

GEZONDERE SCHOLEN BOUWEN

ZES MANIEREN OM ONZE KINDEREN BETER
TE LATEN LEREN

VELUX®

Commercial

Meer dan

64M

Europese
schoolkinderen en

4.5M

leraren brengen
ongeveer

200

dagen per jaar op
school door

Kinderen spenderen ongeveer

70%

van hun tijd binnen,
wat betekent
dat ze bijna

1

jaar binnen zijn
tijdens hun lagere
school

...Verschillende onderzoeken tonen aan dat een goed ontworpen binnenmilieu op scholen niet alleen bijdraagt aan goede leerprestaties, maar ook aan gezondheid en welzijn van de kinderen.

INLEIDING

Heeft u er ooit bij stilgestaan dat 64 miljoen Europese kinderen meer tijd op school doorbrengen dan waar dan ook, behalve hun eigen huis? Ze zitten in totaal ongeveer 200 dagen per jaar op school, wat overeenkomt met bijna een volledig jaar binnen in een klaslokaal¹. De vraag is dus hoe we die klaslokalen zo kunnen ontwerpen dat ze gezonder worden en de leerprestaties beter ondersteunen.

Deze vraag is actueler dan ooit. Europa en het Verenigd Koninkrijk zullen binnenkort een piek zien in het bouwen en renoveren van scholen die we sinds de jaren zeventig niet meer hebben meegemaakt. Dit is een geweldige kans voor zowel architecten als onderwijsers om te evalueren hoe een school eruit zou moeten zien en hoe de fysieke omgeving zo ontworpen kan worden dat deze het leerproces ondersteunt.

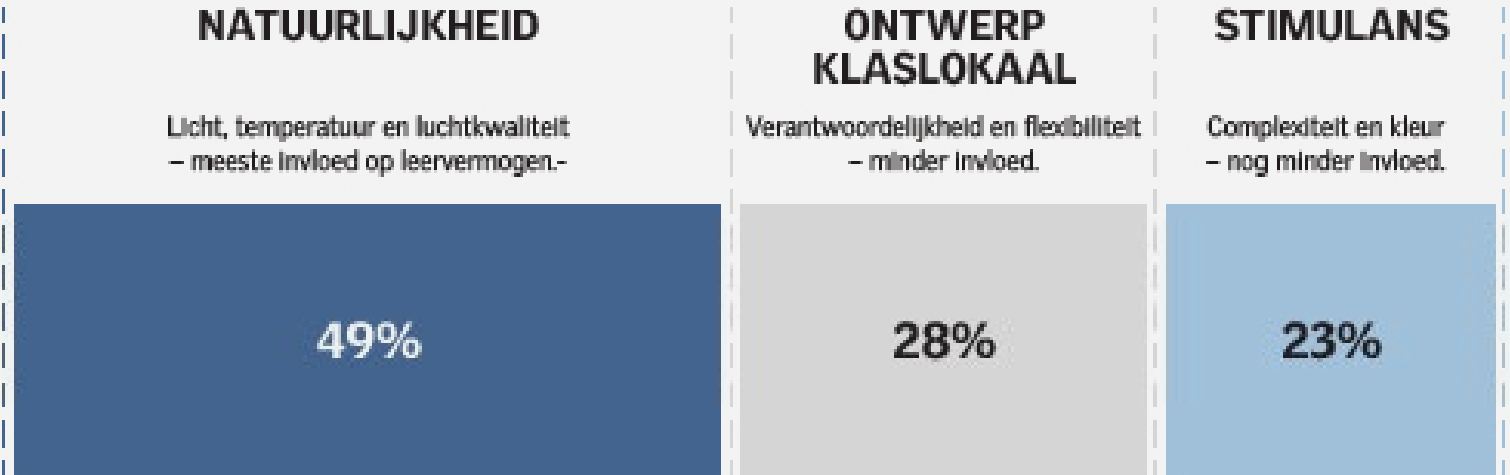
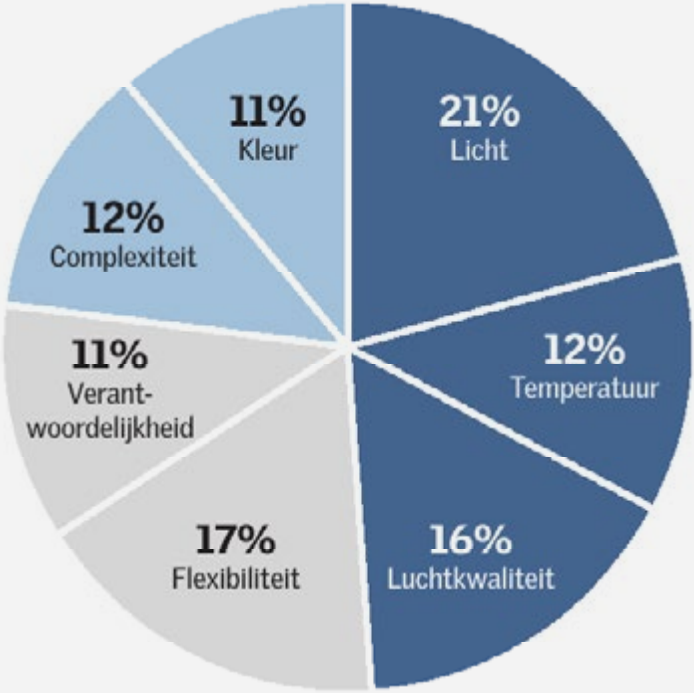
¹ SINPHONIE final report [LINK](#)

Dit document en het HEAD-onderzoek waar dit document grotendeels op is gebaseerd, belichten de drie belangrijkste fysieke kenmerken van het ontwerpen van schoolgebouwen waarvan is gebleken dat ze invloed hebben op het leervermogen:

- Natuurlijkheid: licht, temperatuur en luchtkwaliteit. Deze elementen samen zijn verantwoordelijk voor de helft van de invloed die een schoolontwerp heeft op het leervermogen.
- Ontwerp klaslokaal*: verantwoordelijkheid en flexibiliteit vormen samen een kwart van de invloed op het leervermogen.
- Stimulans: complexiteit en kleur zijn ook voor een kwart verantwoordelijk voor de invloed op het leervermogen.

*In het HEAD-onderzoek wordt het ontwerpen van een klaslokaal 'individualisation' genoemd.

We hebben ook gekeken naar akoestiek, in het HEAD-onderzoek genoemd als 'secundaire factor' voor natuurlijkheid. Dat betekent dat akoestiek zeker een belangrijke rol speelt bij het leerproces, maar dat 'andere factoren belangrijker zijn'.



Nieuw onderzoek

Uit recent onderzoek, uitgevoerd door professor Peter Barrett en zijn team van schoolontwerpdeskundigen aan de universiteit van Salford (Verenigd Koninkrijk), blijkt dat basisschoolleerlingen beter presteren op het gebied van lezen, schrijven en rekenen als hun school goed ontworpen is.

Dit baanbrekende onderzoek, het HEAD-project (Holistic Evidence and Design)¹, toonde aan dat de verschillen in de fysieke kenmerken van klaslokalen een verklaring bieden voor 16% van het verschil in ontwikkeling. 3.766 leerlingen deden een jaar lang mee aan het onderzoek. Simpel gezegd: een beter klaslokaal leidt tot betere leerprestaties.

Essentiële ontwerpelementen

De bevindingen van het HEAD-onderzoek tonen aan dat bepaalde ontwerpelementen van wezenlijk belang zijn om het leervermogen in het klaslokaal te verbeteren. Deze elementen zijn:

- Daglicht
- Binnenluchtkwaliteit
- Akoestische omgeving
- Temperatuur
- Ontwerp klaslokaal
- Stimulans

Voor het eerst is het bewijs dat het ontwerp van een leerruimte invloed heeft op de gebruikers ervan, geïsoleerd in levensechte situaties. In het verleden werden specifieke aspecten als luchtkwaliteit onderzocht, maar hoe het allemaal samenkomt voor echte mensen in echte ruimtes werd tot nu toe alleen gebaseerd op vermoedens en wensdenken.

Drie jaar lang hebben de onderzoekers van het HEAD-project gedetailleerd onderzoek gedaan in 153 klaslokalen op 27 verschillende scholen. Daarnaast verzamelden ze de leerprestaties van de leerlingen die gebruikmaakten van die klaslokalen.

Het belang van zintuiglijke factoren

Het onderzoek hield rekening met een groot aantal zintuiglijke factoren. Het maakte gebruik van multilevel statistische modellen om de effecten van het klaslokaalontwerp te isoleren van andere factoren, zoals de leerlingen en leraren zelf.

Zoals de onderzoekers opmerkten in het rapport: 'Verrassend genoeg blijken algemene factoren als grootte, navigatieroutes en specialistische faciliteiten, bij lange na niet zo belangrijk als het ontwerp van de afzonderlijke klaslokalen. De boodschap is dat goed ontworpen klaslokalen het allerbelangrijkst zijn.'

Dit document vindt u praktische richtlijnen hoe u de bevindingen van het HEAD-onderzoek kunt toepassen op uw volgende schoolproject.

Als u deze richtlijnen leest, bedenkt u dan eens hoe deze ontwerpprincipes (voor optimale leerresultaten) ook kunnen worden toegepast op andere gebouwtypen. Zo creëren we bijvoorbeeld betere ziekenhuizen, kantoren, woonruimtes, enz.

¹ Clever Classrooms – Summary Report of the HEAD Project [LINK](#)

INHOUD

Daglicht	5
Project: Sågbäcksgymnasiet	10
Binnenluchtkwaliteit	14
Project: Ryparkeen Lille Skole	16
Akoestische omgevingen	19
Temperatuur	21
Project: Hessenwaldschule	24
Ontwerp klaslokalen	27
Stimulans	30



DAGLICHT



PROJECT: SÅGBÄCKSGYMNASIET



BINNENLUCHTKWALITEIT



PROJECT: RYPARKEEN LILLE SKOLE



AKOESTISCHE OMGEVINGEN



TEMPERATUUR



PROJECT: HESSENWALDSCHULE



ONTWERP KLASLOKALEN



STIMULANS



1 DAGLICHT

Iedereen kent het beste medicijn tegen winterdepressie: er even tussenuit naar een warme, zonnige omgeving met witte stranden en een helderblauwe zee.

Het verkwikkende effect van natuurlijk licht en warmte kun je ook op kleinere schaal en in allerlei omgevingen ervaren, van huizen tot kantoren en van openbare gebouwen tot scholen en universiteiten. Toen er onderzoek¹ werd gedaan naar de invloed van het fysieke ontwerp van scholen op de leerresultaten van scholieren, was het weinig verrassende resultaat dat licht een van de belangrijkste individuele parameters bleek te zijn.

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](#)

DAGLICHT IN SCHOLEN

MEER DAGLICHT VERBETERT HET LEERVERMOGEN

Leerlingen met het meeste daglicht in hun klaslokaal hadden, waren:

20%

sneller klaar met wiskundetesten

26%

sneller klaar met leestesten

Leerlingen die een goed ontworpen lichtstraat in hun lokaal hadden, vooruit:

19–20%

sneller dan diegenen zonder lichtstraat.

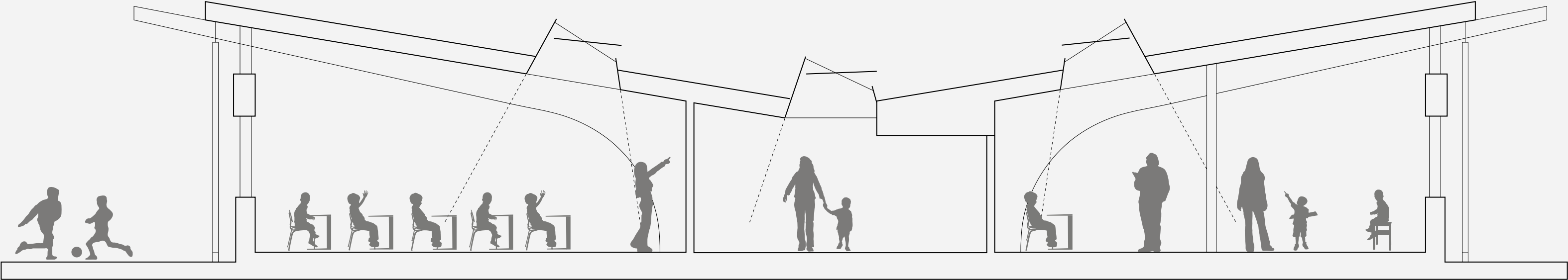
Leerlingen in klaslokalen waar de ramen open konden, waren:

7–8%

sneller dan diegene in lokalen met vaste ramen.

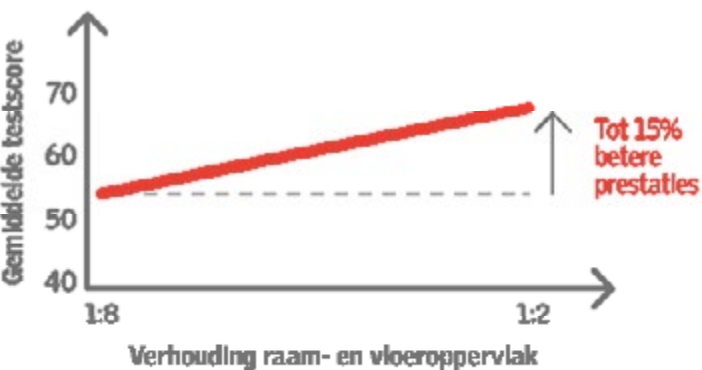
1999 door George Loisos voor The California Board for Energy Efficiency Program. Ingediend door HESCHONG MAHONE GROUP.

Testresultaten van meer dan 21.000 leerlingen in 2.000 klaslokalen uit districten in Orange County, Californië, Seattle, Washington en Fort Collins, Colorado.



4 manieren om de binnentemperatuur in klaslokalen te verbeteren

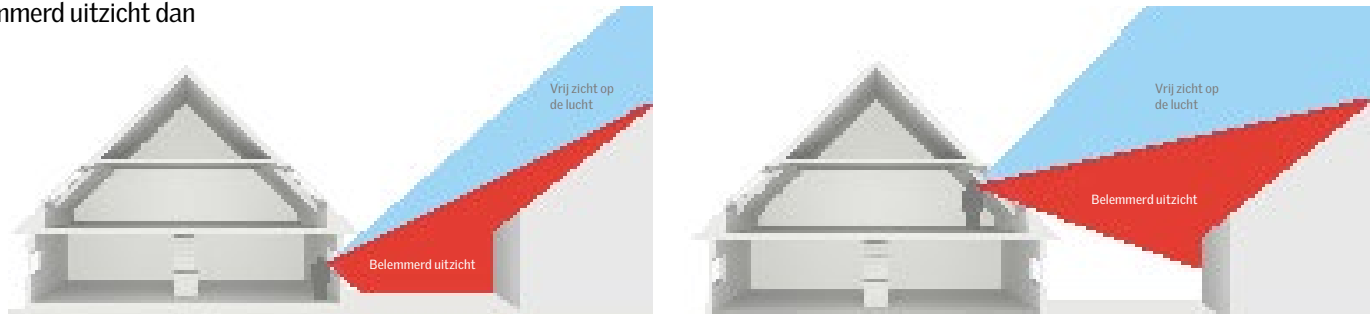
1. Zorg bij het ontwerpen van scholen en klaslokalen dat daglicht de voornaamste lichtbron is gedurende het jaar.
2. Kies voor zonwering die kwalitatief hoogwaardig daglicht garandeert en die zorgt dat het uitzicht naar buiten niet belemmerd wordt.
3. Leg de nadruk op de meest gebruikte ruimtes in de school: investeer in daglichtoplossingen voor de plaatsen waar veel leerlingen aanwezig zijn. Iets minder lichte zones kunnen onderdeel zijn van de ruimte, indien nodig.
4. Integreer in het algehele ontwerp succesvolle architectonische daglichtoplossingen, die de voordelen van gevelramen en dakramen combineren.



Meer daglicht verbetert het leervermogen

Leerlingen die in klaslokalen met grotere ramen werkten, haalden tot wel 15% betere cijfers voor wiskunde en logische testen dan leerlingen in klaslokalen met kleine ramen.

Over het algemeen geven dakramen en lichtstraten een minder belemmerd uitzicht dan gevelramen.



Waarom daglicht?

Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat daglicht niet alleen goed is voor de gezondheid en het welzijn van kinderen, maar dat daglicht ook de leerprestaties aanzienlijk kan verbeteren.

Een van deze onderzoeken¹ werd uitgevoerd door de Universiteit van Sorbonne, die het SINPHONIE-onderzoek bekeek waar 2.387 kinderen uit 13 Europese landen aan meededen. De conclusie luidde dat de schoolprestaties met 15% kunnen toenemen als leerlingen zich in klaslokalen met grotere ramen bevinden, zowel door het extra daglicht als door een beter uitzicht naar buiten.

Het Clever Classrooms-onderzoek², dat werd uitgevoerd door de Universiteit van Salford (Verenigd Koninkrijk), concludeerde dat goed daglicht bijdraagt aan fysiek en mentaal welzijn. De voordelen gaan veel verder dan alleen beter kunnen zien.

Ontwerpen met daglicht

Daglicht moet soms worden aangevuld met voldoende, kwalitatief hoogwaardig kunstlicht als er te weinig licht binnenvalt. We moeten er echter naar streven dat daglicht

de belangrijkste lichtbron is in scholen. Als zonlicht goed wordt gereguleerd, wordt dat over het algemeen ervaren als een prettige bron van verlichting in gebouwen door heel Europa.

Als ramen of lichtstraten op het noorden worden geplaatst, valt er over het algemeen zachter en diffuser licht naar binnen. Licht dat gedurende de dag subtiel verandert van hoeveelheid en kleursamenstelling. Als de ramen op een andere richting worden georiënteerd, versterkt zonlicht de algehele helderheid van de binnenruimtes, met specifieke gebieden van geconcentreerd licht.

Het is vooral uitdagend om daglicht goed te gebruiken in diepe klaslokalen, als er veel afstand is tussen de ramen en de achterzijde van het lokaal. Er is dan vaak sprake van een verschil in lichtniveau: vlakbij het raam is het licht en achterin is het donkerder. Als adequate lichtniveaus in de gehele ruimte niet mogelijk zijn door de vorm of grootte van klaslokalen en/of als de mogelijkheid om ramen te plaatsten beperkt is, kunnen lichtstraten uitkomst bieden. Als er geen directe toegang is tot de lucht omdat er vloeren boven het lokaal zitten, kunnen lichttunnels een effectief alternatief zijn.

Een van de bijkomende voordelen van het creëren van openingen voor daglicht is dat we ook verbinding krijgen met de buitenwereld. Hierdoor zien we veranderingen in het weer, het tijdstip van de dag en de seizoenen.

Er zijn verschillende factoren die invloed hebben op de hoeveelheid

daglicht die binnenvalt via ramen of lichtstraten. Denk bijvoorbeeld aan daglichttoetreding, dikte van de muren, externe blokkades, overhangende uitbouwen aan de bovenkant (zoals balkons) en zijkanten (zoals een uitbouw van het gebouw zelf), diepte van de kamer, enz. Als er rekening wordt gehouden met al deze factoren, laat een lichtstraat meestal twee keer meer daglicht binnen dan een even groot gevelraam.

Schittering reguleren

Schittering ontstaat in ruimtes die te licht zijn en zich binnen het gezichtsveld bevinden, of daar waar sprake is van een hoge contrastratio. Schittering die wordt veroorzaakt door daglicht is anders dan schittering door kunstverlichting. Het verschilt in omvang, complexe luminantiedistributie en acceptatie van de gebruiker (mensen zijn sneller geneigd om schittering te accepteren in een daglichtomgeving)³. Veel daglicht dat een klaslokaal binnenvalt via grote ramen en lichtstraten is misschien optimaal, maar moet ook worden gereguleerd om schittering als gevolg van direct zonlicht te voorkomen. Tegenwoordig is dit zelfs van groot belang, aangezien er in klaslokalen veel gebruik wordt gemaakt van interactieve whiteboards en beamers.

Bij het reguleren van schittering

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](#)
2 Clever Classrooms (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester [LINK](#)

3 "Design Innovations for Contemporary Interiors and Civic Art", Luciano Crespi, 2016

Bouwnormen en lichtniveaus

Daglichtprestaties in binnenruimtes zijn grotendeels afhankelijk van de aanwezigheid en de eigenschappen van het daglicht in de omgeving van het gebouw (bijv. overheersende klimaatomstandigheden). De voorgestelde Europese Daglichtnorm (FprEN 17037) stelt voor om de basis van daglichtevaluatie te veranderen naar een gemiddelde daglichtfactor, die wordt gebaseerd op de aanwezigheid van daglichtniveaus uit geregistreerde klimaatgegevens. De 'climate connectivity' van het voorstel bepaalt dat een ruimte een bepaald daglichtniveau moet bereiken op werkhoogte, op een bepaald percentage van het relevante vloeroppervlak, gedurende de helft van het aantal daglichturen in het jaar. Het te bereiken daglichtniveau moet hoger of gelijk zijn aan 300 lux, wat overeenkomt met de vereiste hoeveelheid licht op werkplekken (zie hieronder). Het te bereiken daglichtniveau moet op 50% van het relevante vloeroppervlak worden bereikt in ruimtes met gevelramen of ramen in een hellend dak. Daar-

naast moet er op 95% van het werkvlak een minimumniveau aan daglicht worden bereikt dat hoger of gelijk is aan 100 lux. In een ruimte die alleen wordt verlicht door dakramen in een bijna horizontale dakconstructie, moet het te bereiken daglichtniveau op 95% van het relevante vloeroppervlak worden bereikt. De te bereiken daglichtfactoren per Europese hoofdstad vindt u terug in de norm. De waardes liggen hoger voor landen in Noord-Europa dan voor landen in Zuid-Europa, aangezien er in het noorden minder natuurlijk daglicht is.

De absolute lichtniveaus die nodig zijn voor een specifieke visuele taak, hangen af van het soort taak en de visuele omgeving waar de taak wordt uitgevoerd. A European Standard, EN 12464-1: Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places, verstrekt informatie over het lichtniveau dat van toepassing is op scholen. Over het algemeen worden de volgende lichtniveaus voor binnen aanbevolen:

Lux-niveau	Werkvlakniveau	Ruimtes bouwen
100	Beperkt tot beweging en subjectieve perceptie	Passages en gangen
300	Vrij eenvoudig	Klaslokalen (minimumlux-niveau voor het gehele klaslokaal), leerruimtes, computerkamers
500	Gemiddeld moeilijk	Auditoria, collegezalen, praktijkruimtes en laboratoria, bibliotheken (leesruimtes), schoolbord/whiteboard in klaslokalen

en contrast is het belangrijk om goed rekening te houden met de oriëntatie van de ramen. Grotere ramen worden idealiter op het noorden geplaatst, zodat er gedurende de hele dag en het hele jaar zo veel mogelijk diffuus daglicht binnenvalt.

Het plaatsen van eenvoudig bedienbare, ondoorzichtige rolgordijnen is ook een effectieve manier om daglicht te reguleren. Een alternatief voor rolgordijnen is permanente buitenzonwering. Echter, dan is er misschien alsnog behoefte aan aanvullende vormen van zonwering, afhankelijk van individuele omstandigheden en wensen. Andere soorten zonwering zijn bijvoorbeeld gordijnen of rolgordijnen die gemaakt zijn van textiel of van andere dunne of geperforeerde ondoorzichtige materialen. Hoe veel de schittering zal afnemen, hangt af van de optische eigenschappen van het materiaal, de oriëntatie van het raam, de geografische ligging, het jaarlijks aantal zonuren, het glasoppervlak, de transmissie en de afstand tussen gebruiker en lichtbron. De materiaaleigenschappen en de mate van bescherming tegen schittering voor dit soort zonwering worden gedefinieerd in de Europese Norm EN 14501 Zonneschermen en luiken en in het voorstel Europese Norm FprEN 17037 Daglicht in gebouwen.

Contrast net zo belangrijk. Bij zowel schittering als contrast is het verschil tussen absolute helderheid en relatieve

helderheid van cruciaal belang. Felle koplampen hebben 's nachts een verblindend effect, maar zijn overdag nauwelijks zichtbaar. Op dezelfde manier zal een sterke lichtbron veel minder schittering en contrast veroorzaken in een lichte kamer, dan in een donkere kamer met één groot raam waar direct zonlicht door naar binnenvalt. De aanbevolen 'luminantieverhouding' tussen visuele taak en directe omgeving is 1:10 binnen het gezichtsveld. De luminantieverhouding geeft de verhouding weer tussen de helderheden binnen het gezichtsveld en het perifere zicht op de omgeving⁴.

Gevelkozijnen versus lichtstraten

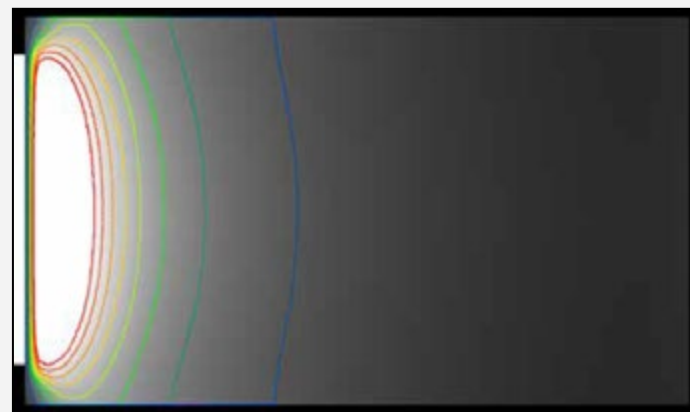
Een goede daglichtverdeling in een ruimte wordt doorgaans het eenvoudigst bereikt door verschillende bronnen van daglicht te gebruiken, zoals een combinatie van lichtstraten en gevelkozijnen. Dit zorgt ook voor minder schittering en contrast. Laten we echter niet vergeten hoe belangrijk uitzicht is: 'Als we naast een gevelkozijn zitten, accepteren we liever een grote hoeveelheid daglicht waardoor we naar buiten kunnen kijken, dan dat we de rolgordijnen sluiten en kunstverlichting aandoen.'⁵

Als een ruimte zo groot is dat zelfs grote gevelkozijnen niet voor voldoende daglicht zorgen, of als het simpelweg niet mogelijk is om gevelkozijnen te plaatsen (bijvoorbeeld in zeer grote klaslokalen, auditoria of gezamenlijke ruimtes middenin een gebouw), kunnen lichtstraten een goede oplossing zijn. Lichtstraten, met op afstand bedienbare ramen, die strategisch in het algehele ontwerp worden opgenomen, laten in de donkere wintermaanden voldoende daglicht binnen. Daarnaast zorgen ze gedurende het hele jaar voor frisse lucht, waardoor de luchtkwaliteit verbetert en de temperatuur beter op peil blijft.

⁴ CLEAR Luminance Ratios, [LINK](#)

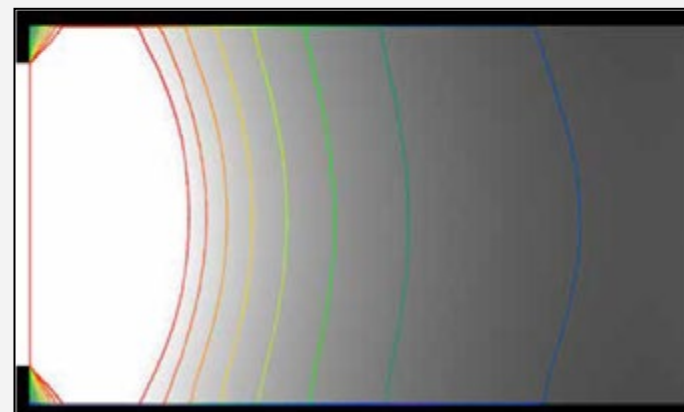
⁵ "Design Innovations for Contemporary Interiors and Civic Art", Luciano Crespi, 2016

Hoe gebruikt u daglicht in uw ontwerp?



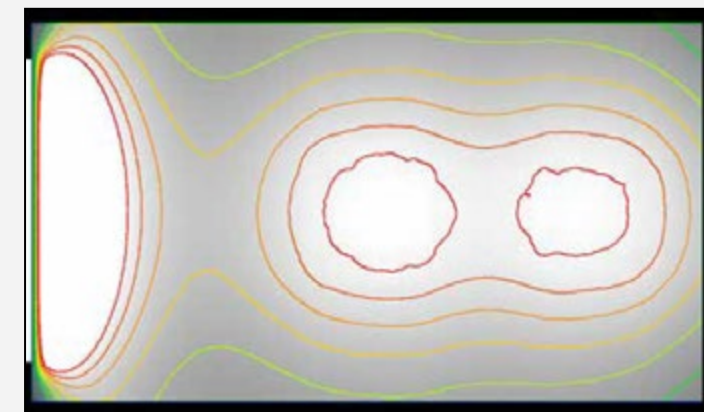
Klein gevelkozijn
(10% raam-vloerverhouding)

- Een DF van 2%, slechts een paar meter van de gevel
- Laag daglichtniveau achterin de ruimte
- Alleen werkplekken vlakbij het raam hebben voldoende daglicht



Groot gevelkozijn
(30% raam-vloerverhouding)

- Een DF van 2% ongeveer 4,5 meter van de gevel
- Daglichtniveau vlakbij het raam is erg hoog en achterin de ruimte erg laag
- De eerste twee werkplekken hebben voldoende daglicht



Klein gevelkozijn + lichtstraten
(20% raam-vloerverhouding: 11%
gevelraam + 9% lichtstraten)

- Een combinatie van gevelramen en lichtstraten zorgt voor een royaal en nuttig DF-niveau in de gehele ruimte
- Gebruik van lichtstraten betekent betere daglichtprestaties en groter visueel comfort
- Alle drie werkplekken hebben voldoende daglicht



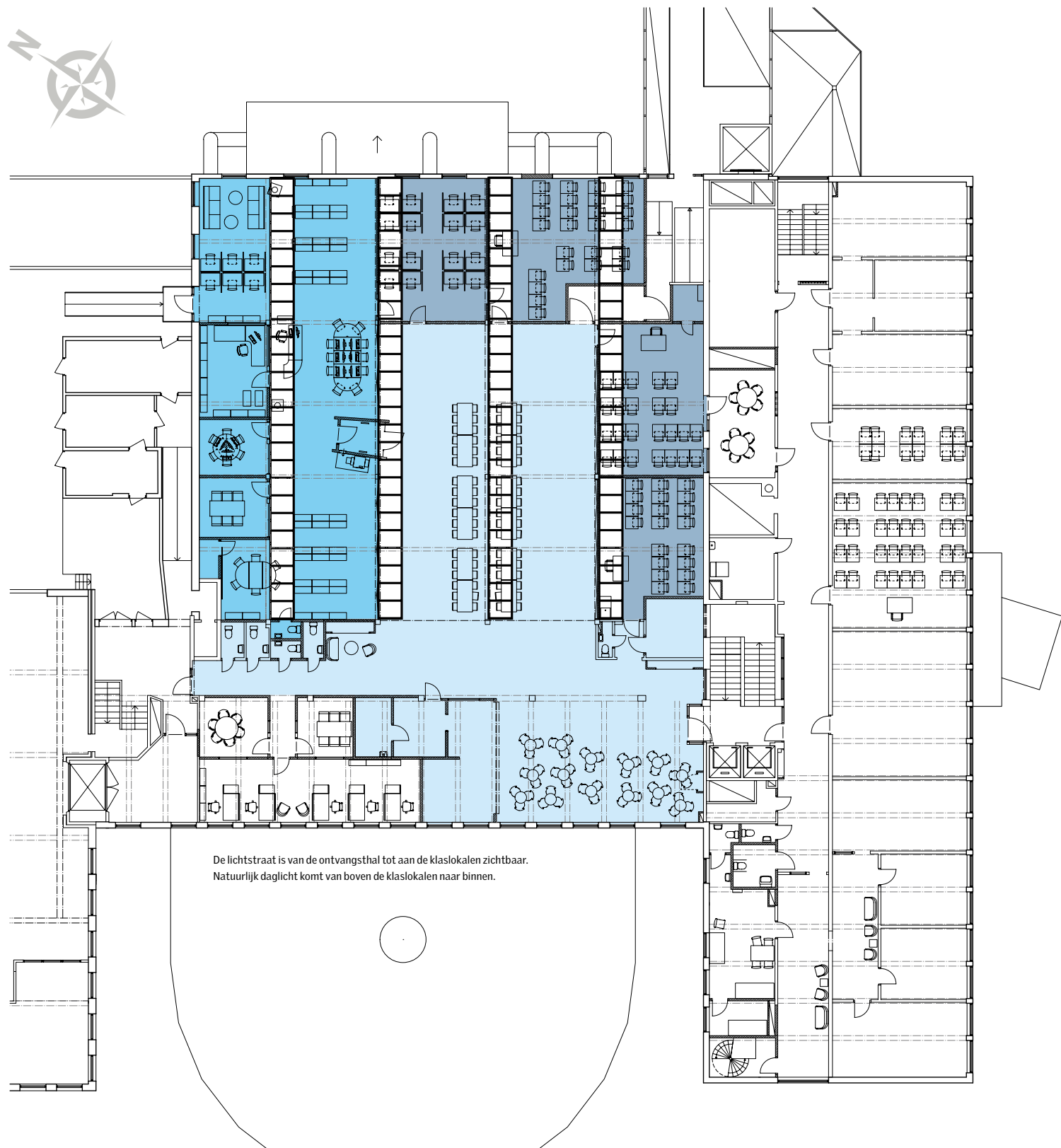
CASE 1

SÅGSBÄCKS- GYMNASIET

Het karakter van een school opnieuw
vormgegeven met voldoende daglicht

In 2012 kwam er een einde aan tien jaar overleg, toen de lokale overheid een plan aannam om de oude vak-school in Huddinge, Zweden, te renoveren. De school uit 1961 was in de stijl van de jaren zestig gebouwd en was in goede staat.

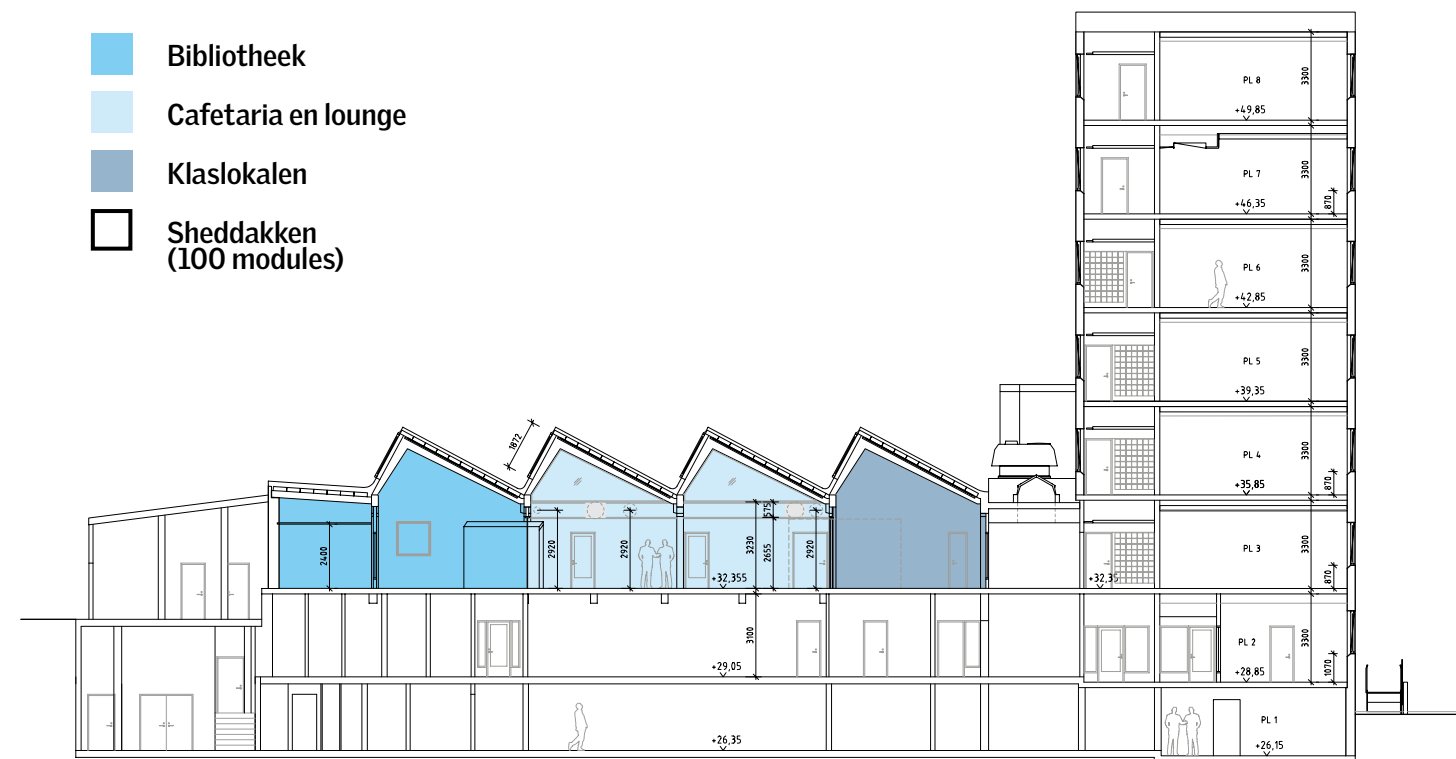
Toch had vijftig jaar aan aftakeling zijn sporen nagelaten. Toen de renovatieplannen werden ontwikkeld, werd er besloten om meer dan honderd oude lichtstraten te vervangen.



Een iconische industriële stijl, perfect voor lichtstraten

Een van de karakteristieke kenmerken van Sångbäcksgymnasiet is het sheddak. Dit typische kenmerk van de industriële periode werd het aandachtspunt voor de projectleiders van het toonaangevende architectenbureau ORIGO Arkitekter. Åsa Machado legt uit: 'Het sheddak en de mogelijkheid om lichtstraten te plaatsen, stonden centraal in onze plannen. Dat hadden we al snel door. We hebben besloten om de hele school toegang te geven tot wat wij zien als 'de beste kant' van het perceel.'

- Bibliotheek
- Cafetaria en lounge
- Klaslokalen
- Sheddakken (100 modules)



SEKTIÓN C-C
HUS A OCH C



Als je aan het hoofd staat van een vakschool, moet je investeren in je leerlingen

Directeur Hans Almgren beschrijft de school als 'een solide gebouw in klassiek-moderne stijl'. Hij is blij dat de uitstraling en het gevoel van de originele architectuur bewaard zijn gebleven in het renovatieplan: 'Ze zijn erin geslaagd om iets te behouden dat tot de ziel van de school behoort: de kwaliteit van de jaren zestig', vertelt hij.

De directeur is vooral erg verheugd over de nieuwe centrale ruimte met het opvallende sheddak. De oorspronkelijke esthetiek van het gebouw is herontdekt

en er wordt optimaal gebruikgemaakt van het potentieel van het dak.

'De lichtstraat was de sleutel tot deze positieve verandering. De architecten hebben er altijd naar gestreefd om het gebouw te openen, licht binnen te laten en visuele diepte te creëren. Er zijn geen dode en donkere hoeken meer.'

Hans Almgren weet dat het creëren van een inspirerende en waardige leeromgeving belangrijk is. Een vakschool loopt altijd het risico om gezien te worden als tweede keuze, geeft hij toe, en daarom is de omgeving zo belangrijk.

'Het klopt misschien dat een beroepsopleiding niet goed staat aan-

geschreven, maar we willen de beste zijn in onze sector. Onze leerlingen zijn belangrijk en we willen dat ze genieten van een mooie en aangename omgeving. Dat heeft invloed op hun zelfvertrouwen en hun bereidheid om te leren.'

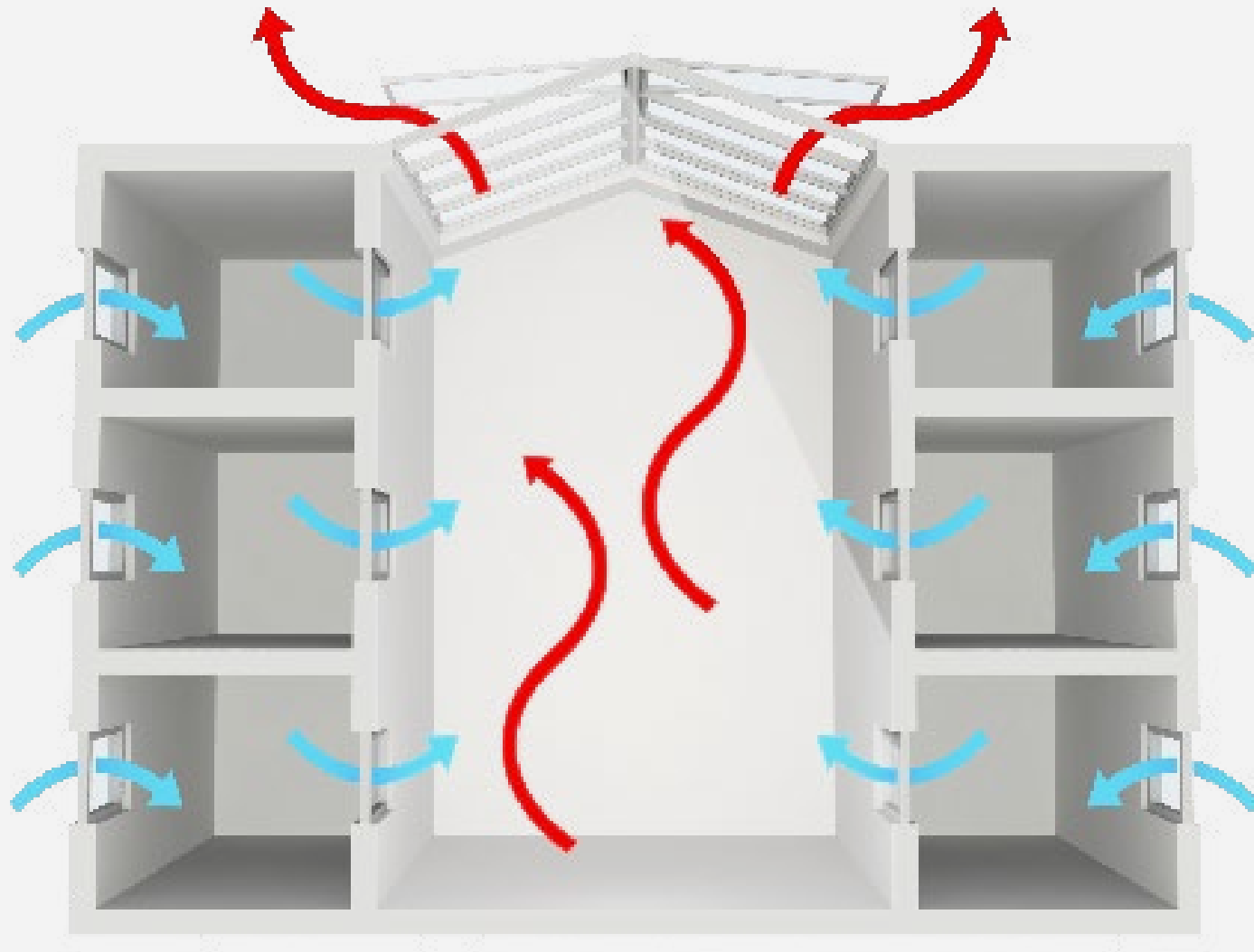
Er gebeurt meer in een heldere en ruime omgeving

De verandering in het gebouw is significant. Het beste wat het bruine draadglas van de oude lichtstraten kon realiseren, was een bedompt interieur. De nieuwe stroom daglicht heeft de omgeving volledig veranderd, waardoor de leerlingen aanzienlijk actiever zijn geworden.



Ventilatie

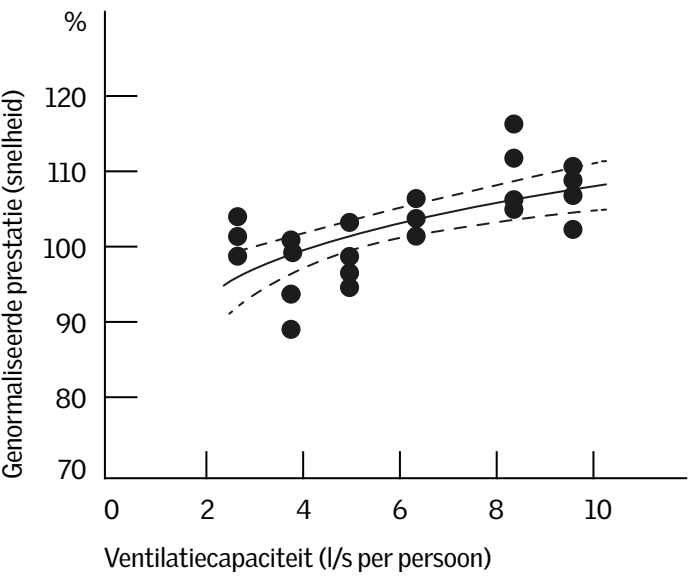
Ventilatie in scholen kan mechanisch worden geregeld met ventilatoren en/of door natuurlijke luchtstromen via open ramen en deuren



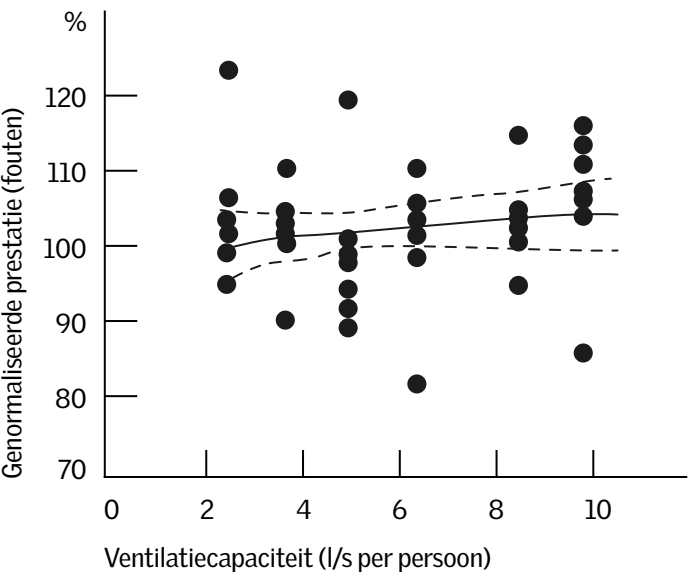
2 BINNENLUCHT-KWALITEIT

Een slechte luchtkwaliteit in scholen kan de oorzaak zijn van verminderde concentratie en lagere prestaties, maar ook van een hoger ziekteverzuim. Goede ventilatie is daarom essentieel bij het ontwerpen van gezonde klaslokalen die bijdragen aan goede leerprestaties.

Snelheid



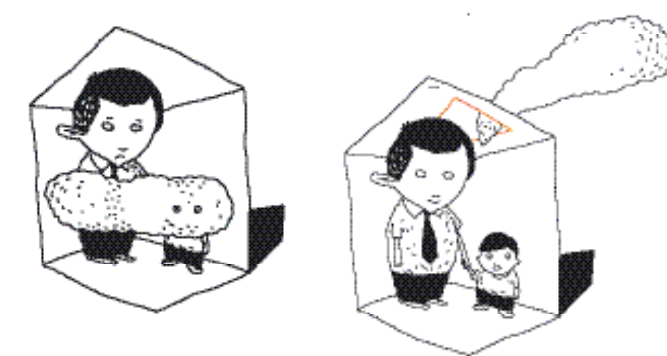
Nauwkeurigheid



Leerprestaties versus ventilatiecapaciteit, gebaseerd op een Deens onderzoek. Prestaties werden gebaseerd op de snelheid (boven) en de nauwkeurigheid (onder) waarmee leerlingen verschillende schoolopdrachten voltooiden. De verschillende datapunten zijn resultaten van meerdere experimenten en verschillende soorten opdrachten.

4 manieren om de luchtkwaliteit in klaslokalen te verbeteren

1. Zet ramen open om te ventileren tijdens de lessen. De meeste scholen in Europa hebben de mogelijkheid tot natuurlijke ventilatie.
2. Innovatieve oplossingen voor natuurlijke ventilatie, bijvoorbeeld natuurlijke ventilatie naar behoefte, kunnen het CO2-niveau binnen de aanbevolen marge houden.
3. Mechanische ventilatiesystemen kunnen leiden tot een optimale luchtkwaliteit, zonder dat het thermisch comfort vermindert in de koudere maanden.
4. Hybrideoplossingen combineren de voordelen van zowel natuurlijke als mechanische ventilatie.



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 (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester
4 CEN (2007) EN 15251: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings.

Slechte luchtkwaliteit in klaslokalen heeft niet alleen invloed op het concentratievermogen van leerlingen, maar kan ook schadelijk zijn voor hun algehele gezondheid en welzijn.

Volgens het Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA) lijdt bijna een op de dertien kinderen in de schoolgaande leeftijd in de Verenigde Staten aan astma, de voornaamste oorzaak van ziekteverzuim door chronische ziektes¹.

Men denkt ook dat kinderen, die nog volop in ontwikkeling zijn, gevoeliger zijn dan volwassenen voor blootstelling aan een schadelijke omgeving. Kinderen ademen meer lucht in, eten meer voedsel en drinken meer vloeistof in verhouding tot hun lichaamsgewicht dan volwassenen. Alleen al om deze reden is luchtkwaliteit in scholen een punt van aandacht. Het is daarom alarmerend dat uit onderzoek van EPA naar blootstelling aan luchtverontreiniging blijkt dat binnenlucht twee tot vijf keer (en soms zelfs 100 keer) vervuilerder kan zijn dan buitenlucht.

Onvoldoende ventilatie leidt tot meer luchtverontreiniging. Dat is juist in klaslokalen een probleem, omdat kinderen daar een lager luchtvolume per kind hebben door de hoge bezettingsgraad. Een groot aantal onderzoeksgegevens levert overtuigend bewijs dat er een verband bestaat tussen het vaker ventileren van klaslokalen en betere leerprestaties. De leer-

prestaties verbeteren met een paar tot wel vijftien procent als er vaker wordt geventileerd.

In een recent onderzoek² werd een interventie gedaan om ventilatieniveaus in zestien klaslokalen te verbeteren. Vervolgens bleek dat de tweehonderd leerlingen bij computertesten aanzienlijk snellere en nauwkeurigere resultaten behaalden als er vaker geventileerd werd in hun klaslokaal. Verbeteringen waren te zien bij reactietijd, kleur-woord-herkenning, beeldgeheugen en woordherkenning.

Volgens de bevindingen van het Clever Classrooms-onderzoek³ zijn de vereisten voor goede ventilatie in klaslokalen:

1. Gecontroleerde ventilatie

Ramen en lichtstraten met grote oppervlakten, idealiter met meerdere openingen, geven gebruikers de mogelijkheid om een klaslokaal onder verschillende omstandigheden effectief te ventileren. Ramen die aan de bovenkant open kunnen en lichtstraten die hoog in de ruimte zijn geplaatst en eenvoudig op afstand geopend kunnen worden, kunnen warme, bedompte lucht laten ontsnappen. Als rolgordijnen de luchtstroom blokkeren, kunnen ze beter niet op deze ramen en lichtstraten worden gemonteerd.

2. Ruimtevolume

Hoe groter het klaslokaal, hoe hoger de verdunningsgraad van kooldioxide en

verontreinigende stoffen en hoe langer de luchtkwaliteit goed blijft. In een gemiddeld groot klaslokaal met een volume van 181 m³, dertig leerlingen en geen ventilatie, is de binnenluchtkwaliteit binnen dertig minuten slecht.

3. Mechanische ventilatie

Als natuurlijke ventilatie lastig is of onvoldoende resultaat oplevert, kan mechanische ventilatie een oplossing bieden.

4. CO₂ sensoren

Door het installeren van CO₂-sensoren in klaslokalen kunnen leraren de luchtkwaliteit controleren en het ventilatieniveau daarop aanpassen. CO₂-concentratie wordt vaak gebruikt als indicator voor de binnenluchtkwaliteit. Buitenlucht bevat een CO₂-concentratie van ongeveer 400 ppm. Een CO₂-niveau van 1150 ppm zorgt voor een prima binnenluchtkwaliteit, 1400 ppm zorgt in de meeste gevallen voor een goede binnenluchtkwaliteit en 1600 ppm zorgt voor een slechte luchtkwaliteit (CEN, 2007)⁴.

Het is overduidelijk dat een gezond binnenklimaat hoge prioriteit moet krijgen bij het bouwen en moderniseren van scholen. Een gezond binnenklimaat leidt tot een gezonder gebouw, waarin leerlingen beter kunnen presteren en leraren beter kunnen werken. Goed ventileren is cruciaal, aangezien het de enige manier is om een goede binnenluchtkwaliteit te behouden en luchtverontreiniging op een aanvaardbaar niveau te houden.



CASE 2

RYPARKEN

Van textielfabriek tot leerfaciliteit

Ryparken Lille Skole (letterlijk 'Ryparken kleine school') is gevestigd in een oude textielfabriek in Kopenhagen. Jarenlang hadden de school en zijn gebruikers last van de vervallen staat van het gebouw. Tot begin 2010, toen het schoolbestuur besloot om te beginnen met een groot renovatieproject. In het plan werd opgenomen dat de oude lichtstraten met enkel glas vervangen zouden worden door 85 vaste en 12 ventilerende VELUX modulaire lichtstraten met triple glas.



‘Onze prachtige school had wat hulp nodig. Niet alleen om de levensduur van het gebouw te garanderen, maar ook om ervoor te zorgen dat de school een aangename plek is voor zowel kinderen als werknemers.’

Mette Lisbjerg Jensen
Rector

Omstandigheden optimaal benutten

De oude, tot school getransformeerde textielfabriek had last van ouderdomsgebreken. Het dak lekte en het energieverbruik om het gebouw te verwarmen was torenhoog. Het pand slopen was geen optie. Dit zou te duur zijn en het iconische gebouw was sowieso aangemerkt als monument. De school besloot dus om het gebouw te moderniseren en tegelijkertijd het binnenklimaat te verbeteren met meer daglicht, frisse lucht en betere temperatuurbeheersing.

Het duurde niet lang voordat de architecten hun blik op de lucht richtten om de visie van de school te verwezenlijken. Het iconische sheddak met het donkere glas was de perfecte kans om in één keer twee behoeftes te vervullen.

Comfortabele temperaturen en goede CO₂-niveaus gedurende het hele jaar

In een seizoensklimaat zoals dat van Denemarken kan het lastig zijn om een comfortabel binnenklimaat te realiseren. Onvoldoende ramen en andere ventilatiemogelijkheden kunnen tot hoge temperaturen leiden in de zomer, maar een gebrek aan ventilatie kan zorgen voor te hoge CO₂-waardes en een slechte luchtkwaliteit gedurende het hele jaar. Te veel ramen kunnen er echter voor zorgen dat de gebruikers het ijskoud hebben in de winter. Tenzij de ramen goed geïsoleerd zijn, uiteraard. Dit is een van de uitdagingen

en voor architecten die in seizoensklimaten werken: hoe creëer je een goed binnenklimaat en tevens voldoende daglicht gedurende het gehele jaar?

Goed thermisch geïsoleerde ramen en lichtstraten met minimaal dubbel glas zijn essentieel. Volgens de huidige normen was het enkele glas van de bestaande ramen in Ryparken Lille Skole een echte koudebrug die de warmte door het dak liet ontsnappen. De uitstekende thermische eigenschappen van het Triple glas van de nieuwe VELUX modulaire lichtstraten zorgen nu voor voldoende daglicht in de winter, zonder dat de temperatuur daalt en de energierekening stijgt.

Frisse lucht door het dak

Isolatie is slechts een deel van het verhaal. Om goede CO₂-niveaus en een aangename temperatuur in de zomer te bereiken, heb je ook frisse lucht nodig. Zeker in een gebouw als Ryparken Lille Skole dat maar weinig gevelramen heeft. Om ervoor te zorgen dat de klaslokalen goed geventileerd worden, was een van de belangrijke projectdoelen om een grote, geventileerde ruimte te creëren.

VELUX modulaire lichtstraten boden de optimale ventilatieoplossing: er werden twaalf ventilerende modules geïnstalleerd in de lichtstraat. Hierdoor kan er uitstekend geventileerd worden, wat een positief effect heeft op comfort, gezondheid, welzijn en schoolprestaties.

Het is namelijk mogelijk om VELUX modulaire lichtstraten samen te stel-

len met tot wel 50% ventilerende modules. Alle modules ogen identiek als ze gesloten zijn, zodat dit geen nadelige esthetische invloed heeft op het ontwerp.

Verder kunnen de ventilerende modules zo worden ingesteld dat ze automatisch open- en dichtgaan. Deze geautomatiseerde ventilerende modules zijn vooral handig op een school als Ryparken Lille Skole, waar lessen en pauzes volgens een vast schema verlopen. Daardoor kan er een ventilatieschema worden opgesteld waarin de ventilerende modules samenwerken met CO₂-sensoren. Tijdens de pauzes gaan de modules open om frisse lucht binnen te laten, indien nodig.

Geautomatiseerde ventilerende modules zorgen ook voor een gezonder binnenklimaat, met minder CO₂, minder deeltjes in de lucht en een betere natuurlijke koeling in de warme zomermaanden.

‘We zijn enorm blij met het resultaat. De school is een veel betere werkplek geworden met een betere omgeving voor iedereen,’ zegt Mette Lisbjerg Jensen, rector op Ryparken Lille Skole.

Slechte luchtkwaliteit heeft invloed op leerprestaties

Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat een slechte luchtkwaliteit leidt tot slechtere leerprestaties en dat een goede luchtkwaliteit bijdraagt aan goede cijfers.



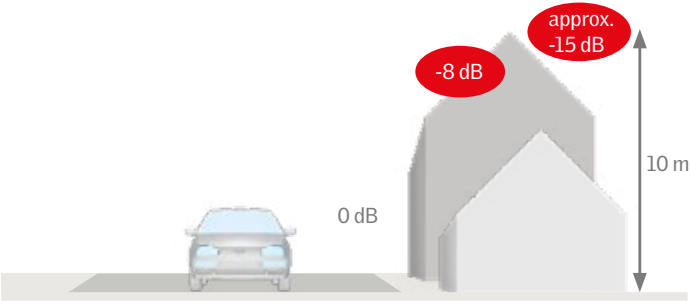
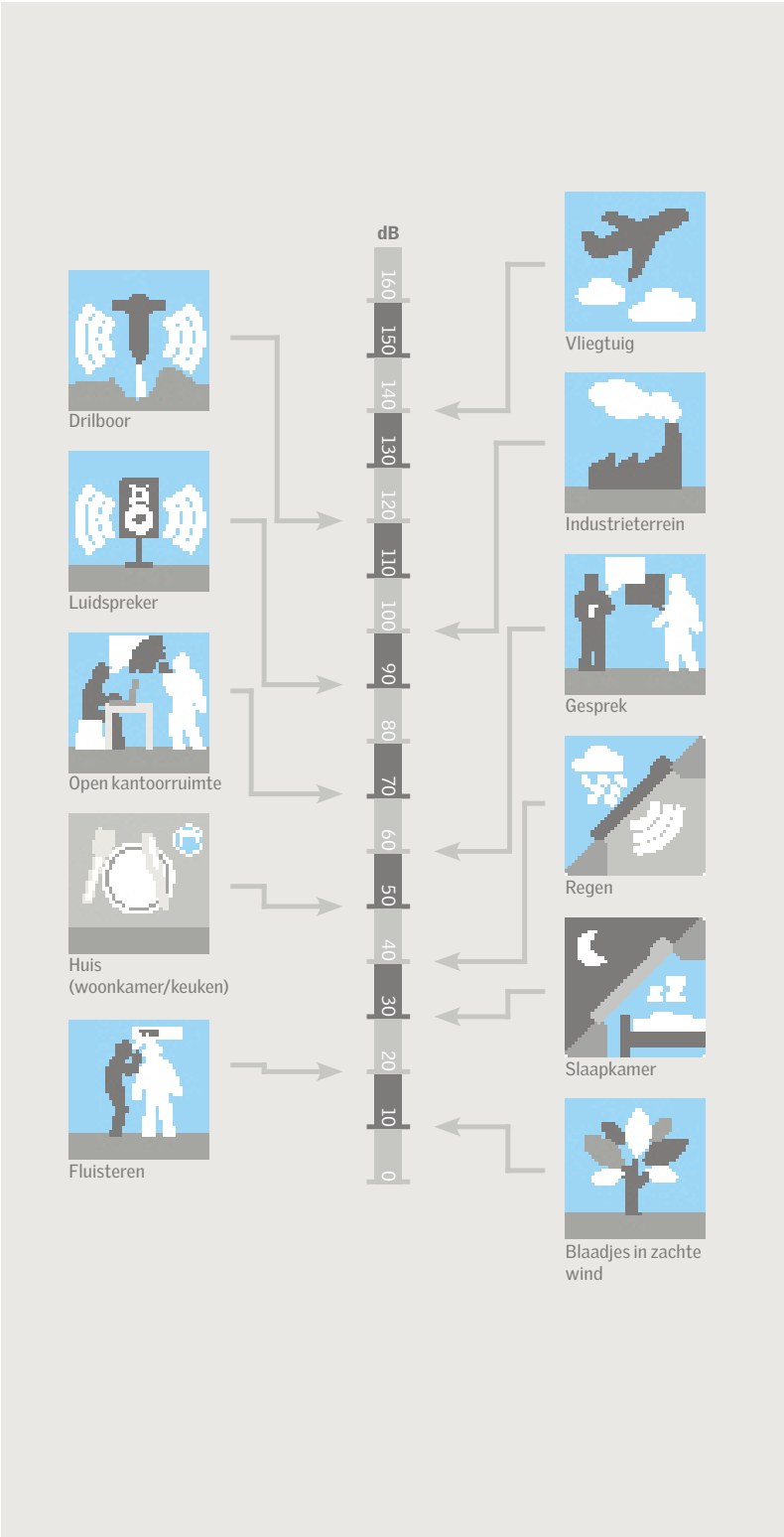


3 AKOESTISCHE OMGEVING

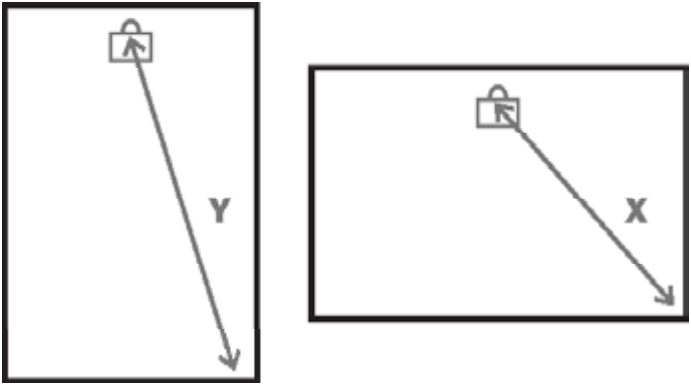
Een belangrijke functie van een gebouw is het buitenhouden van ongewenste geluiden. Geluidsisolatie is een belangrijke parameter voor bouwcomponenten, aangezien lawaai van buitenaf een negatieve invloed kan hebben op gezondheid, stemming en leervermogen. Onze perceptie speelt een belangrijke rol als we vaststellen of er sprake is van geluid (positief) of lawaai. Ongewenste geluiden zijn vervelend, irritant en in ernstige gevallen zelfs schadelijk¹. Een prettige auditieve waarneming en de afwezigheid van indringende achtergrondgeluiden zijn in klaslokalen van groot belang voor een goede onderlinge communicatie en een goed concentratievermogen.

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

Gemiddeld geluidsniveau



Een vergelijking tussen een gevelkozijn en een lichtstraat: als de lichtstraat aan de kant van de weg wordt geplaatst, is het geluidsniveau 8 dB lager dan dat van een gevelkozijn. Als de lichtstraat naar de kant van de tuin wordt verplaatst, gaat het geluidsniveau nog verder omlaag (ongeveer 15 dB).



Als de tafel van de leraar in het midden van de lange kant staat, is de afstand naar de hoek (X) korter dan als de tafel in het midden van de korte kant wordt geplaatst (Y).

Bij het ontwerpen van klaslokalen is het belangrijk om optimale omstandigheden te creëren voor het produceren en ontvangen van aangename geluiden (zoals leraar en leerlingen die tegen elkaar praten) en het blokkeren van indringende geluiden (zoals geluiden van speelplein en verkeer).

Twee onderzoeken, door Crandell en Smaldino (2000)¹ en Picard en Bradley (2001)², hebben de bevindingen van verschillende eerdere onderzoeken samengevat. De conclusie was dat de akoestische omgeving van een klaslokaal een cruciale factor is voor de academische en psychosociale prestaties van kinderen. Het Clever Classrooms-rapport (2015)³ benadrukte dat dit in het bijzonder geldt voor kinderen met speciale onderwijsbehoeften. Cruciale factoren die de akoestische omgeving van klaslokalen verbeteren, zijn bijvoorbeeld:

Controle over externe geluiden

Klaslokalen die niet in de buurt liggen van drukke omgevingen, zoals speelpleinen en ontvangstruimtes, hebben minder last van externe geluiden. Soms kunnen ruimtes als gangen, toiletten en opslagruimtes fungeren als bufferzones tegen externe geluiden.

Idealiter staat een school niet aan een drukke weg. Als een school toch langs of vlakbij een drukke weg staat, kan het verkeerslawaaï worden vermindert door de klaslokalen zo ver mogelijk

van de weg te situeren, niet op de weg uit te laten kijken en geluidswallen met beplanting te gebruiken als buffer. Het wordt dan wel een uitdaging om het geluid buiten te houden zonder het daglicht, de ventilatie of het uitzicht naar buiten te veel te beperken. Een populaire oplossing voor deze uitdaging is het gebruik van zelfregulerende lichtstraten, die tijdens de pauzes opengaan. Op die manier wordt er geventileerd en blijft de temperatuur op peil, zonder dat er tijdens de lessen geluidsoverlast is. Ramen met dubbel glas van verschillende diktes (bijv. 4 mm en 6 mm) hebben een betere geluidsisolatie dan ramen met standaardbeglazing. Ramen met triple glas van verschillende diktes en met verschillende afstanden tussen de lagen presteren ook beter dan de standaardoplossing. Een andere gasvulling gebruiken is ook effectief: krypton isoleert beter tegen geluid. En tot slot is lamineren ook een manier om beglazing beter geluidsisolerend te maken.

Binnengeluiden

Geluiden die in een gebouw ontstaan, kunnen worden ingedeeld in twee bronnen van overdracht: luchtgeluid en geluid dat door het gebouw zelf wordt overgebracht. Luchtgeluid van menselijke activiteiten in aangrenzende klaslokalen of van mechanische aard verplaatst zich via de lucht, muren, vloeren en plafonds. Binnen het klaslokaal kunnen ongewenste

geluiden worden verminderd door middel van een verlaagd plafond met akoestische tegels, tafels en stoelen met rubberen pootjes en, indien nodig, akoestische panelen. Poreuze materialen kunnen ook worden gebruikt om geluiden te absorberen. Gordijnen kunnen de akoestiek verbeteren doordat ze echo's en galm dempen.

Vorm van de ruimte

De stoelen moeten zodanig in de ruimte worden geplaatst dat de leerlingen de leraar goed kunnen horen. Hoe dichterbij, hoe beter. Een rechthoekige ruimte met een grotere lengte-breedteverhouding is het meest geschikt voor zo'n indeling.

Dit wil niet zeggen dat alleen rechthoekige ruimtes de juiste akoestiek opleveren. Flexibiliteit is een van de essentiële factoren bij het ontwerpen van een klaslokaal.

Door een goede akoestische omgeving in een klaslokaal kunnen de leerlingen de leraar goed verstaan en worden ze minder afgeleid door externe geluiden. Een goede akoestische omgeving zorgt er ook voor dat leerlingen effectief kunnen samenwerken in groepen. Daarnaast kunnen ze zich voldoende concentreren op zelfstandig werken of examens.

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 (2015), Summary report of the HEAD project, University of Salford, Manchester

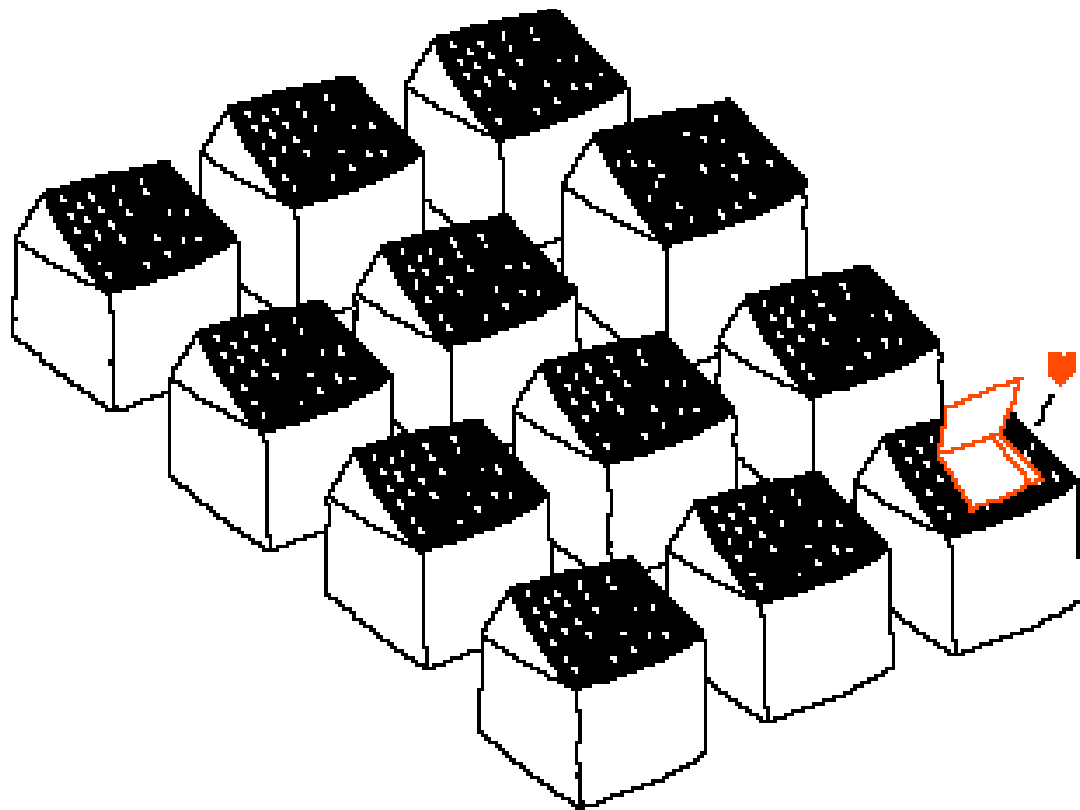


4 TEMPERATUUR

Net als voor de bordjes pap uit het bekende sprookje Goudlokje en de drie beren, geldt ook voor klaslokalen dat ze niet te warm, niet te koud, maar precies goed moeten zijn.

4 manieren om de binnentemperatuur in klaslokalen te verbeteren

1. Gebruik in de zonwering en natuurlijke ventilatie en voorkom hoge binnentemperaturen die het leervermogen verminderen.
2. Combineer energie-efficiënte mechanische ventilatie met systematisch gebruik van natuurlijke ventilatie, zodat er een energieneutrale strategie is voor verkoeling.
3. Neem zowel gevelkozijnen als lichtstraten op in het ontwerp om te zorgen voor een goede luchtstroom (bijv. dwarsventilatie, schoorsteeneffect).
4. Integreer goede zonwering in het schoolontwerp door luchtkwaliteit, luchttemperatuur, uitzicht en daglicht gevelkozijnen repeterend te benaderen.



Een belangrijke overweging bij het ontwerpen van klaslokalen, is het creëren van goede thermische omstandigheden met behulp van energie-efficiënte technologieën, zoals natuurlijke ventilatie, zonwering en intelligent gebouwonwerp voor de warme maanden, en efficiënte, controleerbare verwarming voor de koude maanden.

We zijn het er steeds meer over eens dat een 'natuurlijke comforttemperatuur' niet bestaat. De beste resultaten op het gebied van verkoeling en verwarming worden bereikt als de gebruikers van een pand persoonlijk instelbare opties hebben. Bijvoorbeeld ramen en zonwering die ze zelf kunnen bedienen en eventueel ook kleine ventilatoren en andere vergelijkbare apparaten. In principe moeten gebouwen mensen zo veel mogelijk in contact brengen met de buitenwereld en mensen alleen beschermen tegen de buitenwereld voor zover dat nodig is¹.

In Europa hebben alle landen een beleid voor een minimumtemperatuur in klaslokalen opgenomen in hun wetgeving of normen. Deze minimumtemperaturen variëren per land en per seizoen, maar liggen tussen de 17 °C en 20 °C. Er zijn echter minder Europese landen die een norm hebben voor een maximumtemperatuur in klaslokalen. Voor de landen die dat wel hebben, ligt die temperatuur

tussen de 22 °C en 29°C.

De afgelopen decennia hebben onderzoekers bekeken welke temperaturen in verband worden gebracht met betere leerresultaten. Zeiler en Boxem (2009)² hebben een grondige evaluatie uitgevoerd om de effecten van de thermische kwaliteit in scholen op de leerprestaties van leerlingen aan te tonen. Mendell en Heath (2005)³ hebben de bewijzen geëvalueerd van de invloed die de binnenklimaat heeft op zowel prestaties als aanwezigheid. Fisk (2017)⁴ heeft uitgebreid literatuuronderzoek gedaan naar ventilatieproblemen op scholen en de invloed ervan op de prestaties, gezondheid en afwezigheid van leerlingen. Uit deze onderzoeken bleek dat als de temperatuur en de vochtigheidsgraad stijgen, leerlingen een kortere aandachtsspanne hebben, waardoor ze zich minder prettig voelen en slechter presteren. Hoge temperaturen in de klas worden ook in verband gebracht met hoofdpijn en oog-, oor-, neus- en keelsymptomen. Een hoge vochtigheidsgraad kan leiden tot meer schimmel, wat vervolgens allerlei

gezondheidsproblemen kan veroorzaken of verergeren.

Oplossingen voor verkoeling

Verkoeling door natuurlijke ventilatie, bijvoorbeeld door het openen van ramen en lichtstraten, is een snelle en directe manier om de thermische binnenomgeving te beïnvloeden. Een open raam zorgt voor meer luchtstroom, en als de buitentemperatuur lager is dan de binnentemperatuur, zal de binnentemperatuur dalen. Zelfs als de buitentemperatuur iets hoger is dan de binnentemperatuur, zal de verhoogde luchtsnelheid als gevolg van meer luchtstroom het lichaam afkoelen.

Natuurlijke ventilatie voor verkoeling kan op twee manieren worden bereikt, namelijk via dagventilatie en nachtventilatie:

- Overdag ventileren zorgt ervoor dat overtollige warmte uit het gebouw verdwijnt door een hoge mate van beweging in de lucht.
- Nachtventilatie (ook wel nachtkoeling genoemd) verkoelt de thermische massa van het gebouw (muren, vloeren, meubilair, enz.) met behulp van de koele buitenlucht. De volgende dag is er minder energie nodig om het gebouw af te koelen omdat de thermische massa al is afgekoeld.

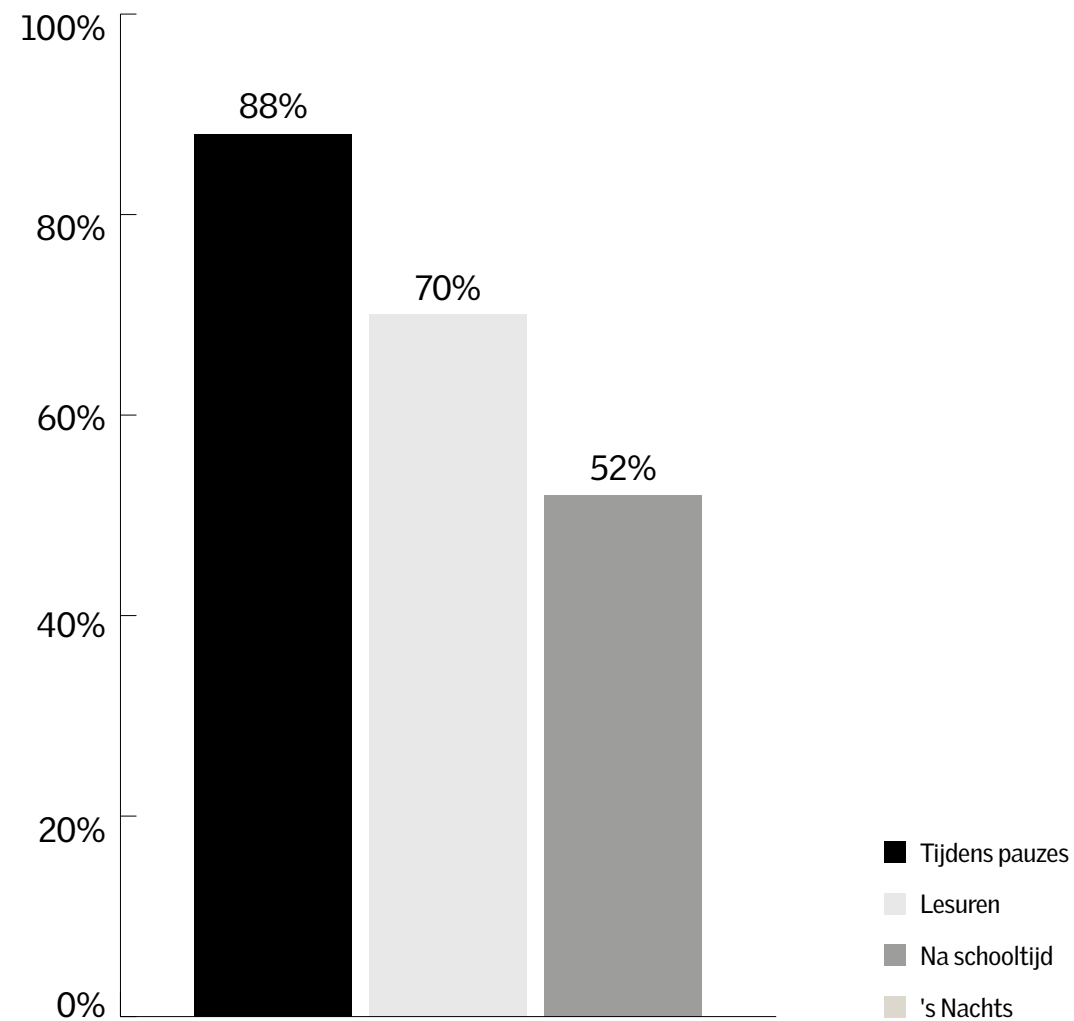
De oriëntatie van het klaslokaal en zonwering spelen ook een belang-

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

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



Deze grafiek uit het SINPHONIE-onderzoek, uitgevoerd op 114 scholen in 23 Europese landen, geeft aan wanneer ramen worden geopend gedurende de dag. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de toepassing van nachtventilatie. <http://www.sinphonie.eu/sites/default/files/ExecutiveSummary/lbna26738enn.pdf>

rijke rol bij het creëren van consistent thermisch comfort. Grote ramen en lichtstraten kunnen zodanig worden georiënteerd dat er een maximale hoeveelheid zonlicht naar binnenvalt in de wintermaanden. Zonwering zorgt er in de zomermaanden voor dat het zonlicht naar behoefte kan worden gereguleerd.

Uit veldonderzoek blijkt dat mensen in natuurlijk geventileerde gebouwen hogere temperaturen accepteren⁵. Dit effect, dat het lichaam zich aanpast aan de omgeving, wordt adaptief thermisch comfort genoemd. Een voorwaarde voor ontwerpen met adaptief thermisch comfort is dat mensen hun kleding kunnen aanpassen en de ramen kunnen bedienen. Het gevolg van adaptatie is dat er in warme klimaten thermisch comfort kan worden bereikt zonder airconditioning, door gebruik te maken van natuurlijke ventilatie, zonwering en intelligent gebouwontwerp. In landen waar het 's zomers erg heet is, is het misschien wel nodig om, behalve van natuurlijke ventilatie en zonwering, het pand te voorzien van plafondventilators of mechanische airconditioning.

Oplossingen voor verwarming

Het Clever Classrooms-onderzoek (2015)⁶ toonde aan dat er in de winter betere temperaturen werden bereikt

als ruimtes werden voorzien van radiatoren die met een thermostaat konden worden bediend. Vloerverwarming werd daarentegen in verband gebracht met minder controle over de temperatuur in de verschillende klaslokalen, vanwege de langere responstijd.

In het onderzoek werd ook aanbevolen dat de systemen voor temperatuurbeheersing in klaslokalen eenvoudig bedienbaar en goed toegankelijk moeten zijn voor leraren.

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

Een nieuw leermodel door moderne architectuur

De Hessenwald School in Weiterstadt, Duitsland, is een voorbeeld van energie-efficiënte, hedendaagse architectuur die een nieuw leer- en pedagogisch model faciliteert. Het goed verlichte en goed geventileerde atrium dat drie verdiepingen telt, staat centraal in zowel het model als het gebouw.



'Het beste dat je kunt doen om een gezonde omgeving voor mensen te creëren, is materialen en heel veel licht gebruiken om goede ruimtes te ontwerpen.'

Alexander Vohl
Partner wulf architecten

Moderne architectuur in een landelijke omgeving

Iedereen in de omgeving heeft het over de Hessenwald School. Professionals, lokale bewoners, leerlingen, leraren en andere gebouwgebruikers: iedereen is enthousiast over het nieuwe schoolcomplex. De school heeft 700 leerlingen uit de omliggende steden en dorpen. Ondanks de omvang van het gebouw is architectenbureau Wulf Architekten uit Stuttgart erin geslaagd om het gebouw te integreren in de omgeving (door middel van een clusterachtig paviljoen). Tegelijkertijd werd het pedagogische concept weerspiegeld in het heldere en moderne architectonische ontwerp. Het centrale, goed verlichte en goed geventileerde atrium is de verbindende factor in het complex.

Het drie verdiepingen tellende atrium staat in verbinding met de centrale hal, de pauzeruimte, het theater en het muzieklokaal. Zes VELUX modulaire lessenaarsdaken zorgen voor optimale daglichtomstandigheden. Het diffuse, koele licht dat door de lessenaarsdaken het gebouw binnenkomt, contrasteert met het licht van de geperforeerde zonneschermen op de gevel, waardoor er een uitgebalanceerde ambiance ontstaat.

Dit open architectonische ontwerp past bij de open benadering van lesgeven en heeft verschillende gezamenlijke ruimtes, waarin de leerlingen zelfstandig kunnen werken.

Lichtstraten als blikvanger

Op de Hessenwald School komen zowel hoger, middelbaar als lager middelbaar onderwijs samen, waardoor de leerlingen al naar gelang hun prestaties kunnen overstappen.

De hele school is ontworpen om een open benadering van leren te faciliteren: het centrale punt voor deze benadering is het atrium. De kubusvormige structuur van het atrium ziet er aan de buitenkant uit als een losstaand element. Aan de binnenkant beslaat het drie verdiepingen, waardoor de leerruimtes aan elkaar worden verbonden.

De lichtstraten zijn in lichtschachten geplaatst die zijn uitgesneden uit het strekmetalen plafond, waardoor ze net op lichtarmaturen lijken. Door het heldere, natuurlijke daglicht dat door deze lichtstraten binnenvalt, krijgt het atrium zijn prachtige uitstraling.

Duurzaamheid staat centraal

De VELUX modulaire lessenaarsdaken sluiten ook goed aan op het energieconcept van het gebouw. In de winter verwarmen de grote glazen oppervlakten de lucht in het atrium, waardoor ook de verschillende paviljoens worden verwarmd. In de zomer kan de warme lucht ontsnappen door de ventilerende modules in de lessenaarsdaken, zodat de temperatuur aangenaam blijft.

De school werd ontworpen volgens de richtlijnen voor duurzaam bouwen in het district Damburg-Dieburg.

De duidelijke, lage vormgeving van het gebouw en de goede opslagmogelijkheden zorgen voor lage onderhoudskosten door passieve maatregelen. De robuuste bouwmaterialen vergen minimaal onderhoud. De verwarming wordt geregeld door een biomassasysteem in een apart gebouw. Overmatige hitte in de zomer wordt grotendeels voorkomen door gebruik te maken van de thermische massa in de blootliggende betonnen plafonds, evenals van geautomatiseerde ventilatie via de gevelramen en de VELUX modulaire lichtstraten in het atrium.

Directeur Markus Bürger beschrijft dit als een 'ideaal binnenklimaat'.

'Een klimaat waarin iedereen zich comfortabel voelt, een klimaat dat gecreëerd wordt door geweldige architectuur, lichtomstandigheden en een aangename temperatuur. Als leraren en leerlingen op een prettige manier willen samenwerken, moet de basis, dat wil zeggen de ruimte, goed zijn. We hebben het hier niet alleen over een binnenklimaat, maar over een leerklimaat,' zegt Markus Bürger.

Bedolven onder de prijzen

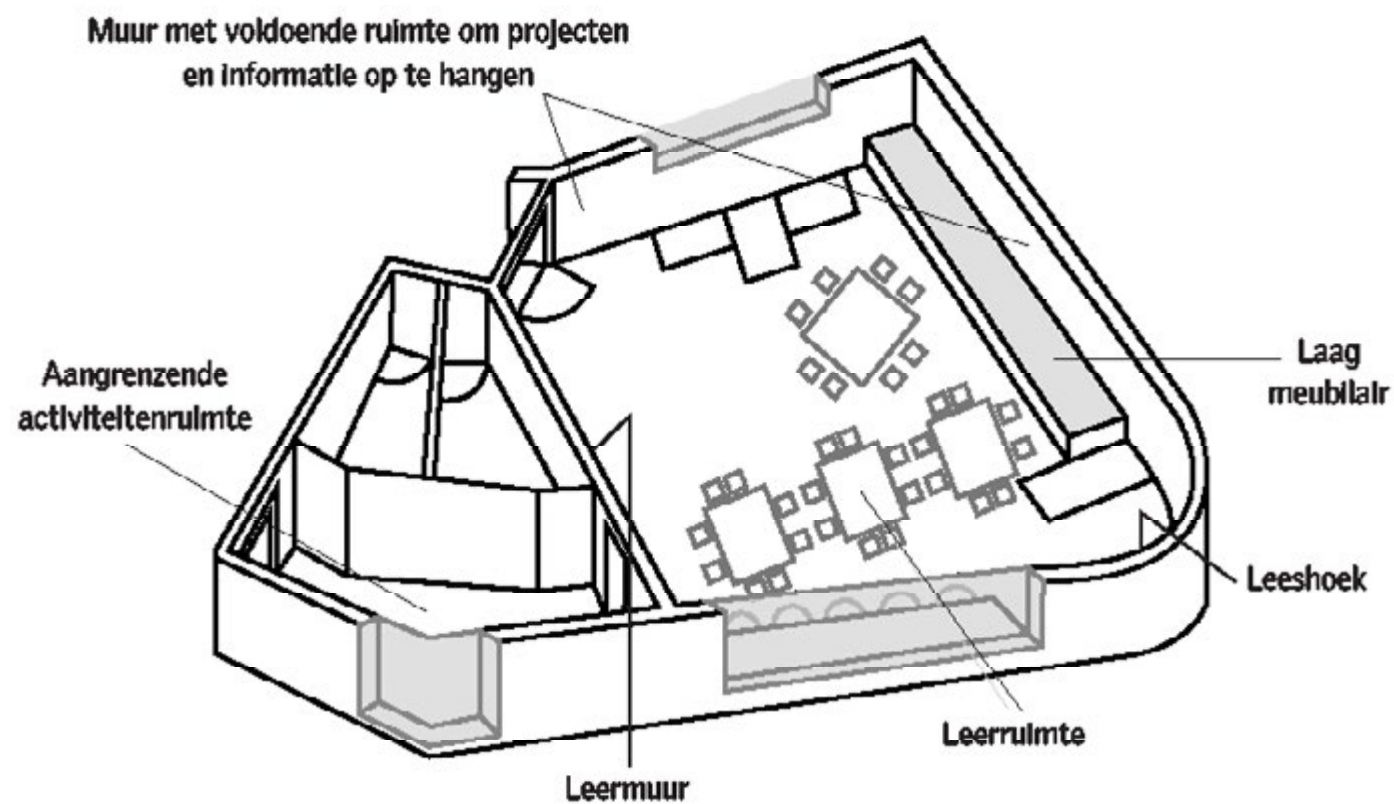
In 2017 ontving de school meerdere architectuurprijzen. Daarmee bewees Wulf Architekten dat ze er met de Hessenwald School in geslaagd zijn om met moderne architectuur tegemoet te komen aan de uitdagingen van nieuwe, progressieve leermethodes.





5 KLASLOKALEN ONTWERPEN

Goed ontworpen klaslokalen kunnen leerresultaten met ongeveer 16% verbeteren in één jaar tijd. Verantwoordelijkheid en flexibiliteit dragen voor een kwart bij aan deze positieve resultaten. Laten we eens kijken waarom deze twee factoren belangrijk zijn bij het ontwerpen van klaslokalen.



Dit is een klaslokaal geïnspireerd door het Clever classroom report: het bestaat uit aangewezen leerruimtes, een aangrenzende activiteitenruimte en de lesruimte heeft een optimale vorm waardoor alle leerlingen relatief dichtbij de leraar zitten. Bovendien is er genoeg ruimte om het werk van leerlingen op te hangen.

Als kinderen het gevoel hebben dat ze verantwoordelijk zijn voor hun klaslokaal, heeft dit verschillende positieve gevolgen voor hun leervermogen en de ontwikkeling van hun identiteit. Klaslokalen kunnen de individuele ontwikkeling ondersteunen als er letterlijk ruimte wordt gemaakt voor verschillende leermethodes. Een flexibele indeling is daarom van belang.

Verantwoordelijkheidsgevoel stimuleren

Fysiologisch en psychologisch onderzoek wijst erop dat een gepersonaliseerde ruimte een belangrijke rol speelt bij het ontwikkelen van iemands identiteit en gevoel van eigenwaarde. Uit verschillende onderzoeken is gebleken dat intieme en gepersonaliseerde ruimtes beter zijn voor het opnemen, onthouden en terughalen van informatie¹. Als kinderen het gevoel hebben dat het klaslokaal van hun is, lijkt dit hun verantwoordelijkheidsgevoel te stimuleren².

Klaslokalen waarin leerlingen de resultaten van hun inspanningen kunnen tentoonstellen, zoals projecten, tekeningen en modellen, dragen ook bij aan een grotere participatie

en betrokkenheid bij het leerproces³. Het Clever Classrooms-onderzoek⁴ liet zien dat verschillende factoren hierbij belangrijk waren. Deze kunnen worden opgedeeld in twee categorieën: factoren die leerlingen helpen bij het identificeren met 'hun' klaslokaal, en kindgerichte factoren. Een aantal aanbevelingen van het rapport zijn:

- Geef een klaslokaal een uitgesproken ontwerp, dat direct vertrouwd aanvoelt voor kinderen.
- Zorg ervoor dat leerlingen voldoende kans hebben om hun werk op te hangen aan de muren of uit te stallen op speciale tafels.
- Creëer gepersonaliseerde elementen, zoals kapstokken, kastjes en of lades met naambordjes.
- Gebruik goed ontworpen meubilair om een leerruimte te creëren die volledig is afgestemd op kinderen. Kies voor bureaus en stoelen die comfortabel, interessant en ergonomisch zijn, en goed afgestemd zijn op de lengte en leeftijd van de kinderen.

Flexibiliteit creëren

Alle klaslokalen hebben een zekere mate van flexibiliteit nodig om verschillende leervormen mogelijk te

maken. Een aantal aanbevelingen uit het Clever Classrooms-onderzoek zijn:

- Klaslokalen met afgebakende activiteitenhoeken of -kamers blijken een positieve invloed te hebben op het leervermogen, omdat er in een rustige omgeving een op een of in een kleine groep gewerkt kan worden. Activiteitsruimtes die gescheiden zijn van het klaslokaal blijken echter niet effectief.
- Ruimtes die flexibel zijn ingedeeld, bieden meer mogelijkheden om verschillende activiteitenhoeken te creëren voor jongere leerlingen. Rechthoekige en grotere ruimtes zijn juist effectiever om leermogelijkheden voor oudere leerlingen te faciliteren.
- Voldoende kastruimte is belangrijk, maar een teveel aan kasten kan ervoor zorgen dat er te veel leerruimte in beslag wordt genomen. Het is een goede oplossing om kasten en kapstokken in extra brede gangen te plaatsen, mits de doorstroom niet wordt belemmerd.
- Grote wanden die goed zichtbaar zijn, bieden flexibele mogelijkheden om informatie of projecten van leerlingen op te hangen.
- Jongere kinderen, die veel tijd besteden aan spelend leren, profiteren van een groter aantal verschillende leerzones. Het is van belang dat er duidelijke routes worden gecreëerd tussen de verschillende zones. Oudere leerlingen, die meer tijd besteden aan individueel leren of groepswork, hebben minder

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



leerzones nodig.

Een andere manier om kinderen verantwoordelijkheid en flexibiliteit te bieden in 'hun' klaslokaal, is om de ruimte te verbinden aan natuur en de buitenwereld. Bijvoorbeeld door lichtstraten, ramen met uitzicht op de tuin of deuren die uitkomen op het speelplein.

Een moderne, minder traditionele optie is om kinderen flexibele zitplaatsen te bieden. Zoals u in de afbeelding hieronder kunt zien, experimenteren nieuwe scholen, zoals de Frederiksbjerg school in Aarhus, Denemarken, hiermee. Leraren kunnen hierdoor eenvoudig het gebruikelijke patroon van lesgeven met een schoolbord/whiteboard doorbreken.

6 STIMULANS IN KLASLOKALEN

Stimulans, kleur en visuele complexiteit zijn belangrijk bij het creëren van een levendige leeromgeving in klaslokalen, maar waar ligt de gezonde balans tussen te weinig en te veel prikkels?





- 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

Kinderen worden al snel te veel geprikkeld met heldere kleuren en volle muren, maar een volledig witte omgeving is ook niet het antwoord. Hoe vinden we de juiste balans bij het ontwerpen van klaslokalen?

Er zijn theorieën die aangeven dat diversiteit in nieuwe of atypische elementen voor visuele complexiteit zorgen, wat vervolgens zorgt voor stimulans. Er zijn echter verschillende opvattingen over hoe veel stimulans gezond is in de leeromgeving van een kind.

Een recent onderzoek dat werd genoemd in het Clever Classrooms-rapport heeft aangetoond dat kinderen in een omgeving met 'weinig visuele afleiding' meer tijd besteden aan hun taken en hogere cijfers halen dan kinderen in een omgeving met 'veel visuele afleiding'¹. Uit dit onderzoek bleek ook dat de cijfers hoger waren in sobere klaslokalen dan in druk versierde klaslokalen. Read et al (1999)² stelde echter vast dat gedifferentieerde ruimtes met verschillende plafondhoogtes en muurkleuren bijdragen aan goede samenwerking, hoewel dit effect contraproductief kan zijn als de ruimte te complex wordt.

Hoeveel complexiteit?

Uit het Clever Classrooms-onderzoek bleek dat het effect van complexiteit kromlijng is. Dat betekent dat een te hoog of te laag complexiteitsniveau tot slechtere leerprestaties leidt en een gemiddeld niveau van visuele complexiteit optimaal is.

iteit optimaal is.

De conclusies van het onderzoek waren:

- Visuele diversiteit van vloerindeling en plafond is voldoende om de aandacht van leerlingen te stimuleren, terwijl het ook een zekere mate van orde biedt. Hogere, eenvoudigere plafonds kunnen de ruimte groter doen lijken en gecompliceerdere vormen kunnen bijdragen aan complexiteit, zolang er geen druk en chaotisch beeld ontstaat.
- Er moet een goede indeling komen voor het ophangen van informatie en projecten van leerlingen. Het wordt aanbevolen om 20-50% van de wanden leeg te houden.
- Plaats informatie of projecten niet op of voor ramen, omdat dit tot lichtverlies kan leiden.

Zijn felle kleuren het beste?

Kinderen vinden felle kleuren natuurlijk prachtig. Als het gebruik van kleuren echter functioneel wordt benaderd, gaat het om de positieve effecten van kleuren, zoals een langere aandachtsspanne en minder vermoeidheid van de ogen.

Jalil et al (2012)³ heeft bekeken hoe verschillende kleuren invloed hebben op werkprestaties, bepaald gedrag veroorzaken, leiden tot negatieve of positieve percepties van omgeving en taken, en stemmingen en emoties beïnvloeden. Conclusie: kleurrijke omgevingen hebben een aanzienlijke

invloed op het leervermogen en welzijn van leerlingen.

Het onderzoek stelt dat, hoewel voorkeur voor kleur erg subjectief is, 'jonge kinderen en senioren voorkeur hebben voor een rood interieur, en blauw de voorkeurskleur is van jongvolwassenen, kantoormedewerkers en mannelijke leerlingen'³.

Het Clever Classrooms-onderzoek (2015)⁴ onderzocht kleurelementen met rustige kleuren (wit / lichte kleuren) en felle kleuren (rood/oranje). Stimulans als gevolg van kleurgebruik bleek kromlijng te zijn, dat wil zeggen idealiter op gemiddeld niveau.

Andere bevindingen waren:

- Voor muren is het kernaspect kromlijng. Grote, felgekleurde muren scoorden slecht, evenals witte muren met weinig kleurelementen. Een gemiddelde, met lichte muren en één opvallende muur in een felle kleur, bleek het beste effect te hebben op het optimaliseren van het leervermogen.
- Tegen deze relatief rustige achtergrond speelden extra kleurelementen een aanvullende, stimulerende rol. Relatief felle kleuren op de vloer, rolgordijnen, bureaus en stoelen zorgen bijvoorbeeld voor extra kleuraccenten. De conclusie is dat klaslokalen niet saai en alledaags moeten zijn en dat een goede balans en een gevoel van overzicht belangrijk zijn om overprikkeling te voorkomen.

