



Briefrapport 609300012/2009

N. Nafisinia | S. Oldenziel | F. Duijm | E.F. Hall

Informatiebladen voor het verbeteren van de ventilatievoorzieningen in basisscholen

RIVM-briefrapport 609300012/2009

Informatiebladen voor het verbeteren van de ventilatievoorzieningen in basisscholen

N. Nafisinia, GGD Groningen
S. Oldenziel, GGD Groningen
F. Duijm, GGD Groningen
E.F. Hall

Contact:
E.F. Hall
Inspectie-, Milieu- en Gezondheidsadvisering
lisbeth.hall@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van VWS, in het kader van V/609300 Binnenmilieu scholen.

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Informatiebladen voor het verbeteren van de ventilatievoorzieningen in basisscholen

De informatiebladen omvatten mogelijke oplossingen om de aanwezige ventilatievoorzieningen in basisscholen te verbeteren. Per informatieblad worden de randvoorwaarden en enkele aandachtspunten genoemd. Er zijn aparte informatiebladen voor verschillende typen schoollokaal. Bijvoorbeeld schoollokalen met een hoog plafond, een verlaagd plafond of een plafond hoger dan de gang.

De informatiebladen zijn ontwikkeld vanwege de behoefte bij GGD'en om basisscholen informatie te kunnen geven over ingrijpende verbeteringen van ventilatievoorzieningen. Aan de hand van een stappenplan, kan de GGD-medewerker het informatieblad selecteren dat past bij het lokaal waarover wordt geadviseerd. Afhankelijk van het aantal lokaaltypes kan een school één of meer informatiebladen ontvangen. De informatiebladen omvatten oplossingen zoals natuurlijke dwarsventilatie, natuurlijke toevoer met mechanische afvoer, luchttoevoer via een geperforeerd verlaagd plafond en balansventilatie.

Deze informatiebladen kunnen uitgereikt worden aan basisscholen tijdens een bezoek door de GGD in het kader van de ééndagsmethode. De ééndagsmethode omvat aanbevelingen voor gedragsmatige en bouwkundige verbeteringen van ventilatie en thermisch comfort in basisscholen.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Achtergrond	7
1.3	Uitgangspunten	7
1.4	Leeswijzer	8
2	Bouwkundige begrippen	9
3	Handleiding	11
4	Informatiebladen	13
4.1	Informatieblad A – Natuurlijke dwarsventilatie	14
4.2	Informatieblad B – Luchttoevoer via een geperforeerd verlaagd plafond	18
4.3	Informatieblad C – Hoge natuurlijke toevoer met mechanische afvoer	21
4.4	Informatieblad D – Lage natuurlijke toevoer met mechanische afvoer	25
4.5	Informatieblad E – Balansventilatie	29
	Dankwoord	33
	Literatuur	35

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Toen het Centrum Gezondheid en Milieu (cGM) van het RIVM de vragen voor 2008 bij de GGD'en peilde, bleek een behoefte te bestaan aan informatiebladen die GGD-medewerkers aan scholen kunnen geven met informatie over ingrijpende verbeteringen van ventilatievoorzieningen. Om in deze behoefte te voorzien zijn door het cGM informatiebladen ontwikkeld in samenwerking met de GGD Groningen.

1.2 Achtergrond

De ventilatie van klaslokalen is vaak een probleem, omdat de ventilatievoorzieningen niet genoeg bruikbare capaciteit hebben (Versteeg, 2007). Dit ligt vaker aan de bruikbaarheid dan aan de capaciteit. Ventilatie is noodzakelijk voor het afvoeren van verontreinigingen die binnen vrij komen en ook voor het afvoeren van overtollige warmte. Omdat klaslokalen een relatief hoge bezetting per kubieke meter hebben, schiet de ventilatie al gauw tekort. Verontreinigde binnenlucht en een te hoge temperatuur in leslokalen kan een risico vormen voor de gezondheid en het leerproces (Daisey et al., 2003; Mendell en Heath, 2005; Bakó-Biró et al., 2008).

Naar aanleiding hiervan hebben de GGD'en de ééndagsmethode ontwikkeld. De ééndagsmethode omvat aanbevelingen voor gedragsmatige en bouwkundige verbeteringen van ventilatie en thermisch comfort. In een aantal gevallen bestaat behoefte aan een structurele aanpassing van de ventilatievoorzieningen. Hiervoor zijn de informatiebladen ontwikkeld.

De informatiebladen worden gehanteerd door GGD-medewerkers. Deze medewerkers zijn in de regel geen bouwkundigen. Hun aanbevelingen voor een bestaand schoolgebouw zullen dus niet meer dan een signalerend karakter hebben. Daarbij hebben de GGD-medewerkers behoefte aan een simpel instrument voor beoordeling en advisering van klaslokalen. De toepassing van een dergelijk instrument kan de aanleiding zijn voor een bouwkundige *opname* maar kan die niet vervangen.

1.3 Uitgangspunten

Bij het opstellen van de informatiebladen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

- De informatiebladen zijn alleen bedoeld voor leslokalen, niet voor andere ruimtes.
- In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van scholen van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk dat de CO₂-concentratie in een bestaand klaslokaal onder de 1000 ppm blijft. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen.
- Er is een spreiding nodig van de toevoer van verse buitenlucht om tocht te voorkomen.
- Er is een drijvende kracht nodig om goed te ventileren bij alle weersomstandigheden.
- Mechanische luchttoevoer is gevoeliger voor fouten in ontwerp, materiaalkeuze, aanleg of onderhoud dan natuurlijke luchttoevoer (Duijm et al., 2007). In scholen is gebleken dat de

luchtkwaliteit negatiever gewaardeerd wordt bij mechanische toe- en afvoer (Versteeg, 2007). Hierdoor gaat de voorkeur uit naar natuurlijke toevoer indien mogelijk.

- Voorzieningen voor natuurlijke en mechanische ventilatie kunnen een bron zijn van geluidproblemen. Dit is o.a. afhankelijk van de plaatselijke situatie. Hiermee is geen rekening gehouden in de informatiebladen.
- De maatregelen dienen zo min mogelijk ingrijpend en kostbaar te zijn.
- De maatregelen dienen zo duurzaam mogelijk te zijn, maar het verbeteren van de ventilatie staat voorop.

Voor dit instrument zijn verschillende bronnen geraadpleegd (zie literatuurlijst). De ISSO-Publicatie 89, Binnenklimaat scholen was richtinggevend.

1.4 Leeswijzer

Het instrument bestaat uit een aantal onderdelen, namelijk:

- Een begrippenlijst
- Een handleiding
- Vijf informatiebladen

De handleiding is voor de GGD-medewerker. Het informatieblad en de begrippenlijst zijn bedoeld om aan de school te geven.

Voor het begrijpen van het functioneren van een gebouw en voor het communiceren daarover is enige bouwkundige basiskennis nodig. Om die te ontsluiten zijn in de begrippenlijst een aantal termen toegelicht. Ze zijn niet systematisch maar alfabetisch geordend voor de bruikbaarheid van de lezer.

In de handleiding wordt de werkmethode van de GGD-medewerkers omschreven. Hiermee kan de GGD-medewerker het informatieblad selecteren, dat past bij het lokaal waarover geadviseerd wordt. Afhankelijk van het aantal lokaaltypes kan een school één of meer informatiebladen ontvangen.

2 Bouwkundige begrippen

Belending

Een aangrenzend gebouw of een deel daarvan.

Borstwering

Het gedeelte van de muur van de vloer tot aan de onderzijde van een raam dat lager is dan 1,50 m boven de vloer.

Bypass

Een bypass kan een onderdeel zijn van een WTW-voorziening (zie daar). De bypass zorgt ervoor dat van buiten toegevoerde lucht niet wordt voorverwarmd voordat hij wordt ingeblazen in de binnenruimte. Een bypass is nuttig in tijden dat het binnen te warm is en buiten minder warm.

Capaciteit

De hoeveelheid lucht die per tijdseenheid kan worden doorgelaten.

Coanda-fenomeen

Een stromend gas heeft de neiging om een vlak of gebogen oppervlak te volgen. Een luchtstroom kan als het ware aan het plafond kleven.

Fijnregeling

Met een fijnregeling zijn ramen gemakkelijk in verschillende standen open te zetten. De beste fijnregeling is traploos verstelbaar: het raam kan in alle standen worden vastgezet.

Inregelen

Het inregelen van een systeem houdt in dat de lucht- of waterstroom juist wordt afgesteld.

Kiepraam

Een raam dat scharniert aan de onderzijde en naar binnen toe open gaat.

Klepraam (klapraam)

Een raam dat scharniert aan de bovenzijde en naar buiten toe open gaat.

Mechanische ventilatie

Toevoer of afvoer van buitenlucht met een ventilator als aandrijfkracht.

Natuurlijke ventilatie

Toevoer of afvoer van buitenlucht via openingen in de buitenschil zonder mechanische aandrijving. Men kan natuurlijk ventileren door middel van ramen en roosters in de buitengevel of door een pijp in het dak.

Open verbrandingstoestel

Apparaat dat voor verbranding zuurstof onttrekt aan een luchtstroom vanuit de ruimte waarin het staat.

Opname

Bouwkundige inspectie, metingen en beoordeling.

Opstelruimte

Een opstelruimte is de ruimte die nodig is voor het opstellen van een installatie.

Overstroomvoorziening

Opening voor een luchtstroom van ene ruimte naar een andere ruimte. Overstroom kan officieel tegelijk dienen als afvoer van de ene ruimte en toevoer van de andere.

Ppm

ppm is de afkorting van *parts per million*, bijvoorbeeld liters per miljoen liter, of milliliters per kubieke meter.

Spoiler

Een rond afgebogen of schuin omhoog gerichte plaat welke de lucht naar boven geleidt.

Suskast

Een ventilatierooster met een ombouw van isolerend materiaal om weinig geluid door te laten maar wel verse lucht.

Verdeler

Geperforeerde plaat om de toevoer van lucht te spreiden. Via de perforaties komen kleine luchtstromen die zich mengen met de lucht in het lokaal zodat er minder tocht optreedt. De perforaties moeten daartoe een onderlinge afstand hebben die ongeveer 10 maal groter is dan hun diameter. Aan de zijde die het verst van de toevoeropening ligt moet de verdeler een opstaande rand hebben om de luchtstroom daar omhoog te leiden.

Winddrukgestuurd

Een mechaniek die de doorgang van een rooster kan verkleinen wanneer er meer wind op staat, zodat de hoeveelheid binnenkomende lucht ongeveer gelijk blijft.

Warmteterugwinning (WTW)-systeem

WTW kan worden toegepast bij mechanische ventilatie. De lucht die wordt afgezogen uit de binnenruimtes geeft warmte af aan de ingeblazen buitenlucht. Dit is mogelijk met een warmtewiel of een andere warmtewisselaar.

Zomernachtventilatie

Een inbraakveilige ruime ventilatie die op gang komt als de binnentemperatuur te hoog is en hoger dan de buitentemperatuur. Bij warm weer is de buitentemperatuur vaak pas in de loop van de avond of nacht zover gedaald dat de buitenlucht bruikbaar is om een gebouw te koelen.

3 Handleiding

Hieronder volgt de werkwijze die de GGD-medewerker kan volgen om het goede informatieblad aan de school te geven. Als een schoolgebouw meer dan één lokaaltype heeft volgens deze indeling, dan kan die school meer dan één informatieblad krijgen.

Het overzichtsblad (zie overzijde) toont een schematisering van de lokaaltypen die corresponderen met de verschillende informatiebladen. Het indelen van de lokalen in 5 schematische typen past niet helemaal bij de veelvormige realiteit. Voorbeeld: het plafond is als horizontaal aangegeven maar er zijn klaslokalen met een schuin plafond. Door de schematisering kan er echter eenvoudig en snel een keuze worden gemaakt op basis van de meest relevante kenmerken.

Stap 1: Beoordeel een lokaal als volgt aan de hand van het overzichtsblad met de schematisering van de lokaaltypen.

Stap 2: Het lokaal is hoger dan de gang en er is boven de gang buitenlucht aanwezig.

Of: het lokaal heeft twee tegenoverliggende buitengevels.

Zo ja, dan is het een lokaal van type A; neem informatieblad A. Ga door naar stap 7.

Zo nee, ga door naar stap 3.

Stap 3: Er is in het lokaal een verlaagd plafond aanwezig met daarboven tenminste 15 cm aan vrije ruimte.

Zo ja, dan is het een lokaal van type B; neem informatieblad B. Ga door naar stap 7.

Zo nee, ga door naar stap 4.

Stap 4: Het plafond bij de ramen zit meer dan 3,20 meter boven de vloer.

Zo ja, dan is het een lokaal van type C; neem informatieblad C. Ga door naar stap 7.

Zo nee, ga door naar stap 5.

Stap 5: Het lokaal is even hoog als de gang.

Zo ja, dan is het een lokaal van type D; neem informatieblad D. Ga door naar stap 7.

Zo nee, ga door naar stap 6.

Stap 6: Het lokaal komt niet overeen met één van de hiervoor genoemde types.

Dan is het een lokaal van type E; neem informatieblad E. Ga door naar stap 7.

Stap 7: Alle lokalen zijn van het uitgekozen type.

Zo ja, ga door naar stap 8.

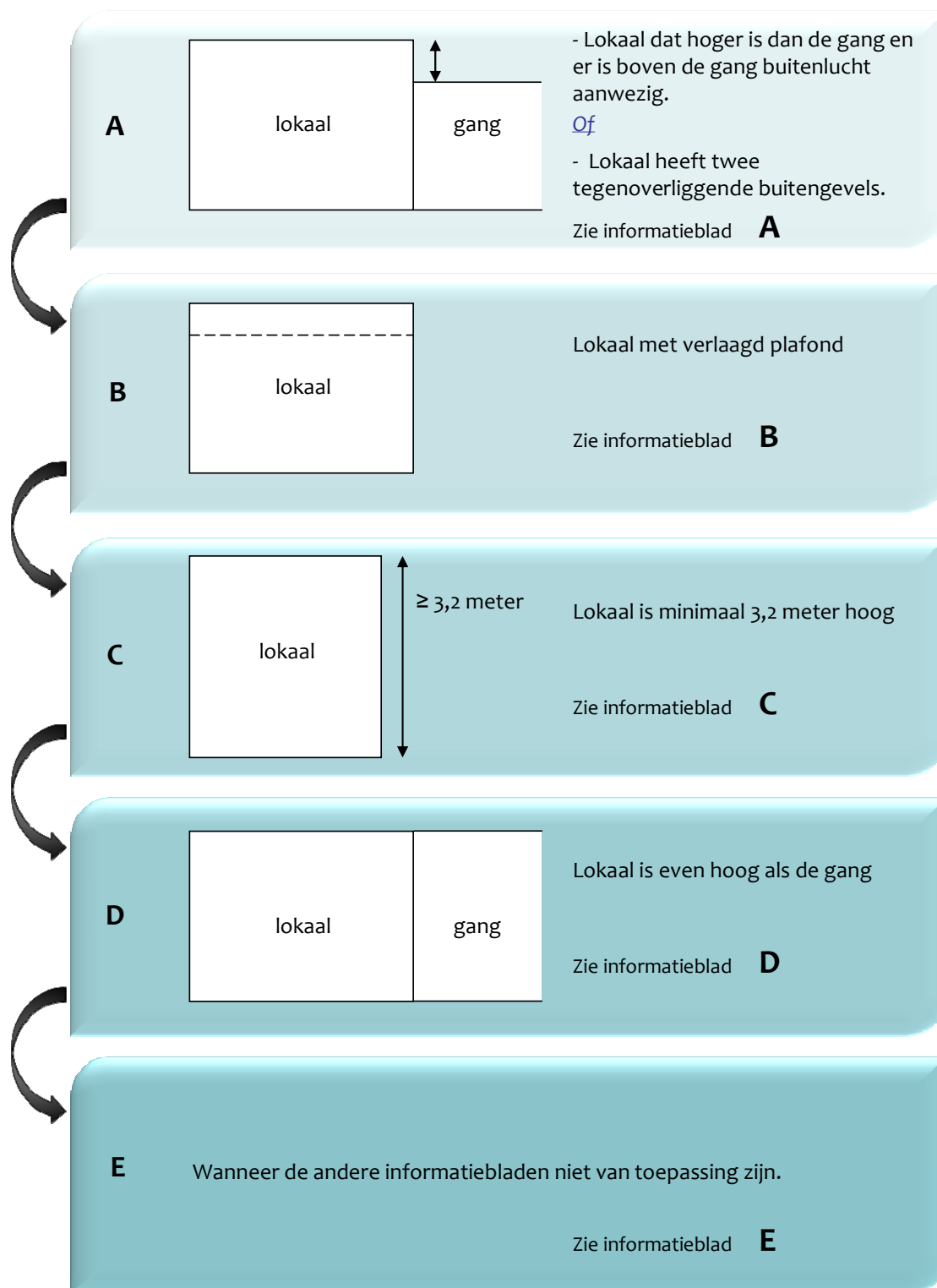
Zo nee, begin dan opnieuw bij stap 2 voor de lokalen die verschillend zijn.

Stap 8: Er zijn nu één of meer informatiebladen uitgekozen. Controleer of de lokalen voldoen aan alle voorwaarden die in die informatiebladen worden gesteld aan de bestaande situatie.

Als alle lokalen voldoen aan de voorwaarden, schrijf de lokaalnummers op de juiste informatiebladen en ga door naar stap 9. Zo nee, ga dan terug naar de stap waaraan het lokaal niet voldoet. Vanaf dit punt gaat u verder naar de volgende stap.

Stap 9: Overhandig de informatiebladen en begrippenlijst aan de school. Maak mondeling duidelijk aan de school dat het gekozen informatieblad een suggestie geeft voor een te overwegen oplossingsrichting. Een deskundige adviseur kan nader bepalen of dit een passende oplossing is.

Overzichtsblad – Schematisering lokaaltypen



4 Informatiebladen

Hieronder staan de vijf informatiebladen die zijn ontwikkeld. Ze zijn bedoeld om los van elkaar uit te kunnen reiken aan een school.

De informatiebladen beginnen met enkele voorwaarden waaraan de bestaande situatie moet voldoen om het informatieblad te kunnen gebruiken, bijvoorbeeld de minimale hoogte van het plafond. Dan wordt het principe van de oplossing benoemd en wordt er een uitleg gegeven over het systeem. Vervolgens worden de verschillende varianten van de oplossing genoemd.

Tot slot worden de randvoorwaarden en punten genoemd waaraan de school nader aandacht kan besteden. De randvoorwaarden en de aandachtspunten zijn niet bestemd voor het kiezen van een informatieblad door de GGD-medewerker.

4.1 Informatieblad A – Natuurlijke dwarsventilatie

Suggestie voor de lokalen:

Uit de ééndagsmethode is gebleken dat de ventilatievoorzieningen in dit lokaal niet toereikend zijn voor een optimale ventilatie. Dit informatieblad geeft aan welke verbeteringen te overwegen zijn. Laat eerst een bouwfysisch adviseur de situatie opnemen en doorrekenen.

Voorwaarden aan de bestaande situatie

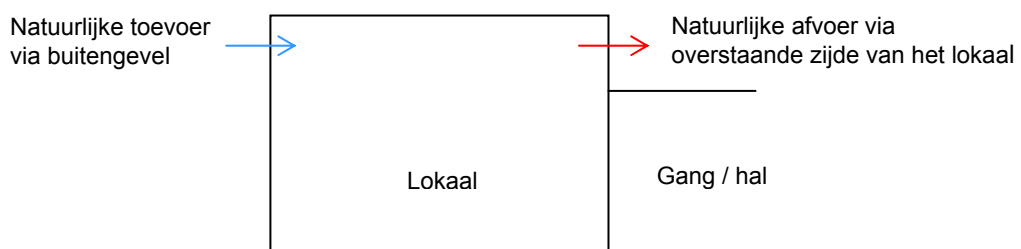
- Het lokaal is hoger dan de naastgelegen gang en er is boven de gang buitenlucht aanwezig. *Of* er zijn twee tegenoverliggende buitengevels aanwezig.
- De belendende bebouwing en obstakels liggen minimaal op 5 meter afstand van de natuurlijke ventilatieopeningen.
- Er is hoog in de gevel aan beide zijden van het lokaal minimaal 4 strekkende meter vrij waarin openingen zitten of geplaatst kunnen worden. De onderzijde van de openingen zullen minimaal op 2,40 meter hoogte moeten zitten.
- Er zijn radiatoren aanwezig, of er kunnen radiatoren geplaatst worden, onder de openingen. De radiatoren zijn in gebruik tijdens lesuren op koude dagen.

Principe van de verbetering: dwarsventilatie binnen het lokaal

Bij dwarsventilatie wordt er geventileerd door middel van openingen in twee tegenover elkaar gelegen gevels. De verse lucht wordt zoveel mogelijk langs het plafond geleid en gemengd met binnenlucht. De binnenlucht wordt aan de andere zijde van het lokaal natuurlijk afgevoerd. Beide openingen kunnen zowel toevoer als afvoer zijn. Dit is afhankelijk van de windrichting.

N.B. Bij echt koud weer kan er bij een dergelijke ventilatie gemakkelijk tocht ontstaan. Bij een buitentemperatuur tussen 15 en 25 graden, bewolking en weinig wind zal er weinig ventilatie zijn, tenzij er nog meer ramen of roosters open kunnen.

Figuur 1: Dwarsventilatie



Verbeterde voorzieningen

De natuurlijke toe- en afvoer kunnen op drie manieren worden gerealiseerd.

Variant 1: Beiderzijds een dubbele rij winddrukgestuurde roosters van minimaal 4 strekkende meters. Deze variant heeft de voorkeur aangezien de kans op tocht bij deze oplossing het kleinst is.

Variant 2: Beiderzijds kiepramen met zijschotten, met openingen vlak onder het plafond, als het plafond daar ten minste 3,2 meter boven de vloer zit.

Variant 3: Aan één kant dergelijke kiepramen en aan de andere kant van het lokaal roosters zoals genoemd bij variant 1.

Randvoorwaarden

- Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf.
- Op ramen dient een fijnregeling te zitten om ze te kunnen gebruiken als ventilatievoorziening.
- Kies winddrukgestuurde roosters. Bij een dubbele rij is het mogelijk om de onderste rij apart manueel te bedienen. Op deze manier is bij koud weer de onderste rij alleen te sluiten.
- Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters of ramen.
- Ook als er buiten af en toe veel geluid is tijdens de lessen, bijvoorbeeld tijdens pauzes van andere klassen, zijn suskasten meestal noodzakelijk in plaats van roosters of ramen.
- Bij verontreinigde buitenlucht zijn andere maatregelen aan te raden (zie toelichting).
- Er zitten geen belemmeringen ter plaatse van de invoer en afvoeropeningen (bijv. balken of zonnenscherm).

Toelichting

Toelichting op de voorwaarden aan de bestaande situatie

Omvangrijke belendingen of obstakels belemmeren wind op de gevel. Via de ventilatieopeningen in de gevel komt minder lucht binnen. In een afvoer via het dak kan de trek geblokkeerd worden als buiten overdruk ontstaat wanneer de wind tegen belendingen of obstakels blaast.

Als de radiatoren warm zijn, zorgen ze voor een omhoog gaande stroom van warme lucht. Die luchtstroom vermengt zich met koud binnenkomende buitenlucht.

Dit werkt beter als er aan de bovenzijde van de radiatoren geen belemmeringen zitten, zoals een vensterbank. In een vensterbank die dicht boven de radiatoren zit, kunnen sleuven worden gemaakt.

Toelichting op de verbeterde voorzieningen

Variant 1: Toevoer van buitenlucht via een dubbele rij winddrukgestuurde roosters

De winddruksturing is nodig voor een constante toevoer bij wisselende windsnelheden. Hierdoor vermindert de kans op tocht zonder dat de opening van de roosters telkens aangepast hoeft te worden aan de veranderende weersomstandigheden.

De dubbele rij kan wenselijk zijn voor de benodigde oppervlakte van de openingen om altijd genoeg te kunnen ventileren, ook om warmte af te voeren. Als er meer dan 4 strekkende meter beschikbaar is, is het met oog op de tocht gunstig om de bovenste rij zo lang mogelijk te maken. Als die bijvoorbeeld 6 meter is, hoeft de onderste rij nog maar 2 meter te zijn.

Variant 2: Toevoer van buitenlucht via kiepramen met zijschotten

Om de kans op tocht te beperken bij invoer via kiepramen moet het lokaal daar minimaal 3,20 meter hoog zijn en moet de bovenzijde van de kiepramen ongeveer aan het plafond grenzen. De zijschotten zorgen ervoor dat de koude lucht niet opzij langs het open raam naar beneden valt. Door de schuine stand van het open raam wordt de luchtstroom die naar binnen gaat naar het plafond geleid. De kans op tochtklachten neemt daardoor af.

Aandachtspunten

Dwarsventilatie

Natuurlijke toe- en afvoer is afhankelijk van weersomstandigheden. Een aantal dagen per jaar is er kans op tocht omdat de toegevoerde lucht te koud is om tijdig op te warmen of omdat de radiatoren niet warm zijn omdat het binnen al warm is. Door het beperken van tocht en door het ontbreken van wind en temperatuurverschillen, zal er een aantal dagen per jaar te weinig luchtverversing zijn.

Geluid

Veel bestaande schoolgebouwen hebben een pui die minder geluid weert dan wettelijk voorschreven is (Versteeg, 2007). Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters of ramen. Suskasten zijn te combineren met een spoiler. Raadpleeg de gemeente of GGD bij twijfel over het geluidsniveau op de gevel.

Verontreinigde buitenlucht

De buitenlucht kan extra verontreinigd zijn als het schoolgebouw gelegen is op minder dan:

- 300 meter van een snelweg;
- 50 meter van een provinciale weg;
- direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Bij een slechte buitenluchtkwaliteit heeft mechanische toevoer de voorkeur boven natuurlijke toevoer. Bij mechanische toevoer kan de lucht ingelaten worden op een zo schoon mogelijk punt en daarna gefilterd. Raadpleeg de GGD bij twijfel over de kwaliteit van de buitenlucht.

Regelbaarheid

Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf omdat de omstandigheden in de diverse lokalen te verschillend zijn voor een goede centrale regeling. Dit geldt zowel voor de bestaande voorzieningen als voor de aan te brengen voorzieningen. Er kan worden gekozen voor een geautomatiseerd systeem of een handbediend systeem.

Ramen die gebruikt worden om te ventileren, moeten liefst in alle tussenstanden vastgezet kunnen worden (traploos verstelbaar).

Capaciteit

In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van scholen van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk, dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal lager blijft dan 1000 ppm. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen. De benodigde hoeveelheid hangt onder andere af van de route van de luchtstroom in het lokaal, van het aantal leerlingen en hun activiteitsniveau.

Spuivoorzieningen

Goede ventilatie maakt spuivoorzieningen niet overbodig. Spuien houdt in dat er binnen korte tijd grote luchtvolumes verplaatst kunnen worden. Dat is nuttig bij klusjes die lucht verontreinigen, bijvoorbeeld tijdens de schoonmaak. Ook zijn spuivoorzieningen bruikbaar om het lokaal door te laten waaien wanneer het binnen te warm is en buiten niet. Spuien is meestal niet handig tijdens de les. Het is beter hoge binnentemperaturen te voorkomen.

Reinigbaarheid & onderhoud

Nieuwe ventilatievoorzieningen moeten schoon gehouden kunnen worden. Let tevoren goed op de bereikbaarheid en de reinigbaarheid van het binnenwerk van roosters en suskasten.

Het schoonmaakcontract dient zo herzien te worden, dat het schoonmaakbedrijf ook de nieuwe onderdelen reinigt. Vervuilde roosters en suskasten verontreinigen de binnenkomende lucht. Zonder reiniging neemt de doorgankelijkheid van roosters snel af.

Bijzondere roosters en suskasten kunnen een specifiek contract voor onderhoud door specialisten vergen.

Andere factoren

Dit informatieblad focust op ventilatievoorzieningen. Allerlei andere factoren zijn ook van belang voor een goed binnenmilieu, onder andere thermisch comfort, akoestiek, licht en hygiëne.

Nader advies

Om niet effectieve oplossingen te vermijden is het raadzaam om voorafgaand aan ingrijpende maatregelen voor het verbeteren van het binnenmilieu contact op te nemen met de GGD en een bouwfysisch adviseur.

4.2 Informatieblad B – Luchttoevoer via een geperforeerd verlaagd plafond

Suggestie voor de lokalen:

Uit de ééndagsmethode is gebleken dat de ventilatievoorzieningen niet toereikend zijn voor een optimale ventilatie. Dit informatieblad geeft aan welke verbeteringen te overwegen zijn. Laat eerst een bouwfysisch adviseur de situatie opnemen en doorrekenen.

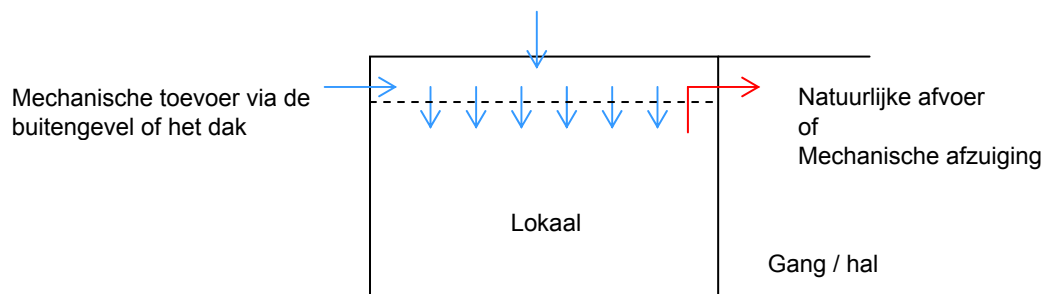
Voorwaarden aan de bestaande situatie

- Er is een verlaagd plafond aanwezig dat maximaal 3,2 meter hoog is.
- Boven het verlaagde plafond is tenminste 15 cm vrije ruimte aanwezig.
- Deze ruimte is gemakkelijk en goed reinigbaar.
- Er is ruimte om een ventilator te plaatsen hoog in de gevel van het lokaal of op het dak.

Principe van de verbetering: luchttoevoer via geperforeerd verlaagd plafond

Toevoer van verse buitenlucht vindt plaats door een ventilator in de buitengevel, of op het dak. De buitenlucht komt direct boven het verlaagde plafond terecht en wordt daar enigszins voorverwarmd. De panelen van het verlaagde plafond zijn of worden geperforeerd. Door de gaten stroomt de lucht het lokaal in. De vele kleine luchtstromen mengen goed met de binnenlucht. Door de menging en de grote spreiding is er weinig kans op tocht.

Figuur 1: Luchttoevoer via geperforeerd verlaagd plafond



De afvoer kan natuurlijk of mechanisch zijn. Natuurlijke afvoer kan plaats vinden via gevel, dak en overstroomvoorzieningen naar gang of hal. Een eventuele mechanische afzuiging kan het beste in het lokaal zitten, tegenover de toevoerventilator. Mechanische afzuiging is te combineren met warmteterugwinning (WTW), ook in een decentrale opstelling.

Randvoorwaarden

- Er zijn geen technische of financiële belemmeringen voor het regelmatig reinigen van het hele toevoersysteem, inclusief de bovenkant van het verlaagde plafond en de ruimte erboven.
- Er zitten geen belemmeringen ter plaatse van de invoeropeningen (bijv. balken of zonnenscherm).
- De afstand tussen de perforaties onderling is ten minste 10 maal groter dan hun diameter.
- Behalve de perforaties zitten er geen grote openingen in het verlaagde plafond, anders ontstaan daar lekstromen en mogelijk tocht.
- Bij verontreinigde buitenlucht zijn er extra maatregelen mogelijk (zie toelichting).

- De inlaatopening buiten is minimaal 5 meter verwijderd van alle afvoeren buiten. Als de inlaat te dicht bij een afvoer staat, kan er verontreinigde afvoerlucht in het lokaal toegevoerd worden.
- Bij toevoer via het dak zit de inlaatopening niet dicht boven het dak. Anders kan de toevoerlucht teveel opwarmen door opwarming van het dak wanneer de zon fel schijnt.
- Bij natuurlijke afvoer via het dak moeten er geen omvangrijke belendingen of obstakels aanwezig zijn nabij de afvoeropening. In een afvoer via het dak kan de trek geblokkeerd worden als buiten overdruk ontstaat wanneer de wind tegen belendingen of obstakels blaast.
- Een mechanische afvoer met WTW werkt pas goed als hij rechtstreeks uit het lokaal lucht afvoert en als de deur van het lokaal naar de gang dicht is.
- Een mechanische afvoer in een pand met een ‘open’ CV-ketel moet geen lucht kunnen aanzuigen uit de opstelruimte van die ketel.
- Het is raadzaam om te kiezen voor een ventilator met overcapaciteit. Dit heeft een positief effect op de geluidsproductie. Tijdens lessen hoeft de ventilator niet op volle capaciteit te draaien. Bovendien kan de extra capaciteit gebruikt worden voor zomernachtventilatie om het gebouw af te koelen.

Toelichting

Toelichting op de voorwaarden aan de bestaande situatie

Boven het verlaagde plafond is tenminste 15 cm vrije ruimte aanwezig. In deze ruimte wordt de buitenlucht verspreid. Zo kan de lucht zich goed verdelen over de perforaties.

Als de toevoer niet schoon te houden is, heeft dit een negatieve invloed op de kwaliteit van de toegevoerde lucht.

Toelichting op de verbeterde voorzieningen

De grote spreiding in de toevoer leidt tot minder kans op tochtklachten en de mechanische toevoer garandeert voldoende luchtstroming.

Het systeem is bedacht en getest door TNO (zie Jacobs et al., 2008).

Aandachtspunten

Reinigbaarheid & onderhoud

Zonder reiniging en onderhoud neemt de effectiviteit van mechanische systemen snel af. Een vervuild luchttoevoersysteem is bovendien onhygiënisch. Nieuwe ventilatievoorzieningen moeten schoon gehouden kunnen worden. Let tevoren goed op de bereikbaarheid en de reinigbaarheid van het binnenwerk van ventilatorboxen en kanalen. Regelmatig reinigen betekent aan de toevoerkant tenminste eens per jaar, terwijl tussendoor de toevoerfilters verversen moeten worden wanneer ze zichtbaar vies zijn. Dit is bijvoorbeeld iedere maand. Ook het opnieuw inregelen en het controleren van de geluidsproductie van het systeem valt onder onderhoud. Ga tevoren na wie dit kan doen en wat het kost. Vraag vooraf aan de installateur een offerte voor een langlopend onderhoudscontract. Het schoonmaakcontract dient zo herzien te worden, dat het schoonmaakbedrijf ook de ruimte boven het plafond en de bovenkant van de plafondpanelen reinigt. Denk bij de calculaties ook aan arbo-eisen voor schoonmakers.

Capaciteit

In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk, dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal lager blijft dan 1000 ppm. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen. De benodigde

hoeveelheid hangt onder andere af van de route van de luchtstroom in het lokaal, van het aantal leerlingen en hun activiteitsniveau. Voor de luchtkwaliteit zal de capaciteit van de mechanische ventilator dus tenminste voldoende moeten zijn om 800 tot 1000 m³ per uur toe te voeren.

In een goed geïsoleerd lokaal op het zuiden, zonder zonwering, is ca. 3600 m³ per uur nodig om overtollige warmte af te voeren bij zonnig weer (Jacobs et al., 2008). In veel situaties is echter 2000 m³ per uur genoeg voor het afvoeren van warmte. Deze capaciteit moet in te zetten zijn als nachtventilatie.

Regelbaarheid

Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf omdat de omstandigheden in de diverse lokalen te verschillend zijn voor een goede centrale regeling. Dit geldt zowel voor de bestaande voorzieningen als voor de aan te brengen voorzieningen. Er kan worden gekozen voor een geautomatiseerd systeem of een handbediend systeem. Sturing op klok, aanwezigheid en/of CO₂-concentraties zijn mogelijkheden.

Geluid

Het mechanisch systeem mag geen geluidshinder veroorzaken. Bij de uitvoering van de mechanische toevoer moet er gelet worden op de geluidsproductie. Aandachtspunten hierbij zijn aansluitingen en bevestigingen. Het geluidsniveau van het systeem in het lokaal moet niet boven de 35 dB(A) uitkomen, ook niet na verloop van tijd.

Verontreinigde buitenlucht

De buitenlucht kan extra verontreinigd zijn als het schoolgebouw gelegen is op minder dan:

- 300 meter van een snelweg;
- 50 meter van een provinciale weg;
- direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Bij een slechte buitenluchtkwaliteit heeft mechanische toevoer de voorkeur boven natuurlijke toevoer. Bij mechanische toevoer kan de lucht ingelaten worden op een zo schoon mogelijk punt en daarna gefilterd. Raadpleeg de GGD bij twijfel over de kwaliteit van de buitenlucht.

Spuivoorzieningen

Goede ventilatie maakt spuivoorzieningen niet overbodig. Spuien houdt in dat er binnen korte tijd grote luchtvolumes verplaatst kunnen worden. Dat is nuttig bij klusjes die lucht verontreinigen, bijvoorbeeld tijdens de schoonmaak. Ook zijn spuivoorzieningen bruikbaar om het lokaal door te laten waaien wanneer het binnen te warm is en buiten niet. Spuien is meestal niet handig tijdens de les. Het is beter hoge binnentemperaturen te voorkomen.

Andere factoren

Dit informatieblad focust op ventilatievoorzieningen. Allerlei andere factoren zijn ook van belang voor een goed binnenmilieu, onder andere thermisch comfort, akoestiek, licht en hygiëne.

Nader advies

Om niet effectieve oplossingen te vermijden is het raadzaam om voorafgaand aan ingrijpende maatregelen voor het verbeteren van het binnenmilieu contact op te nemen met de GGD en een bouwfysisch adviseur.

4.3 Informatieblad C – Hoge natuurlijke toevoer met mechanische afvoer

Suggestie voor de lokalen:

Uit de ééndagsmethode is gebleken dat de ventilatievoorzieningen niet toereikend zijn voor een optimale ventilatie. Dit informatieblad geeft aan welke verbeteringen te overwegen zijn. Laat eerst een bouwfysisch adviseur de situatie opnemen en doorrekenen.

Voorwaarden aan de bestaande situatie

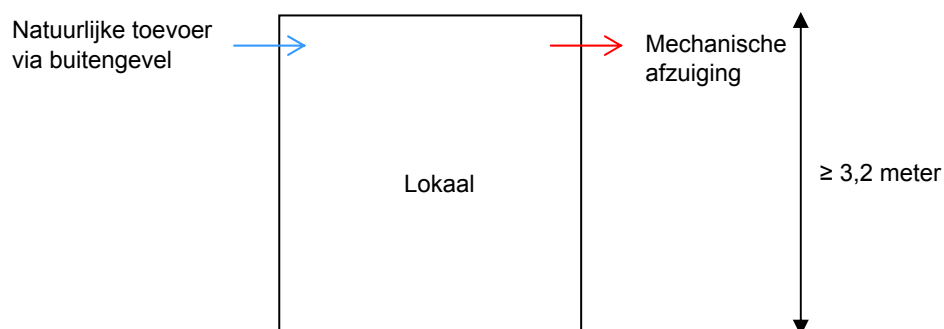
- Het lokaal is minimaal 3,20 meter hoog.
- Er is hoog in de gevel van het lokaal minimaal 4 strekkende meter vrij waarin openingen zitten of geplaatst kunnen worden. De onderzijde van de openingen zullen minimaal op 2,80 meter hoogte moeten zitten.
- Er zijn radiatoren aanwezig, of er kunnen radiatoren geplaatst worden, onder de openingen. Deze radiatoren zijn in gebruik tijdens lesuren op koude dagen.
- Er wordt les gegeven met gesloten deuren.

Principe van de verbetering: natuurlijke toevoer met mechanische afvoer

Toevoer van verse lucht vindt plaats door middel van ramen of roosters in de buitengevel van “ouderwets” hoge lokalen. De verse lucht verspreidt zich door het lokaal heen. De mechanische afzuiging zit in het lokaal, ongeveer tegenover de toevoeropeningen en garandeert de ventilatie bij alle weersomstandigheden.

N.B. Bij echt koud weer kan er bij een dergelijke ventilatie gemakkelijk tocht ontstaan.

Figuur 1: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in een hoog lokaal



De mechanische afzuiging kan per lokaal of voor het hele gebouw worden aangebracht. Uit de afgevoerde lucht kan warmte worden teruggewonnen. In een gebouw zonder mechanische luchttoevoer is die warmte gemakkelijker te benutten bij een centrale afzuiging.

Verbeterde voorzieningen

De natuurlijke toevoer kan op drie manieren worden gerealiseerd.

Variante 1: Via een dubbele rij winddrukgestuurde roosters. Deze variant heeft de voorkeur aangezien de kans op tocht bij deze oplossing het kleinst is.

Variante 2: Via kiepramen met zijschotten, met de openingen vlak onder het plafond.

Variante 3: Via kiepramen met daaronder een verdeler.

Als er hoog boven in de gevel niet genoeg ruimte is voor voldoende toevoer, overweeg dan als aanvullende oplossing natuurlijke toevoer via openingen in de borstwering achter de radiatoren (zie toelichting).

Randvoorwaarden

- Bij verontreinigde buitenlucht zijn andere maatregelen aan te raden (zie toelichting).
- Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters of ramen. Raadpleeg bij twijfel over het geluidsniveau de gemeente en/of de GGD.
- Er zitten geen belemmeringen nabij de invoeropeningen (bijv. balken of zonnescerm).
- Het lokaal moet tamelijk luchtdicht gebouwd zijn om alleen via de roosters of ramen lucht te laten binnenkomen.
- Een mechanische afzuiging kan een probleem veroorzaken bij een 'open' CV-ketel of een ander verbrandingstoestel dat lucht uit de binnenruimte gebruikt. Het is riskant als de afzuiging lucht aanzuigt uit de ruimte waar een dergelijk verwarmingstoestel hangt of staat. Een 'open' toestel moet daarom in een ruimte hangen of staan die hermetisch is afgesloten van de rest van het schoolgebouw. De luchttoevoer voor de CV-ketel moet altijd direct van buitenaf plaats vinden.

Toelichting

Toelichting op de voorwaarden aan de bestaande situatie

Hoe hoger de toevoer van buitenlucht, des te kleiner de kans op tocht. De minimale plafondhoogte van 3,2 meter is daarom van belang, maar werkt alleen in combinatie met de andere voorwaarden en maatregelen.

Als de radiatoren warm zijn, zorgen ze voor een omhoog gaande stroom van warme lucht. Die luchtstroom vermengt zich met koud binnenkomende buitenlucht. Dit werkt beter als er aan de bovenzijde van de radiatoren geen belemmeringen zitten, zoals een vensterbank. In een vensterbank die dicht boven de radiatoren zit, kunnen sleuven worden gemaakt.

Als tijdens de les een deur naar de gang openstaat, kan de afzuiging in het lokaal lucht uit die gang aanzuigen. Dat gaat ten koste van de toevoer van buitenlucht.

Toelichting op de verbeterde voorzieningen

Aangezien in dit lokaal niet de mogelijkheid bestaat om dwarsventilatie toe te passen is het wenselijk dat er mechanisch lucht wordt afgezogen. Afzuiging in een gesloten lokaal trekt buitenlucht het lokaal binnen. Zo kan er altijd voldoende stroming zijn.

Variante 1: Toevoer van buitenlucht via een dubbele rij winddrukgestuurde roosters

De winddruksturing is nodig voor een constante toevoer bij wisselende windsnelheden. Hierdoor vermindert de kans op tocht zonder dat de opening van de roosters telkens aangepast hoeft te worden aan de veranderende weersomstandigheden.

De dubbele rij kan wenselijk zijn voor het benodigde oppervlakte van de openingen om altijd genoeg te kunnen ventileren, ook om warmte af te voeren. Als er meer dan 4 strekkende meter beschikbaar is,

is het met oog op de tocht gunstig om de bovenste rij zo lang mogelijk te maken. Als die bijvoorbeeld 6 meter is, hoeft de onderste rij nog maar 2 meter te zijn.

Variant 2: Toevoer van verse buitenlucht via klepramen met daaronder een verdeler

De verdeler zorgt ervoor dat koude buitenlucht niet meteen naar beneden valt. Via gaten in de onderkant van de verdeler komen kleine luchtstromen naar binnen die zich goed mengen met de binnenlucht. De perforaties moeten daartoe een onderlinge afstand hebben die ongeveer 10 maal groter is dan hun diameter. Hierdoor ontstaat er een betere spreiding en opwarming van de lucht. Dit vermindert de kans op tocht. Aan de zijde die het verst van de toevoeropening ligt moet de verdeler een opstaande rand hebben om de luchtstroom daar omhoog te leiden.

De voorkeur gaat uit naar een verdeler die gemaakt is van een transparant materiaal (bijv. perspex). Hierdoor is daglichttoetreding mogelijk en is opgehoopt vuil beter waarneembaar waardoor reiniging op het juiste moment kan plaatsvinden.

Variant 3: Toevoer van buitenlucht via kiepramen met zijschotten

Om de kans op tocht te beperken bij invoer via kiepramen moet het lokaal daar minimaal 3,20 meter hoog zijn en moet de bovenzijde van de kiepramen ongeveer aan het plafond grenzen. De zijschotten zorgen ervoor dat de koude lucht niet opzij langs het open raam naar beneden valt. Door de schuine stand van het open raam wordt de luchtstroom die naar binnen gaat naar het plafond geleid. Dit is bevorderlijk voor de menging van koude buitenlucht met warme binnenlucht. De kans op tocht neemt daardoor af.

Mogelijke aanvullende openingen in de borstwering

Als er bijvoorbeeld te weinig ruimte is om hoog boven in de gevel voldoende toevoeropeningen te plaatsen, kunnen openingen in de borstwering achter de radiatoren worden aangebracht. Als het echt koud weer is en de radiatoren zijn warm, dan wordt binnenkomende koude buitenlucht opgewarmd. Hierdoor is luchttoevoer mogelijk met weinig tocht. Niet alle systemen die in de handel zijn, hebben genoeg capaciteit om voor de hele benodigde luchttoevoer te zorgen.

Aandachtspunten

Geluid

De mechanische afzuiging mag geen geluidshinder veroorzaken. Daarom moet het geluidsniveau van het systeem in het lokaal lager zijn dan 35 dB(A), ook na verloop van tijd.

Veel bestaande schoolgebouwen hebben een pui die minder geluid tegenhoudt dan wettelijk voorschreven is (Versteeg, 2007). Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters of ramen. Suskasten zijn te combineren met een spoiler. Raadpleeg de gemeente of GGD bij twijfel over het geluidsniveau op de gevel.

Verontreinigde buitenlucht

De buitenlucht kan extra verontreinigd zijn als het schoolgebouw gelegen is op minder dan:

- 300 meter van een snelweg;
- 50 meter van een provinciale weg;
- direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Bij een slechte buitenlucht kwaliteit heeft mechanische toevoer de voorkeur boven natuurlijke toevoer. Bij mechanische toevoer kan de lucht ingelaten worden op een zo schoon mogelijk punt en daarna gefilterd. Raadpleeg de GGD bij twijfel over de kwaliteit van de buitenlucht.

Capaciteit

In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk, dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal lager blijft dan 1000 ppm. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen. De benodigde hoeveelheid hangt onder andere af van de route van de luchtstroom in het lokaal, van het aantal leerlingen en hun activiteitsniveau. Het mechanische systeem moest dus een capaciteit hebben van ten minste 800 tot 1000 m³ per uur.

In een goed geïsoleerd lokaal op het zuiden, zonder zonwering, is ca. 3600 m³ per uur nodig om overtollige warmte af te voeren bij zonnig weer (Jacobs et al., 2008). In veel situaties is echter 2000 m³ per uur genoeg voor het afvoeren van warmte. Deze capaciteit moet in te zetten zijn als nachtventilatie.

Regelbaarheid

Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf omdat de omstandigheden in de diverse lokalen te verschillend zijn voor een goede centrale regeling. Dit geldt zowel voor de bestaande voorzieningen als voor de aan te brengen voorzieningen. Er kan worden gekozen voor een geautomatiseerd systeem of een handbediend systeem. Sturing op klok, aanwezigheid en/of CO₂-concentraties zijn mogelijkheden.

Ramen die gebruikt worden om te ventileren, moeten liefst in alle tussenstanden vastgezet kunnen worden (traploos verstelbaar).

Reinigbaarheid & onderhoud

Een vervuilde luchttoevoer verontreinigt de binnenkomende lucht. Zonder reiniging neemt de doorgankelijkheid van roosters snel af, evenals de capaciteit van mechanische afzuiging.

Nieuwe ventilatievoorzieningen moeten schoon gehouden kunnen worden. Let tevoren goed op de bereikbaarheid en de reinigbaarheid van het binnenwerk van roosters en suskasten.

Het schoonmaakcontract dient zo herzien te worden, dat het schoonmaakbedrijf ook de nieuwe onderdelen reinigt. Dit geldt ook voor de bovenkant van een verdeler. Denk aan arbo-eisen voor schoonmakers. Bijzondere roosters en suskasten kunnen een specifiek contract voor onderhoud door specialisten vergen.

Ook het mechanische systeem moet jaarlijks onderhouden worden. Daarbij hoort het opnieuw inregelen en het controleren van de geluidsproductie van het systeem. Ga tevoren na wie dit kan doen en wat het kost.

Spuivoorzieningen

Goede ventilatie maakt spuivoorzieningen niet overbodig. Spuien houdt in dat er binnen korte tijd grote luchtvolumes verplaatst kunnen worden. Dat is nuttig bij klusjes die lucht verontreinigen, bijvoorbeeld tijdens de schoonmaak. Ook zijn spuivoorzieningen bruikbaar om het lokaal door te laten waaien wanneer het binnen te warm is en buiten niet. Spuien is meestal niet handig tijdens de les. Het is beter hoge binnentemperaturen te voorkomen.

Andere factoren

Dit informatieblad focust op ventilatievoorzieningen. Allerlei andere factoren zijn ook van belang voor een goed binnenmilieu, onder andere thermisch comfort, akoestiek, licht en hygiëne.

Nader advies

Om niet effectieve oplossingen te vermijden is het raadzaam om voorafgaand aan ingrijpende maatregelen voor het verbeteren van het binnenmilieu contact op te nemen met de GGD en een bouwfysisch adviseur.

4.4 Informatieblad D – Lage natuurlijke toevoer met mechanische afvoer

Suggestie voor de lokalen:

Uit de ééndagsmethode is gebleken dat de ventilatievoorzieningen niet toereikend zijn voor een optimale ventilatie. Dit informatieblad geeft aan welke verbeteringen te overwegen zijn. Laat eerst een bouwfysisch adviseur de situatie opnemen en doorrekenen.

Voorwaarden aan de bestaande situatie

- Het lokaal is even hoog als de gang.
- Er is hoog in de gevel van het lokaal 6 strekkende meter vrij waarin openingen zitten of geplaatst kunnen worden. De onderzijde van de openingen zullen minimaal op 2,40 meter hoogte moeten zitten.
- Er zijn radiatoren aanwezig, of er kunnen radiatoren geplaatst worden, onder de openingen. Deze radiatoren zijn in gebruik tijdens lesuren op koude dagen.
- Er wordt les gegeven met gesloten deuren.

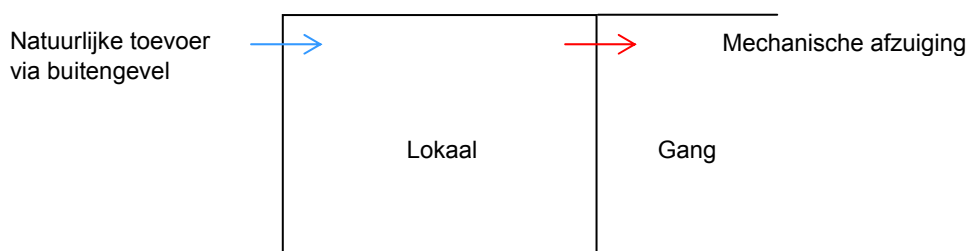
Principe van de verbetering: natuurlijke toevoer met mechanische afvoer

Toevoer van buitenlucht vindt plaats door middel van roosters in de buitengevel. De verse lucht komt gespreid over de volle lengte langs het plafond naar binnen.

De mechanische afzuiging zit in het lokaal, ongeveer tegenover de toevoeropeningen en garandeert de ventilatie bij alle weersomstandigheden.

N.B. Bij echt koud weer kan er bij een dergelijke ventilatie gemakkelijk tocht ontstaan.

Figuur 1: Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in een laag lokaal



De mechanische afzuiging kan per lokaal of voor het hele gebouw worden aangebracht. Uit de afgevoerde lucht kan warmte worden teruggewonnen. In een gebouw zonder mechanische luchttoevoer is die warmte gemakkelijker te benutten bij een centrale afzuiging.

Verbeterde voorzieningen

De natuurlijke toevoer vindt plaats via een enkele rij winddruk gestuurde roosters met een lengte van 6 meter.

Een alternatief is om de luchttoevoer te laten plaatsvinden via een enkele rij roosters met daaronder een spoiler. Een spoiler is een schuine plaat die de luchtstroom onder langs het plafond geleidt. Als de spoiler goed ontworpen is, kan de luchtstroom aan het plafond ‘kleven’: het Coanda-fenomeen. Het ontwerpen hiervan vergt een specifieke expertise. Voorwaarde is een tamelijk grote instroomsnelheid van de lucht en dus een krachtige afzuiging in een luchtdicht lokaal. De roosters mogen dan geen winddruksturing hebben.

Als er hoog boven in de gevel niet genoeg ruimte is voor voldoende toevoer, overweeg dan als aanvullende oplossing natuurlijke toevoer via openingen in de borstwering achter de radiatoren (zie toelichting).

Randvoorwaarden

- Bij verontreinigde buitenlucht zijn andere maatregelen aan te raden (zie toelichting).
- Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters of ramen. Raadpleeg bij twijfel over het geluidsniveau de gemeente en/of de GGD.
- Er zitten geen belemmeringen nabij de invoeropeningen (bijv. balken of zonnenscherm).
- Het lokaal moet tamelijk luchtdicht gebouwd zijn om alleen via de roosters lucht te laten binnenkomen.
- Een mechanische afzuiging kan een probleem veroorzaken bij een ‘open’ CV-ketel of een ander verbrandingstoestel dat lucht uit de binnenruimte gebruikt. Het is riskant als de afzuiging er lucht aanzuigt uit de ruimte waar een dergelijk verwarmingstoestel hangt of staat. Een ‘open’ toestel moet daarom in een ruimte hangen of staan die hermetisch is afgesloten van de rest van het schoolgebouw. De luchttoevoer voor de CV-ketel moet altijd direct van buitenaf plaats vinden.

Toelichting

Toelichting op de voorwaarden aan de bestaande situatie

In dit type lokaal vindt de natuurlijke luchttoevoer tamelijk laag plaats. Een goede spreiding van de instromende lucht is daarom noodzakelijk.

Als de radiatoren warm zijn, zorgen ze voor een omhoog gaande stroom van warme lucht. Die luchtstroom vermengt zich met koud binnenkomende buitenlucht. Dit werkt beter als er aan de bovenzijde van de radiatoren geen belemmeringen zitten, zoals een vensterbank. In een vensterbank die dicht boven de radiatoren zit, kunnen sleuven worden gemaakt.

Als tijdens de les een deur naar de gang openstaat, kan de afzuiging in het lokaal lucht uit die gang aanzuigen. Dat gaat ten koste van de toevoer van buitenlucht.

Toelichting op de verbeterde voorzieningen

Toevoer van verse buitenlucht door middel van een lange rij winddrukgestuurde roosters

De lange rij roosters is noodzakelijk om de benodigde buitenlucht te spreiden bij binnenkomst. Bij een lange smalle opening treedt minder tocht op dan bij een kort brede opening.

De winddruksturing is nodig voor een constante toevoer bij wisselende windsnelheden. Dit vermindert de kans op tocht bij veel wind.

De ventilatievoorzieningen kunnen zowel automatisch als met de hand gestuurd zijn. Als er een handbediening is, zal er op de roosters fijnregeling moeten zitten.

Mogelijke aanvullende openingen in de borstwering

Als er bijvoorbeeld te weinig ruimte is om hoog boven in de gevel voldoende toevoeropeningen te plaatsen, kunnen openingen in de borstwering achter de radiatoren worden aangebracht. Als het echt koud weer is en de radiatoren zijn warm, dan wordt binnenkomende koude buitenlucht opgewarmd. Hierdoor is luchttoevoer mogelijk met weinig tocht. Niet alle systemen die in de handel zijn, hebben genoeg capaciteit om voor de hele benodigde luchttoevoer te zorgen.

Aandachtspunten

Geluid

De mechanische afzuiging mag geen geluidshinder veroorzaken. Daarom moet het geluidsniveau van het systeem in het lokaal lager zijn dan 35 dB(A), ook na verloop van tijd.

Veel bestaande schoolgebouwen hebben een pui die minder geluid tegenhoudt dan wettelijk voorschreven is (Versteeg, 2007). Als het geluidsniveau op de gevel meer dan 50 dB(A) is, kunnen er beter suskasten toegepast worden i.p.v. roosters. Suskasten zijn eventueel te combineren met een spoiler. Raadpleeg de gemeente of GGD bij twijfel over het geluidsniveau op de gevel.

Verontreinigde buitenlucht

De buitenlucht kan extra verontreinigd zijn als het schoolgebouw gelegen is op minder dan:

- 300 meter van een snelweg;
- 50 meter van een provinciale weg;
- direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Bij een slechte buitenluchtkwaliteit heeft mechanische toevoer de voorkeur boven natuurlijke toevoer. Bij mechanische toevoer kan de lucht ingelaten worden op een zo schoon mogelijk punt en daarna gefilterd. Raadpleeg de GGD bij twijfel over de kwaliteit van de buitenlucht.

Capaciteit

In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk, dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal lager blijft dan 1000 ppm. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen. De benodigde hoeveelheid hangt onder andere af van de route van de luchtstroom in het lokaal, van het aantal leerlingen en hun activiteitsniveau. Het mechanische systeem moest dus een capaciteit hebben van ten minste 800 tot 1000 m³ per uur.

In een goed geïsoleerd lokaal op het zuiden, zonder zonwering, is ca. 3600 m³ per uur nodig om overtollige warmte af te voeren bij zonnig weer (Jacobs, 2008). In veel situaties is echter 2000 m³ per uur genoeg voor het afvoeren van warmte. Deze capaciteit moet in te zetten zijn als nachtventilatie.

Regelbaarheid

Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf omdat de omstandigheden in de diverse lokalen te verschillend zijn voor een goede centrale regeling. Dit geldt zowel voor de bestaande voorzieningen als voor de aan te brengen voorzieningen. Er kan worden gekozen voor een geautomatiseerd systeem of een handbediend systeem. Sturing op klok, aanwezigheid en/of CO₂-concentraties zijn mogelijkheden.

Reinigbaarheid & onderhoud

Een vervuilde luchttoevoer verontreinigt de binnenkomende lucht. Zonder reiniging neemt de doorgankelijkheid van roosters snel af, evenals de capaciteit van mechanische afzuiging.

Nieuwe ventilatievoorzieningen moeten schoon gehouden kunnen worden. Let tevoren goed op de bereikbaarheid en de reinigbaarheid van het binnenwerk van roosters en suskasten.

Het schoonmaakcontract dient zo herzien te worden, dat het schoonmaakbedrijf ook de nieuwe onderdelen reinigt. Dit geldt ook voor de bovenkant van een verdeler. Denk aan arbo-eisen voor schoonmakers.

Winddrukgestuurde roosters vergen een specifiek contract voor onderhoud door specialisten.

Ook het mechanische systeem moet jaarlijks onderhouden worden. Daarbij hoort het opnieuw inregelen en het controleren van de geluidsproductie van het systeem. Ga tevoren na wie dit kan doen en wat het kost.

Spuivoorzieningen

Goede ventilatie maakt spuivoorzieningen niet overbodig. Spuien houdt in dat er binnen korte tijd grote luchtvolumes verplaatst kunnen worden. Dat is nuttig bij klusjes die lucht verontreinigen, bijvoorbeeld tijdens de schoonmaak. Ook zijn spuivoorzieningen bruikbaar om het lokaal door te laten waaien wanneer het binnen te warm is en buiten niet. Spuien is meestal niet handig tijdens de les. Het is beter hoge binnentemperaturen te voorkomen.

Andere factoren

Dit informatieblad focust op ventilatievoorzieningen. Allerlei andere factoren zijn ook van belang voor een goed binnenmilieu, onder andere thermisch comfort, akoestiek, licht en hygiëne.

Nader advies

Om niet effectieve oplossingen te vermijden is het raadzaam om voorafgaand aan ingrijpende maatregelen voor het verbeteren van het binnenmilieu contact op te nemen met de GGD en een bouwfysisch adviseur.

4.5 Informatieblad E – Balansventilatie

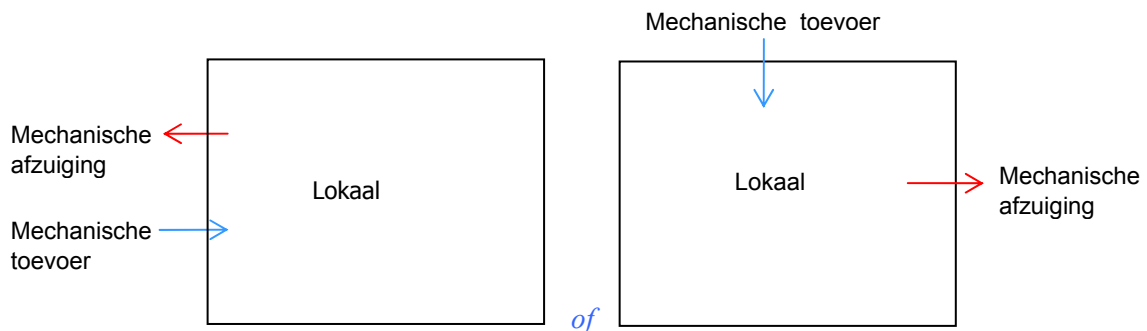
Suggestie voor de lokalen:

Uit de ééndagsmethode is gebleken dat de ventilatievoorzieningen niet toereikend zijn voor een optimale ventilatie. Dit informatieblad geeft aan welke verbeteringen te overwegen zijn. Laat eerst een bouwfysisch adviseur de situatie opnemen en doorrekenen.

Principe systeem: Balansventilatie

Buitenlucht wordt mechanische in het lokaal toegevoerd. De verse lucht mengt zich met de aanwezige lucht in het lokaal waarna de gemengde lucht wordt afgezogen via een mechanisch afzuigpunt. De mechanische afzuiging vindt plaats per lokaal, met afvoer meestal via een centraal systeem.

Figuur 1: Balansventilatie, decentraal of centraal



Verbeterde voorzieningen

Variant 1: Decentraal systeem met warmteterugwinning (WTW) en bypass.

Variant 2: Centraal systeem met WTW en bypass.

Het invoeren van de lucht in een lokaal kan plaats vinden door middel van speciale roosters of textiele luchtverdeelslangen.

Randvoorwaarden

- Er is voldoende opstelruimte voor de benodigde installaties (te beoordelen door installateur of leverancier, verschilt per systeem).
- De vrije hoogte in het lokaal is na het aanbrengen van de installaties overal ten minste 2,60 meter.
- Het aantal invoerpunten en situering ervan maken de kans op tocht zo klein mogelijk.
- De inlaatopening buiten is minimaal 5 meter verwijderd van alle afvoeren buiten. Als de inlaat te dicht bij een afvoer staat, kan er verontreinigde afvoerlucht in het lokaal toegevoerd worden.
- Bij toevoer via het dak zit de inlaatopening niet vlak boven het dak. Anders kan de toevoerlucht teveel opwarmen door opwarming van het dak wanneer de zon fel schijnt.
- Een mechanische afvoer in een pand met een 'open' CV-ketel moet geen lucht kunnen aanzuigen uit de opstelruimte van die ketel.

- Het is raadzaam om te kiezen voor een ventilator met overcapaciteit. Dit heeft een positief effect op de geluidsproductie. Tijdens lessen hoeft de ventilator niet op volle capaciteit te draaien. Bovendien kan de extra capaciteit gebruikt worden voor zomernachtventilatie om het gebouw af te koelen.
- Het hele toevoersysteem kan regelmatig gereinigd worden, zowel wat betreft techniek als financiën.

Toelichting

Toelichting op de verbeterde voorzieningen

Een goede mechanisch systeem garandeert voldoende ventilatie bij alle weersomstandigheden.

Variant 1: Decentraal systeem

Een decentraal systeem is een systeem dat per lokaal lucht toe- en afvoert via gevel, dak of gang. Een lokaal bevat één of meer units. Iedere unit zorgt voor zowel de toevoer als de afvoer. De meeste decentrale units worden binnen gemonteerd. Een plek op het dak of in de gang is ook mogelijk. Decentrale installaties zijn goed per ruimte te bedienen en aan te passen aan veranderlijke omstandigheden.

Variant 2: Centraal systeem

Een centraal systeem heeft één unit voor het schoolgebouw of een deel ervan. Deze luchtbehandelingskast staat meestal op het dak. Vandaar af gaat de lucht naar alle lokalen en terug via gescheiden kanalen. Een centraal systeem is meestal ook centraal gestuurd en minder goed of niet regelbaar per lokaal.

WTW

Mechanische luchttoevoer maakt voorverwarming van toevoerlucht mogelijk. De combinatie van mechanische toe- en afvoer maakt warmteterugwinning (WTW) mogelijk. De warmte uit de afgezogen lucht wordt gebruikt om de toevoerlucht op te warmen. Voor de WTW is het gunstig om de toevoer en de afvoer via een zelfde plek te laten lopen, centraal of decentraal. Er zijn verschillende technieken om warmte terug te winnen. Een mogelijkheid is een platenwarmtewisselaar of een twee-elementen systeem. Een warmtewiel wordt vaak toegepast maar kan in principe een negatieve invloed hebben op de kwaliteit van de toegevoerde lucht.

Bypass

Een WTW moet een bypass hebben om met ventileren overtollige warmte af te kunnen voeren. De bypass zorgt ervoor dat de toegevoerde buitenlucht niet wordt voorverwarmd voordat hij wordt ingeblazen in de binnenruimte. Een bypass is nuttig in tijden dat het binnen te warm is en buiten minder warm.

Invoervoorzieningen

Roosters onder het plafond of in een verlaagd plafond zijn de standaardoplossing voor het mechanisch invoeren van lucht. De buitenlucht wordt via een kanalenstelsel aan de roosters toegevoerd. Aan de overzijde van het lokaal zit een mechanisch afzuigpunt.

De laatste jaren wordt ook gebruikt gemaakt van textiele slangen met kleine perforaties. De cilindervormige slangen worden veelal aan het plafond bevestigd. De luchtstroom wordt in slangen ingeblazen en gelijkmatig verdeeld over het lokaal. Vervuiling van de lichtgekleurde slangen is goed zichtbaar en ze zijn gemakkelijk wasbaar in een industriële machine.

Aandachtspunten

Reinigbaarheid & onderhoud

Zonder reiniging en onderhoud neemt de effectiviteit van mechanische systemen snel af. Een vervuild luchttoevoersysteem is bovendien onhygiënisch. Nieuwe ventilatievoorzieningen moeten schoon gehouden kunnen worden. Let tevoren goed op de bereikbaarheid en de reinigbaarheid van het binnenwerk van ventilatorboxen en kanalen. Regelmatig reinigen betekent aan de toevoerkant tenminste eens per jaar, terwijl tussendoor de toevoerfilters verversst moeten worden wanneer ze zichtbaar vies zijn. Dit is bijvoorbeeld iedere maand. Ook het opnieuw inregelen en het controleren van de geluidsproductie van het systeem valt onder onderhoud. Ga tevoren na wie dit kan doen en wat het kost. Vraag vooraf aan de installateur een offerte voor een langlopend onderhoudscontract.

Capaciteit

In de ééndagsmethode worden de gezondheidkundige toetswaarden voor ventilatie van het voormalige Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM, 2006) gehanteerd. Om daarbij aan te sluiten is het wenselijk, dat de CO₂-concentratie in een klaslokaal lager blijft dan 1000 ppm. Dit betekent dat er per uur 800 tot 1000 m³ buitenlucht het lokaal in moet komen. De benodigde hoeveelheid hangt onder andere af van de route van de luchtstroom in het lokaal, van het aantal leerlingen en hun activiteitsniveau. De capaciteit van de mechanische ventilator zal dus tenminste voldoende moeten zijn om 800 tot 1000 m³ per uur toe te voeren.

In een goed geïsoleerd lokaal op het zuiden, zonder zonwering, is ca. 3600 m³ per uur nodig om overtollige warmte af te voeren bij zonnig weer (Jacobs, 2008). In veel situaties is echter 2000 m³ per uur genoeg voor het afvoeren van warmte. Deze capaciteit moet in te zetten zijn als nachtventilatie.

Geluid

Het mechanisch systeem mag geen geluidshinder veroorzaken. Bij de uitvoering van de mechanische toevoer moet er gelet worden op de geluidsproductie. Aandachtspunten hierbij zijn aansluitingen en bevestigingen. Het geluidsniveau van het systeem in het lokaal moet niet boven de 35 dB(A) uitkomen, ook niet na verloop van tijd.

Regelbaarheid

Aan te bevelen is dat de ventilatievoorzieningen goed regelbaar zijn in het lokaal zelf omdat de omstandigheden in de diverse lokalen te verschillend zijn voor een goede centrale regeling. Dit geldt zowel voor de bestaande voorzieningen als voor de aan te brengen voorzieningen. Er kan worden gekozen voor een geautomatiseerd systeem of een handbediend systeem. Sturing op klok, aanwezigheid en/of CO₂-concentraties zijn mogelijkheden.

Spuivoorzieningen

Goede ventilatie maakt spuivoorzieningen niet overbodig. Spuien houdt in dat er binnen korte tijd grote luchtvolumes verplaatst kunnen worden. Dat is nuttig bij klusjes die lucht verontreinigen, bijvoorbeeld tijdens de schoonmaak. Ook zijn spuivoorzieningen bruikbaar om het lokaal door te laten waaien wanneer het binnen te warm is en buiten niet. Spuien is meestal niet handig tijdens de les. Het is beter hoge binnentemperaturen te voorkomen.

Verontreinigde buitenlucht

De buitenlucht kan extra verontreinigd zijn als het schoolgebouw gelegen is op minder dan:

- 300 meter van een snelweg;
- 50 meter van een provinciale weg;

- direct aan een weg met meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Bij een slechte buitenluchtkwaliteit heeft mechanische toevoer de voorkeur boven natuurlijke toevoer. Bij mechanische toevoer kan de lucht ingelaten worden op een zo schoon mogelijk punt en daarna gefilterd. Raadpleeg de GGD bij twijfel over de kwaliteit van de buitenlucht.

Andere factoren

Dit informatieblad focust op ventilatievoorzieningen. Allerlei andere factoren zijn ook van belang voor een goed binnenmilieu, onder andere thermisch comfort, akoestiek, licht en hygiëne.

Nader advies

Om niet effectieve oplossingen te vermijden is het raadzaam om voorafgaand aan ingrijpende maatregelen voor het verbeteren van het binnenmilieu contact op te nemen met de GGD en een bouwfysisch adviseur.

Dankwoord

Tijdens de ontwikkeling van dit instrument is er overlegd met deskundigen, gebruikers (GGD'en) en de doelgroep (scholen). De geraadpleegde deskundigen en gebruikers zijn:

Mw. M. van Ass	Hulpverlening Gelderland Midden
Mw. F. van Dijken	BBA Binnenmilieu
Dhr. J. van Ginkel	GGD IJsselland
Dhr. P. Jacobs	TNO Bouw en Ondergrond
Dhr. B. Knoll	TNO Bouw en Ondergrond
Dhr. B. Meijering	SenterNovem
Dhr. R. van Schie	DSO, Gemeente Den Haag
Mw. M. Scholtes	Bureau GMV, GGD'en Brabant & Zeeland
Mw. F. Teeling	Vereniging Leveranciers van Luchttechnische Apparaten
Dhr. H. Versteeg	Lichtveld Buis & Partners

Wij hebben dankbaar gebruik gemaakt van hun inbreng.

Literatuur

Bakó-Biró Z, Kochhar N, Clements-Croome DJ, Awbi HB and Williams M. Ventilation rates in schools and pupil's performance using computerised assessment tests. In *Indoor Air 2008: Proceedings of the 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Eds.: Strøm-Tejsen, P, Olesen, BW, Wargocki, P, Zukowska, D, Toftum, J. *Indoor Air 2008*, Copenhagen, Denmark, 2008, paper ID: 880. ISBN 9788778772701.

Duijm F, Hady M, van Ginkel J, ten Bolscher GH. *Gezondheid en ventilatie in woningen in Vathorst; onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsklachten, binnenmilieukwaliteit en woningkenmerken*. GGD Eemland. Amersfoort, 2007.

Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air*. 2003; 13(1):53-64.

ISSO. *ISSO-Publicatie 89: Binnenklimaat scholen*. ISSO, Rotterdam. 2008. ISBN: 9789050441513.

Jacobs P, van Oeffelen ECM and Knoll B. Diffuse ceiling ventilation, a new concept for healthy and productive classrooms. In *Indoor Air 2008: Proceedings of the 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Eds.: Strøm-Tejsen, P, Olesen, BW, Wargocki, P, Zukowska, D, Toftum, J. *Indoor Air 2008*, Copenhagen, Denmark, 2008, paper ID: 3. ISBN 9788778772701.

Mendell MJ en Heath GA. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*. 2005; 15(1):27-52.

LCM. *Gezondheidskundige toetswaarden voor ventilatie in scholen en kinderdagverblijven*. Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM). Rotterdam, 2006.

Versteeg H. *Onderzoek naar de kwaliteit van het binnenmilieu in basisscholen*. Lichtveld Buis & Partners. Nieuwegein, 2007. LBP-rapport: R043156aaA4.hv.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl