

Prestatie-eisen ventilatie in klaslokalen

Piet Jacobs, Froukje van Dijken,
Atze Boerstra

Ventilatie in scholen heeft invloed op de leerprestaties en de overdracht van infectieziekten. Op basis van literatuuronderzoek zijn prestatie-eisen voorgesteld voor de ventilatie. Voor de beperking van infectieziekten moet de CO₂-concentratie niet meer dan 400 tot 1.000 ppm boven de buitenconcentratie liggen. Voor optimale leerprestaties kan worden gesteld dat deze in het lokaal circa 800 ppm mag zijn.

Het is slecht gesteld met de luchtkwaliteit in de Nederlandse scholen. De CO₂-grenswaarde van 1.200 ppm wordt in meer dan 80 procent van de twintig onderzochte scholen overschreden (Boerstra, 2006). Dit heeft effect op het comfort, de gezondheid en de leerprestaties van de leerlingen. Voorheen zijn vooral normen gehanteerd die slechts gericht waren op comfort: beperking van een bedompte geur. Inmiddels is de roep om normen met als uitgangspunt de vermindering van gezondheidsrisico's en de verbetering van leerprestaties door voldoende ventilatie steeds groter. Op basis van literatuur is onderzocht welke prestatie-eisen aan de luchtkwaliteit in scholen moeten worden gesteld om de overdracht van infectieziekten te beperken en optimale leerprestaties te behalen.

OVERDRACHT VAN INFECTIEZIEKTEN EN ZIEKTEVERZUIM

Er is voldoende en overtuigend bewijs voor een associatie tussen de mate van ventilatie en luchtbeweging in gebouwen en de verspreiding van infectieziekten (Li et al, 2007). Op dit moment ontbreekt echter nog onderzoek, waaruit minimum ventilatiehoeveelheden zijn vast te stellen in relatie tot de verspreiding van infectieziekten via de lucht.

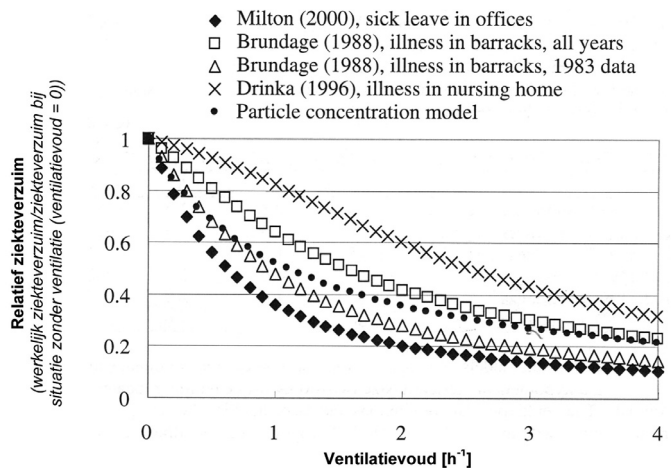
Ventilatie heeft een positief effect op het verminderen van het ziekteverzuim onder scholieren. Een onderzoek in ruim 400 Amerikaanse scholen geeft aan dat er een verband is tussen de CO₂-concentratie en ziekteverzuim. Een verhoging van de CO₂-concentratie met 1.000 ppm ten opzichte van buiten levert een verhoging van het ziekteverzuim met 10 tot 20 procent (Shendell et al., 2004). Het is aannemelijk dat ook onder leerkrachten het ziekteverzuim toeneemt naarmate de CO₂-concentratie stijgt.

Een studie van Fisk et al. (2003) voorspelt de kans dat een persoon besmet raakt in een kantoorgebouw. In deze studie is het effect van een verhoogde ventilatie tijdens milde buitencondities bestudeerd. Normaal gesproken zorgt ventilatie tijdens milde buitencondities voor een verlaging van de koelkosten. Hij concludeert echter dat vooral het verminderde infectierisico en daarmee het ziekteverzuim voor een besparing zorgt (afbeelding 2).

Volgens Milton en Rudnick (2003) is de aanvaardbare verhoging van de CO₂-concentratie afhankelijk van het type ziekteverwekker. Bijvoorbeeld bij griep geeft een CO₂-verhoging van 100 ppm al een verhoogd risico, bij het rhinovirus ligt de grens bij 400 ppm. Bij mazelen is het daarentegen praktisch onmogelijk met ventilatie het infectierisico te verkleinen.



1. Voorbeeld van een fris klaslokaal.



2. Voorspelde trends in ziekte en ziekteverzuim als functie van het ventilatievoud (Fisk et al., 2003).



Tot slot zijn er diverse studies die een verband laten zien tussen de CO₂-concentratie en het aantal kolonievormende eenheden (Kve) (Liu et al., 2000; Bartlett et al., 2004) of bacteriologische markers (Fox et al., 2003). Het verband met het risico op overdracht van ziekten is in deze studies echter niet aangetoond.

Conclusie infectieziekten en ziekteverzuim

Er is momenteel onvoldoende kennis om minimum ventilatiehoeveelheden te specificeren om overdracht van infectieziekten en ziekteverzuim in onderwijsgebouwen tegen te gaan. Er zijn wel aanwijzingen dat de luchtverversing op een dusdanig niveau moet liggen dat de CO₂-concentratie maximaal 400 tot 1.000 ppm boven de buitenconcentratie komt. Nader onderzoek is gewenst.

EFFECT VAN VENTILATIE OP LEERPRESTATIES

Uit het literatuuronderzoek komen diverse onderzoeken naar voren waar een relatie is gelegd tussen het binnenmilieu en het effect op leerprestaties van leerlingen. Onderzoek van Mendell en Heath (2005) geeft een overzicht van de onderzoeken tot 2004. Met betrekking tot het effect van ventilatie concluderen zij dat er indicaties zijn dat lage ventilatieniveaus leiden tot verlaagde leerprestaties. Deze bewering is voornamelijk gestoeld op zes onderzoeken die zijn verricht in kantoren of in laboratoria. Slechts één onderzoek was in scholen uitgevoerd. Dit onderzoek (Myhrvold et al., 1996) laat zien dat kinderen minder geconcentreerd zijn als de CO₂-concentratie toeneemt.

Nadat de studie van Mendell en Heath is verschenen, zijn nog drie studies verschenen waarin het effect van ventilatie op leerprestaties nadrukkelijk wordt aangetoond.

Het recentste onderzoek is in 2006 verricht in Nederland door TNO (de Gids, 2007). Op een basisschool is in twee groepen 8 onderzocht of de lees- en rekenprestaties beter zijn bij vraaggestuurde ventilatie dan bij de standaardsituatie waarbij alle ventilatievoorzieningen gesloten blijven. Bij vraaggestuurde ventilatie werd door sturing op CO₂-concentraties een zodanige situatie gecreëerd dat de CO₂-concentratie rond de 800 ppm lag. In de standaardsituatie nam de CO₂-concentratie gedurende de dag toe. De maximumconcentraties in de twee groepen bedroegen 1.615 ppm en 2.126 ppm, met een gemiddelde van 1.575 ppm. De temperatuur is tijdens het onderzoek zoveel mogelijk constant gehouden. In de standaardsituatie, waarbij de CO₂-concentratie oploopt, maken de leerlingen gemiddeld 5,64 taalfouten en 2,44 rekenfouten. Bij vraaggestuurde ventilatie maken leer-

lingen gemiddeld 5,34 taalfouten en 1,98 rekenfouten. Dit is 6 procent minder fouten voor de taalttest en 23 procent minder fouten voor de rekestest. In rapportcijfers kan dit voor rekenen een verschil zijn tussen een 6,5 en een 8!

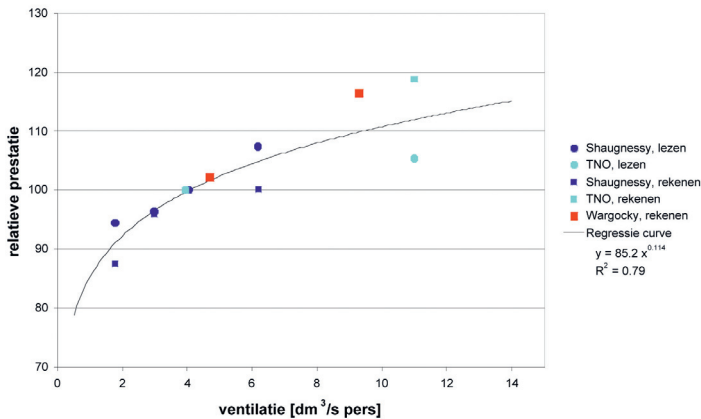
In Denemarken is een soortgelijk onderzoek uitgevoerd in 2004 (Wargocki et al., 2005). Bij gelijkblijvende temperatuur is het mechanische ventilatiedebiet gevarieerd. Gedurende de lessen konden de leerlingen en leraren de ramen openen. In de normaal geventileerde situatie resulteerde dit in een ventilatiedebiet van circa 400 m³/uur en een maximale CO₂-concentratie van 1.218 ppm. In de verhoogde ventilatiestand bedroeg de ventilatie circa 800 m³/uur met een maximale CO₂-concentratie van 843 ppm. Een verhoogde ventilatie resulteert in een prestatieverhoging van circa 15 procent bij rekestesten.

In de Verenigde Staten zijn in 54 scholen de CO₂-concentraties gemeten, terwijl de leerlingen een gestandaardiseerde reken- en leestest maakten (Shaughnessy et al., 2006). De metingen zijn met gesloten ramen en een actief mechanisch ventilatiesysteem uitgevoerd. De resultaten van de scholen worden onderling vergeleken. De resultaten zijn in vier groepen weergegeven met oplopend ventilatiedebiet. Er zijn correcties uitgevoerd voor inkomen, taal, cultuur en verhuizingen. Shaughnessy et al. vonden een bescheiden verband tussen ventilatie en de prestaties op de rekestest.

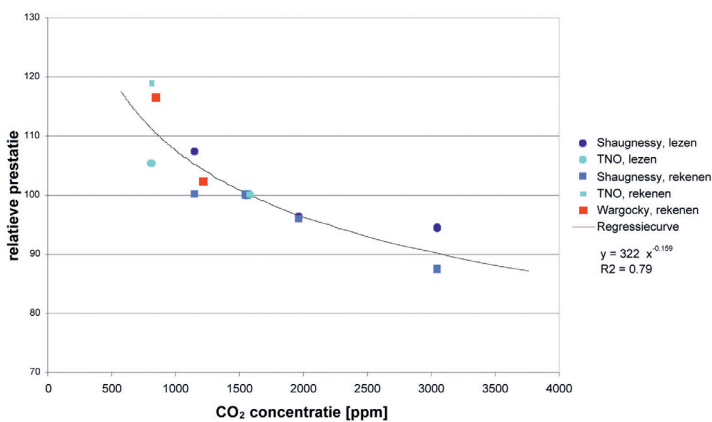
In afbeelding 3 en 4 zijn de resultaten van de bovengenoemde onderzoeken van TNO, Wargocki et al. en Shaughnessy et al. weergegeven. In afbeelding 3 is de prestatie uitgezet tegen het ventilatiedebiet in het lokaal. In afbeelding 4 is de prestatie uitgezet tegen de CO₂-concentratie.

De grafieken suggereren een sterke prestatiedaling onder 4 dm³/s per persoon (in een steady-stateconditie circa 1.500 ppm CO₂). Hierboven nemen de leerprestaties eerst nog relatief sterk toe. Boven 8 dm³/s per persoon (in een steady-stateconditie circa 1.000 ppm CO₂) lijkt de prestatietoename af te nemen. Gezien de beperkte meetdata bij hogere ventilatiedebieten kan geen conclusie worden getrokken over het ventilatieniveau waar geen effect meer optreedt.

Er zijn twee correcties uitgevoerd om de curve in beide figuren te kunnen maken. Ten eerste zijn de leerprestaties in beide figuren relatief, om vergelijk van de verschillende testen mogelijk te maken. De prestatie bij 4 dm³/s is als 100 procent genomen, omdat in twee van de drie onderzoeken dit een meetpunt was. In afwijking hierop was bij Wargocki et al. een meetpunt bij 4,7 dm³/s per persoon aanwezig. Op basis van aanname van een lineair verband is hiervoor gecorrigeerd. Ten tweede is de CO₂-concentratie omgerekend



3. Vergelijking relatief effect van ventilatie op leerprestaties uit drie onderzoeken. [Shaughnessy et al. 2006, de Gids 2007, Wargocky et al. 2005]



4. Vergelijking relatief effect van ventilatie op leerprestaties uit drie onderzoeken. [Shaughnessy et al. 2006, de Gids 2007, Wargocky et al. 2005]

naar ventilatiedebiet. Hierbij is aangenomen dat de CO₂-productie van een leerling 17 dm³/h bedraagt. Omdat mogelijk geen evenwichtssituatie is bereikt, kan het ventilatiedebiet te hoog zijn ingeschat.

Conclusies leerprestaties

Er is voldoende bewijs dat ventilatie een positieve invloed heeft op de leerprestaties van kinderen (ook: studies waarbij geen effect is waar te nemen, bestaan niet). Samenvoeging van de resultaten van drie recente onderzoeken suggereert een verband, waarbij geringe ventilatie een behoorlijk negatieve invloed op de leerprestatie heeft. Een verdubbeling van de ventilatie ten opzichte van het Bouwbesluit resulteert in

een verbetering van de leerprestaties met ongeveer 10 procentpunt. Bij hogere ventilatiedebieten nemen de leerprestaties uiteindelijk niet meer toe. Bij welke ventilatiedebieten meer ventileren geen effect meer heeft op de leerprestaties, is nog niet bekend.

PRESTATIE-EISEN

De vraag: Welke prestatie-eisen moeten aan de luchtkwaliteit in scholen worden gesteld om de overdracht van infectieziekten en ziekteverzuim te beperken en optimale leerprestaties te behalen? kan als volgt worden beantwoord. Voor de beperking van de overdracht van infectieziekten en ziekteverzuim moet de CO₂-concentratie niet meer dan 400 tot 1.000 ppm boven de buitenconcentratie liggen. Voor optimale leerprestaties kan worden gesteld dat de CO₂-concentratie in het lokaal maximaal circa 800 ppm mag zijn. Voor het vaststellen van prestatie-eisen in lokalen spelen echter ook andere overwegingen een rol, zoals energiegebruik, tocht of geurhinder.

NAWOORD

Deze publicatie is tot stand gekomen dankzij een Innovatie Voucher van Senter Novem.

Literatuur

- [1] Bartlett K.H., Kennedy S.M., Brauer M., Netten C., Dill B., Evaluation and Determination of Airborne Bacterial concentrations in school classrooms. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 1(10):639-647, 2004.
- [2] Boerstra A.C., Haans L., Dijken F. van, Literatuuronderzoek binnenmilieu en energiegebruik in Nederlandse scholen. SenterNovem, Utrecht, 2006.
- [3] Fisk WJ., Seppänen O., Faulkner D., Huang J. Economizer system cost effectiveness: accounting for the influence of ventilation rate on sick leave. *HB2003: Proceedings of the 7th International Conference Healthy Buildings, Singapore, Volume 3, pp. 361-367, (2003).*
- [4] Fox A., Harley W., Feighley C., Salzberg D., Sebastian A., Larsson L., Increased levels of bacterial markers and CO₂ in occupied school rooms. *Journal Environmental Monitoring* 5(2):246-252, 2003.
- [5] Gids de W.F., Ventilatie in scholen: Het effect van ventilatie op prestaties van leerlingen. *tvl magazine*, 36 (5): 26-29, 2007.
- [6] Heschong L., Daylighting and human performance. *ASHRAE Journal* 44(6):65-67, 2002.
- [7] Jaakkola J.J.K., Heinonen O.P., Seppänen O., Mechanical ventilation in office buildings and the sick building syndrome. An experimental and epidemiological study. *Indoor Air* 1(2):111-121, 1991.



- [8] Li Y., Leung G.M., Tang J.W., Yang X., Chao C.Y.H., Lin Z., Lu J.W., Nielsen P.V., Niu J., Qian H., Sleigh A.C., Su H.J.J., Sundell J., Wong T.W., Yuen P.L., Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air* 17(1):2-18, 2007.
- [9] Liu L.J., Krahmer M., Fox A., Feighly C.E., Featherstone A., Saraf A., Larsson L., Investigation of the concentration of bacteria and their cell envelope components in indoor air in two elementary schools. *Journal of the Air & Waste Management Association* 50(11):1957-1967, 2000.
- [10] Mendell M.J., Heath G.A., Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of literature. *Indoor Air* 15(1):27-52, 2005.
- [11] Rudnick S.N., Milton D.K., Risk of airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. *Indoor Air* 13(3):237-245, 2003.
- [12] Moglia D., Smith A., Macintosh D.L., Somers J.L., Prevalence and implementation of IAQ programs in us Schools. *Environmental Health Perspectives* 114(1):141-146, 2006.
- [13] Myhrvold A. N., Olsen E., Lauridsen O., Indoor environment in schools – Pupils health and performance in regard to CO₂ concentration. *Indoor Air: Proceedings of the 7th international conference on indoor air quality and climate, Nagoya, Japan, Volume 4*, pp. 369-374, 1996.
- [14] Shaughnessy R.J., Havinen-Shaughnessy U., Nevalainen A., Moschandreas D., A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. *Indoor Air* 16(6):465-468, 2006.
- [15] Shendell D.G., Prill R., Fisk W.J., Apte M.G., Blake D. Faulkner D., Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho, *Indoor Air* 14(5):333-341, 2004.
- [16] Wargocki P., Wyon D.P., Matysiak B., Irgens S., The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on the performance of school work by children, *Indoor Air: Proceedings of the 10th international conference on indoor air quality and climate, Beijing China*, pp. 368-372, 2005.

www.vvplus.nl

Voor meer informatie en links zie www.vvplus.nl bij achtergrondinformatie.

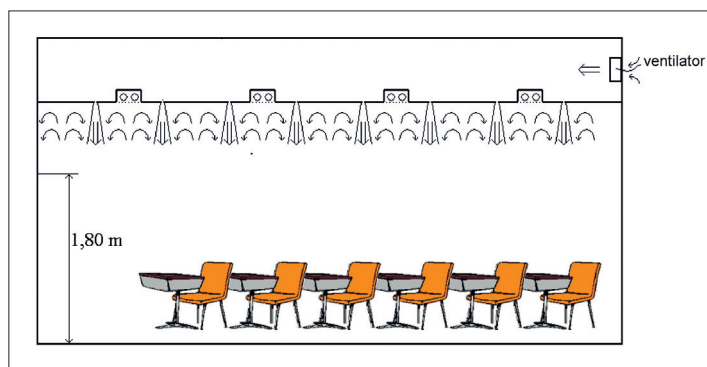
Auteurs

Piet Jacobs, TNO Bouw en Ondergrond

Froukje van Dijken, BBA Binnenmilieu

Atze Boerstra, BBA Binnenmilieu

Frisse School bij 75 jaar TNO



5. Principe van het TNO-ventilatieconcept voor scholen.



6. Demoversie van TNO, zoals die is gepresenteerd tijdens het 75-jarig jubileum.

TNO heeft een ventilatieconcept ontwikkeld, waarbij voor de distributie van de toevoerlucht gebruik wordt gemaakt van een, eventueel reeds aanwezig, verlaagd systeemplafond. Een demoversie van dit systeem is op 8 en 9 juni 2007 ter ere van het 75-jarige bestaan van TNO aan het publiek tentoongesteld. Buitenlucht wordt door een ventilator aangezogen en vervolgens boven het systeemplafond ingeblazen. Via regelmatig in het plafond aangebrachte gaten wordt de lucht het lokaal ingeblazen. Het voordeel van dit concept is dat buitenlucht onverwarmd en toch tochtvrij in de klas kan worden ingeblazen. Het systeem zal komend jaar in drie scholen worden getest.

Piet Jacobs, TNO Bouw en Ondergrond