

## Beter slapen: impact luchtkwaliteit en ventilatie op de slaapkwaliteit

**Citation for published version (APA):**

Boerstra, A. C., & te Kulve, M. (2019). Beter slapen: impact luchtkwaliteit en ventilatie op de slaapkwaliteit. *TVVL Magazine*, 49-53.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/2019

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

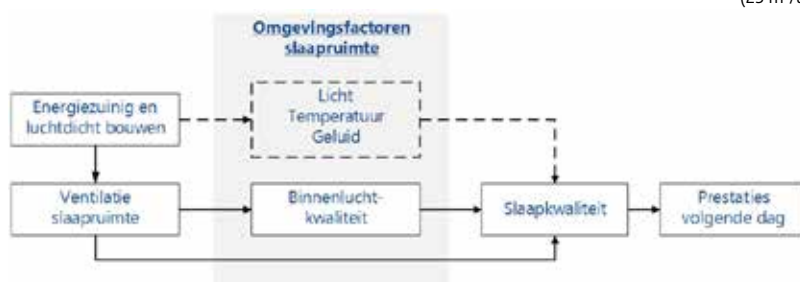
Auteur dr. ir. Atze Boerstra, dr. ir. Marije te Kulve, bba binnenmilieu

# Beter slapen: impact luchtkwaliteit en ventilatie op de slaapkwaliteit

*Onderzoek in woningen laat zien dat de hoeveelheid verse luchttoevoer in slaapkamers vaak onvoldoende is. Door de relatief lange blootstellingsduur is een goede luchtkwaliteit in de slaapruijnte (ook in bijvoorbeeld hotels en de gezondheidszorg) extra belangrijk. In het algemeen kan onvoldoende ventilatie leiden tot gezondheidsklachten. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat luchtkwaliteit en de ventilatiehoeveelheid van invloed zijn op slaapkwaliteit. Hoe zit dit nu precies? En is het inderdaad zo dat de nachtrust positief te beïnvloeden is door meer te ventileren? We gaan in dit artikel op basis van bestaande studies in op de relatie tussen luchtkwaliteit, ventilatie en slaapkwaliteit en geven we aanbevelingen voor slaapkamerventilatie-eisen.*

De energietransitie zorgt ervoor dat we gebouwen anders moeten gaan klimatiseren. Dit betekent dat er in slaapruijnten van woningen en van utiliteitsgebouwen, steeds vaker geavanceerde ventilatiesystemen toegepast worden. Deze systemen bieden de mogelijkheid om voldoende verse luchttoevoer in de slaapruijnte te garanderen. In de praktijk blijkt echter dat ook in moderne woningen met mechanische ventilatiesystemen de luchtverversing in de slaapkamer vaak onvoldoende is. Keuzes

**Figuur 1:** Schematische weergave van de aspecten die aan de orde komen in de literatuurstudie die in dit artikel samengevat is. Uit literatuur is bekend dat licht, temperatuur en geluid ook van invloed zijn op de slaapkwaliteit (zie [1] voor een overzicht). Deze aspecten zijn bij het literatuuronderzoek echter buiten beschouwing gelaten.



die door ontwerpteams gemaakt worden die de luchtkwaliteit beïnvloeden zijn zeer belangrijk in de gerealiseerde luchtkwaliteit; denk bijvoorbeeld aan de keuze voor het toepassen van luchtfiltering, het kiezen voor emissiearme afwerkingsmaterialen en een gebruiksvriendelijke regeling. Maar wat zijn nu goede voorschriften voor slaapruijnten?

In een literatuurstudie hebben we onderzocht wat er al bekend is over het effect van ventilatie en luchtkwaliteit in slaapruijnten op slaapkwaliteit (zie schema in Figuur 1). Gecombineerd met het effect van de binnenluchtkwaliteit op gezondheid, zijn deze inzichten gebruikt om ideaal-eisen voor slaapruijnten te formuleren.

## Huidige eisen en praktijk

Aangezien we een groot deel van onze tijd doorbrengen in de slaapruijnte, is voldoende ventilatie en een goede luchtkwaliteit in deze ruimte van invloed op de gezondheid. In het Bouwbesluit zijn voorschriften opgesteld voor ventilatie in verblijfsruimten van woningen en voor slaapruijnten in utiliteitsbouw in nieuwbouwprojecten (zie Tabel 1).

Gebruiksfunctie	Minimum per persoon		Minimum per m <sup>2</sup>	
	l/s	m <sup>3</sup> /uur	l/s	m <sup>3</sup> /uur
Wonen (slaapkamer)*	-	-	0,9	3,24
Kinderopvang (slaapruijnte)	6,5	23,4	-	-
Celfunctie (cel)	12	43,2	-	-
Gezondheidszorg (beddenkamer)	12	43,2	-	-
Logies (bv. hotelkamer)	12	43,2	-	-

\* Uitgaande van de verblijfsgebied-eis. Eis per m<sup>2</sup> met een minimum van 7 l/s (25 m<sup>3</sup>/uur) per slaapkamer.

**Tabel 1:** Nederlandse eisen met betrekking tot luchtverversing bij nieuwbouwprojecten (Bouwbesluit, 2012). In deze tabel zijn de eisen opgenomen die van toepassing zijn op slaapruijnten, niet alle eisen zijn specifiek voor de slaapruijnte gedefinieerd.

In afwijking hierop gelden voor bestaande bouw de volgende minimum eisen:

- Woonfunctie: minimaal 0,7 l/s/m<sup>2</sup> (met een minimum van 7 l/s per ruimte),
- Kinderopvang: minimum van 3,44 l/s (12,4 m<sup>3</sup>/uur) per persoon
- Celfunctie: minimum 6,4 l/s (23,0 m<sup>3</sup>/uur) per persoon
- Gezondheidszorg: minimum van 3,44 l/s (12,4 m<sup>3</sup>/uur) per persoon
- Logiesfunctie: minimum 6,4 l/s (23,0 m<sup>3</sup>/uur) per persoon

In de rapportage vergelijken we de gewenste eisen met de voorschriften voor nieuwbouwprojecten.

#### Ventilatievoorschriften bouwbesluit

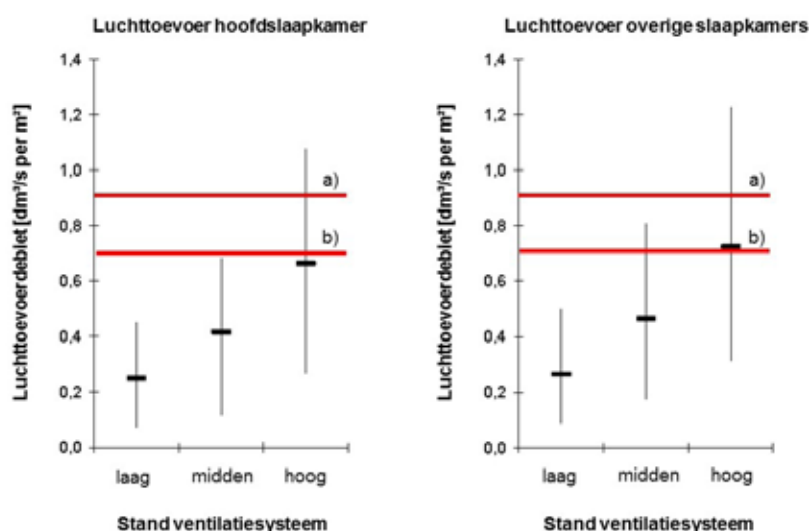
Voor nieuwbouwprojecten geldt dat alle verblijfsruimten met een woonfunctie een minimum capaciteit van de ventilatievoorzieningen hebben afhankelijk van het oppervlak van de ruimte met een minimum van 7 l/s. Voorschriften voor de ventilatiecapaciteit in slaapruidten in utiliteitsbouw zijn gebaseerd op het aantal gebruikers.

Het Bouwbesluit stelt geen voorschriften ten aanzien van de maximum concentraties van diverse stoffen (bv maximale CO<sub>2</sub>-concentratie, fijnstof- (binnen/buiten ratio) dan wel TVOC-concentratie) in de ademzone tijdens het slapen, of aan risicofactoren voor een goede luchtkwaliteit. Daarbij is de daadwerkelijke blootstelling in de praktijk sterk afhankelijk van het gebruik en onderhoud van de ventilatievoorzieningen. Ook hierover is niks opgenomen in het Bouwbesluit.

#### Slaapkamerventilatie in de praktijk

De daadwerkelijke hoeveelheid verse luchttoevoer die in slaapkamers behaald wordt, is in veel gevallen lager dan de Bouwbesluit voorschriften voor nieuwbouw. Uit het Monicair onderzoek in 62 woningen blijkt dat de verse luchttoevoer

in slaapkamers 's winters vaak onder de maat is. Dit geldt volgens het Monicair onderzoek met name in de natuurlijk geventileerde woningen [2]. Maar ook de volgens het Bouwbesluit benodigde capaciteit (nieuwbouw en bestaande bouw) van een mechanisch ventilatiesysteem in de slaapkamer van woningen wordt in veel gevallen niet of nauwelijks gehaald wanneer het systeem in de hoogste stand staat (zie Figuur 2; veldonderzoek bba en RIVM in 299 woningen) [3]. Uit een ander veldonderzoek in 500 Nederlandse woningen (OTB) blijkt dat ventilatiesystemen vaak onvoldoende onderhouden worden met als gevolg dat er na verloop van tijd sprake is van een ventilatiecapaciteit (in de hoogste stand) die 30 tot 50% lager is dan debieten direct na oplevering en (her)inregeling [4]. Daar komt bij dat men met name 's nachts het ventilatiesysteem vaak in laagste heeft staan [2]. Aangezien de voorschriften van het Bouwbesluit voor slaapruidten in woningen vaak niet behaald worden, zijn er zeker bij een bezetting van 2 personen, hoge CO<sub>2</sub>-concentraties in de slaapkamer te verwachten.

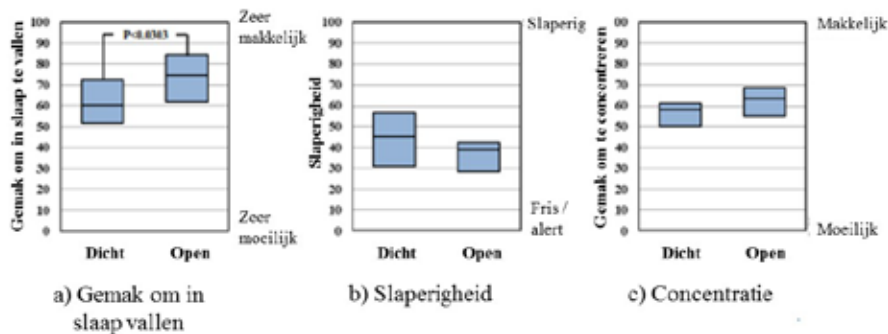


**Figuur 2:** Gemeten ventilatiehoeveelheden in de hoofdslaapkamer (links) en in de overige slaapkamers (rechts) bij drie verschillende ventilatiestanden. In het rood zijn de eisen zoals opgenomen in het Bouwbesluit weergegeven: a) (bovenste lijn) eis voor verblijfsgebied 0,9 l/s per m<sup>2</sup> en b) (onderste lijn) eis voor verblijfsruimte 0,7 l/s per m<sup>2</sup> (bron: onderzoek bba RIVM [3])

#### Ventilatie en slaapkwaliteit

Onvoldoende ventilatie kan een negatief effect hebben op de gezondheid. Hogere ventilatie debieten zijn geassocieerd met een lagere prevalentie van gebouwgerelateerde gezondheidsklachten, minder klachten aan de luchtwegen en verminderde symptomen van astma [5]. Onderzoek in woningen voorzien van balansventilatie laat zien dat hogere ventilatiedebieten geassocieerd zijn met minder specifieke gezondheidsklachten [6]. Zeker bij kinderen is ventilatie en luchtkwaliteit in woningen erg belangrijk: meerdere studies tonen aan dat er een positief verband is tussen allergische klachten

**Figuur 3:** Effect van het raam dicht (links) of het raam open (rechts) op a) het gemak om in slaap te vallen, b) slaperigheid de volgende dag en c) concentratie de volgende dag (figuur aangepast van Strøm-Tejsten et al, 2014).



bij kinderen en onvoldoende ventilatie in de woning [7-9]. Daarnaast zijn er aanwijzingen uit diverse onderzoeken dat specifiek de ventilatie in de slaapruiimte van invloed is op de slaapkwaliteit [10].

Zo liet onderzoek in Belgische studentenkamers zien dat bewoners makkelijker in slaap vielen, makkelijker wakker werden en zich meer uitgerust voelden wanneer ze sliepen met het raam open in plaats van met het raam gesloten, dus bij relatief meer verse luchttoevoer [11]. Uit ander onderzoek blijkt dat zowel het verlagen van de CO<sub>2</sub>-concentratie door middel van natuurlijke ventilatie (660 ppm in vergelijking met 2585 ppm) als door middel van mechanische ventilatie (835 ppm in vergelijking met 2395 ppm) leidt tot een duidelijke verbetering van de nachtrust [12]. Deze studie toonde ook aan dat een verminderde slaapkwaliteit door onvoldoende ventilatie effect heeft op de prestaties de volgende dag; men voelde zich slaperiger en kon zich moeilijker concentreren (zie Figuur 3).

Nederlands onderzoek bevestigt deze conclusies. Recent onderzoek van de TU Eindhoven bij 17 Nederlandse jongvolwassenen laat zien dat een hogere CO<sub>2</sub>-concentratie in de slaapruiimte correleert met verminderde slaapdiepte en vaker wakker worden gedurende de nacht [13]. De eerdergenoemde veldstudie (bba & RIVM) in 299 Nederlandse woningen gaf daarnaast indicaties dat een hoger ventilatievoud geassocieerd is met een betere overall slaapkwaliteit [14].

Slaapkwaliteit draagt bij aan het functioneren en het tegengaan van slaperigheid de volgende dag [12] en heeft een positief effect op het humeur [15]. Bij kinderen en adolescenten heeft een goede slaapkwaliteit en slaapduur een positief effect op de leerprestaties op school [16]. Zowel vanuit het oogpunt van gezondheid als van slaapkwaliteit is voldoende ventilatie dus van belang. Vandaar dat aan de Technische Universiteit Eindhoven, o.l.v. prof. dr. Helianthe Kort en dr. ir. Marcel Loomans gewerkt wordt aan vervolgonderzoek om meer inzicht te krijgen in verschillende doelgroepen en de effecten van natuurlijk en mechanisch ventileren.

### Luchtkwaliteit en slaapkwaliteit

In zijn algemeenheid is bekend dat de luchtkwaliteit effect heeft op de

gezondheid. Met name ouderen, zwangere vrouwen, kinderen en mensen met een geschiedenis van longziekten zijn gevoelig voor de negatieve effecten van verontreinigingen in de lucht [17]. Daarnaast draagt blootstelling aan bijvoorbeeld chemische agentia en fijnstof bij aan gebouwgerelateerde gezondheidsklachten [18]. Doordat we relatief veel tijd door brengen in de slaapruiimte, draagt de luchtkwaliteit in deze ruimte bij aan algemene gezondheidseffecten.

Er zijn slechts weinig studies uitgevoerd waarbij gekeken is naar het effect van specifieke verontreinigingen in de lucht op slaapkwaliteit. Een Chinese studie vond een negatief verband tussen de blootstelling aan rook door koken en slaapkwaliteit [19]. Verder is in Egypte het effect van verhoogde concentraties fijnstof op de slaapkwaliteit bij kinderen onderzocht. In de vergelijking tussen een gebied met relatief hoge fijnstofconcentraties (PM10) en een gebied met lagere fijnstofconcentraties, hadden kinderen met verhoogde blootstelling vaker problemen met het in slaap vallen, ook werden deze kinderen 's nachts vaker tussentijds wakker [20]. Beide onderzoeken impliceren dat verhoogde blootstelling aan fijnstof effect kan hebben op de slaapkwaliteit en dat het dus van belang is fijnstof uit de slaapruiimte te weren.

Ook zijn er in de literatuur aanwijzingen gevonden dat schimmel en geuren een rol spelen in de kwaliteit van slapen. Bewijs van het effect van specifieke verontreinigingen in de lucht op slaapkwaliteit is echter nog onvoldoende om er vanuit dit oogpunt advieswaarden aan te verbinden.

### Voorstel prestatie-eisen

Uit het literatuuroverzicht blijkt dat goede ventilatie en luchtkwaliteit in slaapruiimten belangrijk zijn voor de gezondheid en er zijn aanwijzingen gevonden dat

voldoende ventilatie en een goede luchtkwaliteit een positief effect hebben op de slaapkwaliteit. Ideaal-eisen voor slaapruiden moeten zich richten op het, tijdens aanwezigheid in de slaapruid, behalen van een goede luchtkwaliteit in de ademzone. Aan de hand van de bevindingen is een voorstel gemaakt ten aanzien van in 'klasse A' en 'klasse B' slaapruiden te hanteren prestatie-eisen: zie Tabel 2.

De uitkomsten van de onderzoeken beschreven in dit literatuuroverzicht bieden nog niet voldoende informatie om vanuit het oogpunt van slaapkwaliteit harde prestatie-eisen op te stellen voor de luchtkwaliteit, dit kan wel worden gedaan vanuit het oogpunt van gezondheid.

De hoeveelheid verse luchttoevoer die nodig is per persoon om de CO<sub>2</sub>-concentratie voldoende laag te houden is weergegeven in Tabel 3. Voor klasse A is er bij 1 persoon een verse luchttoevoer nodig van 10 l/s, bij aanwezigheid van 2 personen 20 l/s.

### Maatregelen

Figuur 4 illustreert de maatregelen die genomen kunnen worden om gezonde binnenlucht in de slaapruid (de ademzone van slapers) te realiseren. De maatregelen worden hieronder kort toegelicht, een uitgebreide toelichting is te vinden in de rapportage "Slaapruidventilatie & slaapkwaliteit, een literatuurstudie" (TVVL, 2019) [25].

	Advieswaarde klasse A	Advieswaarde klasse B	Opmerking
CO <sub>2</sub> -concentratie	C <sub>bu</sub> + 400 ppm	C <sub>bu</sub> + 550 ppm	Indien de buitenconcentratie onbekend is dan hiervoor 400 ppm aannemen; de absolute eis komt dan dus op max. 800 ppm respectievelijk 950 ppm
Fijnstof PM10	< 20 µg/m <sup>3</sup>	< 30 µg/m <sup>3</sup>	Bron: RIVM [21] *
Fijnstof PM2.5	< 10 µg/m <sup>3</sup>	< 15 µg/m <sup>3</sup>	Bron: RIVM [21] *
TVOC's	< 200 µg/m <sup>3</sup>	< 300 µg/m <sup>3</sup>	Bron: Gezondheidsraad [22] *
Stikstofdioxide NO <sub>2</sub>	< 40 µg/m <sup>3</sup>	< 60 µg/m <sup>3</sup>	Bron: Europese richtlijn [23] *

C<sub>bu</sub>: de momentane CO<sub>2</sub>-concentratie buiten

**Tabel 2:** Voorstel Prestatie-eisen voor de luchtkwaliteit in de ademzone bij slapen (klasse A en klasse B ruimten).

De in Figuur 4 beschreven basiskennmerken laten zien dat de hoeveelheid verse luchttoevoer afhankelijk is van aantal gebruikers en dat (interne) verontreinigingsbronnen geminimaliseerd dienen te worden. Bovendien is het van belang dat het voor de gebruikers eenvoudig is het systeem te bedienen om een gezond binnenklimaat te

		Luchttoevoer per persoon	Verwachte steady-state CO <sub>2</sub> -concentratie*
		l/s (m <sup>3</sup> /uur)	ppm
Klasse A	Zeer goed	10 (36)	800
Klasse B	Goed	7 (25)	950

\* Uitgaande van een buitenconcentratie van 400 ppm en een CO<sub>2</sub>-productie van 13,6 l/uur voor een slapend, volwassen persoon [24]. Voor kinderen geldt een lagere CO<sub>2</sub>-productie, wel wordt dezelfde hoeveelheid verse luchttoevoer aangehouden aangezien een goede luchtkwaliteit voor deze doelgroep extra belangrijk is.

**Tabel 3:** Benodigde luchttoevoer per persoon en verwachte maximale steady-state CO<sub>2</sub>-concentratie.

realiseren. CO<sub>2</sub>- dan wel aanwezigheids-sturing kan gebruikt worden om de hoeveelheid verse luchttoevoer automatisch af te stemmen op het aantal gebruikers, maar ook hierbij blijft altijd een handmatige bediening met een duidelijke regelknop nodig om het systeem te kunnen overrulen. Voor slaapruiden in de utiliteitbouw geldt dat er speciale aandacht nodig is voor eenvoudige bediening en interface van het ventilatiesysteem.

Verder is doorspoeling van de slaapruid een aandachtspunt. Natuurlijke toevoer met mechanische afzuigpunten direct in de slaapruiden dan wel balansventilatiesystemen bieden goede kansen om de voldoende doorspoeling te garanderen. Zeker als is voorzien in vraggestuurde regelingen die garanderen dat er altijd minimaal 7 l/s aan verse lucht toegevoerd wordt in een 1-persoonsslaapkamer en 14 l/s in een 2-persoonsslaapkamer.

Verder is van belang dat de lucht zo wordt ingebracht dat er geen verontreinigingen toegevoerd worden via het toevoerelement en de eventuele luchtkanalen. Dit betekent dat het toevoertraject goed bereikbaar moet zijn voor controle, onderhoud en schoonmaak. Ook dient er rekening gehouden te worden met thermisch comfort en het tegen gaan van tochtklachten. Ten slotte moet ervoor gezorgd worden dat geluidsoverlast in de slaapruid ten gevolge van mechanische toevoer dan wel mechanische afvoer voorkomen wordt (<30 dB(A)). Bewoners/gebruikers spelen zelf een rol om interne verontreinigen te beperken door het gebruik van emissiearme materialen en voldoende reiniging.

### Conclusie

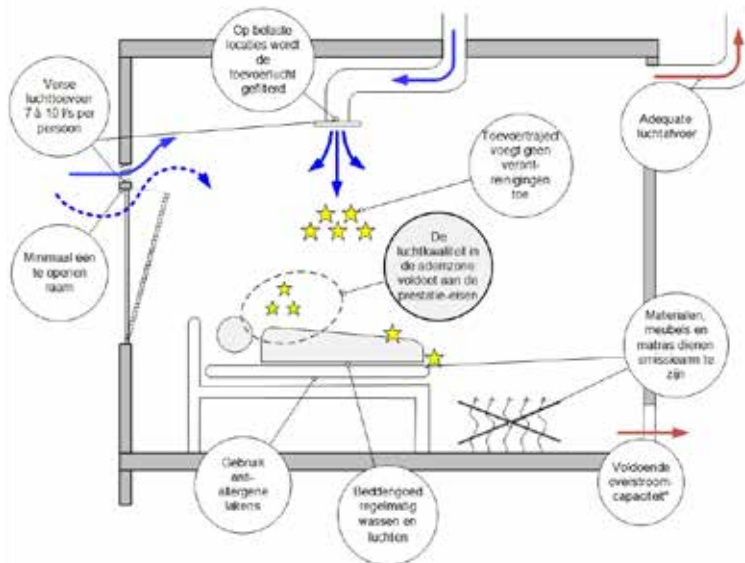
Uit het literatuuronderzoek blijkt dat een goede luchtkwaliteit in de slaapkamer in het algemeen positieve effecten heeft op de gezondheid en kan bijdragen aan een goede slaapkwaliteit.

De huidige Bouwbesluit voorschriften voor de hoeveelheid ventilatie in slaapruijnte blijken nog onvoldoende om in de praktijk een goede luchtkwaliteit te realiseren. Met name in (kleinere) slaapkamers van woningen waar met twee personen geslapen wordt, zijn de voorschriften uit het Bouwbesluit ontoereikend. De voorschriften voor de capaciteit van de ventilatievoorzieningen in slaapruijnten van utiliteitsgebouwen (nieuwbouwprojecten) zijn meer in lijn met wat vanuit gezondheidsoogpunt wenselijk is en afhankelijk van het aantal personen. De in de praktijk behaalde hoeveelheid verse luchttoevoer blijkt echter sterk afhankelijk van het goed functioneren van de aanwezige ventilatievoorzieningen. Goede prestatie-eisen voor slaapruijnten zijn daarom van belang om een gezonde luchtkwaliteit te garanderen. Aan de hand van de literatuur is een voorstel met prestatie-eisen opgezet voor klasse A en klasse B slaapruijnten; hierbij geldt voor klasse A een benodigde verse luchttoevoer van 10 l/s per persoon om een steady-state CO<sub>2</sub>-concentratie < 800 ppm te realiseren.

Voor een klasse B slaapruijnte geldt een verse luchttoevoer van 7 l/s per persoon om een steady-state CO<sub>2</sub>-concentratie < 950 ppm te realiseren. Verder dient onder andere rekening te worden gehouden met gebruiksvriendelijkheid, het minimaliseren van installatiegeluid en het voorkomen van verontreinigingen in de toevoerlucht. Om een goede nachtrust te faciliteren wordt bij het ontwerp van gebouwen met slaapruijnten dan ook aanbevolen om

\*Alleen van toepassing in een ruimte zonder mechanische afvoer.

**Figuur 4:** Basiskenmerken slaapruijnte ten behoeve van een goede luchtkwaliteit in de ademzone.



extra aandacht te besteden aan de ventilatie-eisen om ook tijdens het slapen een gezonde binnenlucht te waarborgen.

### Dankwoord

Graag willen we dr. ir. Marcel Loomans (TU/e) bedanken voor zijn feedback op de conceptvorm literatuurstudie die de basis vormt voor dit artikel. Het literatuuronderzoek naar de effecten van ventilatie in de slaapruijnte en het effect op slaapkwaliteit is uitgevoerd in opdracht van en gedefinieerd door TVVL impuls. Het volledige rapport is beschikbaar via de TVVL kennisbank.

### Referenties

1. Urlaub, S., Grün, G., Foldbjerg, P., & Sedlbauer, K. (2015). The influence of the indoor environment on sleep quality. *Healthy Buildings Europe 2015*, 18-20 May 2015: Eindhoven, The Netherlands
2. van Holsteijn, R. & Li, W., 2014. Resultaten van een monitoring onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit- en energieprestaties van ventilatiesystemen in de woningbouw, Delft: MONitoring & Control of Air quality in Individual Rooms.
3. Balvers, J., Bogers, R., Jongeneel, R., van Kamp, I., Boerstra, A., & van Dijken, F. (2012). Mechanical ventilation in recently built Dutch homes: technical shortcomings, possibilities for improvement, perceived indoor environment and health effects. *Architectural Science Review*, 55, 4-14.
4. Hasselaar. (2008). Why this crisis in residential ventilation? *Proceedings Indoor Air August 2008*. Copenhagen, Denmark: Proceedings of the 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 1-8.
5. Sundell, J., Levin, H., Nazaroff, W., Cain, W., & Weschler, C. (2011). Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature. *Indoor Air*, 21, 191-204.
6. Jongeneel, W., Bogers, R., & van Kamp, I. (2011). Kwaliteit van mechanische ventilatie-systemen in nieuwbouw eengezins-woningen en bewonersklachten. RIVM.
7. Bornehag, C., Sundell, J., Hagerhed-Engman, L., & Sigsgaard, T. (2005). Association between ventilation rates in 390 Swedish homes and. *Indoor Air*, 15, 275-280.
8. Hagerhed-Engman, L., Sigsgaard, T., Samuelson, I., Sundell, J., Janson, S., & Bornehag, G.-G. (2009). Low home ventilation rate in combination with moldy odor from the building structure increase the risk for allergic symptoms in children. *Indoor Air*, 19, 184-192.
9. Huang, & Sundell. (2016). Household indoor air quality and its associations with childhood asthma in Shanghai, China: Onsite inspected methods and preliminary results. *Environmental research*, 151, 154-167.
10. Caddick, Z., Gregory, K., Arsintescu, L., & Flynn-Evans, E. (2018). A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment. *Building and Environment*, 132, 11-20.
11. Laverge, J., & Janssens, A. (2011a). Analysis of the influence of ventilation rate on sleep pattern. *Indoor Air Conferences 2011*, Austin, TX: ISIAQ.
12. Strøm-Tejsten, P., Zukowska, D., Wargocki, P., & Wyon, D. (2016b). The effects of bedroom air quality on sleep and next-dayperformance. *Indoor Air*, 26, 679-686.
13. Mishra, A., van Ruitenbeek, A., Loomans, M., & Kort, H. (2018). Window/door opening-mediated bedroom ventilation and its impact on sleep quality of healthy, young adults. *Indoor Air*, 28, 339-351.
14. Beuker, T., & Boerstra, A. (2016). Effect of Bedroom Ventilation on Perceived Sleep Quality in Dutch Houses. In P. K. Heiselberg (Red.). *CLIMA 2016 - proceedings of the 12th REHVA World Congress: volume 7*: Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering.
15. Pilcher, J., & Huffcutt, A. (1996). Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis. *Sleep*, 19(4), 318-326.
16. Dewald, J., Meijer, A., Kerkhof, G., & Bögels, S. (2010). The influence of sleep quality, sleep duration and sleepiness on school performance in children and adolescents: A meta-analytic review. *Sleep Medicine Reviews*, 14(3), 179-189.
17. Mannucci, P., Harari, S., Martinelli, I. & Franchini, M., 2015. Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern Emerg Med*, Volume 10, pp. 657-552.
18. Tham, 2016. Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. *Energy and Buildings*, Volume 130, p. 637-650.
19. Wei, F., Nie, G., Zhou, B., Wang, Zeng, X., Zhang, Z., & Zou, Y. (2017). Association between Chinese cooking oil fumes and sleep quality among a middle-aged Chinese population. *Environmental Pollution*, 227, 543-551.
20. Abou-Khadra, 2013. Association between PM10 exposure and sleep of Egyptian school children. *Sleep Breath*, Volume 17, p. 653-657.
21. Dusseldorp, A. & van Bruggen, M., 2007. Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu, een update., Bilthoven: RIVM.
22. Gezondheidsraad, 2000. Vluchtige Organische stoffen uit bouwmaterialen in verblijfsruimten., Den Haag: Gezondheidsraad.
23. Europees Parlement, 2008. Richtlijn 2008/50/EG luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. *Official Journal of the European Union*, Volume 152, pp. 1-44.
24. prEN 16798-1. (2015). Energy performance of buildings. Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics -Module M1-6; (revision of EN 15251). London: BSI Group.
25. TVVL, 2019 Slaapruijnteventilatie & slaapkwaliteit, een literatuurstudie (te downloaden via: <https://www.tvvl.nl/kennisnet/publicaties>)