



Delft University of Technology

'Customization' sleutel naar gezond binnenklimaat op scholen

Bluyssen, P.M.

Publication date

2018

Document Version

Final published version

Published in

TVVL Magazine

Citation (APA)

Bluyssen, P. M. (2018). 'Customization' sleutel naar gezond binnenklimaat op scholen. *TVVL Magazine*, 47(1), 18-22.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository

'You share, we take care!' - Taverne project

<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.

'Customization' sleutel naar gezond binnenklimaat op scholen

Klachten over binnenmilieu, zoals onvoldoende ventilatie, verwarming, verlichting, en lawaai, werden al in de negentiger jaren gerapporteerd. Deze binnenmilieuomstandigheden zouden de leerprestatie van kinderen beïnvloeden, evenals het risico vergroten op bepaalde overdraagbare ademhalingsziekten, zoals griep en een kou. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat astma niet alleen gerelateerd is aan blootstelling thuis maar ook op school. Astma is één van de meest chronische ziekten bij kinderen. Maar wat weten we nu eigenlijk van de schoolomgeving en het effect dat deze kan hebben op gezondheid, comfort en prestatie van schoolkinderen? Om dat te weten te komen is informatie verzameld aan de hand van een literatuurstudie van (inter)nationale onderzoeken naar de effecten van de vier factoren van binnenmilieukwaliteit (lucht, thermisch, akoestische en lichtkwaliteit) op kinderen van basisscholen en middelbare scholen. Dit artikel is een samenvatting van de bevindingen van die literatuurstudie.

Prof.dr.ir. Philomena M. Bluysen, Leerstoel Binnenmilieu, Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Delft

Binnenmilieukwaliteit wordt bepaald door luchtkwaliteit, lawaai of akoestische kwaliteit, visuele of lichtkwaliteit, en thermische kwaliteit. In studies naar binnenmilieukwaliteit met volwassenen is aangetoond dat blootstelling aan deze omgevingsstressoren, zowel op korte als lange termijn, gevolgen kan hebben voor het immuunsysteem, het endocrien systeem en het zenuwstelsel. De respons van kinderen kan echter anders zijn.

Kinderen zijn vaak gevoeliger voor toxische stoffen omdat ze in de groei zijn, een snellere ademhaling hebben, met name in de vroege jeugd, en een veel groter longoppervlak per kg lichaamsgewicht dan volwassenen hebben.

Onderzoek heeft aangetoond dat kinderen onder de 13 jaar ook veel gevoeliger zijn voor slechte akoestische omstandigheden

dan volwassenen. Kinderen en volwassenen met een gehooraandoening (als gevolg van permanente schade aan hun gehoor of een tijdelijke conditie zoals een kou of oorontsteking) worden zelfs nog meer beïnvloed door lawaai.

Ook voor thermische aspecten lijken er verschillen tussen kinderen en volwassenen. Kinderen zijn minder gevoelig voor tempera-

tuurverandering van de omgeving, verliezen hun warmte sneller en zijn gevoeliger voor veranderingen in hun lichaamstemperatuur. Het verschil in metabolisme voor typische activiteiten binnen (zoals zitten-luisteren-praten) bij blootstelling aan dezelfde omgevingstemperatuur, zou het verschil in thermisch comfort met volwassen kunnen verklaren.

Terwijl zonlicht belangrijk is voor het aanmaken van vitamine D in de huid, kan het psychologische effect van licht en daglicht-aanbod, verschillend zijn voor verschillende personen. Jonge kinderen hebben meestal een voorkeur voor felle kleuren en patronen, terwijl jonge volwassen meer bescheiden kleuren prefereren.

Hoeveel effect kan de schoolomgeving hebben op gezondheid, comfort en prestatie van schoolkinderen? Bekende factoren zijn klasgrootte en dichtheid, meubilair en leraar-leerling interactie. Kleinere klassen lijken beter voor allerlei leerlingen van allerlei scholen. Ergonomische afmetingen van stoelen en tafels beïnvloeden de zithouding en dus het algemeen welbevinden van kinderen. En dat de tevredenheid over de school wordt beïnvloed door hoe zorg en de relatie met de leraar wordt ervaren, evenals de klasomgeving zelf, is natuurlijk ook geen verrassing. Maar ten aanzien van de vaak onacceptabele binnenmilieuomstandigheden die in veel klaslokalen wordt aangetroffen, is het belangrijk om uit te zoeken wat er bekend is, zodat nieuwe onderzoeksrichtingen kunnen worden bepaald.

Uit de literatuurstudie volgt dat het binnenmilieu van een school, met name de binnenlucht, de gezondheid, het comfort en de prestatie van kinderen kan beïnvloeden. De binnenmilieukwaliteit van een klaslokaal wordt bepaald door de bewoners (vooral kinderen) en hun activiteiten, het interieur (stofferings en meubilair), de ramen en het buitenmilieu, en het soort ventilatiesysteem. Bevindingen worden langs deze vier onderwerpen behandeld.

■ BEWONERS EN ACTIVITEITEN

In de studies naar 'bewoners en activiteiten' is veel onderzoek verricht naar kinderen als belangrijkste bron van verontreiniging in een klaslokaal, met CO₂ als indicator, in relatie tot de benodigde hoeveelheid ventilatie. Andere, relatief nieuwe onderwerpen van onderzoek waren: de rol van de bewoners en hun activiteiten (zoals schoonmaak, onderhoud en



ventilatie) in 'indoor chemistry', en activiteitenpatronen (metabolisme) van kinderen in relatie tot thermisch comfort modellering.

CO₂ en ventilatie

Bevindingen over de effecten van CO₂ (uitgeademd door de kinderen) op gezondheid lijken niet eenduidig. Terwijl sommige studies een associatie aantonen tussen gemeten binnenmilieu factoren (zoals CO₂, ventilatievolumen, vochtigheid) en bepaalde gezondheidseffecten en/of prestatie, vinden anderen die niet.

CO₂-sensors worden in klaslokalen toegepast om feedback te geven over wanneer het CO₂-niveau bepaalde grenswaarden bereikt. Deze feedback waarschuwt de leraar, of de leerlingen, wanneer de ventilatie omhoog moet (bijvoorbeeld door het openen van een raam). In een onderzoek in Denemarken, verminderde het gebruik van een dergelijk visueel CO₂ feedback systeem inderdaad de CO₂-niveaus, in zowel natuurlijk als mechanisch geventileerde klaslokalen. De symptomen van de leerlingen in de klaslokalen waar de CO₂-levels afnamen, veranderden echter niet noemenswaardig. Met deze uitkomst werden eerdere studies bevestigd.

In een recente lab-studie werd geconcludeerd dat 4¼-uur durende blootstellingen aan (chemisch puur, niet geproduceerd door mensen) CO₂, met een concentratie tot aan 3.000 ppm, geen negatieve subjectieve reacties over luchtkwaliteit of acute gezondheidssymptomen veroorzaakten. Deze uitkomst geeft aan dat er waarschijnlijk andere oorzaken (bijvoorbeeld andere verontreinigingen of andere factoren) aanwezig zijn in klaslokalen die de gezondheid en comfort van leerlingen beïnvloeden.

'Indoor chemistry' en activiteiten

Binnenlucht bestaat uit een mix van stoffen afkomstig van buiten, geproduceerd binnen en 'indoor chemistry', hetgeen reacties in de lucht en op oppervlakken, zelfs op mensen, veroorzaakt. Deze reacties zorgen voor het ontstaan van nieuwe stoffen. Het via ventilatie in het klaslokaal binnentredende ozon, bijvoorbeeld, kan reageren met stoffen in de binnenlucht, zoals d-limoneen (een terpeen) die vrijkomt bij het pellen van een sinaasappel. Die reactie veroorzaakt reactieproducten waaronder de zogeheten SOA's (secondaire organische aerosolen). Dit zijn ultra-fijne deeltjes.

Schoonmaak- en onderhoudsactiviteiten, of gebrek eraan, kunnen extra verontreinigingen in een klaslokaal introduceren, en dus ook de 'indoor chemistry' beïnvloeden. Wat schoonmaak betreft kan zowel het schoonmaakproduct (bijvoorbeeld een mop met bleekwater) als het effect dat schoonmaak kan hebben (bijvoorbeeld het verwijderen van neergeslagen stof door stofzuigen), een belangrijke bijdrage leveren. De status waarin een schoolgebouw verkeert (bijv. scholen met slecht onderhouden schoolfaciliteiten of vochtschade) leek geassocieerd te zijn met een aantal gezondheidseffecten, terwijl het effect van schoonmaakfrequentie of de hoeveelheid neergeslagen stof een niet zo duidelijke relatie had.

Terwijl VOS (vluchtige organische stoffen) uitgebreid onderzocht zijn, zijn semi-organische stoffen (SVOS), zoals weekmakers, te weinig bestudeerd. SVOS worden ervan verdacht lang in het binnenmilieu te blijven hangen. Ook is er bewijs dat SVOS en sommige VOS, via de lucht naar de huid

getransporteerd kunnen worden waar ze vervolgens de huid binnendringen. Nog weinig is bekend over de rol die de bewoner (het kind) heeft op 'indoor chemistry' in klaslokalen.

Thermische kwaliteit en metabolisme

De huidige thermische comfortmodellen zijn gebaseerd op gegevens van volwassenen. Uit verschillende studies in onder andere Australië en Italië is echter gebleken dat subjectieve thermisch comfortbeoordeling door kinderen niet met deze modellen overeenkomt. Dit kan wellicht te maken hebben met het verschil in metabolisme tussen kinderen en volwassenen voor bepaalde activiteiten. Maar zelfs na aanpassing van het metabolisme in het model, onderschatten deze modellen de thermische sensatie van kinderen. De gevoeligheid van de berekeningen voor het metabolisme in rust, zou een andere oorzaak van het verschil kunnen zijn. De hypothese hierbij is, dat wanneer het metabolisme veranderd, bijvoorbeeld als gevolg van activiteiten tijdens de pauzes, het echte metabolisme in rust hoger is dan men onder ideale omstandigheden meeneemt in het model.

AFWERKMATERIALEN

Afwerkmaterialen (vloerbedekking, wandbekleding, plafondmaterialen) kunnen een effect hebben op de lucht-, licht- en akoestische kwaliteit. Met name het effect van vloerbedekking is in een aantal studies bestudeerd, ook in klaslokalen.

Luchtkwaliteit

Afwerkmaterialen kunnen stoffen afgeven die vanuit het materiaal zelf komen (de zoge-

heten primaire emissie) en ze kunnen secundaire stoffen afgeven: verontreinigingen die niet oorspronkelijk aanwezig zijn in het materiaal (zoals verzamelde deeltjes en chemische reactieproducten). Vloerbedekking is vanwege het grote oppervlak die het in een ruimte vertegenwoordigt, potentieel één van de belangrijkste bronnen van verontreiniging in binnenruimten. Vloermaterialen vertegenwoordigen een bouwproductgroep met een grote diversiteit aan materialen en stoffen. Het is aangetoond dat PVC-vloerbedekking een belangrijke bron van weekmakers (behoren tot de SVOS) is. In een Zweeds onderzoek bleek blootstelling aan PVC-vloerbedekking op jonge leeftijd, in vergelijking met andere typen vloerbedekkingen, gerelateerd te zijn aan het aantal gevallen van astma in de 10 jaar daaropvolgend. Een andere primaire emissie is formaldehyde. Behalve de onderlaag van tapijt, kan formaldehyde worden afgegeven door ureum formaldehyde schuim isolatie, lijmen, triplex, multiplex, en geperst hout. Onderzoek toonde aan dat de concentratie van formaldehyde gerelateerd is aan astma bij kinderen die niet eerder astma hadden gerapporteerd. Recent is in Denemarken aangetoond dat ook PCB-bevattende kitten, verf en andere bouwmaterialen, die veel zijn toegepast in de periode 1950 tot 1970, vandaag te dag kunnen resulteren in een behoorlijk aantal PCB-verontreinigde gebouwen (waaronder scholen).

Voor het testen van primaire emissies van bouwproducten heeft een aantal lidstaten op nationaal niveau een evaluatiepro-

col geïntroduceerd. Behalve die nationale protocollen, zijn er ook een aantal vrijwillige beoordelingsmethoden met certificaten op de markt beschikbaar. Naast een chemische toets (VOS, deeltjes, formaldehyde) hebben een aantal van die vrijwillige beoordelingen ook een geurtest.

In sommige studies werd een associatie gevonden tussen de aanwezigheid van tapijt en de ernst van bepaalde gezondheidseffecten (zoals astma en piepen op borst in de nacht). Mogelijke oorzaken voor deze relaties zijn stof met huisstof mijten, allergenen en andere deeltjes. Verschillende technieken zijn ontwikkeld om van deze secundaire verontreinigingen af te komen: bijvoorbeeld (intense) schoonmaakprocessen, stofreducerende tapijten in combinatie met een compact luchtfilter unit of een oppervlakte emissieval (een soort van adsorptiekleed).

Lichtkwaliteit

Uit onderzoek met volwassenen is bekend dat verschillende kleuren iemands indruk van een aantal binnenmilieu parameters kan beïnvloeden. Bijvoorbeeld dat een lichtblauwe omgeving meestal als koeler wordt ervaren, terwijl rood/oranje omgeving warmer aandoet. De onderhavige literatuurstudie laat zien dat kleurvoorkeuren per kind kunnen verschillen en dat kleur/licht combinaties van de oppervlakken in het binnenmilieu een effect kunnen hebben de waargenomen prestatie van leerlingen, hun gedrag en gemoedstoestand.

Verandering van kleur en lichtsterkte is een normaal proces (natuurlijk licht verandert gedurende de dag). Of een dergelijke dynamische verlichting een positief effect heeft op het welbevinden van een persoon, een kind in een klaslokaal, zou nader onderzocht kunnen worden.

Akoestische kwaliteit

De literatuurstudie laat zien dat lawaai de mogelijkheid om met elkaar te communiceren, maar ook de concentratie, het geheugen, en dus de motivatie en leerprestatie van de leerling, in negatieve zin kan beïnvloeden. En lawaai kan ook ergernis en stressreacties veroorzaken. Echter, de effecten van lawaai op de prestatie van kinderen zijn vaker onderzocht dan de ervaren irritatie of stress als gevolg van lawaai. Terwijl voor volwassenen dosis-respons relaties tussen lawaai en ergernis ter beschikking zijn, zijn voor kinderen de studies beperkt. Associaties tussen lawaainiveaus en prestatie of ergernis





zijn niet eenduidig, en daarom moeilijk toe te passen als een index voor akoestische condities. De relatie tussen prestatie en andere indices voor akoestische condities, zoals spraakverstaanbaarheid, nagalmtijd en signaal-ruis verhouding, geven misschien meer houvast, maar dat zal nader moeten worden onderzocht.

Lawaai in een klaslokaal kan veroorzaakt worden door onderwijsapparatuur (computers, projectors en dergelijke), installaties, en lawaai dat via de wanden, vloer en plafond van andere delen van de school wordt overgebracht. Echter, de belangrijkste bron zijn de leerlingen zelf.

Uit een aantal studies komt naar voren dat slechte ruimteakoestiek het sociaal gedrag van kinderen lijkt te beïnvloeden. In een studie in nieuwgebouwde scholen in Engeland werd een relatie gevonden tussen het geluidniveau en de CO_2 -concentratie: een hoger geluidniveau leek geassocieerd met een hogere CO_2 concentratie. Hetzelfde werd aangetoond in een Deens onderzoek. Zij concludeerden dat een slechte luchtkwaliteit de concentratie van de leerling beïnvloedt en daarmee de lawaaiproductie en het gedrag.

In het laatste decennium heeft er in veel landen een verandering in het onderwijsstelsel plaatsgevonden. Deze verandering wordt gekenmerkt door het feit dat leerlingen vaker alleen werken en leren. Dit leidt niet alleen tot een grotere individualiteit over hetgeen wat men leert, maar heeft ook gevolgen voor de manier waarop interactie in een klaslokaal plaatsvindt. Discussiegroepen, projectgroepen en rollenspel zijn onderdeel

van het leerproces geworden, en dit vraagt om andere zitopstellingen, omgevingseisen en configuraties. Als gevolg zal het effect op de akoestiek in het klaslokaal ook veranderen. Verschillende akoestische oplossingen zijn onderzocht om met akoestische problemen om te gaan (bijv. hoog presterende akoestische verlaagde plafonds, die met name de laagfrequente tonen vangen, vrij hangende geluidabsorptie units, geluid absorberende wand- en vloermaterialen).

■ RAMEN EN BUITENMILIEU

Uit de gerapporteerde studies kan worden afgeleid dat (te openen) ramen inderdaad belangrijk zijn voor toegang tot daglicht, zicht en 'verse' lucht. Helaas bevond de meerderheid van de onderzochten scholen zich in een stedelijke omgeving, waar meestal de buitenlucht niet optimaal is voor geluid en luchtkwaliteit. Het is dus mogelijk dat ramen die open kunnen, ook een negatief effect hebben op luchtkwaliteit (verontreinigde lucht van buiten komt naar binnen), akoestiek (lawaai van buiten komt naar binnen), thermisch comfort (zoals oververhitting, tocht), en luchtkwaliteit (zoals uitzicht, schittering, teveel licht). Eén van de belangrijkste uitdagingen is dan ook een goed ontwerp van ramen voor een goede prestatie en welbevinden in relatie tot zitopstelling, configuratie, stoelselectie door leerlingen, onderwijsapparatuur (zoals smart screens, computers), leervormen (leraar voor de klas vs. apart leren) en binnenmilieueisen (ten behoeve van licht, akoestische, thermisch en luchtkwaliteit).

Luchtkwaliteit

Verontreinigingen in de buitenlucht (zoals O_3 , NO_2 , CO en fijn stof) kunnen een belang-

rijk probleem zijn voor het binnenmilieu. Associaties met gezondheid en prestatie van leerlingen in klaslokalen zijn in een aantal studies aangetoond. Als mogelijkheid om gezondheidseffecten te verminderen is het gebruik van filters onderzocht. Echter, sommige studies lieten een duidelijke afname van gezondheidseffecten zien bij het gebruik van filters, terwijl andere niet, zelfs wanneer de deeltjes concentratie was afgenomen.

Stof (deeltjes) komen in verschillende vormen en afmetingen voor; van moleculaire dimensies tot afmetingen die zichtbaar zijn voor het oog ($0,001 \mu\text{m}$ tot circa $100 \mu\text{m}$). Net als met CO_2 lijkt het erop dat de PM_{10} of $\text{PM}_{2.5}$ (deeltjes massa concentratie van deeltjes met aerodynamische diameters kleiner dan 10 en $2.5 \mu\text{m}$, respectievelijk) geen sterke indicator voor gezondheidseffecten is. Daarentegen is in een aantal studies voor de aanwezigheid van bronnen van deeltjes zoals verkeer, zichtbaar stof en schimmels, wel een relevante relatie met gezondheidseffecten gevonden.

Terwijl PM_{10} concentraties veel bestudeerd zijn, en meestal hoger zijn in bezette dan in lege klaslokalen als gevolg van activiteiten, zijn ultra fijne deeltjes (deeltjes kleiner dan 100 nm) nauwelijks onderzocht in klaslokalen. Ook al is er genoeg bewijs voor de gevaarlijke eigenschappen van ultra fijne deeltjes, toch zijn blootstelling-respons relaties blijkbaar (nog) niet bepaald.

Akoestische kwaliteit

Extern lawaai (veroorzaakt door wegverkeer, treinen en/of vliegtuigen) heeft in legio studies aangetoond effect te hebben op het geheugen van kinderen, op hun leesscores, ontwikkeling van leesvaardigheden, en op luistervaardigheden. Verder kan lawaai van buiten zorgen dat leraren de ramen dichthouden. Dit heeft een effect op de luchtkwaliteit (geen ventilatie meer).

Thermisch en luchtkwaliteit

Volgens de literatuur kan een te hoge temperatuur in een klaslokaal een negatief effect hebben op het comfort van kinderen, maar ook op hoofdpijn en academische prestaties. Behalve oververhitting laten de onderzoeken zien dat de kwaliteit van (dag)licht een effect heeft op leerprestaties, absentisme en discomfort, zoals verblinding en ergernis.

De juiste verlichting heeft zowel een bepaalde helderheid als een gelijkmatige, verblindingsvrije verlichting oftewel een

uitgebalanceerd spectrum. Er is een aantal studies verricht naar daglicht (en patronen) versus kunstlicht, raam oriëntatie en prestatie van leerlingen. Hieruit blijkt dat kinderen in klaslokalen hun voordeel doen met daglicht, maar ook dat goede kunstverlichting niet uitgesloten kan worden.

AIRCONDITIONING VERSUS NATUURLIJKE VENTILATIE

Ventilatie is een belangrijk aspect van klaslokalen. De meeste basisscholen in Nederland hebben natuurlijke ventilatie, te openen ramen, met alle beperkingen zoals hiervoor aangegeven. Net zoals bij andere soorten gebouwen (kantoorgebouwen, flatgebouwen, woningen, publieke gebouwen) vraagt men zich af of wellicht een volledig airconditioning systeem, of zelfs alleen een mechanische toevoer, beter is voor onze kinderen om aan blootgesteld te worden of niet? Moeten we kost wat kost proberen alleen niet-mechanische (liefst nul-energie) systemen toe te passen, of zouden we een mix-mode mogen selecteren? En indien de keuze valt op een airconditioning systeem, welke type installatie(s) (ventilatie, verwarmen, koelen) zijn dan het meest geschikt voor een klaslokaal?

Er is relatief weinig informatie beschikbaar over de prestatie van kinderen in schoolgebouwen met airconditioning versus natuurlijke ventilatie. Een studie in Denemarken laat zien dat leerlingen van scholen met een mechanisch ventilatiesysteem hoger scoorden voor de nationale test in vergelijking tot leerlingen van scholen met natuurlijke ventilatie (i.e. handmatig openen van ramen). Echter, in een Nederlands onderzoek zijn geen verschillen aangetoond tussen het percentage symptomen van leerlingen van scholen met mechanische of natuurlijke ventilatie.

Airconditioning heeft een negatief imago: het zou ons minder tolerant maken voor temperatuurveranderingen; het produceert achtergrondlawaai; het zorgt voor tocht; het kan de lucht verontreinigen; het is moeilijk te bedienen; het heeft onderhoud nodig; het gebruikt veel energie. Langzaam komen de eerste resultaten van onderzoeken om manieren te vinden deze problemen aan te pakken vrij. Bijvoorbeeld, in Australië is aangetoond dat airconditioning de leerling niet minder tolerant maakt voor temperatuurverandering. In Zweden heeft men laten zien dat verdringsventilatie in combinatie met vloerverwarming in plaats van mengventilatie via het plafond, de waargenomen bin-

nenluchtkwaliteit verbeterde en het aantal ademhalingsklachten afnam. In een Deens onderzoek naar verschillende soorten ventilatiesystemen (te openen ramen- handmatig of automatisch; met en zonder een mechanische afzuig; of balansventilatie), werden het minst aantal klachten en het meest aantal positieve waarnemingen van het binnenmilieu, gerapporteerd door de leerlingen in het klaslokaal die werd geventileerd met automatisch te openen ramen en een mechanische afzuig. Maar ook op individueel niveau worden inspanningen verricht om te voorzien in lokaal, individueel te regelen systemen die een comfortabel micro-omgeving kan creëren.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De literatuurstudie bevestigt de uitkomst van een eerder verschenen WHO-rapport over de schoolomgeving en het effect op kinderen [2]. Namelijk dat de focus van de meeste onderzoeken op het vinden van relaties met binnenlucht parameters lag, zoals ventilatie, bepaalde emissies van binnen- en buitenbronnen en activiteiten. Het registreren van gegevens van de akoestiek, licht en thermische aspecten, lijken beperkt uitgevoerd in vergelijking tot aspecten die met luchtkwaliteit te maken hebben.

Een lijst van factoren die een effect hebben laten zien, kan worden opgesteld, maar het blijft moeilijk om eenduidige conclusies te maken vanwege het groot aantal factoren en het diverse en niet gerelateerde karakter van de uitgevoerde onderzoeken. Die richten vooral op afzonderlijke componenten, waardoor het niet lukt om verklaringen af te leiden (bijvoorbeeld via interacties tussen verschillende factoren). De meeste studies hadden betrekking op één van de vier factoren van binnenmilieukwaliteit (binnenlucht, thermische, akoestische en lichtkwaliteit). Slechts een aantal pogingen is ondernomen om een holistische analyse van klaslokalen en prestaties van leerlingen te maken.

Er lijkt dus behoefte te zijn aan studies met een meer experimenteel, quasi experimenteel of zelfs longitudinaal (over een langere periode) karakter. Die studies zouden meer inzicht kunnen geven in potentiële oorzakelijke relaties op individueel niveau, maar ook meer inzicht in het totale plaatje en interacties tussen verschillende binnenmilieu parameters en andere aspecten. Het op een andere manier betrekken van kinderen dan via vragenlijsten of prestatietesten lijkt ook een interessante weg. Bijvoorbeeld met inter-

actieve technieken, zoals het gebruiken van schaalmodellen, tekeningen en focus groepen.

Huidige richtlijnen voor gezonde binnenmilieus in scholen zijn vooral gebaseerd op criteria die oorspronkelijk zijn opgezet voor volwassenen, en zijn gericht op enkelvoudige factoren zonder interacties mee te nemen. Een goed voorbeeld is het 'Programma van eisen Frisse scholen' [3], waarin voor elke van de factoren dosis-gerelateerde eisen worden aangegeven. Misschien kan het richten op gebouw-gerelateerde (patronen) en individuele indicatoren (profielen) deze gewoonte om het lijstje met criteria af te tikken voor een hele populatie zonder naar het grotere geheel te kijken, doorbreken [4].

Toekomstig onderzoek moet zich richten op 'customization', oftewel het individuele kind in een klaslokaal, waarbij rekening wordt gehouden met leerlingen en leraren, nieuwe leervormen en nieuwe technologieën. Betrokkenheid van de bewoner lijkt de sleutel voor het definiëren en oplossen van problemen in klaslokalen.

REFERENTIES

- [1] Bluysen, P.M. 2016. Health, comfort and performance of children in classrooms – new directions for research, Indoor and Built Environment, geaccepteerd voor publikatie, DOI: 10.1177/1420326X16661866.
- [2] WHO. 2015. School environment: Policies and current status. Denmark: WHO Regional office for Europe.
- [3] RVO.nl Programma van Eisen Frisse scholen 2015. Rijksdienst voor ondernemend Nederland.
- [4] Bluysen, P.M. (2013) Het begrijpen van het binnenmilieu: meer dan de som der delen, TVVL magazine, 42 (9): 46-50.