



Evaluatie van de ventilatie- efficiëntie in woonzorgcentra

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

EVALUATIE VAN DE VENTILATIE-EFFICIENTIE IN WOONZORGCENTRA

In deze studie werden dankzij de sensorboxen van VPO, de indoor@box, de CO₂-waarden gedurende verschillende weken tijdens verschillende seizoenen gemeten, in vier ruimtes in woonzorgcentra (bewonerskamers, aparte leefruimte, personeelsruimtes en gecombineerde eet- en leefruimtes). Het onderzoek werd uitgevoerd tijdens de COVID-19 pandemie. De ventilatie-efficiëntie werd in kaart gebracht door de meetresultaten te toetsen t.o.v. geldende richtwaarden. Daaruit bleek dat ruimtes die beschikten over een mechanische luchttoevoer en -afvoer in het algemeen betere CO₂-waarden voor de dag leggen. Een van de belangrijkste besluiten uit het onderzoek is, dat er in ongeveer 10% van de ruimtes zeer beperkte tot geen kennis is over het aanwezige ventilatiesysteem, het gebruik en onderhoud ervan. Sensibilisatie blijft dus belangrijk. Het rapport eindigt met aanbevelingen over ventilatie en verluchting naargelang de gebouweigenschappen (oude, nieuwe, gerenoveerde gebouwen of vleugels).

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys
Departement Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
www.omgevingvlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving, Afdeling Vlaams Planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs team Omgeving & Gezondheid, Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving

Publicatiedatum

oktober 2024

Depotnummer

D/2024/3241/353



INHOUD

Managementsamenvatting	8
Kwaliteit van het Binnenmilieu en de rol van ventilatie en verluchting	8
Onderzoek en meetcampagnes bij departement omgeving	8
Synthese van de twee Meetcampagnes bij woonzorgcentra	10
Context van het onderzoek	10
Verzamelde data tijdens de meetcampagnes	10
Overkoepelende resultaten, lessons learned en vervolgonderzoek	13
1 Inleiding.....	16
1.1 Wat is binnenluchtkwaliteit?	16
1.2 Wetgeving/aanbevelingen	18
1.3 Aanleiding voor het onderzoek in Woonzorgcentra (wzc) en afgelegde traject	19
1.3.1 Eerder onderzoek door het Departement Omgeving	19
1.3.2 Onderzoek en metingen met sensorboxen indoor@box	24
2 Opzet onderzoek.....	26
2.1 Context meetonderzoek	26
2.2 Wat meten we?	27
2.3 Waar meten we?	28
2.4 Hoe meten we?	30
2.4.1 De meetapparaten van Departement omgeving: indoor@boxen	30
2.4.2 KMI-gegevens voor buitentemperatuur	32
2.4.3 Bijkomende informatie	32
2.5 Wanneer meten we?	32
2.6 Opbouw beschrijving van de resultaten	36
3 Meetresultaten bewonerskamers	37
3.1 Analyse per type ventilatiesysteem	38
3.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem	38
3.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem	40
3.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen	41
3.2 Uitgelichte resultaten	43
3.2.1 Avonduren	43
3.2.2 Ochtenduren	43
3.3 Besluit	44
4 Meetresultaten leef- en eetruimtes	45
4.1 Analyse per type ventilatiesysteem	46
4.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem	46
4.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem	48
4.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen	50
4.2 Besluit	53
5 Meetresultaten leefruimte	53
5.1 Analyse per type ventilatiesysteem	54
5.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem	54
5.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem	56



5.1.3	Vergelijking ventilatiesystemen	57
5.2	Besluit	59
6	Personeelsruimte	60
6.1	Analyse per type ventilatiesysteem	60
6.1.1	Meetperiode per ventilatiesysteem	61
6.1.2	Frequentieverdeling per ventilatiesysteem	62
6.1.3	Vergelijking ventilatiesystemen	63
6.2	Besluit	65
7	Ervaringen bij de praktische uitwerking van het onderzoek	66
8	Overkoepelend Besluit	67
9	Bibliografie	71

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Illustratie van de verschillende ventilatiesystemen (bron: Vlaams Energie en Klimaatagentschap).....	17
Figuur 2: Overzicht van de verschillende meetcampagnes binnenluchtkwaliteit van Departement Omgeving. .	25
Figuur 3: Indoorboxen en stoffen die gemeten worden.	31
Figuur 4: Aanduiding van de gemiddelde temperaturen met globale aanduiding van de meetperioden.	34
Figuur 5: Opsplitsing van de meetwaarden per periode en type ventilatiesysteem voor de 15 bewonerskamers (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, D).....	39
Figuur 6: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D).....	41
Figuur 7: Boxplot van de meetwaarden voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D).....	41
Figuur 8: Violinplot van de meetwaarden voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	42
Figuur 9: Violinplot van de meetwaarden voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem, tijdens de avonduren (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	43
Figuur 10: Violinplot van de meetwaarden voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem, tijdens de ochtenduren (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	44
Figuur 11: Opsplitsing van de meetwaarden per periode en type ventilatiesysteem voor de 60 eet- en leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, D)	47
Figuur 12: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 60 eet- en leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D).....	49
Figuur 13: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 60 eet- en leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). Grafiek focust op de hoge waarden boven 1.200 ppm.....	50
Figuur 14: Boxplot van de meetwaarden voor de 60 eet- en leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D).....	51
Figuur 15: Violinplot van de meetwaarden voor de 60 eet- en leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	52
Figuur 16: Opsplitsing van de meetwaarden per periode en type ventilatiesysteem voor de 16 aparte leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, D = alle metingen)	55



Figuur 17: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 16 aparte leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen)	56
Figuur 18: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 16 aparte leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen). Grafiek focust op de hoge waarden boven 1.200 ppm.	57
Figuur 19: Boxplot van de meetwaarden voor de 16 aparte leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen).	58
Figuur 20: Violinplot van de meetwaarden voor de 16 aparte leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	59
Figuur 21: Opsplitsing van de meetwaarden per periode en type ventilatiesysteem voor de 13 personeelsruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, D)	61
Figuur 22: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 13 personeelsruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D)	62
Figuur 23: Distributie van de gemeten CO ₂ -waarden per ventilatiesysteem (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO ₂ -waarde) voor de 13 personeelsruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). Grafiek focust op de hoge waarden boven 1.200 ppm.....	63
Figuur 24: Boxplot van de meetwaarden voor de 13 personeelsruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen).	64
Figuur 25: Violinplot van de meetwaarden voor de 13 personeelsruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.	65

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Aantal ruimtes waar metingen plaatsvonden, onderverdeeld per soort ruimte en ventilatiesysteem.	30
Tabel 2: Overzicht van de gemiddelde temperaturen per maand om een globaal beeld te krijgen van de koudere en warmere maanden, en aanduiding van de meetperiodes (alle metingen, incl. in ruimtes met ander ventilatiesysteem en ongekend).	33
Tabel 3: Periode van de meetcampagnes in relatie tot globale buitentemperatuur (onderverdeling in koudere en warmere maanden), volgens type ruimte en ventilatiesysteem (alle metingen).	36
Tabel 4: Totaal aantal meetwaarden in de 20 bewonerskamers (alle metingen).	38
Tabel 5: Aantal meetwaarden in de 15 bewonerskamers (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C en D)	38
Tabel 6: Totaal aantal meetwaarden in de 66 eet- en leefruimtes (alle metingen)	45
Tabel 7: Aantal meetwaarden in de 60 eet- en leefruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C en D)	46
Tabel 8: Aantal meetwaarden in de 16 aparte leefruimtes (data alle metingen)	54
Tabel 9: Aantal meetwaarden in de 16 aparte leefruimtes (data alle metingen)	54
Tabel 10: Aantal meetwaarden in de 14 personeelsruimtes (data alle metingen)	60
Tabel 11: Aantal meetwaarden in de 13 personeelsruimtes (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C en D)	61



MANAGEMENTSAMENVATTING

KWALITEIT VAN HET BINNENMILIEU EN DE ROL VAN VENTILATIE EN VERLUCHTING

Ventilatie en de efficiëntie ervan hangt nauw samen met de kwaliteit van het binnenmilieu. Het **binnenmilieu omvat alle fysieke, chemische en biologische factoren** in een gebouw die invloed kunnen hebben op **de gezondheid en het welzijn van de gebruikers**. Er zijn een aantal bronnen die de kwaliteit van de binnenlucht beïnvloeden. Het gaat hierbij om de buitenlucht, bouwmaterialen, vooral wanneer deze bouwmaterialen nieuw geplaatst zijn en **bronnen binnen het gebouw zelf**. Ook is de aanwezigheid van **mensen een bron van bio-effluenten, waaronder uitgedemde CO₂ en vocht. Ook bio-aërosolen zoals virussen en bacteriën en het gedrag van mensen** zoals roken, gebruik van ventilatie bij het koken, gebruik van bepaalde schoonmaakmiddelen of -producten etc. spelen **een rol**.

De **gebouwschil** doet dienst als schakel tussen de binnen- en buitenluchtkwaliteit. Het kan bepaalde verontreinigende stoffen van buitenaf tegenhouden, maar ook bepaalde verontreinigende stoffen van binnenuit binnenhouden, afhankelijk van het gebruik van **ventilatie of het verluchten**. Ventilatie betekent dat de lucht in het gebouw continu wordt verversd, terwijl verluchten het kortstondig binnenlaten van een grote hoeveelheid lucht is door het openen van deuren of ramen. Afhankelijk van de manier waarop lucht wordt aan- en afgevoerd zijn er vier soorten ventilatiesystemen:

- systeem A met regelbare toevoeropeningen en regelbare verticale afvoerkanalen
- systeem B — dat in Vlaanderen zeer weinig gebruikt wordt — met mechanische luchttoevoer en natuurlijke luchtafvoer
- systeem C met natuurlijke luchttoevoer en mechanische luchtafvoer
- systeem D met mechanische luchttoevoer en -afvoer.

ONDERZOEK EN MEETCAMPAGNES BIJ DEPARTEMENT OMGEVING

In Vlaanderen brengen **mensen gemiddeld 85% van de dag binnen** door. Omdat binnenluchtkwaliteit (indoor air quality, IAQ) de algemene persoonlijke blootstelling van de bewoners van het gebouw kan beïnvloeden, vormt ze een belangrijke bepalende milieufactor voor de gezondheid (Hoge Gezondheidsraad, 2017). Sinds 2007 voert het Departement Omgeving onderzoek uit naar de binnenluchtkwaliteit in woningen en scholen om het beleid te informeren. De hoofdonderzoeksvraag is de volgende: **“Wanneer is het binnenmilieu gezond en welke maatregelen helpen om een gezonde situatie te bereiken?”**. Een van de belangrijkste conclusies van het voorafgaande onderzoek is dat de binnenlucht een aantal verontreinigende stoffen bevat, meestal met een grotere diversiteit, en voor bepaalde verontreinigende stoffen in hogere concentraties dan buiten.

Bovendien toont het onderzoek aan dat ventilatie belangrijk is: ruimtes die mechanisch geventileerd worden, hebben vaak een betere luchtkwaliteit dan niet-mechanisch geventileerde kamers.

In **2019 ontwikkelde Departement Omgeving samen met VITO sensorboxen — indoor@boxen**, die het mogelijk maken om **continu een aantal vervuilende stoffen en andere parameters te meten** (Lazarov et al., 2019). De sensorbox meet fijnstof (PM), koolstofdioxide (CO₂), koolstofmonoxide (CO), stikstofdioxide (NO₂), vluchtige organische stoffen (VOC), temperatuur en relatieve vochtigheid. In vergelijking met eerdere meetmethodes, meten de indoor@boxen elke drie minuten deze parameters en worden de data verstuurd naar een dataplatform. De doeltreffendheid van bepaalde maatregelen om het binnenmilieu te verbeteren kan met dit soort sensoren snel geëvalueerd worden. Elke sensor wordt op regelmatige tijdstippen gekalibreerd en — indien nodig — geactualiseerd.

Hoewel binnenluchtkwaliteit veel verschillende stoffen en parameters bevat, is er met de **coronapandemie** tussen 2020 en 2022 veel aandacht gegaan naar **CO₂-waarden en hoe efficiënt er geventileerd werd**. CO₂-waarden worden over het algemeen beschouwd als een goede proxy om de kwaliteit van de ventilatie en beluchting te controleren, en als een belangrijke preventieve maatregel om potentiële besmetting door overdracht van virussen via de lucht te beperken. Hoe hoger de CO₂-concentratie, hoe hoger de concentratie aërosolen (microdruppeltjes die geproduceerd worden bij het ademen) die micro-organismen, bacteriën en virussen kunnen bevatten. Zonder ventilatie in afgesloten ruimtes hopen deze micro-organismen zich op in de ruimte. Effectieve ventilatie en verluchting verminderen de concentratie micro-organismen in een ruimte en beperken zo hun verspreiding door de lucht. Daarnaast neemt de concentratie van alle andere chemische en biologische agentia met bronnen binnenshuis ook af met effectieve ventilatie; dit is gunstig voor een goede luchtkwaliteit binnenshuis, wat nodig is voor de algemene gezondheid en het welzijn.

Sinds eind 2020 voert Departement Omgeving een aantal **meetcampagnes** met de indoor@box. Zo werden ondertussen al metingen gedaan in **scholen** (2020) om concrete adviezen te kunnen geven rond verluchten tijdens koude periodes in tijden van een pandemie (Mampaey et al., 2021), metingen voor de heropstart van de **sportsector** (2021), metingen in **woonzorgcentra** (wzc, 2021 waarvan dit rapport de resultaten weergeeft) en metingen in **culturele centra** (2024). De focus ligt meestal op metingen in **binnenomgevingen waar veel mensen samenkomen of verblijven**, en de **rapporten focussen zich voornamelijk op de CO₂-metingen en efficiëntie van de ventilatie**. De resultaten uit de verschillende meetcampagnes zijn bedoeld als onderbouwing voor praktische aanbevelingen.. Zo kon bijvoorbeeld op basis van de metingen aan scholen die niet beschikken over een ventilatiesysteem concrete adviezen worden gegeven om enerzijds voldoende te verluchten en anderzijds zo weinig mogelijk energie te verspillen¹.

¹ <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/coronavirus/coronamaatregelen-verlucht-en-ventileer-voldoende>, geraadpleegd op 23/03/2023.



SYNTHESE VAN DE TWEE MEETCAMPAGNES BIJ WOONZORGCENTRA

Context van het onderzoek

Dit onderzoek vond plaats in de loop van 2021, toen de coronapandemie nog volop actueel was, en richt zich op woonzorgcentra, een binnenomgeving waar weinig gekend is over de luchtkwaliteit. Bewoners in woonzorgcentra maken nochtans deel uit van een relatief gevoelige bevolkingsgroep, die meer dan andere groepen binnenshuis verblijven.

Tijdens de coronapandemie werden ventilatie en verluchting in woonzorgcentra een belangrijk thema. Zowel ventilatie als verluchting maakten deel uit van de maatregelen om het risico op COVID-besmettingen zo laag mogelijk te houden. Als de CO₂-concentratie lager is dan 900 ppm (of 500 ppm boven buitenconcentratie, zoals ook het Binnenmilieubesluit als richtwaarde hanteert), beschouwen we de ruimte als goed geventileerd. De taskforce Ventilatie stelde richtlijnen op om de virusverspreiding in te perken en hanteerde dezelfde richtwaarden. Ook voor woonzorgcentra was het de bedoeling om deze waarde van 900 ppm niet te overschrijden.

Bij waarden tussen 900 en 1.200 ppm moesten maatregelen genomen worden om terug te streven naar minder dan 900 ppm. Overschrijdingen van 1.200 ppm moesten er maatregelen genomen worden, zoals het aanpassen bezettingsgraad. De onderzoekers stelden de woonzorgcentra op de hoogte als er hogere waarden gemeten werden zodat eventueel extra maatregelen konden genomen worden.

Verzamelde data tijdens de meetcampagnes

Per type ruimte en selectie van de 4 types ruimte

Dit rapport is het resultaat van metingen in 21 verschillende woonzorgcentra die verspreid waren over Vlaanderen, waar gedurende 1 à 2 weken parallel in verschillende ruimtes van een woonzorgcentrum gemeten is. Dit leverde in totaal meer dan 120 meetdagen op, met meetgegevens uit verschillende ruimtes als resultaat, gedurende verschillende seizoenen. Er is minimum 2 en maximum 16 dagen gemeten in de ruimtes. De variatie is te verklaren door de variërende aanwezigheid van personen (bv kapsalon) en de wensen van de wzc om verschillende ruimtes te meten binnen de tijdsperiode dat de indoor@boxen beschikbaar waren.

Er is in diverse types ruimtes gemeten:

- Gemeenschappelijke ruimtes voor bewoners zoals eetruimtes, leefruimtes (of combinaties van leef- en eetruimtes), cafetaria's;
- Private ruimtes (bewonerskamers);
- Ruimtes voor diensten zoals kapsalon, kinesitherapieruimtes en badkamers;
- Ruimtes voor personeel zoals verpleegpost/personeelsruimtes, bureaus, vergaderzalen, personeelsrestaurant.

In dit overkoepelend rapport bespreken we de metingen van vier soorten ruimtes die typisch zijn voor wzc², met name:

- Leefruimtes
- Gecombineerde leef- en eetruimtes
- Bewonerskamers
- Personeelsruimtes.

Er is in dit rapport gekozen om de meetgegevens **per soort ruimte samen** te voegen: er is dus een abstractie gemaakt van de precieze wzc, aangezien dit rapport de globale resultaten inzichtelijk wil maken³. De bespreking van de resultaten is ingedeeld volgens het type ruimte.

De indoor@boxen registreren om de 3 minuten een CO₂-waarde. Dit kan men zien als datapunten die resulteren uit CO₂-monitoring op een tijdsresolutie van 3 minuten. Uiteindelijk werden volgende datapunten uit de verschillende type ruimtes gecapteerd gedurende een variërend aantal meetdagen:

- 16 leefruimtes gedurende 58 dagen, wat goed is voor 65.793 datapunten uit 6 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 4, 7, 8 en 16 meetdagen.
- 66 gecombineerde leef- en eetruimtes gedurende 125 dagen, wat goed is voor 255.600 datapunten uit 21 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 3, 4, 5, 8, 10, 14 en 16 meetdagen.
- 20 bewonerskamers gedurende 73 dagen, wat goed is voor 59.214 datapunten uit 17 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 1, 2, 5, 8, 11 en 12 meetdagen.
- 14 personeelsruimtes, gedurende 76 dagen, wat goed is voor 49.648 datapunten uit 11 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen 4, 6, 7, 8, 9, 10 en 16 meetdagen.

Er is in totaal — over de 21 wzc heen — in 116 leefruimtes, gecombineerde leef- en eetruimtes, bewonerskamers en personeelsruimtes gemeten. Met 57% van de metingen in gecombineerde leef- en eetruimtes is dit de ruimte waar er het meest gemeten is, gevolgd door de bewonerskamers (17%) en de aparte leefruimte (14%) en personeelsruimte (12%).

Overzicht van de meetmaanden en buitentemperatuur

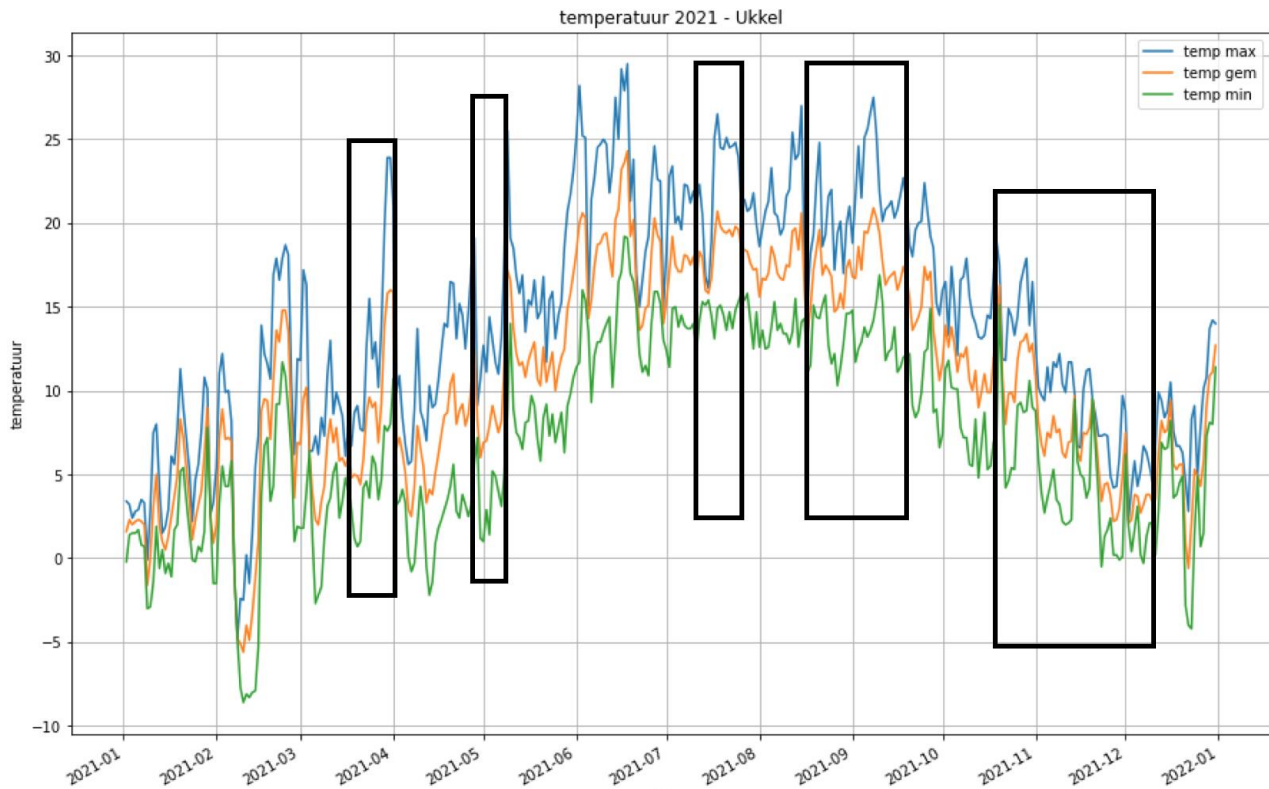
Globaal genomen zijn er voor ieder type ruimte in zowel warme als koude maanden metingen gebeurd. De hypothese is dat mensen meer verluchten als het weer mild is, dan wanneer het koud of (erg) warm is.

De twee meetcampagnes vonden plaats in de maanden maart, april, mei, juli, augustus, september, oktober, november en december. Er werden zowel metingen uitgevoerd tijdens warme buitentemperaturen (juli en augustus en de eerste helft van september, met een gemiddelde rond 15-17°C) als tijdens koudere buitentemperaturen (maart, april, mei, oktober en december, met een gemiddelde rond 7°C-11°C). De maand november was met een gemiddelde rond 5,3°C de koudste maand van de CO₂-metingen.

² Voor de andere ruimtes waren er onvoldoende data voor handen, en was de bezetting als gevolg van de coronamaatregelen ook ingeperkt (bv. cafetaria's). Daarom zijn deze metingen niet weerhouden voor verdere analyses.

³ Ieder deelnemend wzc heeft na afloop van de metingen een individueel rapport ontvangen, dat de eigen situatie bespreekt.





Figuur 1: Globaal beeld van de verschillende meetmaanden met aanduiding van de gemiddelde, maximale en minimale temperaturen (in °C).

Aanwezige ventilatiesystemen in de vier types ruimte en verdere selectie van de data om te analyseren

De indeling van de analyses per ventilatiesysteem is gebaseerd op het ventilatiesysteem zoals het oorspronkelijk door de woonzorgcentra was voorzien. Er waren in de woonzorgcentra geen ruimtes met een ventilatiesysteem B aanwezig, wel met ventilatiesysteem van het type A, C en D. Ventilatiesysteem A en natuurlijk ventilatiesysteem hebben we in één categorie gebundeld, aangezien het niet mogelijk was om op basis van een visuele controle het onderscheid tussen beiden te maken. Bij het ventilatiesysteem type C werden ook de ventilatiesystemen met enkel afzuiging meegerekend (exclusief dampkap, of systemen die geactiveerd worden bij aanschakelen licht), omdat deze oorspronkelijk voorzien waren als systeem C.

Verdelen we de types ruimtes naargelang type ventilatiesysteem, dan zijn de meeste van de 116 ruimtes binnen het onderzoek voorzien van een natuurlijk ventilatiesysteem/ventilatiesysteem A (38%), gevolgd door een ventilatiesysteem D (22%) en C (22%). Het is opvallend dat in 10% van de ruimtes het niet geweten is of er

een ventilatiesysteem aanwezig is, en zo ja over welke soort het gaat. Bij 7% van de ruimtes gebeurt de ventilatie op een andere manier, en niet met een ventilatiesysteem/natuurlijke ventilatie.

Voor de verdere analyse van de data is er enkel rekening gehouden met ruimtes waarvan het ventilatiesysteem gekend was. Dit betekent dat we uiteindelijk met volgende data aan de slag zijn gegaan:

- 16 leefruimtes gedurende 58 dagen, wat goed is voor 65.793 datapunten uit 6 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 4, 7, 8 en 16 meetdagen. Voor deze ruimtes waren alle ventilatiesystemen gekend.
- 60 gecombineerde leef- en eetruimtes gedurende 122 dagen, wat goed is voor 256.862 datapunten uit 17 CO₂-tijdsreeksen, die 3, 4, 5, 8, 10, 14 en 16 meetdagen
- 15 bewonerskamers gedurende 68 dagen, wat goed is voor 42.700 datapunten uit 13 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 5, 8, 11 en 12 meetdagen
- 13 personeelsruimtes, gedurende 66 dagen, wat goed is voor 44.560 datapunten uit 9 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 4, 6, 7, 8, 9 en 10 meetdagen

Overkoepelende resultaten, lessons learned en vervolgonderzoek

De globale resultaten geven aan dat — ondanks de extra aandacht voor ventilatie als gevolg van de toenmalige maatregelen tijdens de coronaperiode — er overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm in alle ruimtes voorkwamen. Verfijnen we de resultaten volgens het type ventilatiesysteem, dan zijn er verschillen op te merken, en komen overschrijdingen niet bij elke soort ventilatie evenveel voor.

De resultaten van de hier gerapporteerde metingen bleken verschillend naargelang het type ventilatiesysteem. Ruimtes met een ventilatiesysteem D vertoonden over het algemeen lagere CO₂-concentraties, bij verhoogde bezetting. In ruimtes die met dit systeem zijn uitgerust, werden nauwelijks overschrijdingen van 900 ppm en geen overschrijdingen van 1.200 ppm gevonden. In ruimtes met ventilatiesysteem C werden regelmatig overschrijdingen van zowel 900 als 1.200 ppm CO₂ aangetroffen. Ruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A scoorden het slechtst, met redelijk wat overschrijdingen. Het seizoen (zomer of winter) lijkt weinig variatie in de globale tendens te brengen, al is er in de zomer minder verschil tussen de systemen onderling. Bij warmere temperaturen (buiten hitteperiodes) kan er meer natuurlijk geventileerd worden, waardoor ruimtes met het ventilatiesysteem C en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A dan beter scoren dan in de koudere periodes. Ruimtes met een ventilatiesysteem D vertonen globaal goede scores, ongeacht het seizoen.

Op basis van deze bevindingen besluiten we dat investeren in vraag-gestuurde ventilatie – een systeem dat CO₂-waarden meet en opvolgt, waarna eventueel bepaalde acties worden gekoppeld — bijdraagt tot consistent lagere CO₂-concentraties in het binnenmilieu. Ventilatiesystemen type D geven in dit onderzoek de beste ventilatie-efficiëntie, ongeacht de buitentemperaturen. Dit onderzoek analyseerde echter niet de instelling, dimensionering, gebruik en onderhoud van de ventilatiesystemen, waardoor we geen zicht hebben op de redenen van de potentiële verminderde werking van het ventilatiesysteem van het types A, C en natuurlijke ventilatie (indien het een systeem betreft met ingebouwde ventilatieroosters). Dit aspect werd in



bijkomende onderzoeken (bvb. meetcampagnes in de cultuurhuizen) opgenomen door een technische doorlichting van de ventilatiesystemen te laten uitvoeren. Bijkomende gegevens over bezetting, activiteit in de ruimtes zelf en over de comfortervaring van aanwezigen mbt ventilatie of verluchting, zoals mogelijke hinderklachten (vb. tocht, lawaai) waren niet beschikbaar. Het verzamelen van deze gegevens gebeurt door het personeel. Tijdens het onderzoek bleek dat het voor hen niet haalbaar was om deze taak er consequent bij te nemen. Daarnaast toont onderzoek aan dat CO₂-concentraties een bepaalde tijd nodig hebben om zich in een (niet-geventileerde) ruimte op te hopen, alsook dat er een bepaalde tijd nodig is om die opgebouwde CO₂-concentratie weer te laten dalen. Dit staat ook gekend als opbouw en decay van CO₂ concentratie. Ook analyses die hiermee rekening houden in de verschillende ruimtes had veel bijgebracht over de ventilatie/verluchting in een ruimte. Zo toonde eerder onderzoek aan dat bv. in slaapkamers de CO₂-waarden tegen de ochtend vaak het hoogst zijn, waardoor een goede ventilatie 's ochtends noodzakelijk is.

Tot slot blijft het essentieel om verschillende doelgroepen — met name architecten, technisch personeel, bewoners — te sensibiliseren en informeren over mogelijke ingrepen die de binnenluchtkwaliteit helpen te verbeteren. Woonzorgcentra kunnen bestaan uit oude, nieuwe, gerenoveerde en te renoveren gebouwen of vleugels. Doorgaans worden de ventilatiesystemen pas geplaatst bij renovatie of nieuwbouw. Het is dan ook belangrijk om van bij de start van het (ver)bouwproject belang te hechten aan de implementatie van ventilatie. De fiches van bouw gezond die Departement Omgeving ontwikkelde en online raadpleegbaar zijn, vormen hierbij een goede leidraad⁴.

Ook de instelling, dimensionering en onderhoud van het ventilatiesysteem kunnen naast het ventilatiegedrag van mensen een verschil maken:

- In (oude) vleugels of delen waar geen ventilatiesysteem is, blijft het belangrijk om voldoende en regelmatig te verluchten. Sensibilisatie bij bewoners en personeelsleden kan hiervoor nodig zijn. Aandacht voor mogelijke klachten van bewoners (vb. tocht, hitte, geluid...) en hindernissen voor personeel (vb. extra werklast, mogelijkheid tot veilig openen van ramen) is aangewezen. Verluchten en ventilatie hoeft niet ten koste van welbevinden te gaan.
- Indien een ruimte over een ventilatiesysteem beschikt, ongeacht of het een oude, (deels) gerenoveerde vleugel of nieuwbouw is, is een juist gebruik en onderhoud van het systeem van groot belang. In het ideale geval behoort dit tot het takenpakket van preventieadviseurs of een (technisch) personeelslid.
- In oude vleugels met een ventilatiesysteem waar men een renovatie overweegt, moeten o.a. architecten aandacht hebben voor bestaande ventilatiesystemen, zodat er vb. geen muren worden opgetrokken tussen het deel van de aan- en afvoer van het ventilatiesysteem.
- Bij de keuze voor een nieuw ventilatiesysteem spelen technische aspecten, zoals dimensionering, een belangrijke rol. Een correcte dimensionering, installatie en instelling zorgt voor een goede luchtkwaliteit en vermijdt geluidsoverlast en tocht.

⁴ <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/fiches-bouw-gezond>, geraadpleegd op 28/03/2023.

- Het is belangrijk om ventilatiesystemen goed te onderhouden om een optimale werking te garanderen. Roosters moeten regelmatig gereinigd worden.
- Om een betere ventilatiekwaliteit in welzijns- en zorgvoorzieningen te stimuleren, bepaalde de Vlaamse Regering een kwaliteitskader(2022). Binnen dit kader werden door het Departement Zorg en VIPA (Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden) een kwaliteitshandboek “Ventilatie in woonzorgcentra”, een leidraad voor een ventilatieplan op maat en ventilatiescans ontwikkeld.



1 INLEIDING

1.1 WAT IS BINNENLUCHTKWALITEIT?

Ventilatie en de efficiëntie ervan heeft invloed op de kwaliteit van het binnenmilieu. Het binnenmilieu omvat alle fysische, chemische en biologische factoren in een gebouw die invloed kunnen hebben op de gezondheid en het welzijn van de gebruikers. Binnenlucht bevat een aantal vervuilende stoffen, meestal met een grotere diversiteit en voor bepaalde verontreinigende stoffen ook in hogere concentraties dan buiten. In onze regio brengen mensen gemiddeld 85 % van de dag binnen door. Omdat binnenluchtkwaliteit (indoor air quality, IAQ⁵) de algemene persoonlijke blootstelling van de bewoners van het gebouw kan beïnvloeden, vormt ze een belangrijke bepalende milieufactor voor de gezondheid (Hoge Gezondheidsraad, 2017).

Net als stabiliteit, duurzaamheid en energie-efficiëntie is de kwaliteit van het binnenmilieu een belangrijke graadmeter voor de intrinsieke waarde van een gebouw. Het binnenmilieu is immers van grote invloed op het welbevinden en de gezondheid van de gebruikers van het gebouw. Symptomen zoals allergieën, astmaklachten, hoofdpijn, vermoeidheid en sufheid, concentratiestoornissen... kunnen ontstaan of verergeren als gevolg van een ongezond binnenmilieu. Ouderen en mensen met ademhalingsklachten, zijn extra gevoelig voor een slechte luchtkwaliteit.

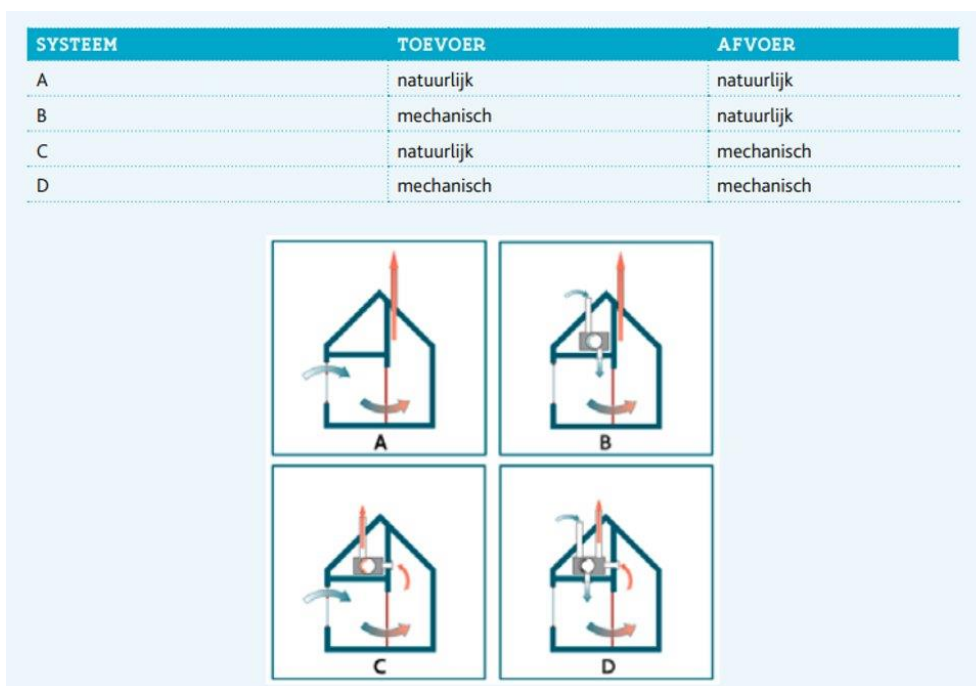
Een ongezond binnenmilieu kan zowel te maken hebben met vervuilende stoffen afkomstig van de buitenlucht als met stoffen die uitgestoten worden door bijvoorbeeld (nieuwe) bouwmaterialen. Daarnaast is ook de aanwezigheid van de mens een bron van vervuilende stoffen. We spreken dan over bio-effluenten, waaronder uitgeademd CO₂ en vocht maar ook bio-aerosolen zoals virussen en bacteriën. Bij een gezonde binnenluchtkwaliteit denken we spontaan aan een goed ventilatiesysteem op maat van het gebouw en de bewoners. Maar ook een correct gebruik, onderhoud, buitenluchtkwaliteit, akoestisch comfort, ... hebben een invloed op de uiteindelijke binnenmilieukwaliteit en hoe deze ervaren wordt door gebouwgebruikers.

Virussen zoals SARS-CoV-2, maar bijvoorbeeld ook het griepvirus kunnen zich naast contact-transmissie en druppeltransmissie ook verspreiden via luchtgebonden transmissie. Het is van het grootste belang dat de ventilatie van gebouwen wordt beheerd overeenkomstig de aanbevelingen voor een goede luchtkwaliteit. Hoe hoger de CO₂-concentratie, hoe hoger de concentratie aerosolen (microdruppels die door de ademhaling worden geproduceerd) die micro-organismen, bacteriën en virussen kunnen bevatten. Bij een gebrek aan ventilatie in gesloten ruimten stapelen deze micro-organismen zich op in de ruimte. Doeltreffend verluchten en ventileren doet de concentratie van micro-organismen in een ruimte dalen, waardoor de verspreiding ervan via de lucht beperkt wordt.

⁵ Indoor Air Quality (IAQ) verwijst naar de luchtkwaliteit in en rond gebouwen en constructies, vooral met betrekking tot de gezondheid en het comfort van de bewoners van het gebouw. Inzicht in en beheersing van veel voorkomende verontreinigende stoffen binnenshuis kan helpen het risico op gezondheidsproblemen binnenshuis te verminderen. (definitie van United States Environment Protection Agency zoals vermeld op <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>, geraadpleegd op 08/02/2023)

Goed ventileren en verluchten is een belangrijke preventiemaatregel om mogelijke besmettingen via luchtgedragen transmissie van virussen te beperken. ‘Ventileren en verluchten’ blijft ook na deze coronaperiode belangrijk, want ook andere virale ziekten kunnen door het inademen van aerosolen worden overgedragen. Daarnaast daalt ook de concentratie van alle andere chemische en biologische agentia met bronnen binnenshuis bij een doeltreffende ventilatie. Een goede binnenluchtkwaliteit is dan belangrijk voor de algemene gezondheid en het welbevinden.

Afhankelijk van de toe- en/of afvoer van lucht, kan men ventilatiesystemen indelen in vier types ventilatiesystemen. Deze systemen worden aangeduid met de letters A tot D, zoals ook Figuur 2 illustreert.



Figuur 2: Illustratie van de verschillende ventilatiesystemen (bron: Vlaams Energie- en Klimaatagentschap)

- Systeem A: natuurlijk aanvoer en -afvoer**
 De aanvoer van verse lucht gebeurt op natuurlijke wijze via ingebouwde ventilatieroosters in de ramen of muren. De luchtdoorlaatbaarheid van deze roosters is manueel aan te passen. Vervuilde lucht wordt afgevoerd via verticale afvoerkanalen (met regelbare roosters) in de badkamer of keuken (vochtige ruimtes).
- Systeem B: mechanische luchtaanvoer en natuurlijke luchtafvoer**
 Bij dit systeem is er mechanische toevoer van verse lucht via (elektrische) ventilatoren in droge ruimten. Afvoer en circulatie van de lucht gebeurt net als bij systeem A. Dit systeem wordt in België weinig toegepast.



- **Systeem C: natuurlijke luchtaanvoer en mechanische luchtafvoer**

Bij dit systeem is er toevoer van verse lucht via toevoerroosters in ramen of muren. De vochtige en vervuilde lucht wordt dan mechanisch afgevoerd via elektrische ventilatoren. Bij het klassieke 'C'-systeem gebeurt de luchtafzuiging continu. Daarnaast zijn er ook 'C'-systemen die vraaggestuurd werken, bijvoorbeeld op basis van het vocht- of CO₂-gehalte.

- **Systeem D: mechanische luchtaanvoer en -afvoer**

Dit systeem is volledig mechanisch gestuurd omdat zowel aan- als afvoer van de lucht via ventilatoren gebeurt. Via luchtkanalen wordt verse lucht verspreid door ventilatieroosters in droge ruimten. De afvoer van vervuilde lucht gebeurt in natte ruimten. Ook hier kan de ventilatie vraaggestuurd gebeuren met behulp van sensoren (vocht, CO₂).

Hoewel binnenmilieukwaliteit een breed gebied bedekt, zal dit rapport zich focussen op de binnenluchtkwaliteit in termen van CO₂-concentratie. De CO₂-concentratie is een goede indicator voor de doeltreffendheid van ventilatie en verluchting in functie van de bezetting ervan (Geyskens & Stranger, 2016).

1.2 WETGEVING/AANBEVELINGEN

Het Binnenmilieubesluit (Het Binnenmilieubesluit, 2018) bevat richtlijnen die een gezond binnenmilieu omschrijven, inclusief richtwaarden en interventiewaarden. Die waarden omvatten zowel chemische, fysische als biologische factoren en zijn opgenomen in de bijlage bij het besluit, naast een lijst van aanbevolen meetmethoden voor deze agentia.

De 'Task force Ventilatie' van het coronacommissariaat heeft in het kader van de COVID-pandemie een aantal aanbevelingen opgesteld voor de praktische implementatie en bewaking van ventilatie en luchtkwaliteit. Deze aanbevelingen beschrijven de aanpak voor voldoende ventilatie en luchtzuivering om de verspreiding van het coronavirus en bij uitbreiding andere virussen binnen te kunnen minimaliseren (Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat, 2021).

Als de CO₂-concentratie lager is dan 900 ppm (of 500 ppm boven buitenconcentratie), beschouwen we de ruimte als goed geventileerd. In de context van COVID-19 is dit een aanvaardbare waarde om op maatschappelijk vlak de verspreiding van het virus via aerosolen beperkt te houden. In de praktijk komt 900 ppm (of 500 ppm boven buitenconcentratie) voor een volwassene die een standaard lichte activiteit uitoefent overeen met een ventilatiedebiet van 40 m³/h.persoon aan verse buitenlucht. Dit betekent dat er per persoon aanwezig in de ruimte een hoeveelheid verse lucht van 40 m³ moet voorzien worden per uur. Dit minimale ventilatiedebiet zal hoger zijn bij intensieve activiteiten, aangezien er dan meer CO₂ en dus ook meer aerosolen geproduceerd worden. Tussen 900 en 1.200 ppm is het nodig om maatregelen te nemen om te streven naar 900 ppm. Waarden hoger dan 1.200 ppm of 25 m³ /h.persoon zouden in principe moeten vermeden worden.

Nieuwbouw en verbouwingen waarvoor een stedenbouwkundige vergunning of melding vereist is, moeten in Vlaanderen voldoen aan de EPB-eisen. EPB staat voor 'Energieprestaties en Binnenklimaat'. De meeste gebouwen in Vlaanderen moeten een minimumniveau halen op het gebied van isolatie, energiezuinigheid of energieprestatie en ventilatie. Welke eisen er precies van toepassing zijn, hangt onder meer af van de bestemming van het gebouw, de aard van de werken en de datum van de bouwaanvraag of melding. De EPB verplicht de aanwezigheid van een ventilatiesysteem en van ventilatievoorzieningen voor de toe- en afvoer van lucht. De eisen aan de voorzieningen, de noodzakelijke debieten, ... verschillen:

- voor woongebouwen ten opzichte van niet-residentiële gebouwen en industrie
- voor nieuwbouw en ingrijpende renovaties ten opzichte van renovaties

De codex over het welzijn op het werk bevat alle uitvoeringsbesluiten van de wet van 4 augustus 1996 betreffende het welzijn van de werknemers bij de uitvoering van hun werk. Ook de kwaliteit van de binnenlucht en ventilatie in het bijzonder is hierin opgenomen. De werkgever moet de nodige technische en/of organisatorische maatregelen nemen om ervoor te zorgen dat de CO₂-concentratie in de lokalen gewoonlijk lager is dan 900 ppm. Dit stemt overeen met een minimum ventilatiedebiet van 40 m³ per uur per aanwezige persoon. De parameter van 900 ppm is gebaseerd op een CO₂-concentratie van 500 ppm boven een (algemeen aanvaarde) gemiddelde buitenconcentratie van 400 ppm. Bij eliminatie van alle verontreinigingsbronnen buiten de mens, ligt de grenswaarde op 1200 ppm CO₂ of een ventilatiedebiet van slechts 25 m³ per uur per persoon.

1.3 AANLEIDING VOOR HET ONDERZOEK IN WOONZORGCENTRA (WZC) EN AFGELEGDE TRAJECT

1.3.1 Eerder onderzoek door het Departement Omgeving

Bij Departement Omgeving is omgeving en gezondheid, en meer specifiek binnenluchtkwaliteit één van de belangrijke thema's. Het Departement voert al sinds 2007 onderzoek uit naar de kwaliteit van de binnenlucht in o.a. woningen en scholen om het beleid te voeden.

Een eerste project "Flanders Indoor Exposure Survey", afgekort als FLIES (Goelen et al., 2007), had als voornaamste doelstelling om **binnen- en buitenshuis meetgegevens te verzamelen, en om te bepalen wat de bijdrage is van buitenconcentraties tot binnenhuisblootstelling**. De studie focuste zich op de blootstelling van kinderen aan 14 soorten milieugevaarlijke stoffen. Er werden staalnames in vier types locaties genomen, omdat kinderen daar het meeste tijd doorbrengen: **woningen, leeromgevingen, transport** en tot slot **sport en recreatie**. Alles samen werden er in de winter van 2006, 641 stalen genomen voor de meetcampagne en dit resulteerde in een globale verzameling van 3.229 individuele meetresultaten. Het onderzoek leverde volgende resultaten op:

- De binnenmilieuconcentraties lagen voor alle gassen, uitgezonderd voor NO₂, in de meeste woningen, hoger dan de buitenomgeving concentraties. Een aantal normen en richtwaarden, onder andere voor TVOS, benzeen en formaldehyde werd in het binnenmilieu overschreden.



- De invloed van de verkeersdrukke in de nabijheid van de woningen was merkbaar in concentraties in het buitenmilieu, maar de invloed van die stoffen was zwakker voor de binnenmilieuconcentraties.
- In het binnenmilieu van scholen waren de mediane concentraties van de 14 gemeten gassen kleiner dan of gelijk aan deze van het binnenmilieu van woningen.
- In het binnenmilieu van gemotoriseerd transport (wagen en openbaar vervoer) lagen de mediane concentraties van bepaalde stoffen zoals TVOS, MTBE en NO₂ 3 keer hoger dan in woningen; mediane toluen en xyleen concentraties lagen 1.5 keer hoger dan in woningen. Er werden voor de andere gassen geen verschillen in mediane concentraties gevonden tussen het binnenmilieu van woningen en het binnenmilieu van auto's en bussen/trams.
- In buitenmilieu transport (wandelen en fietsen) werden verhoogde concentraties TVOS, MTBE, NO₂ en acetaldehydes gemeten ten opzichte van concentraties in binnenmilieus van woningen.
- In binnen ontspanningsomgevingen werden concentraties gemeten die gelijkwaardig waren als in huizen. Eén uitzondering hierop was de verhoogde concentraties toluen en xyleen in een jeugdhuis. Roken ligt waarschijnlijk aan de oorzaak van deze verhoogde concentraties.
- Afhankelijk van de pollutent wordt 82 % tot 95 % van de blootstelling bepaald door binnenhuisblootstelling. Hiervan wordt de blootstelling van kinderen in hoofdzaak bepaald door de tijd die zij doorbrengen thuis, in woonkamer en slaapkamer, gevolgd door de tijd doorgebracht op school of in de kinderopvang.

Een tweede project, "Binnenlucht in basisscholen — BiBa" (Stranger et al., 2010) richtte zich op de **luchtkwaliteit van de binnenlucht in scholen, meerbepaald op de invloed van het buitenmilieu, van de ventilatie en van de klasinrichting**. Vervolgens gaat de studie na wat het effect is van remediëringsacties in het binnenmilieu (inclusief sensibilisatie). Er werd gemeten in 90 klaslokalen uit 30 lagere scholen in Vlaanderen. Geen enkel klaslokaal beschikte over een mechanisch ventilatiesysteem en er werd dus manueel geventileerd. 25 van de 90 bestudeerde klaslokalen waren uitgerust met ventilatieroosters (zonder gecontroleerde luchtafvoer), maar slechts een 16-tal klaslokalen maakte er gebruik van.

De metingen van de meeste gasvormige stoffen gebeurden door staalnames, andere stoffen zoals fijnstof, registratie van PM-fracties, CO₂, relatieve vochtigheid en temperatuur werden continu gemeten gedurende 5 dagen. De voornaamste vaststellingen zijn:

- Er was een heel grote spreiding in binnenluchtkwaliteit tussen de 90 klaslokalen. Voor sommige pollutenten (MTBE, ethylbenzeen, xylenen en 1,2,4 trimethylbenzeen) bedroeg het verschil tussen de laagste en hoogste concentratie van de 90 klaslokalen factor 100.
- Concentraties van de pollutenten zoals PM, formaldehyde, totaal andere aldehydes, benzeen, TVOS en CO₂ overschreden in een substantieel deel van de 90 scholen de richtwaardes van het Vlaams BinnenMilieuBesluit en/of internationale richtwaardes, limieten of blootstellingcriteria.
- De luchtkwaliteit in de klaslokalen was voor de meeste pollutenten in de meeste scholen slechter dan de buitenluchtkwaliteit op de speelplaats. De luchtkwaliteit op de speelplaats was in de meeste gevallen gelijkaardig aan de luchtkwaliteit aan de straatkant.
- Voor de invloed van buitenlucht op luchtkwaliteit in de klaslokalen, zien we dat voor de verkeersgerelateerde pollutenten (MTBE, benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen en PM) er een

sterke invloed was van de buitenluchtkwaliteit en van de verkeersdrukke op de luchtkwaliteit in de klaslokalen. Voor sommige pollutanten zoals toluen, ethylbenzeen, xylenen, TVOS en PM Voor MTBE en benzeen lagen de binnenlucht concentraties zelfs hoger dan buiten. Dit is wellicht te verklaren door de bijkomende bijdrage van binnenbronnen, en/of door een hogere residentietijd van de geïnfiltreerde pollutanten in de binnenlucht in vergelijking met de buitenlucht.

- Wat de ventilatie betreft was de luchtverversing in de meeste klaslokalen ondermaats. In op één na alle klassen lag het 24 uur gemiddelde van de CO₂-concentratie boven de richtwaarde van 900 mg/m³. Er bleek voor alle pollutanten (behalve TVOS) een positief effect te zijn van luchtverversing op de binnenluchtconcentraties. Dit was zowel het geval voor pollutanten die voornamelijk door binnenbronnen in het binnenmilieu terechtkomen (vb. aldehydes), maar ook voor pollutanten die voornamelijk buitenbronnen hebben (MBTE, benzeen).
- De invloed van binnenbronnen op de binnenluchtkwaliteit was veel minder uitgesproken in de onderzoeksdataset. Er was een zwak verband tussen het aantal leerlingen aanwezig per klasvolume en PM2.5 concentraties in de klaslokalen.

Globaal genomen stellen we vast dat de invloed van ventilatie op de algemene binnenluchtkwaliteit in de klaslokalen groot is, maar dat de luchtverversing in de meeste onderzochte klassen ondermaats is. Het rapport geeft drie grote aanbevelingen. De eerste aanbeveling betreft de ventilatie. De installatie van een mechanisch ventilatiesysteem bij nieuwbouwscholen is een goede maatregel — op voorwaarde dat het systeem goed onderhouden is en correct werkt. Bij renovatie van oude schoolgebouwen is de plaatsing van ventilatioeroosters in de raamprofielen een goede en relatief goedkope maatregel. Daarnaast is sensibilisatie m.b.t. het belang van ventilatie bij leerlingen, leerkrachten en directie een effectief beleidsinstrument.

Als tweede grote aanbeveling geldt de reductie van binnenbronnen die bijdragen tot binnenluchtverontreiniging. Concrete maatregelen zijn vb. correcte dosering en keuze van onderhoudsproducten, keuze voor laag-emitterend meubilair en bouwmaterialen bij nieuwbouw of renovatie,...

Tot slot is het opnemen van binnenluchtkwaliteit in beleidsplannen van scholen en/of inspectierapporten tevens een maatregel die kan genomen worden voor het verbeteren van de binnenluchtkwaliteit in klaslokalen.

In 2012 onderzocht Departement Omgeving de **kwaliteit van de binnenmilieulucht in duurzame gebouwen, meer bepaald in 25 woningen en 26 klaslokalen**. Elk gebouw was uitgerust met een mechanisch ventilatiesysteem (zowel gecontroleerde toe- en afvoer van lucht als gecontroleerde afvoer van lucht met toevoer via ventilatioeroosters werden opgenomen in deze studie) (Stranger et al., 2012). Tijdens de meetcampagne werd het binnenmilieu zowel chemisch, fysisch als biologisch gekarakteriseerd in de energie-efficiënte gebouwen. Dit hield in: een fysicochemische analyse van het binnen- en het buitenmilieu, een kwantificatie van biologische contaminanten in de binnenlucht en in de corresponderende buitenlucht, een meting van geluidshinder ten gevolge van ventilatie (zowel door het ventilatiesysteem als door de buitenomgeving) en de meting van de doeltreffendheid van het ventilatiesysteem ten opzichte van de theoretische ventilatie en luchtinfiltratie. De volgende parameters werden gemeten: 18 VOS componenten,



TVOS, formaldehyde, acetaldehyde, totaal andere aldehyden, PM2.5, CO₂, tocht, temperatuur, relatieve vochtigheid, bacteriën en schimmels in lucht en in depositiestof, het totaal ventilatievoud, de luchtdichtheid en geluidshinder. De belangrijkste resultaten en aanbevelingen zijn de volgende:

- Voor scholen was de fysicochemische kwaliteit van de binnenlucht in energie-efficiënte, mechanisch geventileerde klaslokalen beter of gelijk aan deze die typisch gemeten wordt in traditionele klaslokalen (dit zijn klaslokalen waarbij de verluchting plaatsvindt door het openen van ramen). Voornamelijk voor CO₂, PM2.5 en de I/O ratio van PM2.5, worden aanzienlijk lagere concentraties waargenomen in de 26 onderzochte klaslokalen.
- In de bestudeerde klaslokalen bleek CO₂ onafhankelijk van het type mechanisch ventilatiesysteem. In klaslokalen met ventilatieroosters en mechanische afvoer werd een matige toename van tocht (gemeten als windsnelheid) waargenomen ten opzichte van de klaslokalen uitgerust met ventilatiesysteem type D.
- Voor klaslokalen is het IDA-classificatiesysteem (luchttoevoer per persoon) een zeer geschikte indicator voor de aanwezigheid van chemische en fysische contaminanten in het binnenmilieu (PM2.5, CO₂, toluen en formaldehyde). De binnenconcentraties van deze componenten vertonen de tendens om toe te nemen met de IDA-klassenummer. Bacteriën in de binnenlucht blijken echter anti-gecorrleerd te zijn aan de IDA-klassenummer in deze dataset. Dit ligt niet in lijn met ander (internationaal) onderzoek. Dit aspect moet dus verder bestudeerd worden, namelijk over het (samen) voorkomen van de verschillende componenten: gerapporteerde concentratieniveaus zijn potentieel beïnvloed door specifieke karakteristieken in de bestudeerde klaslokalen.
- Voor de woningen verbeterde de fysicochemische kwaliteit van de binnenlucht in energie-efficiënte, mechanisch geventileerde woningen, matig ten opzichte van traditionele woningen (d.w.z. geventileerd via opening van ramen, geen mechanisch ventilatiesysteem). De sterkste verbetering werd vastgesteld voor CO₂ in de woningen, voor de andere gemeten componenten werden minder uitgesproken verbeteringen van de luchtkwaliteit waargenomen.
- Er is nood aan meer aandacht voor geluidshinder geproduceerd door ventilatiesystemen (of geluid afkomstig van buiten dat binnentreedt via openstaande ventilatieroosters). De resultaten duiden op een risico voor verlaagde ventilatiedebieten door geluidshinder, in het bijzonder in slaapkamers uitgerust met mechanische luchttoevoer (systeem D). Dit kan op zijn beurt leiden tot een minder goede binnenluchtkwaliteit.

Globaal genomen zijn mechanisch geventileerde gebouwen doeltreffender geventileerd dan traditionele gebouwen. Deze bevinding wijst erop dat in voldoende geventileerde gebouwen nog lagere binnenluchtconcentraties van pollutanten verkregen zouden kunnen worden, indien een doeltreffende bron-reductiestrategie toegepast zou worden. Richtlijnen over het gebruik van laag-emitterende bouwmaterialen en consumentenproducten, productlabels of regelgeving over materiaalemisies kunnen van grote betekenis zijn om deze doelstelling te bereiken. Daarnaast is de goede werking en de juiste dimensionering van het ventilatiesysteem van groot belang. Informeren en sensibiliseren van relevante actoren bij het dimensioneren en onderhouden van het ventilatiesysteem, zoals fabrikanten, installateurs en architecten is hierbij nodig.

Departement Omgeving bestudeerde in 2016 **de relatie tussen energie-efficiënte renovaties op de binnenmilieukwaliteit in huizen en scholen** verder in een volgende studie, Renovair (Stranger et al., 2016). De bedoeling was om na te gaan of energiebesparende renovaties de binnenluchtkwaliteit beïnvloeden, en of de effectiviteit van een renovatie een impact heeft op de binnenluchtkwaliteit. Daarnaast is onderzocht of de installatie van een hogere efficiënte luchtfiltratie invloed op verkeersgerelateerde binnenluchtkwaliteit veroorzaakt. Het onderzoek is opgesteld als een pilootstudie, waarbij in een relatief kleine steekproef zowel chemische, microbiologische als fysieke kenmerken van de luchtdichtheid van het gebouw, de ventilatie en de oppervlaktetemperatuur bepaald worden. De resultaten zijn beschrijvend van aard, en niet statistisch te onderzoeken. Er zijn 17 gebouwen bestudeerd, waar 7 verschillende, maar veel voorkomende soorten renovaties zijn uitgevoerd (bv. vervanging van ramen, aanbrengen van vloerisolatie, muur-behandelingen tegen opstijgend vocht, de installatie van een mechanisch ventilatiesysteem, uitvoeren van gevelisolatie, vervangen van de luchtfilter,...). Bij de karakterisering van het binnenmilieu werd kwaliteit van zowel de binnen- als de buitenlucht bepaald, en werd de hoeveelheid schimmels en bacteriën in stof bepaald. Daarnaast werden oppervlaktetemperaturen bepaald, en werden luchtdichtheid en ventilatiedebieten gemeten.

Algemeen kan opgemerkt worden dat in de binnenmilieus voornamelijk aldehyden (formaldehyde, acetaldehyde en in mindere mate de somparameter “andere aldehyden”) in aanzienlijk hogere concentraties gemeten werden meer dan 6 maanden na de uitvoering van de energiebesparende renovaties. Deze bevinding geeft aan dat meer dan 6 maanden nadat de renovatie-activiteit plaatsvond, de emissies afkomstig van het gebruik van bouwmaterialen, nog steeds aanwezig zijn. De gemiddelde hoeveelheid vluchtige organische stoffen (VOS) binnenshuis bleek hoger in absolute concentraties, maar niet in binnen/buiten-verhoudingen en de gemiddelde CO₂ binnenshuis bleek vergelijkbaar vóór en na de renovaties, wat aangeeft dat er geen meetbare impact was op de algemene gebouwverluchting. In sommige individuele gevallen werd echter het tegenovergestelde gevonden.

Voor de meesten van de onderzochte gebouwen, kan een relatie tussen binnenluchtkwaliteit en ventilatie karakteristieken (luchtdichtheid en luchtdebiet) worden opgemerkt. Ook bij deze energie-efficiënte renovaties worden hogere concentraties aan vluchtige organische stoffen (VOS) en PM_{2.5} in de buitenlucht, weerspiegeld in het binnenmilieu. Toch hebben luchtfilters een positieve invloed. Zowel de F7- en F9-luchtfilters leiden tot een aanzienlijke vermindering van buiten luchtvervuiling binnenshuis, en worden beiden aanbevolen voor gebruik. Voor scholen op hotspot-locaties is er behoefte aan objectieve aanbevelingen over luchtfiltratie, namelijk wanneer is een luchtfiltratie nuttig en welk type.

In 2021 focuste Departement Omgeving zich op het **binnenmilieu van sociale woningen** in het project ‘My Healthy Home’. Dankzij een karakterisatie van het binnenmilieu, konden risicofactoren gedetecteerd worden, om deze vervolgens te vertalen in adviezen voor een gezond binnenmilieu, specifiek gericht op bewoners van sociale woningen. In totaal namen 4 pre-renovatie- en 24 nieuwbouwprojecten uit 7 verschillende woonwijken van de sociale huisvestingssector deel aan het project. Naast de metingen van chemische gezondheids-relevante pollutanten in het binnenmilieu, werden daarbij ook fysieke parameters van het binnenmilieu bepaald, zoals CO₂, temperatuur, relatieve vochtigheid, oppervlaktetemperaturen (muren, vloer en plafond),



ventilatievoud en geluidsmetingen uitgevoerd. Bewoners werden op verschillende manieren betrokken via bevestigingen, interviews en focusgroepen.

Met betrekking tot het ontwerp van nieuwe woningen, de constructie en technische installaties overlopen we een aantal conclusies uit de studie. Het merendeel van de sociale woningen bleek uitgerust met een vraag-gestuurde ventilatie, aangestuurd door ingebouwde sensoren, en over het algemeen kon waargenomen worden dat de ventilatiesystemen aan de ontwerpisen voldeden. Toch waren er woningen waarin het ventilatiesysteem bijna geen binnenlucht afvoerde. De voornaamste conclusie is dat zelfs wanneer een woning mechanisch geventileerd wordt, het CO₂-gehalte sterk kan verschillen tussen woningen en ook in eenzelfde woning. Zo vertonen slaapkamers meestal de hoogste piekconcentraties. Hieruit volgt dat de selectie van de juiste locatie voor sensoren als onderdeel van een vraag-gestuurd systeem kritisch overwogen moet worden. Daarnaast levert een efficiëntere woningventilatie van een woning een sterkere correlatie tussen binnen en buitenconcentraties van roetdeeltjes (black carbon, BC); en andersom: een minder doeltreffende ventilatie levert een zwakkere correlatie tussen binnen en buitenconcentraties van black carbon. Wat de geluidshinder betreft kan de installatie van de technische ruimte in de keuken tot geluidshinder in de woonkamer leiden, indien de woning over een open keuken beschikt. Ook hier moet de keuze van de juiste locatie voor de technische ruimte kritisch overwogen worden, en indien nodig moet de ruimte voldoende akoestisch geïsoleerd worden.

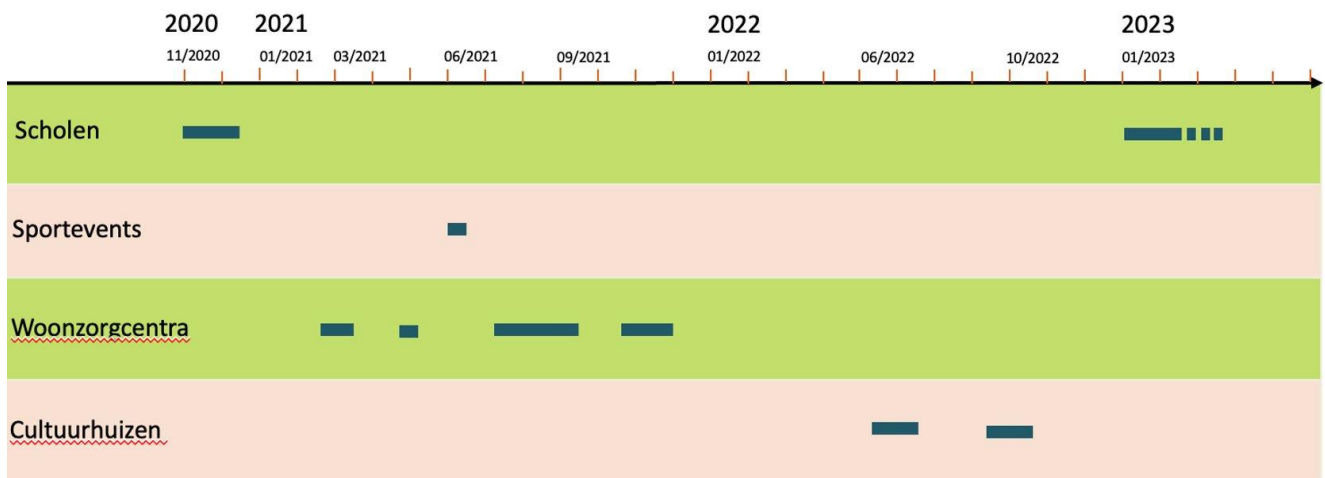
De studie toont dat vergelijkbare woningen een sterk verschillend binnenmilieuprofiel kunnen hebben, afhankelijk van bewoning, activiteiten en het gebruik van het ventilatiesysteem. Sommige sociale woningen zijn overbezet, wat aanleiding geeft tot hogere gemiddelde CO₂-concentraties in de woning, hoge CO₂-pieken, hogere relatieve vochtigheid en hogere waarschijnlijkheid op verhoogde schimmels en bacteriën. Daarnaast heeft het individuele bewonersgedrag een invloed op de kwaliteit van het binnenmilieu. Bewoners die bijvoorbeeld het ventilatiesysteem uitschakelen, veroorzaakten een meetbare impact op de gezondheids-relevante parameters van het binnenmilieu die hier bepaald werden. Ook waren er bewoners die regelmatig ventilatioostersloten, en door tochtstroken onder deuren installeerden, waardoor de noodzakelijke luchtstromen tussen kamers werden verhinderd. Bewoners gaven aan dat ze zelf haast nooit het ventilatiesysteem manueel aanpasten. De knop waarmee het systeem bediend kan worden, was ook vaak geplaatst op een moeilijk te bereiken locatie. Daarnaast heeft bijvoorbeeld roken een significante impact op binnenconcentraties van benzeen (concentraties tot 16 µg/m³ werden gemeten), PM_{2.5}, BC, VOC en aldehyden (in die mate dat sommige meettoestellen overbeladen bleken), maar ook het gebruik van luchtverfrissers heeft een impact op VOCs in het binnenmilieu (geparfumeerde producten) en limoneenconcentraties tot 167 µg/m³ konden vastgesteld worden in deze studie.

1.3.2 Onderzoek en metingen met sensorboxen indoor@box

Uit het eerdere onderzoek van Departement Omgeving kwam naar voor dat, om een goed beeld te krijgen van de kwaliteit van de binnenlucht, er nood is aan een instrument om op een eenvoudige manier pollutanten in de binnenlucht langdurig te kunnen opvolgen. Daarom heeft het Departement Omgeving, samen met VITO, een sensorbox (= de indoor@box) ontwikkeld om een aantal potentieel schadelijke stoffen en parameters in gebouwen te kunnen monitoren (zie ook 2.4.1 voor meer uitleg over de boxen zelf).

Door de ontwikkeling van deze box is het mogelijk om een aantal parameters van de binnenlucht, in vergelijking met eerdere studies, over een langere periode op te volgen. De sensoren in de box meten om de drie minuten. Dit geeft een grote hoeveelheid aan data die onmiddellijk wordt verstuurd naar een dataplatform. De doeltreffendheid van maatregelen (beleid of advies) om het binnenmilieu te verbeteren kan met dit soort sensoren snel geëvalueerd worden. Om een goede meetnauwkeurigheid te garanderen worden de sensoren in de box op regelmatige basis gekalibreerd.

Sinds eind 2020 voert het Departement Omgeving een aantal meetcampagnes met deze indoor@box uit. Zo werden ondertussen al metingen gedaan in scholen (2020) om adviezen te kunnen geven rond verluchten tijdens koude periodes in tijden van een pandemie (Mampaey et al., 2021), metingen voor de heropstart van de sportsector (2021), metingen in woonzorgcentra (wzc) (2021) waarvan dit rapport de resultaten weergeeft en metingen in culturele centra (2022 — overzichtsrapport in 2024). De focus ligt meestal op metingen in binnenomgevingen waar veel mensen samenkomen of verblijven. Op basis van eerdere metingen konden aan scholen die niet beschikken over een ventilatiesysteem concrete adviezen worden gegeven om enerzijds voldoende te verluchten en anderzijds zo weinig mogelijk energie te verspillen⁶.



Figuur 3: Overzicht van de verschillende meetcampagnes binnenluchtqualiteit van Departement Omgeving.

Dit rapport focust op woonzorgcentra. Bij de start van het onderzoek in 2021 was weinig geweten over de luchtkwaliteit in dit type binnenomgeving. In Vlaanderen zijn er een kleine 830 erkende woonzorgcentra, die goed zijn voor ongeveer 83.700 wooneenheden (erkende eenheden en erkenningen in onderzoek)⁷. Statistiek Vlaanderen berekende dat er in 2020 in het Vlaamse gewest 5,3% van de 65-plussers in een

⁶ <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/coronavirus/coronamaatregelen-verlucht-en-ventileer-voldoende>, geraadpleegd op 23/03/2023.

⁷ <https://www.zorg-en-gezondheid.be/overzicht-aanbod-ouderenzorg>, geraadpleegd op 10/10/2022.



woonzorgcentrum woonde. Omgerekend gaat het om iets meer dan 70.000 personen⁸. Gezien personen in wzc over het algemeen een gevoelige doelgroep zijn, die nog meer dan andere bevolkingsgroepen tijd binnen doorbrengt, wordt met de meetboxen van het Departement Omgeving (zie 2.4.1) de luchtkwaliteit in verschillende woonzorgcentra in kaart gebracht. Het geeft daarnaast ook de mogelijkheid om het effect van verschillende ventilatie- en verluchttingsmaatregelen te beschrijven.

Dit onderzoek kadert in een project van het Departement Zorg en het Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden (VIPA) om wzc te ondersteunen en de ontwikkeling van kwaliteitskader voor ventilatie in woonzorgcentra⁹.

Tijdens de afgelopen COVID-periode is sterk ingezet op het informeren en sensibiliseren van de woonzorgcentra over het belang van ventilatie, onder andere met opleidingen ter plaatse. Woonzorgcentra hebben ook de nodige instrumenten gekregen, zoals middelen voor het aankopen van CO₂-meters en een nauwgezet stappenplan rond ventileren en verluchten, om op korte termijn hun risico's op COVID-19 besmettingen te beperken. Bij de lokale medisch milieukundigen kunnen ze nog altijd advies op maat vragen over hun ventilatiemogelijkheden.

Metingen met de indoor@box waren een optie binnen het ondersteuningspakket waarvan wzc gebruik konden van maken. De informatie uit deze metingen leverde nuttige inzichten op, die de wzc ondersteunde om goed te ventileren. Zij ontvingen een beschrijvend rapport met daarin de meetresultaten en waar mogelijk praktische aanbevelingen om beter te ventileren en verluchten.

Om een betere ventilatiekwaliteit in welzijns- en zorgvoorzieningen te stimuleren, bepaalde de Vlaamse Regering een kwaliteitskader(2022). Binnen dit kader werden door het Departement Zorg en VIPA (Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden) een kwaliteitshandboek "Ventilatie in woonzorgcentra", een leidraad voor een ventilatieplan op maat en ventilatiescans ontwikkeld. De metingen leverden hiervoor nuttige input. Naast de luchtkwaliteit kwam naar voor hoe wzc ventileren en verluchten, welke pijnpunten er zijn om dit goed te doen, welke aandachtspunten er zijn om op een goede manier CO₂-metingen en ventilatiescans uit te voeren.

2 OPZET ONDERZOEK

2.1 CONTEXT MEETONDERZOEK

Dit onderzoek vond plaats in de loop van 2021, toen de coronapandemie nog volop actueel was. Er waren toen heel wat maatregelen en aanbevelingen van kracht voor het verbeteren van de ventilatie in gebouwen waar

⁸ <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/zorg/zorg-en-ondersteuning-voor-ouderen>, geraadpleegd op 23/12/2022.

⁹ <https://www.zorg-en-gezondheid.be/vlaamse-regering-wil-betere-ventilatie-stimuleren-in-welzijns-en-zorgvoorzieningen>, geraadpleegd op 06/03/2023.

mensen samen verblijven, werken of naar school gaan. De maatregelen en aanbevelingen die gecommuniceerd werden aan woonzorgcentra waren naast de algemene hygiënemaatregelen, zoals handen wassen en ontsmetten, ook gericht op ventilatie en verluchten om het besmettingsrisico zo laag mogelijk te houden.

Daarnaast werd er door de ‘Taskforce Ventilatie’ van het coronacommissariaat een aantal aanbevelingen opgesteld voor de praktische implementatie en bewaking van ventilatie en luchtkwaliteit. Deze aanbevelingen beschrijven de aanpak voor voldoende ventilatie, al dan niet aangevuld met luchtzuivering, om de verspreiding van het coronavirus en bij uitbreiding andere virussen binnen te kunnen minimaliseren (Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat, 2021). Concreet werd de overschrijding van 1.200 ppm CO₂ als onaanvaardbaar beschouwd waarbij extra maatregelen genomen moesten worden (zoals minder personen in de ruimte). Tussen 900 en 1.200 ppm was het nodig om maatregelen te nemen om te streven naar 900 ppm maximaal. Een CO₂-concentratie lager dan 900 ppm werd beschouwd als voldoende ventilatie om het besmettingsrisico als gevolg van aerosoltransmissie op een aanvaardbaar niveau te houden.

Belangrijk is om bij de interpretatie van dit onderzoek ermee rekening te houden dat deze ventilatiemaatregelen toen van kracht waren. Versterkt door het feit dat de coronapandemie heel actueel was, zal dat er hoogstwaarschijnlijk voor gezorgd hebben dat er meer werd geventileerd dan normaal het geval was. Dit had ook een impact op de bezetting in gemeenschappelijk ruimtes, die waarschijnlijk kleiner was dan voor de corona epidemie.

2.2 WAT METEN WE?

Dit beschrijvend onderzoek wil in de eerste plaats de doeltreffendheid van ventilatie in woonzorgcentra in kaart brengen aan de hand van CO₂-concentraties. Een CO₂-concentratie geeft een indicatie van de mate van luchtverversing in een ruimte, in functie van de bezetting ervan. De metingen gebeurden in verschillende ruimtes die kenmerkend zijn voor woonzorgcentra, zoals gemeenschappelijke ruimtes, cafetaria's, verzorgingsruimtes en individuele kamers. Door in ruimtes met een hogere bezettingsgraad de concentratie onder 900 ppm te houden, is er voldoende ventilatie en wordt de kans op besmetting met COVID-19 of andere virussen via de binnenlucht kleiner. Bij de bespreking van de resultaten wordt dan ook rekening gehouden met deze richtwaarde. Daarnaast formuleerde het coronacommissariaat ook een actiewaarde van 1.200 ppm. Ook aan deze waarde werd getoetst.

In de bijlage van het Binnenmilieubesluit wordt voor CO₂ een richtwaarde opgenomen van minder dan 500 ppm boven de buitenluchtconcentratie. Dit komt ongeveer overeen met de waarde van 900 ppm, aangezien algemeen een gemiddelde buitenconcentratie van 400 ppm CO₂ in rekening gebracht wordt.



2.3 WAAR METEN WE?

De indoor@boxen werden geplaatst in 21 verschillende wzc, waarvan 11 in provincie West-Vlaanderen, 7 in provincie Antwerpen, 2 in Oost-Vlaanderen en 1 in Vlaams-Brabant. De wzc behoorden tot verschillende koepelorganisaties. De wzc werden niet geselecteerd door het Departement Omgeving. Zoals in 1.3.2. beschreven maakten de metingen deel uit van een ondersteuningspakket, waarbij wzc zelf vroegen naar metingen.

Kijken we naar de kenmerken van de wzc, dan zijn er verschillen op vlak van ouderdom van de gebouwen. Zo zijn er metingen uitgevoerd in woonzorgcentra waar de gebouwen (of een deel ervan) recent werden gebouwd of gerenoveerd. Andere waren eerder oudere gebouwen, of combinaties van oud en nieuw. Vaak hebben de verschillende vleugels verschillende bouwjaren. Qua ventilatiemogelijkheden waren er ook een aantal verschillende types zoals ventilatiesysteem D, ventilatiesysteem C, natuurlijke ventilatie en systemen met enkel mechanische afvoer van vervuilde lucht (exclusief dampkap, of systemen die geactiveerd worden bij aanschakelen licht). Er bestaat een verband tussen ventilatiemogelijkheden en ouderdom van het gebouw(deel). Doorgaans beschikken recente vleugels over een mechanisch ventilatiesysteem, terwijl in oudere gebouwdelen niet altijd het geval is. In sommige wzc is er bij renovaties niet altijd rekening gehouden met het bestaande ventilatiesysteem: zo werden er soms ruimtes met een aan- en afvoerventilatiesysteem opgesplitst in verschillende ruimtes. Eén of meerdere muren scheiden dan het ventilatiesysteem, waardoor het systeem niet naar behoren kan functioneren zoals het oorspronkelijk bedoeld was.

Op vlak van kennis over het soort en de werking van ventilatiesysteem waren er tussen de wzc onderling verschillen. Wzc die tot een keten of groep behoorden, hebben vaker een preventieadviseur in dienst, die veelal gespecialiseerde kennis bezit. Kleinere wzc doen eerder beroep op personeel ter plekke, zoals vb. een IT'er. In verschillende gevallen was er ter plekke niets geweten over het systeem: men wist niet welk soort ventilatiesysteem in een bepaalde ruimte aanwezig was.

Om te bepalen in welke ruimtes de metingen zouden plaatsvinden, werd aan het wzc gevraagd om een eerste selectie voor te stellen. De focus lag op ruimtes met een hogere bezetting. Bij deze eerste selectie hield het wzc er ook rekening mee of het mogelijk was om de sensorbox in de ruimte te plaatsen. De installatie van de indoor@boxen werd voorafgegaan door een rondgang in de ruimtes die door het wzc werden geselecteerd. Samen met een verantwoordelijke van het wzc werden de verschillende ruimten door een medewerker/ster van het Departement omgeving bekeken. Hierbij was er aandacht voor het type ruimte, bezettingsgraad, ventilatie en verluchtingsmogelijkheden en enkele fysieke kenmerken van de ruimte.

Er is gemeten in een aantal verschillende types ruimtes:

- Gemeenschappelijke ruimtes voor bewoners zoals eetruimtes, leefruimtes (of combinaties van leef- en eetruimtes), cafetaria's;
- Private ruimtes zoals bewonerskamers;

- Ruimtes voor diensten zoals kapsalon, kinesitherapieruimtes en badkamers;
- Ruimtes voor personeel zoals verpleegpost/personeelsruimtes, bureaus, vergaderzalen, personeelsrestaurant.

In dit rapport bespreken we de data uit de ruimtes waarvoor er voldoende meetdata beschikbaar zijn om algemene uitspraken te doen (los van het specifieke woonzorgcentrum), met name eet- en leefruimtes (al dan niet gecombineerd), aparte leefruimtes, bewonerskamers en personeelsruimtes. Cafetaria's zijn niet opgenomen in dit rapport, aangezien bezoeken tijdens de coronaperiodes beperkt werden. In deze ruimtes was er dus steeds een lage bezetting. Ruimtes voor diensten (kapsalon, kinesitherapie, ...) maken eveneens geen deel uit van de huidige analyse, aangezien niet voldoende metingen voorhanden zijn.

In dit rapport wordt geen informatie opgenomen over de effectieve bezetting van de verschillende ruimtes. Tijdens de metingen werd aan de wzc gevraagd om een logboek bij te houden van de bezetting in de verschillende ruimtes. Hoewel het personeel dit naar goed vermogen invulde, werd duidelijk dat het uit praktische overwegingen niet haalbaar was om het afdoende in te vullen.

Onderstaande tabel geeft het aantal ruimtes weer waar er gemeten is, per categorie ruimte en ventilatiesysteem (zie 1.1 voor meer informatie over de ventilatiesystemen). De indeling is gebaseerd zoals het ventilatiesysteem oorspronkelijk was voorzien. Er waren in de wzc geen ruimtes met een ventilatiesysteem B aanwezig, wel met ventilatiesysteem van het type A, C en D. Ventilatiesysteem A en natuurlijk ventilatie hebben we in één categorie gebundeld, aangezien het niet mogelijk was om op basis van een rondleiding het onderscheid tussen beiden te maken. In het ventilatietype C werd ook de ventilatie met enkel afzuiging meegerekend, omdat deze oorspronkelijk voorzien waren als systeem C. Ventilatietypes met enkel aanvoer via raamroosters of die op nog andere manieren gebeurden, zijn ingedeeld in de kolom 'Andere' in Tabel 1. In een aantal gevallen was het niet mogelijk om te achterhalen of er een ventilatiesysteem van een bepaald type in de ruimte aanwezig was (kolom 'Systeem niet gekend' in Tabel 1).

Het is belangrijk hierbij op te merken dat in dit onderzoek ventilatiesystemen zijn gecategoriseerd zoals ze voorzien zijn bij de bouw van de ruimte. Dit heeft als gevolg dat in bepaalde gevallen, omwille van aanpassingen aan de ruimte of aanpassingen aan het ventilatiesysteem, het type ventilatiesysteem niet meer overeenkomt met de praktijk. Een voorbeeld hiervan is een ruimte die bij de bouw een ventilatie C had, maar waar na aanpassingen geen mechanische afzuiging meer is. Deze ruimte wordt in dit onderzoek geregistreerd als een systeem C.

In bepaalde ruimtes werd er op verschillende tijdstippen in het jaar gemeten (zie ook 2.5). Dit overzicht houdt geen rekening met die verschillende metingen: indien in één ruimte meerdere meetperiodes waren, telt dit als één ruimte.



Type ruimte/type ventilatie	D	C (incl. enkel permanente afzuiging)	A / Natuurlijk	Andere (Zoals aanvoer)	Systeem niet gekend	Totaal (alle metingen)	Totaal (metingen in verdere analyses = zonder andere en systeem niet gekend)
Bewonerskamer	3	6	6		5	20	15
Leefruimte (apart)	2	6	8			16	16
Eet- en leefruimte (gecombineerd) / Eetruimte	18	11	23	8	6	66	60
Personeelsruimte	3	3	7		1	14	13
Totaal	26	26	44	8	12	116	96

Tabel 1: Aantal ruimtes waar metingen plaatsvonden, onderverdeeld per soort ruimte en ventilatiesysteem.

De systemen waarvoor we geen verdere informatie hebben (kolom 'systeem niet gekend'), of waar het niet duidelijk is hoe de verluchting/ventilatie gebeurt, worden in de verdere analyse niet meegenomen (zie hoofdstuk 3, hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, hoofdstuk 5 en hoofdstuk 6). Globaal genomen, rekening houdend met alle ruimtes incl. die met ventilatiesysteem 'ander' en 'niet gekend', hebben we het meest frequent gemeten in gecombineerde eet- en leefruimtes: dit is goed voor 57% van de ruimtes. 14% van de ruimtes bestaat uit aparte leefruimtes en het aandeel bewonerskamers is 17%. Tot slot betreft 12% van de ruimtes personeelsruimtes. De verhoudingen per ruimte bij het aantal metingen die in de verdere analyses worden gebruikt, zijn dezelfde als bij de verhoudingen voor alle metingen.

In 17% van de 116 ruimtes waar we gemeten hebben, is ofwel het ventilatiesysteem niet gekend (10%) ofwel valt het onder het type ander (7%). De meeste ruimtes (38% — 44 ruimtes) beschikken over een natuurlijke ventilatie. Een klein vierde (22% — 26 ruimtes) van de ruimtes beschikt over een systeem D of C.

2.4 HOE METEN WE?

2.4.1 De meetapparaten van Departement omgeving: indoor@boxen

Het Vlaams Departement Omgeving ontwikkelde, samen met VITO, een sensorbox om een aantal pollutanten continu te meten (Lazarov et al., 2019). Elektronische sensoren hebben als voordeel dat ze gemakkelijk in gebruik zijn en onmiddellijk resultaat geven, en dus toelaten veranderingen in het binnenmilieu snel op te merken. De parameters die de 'indoorbox' kan meten, zijn:

- Fijn stof (PM₁, PM_{2,5} en PM₁₀)
- Koolstofdioxide (CO₂)

- Koolstofmonoxide (CO)
- Stikstofdioxide (NO₂)
- Vluchtige organische stoffen TVOS (VOC)
- Temperatuur
- Relatieve luchtvochtigheid
- Geluid
- Bewegingsdetectie
- Lichtintensiteit
- Elektriciteitsverbruik



Figuur 4: Indoorboxen en polluenten die gemeten worden.

Deze parameters zijn belangrijk omdat ze bij hogere waarden de comfortervaring en/of de gezondheidsimpact van de binnenlucht kunnen beïnvloeden. De meetboxen monitoren continu bovenstaande parameters. De meetgegevens worden geaggregeerd per drie minuten en vervolgens doorgestuurd naar het dataplatform *Thingsboard* van het departement Omgeving.

Voor het onderzoek in de woonzorgcentra met als focus ventilatie als preventieve maatregel tegen luchtgedragen virustransmissie, werd enkel gebruik gemaakt van de CO₂-meetresultaten. De aanname is immers dat, hoe hoger de CO₂-concentratie is, hoe hoger de concentratie bioaerosolen (microdruppels die door de ademhaling worden geproduceerd) die micro-organismen, zoals bacteriën en virussen, kunnen bevatten. Virussen zoals SARS-CoV-2, maar bijvoorbeeld ook het griepvirus, RSV of tuberculose kunnen zich naast contact-transmissie en druppeltransmissie ook verspreiden via luchtgedragen transmissie. Het gebruikte dataplatform, waar de meetresultaten naartoe werden gestuurd, maakt het ook mogelijk om in real-time de metingen op te volgen om zo eventueel te kunnen ingrijpen indien de CO₂-concentratie te hoog zou worden.



2.4.2 KMI-gegevens voor buitentemperatuur

Zoals eerder beschreven hangt een goede ventilatie — zeker in ruimtes zonder mechanisch ventilatiesysteem — af van ventilatie en verluchting door regelmatig ramen en/of deuren te openen. Uit eerdere metingen in het kader van de afgelopen onderzoeksprojecten naar binnenluchtkwaliteit, georganiseerd door het departement Omgeving, weten we dat er bij warmere buitentemperaturen gewoonlijk meer geventileerd en verlucht wordt via ramen, dan bij koudere temperaturen. In het geval echter van extreem warme buitentemperaturen, is de kans opnieuw groot dat de ramen dicht blijven. Het effect op de resultaten zou dus zijn dat er op koudere dagen en op dagen van extreme warmte hogere CO₂-waarden gemeten worden.

Om onderscheid te maken tussen een koude of een warme periode buiten, werd gebuikt gemaakt van data van het KMI. Het KMI stelt meetdata uit het verleden van een beperkt aantal plaatsen in België ter beschikking¹⁰. Er werden vijf KMI-maatlocaties geselecteerd, die in de regio liggen van de verschillende zorgcentra, met name: Beitem (in West-Vlaanderen), Melle (in Oost-Vlaanderen), Stabroek en Retie (in Antwerpen) en Ukkel (in Brussel-Hoofdstelijk-Gewest).

Die data bevat voor elke dag van 2021 de maximale, gemiddelde en minimale temperatuur. De data van het dichtst bijgelegen weerstation werd telkens gebruikt om te bepalen of het om een koudere of warmere buitentemperatuur ging.

2.4.3 Bijkomende informatie

Daarnaast werd aan de woonzorgcentra gevraagd om een logboek van activiteiten bij te houden. In de praktijk werden de logboeken vaak niet of onvolledig ingevuld, waardoor er weinig bijkomende informatie ter beschikking is over bezetting, openen van ramen en deuren,

2.5 WANNEER METEN WE?

Dit rapport is het resultaat van metingen in 21 verschillende woonzorgcentra die verspreid waren over Vlaanderen, waar gedurende 1 à 2 weken parallel in verschillende ruimtes van een woonzorgcentrum gemeten is. Dit leverde in totaal meer dan 120 meetdagen op, met meetgegevens uit verschillende ruimtes als resultaat, gedurende verschillende seizoenen. Er is minimum 2 en maximum 16 dagen gemeten in de ruimtes. De variatie is te verklaren door de wensen van de wzc om verschillende ruimtes te meten binnen tijdsperiode dat de indoor@boxen beschikbaar waren.

In het vorige deel (2.4.2) werd reeds vermeld dat er een relatie bestaat tussen de buitentemperatuur en (natuurlijke) ventilatie via het openen van ramen en/of deuren. Daarom bestaat het volgende onderdeel eerst uit een algemene categorisering van de maanden op vlak van gemiddelde buitentemperaturen, en vervolgens

¹⁰ <https://www.meteo.be/nl/weer/waarnemingen/belgie>, geraadpleegd op 13/10/2022

uit een indeling van de meetperiodes in relatie tot de buitentemperaturen en type ruimte en ventilatiesysteem.

Nemen we de buitentemperatuurmetingen van Ukkel als referentiepunt voor het jaar 2021, dan is het gemiddeld genomen een vrij mild jaar. Tijdens de maanden juni, juli en augustus zijn gemiddelde temperaturen rond de 17°C genoteerd, waardoor de aanname is dat de ramen sneller en langer geopend worden om te ventileren en te verluchten. In deze maanden zijn de schommelingen tussen de gemiddelde maximale en minimale temperatuur ook vrij laag. De maand september, met een gemiddelde rond de 15°C, lijkt een overgangsmaand tussen de warmere temperaturen in augustus en de koudere in oktober. De maanden maart, april, mei, oktober en december hebben gemiddelden tussen de 7 en de 11°C. Voor de maanden januari, februari en november zijn de gemiddelden nog iets koeler tussen de 1 en 6°C.

	Gemiddelde temperatuur [°C]	Gemiddelde maximale temperatuur [°C]	Gemiddelde minimale temperatuur [°C]	Verschil tussen gemiddelde max. temp. en gem. min. temp. [°C]	Start meetperiode alle wzc	Aantal meetdagen alle wzc
Januari	3.3	8.5	-0.5	-9	n.v.t.	n.v.t.
Februari	1.5	10.5	-3.5	-14	n.v.t.	n.v.t.
Maart	7.3	13.0	4.3	-8,7	15-29/03	15
April	8.3	12.8	2.0	-10,8	26-30/04	4
Mei	11.5	12.0	6.0	-6	02-07/05	5
Juni	17.0	19.4	14.8	-4,6	n.v.t.	n.v.t.
Juli	17.3	20.0	14.5	-5,5	05-26/07	22
Augustus	17.0	21.8	14.0	-7,8	13-20/08 23-31/08	17
September	15.0	19.7	12.0	-7,7	01-17/09	17
Oktober	10.5	15.0	9.0	-6	22-31/10	9
November	5.3	12.8	3.5	-9,3	01-30/11	30
December	7.5	14	2	-12	02-10/12	9

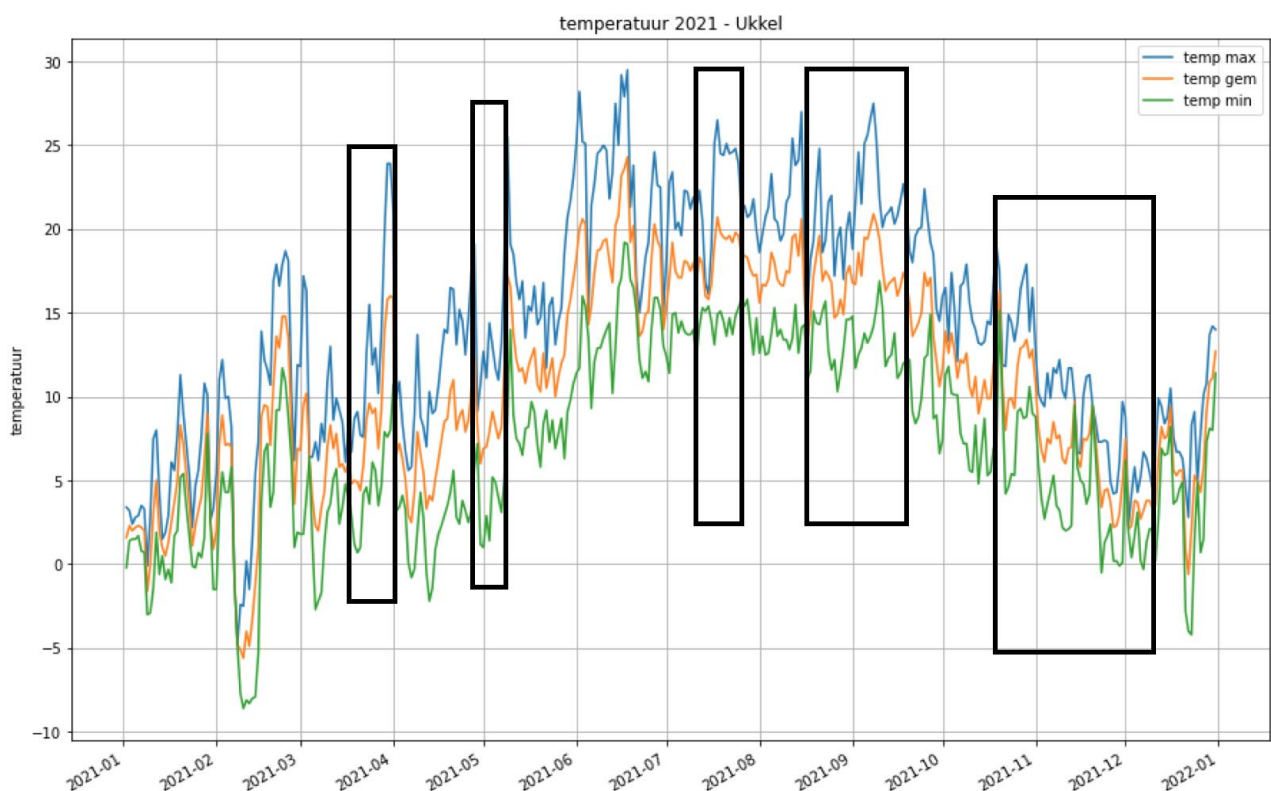
Tabel 2: Overzicht van de gemiddelde temperaturen per maand om een globaal beeld te krijgen van de koudere en warmere maanden, en aanduiding van de meetperiodes (alle metingen, incl. in ruimtes met ander ventilatiesysteem en ongekend).

De metingen werden uitgevoerd gedurende in totaal 128 dagen, verspreid over verschillende maanden, met name: maart, april, mei, juli, augustus, september, oktober, november en december. De dag van plaatsing en ophaling van de indoor@box zijn meegerekend. Er werden zowel metingen uitgevoerd tijdens warme buitentemperaturen (juli en augustus en de eerste helft van september, met een gemiddelde rond 15-17°C) als



tijdens koudere buitentemperaturen (maart, april, mei, oktober en december, met een gemiddelde rond 7°C-11°C). De maand november was met een gemiddelde rond 5,3°C de koudste maand van de CO₂-metingen.

Figuur 4 geeft de temperaturen volgens de drie categorieën gemiddelde temperatuur, gemiddelde maximale en gemiddelde minimale temperatuur weer. Uiteraard zijn er nog schommelingen naargelang de specifieke meetperiode, die kort worden toegelicht.



Figuur 5: Aanduiding van de gemiddelde temperaturen (in °C) met globale aanduiding van de meetperioden.

Tijdens de warmere maanden juli en september is er een aantal dagen geweest met maximale temperaturen rond of boven de 25°C. Voor augustus was er maar één dag met temperaturen rond 25°C. Op deze dagen is de kans groot dat de ramen overdag dicht bleven, om hitte buiten te houden. Ook tijdens koudere maanden, kunnen warmere dagen voorkomen. Op deze dagen is de kans groter dat men de ramen en/of deuren langer open houdt. De dagen waarop gemeten werd in de maand maart waren overwegend koel, maar toch zijn er een paar dagen genoteerd met gemiddelde temperaturen boven de 15°C, en maxima tegen de 25°C. Ook eind

oktober bedroeg de maximale temperatuur meer dan 15°C gedurende één dag. Op dagen met een gemiddelde boven de 15°C is het aangemelijk dat men ramen en deuren langer openhield.

Gemakkelijkheidshalve categoriseren we de verschillende meetperiodes in:

- “warme” maanden, met name juni, juli, augustus en september
- “koude” maanden, met name maart, april, mei, oktober, november, december.

Type ruimte	D	C	A/ natuurlijk	Overzicht (optelling) aantal meetperiode (per type ruimte)
Bewonerskamer	Juli Augustus Mei	Augustus September Oktober November December	Juli Augustus Maart	Juli (2) Augustus (2) September (1) Maart (1) Mei (1) Oktober (1) November (1) December (1)
Leefruimte (apart)	Augustus Geen koude maanden	Juli Augustus September Oktober November	Juli Augustus September Maart	Juli (2) Augustus (3) September (2) Maart (1) Oktober (1) November (1)
Eet- en leefruimte (gecombineerd)	Juli Augustus September April Mei Oktober November December	Augustus September Oktober November	Juli Augustus September Maart Oktober November December	Juli (2) Augustus (3) September (3) Maart (1) April (1) Mei (1) Oktober (3) November (3) December (2)
Personeelsruimtes	Augustus April Mei	Juli December	Juli Augustus September November December	Juli (2) Augustus (2) September (1) April (1) Mei (1) November (1)



				December (2)
Overzicht (optelling) meetmaanden (per type systeem)	Juli (2) Augustus (4) April (2) Mei (3) Oktober (1) November (1) December (1)	Juli (2) Augustus (3) September (3) Oktober (3) November (2) December (2)	Juli (4) Augustus (4) September (3) Maart (3) Oktober (1) November (2) December (2)	

Tabel 3: Periode van de meetcampagnes in relatie tot globale buitentemperatuur (onderverdeling in koudere en warmere maanden), volgens type ruimte en ventilatiesysteem (alle metingen).

Globaal genomen zijn er voor iedere ruimte in zowel warme als koude maanden metingen gebeurd.

Per ruimte en type systeem zijn echter niet altijd (evenveel) metingen tijdens de koude maanden. In een categorisering per ruimte en ventilatiesysteem zijn er voor de leefruimtes apart geen metingen gebeurd tijdens de koude maanden voor ventilatiesysteem D, ook bij deze ruimtes met het type A-systeem/natuurlijk zijn de metingen vooral gebeurd tijdens de zomermaanden. Voor dat laatste geldt de maand maart als koudere periode. Voor de bewonersruimtes met ventilatietype A en D zijn eveneens vooral metingen gebeurd tijdens de warmere maanden. De maanden maart en mei gelden dan als koudere periode. Tot slot is ook voor de personeelsruimtes met het type D-ventilatiesysteem vooral tijdens warmere maanden gemeten. De maanden april en mei waren de koudste meetmaanden voor deze ruimtes.

2.6 OPBOUW BESCHRIJVING VAN DE RESULTATEN

Er zijn gedurende circa 120 dagen — wat ongeveer overeenkomt met 4 maanden — metingen gebeurd in verschillende ruimtes in wzc. We hebben een eerste selectie van ruimtes gemaakt, met name bewonerskamers, ruimtes die de eetruimte en leefruimte al dan niet combineren, aparte leefruimtes en personeelsruimtes, omdat deze ruimtes over voldoende meetresultaten beschikten. Er is gekozen om de meetgegevens per soort ruimte samen te voegen: er is dus een abstractie gemaakt het wzc op zich. Dit rapport bespreekt de resultaten per type ruimte.

Per type ruimte werden de data opgesplitst volgens het type ventilatiesysteem: 'systeem D', 'systeem C' (incl. enkel mechanische afvoer), 'natuurlijke ventilatie', 'ander' (zoals enkel aanvoer) en 'systeem ongekend'. Bij de bespreking van de resultaten van iedere ruimte wordt eerst een overzicht van alle datapuntegegeven (incl. categorieën 'ander' en 'systeem ongekend'). Vervolgens zal het rapport de verschillende types ventilatie analyseren, deze keer zonder de categorie 'ander' en 'systeem ongekend'.

In de analyses worden alle datapunten meegenomen, dus ook de waarden wanneer de ruimtes niet of nauwelijks bezet zijn. Het was namelijk moeilijk om info te verzamelen (via logboeken) over de bezetting en

het gebruik van de ruimtes. De meetboxen registreren om de 3 minuten een waarde (= datapunt). Veel ruimtes worden gedurende hele tijdsperioden niet of nauwelijks gebruikt, vb. eet- en leefruimtes 's nachts, of bewonerskamers tijdens het middageten. Rekening houden met alle datapunten gedurende 24 uur geeft een vertekend beeld. Daarom legt dit rapport bij het beschrijven van de resultaten de focus op het aantal overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm per type ruimte, telkens opgesplitst per type ventilatiesysteem.

Zoals in 1.2 aangegeven, beschouwen we een ruimte met een CO₂-concentratie die lager is dan 900 ppm (of 500 ppm boven buitenconcentratie), als goed geventileerd. In de context van COVID-19 is dit een aanvaardbare waarde om op maatschappelijk vlak de verspreiding van het virus via aërosolen beperkt te houden. Tussen 900 en 1.200 ppm is het nodig om maatregelen te nemen om te streven naar 900 ppm. Waarden hoger dan 1.200 ppm zouden in principe moeten vermeden worden.

Daarnaast wordt in de beschrijving ook de spreiding van de resultaten besproken. De spreiding geeft immers informatie over het relatief meer voorkomen van hogere waarden.

3 MEETRESULTATEN BEWONERSKAMERS

Er is in totaal in 20 verschillende bewonerskamers gemeten gedurende verschillende meetperioden in de maanden maart, mei en tussen juli en december 2021. Tellen we over de verschillende wzc alle meetdagen in bewonerskamers samen, komen we ongeveer tot circa 73 meetdagen. In deze tijdspanne werden er 59.214 datapunten verzameld, die resulteren in een CO₂-monitoring op een tijdsresolutie van 3 minuten. De maximaal gemeten CO₂-waarde was gelijk aan 2.393 ppm. Voor deze beschrijving van de luchtkwaliteit in bewonerskamers wordt de volledige dataset gebruikt, dus met inbegrip van lage waarden wanneer er niemand aanwezig is in de ruimtes. Er is voor deze aanpak gekozen omwille van het divers gebruik van de ruimtes waardoor het moeilijker is gelijk gebruik van de ruimtes te clusteren zonder het verlies van veel datapunten.

De analyse focust daarom op het voorkomen van overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm per type ventilatiesysteem. Daarbij is vooral de vergelijking per type ventilatiesysteem van belang en minder het percentage overschrijdingen omdat dit ook ten opzichte van de lage CO₂-waarden is die voorkomen als de ruimtes niet bezet zijn. Daarnaast is ook de spreiding van de dataset belangrijk. Per ventilatiesysteem wordt daarom via een Violin-plot weergegeven wat de spreiding is van de meetresultaten (zie 3.1.3).

	Aantal	Percentage
Aantal datapunten	59.214	
aantal metingen boven 900 ppm	4.825	8,15%
aantal metingen boven 1.200 ppm	1.544	2,61%



Tabel 4: Totaal aantal datapunten in de 20 bewonerskamers, en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (alle metingen)

3.1 ANALYSE PER TYPE VENTILATIESYSTEEM

Onderstaande tabel geeft het aantal metingen per gekend ventilatiesysteem. In de tabel worden datapunten uit ruimtes waar het ventilatiesysteem niet kon bepaald worden niet meegenomen (types “andere” of “niet gekend”). De analyse gebeurde dus op basis van de gegevens uit 15 bewonerskamers. Er werden 42.619 datapunten verzameld, die resulteren in een CO₂-monitoring op een tijdsresolutie van 3 minuten. In de meeste bewonerskamers was er een ventilatiesysteem C aanwezig. De meeste datapunten hebben we bij bewonerskamers met een ventilatiesysteem C. In verhouding werden bij het type C ventilatiesysteem de meeste overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm CO₂ gemeten. Ventilatiesysteem D heeft de beste resultaten, daar werd geen enkele overschrijding van 900 en 1.200 ppm vastgesteld. Bij kamers met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A zijn er wel overschrijdingen van 900 ppm, maar niet van 1.200 ppm.

	Vent D	Vent C	Natuurlijke ventilatie/Vent A
Aantal datapunten	11.333	16.775	14.511
Percentage metingen boven 900 ppm	0	13,0 %	2,4 %
Percentage metingen boven 1.200 ppm	0	2,75 %	0 %

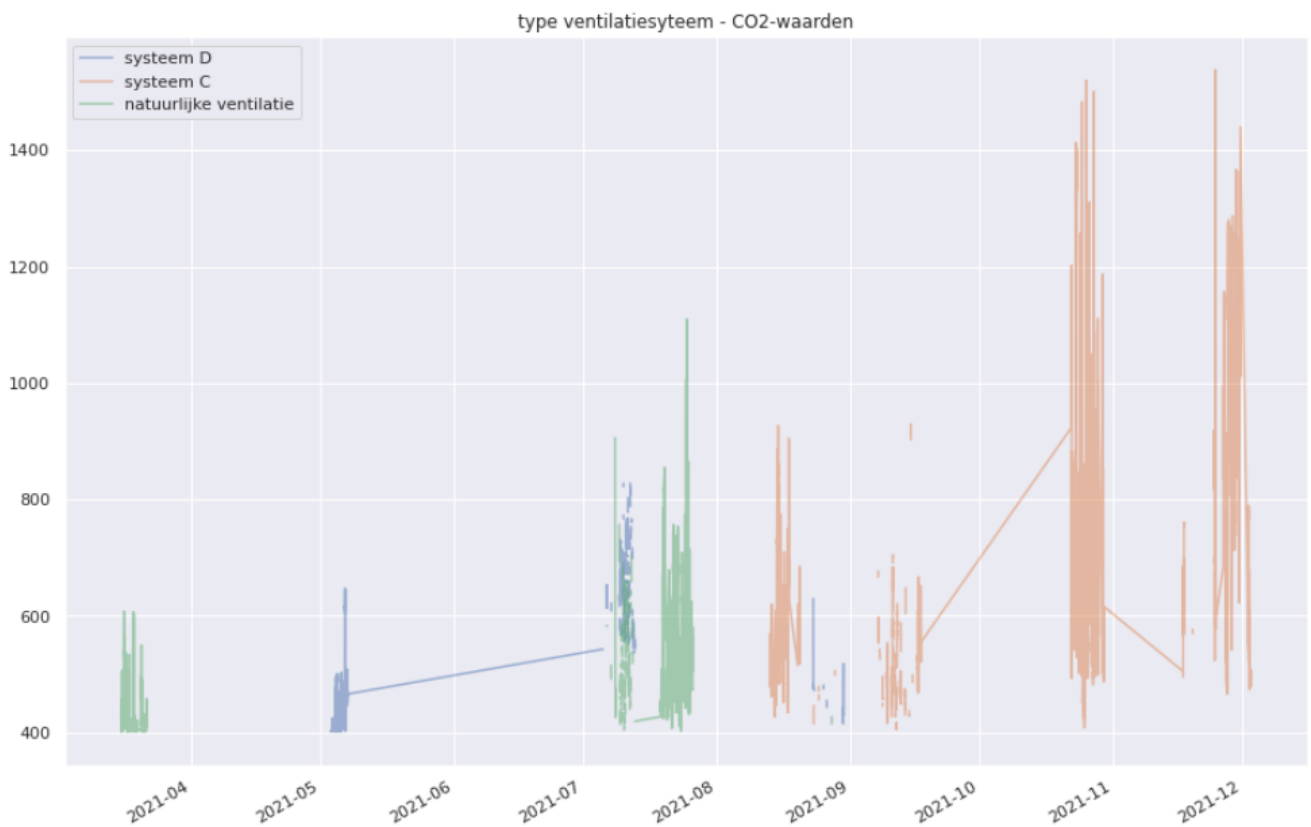
Tabel 5: Aantal datapunten in de 15 bewonerskamers en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm (data ruimtes met ventilatiesysteem natuurlijke ventilatie/A, C en D)

3.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur geeft de CO₂-waarde per type ventilatiesysteem en per meetperiode. Er is gemeten in de maanden maart, mei, juli, augustus, september, oktober, november en december. Tijdens warmere buitentemperaturen is ventileren op natuurlijke wijze mogelijk met weinig hinder door tocht en koude. Ook met energieverlies moet dan geen of weinig rekening worden gehouden. Bij te warme buitentemperaturen worden ramen en gordijnen opnieuw vaak dicht gehouden.

De meetperiode met warmere buitentemperaturen gebeurde in juli, augustus en september. De maand juli had een gemiddelde temperatuur van 17,3°C. De maximale temperatuur op de meetdagen was tussen 21 en 22°C, en de minimale waarden bedroegen tussen de 12 en 14°C. In augustus was de gemiddelde temperatuur 17°C. In september was tijdens de meetperiode de maximale temperatuur tussen 21 en 28 graden.

De tweede meetperiode was tijdens een koudere periode in maart, mei, oktober, november en december 2021, met respectievelijke gemiddelden van 7,3°C ; 11,5°C; 10,5°C ; 5,3°C en 7,5°C. Tijdens de meetperiode in maart waren de maxima rond de 10 °C, met één dag rond 19°C.



Figuur 6: Opsplitsing van de datapunten per periode en type ventilatiesysteem voor de 15 bewonerskamers (data ruimtes met ventilatiesysteem D, C, natuurlijke ventilatie/A; Y-as is de CO₂ in ppm en X-as is het tijdstip)

In bewonerskamers met een ventilatiesysteem D werden metingen uitgevoerd in mei, juli en september. Zowel tijdens de warmere als tijdens de koudere buitentemperaturen blijven de metingen onder de grenswaarde van 900 ppm.

In bewonerskamers zonder ventilatiesysteem (natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A) werden metingen uitgevoerd in maart en juli tijdens een warmere periode. Tijdens de meetcampagne waren sommige dagen in maart vrij koud, met maxima rond 8°C, andere dagen waren dan weer warmer, met maxima rond 20°C. Het is aannemelijk dat tijdens de warmere dagen in maart en juli er geventileerd werd door de ramen en of deuren te openen.

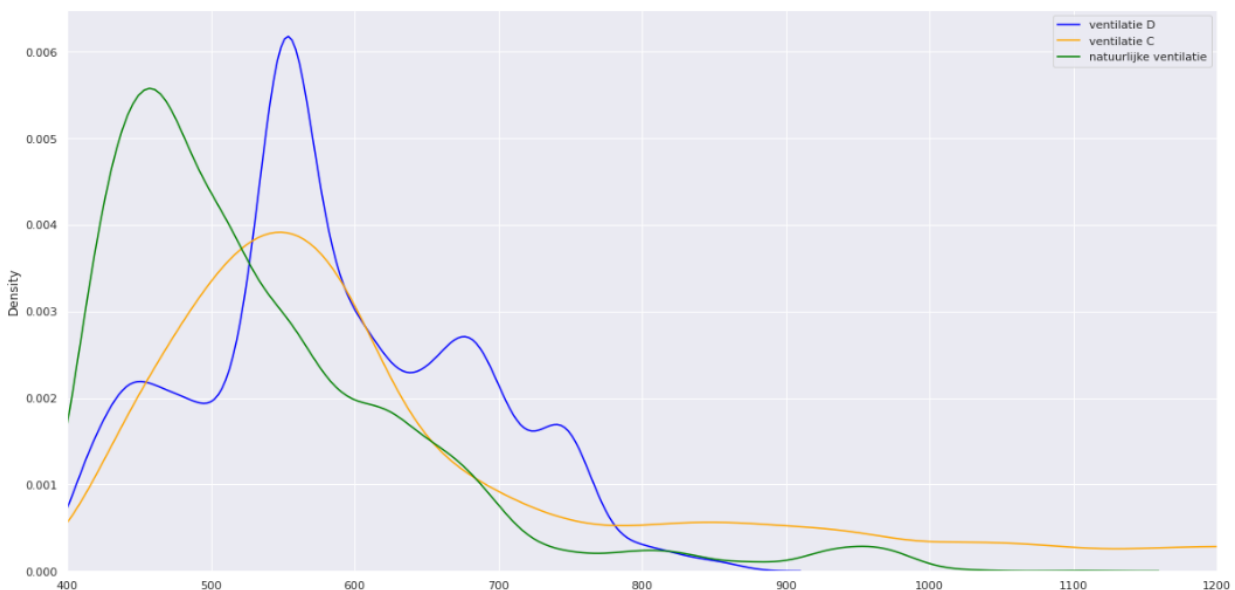


Globaal genomen blijken de metingen in de bewonerskamers die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D lagere CO₂-waarden op te leveren dan de bewonerskamers die op natuurlijke wijze ventileren. De metingen in kamers met dit ventilatiesysteem vonden plaats in mei, juli en september.

In bewonerskamers, die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem C, werd in een warmere en koudere periode gemeten. Wat opvalt is dat bij de metingen in de warmere periode (augustus en september) de CO₂-waarden over het algemeen lager zijn dan metingen in koudere periodes (oktober, november en december). De waarde in die koudere periode zijn vaak hoger dan 900 ppm en soms zelfs hoger dan 1.200 ppm. In dit onderzoek werd de werking van het ventilatiesysteem, of de mogelijkheid dat bewoners zelfs de roosters kunnen openen of sluiten, niet geanalyseerd. Het is bijgevolg niet mogelijk om de oorzaak van de hogere waarden te achterhalen. Uit onderzoek komen drie mogelijke verklaringen naar voor. Ten eerste worden ventilatieroosters bij koudere buitentemperaturen vaker gesloten (gehouden). Ten tweede is de kans groot dat aanvullende verluchting via openen van ramen en/of deuren minder frequent bij koudere temperaturen gebeurt. Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de ventilatiesystemen in het onderzoek niet naar behoren functioneerden. De werking van de ventilatiesystemen werd echter in deze studie niet onderzocht

3.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur is een 'density plot': een distributiegrafiek dat een afgevlakte versie van het histogram is. Het geeft de distributie van de gemeten CO₂-waarden per type ventilatiesysteem weer. Enkel de waarden tussen 400 en 1.200 ppm worden weergegeven omdat 1.200 ppm tijdens dit meetonderzoek de grenswaarde was voor het binnenmilieu (om het risico op besmetting met COVID-19 zo laag mogelijk te houden).

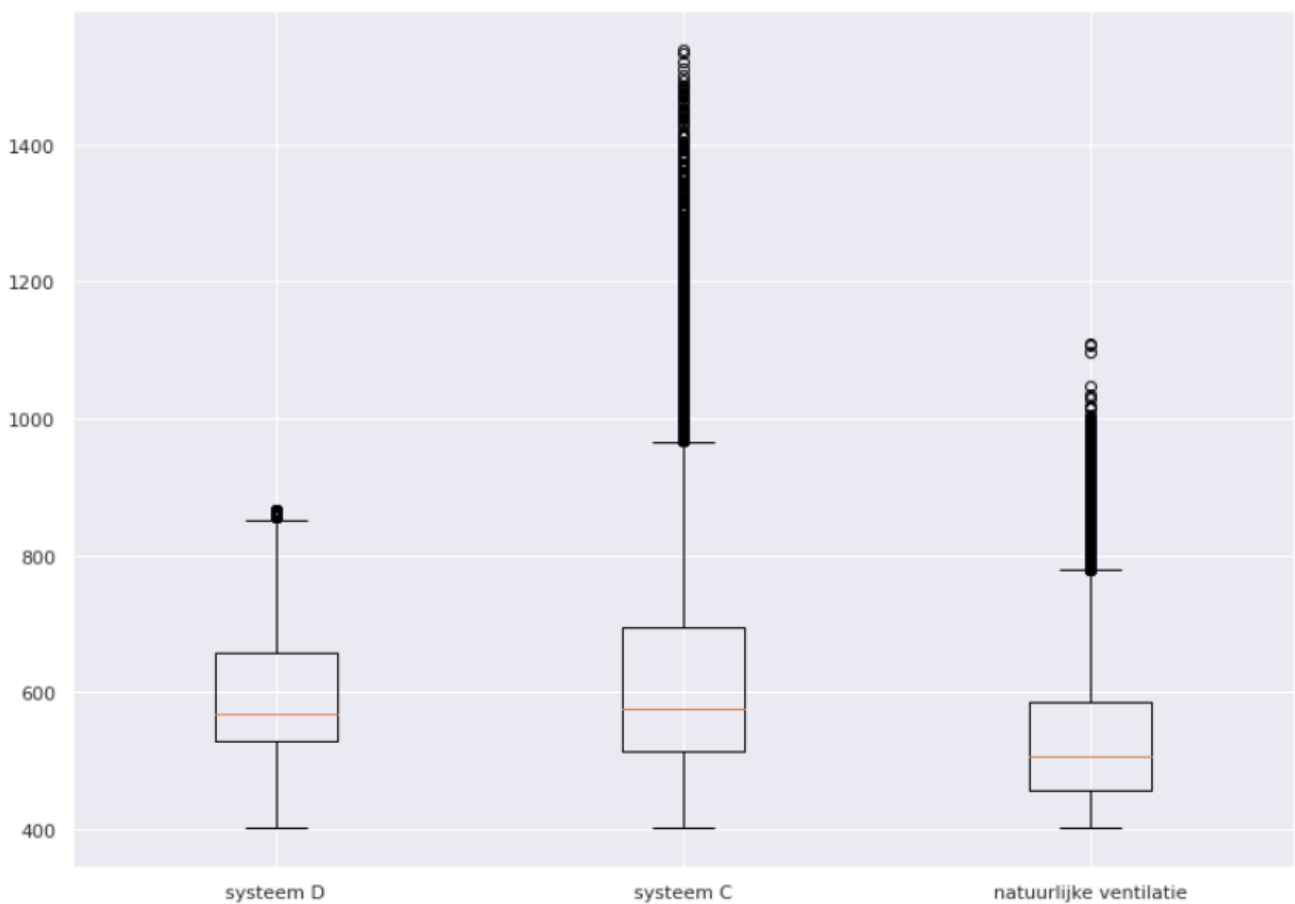


Figuur 7: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 400 en 1.200 ppm (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

In ruimtes met een ventilatiesysteem D komen weinig tot geen hogere CO₂-waarden (i.e. tussen 900 en 1200 ppm), terwijl dit wel zo is bij de andere types ventilatiesystemen. Bij ruimtes met een ventilatiesysteem C komen het meeste hoge waarden voor (tijdens de periode waarin deze data gecollecteerd werden).

3.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen

Onderstaande figuur geeft boxplots voor de CO₂-waarden opgesplitst per type ventilatiesysteem.



Figuur 8: Boxplot van de datapunten voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C, en natuurlijk/A).

Hoewel de mediane concentraties van elk type ventilatie lager dan 600 ppm was (hetwelk gevolg kan zijn van een lege bewonerskamer, toont de boxplot ook duidelijke verschillen tussen de 3 ventilatiesystemen. In

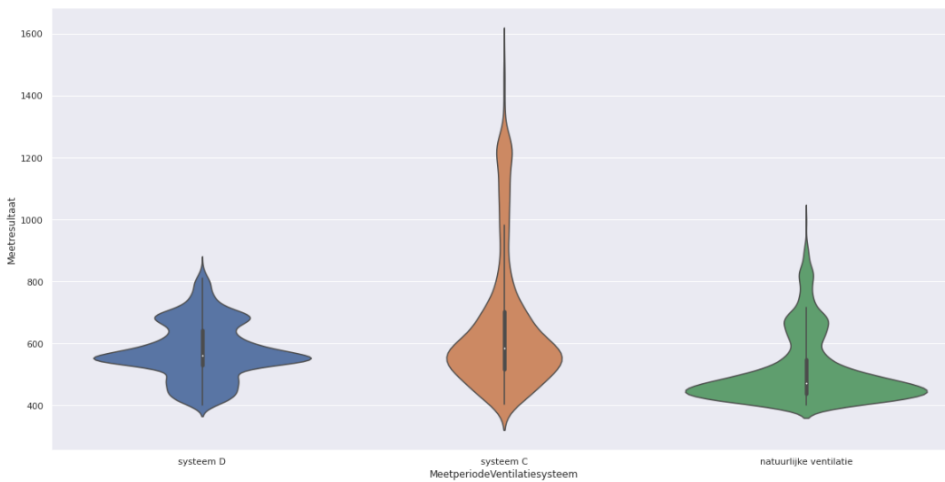


3.2 UITGELICHTE RESULTATEN

In bewonerskamers worden de hoogste waarden teruggevonden in de avond- en ochtenduren omdat in die periode de bewoner meestal aanwezig is en omdat er soms ook verzorgingsmomenten zijn waardoor de bezetting van de kamer tijdelijk hoger is.

3.2.1 Avonduren

Onderstaande violinplots geven de CO₂-waarden tussen 17u30u en 23u50.



Figuur 10: Violinplot van de datapunten voor de bewonerskamers, opgesplitst per ventilatiesysteem, tijdens de avonduren (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A). De medianen zijn de witte punten op de figuren.

In vergelijking met Figuur 9, tonen de plots in Figuur 10 aan dat in de avonduren er meer hogere waarden voorkomen. Systeem C blijft de meeste hoge waarden te bevatten. Dat kan een aanwijzing zijn dat er een probleem was met de werking en/of gebruik van het systeem in de betrokken woonzorgcentra.

3.2.2 Ochtenduren

Onderstaande violinplots geven de CO₂-waarden tussen 5u en 9u 's ochtends.



geventileerd worden of met ventilatiesysteem C. Wat kamers met ventilatie C betreft, valt het op hoe vooral in de koudere maanden de waarden hoger liggen, dan tijdens de warmere maanden. Uit onderzoek komen drie mogelijke verklaringen naar voor. Ten eerste worden ventilatieroosters bij koudere buitentemperaturen vaker gesloten (gehouden). Ten tweede is de kans groot dat aanvullende verluchting via openen van ramen en/of deuren minder frequent bij koudere temperaturen gebeurt. Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de ventilatiesystemen in het onderzoek niet naar behoren functioneerden. De werking van de ventilatiesystemen werd echter in deze studie niet onderzocht

4 MEETRESULTATEN LEEF- EN EETRUIMTES

Er werd in totaal in 66 ruimtes, met een gecombineerd gebruik als leef- en eetruimte, gemeten gedurende verschillende meetperioden in de maanden maart, mei, juli, augustus, september, oktober, november en december, wat overeenkomt met circa 125 meetdagen. Dit leverde 273.928 datapunten (uit de CO₂-meetreeksen). De maximaal gemeten CO₂-waarde was gelijk aan 1.993 ppm. Ook voor deze beschrijving van de ventilatie-efficiëntie in leef- en eetruimtes wordt de volledige dataset gebruikt, dus met inbegrip van lage concentraties, wanneer er niemand aanwezig was in bepaalde ruimtes. Er is voor deze aanpak gekozen omwille van het divers gebruik van de ruimtes waardoor het moeilijker is gelijk gebruik van de ruimtes te clusteren zonder het verlies van veel datapunten.

De analyse focust daarom op het voorkomen van overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm per type ventilatiesysteem. Daarbij is vooral de vergelijking per type ventilatiesysteem van belang en minder het percentage overschrijdingen omdat dit ook ten opzichte van de lage CO₂-waarden is die voorkomen als de ruimtes niet bezet zijn. Daarnaast is ook de spreiding van de dataset belangrijk. Per ventilatiesysteem wordt daarom via een Violin-plot weergegeven, welke de spreiding op de meetresultaten is.

	Aantal	Percentage
Aantal datapunten	273.928	
Aantal metingen boven 900 ppm	9.422	3,4%
Aantal metingen boven 1.200 ppm	1.350	0,5%

Tabel 6: Totaal aantal datapunten in de 66 eet- en leefruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (alle metingen)



4.1 ANALYSE PER TYPE VENTILATIESYSTEEM

Onderstaande tabel geeft het aantal metingen per gekend ventilatiesysteem. De tabel houdt enkel rekening met data uit ruimtes waarvan het ventilatiesysteem kon bepaald worden (types “andere” of “niet gekend” zijn dus niet meegenomen). De analyse gebeurde dus op basis van 60 eet- en leefruimtes, wat goed is voor 256.862 datapunten. In de meeste leef- en eetruimtes was er een ventilatiesysteem C aanwezig, of ventileerde men op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A. De meeste datapunten hebben we bij leef- en eetruimtes met een ventilatiesysteem C.

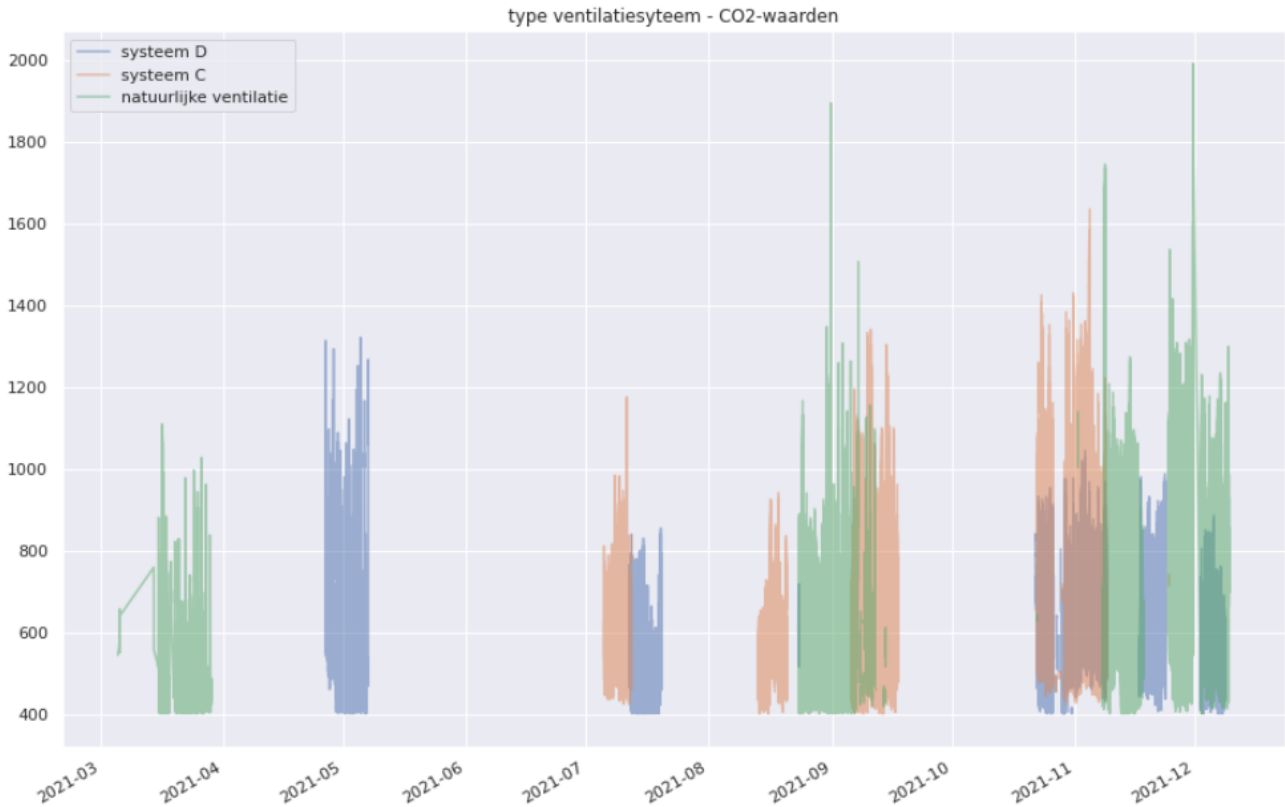
In eet- en leefruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A worden de meeste overschrijdingen boven de 900 ppm vastgesteld, gevolgd door eet- en leefruimtes met ventilatiesysteem C. Beide systemen hebben een vergelijkbaar aantal overschrijdingen boven de 1.200 ppm. In eet- en leefruimtes die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D werd het minste aantal overschrijdingen vastgesteld van 900 ppm en overschrijdingen boven de 1.200 ppm komen slechts zelden voor.

	Vent D	Vent C	Natuurlijk/Vent A
Aantal waarden	81.908	78.727	96.227
percentage metingen boven 900 ppm (%)	1%	3,4%	6,1%
percentage metingen boven 1.200 ppm(%)	0,04%	0,3%	1,1%

Tabel 7: Aantal datapunten in de 60 eet- en leefruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en A/Natuurlijk)

4.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur geeft de CO₂-waarde per type ventilatiesysteem en per meetperiode weer. In mei en juni 2021 bedroeg de maximale temperatuur tijdens de meetdagen tussen 10 en 15 °C. In juli en augustus 2021 was dat tussen 20 en 25 °C. In september was de maximale temperatuur tijdens de meetdagen tussen 21 en 28 °C. In november en december was een koudere periode, met maximale temperaturen tussen 5 en 12 °C.



Figuur 12: Opsplitsing van de datapunten per periode en type ventilatiesysteem voor de 60 eet- en leefruimtes (Y-as is de CO₂ in ppm en X-as is het tijdstip; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

Voor alle ventilatiesystemen werden er eet- en leefruimtes bemeten tijdens zowel warmere als koudere periodes:

- Voor ventilatiesysteem D werden metingen zowel uitgevoerd tijdens de warmere maanden mei, juni juli, en september als tijdens de koudere maanden oktober, november en december
- In eet- en leefruimtes zonder ventilatiesysteem (natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A) werden metingen uitgevoerd in juli en september, maar ook tijdens de koudere maanden november en december.
- In ruimtes met een ventilatiesysteem C werden geen metingen uitgevoerd in juli, maar wel in augustus, september en november. Ook hier is dus gemeten in zowel een warmere als een koudere periode.

Tijdens warmere periodes is ventileren op natuurlijke wijze, via openen van ramen en/of deuren, mogelijk met weinig tot geen hinder door tocht en koude tot gevolg. Ook met energieverlies moet dan geen of weinig



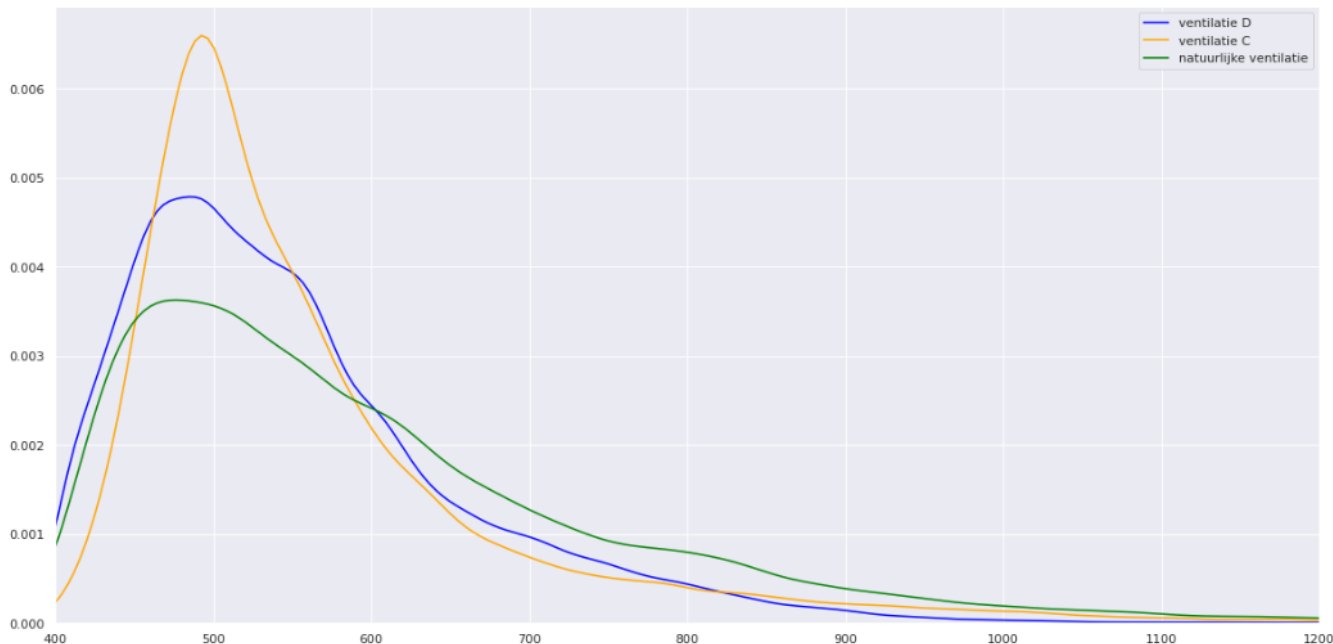
rekening worden gehouden. Daarom is er in deze periodes in het algemeen weinig verschil tussen CO₂-waarden van de verschillende types van ventileren.

In de eet- en leefruimtes, die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D, werden in het algemeen lagere CO₂-waarden gemeten (met uitzondering van maand mei) dan in ruimtes met een ventilatiesysteem C of in ruimtes die op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A ventileren. In de koudere periode presteren de ruimtes met ventilatiesysteem D veruit het beste. In de koudere periode is er in de ruimtes met een ventilatiesysteem D geen enkele overschrijding van 1.200 ppm, terwijl dat in ruimtes met ventilatiesysteem C of ruimtes waar natuurlijk/met ventilatiesysteem A geventileerd wordt wel het geval is. Uit onderzoek komen drie mogelijke verklaringen naar voor. Ten eerste worden ventilatieroosters bij koudere buitentemperaturen vaker gesloten (gehouden). Ten tweede is de kans groot dat aanvullende verluchting via openen van ramen en/of deuren minder frequent bij koudere temperaturen gebeurt. Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de ventilatiesystemen in het onderzoek niet naar behoren functioneerden. In het woonzorgcentrum met systeem D waar we in mei hebben gemeten, zien we overschrijdingen van de 900 en 1.200ppm waarden. Mogelijke verklaringen zijn dan verkeerde instellingen of slechte werking van het ventilatiesysteem. De werking van de ventilatiesystemen werd in deze studie niet onderzocht.

4.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur is een 'density plot': een distributiegrafiek dat een afgevlakte versie van het histogram is. Het geeft de distributie van de gemeten CO₂-waarden per type ventilatiesysteem.

In de eerste densiteitsplot worden enkel de waarden tussen 400 en 1.200 ppm weergegeven, omdat 1.200 ppm tijdens dit meetonderzoek de grenswaarde was voor het binnenmilieu (om het risico op besmetting met COVID-19 zo laag mogelijk te houden).

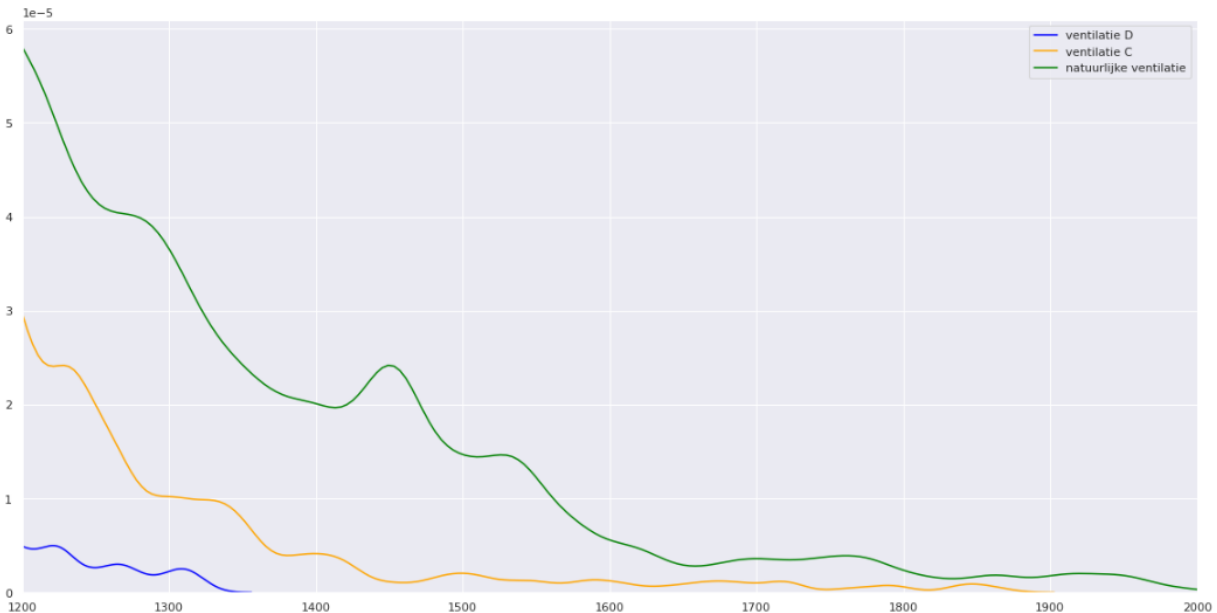


Figuur 13: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 400 en 1200 ppm CO₂ voor de 60 eet- en leefruimtes (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

De grafiek toont een globale trend: tot 1.200 ppm zijn ze gelijklopende concentratieverdelingen, met grootste aandeel rond de 500 ppm. In ruimtes met een ventilatiesysteem D zijn de meeste CO₂-concentraties lage waarden, dit wil zeggen onder de 900 ppm. De piek in de grafiek bij ventilatiesysteem C bevindt zich rond de waarden van 500 ppm..

In de tweede densiteitsplot wordt vervolgens ingezoomd op hogere CO₂-waarden, tussen 1200 en 2000 ppm. Hieruit wordt duidelijk dat in ruimtes, uitgerust met een ventilatiesysteem D veel minder hoge waarden worden gemeten (< 1400 ppm) dan in de ruimtes met een ventilatiesysteem C of met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A; in natuurlijk geventileerde/ met ventilatiesysteem A voorziene gemeenschappelijke eet- en leefruimtes kan de concentratie oplopen tot bijna 2000 ppm.



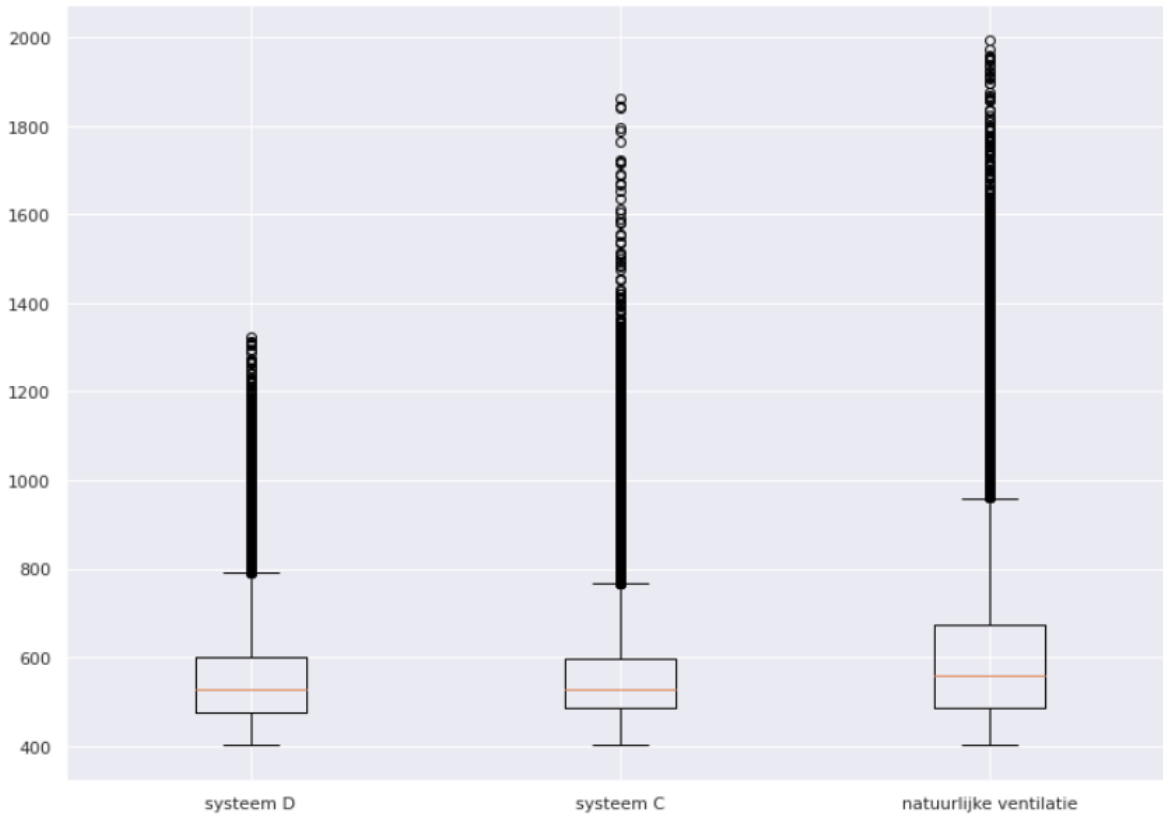


Figuur 14: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 1200 en 2000 ppm CO₂ voor de 60 eet- en leefruimtes (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A),.

4.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen

Onderstaande figuur geeft boxplots voor de CO₂-waarden opgesplitst per type ventilatiesysteem voor de meetresultaten. Omdat alle meetwaarden worden meegenomen, dus ook de CO₂-waarden bij een lage of geen bezetting van de ruimtes, focussen we in deze analyse op het voorkomen van de hogere waarden vanaf 900 ppm.

De boxplots geven aan dat in ruimtes met ventilatiesysteem D weinig hoge CO₂-waarden worden gemeten. Er worden in de ruimtes met een ventilatiesysteem D in één woonzorgcentrum overschrijdingen van 1.200 ppm gemeten. In ruimtes met een ventilatiesysteem C of met natuurlijk ventilatie/ventilatiesysteem A is de spreiding van de meetgegevens veel groter en worden overschrijdingen van 900 genoteerd, alsook boven de 1.200 ppm (zoals ook verduidelijkt in Figuur 14).



Figuur 15: Boxplot van de datapunten voor de 60 eet- en leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A).

Het verschil in de verdeling van de CO₂-waarden tussen de verschillende ventilatiesystemen wordt duidelijker weergegeven in onderstaande 'violin' plot, die zowel rekening houdt met de volledige meetperiode (Figuur 16), als met de tijdsperiode tussen 11:00 en 14:00 (Figuur 17). De verwachting is dat de bezetting in de eet- en leefruimtes tussen 11:00 en 14:00 groter is, en dat dit zich ook weerspiegelt in de waarden. De grafiek met alle CO₂-waarden (Figuur 16) toont dat de verdeling van de CO₂-waarden bij ventilatiesysteem D zich hoofdzakelijk beperkt tot lagere CO₂-waarden. Bij ventilatiesysteem C en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A is de spreiding meer uitgesproken naar hogere CO₂-waarden. De grafiek met de CO₂-waarden tussen 11:00 en 14:00 (Figuur 17) heeft een gelijkaardig resultaat, al ligt de mediaan bij alle ventilatiesystemen hoger, en zijn er globaal genomen meer hogere waarden.



4.2 BESLUIT

Er werd in 66 eet- en leefruimtes gemeten, samen goed voor ongeveer 125 meetdagen, wat resulteerde in circa 255.600 datapunten. De buitentemperaturen waren tijdens de verschillende meetperioden zowel 'kouder' als 'warmer' en dit voor alle types ventilatie. De analyse gebeurde op de datapunten van 60 eet- en leefruimtes of 256.862 datapunten.

Ongeacht het type ventilatiesysteem zijn er overschrijdingen van de grenswaarde van 900 ppm. De meeste overschrijdingen boven de 900 ppm komen voor bij ruimtes met een natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A, op de voet gevolgd door ruimtes met ventilatiesysteem C. Het aantal overschrijdingen boven de 1.200 ppm komt ongeveer evenveel voor bij ruimtes met systeem C en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A. De hoogste ppm waarden zijn genoteerd bij natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A. In ruimtes met ventilatiesysteem D werden in deze metingen geen overschrijdingen boven de 1.200 ppm genoteerd.

In de eet- en leefruimtes, die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D, werden in het algemeen lagere CO₂-waarden gemeten dan in ruimtes met een ventilatiesysteem C of in ruimtes die op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A ventileren. Een uitzondering hierop is de maand mei, waar er ook overschrijdingen van 1.200 ppm werden genoteerd bij een ruimte met ventilatiesysteem D. Een mogelijke verklaring is dat het ventilatiesysteem niet naar behoren functioneerde. De werking van de ventilatiesystemen werd echter in deze studie niet onderzocht. In de koudere periode presteren de ruimtes met ventilatiesysteem D het beste. In de koudere periode is er in de ruimtes met een ventilatiesysteem D geen enkele overschrijding van 1.200 ppm, terwijl dat in ruimtes met ventilatiesysteem C of ruimtes waar natuurlijk/met ventilatiesysteem A geventileerd wordt wel het geval is.

Uit onderzoek komen drie mogelijke verklaringen naar voor. Ten eerste worden ventilatieroosters bij koudere buitentemperaturen vaker gesloten (gehouden). Ten tweede is de kans groot dat aanvullende verluchting via openen van ramen en/of deuren minder frequent bij koudere temperaturen gebeurt. Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de ventilatiesystemen in het onderzoek niet naar behoren functioneerden. De werking van de ventilatiesystemen werd echter in deze studie niet onderzocht

5 MEETRESULTATEN LEEFRUIMTE

Er werd in totaal in 16 verschillende aparte leefruimtes gemeten gedurende verschillende meetperioden in de maanden maart, juli, augustus, september, oktober en november 2021, wat overeenkomt met circa 58 meetdagen. In totaal werden 65.793 datapunten opgenomen in deze analyse. De maximaal gemeten CO₂-waarde was gelijk aan 1.823 ppm. Ook voor deze beschrijving van de luchtkwaliteit in leefruimtes wordt de volledige dataset gebruikt, dus met inbegrip van lage waarden wanneer er niemand aanwezig is in bepaalde



ruimtes. Er is voor deze aanpak gekozen omwille van het divers gebruik van de ruimtes waardoor het moeilijker is gelijk gebruik van de ruimtes te clusteren zonder het verlies van veel datapunten.

De analyse focust daarom op het voorkomen van overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm per type ventilatiesysteem. Daarbij is vooral de vergelijking per type ventilatiesysteem van belang en minder het percentage overschrijdingen, omdat dit ook ten opzichte van de lage CO₂-waarden is die voorkomen als de ruimtes niet bezet zijn. Daarnaast is ook de spreiding van de dataset belangrijk. Per ventilatiesysteem wordt daarom via een Violin-plot weergegeven wat de spreiding is van de meetresultaten.

	Aantal	Percentage
Aantal datapunten	65.793	
aantal metingen boven 900 ppm	1.617	2,5%
aantal metingen boven 1.200 ppm	375	0,6%

Tabel 8: Aantal datapunten in de 16 aparte leefruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (data alle metingen)

5.1 ANALYSE PER TYPE VENTILATIESYSTEEM

Onderstaande tabel geeft het aantal metingen per ventilatiesysteem. In de aparte leefruimtes waren alle ventilatiesystemen gekend, dus kunnen we rekening houden met alle datapunten (er waren voor deze categorie geen ruimtes van het type 'andere' of 'onbekend'). In de aparte leefruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A en met systeem C worden de meeste overschrijdingen vastgesteld. In aparte leefruimtes, uitgerust met een ventilatiesysteem D werden geen overschrijdingen vastgesteld van 1.200 ppm en 900 ppm.; hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het aantal datapunten voor ventilatiesysteem type D beduidend lager was dan deze voor ventilatiesysteem C en natuurlijke ventilatie.

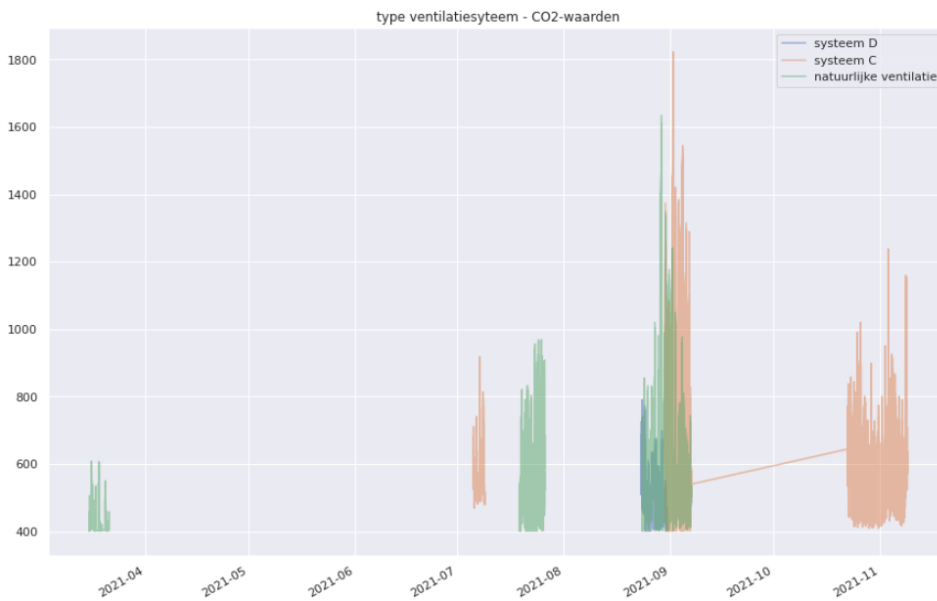
	Vent D	Vent C	Natuurlijk/Vent A
Aantal waarden	7.143	35.917	22.733
percentage metingen boven 900 ppm (%)	0%	2,9 %	2,62%
percentage metingen boven 1.200 ppm(%)	0%	0,65%	0,67%

Tabel 9: Aantal datapunten in de 16 aparte leefruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (data alle metingen)

5.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur geeft de CO₂-waarde per type ventilatiesysteem en per meetperiode. In juli en augustus 2021 was de maximale temperatuur op de meetdagen tussen 20 en 25 graden Celsius. In september was de

maximale temperatuur tussen 21 en 28 °C. In oktober en november was het kouder, met een maximale temperatuur tussen 5 en 12 °C.



Figuur 18: Opsplitsing van de datapunten per periode en type ventilatiesysteem voor de 16 aparte leefruimtes (Y-as is de CO₂ in ppm en X-as is het tijdstip; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

In leefruimtes met een ventilatiesysteem D werden metingen uitgevoerd in augustus, dus enkel in een warmere periode. In leefruimtes zonder ventilatiesysteem (natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A) werden metingen uitgevoerd in april, juli, augustus en september, ook hier tijdens een warmere periode. In ruimtes met een ventilatiesysteem C werden metingen uitgevoerd in juli, oktober en november. Hier is dus gemeten in zowel een warmere als een koudere periode.

Tijdens warmere periodes is ventileren op natuurlijke wijze mogelijk met weinig hinder door tocht en koude. Ook met energieverlies moet dan geen of weinig rekening worden gehouden. Daarom is er in deze periodes in het algemeen weinig verschil tussen CO₂-waarden bij deze twee types ventilatiesystemen.

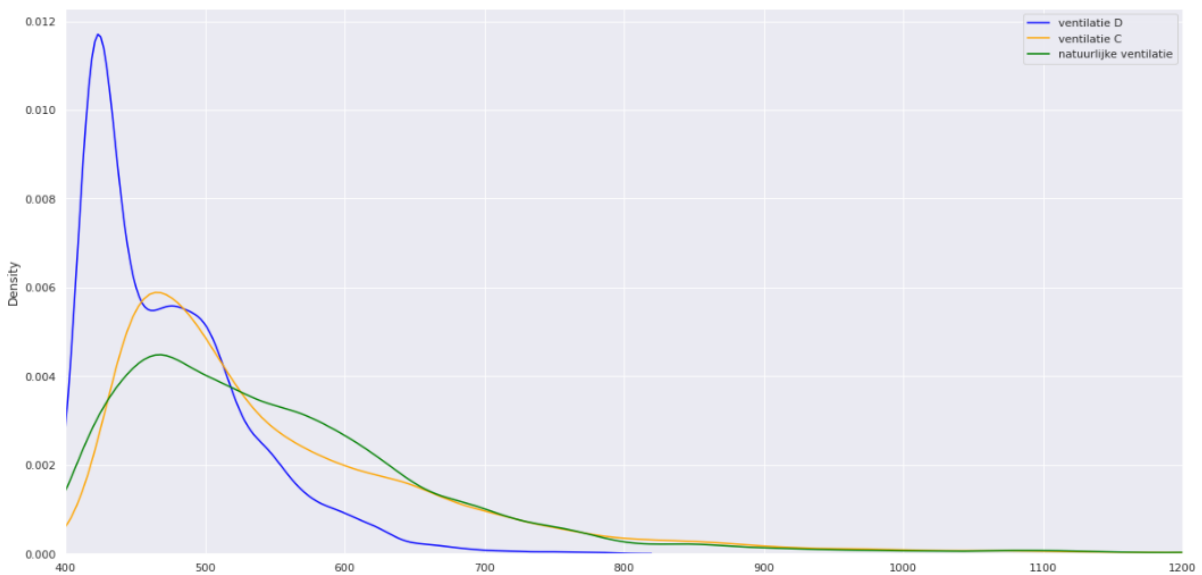
De metingen in de leefruimtes die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D blijken lagere CO₂-waarden op te leveren dan de leefruimtes met een ventilatiesysteem C of ruimtes die op natuurlijke wijze/ventilatiesysteem A ventileren. In de koudere periode worden er ten opzichte van de warmere periode vaker hogere CO₂-concentraties gemeten in de ruimtes met een ventilatiesysteem C. Uit onderzoek komen drie mogelijke verklaringen naar voor. Ten eerste worden ventilatieroosters bij koudere buitentemperaturen vaker gesloten (gehouden). Ten tweede is de kans groot dat aanvullende verluchting via openen van ramen en/of deuren



minder frequent bij koudere temperaturen gebeurt. Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de ventilatiesystemen in het onderzoek niet naar behoren functioneerden. De werking van de ventilatiesystemen werd echter in deze studie niet onderzocht. Meetresultaten

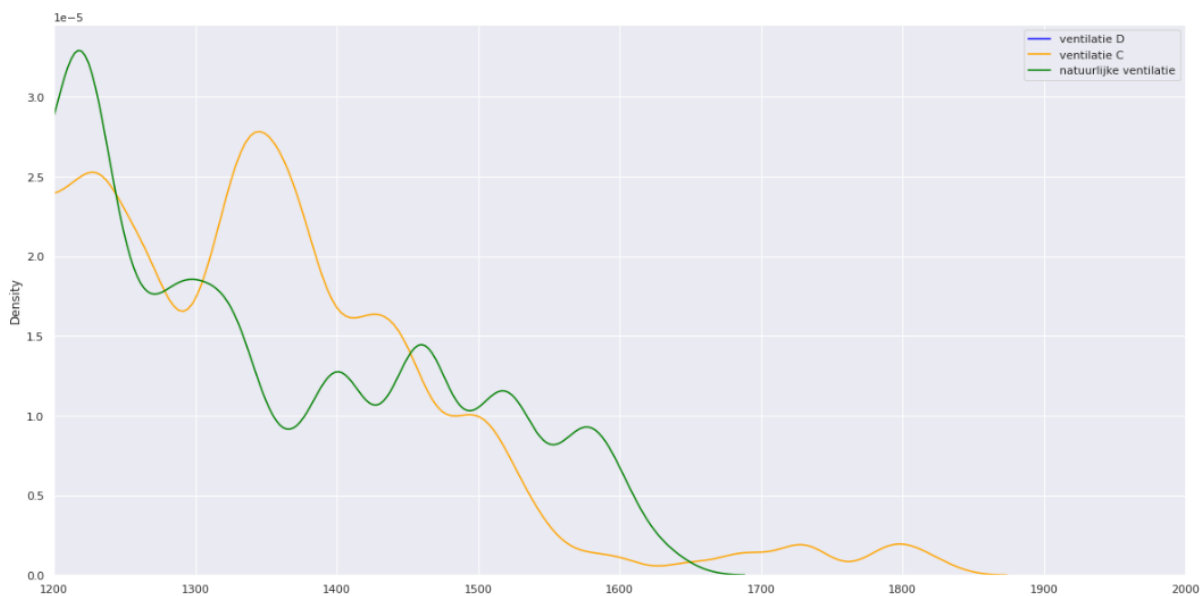
5.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur is een 'density plot': een distributiegrafiek dat een afgevlakte versie van het histogram is. Het geeft de frequentieverdeling van de gemeten CO₂-waarden per type ventilatiesysteem.



Figuur 19: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 400 en 1200 ppm voor de 16 aparte leefruimtes (Y-as is de densiteit X-as de gemeten CO₂-waarde; data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen)

In ruimtes met een ventilatiesysteem D komen steeds de laagste CO₂-waarden voor. Bij inzoomen op het voorkomen van hogere CO₂-waarden wordt duidelijk dat ruimtes, uitgerust met een ventilatiesysteem D beter scoren dan ruimtes met een ventilatiesysteem C en natuurlijke ventilatie/systeem A.

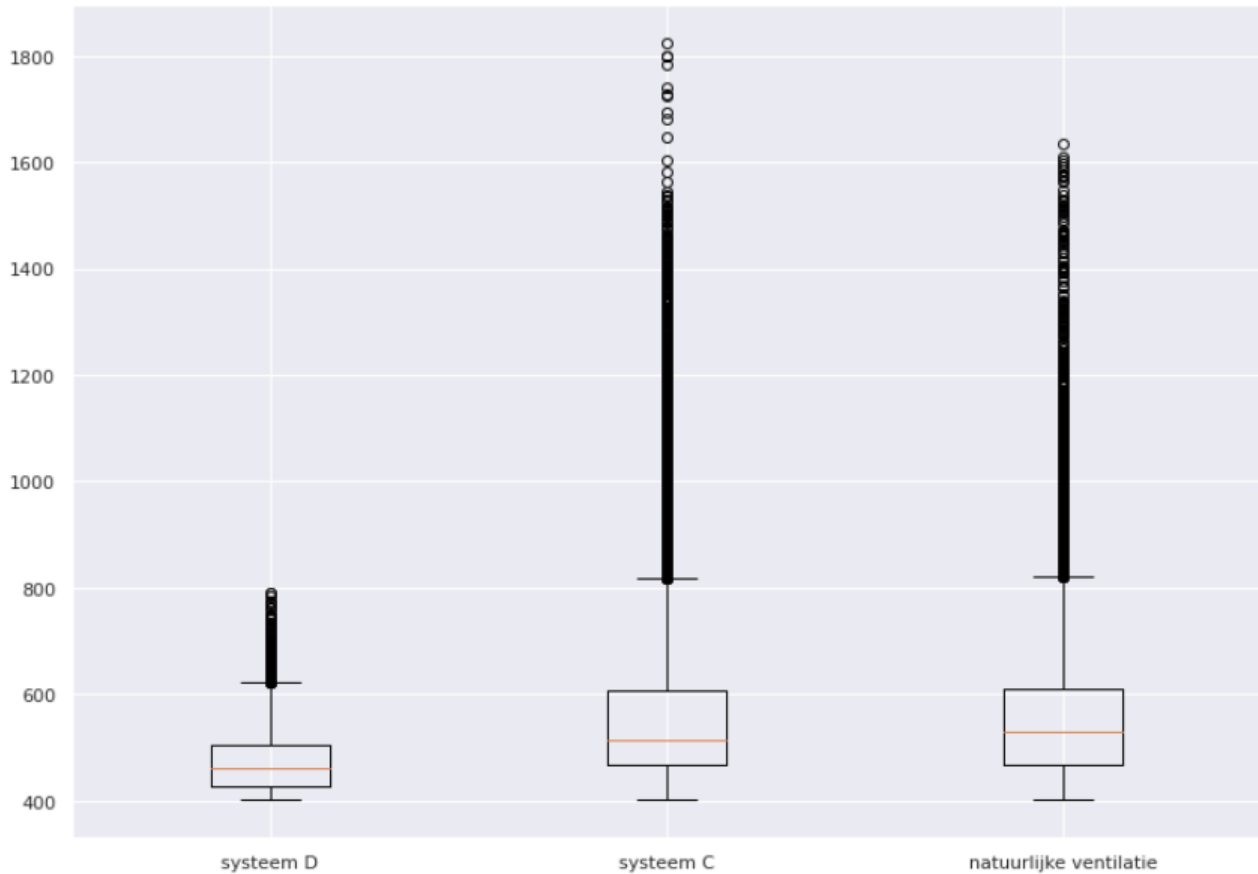


Figuur 20: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 1.200 en 2.000 ppm CO₂ voor de 16 aparte leefruimtes (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A = alle metingen).

5.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen

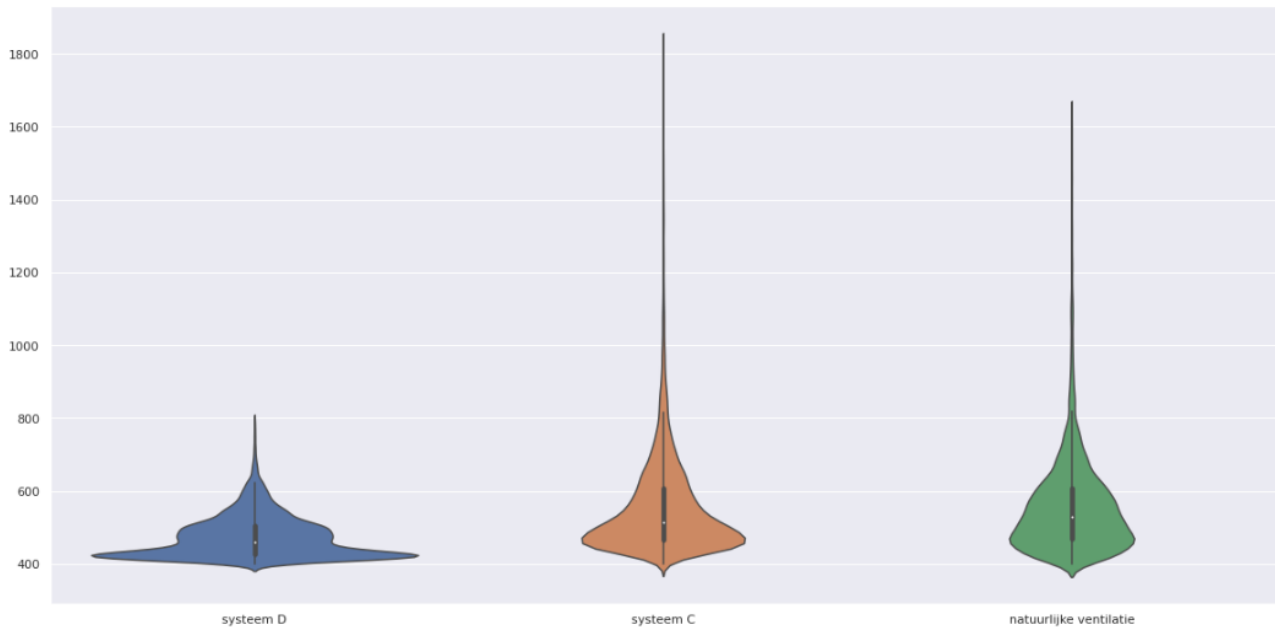
Onderstaande figuur geeft de boxplots voor de CO₂-waarden opgesplitst per type ventilatiesysteem. Ook hier valt op dat ruimtes met ventilatiesysteem D veruit het beste scoren. Ventilatiesysteem type C scoort in deze leefruimtes het slechtste, met ook het meeste hoge CO₂-concentraties.





Figuur 21: Boxplot van de datapunten voor de 16 aparte leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A = alle metingen).

Het verschil in de verdeling van de CO₂-waarden tussen de verschillende ventilatiesystemen wordt duidelijker weergegeven in onderstaande 'violin' plot.



Figuur 22: Violinplot van de datapunten voor de 16 aparte leefruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A = alle metingen). De medianen zijn de witte punten op de figuren.

Het gros van de waarden in ruimtes met een ventilatiesysteem C en D bevindt zich bij de lage waarden. In ruimtes waar op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A en met systeem C geventileerd wordt, is de spreiding naar hogere waarden duidelijk.

5.2 BESLUIT

Er werd in 16 aparte leefruimtes gemeten gedurende ongeveer 58 meetdagen of 65.793 datapunten in CO₂-tijdsreeksen. De buitentemperaturen waren tijdens de verschillende meetperioden zowel 'kouder' als 'warmer'. Een belangrijke opmerking bij de metingen dit type ruimte in het kader van deze studie, is dat er voor de ruimtes met een ventilatiesysteem D en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A geen metingen uitgevoerd werden tijdens koudere maanden. In de aparte leefruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A en met systeem C worden de meeste overschrijdingen vastgesteld van 900 ppm. Overschrijdingen boven de 1.200 ppm komen in deze studie hoofdzakelijk voor bij natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A en ventilatiesysteem C. In de aparte leefruimtes die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D werden geen overschrijdingen vastgesteld van 900 ppm (of van 1.200 ppm).



6 PERSONEELSRUIMTE

Er is in totaal in 14 verschillende personeelsruimtes gemeten gedurende verschillende meetperioden in de maanden april, mei, juli, augustus, september, oktober en november 2021, wat ongeveer overeenkomt met circa 76 meetdagen. In totaal werden 49.648 datapunten opgenomen in deze analyse. De maximaal gemeten CO₂-waarde was gelijk aan 1.387 ppm. Voor deze beschrijving van de luchtkwaliteit in personeelsruimtes wordt de volledige dataset gebruikt, dus met inbegrip van lage waarden wanneer er niemand aanwezig is in bepaalde ruimtes. Er is voor deze aanpak gekozen omwille van het divers gebruik van de ruimtes waardoor het moeilijker is gelijk gebruik van de ruimtes te clusteren zonder het verlies van veel datapunten.

De analyse focust daarom op het voorkomen van overschrijdingen van 900 en 1.200 ppm per type ventilatiesysteem. Daarbij is vooral de vergelijking per type ventilatiesysteem van belang en minder het percentage overschrijdingen omdat dit ook ten opzichte van de lage CO₂-waarden is die voorkomen als de ruimtes niet bezet zijn. Daarnaast is ook de spreiding van de dataset belangrijk. Per ventilatiesysteem wordt daarom via een Violin-plot weergegeven wat de spreiding is van de meetresultaten.

	Aantal	Percentage
Aantal datapunten	52.939	
aantal metingen boven 900 ppm	2.264	4,3%
aantal metingen boven 1.200 ppm	751	1,4%

Tabel 10: Aantal datapunten in de 14 personeelsruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (data alle metingen)

6.1 ANALYSE PER TYPE VENTILATIESYSTEEM

Onderstaande tabel geeft het aantal datapunten uit CO₂-meetreeksen per ventilatiesysteem. De tabel houdt enkel rekening met CO₂-waardenuit ruimtes waarvan het ventilatiesysteem kon bepaald worden (types "andere" of "niet gekend" zijn dus niet meegenomen). De analyse gebeurde daarom op basis van de gegevens uit 13 personeelsruimtes, wat goed is voor 44.560 datapunten. Er zijn vooral overschrijdingen van de grenswaarde van 900 ppm genoteerd bij ruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A, gevolgd door ruimtes met ventilatiesysteem C. Bij natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A zijn er ook overschrijdingen van de grenswaarde van 1.200 ppm. Bij ruimtes met ventilatiesysteem D komen overschrijdingen van 1.200 ppm nauwelijks voor.

In personeelsruimtes, uitgerust met een ventilatiesysteem D werden geen overschrijdingen vastgesteld van 1.200 ppm en 900 ppm.

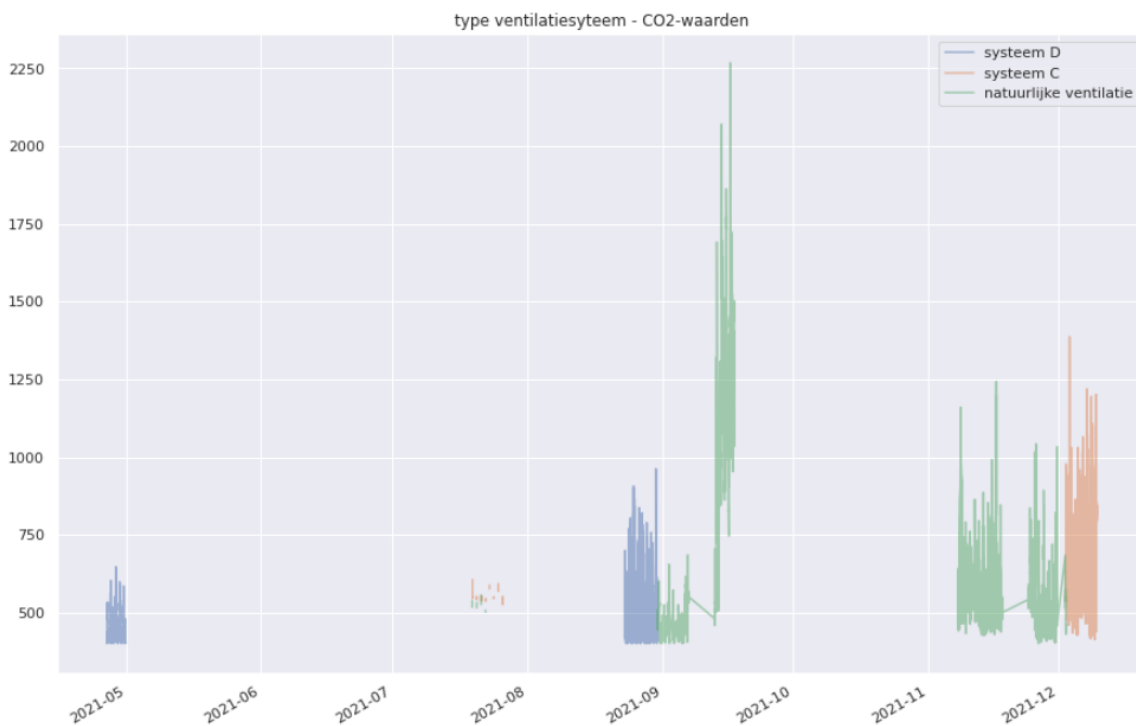
	Vent D	Vent C	Natuurlijk/Vent A
Aantal datapunten	7.969	10.283	26.308

percentage metingen boven 900 ppm (%)	0,06%	4,1%	6,9%
percentage metingen boven 1.200 ppm(%)	0%	0,14%	2,82%

Tabel 11: Aantal datapunten in de 13 personeelsruimtes en percentages van de metingen boven 900 en 1.200 ppm. (data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

6.1.1 Meetperiode per ventilatiesysteem

Onderstaande figuur geeft de CO₂-waarde per type ventilatiesysteem en per meetperiode. In augustus 2021 was de maximale temperatuur op de meetdagen tussen 20 en 25 graden Celsius. In september was de maximale temperatuur tussen 21 en 28 °C. In november en december was het kouder, met een maximale temperatuur tussen 5 en 12 °C.



Figuur 23: Opsplitsing van de datapunten per periode en type ventilatiesysteem voor de 13 personeelsruimtes (Y-as is de CO₂ in ppm en X-as is het tijdstip; data ruimtes met ventilatiesysteem D, C en natuurlijke ventilatie/A)

In personeelsruimtes met een ventilatiesysteem D werden metingen uitgevoerd in augustus en april. Er is dus voornamelijk gemeten in een warmere periode. In leefruimtes zonder ventilatiesysteem (natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A) werden metingen uitgevoerd in september (warmere periode) en november en



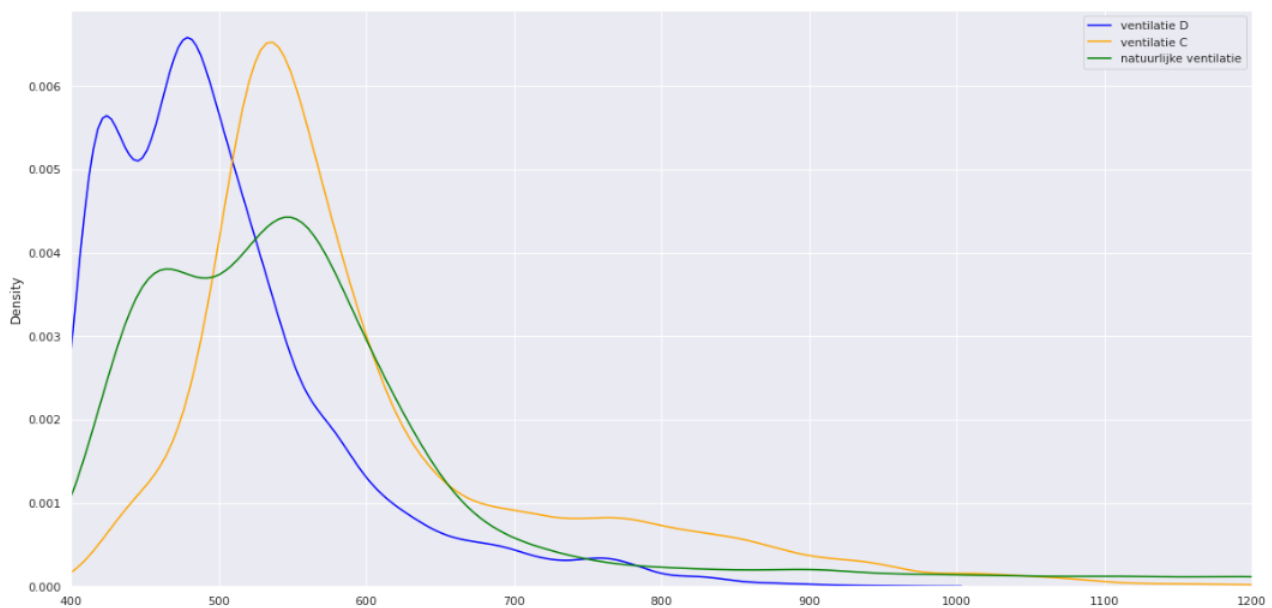
december (koudere periode). In ruimtes met ventilatiesysteem C werden voornamelijk metingen uitgevoerd in december, tijdens een koudere periode.

Tijdens warmere periodes is ventileren op natuurlijke wijze mogelijk met weinig hinder door tocht en koude. Ook met energieverlies moet dan geen of weinig rekening worden gehouden. Daarom is er in deze periodes in het algemeen weinig verschil in CO₂-waarden bij verschillende types ventilatiesysteem. Natuurlijke ventilatie is dan ook nog meestal mogelijk zonder comfort- of energieverlies.

De metingen in de personeelsruimtes die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D blijken lagere CO₂-waarden op te leveren dan de leefruimtes met een ventilatiesysteem C of in ruimtes die op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A ventileren.

6.1.2 Frequentieverdeling per ventilatiesysteem

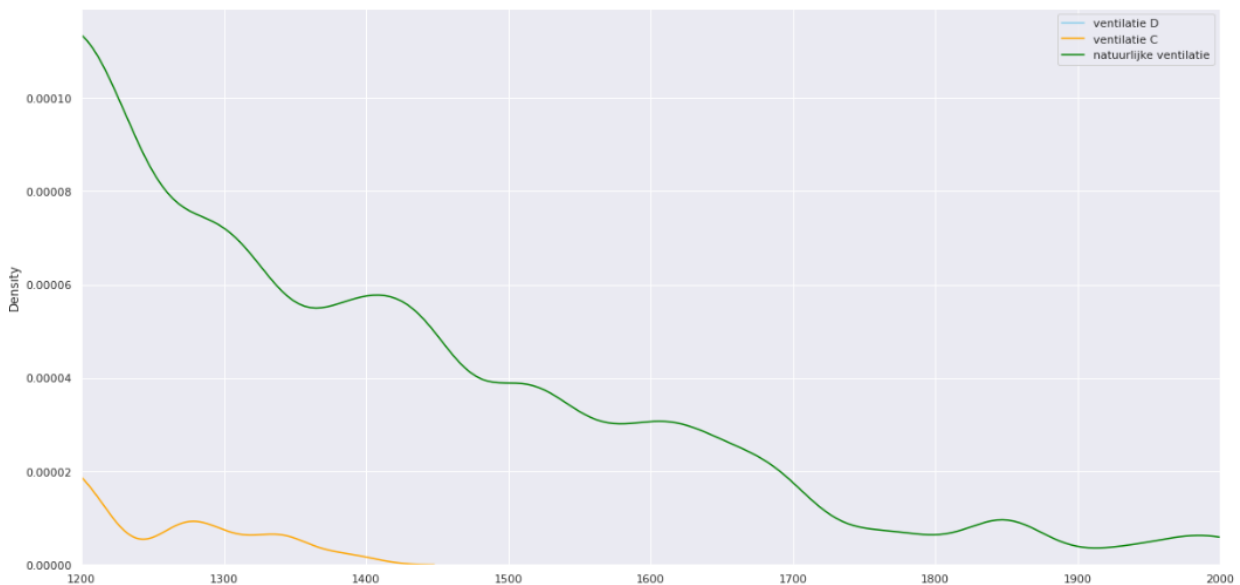
Onderstaande figuur is een 'density plot': een distributiegrafiek dat een afgevlakte versie van het histogram is. Het geeft de frequentieverdeling van de gemeten CO₂-waarden per type ventilatiesysteem.



Figuur 24: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 400 en 1.200 ppm CO₂ voor de 13 personeelsruimtes (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde; data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D)

In ruimtes met een ventilatiesysteem D komen steeds de laagste CO₂-waarden voor, met een maximale concentratie van ongeveer 1.000 ppm. Bij inzoomen op het voorkomen van hogere CO₂-waarden (> 1200 ppm) wordt duidelijk dat in deze studie personeelsruimtes, uitgerust met een ventilatiesysteem D beter scoren dan

deze met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A en een ventilatiesysteem C. Natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A kent in de personeelsruimtes hogere waarden dan ventilatiesysteem C..

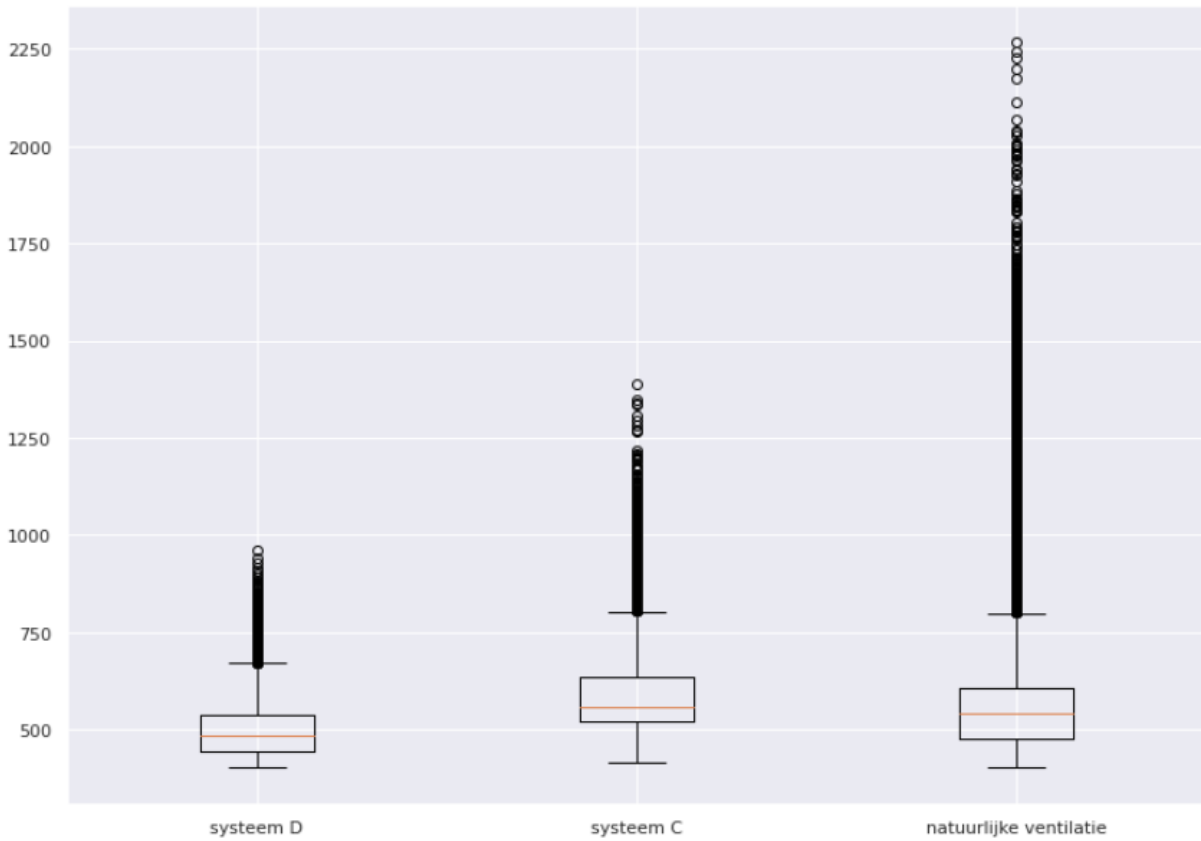


Figuur 25: Distributie van de gemeten CO₂-waarden per ventilatiesysteem tussen 1.200 en 2.000 ppm CO₂ voor de 13 personeelsruimtes (Y-as is de densiteiten X-as de gemeten CO₂-waarde) (data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D).

6.1.3 Vergelijking ventilatiesystemen

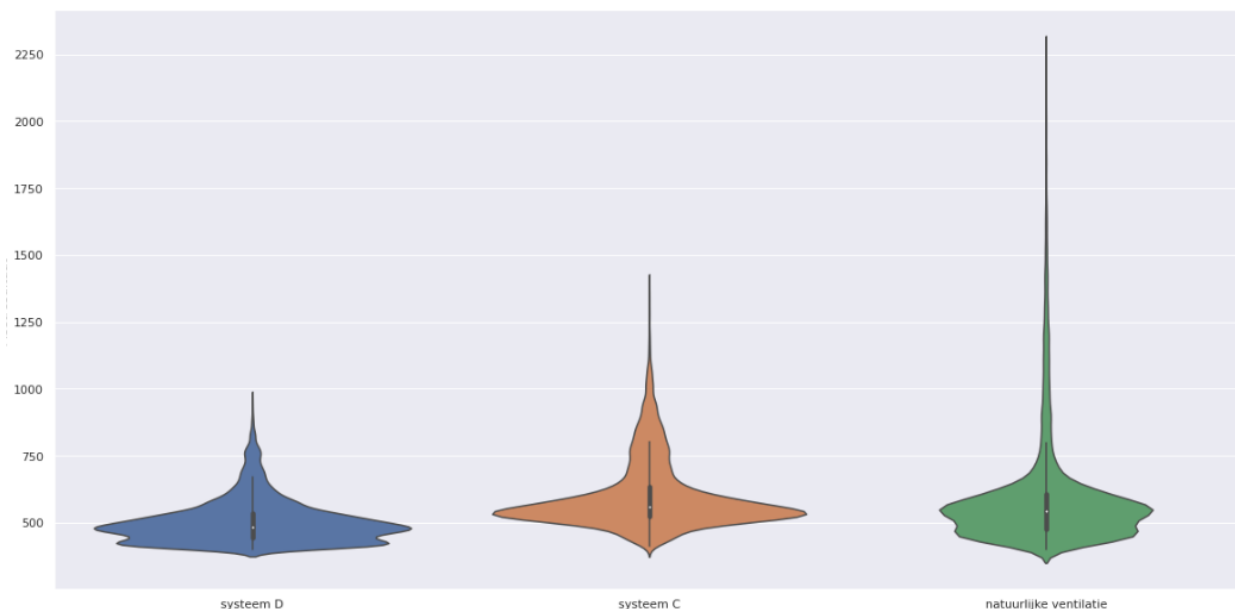
Onderstaande figuur geeft de boxplots voor de CO₂-waarden, opgesplitst per type ventilatiesysteem, weer. Ook hier valt op dat in personeelsruimtes met ventilatiesysteem D de laagste CO₂-concentraties gemeten worden. Systeem C en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A liggen globaal op dezelfde lijn.





Figuur 26: Boxplot van de datapunten voor de 13 personeelsruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D = alle metingen).

Het verschil in de verdeling van de CO₂-concentraties tussen de verschillende ventilatiesystemen wordt duidelijker weergegeven in onderstaande 'violin' plot.



Figuur 27: Violinplot van de datapunten voor de 13 personeelsruimtes, opgesplitst per ventilatiesysteem (Y-as is de CO₂-waarde in ppm; data ruimtes met ventilatiesysteem A, C, en D). De medianen zijn de witte punten op de figuren.

Het gros van de concentraties in ruimtes met een ventilatiesysteem D bevindt zich bij 500 ppm en lager. In ruimtes met ventilatiesysteem C), is het aandeel van hogere concentraties duidelijk zichtbaar. Van de drie systemen geeft natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A de hoogste concentraties in deze meetcampagne.

6.2 BESLUIT

Er werd in 14 personeelsruimtes gemeten gedurende ongeveer 76 meetdagen. De buitentemperaturen waren tijdens de verschillende meetperioden zowel 'kouder' als 'warmer' — al werden er in de personeelsruimtes met het ventilatiesysteem D vooral metingen uitgevoerd tijdens warmere periodes, in personeelsruimtes met ventilatiesysteem C was dit vooral in de koudere periodes.

De verdere analyse gebeurde op de CO₂-waarden van 13 personeelsruimtes, wat goed is voor 44.560 datapunten. In de hier bemeeten leefruimtes zijn vooral overschrijdingen van de grenswaarde van 900 ppm genoteerd bij ruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A, gevolgd door ruimtes met ventilatiesysteem C. Bij natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A zijn er ook overschrijdingen van de grenswaarde van 1.200 ppm. Bij ruimtes met ventilatiesysteem D komen overschrijdingen van 900 ppm CO₂ nauwelijks voor.



Globaal genomen blijken de metingen in de personeelsruimtes die uitgerust zijn met een ventilatiesysteem D lagere CO₂-waarden op te leveren dan de personeelsruimtes die op natuurlijke wijze/met ventilatiesysteem A ventileren of door middel van ventilatiesysteem C. Natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A kent in de personeelsruimtes hogere waarden dan ventilatiesysteem C.

7 ERVARINGEN BIJ DE PRAKTISCHE UITWERKING VAN HET ONDERZOEK

Bij de uitvoering van dit onderzoek kwamen een aantal praktische problemen aan het licht. Een eerste hindernis bleek de kennis van het personeel over het ventilatiesysteem (in de brede zin) te zijn. Zo bleek bij het plaatsbezoek en het installeren van sensorboxen dat men vaak geen weet had over de aan- of afwezigheid van een ventilatiesysteem. Indien er een systeem was, was het in vele gevallen voor de onderzoekers en het personeel van het woonzorgcentrum niet duidelijk om welk systeem het ging. Ook was er weinig geweten over de staat van het systeem, of het werkte en hoe het te gebruiken. Zo waren in veel gevallen de ventilatieroosters gesloten tijdens het plaatsbezoek.

Een ander knelpunt bleek het onderhoud te zijn. Indien de verse lucht werd aangevoerd via roosters, schoot het onderhoud vaak tekort. De roosters waren over het algemeen vuil. Ook was het zorgpersoneel zelden op de hoogte is van wie de contactpersonen zijn voor het onderhoud en de instelling van het ventilatiesysteem.

De werking van het ventilatiesysteem werd niet opgenomen in dit onderzoek. Een doorlichting van het ventilatiesysteem zou helpen bij het verklaren van de meetresultaten.

Een derde moeilijkheid was het bijhouden van een dagboek waarin beschreven werd welke bezetting van de ruimte er op welk moment was en wanneer eventueel ramen en/of deuren werden geopend, een te zware belasting voor het verzorgend personeel. Deze informatie had echter de analyses meer diepgang kunnen geven.

Tot slot leek het niet evident om de meetboxen gedurende de hele meetperiode te laten aanstaan in bewonerskamers. Meermaals werden in bewonerskamers de stekkers uit de boxen getrokken. Het plaatsen van de boxen gebeurt het best in kamers waar bewoners aanwezig zijn, die het nut en de doelstellingen van het onderzoek vatten.

8 OVERKOEPELEND BESLUIT

Departement Omgeving voert al sinds 2007 onderzoek uit naar de kwaliteit van het binnenmilieu in onder andere scholen en woningen, en ontwikkelde in 2019 een sensorbox — de indoor@box, om met sensoren verschillende pollutanten in de binnenlucht langdurig te monitoren. Hierdoor kunnen trends op vlak van luchtkwaliteit in ruimtes van verschillende soorten gebouwen worden waargenomen, denk hierbij aan woningen, scholen enz. Dit rapport focust op woonzorgcentra, een binnenomgeving waar weinig gekend is over de luchtkwaliteit. Bewoners in woonzorgcentra maken nochtans deel uit van een relatief gevoelige bevolkingsgroep, die meer dan andere groepen binnenshuis verblijven.

Dit onderzoek werd uitgevoerd tijdens de corona-epidemie in de loop van 2021. In woonzorgcentra werd toen ingezet op ventilatie en verluchting als bijkomende maatregel om het risico op COVID-besmettingen zo laag mogelijk te houden. Als de CO₂-concentratie lager is dan 900 ppm (of 500 ppm boven buitenconcentratie, zoals ook het Binnenmilieubesluit als richtwaarde hanteert), beschouwen we de ruimte als goed geventileerd. De taskforce Ventilatie stelde richtlijnen op om de virusverspreiding in te perken en hanteerde dezelfde richtwaarden. Ook voor woonzorgcentra was het de bedoeling om deze waarde van 900 ppm niet te overschrijden.

Bij waarden tussen 900 en 1.200 ppm moesten maatregelen genomen worden om terug te streven naar minder dan 900 ppm. Overschrijding van 1.200 ppm was in principe niet toegestaan. De onderzoekers stelden de woonzorgcentra op de hoogte als er hogere waarden gemeten werden zodat eventueel extra maatregelen konden genomen worden.

Dit rapport is het resultaat van metingen in 21 verschillende woonzorgcentra die verspreid waren over Vlaanderen, waar gedurende 1 à 2 weken parallel in verschillende ruimtes van een woonzorgcentrum gemeten is. Dit leverde in totaal meer dan 120 meetdagen op, met meetgegevens uit verschillende ruimtes als resultaat, gedurende verschillende seizoenen. De metingen met de indoor@box maakten deel uit van een ondersteuningspakket van het Departement zorg tijdens COVID-19. De wzc opgenomen in dit rapport tekenden hiervoor vrijwillig in.

In ruimtes die typisch zijn voor een wzc is gedurende verschillende meetperiodes in de zomer en in de winter de CO₂-concentratie geregistreerd met de indoor@box. In dit rapport werden de resultaten voor 4 typische ruimtes in wzc geanalyseerd. Deze werden gekozen omdat ze het meest voorkomen in woonzorgcentra, omdat we op deze locaties voldoende gemeten hebben en dus over voldoende datapunten beschikken, en ook omdat meerdere mensen tegelijk in deze ruimtes kwamen, ook tijdens de coronamaatregelen. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld cafetaria's, waar de bezetting tijdens de coronaperiode lager was, dan voorheen of daarna.



Een deel van de metingen (10%) gebeurde in ruimtes waar er geen informatie over het ventilatiesysteem was of in ruimtes die met een ander systeem werkten (7%). Deze ruimtes zijn dan ook niet weerhouden in de verdere analyses. Concreet werden de resultaten van volgende ruimtes geanalyseerd in het rapport:

- 16 leefruimtes gedurende 58 dagen, wat goed is voor 65.793 datapunten uit 6 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 4, 7, 8 en 16 meetdagen. Voor deze ruimtes waren alle ventilatiesystemen gekend.
- 60 gecombineerde leef- en eetruimtes gedurende 122 dagen, wat goed is voor 256.862 datapunten uit 17 CO₂-tijdsreeksen, die 3, 4, 5, 8, 10, 14 en 16 meetdagen
- 15 bewonerskamers gedurende 68 dagen, wat goed is voor 42.700 datapunten uit 13 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 5, 8, 11 en 12 meetdagen
- 13 personeelsruimtes, gedurende 66 dagen, wat goed is voor 44.560 datapunten uit 9 CO₂-tijdsreeksen, die variëren tussen de 4, 6, 7, 8, 9 en 10 meetdagen

Er waren in deze ruimtes verschillende ventilatiesystemen aangetroffen:

- ventilatiesysteem D met mechanische luchtaanvoer en -afvoer
- ventilatiesysteem C met natuurlijke luchtaanvoer en mechanische luchtafvoer.
- natuurlijke ventilatie met natuurlijke aanvoer en afvoer.

De indeling van de analyses per ventilatiesysteem is gebaseerd zoals het ventilatiesysteem oorspronkelijk was voorzien. Er waren in de wzc geen ruimtes met een ventilatiesysteem B aanwezig, wel met ventilatiesysteem van het type A, C en D. Ventilatiesysteem A en natuurlijk ventilatiesysteem hebben we in één categorie gebundeld, aangezien het niet mogelijk was om op basis van een rondleiding het onderscheid tussen beiden te maken. In het type ventilatiesysteem C werden ook de ventilatie met enkel afzuiging meegerekend (exclusief dampkap, of systemen die geactiveerd worden bij aanschakelen licht), omdat deze oorspronkelijk voorzien waren als systeem C.

Het is belangrijk om bij de interpretatie van dit onderzoek rekening te houden met de ventilatiemaatregelen die tijdens de meetcampagnes van kracht waren. Er werd hoogstwaarschijnlijk meer geventileerd dan normaal het geval was en de bezetting in de gemeenschappelijke ruimtes lag wellicht lager dan in andere periodes.

De globale resultaten geven aan dat — ondanks de extra aandacht voor ventilatie als gevolg van de toenmalige maatregelen tijdens de coronaperiode — er vaak overschrijdingen van 900 en/of 1.200 ppm in alle ruimtes voorkwamen, als we het ventilatiesysteem buiten beschouwing houden. Verfijnen we de resultaten volgens het soort ventilatie, dan zijn er verschillen op te merken, en komen overschrijdingen niet bij elke soort ventilatie evenveel voor.

De resultaten van de hier gerapporteerde metingen bleken verschillend naargelang het type ventilatiesysteem. Ruimtes met een ventilatiesysteem D vertoonden de laagste CO₂-concentraties. In ruimtes die met dit systeem zijn uitgerust, werden nauwelijks overschrijdingen van 900 ppm en zelden overschrijdingen van 1.200 ppm geregistreerd. In ruimtes met ventilatiesysteem C werden regelmatig overschrijdingen van zowel 900 als 1.200

ppm CO₂ aangetroffen. Ruimtes met natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A scoorde vaak het slechtst, met redelijk wat overschrijdingen.

Het seizoen (zomer of winter) lijkt weinig variatie in de globale tendens te brengen, al is er in de zomer minder verschil tussen de systemen onderling. Bij warmere temperaturen (buiten hitteperiodes na) kan er meer natuurlijk geventileerd worden, waardoor ruimtes met het ventilatiesysteem C en natuurlijke ventilatie/ventilatiesysteem A dan beter scoren dan in de koudere periodes. Ruimtes met een ventilatiesysteem D vertonen globaal goede scores, ongeacht het seizoen

Op basis van deze bevindingen besluiten we dat investeren in vraag-gestuurde ventilatie – een systeem dat CO₂-waarden meet en opvolgt – waarna eventueel bepaalde acties worden gekoppeld – bijdraagt tot consistent lagere CO₂-concentraties in het binnenmilieu. Uit de types ventilatiesystemen verzekert het ventilatiesysteem D de beste ventilatie-efficiëntie, ongeacht de buitentemperaturen. Dit onderzoek analyseerde echter niet de werking van de ventilatiesystemen, waardoor we geen zicht hebben op de redenen van de potentiële verminderde werking van het ventilatiesystemen. Dit aspect wordt in bijkomend onderzoek (bv. meetcampagnes in de cultuurhuizen) opgenomen door een technische doorlichting van de ventilatiesystemen te laten uitvoeren. Bijkomende gegevens over bezetting, activiteit in de ruimtes zelf en over de comfortervaring van aanwezigen mbt ventilatie of verluchting, zoals mogelijke hinderklachten (vb. tocht, lawaai) waren niet beschikbaar, maar hadden een rijker resultaat opgeleverd. Ook analyses die rekening houden met de opbouw en *decay* van CO₂ in de verschillende ruimtes had veel bijgebracht over de ventilatie/verluchting in een ruimte. Zo toonde eerder onderzoek aan dat bv. in slaapkamers de CO₂- waarden tegen de ochtend vaak het hoogst zijn, waardoor een goede ventilatie 's ochtends noodzakelijk is.

Tot slot blijft het essentieel om verschillende doelgroepen – met name architecten, technisch personeel, bewoners – te sensibiliseren en informeren over mogelijke ingrepen die de binnenluchtkwaliteit helpen te verbeteren. Woonzorgcentra bestaan vaak uit oude, nieuwe, gerenoveerde en te renoveren gebouwen of vleugels. Doorgaans worden de ventilatiesystemen pas geplaatst bij renovatie of nieuwbouw. Het is dan ook belangrijk om van bij de start van het (ver)bouwproject belang te hechten aan de implementatie van ventilatie. De fiches van bouw gezond die Departement Omgeving ontwikkelde en online raadpleegbaar zijn, vormen hierbij een goede leidraad¹¹.

Ook de instelling, dimensionering en onderhoud van het ventilatiesysteem kunnen naast het ventilatiegedrag van mensen een verschil maken:

- In (oude) vleugels of delen waar geen ventilatiesysteem is, blijft de basis om voldoende en regelmatig te verluchten. Sensibilisatie bij bewoners en personeelsleden kan hiervoor nodig zijn. Aandacht voor mogelijke klachten van bewoners (vb. tocht, hitte, geluid...) en hindernissen voor personeel (vb. extra werklust, mogelijkheid tot veilig openen van ramen) is aangewezen. Verluchten en ventilatie hoeft niet ten koste van welbevinden te gaan.

¹¹ <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/fiches-bouw-gezond>, geraadpleegd op 28/03/2023.



- Indien een ruimte over een ventilatiesysteem beschikt, ongeacht of het een oude, (deels) gerenoveerde vleugel of nieuwbouw is, is een juist gebruik en onderhoud van het systeem van groot belang. In het ideale geval behoort dit tot het takenpakket van preventieadviseurs of een (technisch) personeelslid.
- In oude vleugels met een ventilatiesysteem waar men een renovatie overweegt, moeten o.a. architecten aandacht hebben voor bestaande ventilatiesystemen, zodat er vb. geen muren worden opgetrokken tussen het deel van de aan- en afvoer van het ventilatiesysteem.
- Bij de keuze voor een nieuw ventilatiesysteem spelen technische aspecten, zoals dimensionering, een belangrijke rol. Een correcte dimensionering, installatie en instelling zorgt voor een goede luchtkwaliteit en vermijdt geluidsoverlast en tocht.
- Het is belangrijk om ventilatiesystemen goed te onderhouden, om een optimale werking te garanderen. Roosters moeten regelmatig gereinigd worden.
- Om een betere ventilatiekwaliteit in welzijns- en zorgvoorzieningen te stimuleren, bepaalde de Vlaamse Regering een kwaliteitskader(2022). Binnen dit kader werden door het Departement Zorg en VIPA (Vlaams Infrastructuurfonds voor Persoonsgebonden Aangelegenheden) een kwaliteitshandboek "Ventilatie in woonzorgcentra", een leidraad voor een ventilatieplan op maat en ventilatiescans ontwikkeld.

9 BIBLIOGRAFIE

- Agentschap Zorg en Gezondheid. (2022). *Ventilatie in woonzorgcentra* (p. 64). https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/2023-01/Kwaliteitshandboek_Ventilatie_WZC_20230106_apart.pdf
- Besluit van de Vlaamse Regering houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu, (2004).
<https://codex.vlaanderen.be/Portals/Codex/documenten/1013487.html>
- Geyskens, F., & Stranger, M. (2016). *Milieu en Gezondheid en Binnenhuis—Vraag om advies m.b.t. CO2 als indicator voor een gezond binnenmilieu, studie uitgevoerd in opdracht van Het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), Dienst Milieu en Gezondheid* (p. 36).
<https://archief.onderzoek.omgeving.vlaanderen.be/Onderzoek-1857533>
- Goelen, E., De Brouwere, K., Koppen, G., Spruyt, M., & Torfs, R. (2007). *Onderzoek naar de invloed van het voorkomen van milieugevaarlijke stoffen in de buitenlucht op de kwaliteit van de binnenomgeving. Deel 1: Kinderen. Nederlandse Samenvatting.* (2007/MIM/R/024; p. 27). https://archief-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/254638/Flies_samenvatting.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hoge Gezondheidsraad. (2017). *Indoor air quality in Belgium* (Advies nr. 8794). HGR.
https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/hgr_8794_advies_iaq.pdf
- Lazarov, B., Elen, B., Spruyt, M., & Stranger, M. (2019). *Long-term monitoring of environmental pollutants in the indoor climate of various housing types* (p. 83).



- Mampaey, M., Verlaek, M., & De Kempeneer, N. (2021). *Ventilatie op school in koudere periodes tijdens een pandemie zoals COVID-19* (p. 40). https://archieff-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/287516/overzichtsrapport_ventilatie_school.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Stranger, M., Aerts, W., Daems, J., Spruyt, M., Geyskens, F., Verbeke, L., Verbeke, S., Van de Vyver, I., Goelen, E., Täubel, M., Hyvärinen, A., Laverge, J., De Backer, L., Janssens, A., Lauriks, L., & Geens, T. (2016). *Renovair. Verkennend onderzoek naar de binnenmilieukwaliteit in gebouwen na (energie-efficiënte) renovaties*. (p. 101). <https://archieff.onderzoek.omgeving.vlaanderen.be/Onderzoek-1487230>
- Stranger, M., De Brouwere, K., Swinnen, P., Bormans, R., Lauwers, L., Poemans, D., Verbeke, L., Swaans, W., Koppen, G., Spruyt, M., Berghmans, P., Desager, K., Govarts, E., Koppen, G., Willems, H., Bleux, N., Deams, J., Torfs, R., & Goelen, E. (2010). *Binnenlucht in Basisscholen (BIBA)* (p. 251). Dienst Milieu & Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie, en team Milieugezondheidszorg van het agentschap Zorg en Gezondheid. <https://archieff-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/254641/BIBA.pdf>
- Stranger, M., Verbeke, S., Täubel, M., Laverge, J., Wuyts, D., Geyskens, F., Swinnen, R., Verbeke, L., Poelmans, D., Boonen, F., Lauwers, J., De Bouwere, K., Goelen, E., Hyvärinen, A., Janssens, A., & Ingelaere, B. (2012). *Clean Air, Low Energy – Schone Lucht, Lage Energie. Exploratory research on the quality of the indoor environment in energy-efficient buildings: The influence of outdoor environment and ventilation* (p. 346). Het departement Leefmilieu, Natuur en Energie en het Vlaams Energieagentschap. <https://archieff-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/254639/CleanAirLowEnergy-final.pdf>

Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat. (2021). *Aanbevelingen voor de praktische implementatie en bewaking van ventilatie en binnenluchtkwaliteit in het kader van COVID-19*. (Version 2.0.; p. 55).
https://werk.belgie.be/sites/default/files/content/documents/Coronavirus/Implementatieplan_ventilatie.pdf

