	Middelsvært	Auditorier, aulaer, praktiske rum og laboratorier, biblioteker og læsekroge, tavle i klasseværelser.

facadevinduer begrænses ved persienner, der effektivt kan drejes, men fortsat bevare udsyn til det fri og tillade dagslys at komme igennem. Et alternativ til persienner er en permanent afskærmning, men dette kan afstedkomme behov for flere tiltag, afhængigt af individuelle krav og forhold. Andre afskærmningsmetoder som for eksempel gardiner eller rullegardiner i stof, film eller perforerede materialer kan bruges. De vil reducere forekomsten af blænding i en vis udstrækning, afhængigt af materialets optiske egenskaber, vinduets orientering, geografisk placering og antal solskinsstimer, glassets areal og dets lystransmittans samt afstanden mellem bruger og lyskilde. Solafskærmningens egenskaber og forskellig grader af mulighed for at reducere graden af blænding er angivet i den Europæiske Standard EN 14501 "Jalousier og skodder" og i udkastet til en Europæisk Standard prEN 17037 "Dagslys i bygninger".

Kontrast er også et vigtigt aspekt og kan i sin enkelthed beskrives som forskellen i intensitet mellem to lyskilder i et tilgrænsende synsfelt. Eksempelvis, kan du overveje hvordan bilens lygter kan blænde om natten, mens det knapt ses i dagtimerne. Tilsvarende vil, eksempelvis, en kraftig lyskilde opleves mindre blændende i et overvejende velbelyst rum fordi kontrasten er begrænset sammenlignet med et enkelt stort

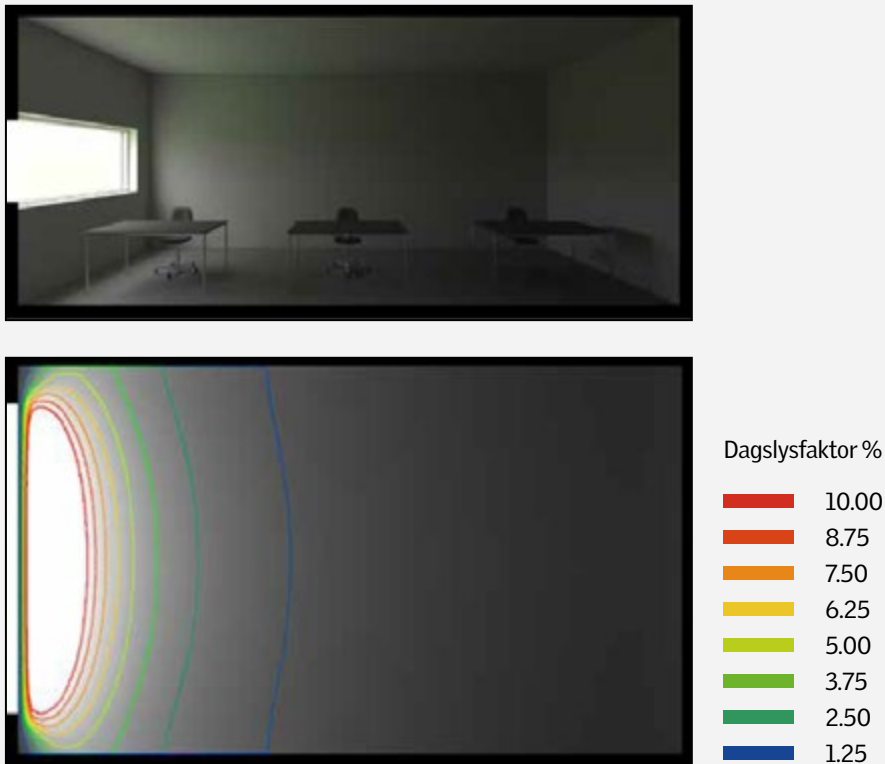
vindue med direkte sollys i et i øvrigt mørkt rum. Derfor har man ofte valgt at anbefale et luminansforhold på 1:10 mellem den primære visuelle opgave (for eksempel i det centrale synsfelt) og omgivelserne i det perifere synsfelt³.

Facadevinduer vs. ovenlys

Afhængig af rummets udformning, kan gode dagslysforhold opnås i hele rummet ved fornuftig fordeling af vinduer i flere orienteringer og ved kombination af ovenlys og facadevinduer. Desuden kan strategisk placering af ovenlys ofte give tilstrækkeligt dagslys, også i de mørke vintermåneder, og samtidig sikre reduktion af blænding og give gode kontrastforhold. I tillæg giver det mulighed for udluftning og medvirke til rimelige indetemperaturer i sommerperioden. Dertil bør vi ikke glemme betydningen af det at kunne se ud: "Når vi sidder ved siden af et vindue, vil vi hellere tolerere rigelig af dagslys, mens vi nyder udsigten, end vi ruller afskærmningen ned og anvender den kunstige belysning."⁴

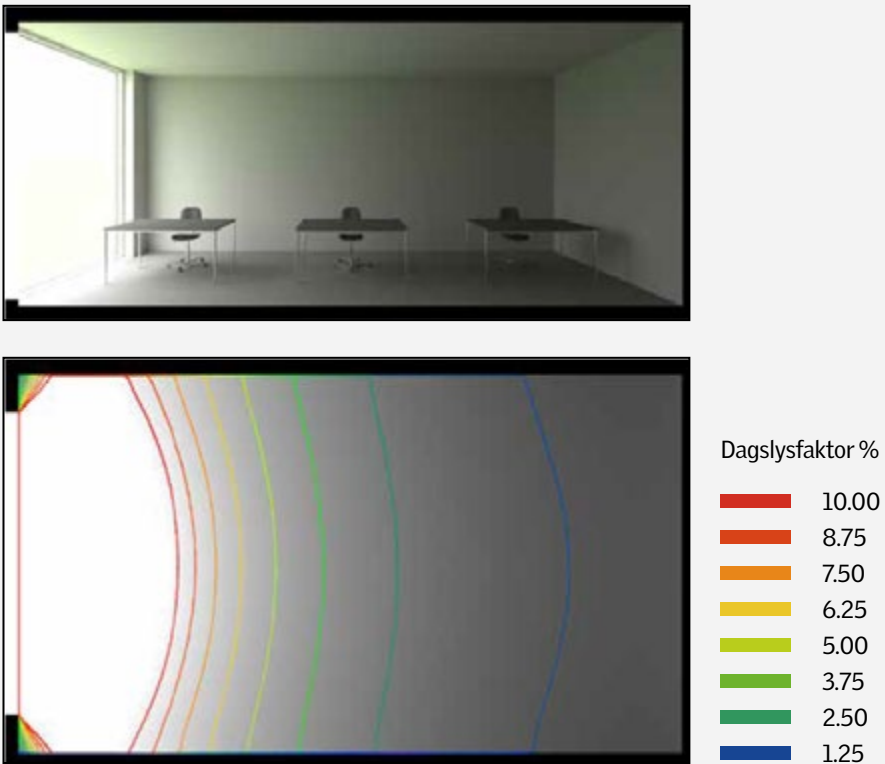
3 CLEAR Luminance Ratios, [LINK](#)
4 "Design Innovations for Contemporary Interiors and Civic Art", Luciano Crespi, 2016

Hvordan kan man designe med dagslys



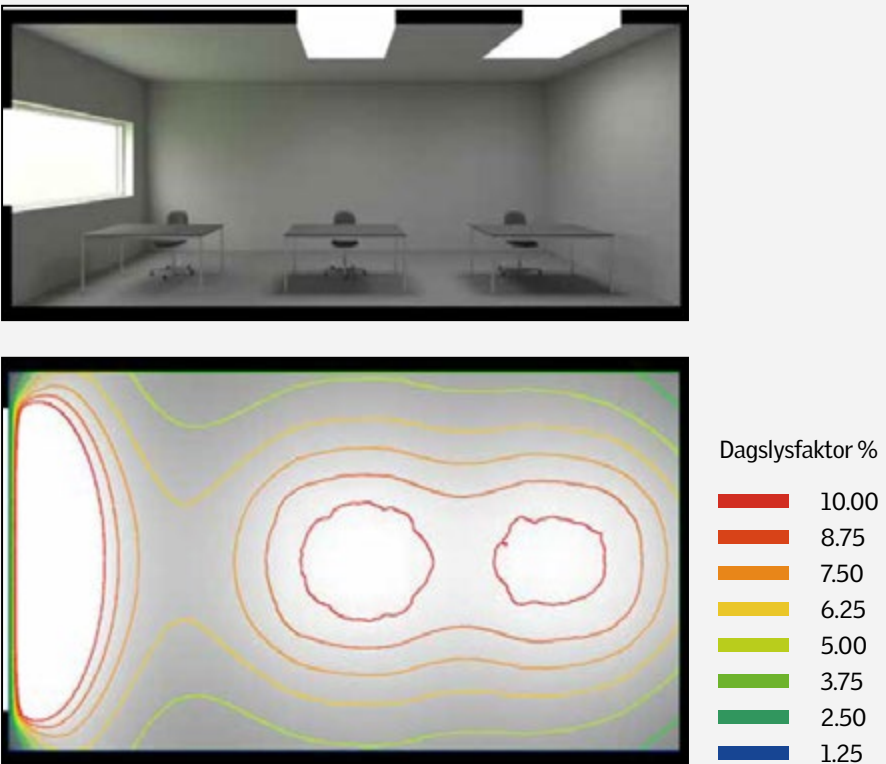
Eksempel på et klasseværelse med 10 % glas i forhold til gulvareal (kun facadevindue).

- Beregninger viser, at et facadevindue med 10 % glas vil give en dagslysfaktor (DF) lig med 2 % et par meter fra facaden.
- Af illustrationen vil det indebære, at kun klassens vinduesrække har et tilstrækkeligt dagslysniveau.



Eksempel på et klasseværelse med 30 % glas i forhold til gulvareal (kun facadevindue).

- Beregninger viser, at et facadevindue med 30% glas vil give en dagslysfaktor (DF) lig med 2% ca. 4,5 meter facaden.
- Af illustrationen ses at det vil svare til klassens to første rækker af borde har et tilstrækkeligt dagslysniveau.



Eksempel på et klasseværelse med 20 % glas i forhold til gulvareal. Glasarealet er fordelt med 11 % facadevindue og 9 % ovenlys.

- Beregninger viser, at en kombination af facade og ovenlysvindue giver tilstrækkeligt dagslysniveau i hele rummet og risiko for blænding er mere begrænset.



CASE 1

SÅGBÄCKS- GYMNASIET

Ombygningen af en skole ved hjælp af masser af dagslys

I 2012 endte mere end 10 års debat, da lokale myndigheder vedtog en plan om at renovere en ældre erhvervsskole i Huddinge i Sverige. Skolen, der oprindeligt blev opført i 1961, repræsenterede klassisk arkitektur fra 60'erne og var af høj kvalitet. Imidlertid havde 50 års brug sat sine spor, og da man enedes om at gennemføre renoveringen, inkluderede det også udskiftningen af mere end 100 gamle ovenlys.



Ikonisk industriel stil var oplagt til ovenlys

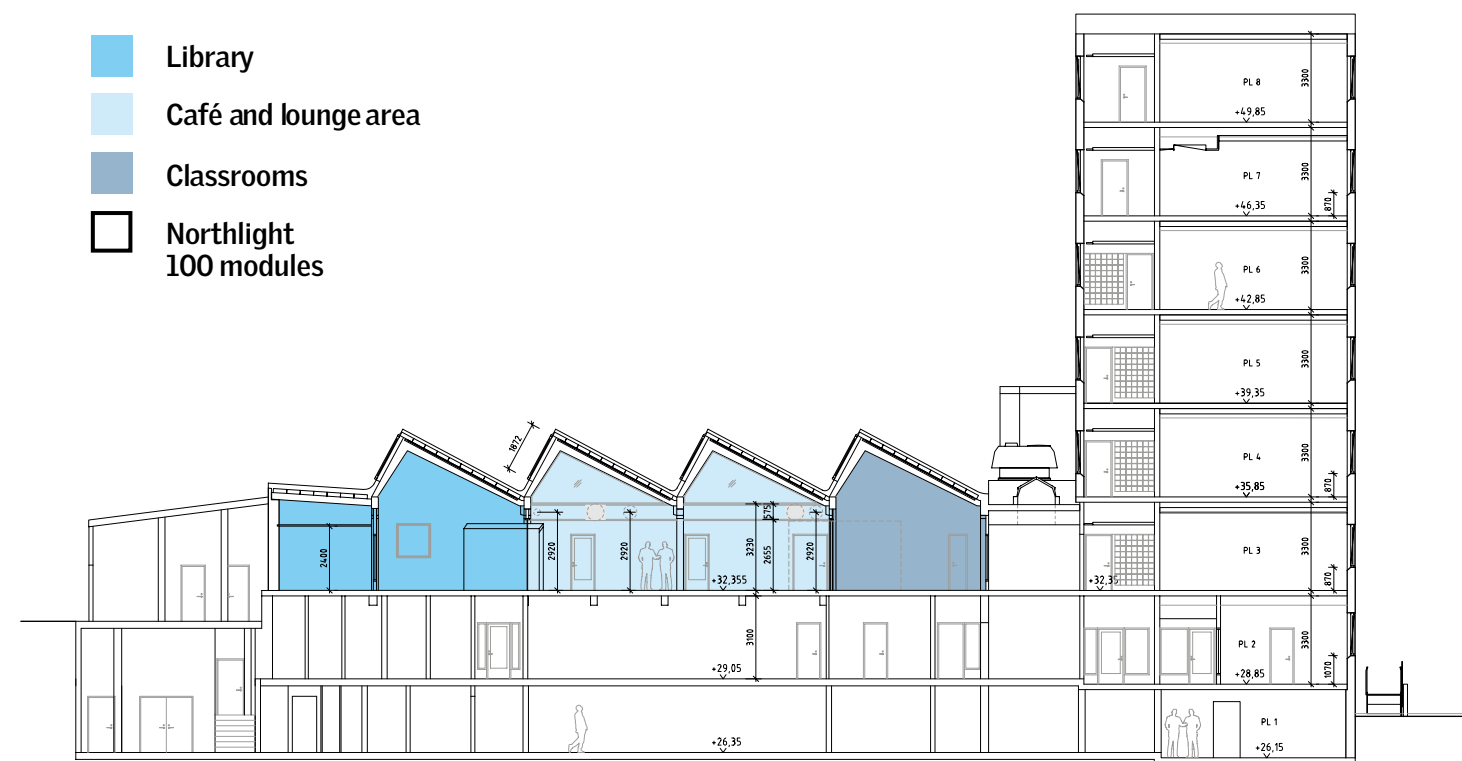
Et af Sågbäcksgymnasiets karakteristika er bygningens shedtag. Det klassiske træk fra den industrielle tidsalder blev hurtigt omdrejningspunktet for ORIGO Arkitekter, der stod bag ombygningen. Åsa Machado forklarer:

"Loftet under shedtaget og ovenlysets muligheder var centrale i vores planer, det indså vi meget tidligt. Vi besluttede os for at give hele skolen adgang til bygningens største kvalitet, som vi ser den."

Shedtaget giver mulighed for, at fire bånd af nordvendte ovenlys kan

lede dagslys ind i bygningen. Hvor de gamle ovenlys havde matteret glas med lysdæmpende effekt og meget ringe energimæssig ydeevne, vil de nye vinduer kunne understøtte og nære det nye fællesområde med rigeligt dagslys, ventilation og et optimalt energiforbrug.

- Library
- Café and lounge area
- Classrooms
- Northlight 100 modules



SEKTION C-C
HUS A OCH C



Som leder af en erhvervsskole skal man investere i sine studerende

Skoleleder Hans Almgren beskriver skolen som "en solid klassisk og modernistisk bygning", og han er glad for, at der under renoveringen blev taget højde for æstetikken i den oprindelige arkitektur. "De har formået at bevare noget, som er en del af skolens sjæl – kvaliteten fra 60'erne," siger han.

Skolens leder er især glad for måden, det nye centrale område med det dominerende shedtag fungerer på og med gentækningen af bygningens originale æstetik, hvor lofternes potentialer bliver udnyttet fuldt ud.

"Ovenlysene var afgørende for den

positive forandring. Arkitekterne tilstræbte under hele processen at åbne bygningen, slippe dagslys ind og skabe visuel dybde. Vi har ingen døde eller mørke kroge."

Hans Almgren er meget bevidst om betydningen af at skabe læringsmiljøer, der både er inspirerende og berigende. En erhvervsskole er altid i farezonen for at blive betragtet som et anderangs valg, erkender han, og derfor er de fysiske omgivelser så vigtige.

"Det er sikkert rigtigt, at erhvervuddannelserne ikke nyder høj anseelse, men vi ønsker at være de bedste på området. Vores elever er vigtige, og vi ønsker, at de skal kunne trives i et

rart og behageligt miljø. Det påvirker deres selvtillid og deres lyst til at lære."

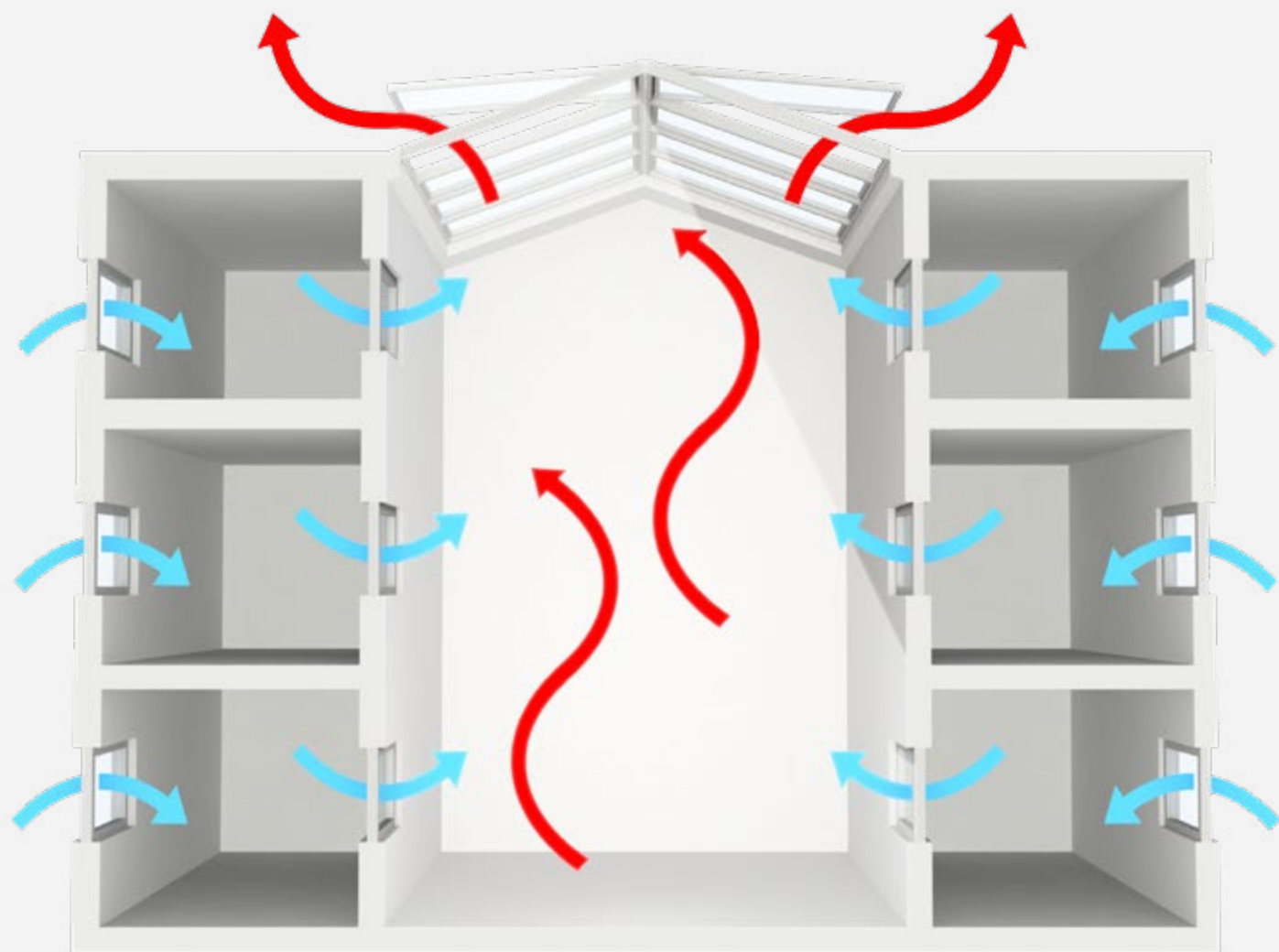
Aktiviteten stiger i et lyst og rummeligt miljø

Inde i bygningen er forandringerne tydelige. Men hvor det gamle, brune, armerede glas i den tidligere ovenlys-løsning kastede et skummelt lys over skolens arealer, har det nye gennemstrømmende dagslys fuldstændigt forandret miljøet med en mærkbar stigning i elevernes aktivitetsniveau til følge.



Ventilation

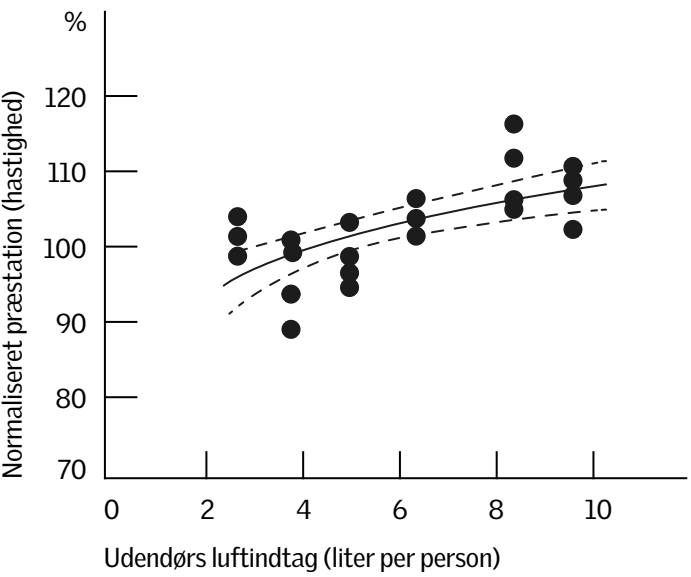
Ventilation i skoler kan forbedres mekanisk med ventilatorer og/eller naturlig luftgennemstrømning fra åbne vinduer og døre.



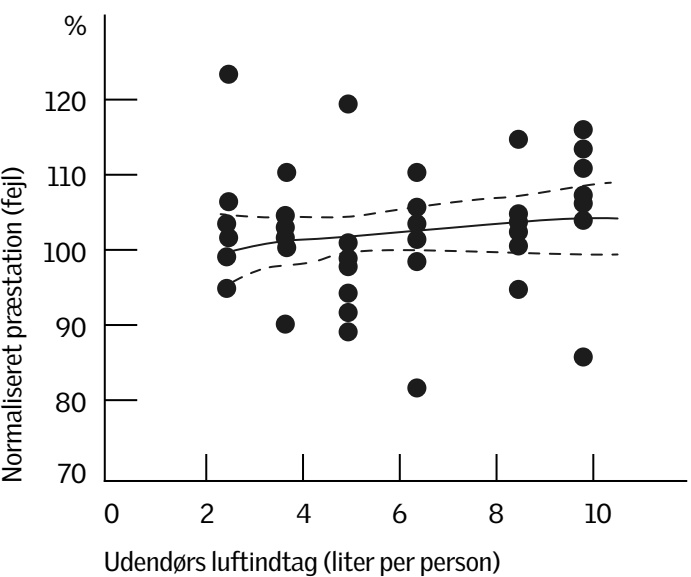
2 INDENDØRS LUFTKVALITET

Dårlig indendørs luftkvalitet kan ikke alene forringe elevers overordnede præstationer og evne til at koncentrere sig betragteligt, det kan også føre til øget fravær som følge af sygdom. Tilstrækkelig ventilation er derfor nødvendig, når man vil designe klasseværelser, hvor elever skal trives.

Hastighed



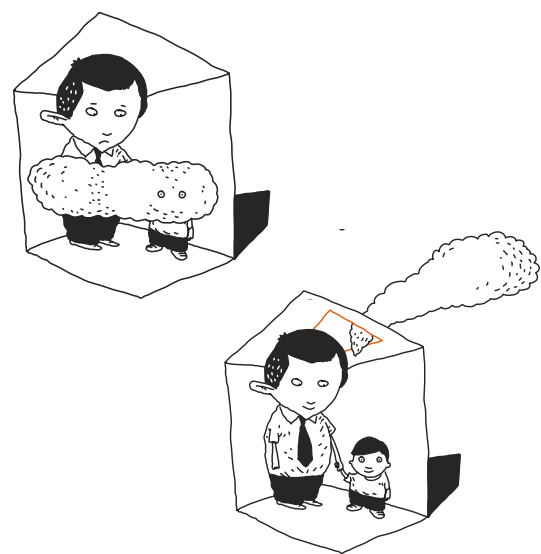
Nøjagtighed



Elevers præstation versus ventilationsrate baseret på et studie foretaget i Danmark. Præstationer blev baseret på hastighed (venstre figur) og nøjagtighed (højre figur) i at udføre diverse skolerelaterede opgaver. De forskellige datapunkter repræsenterer resultater fra diverse eksperimenter og forskellige typer opgaver.

4 måder hvorpå du kan forbedre den indendørs luftkvalitet i klasseværelser

1. Åbn vinduerne og luft ud i løbet af undervisningen. De fleste skoler i Europa er designet til naturlig ventilation.
2. Innovative ventilationsløsninger som eksempelvis behovsstyret naturlig ventilation kan holde CO₂-niveauet inden for det anbefalede område.
3. Mekaniske ventilationssystemer kan sikre en høj luftkvalitet uden at gå på kompromis med termisk komfort i de kolde vintermåneder.
4. Hybrid ventilationsløsninger kan kombinere fordelene fra både naturlig og mekanisk ventilation



- 1 Why Indoor Air Quality is Important to Schools (EPA) [LINK](#)
- 2 Bako-Biro et al: Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools classrooms in the United Arab Emirates, 2012
- 3 Clever Classrooms, Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester (2015)
- 4 CEN (2007) EN 15251: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings.

Dårlig indendørs luftkvalitet påvirker ikke blot elevers evne til at koncentrere sig i klasseværelset. Det kan også skade deres overordnede helbred og trivsel.

Ifølge US Environmental Protection Agency (EPA) lider næsten 1 ud af 13 børn i skolealderen i USA af astma, som er den vigtigste årsag til skolefravær som følge af kronisk sygdom ¹.

Børns fysiske udvikling er mere påvirket af skadelige miljømæssige påvirkninger end voksne er. I forhold til deres kropsvægt trækker børn vejret mere, spiser mere og drikker mere, end voksne gør. Alene dette gør luftkvaliteten i skolerne til et område, der giver anledning til særlig bekymring.

Det er alarmerende, når studier, der også er foretaget af EPA, peger på, at niveauet for indendørs forurening kan være to til fem gange højere end udenfor - i særlige tilfælde endda helt op til 100 gange højere.

Manglende eller utilstrækkelig ventilation fører til øget forurening, og det er et særligt problem i klasseværelser, hvor børn har adgang til mindre volumen per person på grund af mange elever i hver klasse. Flere undersøgelser viser tydelig evidens for en sammenhæng mellem elevers præstationer og øget ventilation af klasseværelset. Litteraturgennemgang af børn og indlæringsevne², viser at man kan forbedre børns præstation i test, fra et par procent og helt op til 15%, hvis man har et luftskifte, der ofte er højere end,

hvad der typisk er i et klasseværelse.

I nyere forskning foretog man en intervention for at forbedre omfanget af ventilation i 16 klasseværelser. Resultaterne for arbejde ved computer, udført af mere end 200 elever, viste betydeligt hurtigere og mere præcis respons på beslutningsevne, visuel hukommelse og genkendelse af ord ved øget ventilation.

Ifølge de analyser man lavede i Clever Classrooms-projektet³, så anbefales følgende 4 områder, der kan sikre bedre ventilation i klasseværelserne:

1. Kontrolleret ventilation
Facadevinduer og ovenlys med store flader, ideelt med flere muligheder for åbning, gør det muligt for brugere at ventilere klasseværelser effektivt under forskellige forhold. Vinduer med top-åbning og ovenlys, der er placeret højt i et rum med mekanismer, der gør dem lette at betjene, gør det muligt at lave effektiv udluftning. Der bør ikke opsættes gardiner, hvis de blokerer for luftens naturlige bevægelse.

2. Rummets volumen
Desto større klasseværelset er, des mere vil mængden af forurening fortyndes og des længere kan en god luftkvalitet opretholdes. I et gennemsnitligt klasseværelse med en volumen på 181 kubikmeter, 30 elever og ingen ventilation vil luftkvaliteten blive dårlig på bare 30 minutter.

3. Mekanisk ventilation
Hvor naturlig ventilation ikke er en

mulighed eller problematisk at etablere, kan luftkvaliteten forbedres ved at anvende mekanisk ventilation.

4. CO₂-sensorer
CO₂ bruges ofte som en indikator for dårlig luftkvalitet i bygninger, hvor mennesker og deres aktiviteter er den største kilde til dårlig luftkvalitet. For eksempel vil luften udenfor have et CO₂ indhold svarende til ca. 400 ppm (ppm betyder "parts per million" og 400 ppm betyder at der er 4 liter per 1 kubikmeter). I henhold til Europæisk standard (5) vil et CO₂-niveau svarende til 1150 ppm give en tilstrækkelig god luftkvalitet, 1400 ppm sikrer god indendørs luftkvalitet i de fleste situationer, og 1600 ppm indikerer dårlig luftkvalitet. Ved at installere CO₂-sensorer i klasseværelserne, vil lærere kunne styre den indendørs luftkvalitet og følgelig korrigere omfanget af ventilering.

Der er ingen tvivl om, at etableringen af et godt indeklima bør være helt i fokus i samtlige projekter, hvor skoler skal opføres eller moderniseres, når der skal skabes rammer for at elever kan modtage læring og trives og undervisere kan arbejde effektivt. Ordentlig ventilation er helt afgørende for disse bestræbelser, idet det er den eneste metode til at opretholde god luftkvalitet og at holde flygtige organiske forbindelser (VOC), partikler og andet luftforurening på et acceptabelt niveau i travle klasseværelser.



CASE 2

RYPARKEN LILLE SKOLE

Fra tekstilfabrik til læringsmiljø

Ryparken Lille skole ligger i København i en tidligere tekstilfabrik fra det forrige århundrede. I årevis led skolen og dens brugere under bygningens dårlige stand, indtil skolebestyrelsen traf beslutning om at søsætte et større renoveringsarbejde i starten af 2010'erne. Renoveringen indebar blandt andet udkiftningen af de gamle enkeltlags ovenlysvinduer til 85 faste og 12 oplukkelige VELUX ovenlysmoduler med 3-lags ruder.



"Vores dejlige skole havde brug for en kærlig hånd, ikke bare for at forlænge selve bygningens levetid men også for at sikre at skolen er et rart sted at være for både børn og ansatte."

Mette Lisbjerg Jensen,
rektor

Fik det bedste ud af forholdene

Alderen var begyndt at sætte sine tydelige spor på den gamle omdannede tekstilfabrik. Taget lakkede, og forbruget af energi til opvarmning af bygningen var bogstaveligt steget til langt op over skorstenen. Nedrivning var ikke en mulighed, det ville blive for dyrt, og i øvrigt er dette tidstypiske byggeri bevaringsværdigt. Derfor besluttede man sig i stedet for at modernisere bygningen og samtidig forbedre skolens indeklima med mere dagslys, friskere luft og bedre mulighed for at styre temperaturen.

Det tog ikke arkitekterne lang tid at vende blikket mod himmelen for at få øje på den nye vision for skolen. Det ikoniske shedtag med de mørkt overmalede, nordvendte glas blev den oplagte mulighed for at slå flere fluer med et smæk.

Behagelige temperaturer og mindre CO₂ hele året

I et sæsonpræget klima som Danmarks kan det være en særlig udfordring at sikre et komfortabelt indeklima. Uden nok vinduer og andre kanaler til udluftning kan temperaturen blive meget høj om sommeren, mens mangel på ventilation kan føre til et højt CO₂-niveau og ringe luftkvalitet året rundt. Er der omvendt for mange vinduer, kommer bygningens brugere let til at fryse i de kolde vintermåneder – selvfølgelig med mindre vinduerne er ordentligt isoleret.

Det er en af udfordringerne for arkitekter, der arbejder i klimaer med omskiftelige årstider: Hvordan skaber man et godt indeklima, samtidig med at man sikrer adgang til tilstrækkeligt dagslys hele året?

En central komponent er selvfølgelig ordentlige varmeisolerede vinduer og 2-lags ruder som det absolutte minimum i ovenlys. De eksisterende enkeltlags vinduer i Ryparken Lille skole var som én stor kuldebro, der fik varmen til næsten at bløde fra taget. De meget effektive varmeegenskaber i de nye 3-lags VELUX ovenlysmoduler betød at rigeligt med sollys om vinteren ikke længere førte til styrtdykkende temperaturer og tårnhøje varmeregninger.

Frisk luft gennem taget

Isolering er kun en del af historien. For at opretholde et lavt CO₂-niveau og behagelige temperaturer om sommeren er det nødvendigt med adgang til frisk luft. Det gælder især i en bygning som Ryparken Lille skole, hvor mængden af facadevinduer er begrænset. For at opnå effektiv ventilation i klasseværelserne var et af projektets hovedmål at skabe et stort areal med udluftning.

VELUX ovenlysmoduler sikrer den optimale ventilation i projektet med installeringen af 12 oplukkelige moduler. De gør det muligt at justere niveauerne for ventilation, samtidig med at elevernes komfort, helbred, trivsel og

ydeevne forbedres. Faktisk er det muligt at lade 50 % af VELUX ovenlysmoduler være oplukkelige. Alle moduler ser identiske ud, når de er lukket, så det er på ingen måde nødvendigt at gå på kompromis med designet.

Ydermere kan de oplukkelige moduler betjenes automatisk. Den type moduler er især en fordel at bruge på en skole som Ryparken Lille skole, hvor timer og frikvarterer finder sted med helt faste intervaller. Det betyder, at der kan laves et skema for ventilationen fra ovenlysene. De arbejder sammen med CO₂-sensorer, så vinduerne automatisk åbner i frikvartererne, hvis der er brug for frisk luft.

Automatiske oplukkelige moduler skaber også et bedre indeklima med mindre CO₂, færre luftpartikler og bedre naturlig afkøling i de varmere sommermåneder.

"Vi er vældig glade for resultatet. Skolen er blevet en meget bedre arbejdsplads med et bedre miljø for alle," siger Mette Lisbjerg Jensen, rektor på Ryparken Lille Skole.

Dårlig luftkvalitet påvirker børns ydeevne

Undersøgelser har vist, at dårlig luftkvalitet i klasseværelset reducerer børns boglige præstationer, mens god luftkvalitet forbedrer dem.



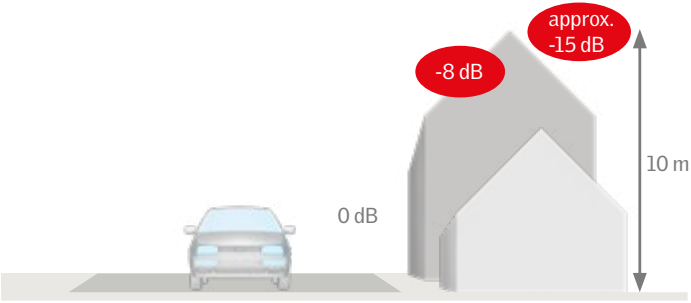
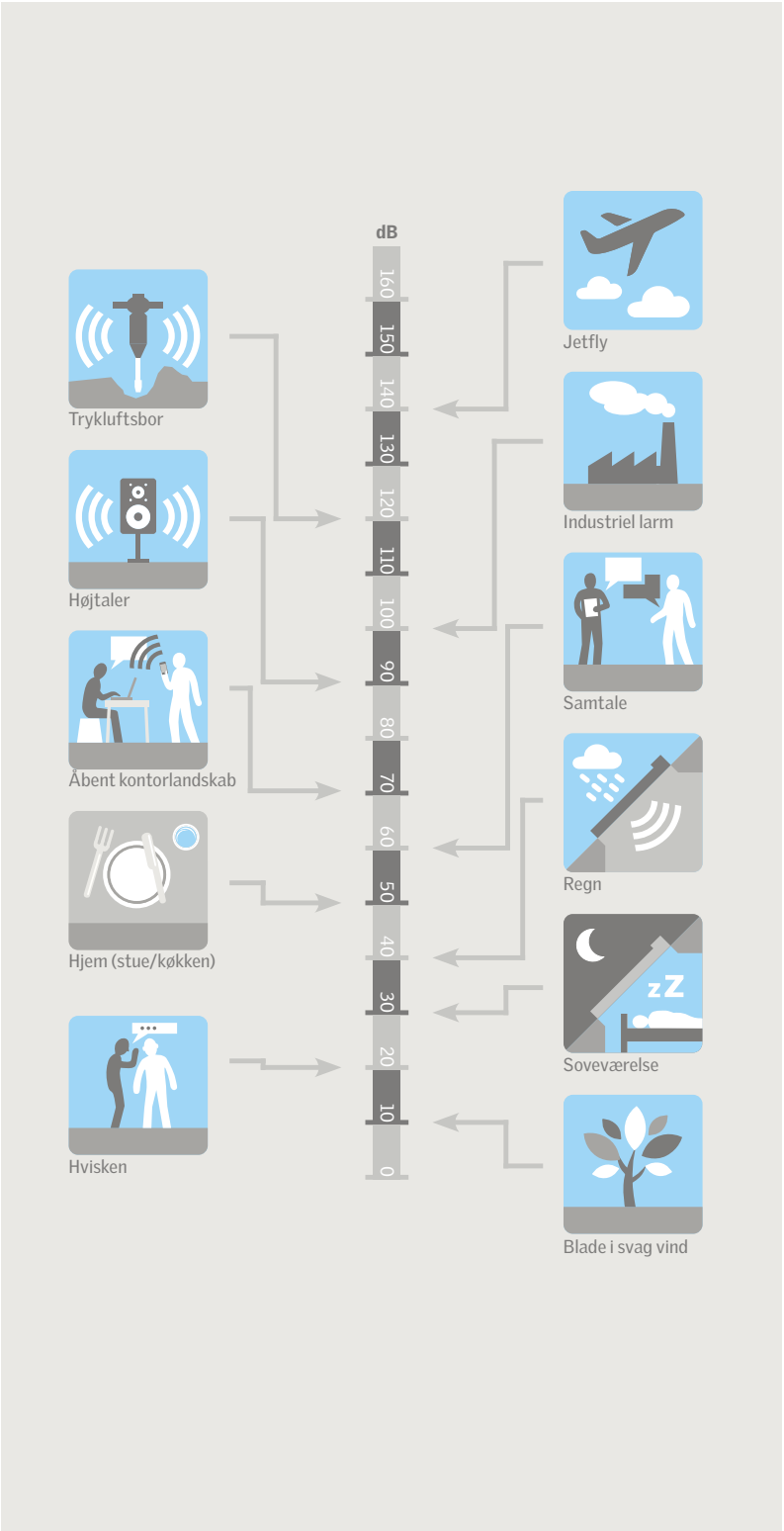


3 LYD

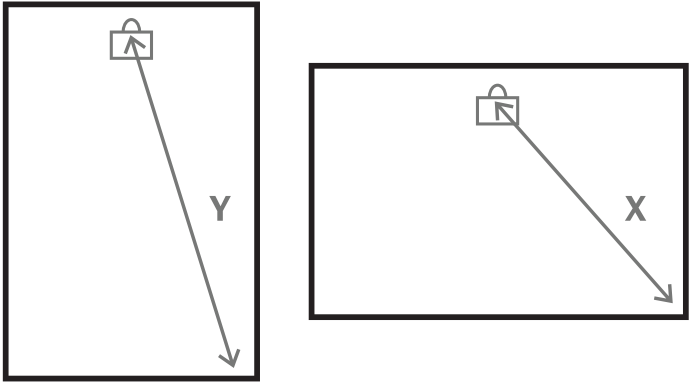
En vigtig funktion for en bygning er at beskytte miljøet indenfor mod uønsket støj udefra. Lydisolering er en vigtig parameter for alle bygningskomponenter, da støj kan have negativ effekt på sundhed, humør og indlæringsevne. Vores personlige opfattelse vil imidlertid også spille en rolle, om den lyd vi hører opfattes positivt (lyd) eller det er uønsket larm (støj), der er irriterende eller forstyrrende, og i de mest alvorligste tilfælde også skadelig¹. For eksempel vil et komfortabelt lydniveau og fritagelse fra forstyrrende baggrundslarm (irrelevant støj) være afgørende for, at kommunikation i klasseværelset er mulig, og for at eleverne kan koncentrere sig.

¹ <https://www.velux.com/deic/acoustics/noise-or-sound> [LINK](#)

Typisk lydniveau



En sammenligning af et facadevindue og et ovenlys, der vender ud mod gaden. Et ovenlys vil have 8 dB lavere lydniveau indenfor end et facadevindue. Vender ovenlyset ud mod 'baggården', reduceres lydniveauet yderligere med ca. 15 dB i forhold til facadevinduet.



Hvis lærerens bord er placeret i midten af langsiden vil afstanden til hjørnet (X) være kortere, end hvis bordet er placeret midt på en kortere side (Y).

1 Crandell and Smaldino: Classroom Acoustics for Children With Normal Hearing and With Hearing Impairment, 2000
2 Picard and Bradley: Revisiting speech interference in classrooms. 2001
3 Clever Classrooms, Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester (2015)

I designet af klasseværelser bør målet være at skabe optimale betingelser for de væsentligste lyde som for eksempel lærerens tale til eleverne - og omvendt - samt fred for påtrængende lyde som for eksempel støj fra legepladser eller trafik.

To undersøgelser af hhv. Crandell og Smaldino (2000)¹ og Picard og Bradley (2001)², opsummerede fund fra flere tidligere studier og konkluderede, at det akustiske miljø i et klasseværelse er en kritisk faktor for børns boglige og psykosociale præstationer. Clever Classrooms-rapporten (2015)³ lægger også vægt på, at det især gælder for børn med særlige behov. Nogle afgørende faktorer at tage højde for, for at forbedre det akustiske miljø i klasseværelser er:

Kontrol af udefrakommende lyd

Klasseværelser der ligger væk fra skolens travle områder, som for eksempel legepladser og fællesrum, er under mindre påvirkning af udefrakommende lyd. I visse tilfælde kan forstyrrelser fra lyd udefra kontrolleres ved at bruge gangarealer, toiletter og store rum som afskærmende zoner.

Skoler burde ideelt opføres væk fra travle veje, men hvis det ikke er muligt, kan virkningerne af trafikstøj afbødes ved at placere klasseværelser så langt væk fra vejen som muligt, samtidig med at der etableres skråninger og diger med beplantning som støjværn.

Udfordringen bliver dernæst at kontrollere lyd uden at ofre dagslys, ventilation og udsyn mere end højst nødvendigt.

En foretrukken løsning på denne udfordring er automatisk kontrolleret ovenlys, som kan åbnes i pauser og dermed sikre ordentlig ventilation og kontrol af temperaturen uden at lukke trafikstøj ind i timerne.

Desuden kan man, eksempelvis, vælge en rude med forskellig glastykkelse – fx 4 mm og 6 mm. Anvendes forskellig glastykkelse i en 2-lags rude, vil det give en bedre lydisolering end et vindue med ens glasstykkelse. I en 3-lags rude, vil forskellig glastykkelse og afstand mellem glassene, give yderligere lydisolering. Desuden kan man vælge at anvende lamineret glas og evt. krypton som gasfyldning.

Støj i rummet

I princippet kan lyd, der genereres inde i en bygning, adskilles i to kilder - luftbåren lyd og lyd, der overføres gennem bygningen selv. Luftbåren lyd, fra menneskelige aktiviteter i tilstødende klasseværelser eller fra mekanisk støj, bevæger sig gennem luft, vægge, gulve og lofter. Inde i selve klasseværelset kan uønsket støj reduceres ved hjælp af akustikdæmpende lofter og paneler samt borde og stole med gummi under. Porøse materialer kan også bruges til at absorbere lyd, og gardiner kan forbedre akustikken ved at dæmpe efterklangstiden.

Rummets form

Placering af siddepladser i klasseværelset skal medvirke til at sikre, at lærernes stemmer kan høres tydeligt af eleverne, så jo tættere des bedre. Et rektangulært rum hvor lærerens bord er placeret på langsiden midt for er lettest at indrette med den form for set-up.

Det er ikke ensbetydende med at rummets form i sig selv kan erstatte andre støjreducerende tiltag for at skabe gode akustiske forhold. Som vi vil diskutere i kapitel 5 og 6 er fleksibilitet en af flere faktorer, der har stor betydning for optimal indretning af klasseværelser.

Et godt akustisk klima i klasseværelser gør det muligt for lærerne at blive hørt tydeligt, og det reducerer samtidig distraktion fra udefrakommende støj. Det gør det også muligt for eleverne at kunne arbejde effektivt sammen i grupper, når der er behov for det, samtidig med at det understøtter den nødvendige koncentration ved enkeltmandsarbejde eller prøver.

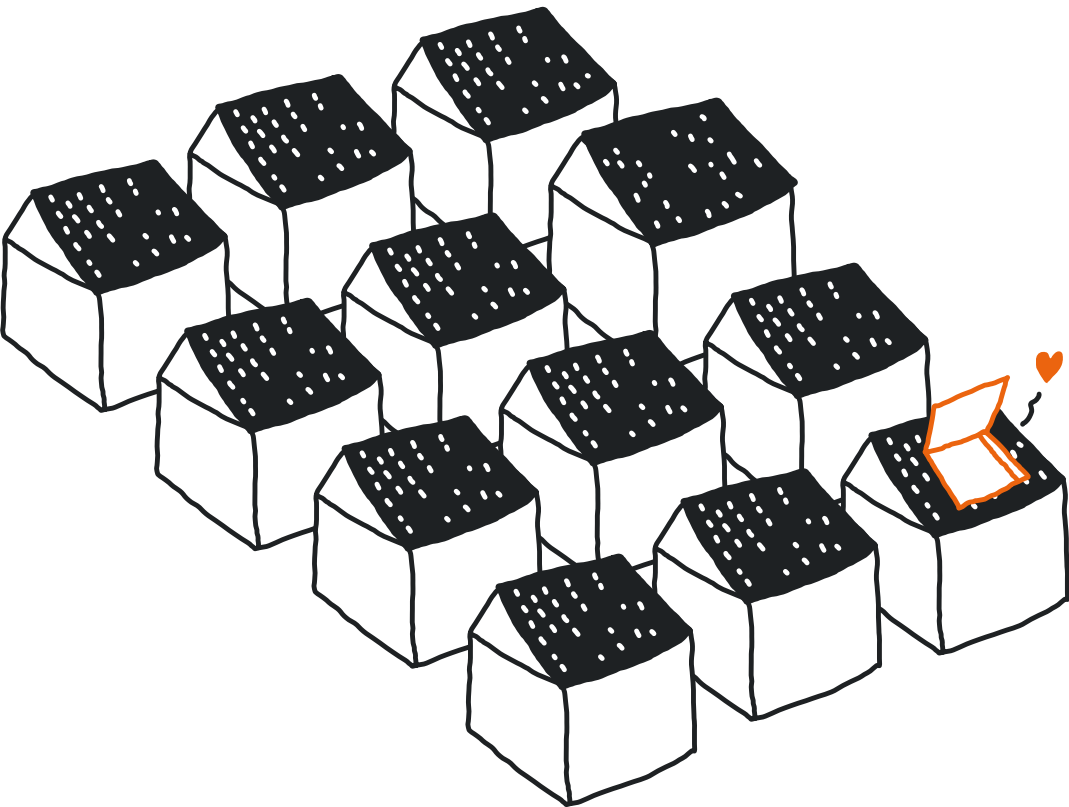
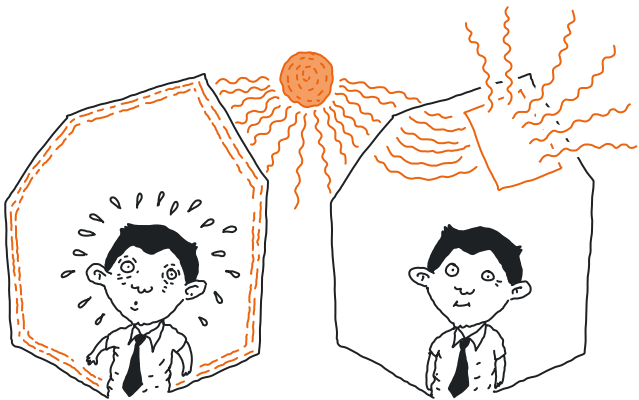


4 TEMPERATUR

Præcis som med grøden i det velkendte eventyr "Guldløk og de tre bjørne", bør temperaturen i klasseværelset heller ikke være for kold eller for varm - blot lige tilpas.

4 måder hvorpå du kan forbedre indendørstemperaturen i klasseværelser

- 1. Brug solafskærmning og naturlig ventilation om sommeren for at forhindre høje temperaturer indendørs, der kan hæmme indlæringssevn.
- 2. Specificér energieffektiv mekanisk ventilation med systematisk brug af naturlig ventilation for at opnå en energineutral strategi for køling.
- 3. Anvend vinduer i facade og loft for at sikre god luftgennemstrømning gennem rum (fx krydsventilation, skorstenseffekt)
- 4. Integrer fornuftige solafskærmningsløsninger i design af skolen der samtidig sikrer gode indeklimaforhold, så som god luftkvalitet, passende indendørs temperatur, udsyn til det fri og gode dagslysforhold i en iterativ design proces.



I indretningen af klasseværelser er det vigtigt at anvende energieffektive teknologier som for eksempel naturlig ventilation, solafskærmning og intelligent bygningsdesign, der kan tilpasse temperaturen efter hhv. varme og kolde måneder.

Der er stadig mere udbredt accept af, at en "naturlig" komfortabel temperatur ikke findes. De bedste resultater, når det kommer til køling og opvarmning, kan opnås, når man forsyner brugere med deres egne fleksible muligheder som for eksempel adgang til oplukkelige vinduer, individuel kontrol over solafskærmning og lignende. Bygninger skal generelt skaffe mennesker så god adgang til udearealer som muligt og kun skabe læ i det omfang, det er nødvendigt¹.

I Europa har alle medlemslande regler for minimumstemperaturer i klasseværelser via lovgivning eller standarder. Disse minimumskrav varierer fra land til land og fra årstid til årstid, men strækker sig mellem 17°C og 20°C. Der er færre europæiske lande, der har standarder for den maksimale temperatur i klasseværelser, men for de, der har, ligger spændet mellem 22°C og 29°C.

I de seneste mange årtier har forskere undersøgt, hvilke temperaturer, der er optimale for en bedre indlæring.

1 <https://www.velux.com/article/2016/health-matters> [LINK](#)

Zeiler og Boxem (2009)² udførte en grundig redegørelse for at klarlægge, hvilke effekter indendørs temperaturforhold i skolerne havde på elevernes præstationer. Mendell og Heath (2005)³, påviste, at den miljømæssige indendørs kvalitet har en effekt på såvel præstationer som på opmærksomhed. Senest har Fisk (2017)⁴ lavet en omfattende litteraturoversigt om ventilationsproblemer i skolerne, dens indflydelse på elevens præstationer, sundhed og fravær. Samlet set har disse studier dokumenteret, at i takt med at temperatur og luftfugtighed stiger, melder eleverne om større utilpashed, og deres præstationsniveau og evne til opgaveløsning forringes som et resultat af faldende koncentrations-evne. Høje temperaturer i klasseværelser er også blevet associeret med hovedpine og gener fra øjne, ører, næse og hals, mens høj luftfugtighed kan føre til tiltagende forekomst af mug, hvilket igen kan forårsage eller forværre en bred vifte af helbredsproblemer.

2 Zeiler & Boxem (2009). Effects of thermal activated building systems in schools on thermal comfort in winter. Building and Environment. [LINK](#)
3 Mendell and Heath (2005). Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature. Indoor Air
4 Fisk (2017) The ventilation problem in schools: literature review. Indoor Air

Løsninger til køling

En hurtig og direkte vej til at påvirke det termiske klima i indendørsmiljøer er naturlig ventilerende køling ved åbning af vinduer. Et åbent vindue får luften til at bevæge sig, og hvis udetemperaturen er lavere end indenfor, vil inde-temperaturen falde.

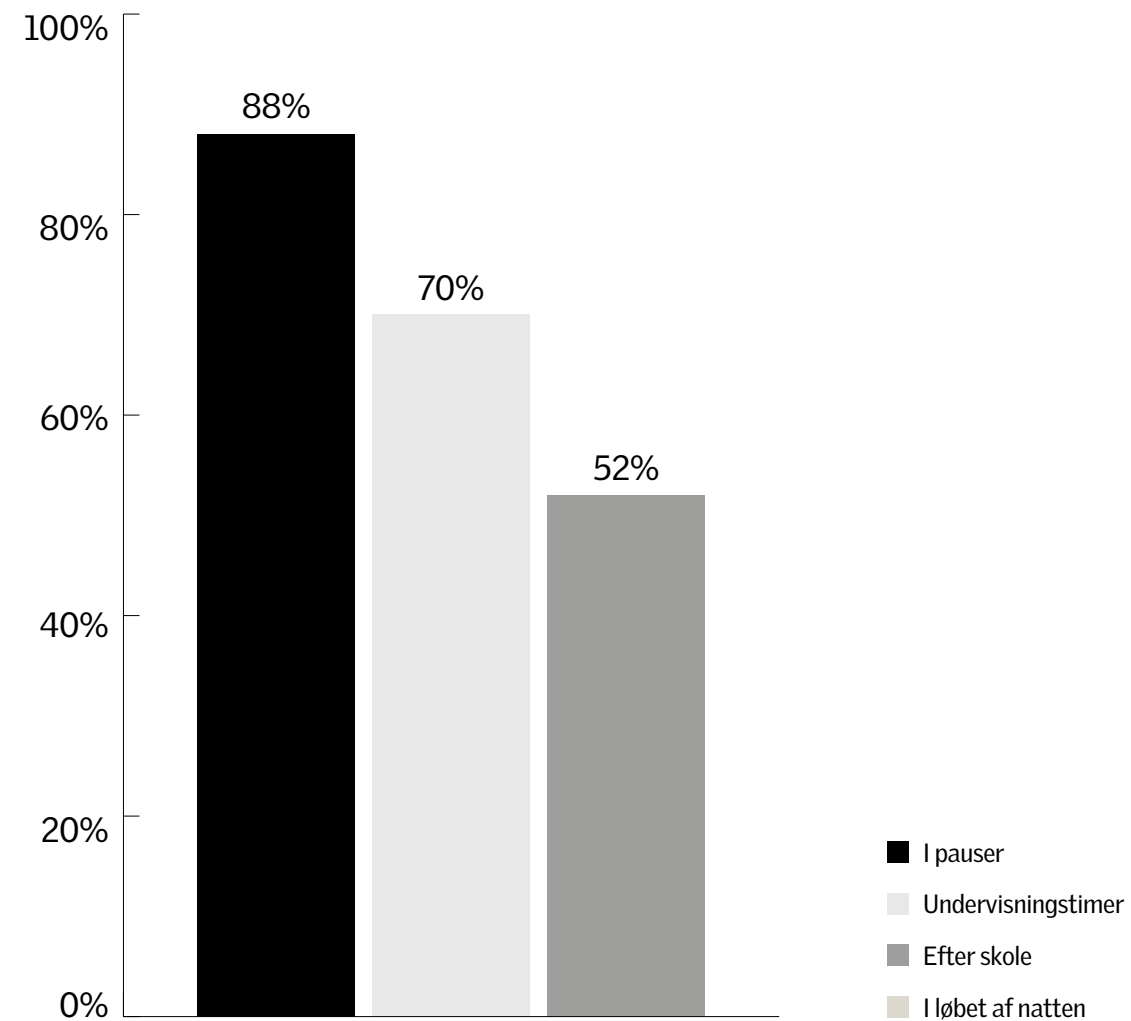
Selv når temperaturen udenfor er en anelse højere end inde, kan det være en fordel at åbne vinduerne, da luftbevægelsen kan sænke den oplevede temperatur.

Naturlig ventilation til nedkøling kan deles i to metoder – dagsventilation og ventilation om natten:

- Ventilation i løbet af dagen fjerner overskydende varme fra bygningens indre ved at skabe bevægelse i luften og er i skoler ofte manuelt betjent i form af oplukkelige vinduer.

- Natventilation, der også kaldes natkøling, køler en bygning termiske masse om natten ved at bruge kold udendørs luft. Den følgende dag er der behov for mindre energi til nedkøling i bygningen, fordi den termiske masse allerede er blevet kølet (vægge, gulve, møbler etc.). Dette sker ofte automatisk via det mekaniske anlæg.

- Klasseværelsets orientering og kontrol over skygge spiller også en vigtig rolle for en termisk komfort. Store vinduer og ovenlys kan placeres, så de



Denne graf fra SINPHONIE-undersøgelsen som blev gennemført på 114 skoler i 23 europæiske lande, giver en tydelig indikation af de tidspunkter vinduer åbnes på i løbet af dagen. Der blev ikke rapporteret tegn på brug af natventilation.
<http://www.sinphonie.eu/sites/default/files/ExecutiveSummary/lbna26738enn.pdf>

gør det muligt at tillade direkte sollys at komme ind i vintermånederne, hvis ønsket, og at holde sollyset ude i sommermånederne efter behov via fleksibel solafskærmning.

Feltstudier har vist, at mennesker i naturligt ventilerede bygninger accepterer højere temperaturer (de Dear and Brager, 1998)⁵. Denne effekt af, at kroppen tilpasser sig sine omgivelser kaldes adaptiv komfort. En forudsætning for at formgive rum med adaptiv termisk komfort for øje er, at brugere har mulighed for at justere deres påklædning og for selv at betjene vinduerne. Betydningen af tilpasningen er, at der kan opnås termisk komfort i varme klimaer uden brug af aircondition ved hjælp af naturlig ventilation, solafskærmning og intelligent bygningsdesign. I de lande, der har de varmeste somre, er loftventilatorer eller mekanisk aircondition eventuelt nødvendige supplementer til naturlig ventilation og solafskærmning.

Løsninger til opvarmning

I Clever Classrooms-studiet (2015)⁶ fandt man frem til, at der kunne opnås bedre kontrol over temperaturen om

vinteren, når rum blev forsynet med radiatorer med termostater. I modsætning hertil var gulvvarme forbundet med ringe kontrol over opvarmningen i de enkelte klasseværelser på grund af længere responstid på reguleringen.

I undersøgelsens resultater anbefales det, at alle metoder til temperaturkontrol i klasseværelser er lette at betjene og tilgængelige for underviserne.

- 5 de Dear and Brager (1998). Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. ASHRAE Transactions
- 6 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester [LINK](#)



CASE 3

HESSENWALD-SCHULE

Ny arkitektur skabte rum for nyt undervisningskoncept.

Hessenwald skole i Weiterstadt, Tyskland, er et eksempel på energieffektiv, moderne arkitektur, der danner ramme om nye undervisningsformer og pædagogiske koncepter. Kernen i både koncept og bygning er et veloplyst og velventileret atrium på tre etager.



”Det bedste du kan gøre for at få mennesker til at føle sig sunde er at bruge gode materialer og masser af lys til at skabe gode rum.”

Alexander Vohl,
partner i wulf arkitekten

Moderne arkitektur i landlige omgivelser

Enhver i området taler om Hessenwald skole. Eksperter, folk i lokalsamfundet, eleverne og lærerne er alle begejstrede for den nye skolebygning. Skolen har 700 elever fra de omkringliggende byer og landsbyer. Trods skolens størrelse er Stuttgart-tegnestuen wulf arkitekten lykkedes med at integrere bygningen med respekt for omgivelserne via en klyngestruktur, der oversætter det åbne pædagogiske koncept til et tydeligt og moderne arkitektonisk sprog. Helt centralt placeret er det veloplyste og velventilerede atrium, der binder hele byggeriet sammen.

Det tre etager høje atrium forbinder fællessal, rum til ophold, teater og musikrum. Seks lysbånd med VELUX ovenlysmoduler skaber optimale betingelser for dagslyset. Det diffuse kølige og lette lys strømmer ind i bygningen via lysbåndene og står i kontrast til det spil, der opstår gennem de perforerede solafskærmninger i facaden. Derved opstår en afbalanceret atmosfære.

Dette åbne arkitektoniske koncept understøtter en tilsvarende åben tilgang til læring med en variation af fælles områder, som eleverne kan bruge frit.

Ovenlys som omdrejningspunkt

Hessenwald skole samler forskellige skoletrin i mellemtrinnet og udskoling og giver eleverne mulighed for at skifte mellem trin, som passer til deres aktu-

elle faglige niveau. Hele skolen er designet med henblik på at facilitere en åben tilgang til læring. Atriet er helt centralt for dette mål. Dets kubeformede strukturer træder som en selvstændig krop helt synligt frem i omgivelserne, mens det inden for skærer sig gennem tre etager og forbinder forskellige læringsrum.

Øverst i atriet er der installeret seks lysbånd med VELUX ovenlysmoduler. De lader et diffust dagslys trænge ind i bygningen, hvilket giver en jævn lysfordeling. Ovenlysene er trukket tilbage i lyskasser, der er skåret ind i metalloftet. Ovenlysene gør det muligt for det lette og naturlige dagslys at strømme ind, og på den måde udgør de den helt unikke feature, som har gjort det centrale atrium så betagende.

Bæredygtighed i bygningens hjerte

VELUX ovenlysmoduler styrker også bygningens ambitioner for et bæredygtigt miljø. Om vinteren er de store glaspartier i taget med til at opvarme luften i atriet, og dermed bidrager de også til at opvarme de tilknyttede paviljoner. Om sommeren kan varm luft til gengæld lukkes ud og holde temperaturerne nede via de oplukkelige moduler i lysbåndene.

Skolen blev udviklet med udgangspunkt i afbestemmelserne for bæredygtigt byggeri i passivhuse i Damburg-Dieburg-distriktet. Der er skåret ind til benet i det solide bygningskompleks af små volumener med god fordeling af

pladsen. Sammen med stærke byggematerialer vil det over tid indebære minimale vedligeholdelsesudgifter. Varmeforsyningen kommer fra et biomasseanlæg i en separat bygning. Overophedning om sommeren bliver hovedsageligt undgået ved udnyttelse af den termiske masse i de synlige betonlofter og via automatiseret nedkøling om natten, der styres ved hjælp af facadepaneler og de oplukkelige enheder i VELUX ovenlysmodulerne i atriet.

Det resulterer i ”et ideelt indeklima,” som skolens leder Markus Bürger beskriver det.

”Et klima hvor man føler sig godt tilpas og som er skabt af ordentlig arkitektur, lysforhold og en behagelig temperatur. Basen – det vil egentlig sige rummet – er nødt til at være helt rigtig for at lærere og elever kan have et godt samarbejde. Vi taler ikke bare om et indeklima her, det er et læringsmiljø” siger Markus Bürger.

Overøst med priser

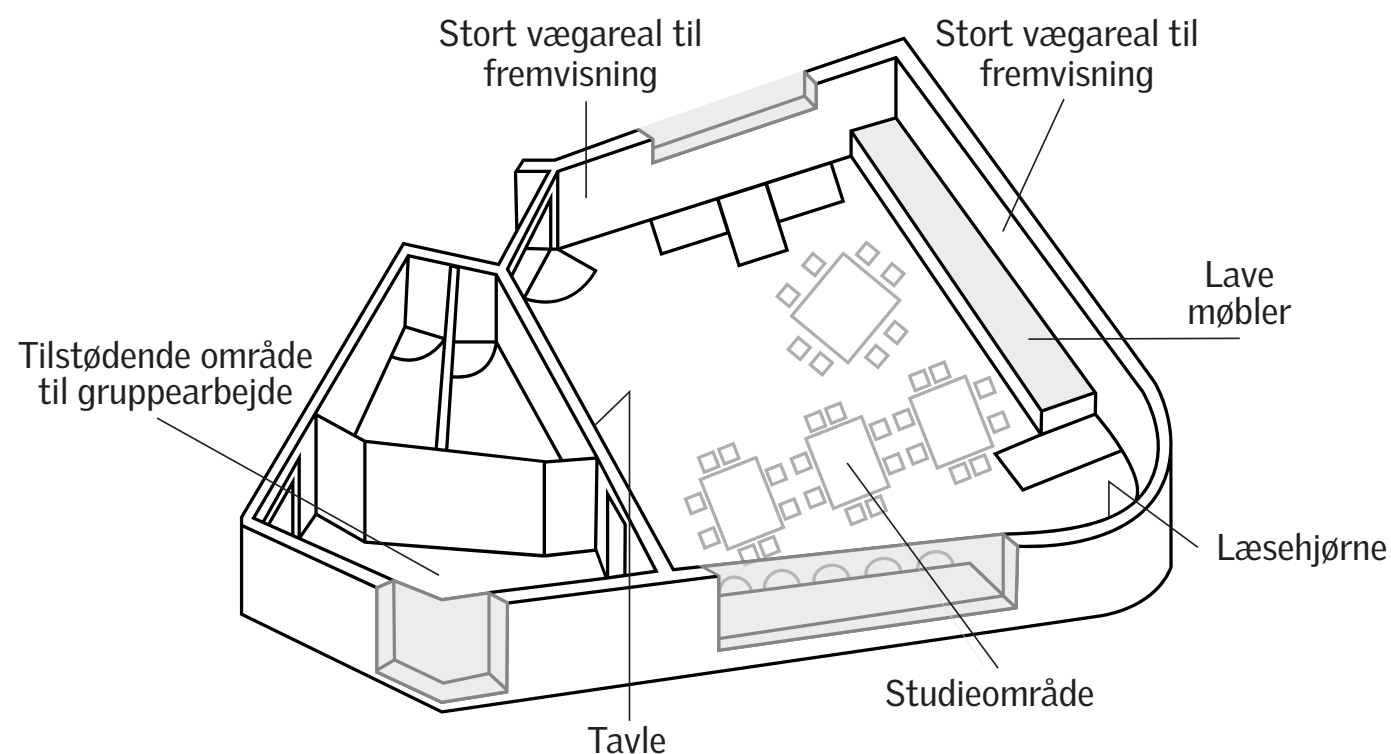
I 2017 høstede skolen et væld af arkitekturpriser, der satte streg under det faktum, at wulf arkitekten med Hessenwald skole har formået at løse udfordringen med nye, progressive tilgange til læring og undervisning ved hjælp af moderne arkitektur.





5 KLASSE- VÆRELSES- DESIGN

Grundigt gennemtænkte klasseværelser kan forbedre elevers faglige fremskridt med ca. 16% på et enkelt år. Ejerskab og fleksibilitet tegner sig som årsag til en fjerdedel af denne virkning, så lad os se på disse vigtige faktorer inden for design af klasseværelserne.



Dette er en illustration af et klasseværelse med adskillige gode elementer af fleksibilitet, inspireret af Clever Classrooms-rapporten. Lokalet har klart definerede læringsområder, et tilstødende område til gruppearbejde, en optimal form med tavlen relativt tæt på de fjerneste elever, samt store vægarealer til diverse fremvisninger og ophængninger.

Når børn oplever ejerskab til deres klasseværelse, føler de sig mere ansvarlige for det, og det har mange positive virkninger på både børnenes indlæringssevne og for udviklingen af deres identitet. Klasseværelser kan også støtte individualiseringen ved at gøre en variation af muligheder for forskellige læringstyper tilgængelig. Derfor er fleksibilitet i udformningen også central.

Fremme af ejerskab

Fysiologiske og psykologiske undersøgelser peger på, at en personorienteret tilpasning af rum er en vigtig faktor for udviklingen af individets identitet og oplevelse af selvværd. Flere undersøgelser har afsløret, at intime og personlige rum forbedrer muligheden for at absorbere, huske og genkalde sig information¹. Når børn føler ejerskab til deres klasseværelser, ser det ud til at skabe et grundlag for kultivering af ansvarlighedsfølelser².

Klasseværelser, der indrettes med synlige vidnesbyrd om elevernes faglige deltagelse - som for eksempel modeller, plancher og projekter - har også vist sig at fremme større deltagelse og invol-

vering i læringsprocessen³.

I Clever Classrooms-undersøgelsen (2015)⁴, viste en variation af faktorer, fordelt i to kategorier, sig vigtige: faktorer som hjælper eleverne med at opleve identifikation i forhold til klasseværelset og faktorer som tager højde for børns særlige behov og påvirkning.

Anbefalinger fra rapportens resultater indeholder:

- Et klasseværelse bør have et distinkt designkoncept eller bestemte karakteristika som giver børn en umiddelbar følelse af noget trygt og velkendt.
- Det bør rumme rigeligt med muligheder for, at elevers arbejde kan blive gjort synligt på vægge eller særligt indrettede møbler.
- Det bør indrettes med elementer, der føles som elevernes egne som for eksempel knager med navne på, skabe eller skuffer.
- Veldesignede møbler bør tages i brug for at skabe et læringsrum, der er indrettet til børn. Børde og stole bør være behagelige, interessante og ergonomisk tilpassede børns aldre og størrelse

Indretning med fleksibilitet

Alle klasseværelser kræver en vis grad af fleksibilitet for at imødekomme forskellige former for indlæring. Anbefalinger fra Clever Classrooms-undersøgelsen inkluderer:

- Klasseværelser med tydeligt definerede zoner eller rum til tilbagetrækning, viste sig at påvirke indlæringen positivt ved at gøre plads til én-til-én seancer eller små grupper i en mere privat atmosfære. Adskilte zoner, der ligger separat fra klasseværelset, synes ikke at være effektive på samme måde.
- Rum med et varieret grundplan giver større potentiale for at skabe forskellige aktivitetsområder til yngre elever. Til ældre elever fungerer rektangulære og større rum mere effektivt som base for facilitering af læringsmetoder.
- Tilstrækkelig og tilgængelig opbevaring er vigtig, selvom alt for mange skabe kan optage brugbar plads til undervisningen. Det kan være en god idé at placere opbevaring som for eksempel skabe og knager i ekstra brede gangarealer, så længe det ikke hindrer børns bevægelse.
- Store tilgængelige vægarealer giver fleksible muligheder for at formidle information og elevers arbejde.
- Yngre børn, som primært modtager læring gennem leg, drager

1 McMillan: Research in Education: A Conceptual Introduction. 1997
 2 DeVries and Zan: Moral Classrooms, Moral Children: Creating a Constructivist Atmosphere in Early Education. 1994

3 Ulrich: A place of their own: children and the physical environment, Human Ecology. 2004
 4 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester [LINK](#)



fordel af et større antal forskellige læringsområder. Der bør sørges for tydelige ganglinjer mellem de forskellige områder. Ældre elever, som tilbringer mere tid med individuel, formel læring eller gruppearbejde, har brug for færre typer af læringsområder.

Børns behov for ejerskab og fleksibilitet i deres eget klasseværelse bliver yderligere understøttet ved at give dem rumlig forbindelse til naturen og de eksterne omgivelser. Det kan blandt andet ske ved at sørge for, at der er vinduer med udsigt til grønne områder, ved at etablere ovenlys samt placere døre med direkte adgang til legeområder.

Endnu en mulighed er at indrette siddepladser med en stor grad af fleksibilitet. Nye skoler som Frederiksbjerg skole i Aarhus eksperimenterer med dette, som det ses på billedet, hvilket giver lærere en effektiv og enkel mulighed for at bryde det sædvanlige set-up med tavle- og whiteboardbaseret undervisning.



6 STIMULERING

Når sansemæssig stimulering, farver og visuel kompleksitet er af betydning, når der skal skabes levende læringsmiljøer i klasseværelser, hvor er så den sunde balance mellem understimulering og overstimulering?



- 1 Godwin and Fisher: Visual Environment, Attention Allocation, and Learning in Young Children: When Too Much of a Good Thing May Be Bad. 2014
- 2 Read et al: Impact of Space and Color in the Physical Environment on Pre-school Children's Cooperative Behavior, Environment and Behavior. 1999
- 3 Jalil et al: Environmental Colour Impact upon Human Behaviour: A Review. 2012.
- 4 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester

Man kommer nemt til at overstimulere børn med levende farver og skærme med overdreven bevægelse, men et rum, der er designet som en ren hvid boks er heller ikke den rette løsning. Så hvordan finder vi den rette balance i designet af klasseværelser?

Teorier peger på, at diversitet, ny-skabelser eller atypiske elementer tilfører visuel kompleksitet, som omvendt påvirker stimuleringen. Der er dog forskellige syn på, hvorvidt mere eller mindre stimulering er fordelagtig for børns læringsmiljøer.

For eksempel har et nyligt studie, der er omtalt i Clever Classrooms-undersøgelsen, vist at børn, der var udsat for lav visuel distraktion, blev mindre afbrudt i deres aktiviteter og opnåede bedre læringsresultater end børn under påvirkning af en høj grad af visuel distraktion¹. Denne undersøgelse viste også, at læringsresultaterne var højere i sparsomt dekorerede klasseværelser end i de meget dekorerede af slagsen. Imidlertid fandt Read et al (1999)² at differentierede rumligheder med varierende loftshøjder og vægfarver understøttede samarbejdsvillig adfærd, men denne effekt kunne også virke modsat, hvis rummet blev for komplekst.

Hvor komplekst må det være?

Resultaterne i Clever Classrooms-undersøgelsen viste, at effekten af kompleksitet optræder som en krum linje i en statistisk model, hvilket betyder, at for høje eller for lave grader af kompleksitet skabte ringere forhold for

indlæring, hvorimod et mellemniveau for visuel kompleksitet var optimal. Undersøgelsen konkluderede at:

- Visuel diversitet i udformningen af gulv og loft er tilstrækkelig til at stimulere elevernes opmærksomhed, idet der anvendes et princip for orden. Højere og mere simpelt formede lofter kan dekomprimere rummet, hvorimod mere komplekse former kan øge kompleksiteten indtil grænsen for følelser af uorden nås.
- Visuel formidling på vægge bør være vel designet og organiseret. Det anbefales, at holde 20-50 % af vægarealet frit.
- Det bør undgås at placere formidlingsmaterialer på vinduer på grund af det mulige tab af lys.

Er klare farver bedst?

Børn bliver uden tvivl tiltrukket af klare farver. En funktionel tilgang til farver i klasseværelset er imidlertid at fokusere på brug af farver, der kan skabe positive effekter som for eksempel øget opmærksomhed og et lavt niveau af øjentræthed.

For eksempel undersøgte Jalil et al (2012)³, hvordan forskellige farver øver indflydelse på arbejdspræstationer, fremelsker særlige former for opførsel, skaber negative eller positive opfattelser af opgaver og omgivelser og påvirker humør og følelser. Deres konklusion: farvelagte omgivelser har signifikant indflydelse på elevers indlæringssevne og på deres trivsel.

Det fastlås, at selvom præferencer inden for farver er højst subjektive "er rød den mest foretrukne farve i indendørs omgivelser blandt unge børn og blandt ældre mennesker, mens blå er den foretrukne farve blandt unge voksne, kontoransatte og mandlige studerende". I Clever Classroom undersøgelsen blev farveelementer med lav lysstyrke (hvide/blege) og høj lysstyrke (rød/orange) vurderet. Stimulering via farvebrug viste sig også på en statistisk model som en krum kurve, det vil sige med den optimale virkning på mellemniveauet. Andre konklusioner:

- På vægområder blev store, klart farvede områder vurderet negativt, lige som vægge med færre farveelementer gjorde. Et mellem-liggende scenarium med generelt lyse vægge samt et indslag af mere klare farver viste sig at være den mest effektive metode til at understøtte optimal indlæring.
- Op mod denne rolige baggrund spiller ekstra farveelementer en komplementerende og stimulerende rolle. Eksempelvis giver klare farver på gulv, persienner, borde og stole en farverig, fremhævende effekt.

Alt i alt er konklusionen at klasseværelser aldrig bør være triste og kedelige, men omhyggelig opmærksomhed på balance og en fornemmelse af orden er nødvendig for at undgå overstimulering.

