



RAPPORTAGE

Onderzoek ventilatiesystemen in relatie tot Covid-19
Locatie AA05, Aalsmeer MBO.



Projectnummer: 20701 0094
Datum: 26 oktober 2020
Versie: 2.0



OPDRACHTGEVER

Wellantcollege

Postadres:

Bezoekadres:

Contactpersoon:

E-mail:

Postbus 445, 3990 GE Houten

De Molen 92. 3995 AX Houten

de heer De Bruin

hibo@wellant.nl

ADVISEUR TECHNISCHE INSTALLATIES

De Installatie Adviseur B.V.

Post- en bezoekadres:

Driebergseweg 17, 3708 JA Zeist (hoofdvestiging).

Mollerusweg 84, 2031 BZ Haarlem

Ericssonstraat 2, 5121 ML Rijen

Molenveldstraat 90, 6001 HL Weert

Boerhaavelaan 40, 2713 HX Zoetermeer

Contactpersoon:

de heer Van Meerten

E-mail:

ricardo@deinstallatieadviseur.nl



Inhoudsopgave:

1. Inleiding	4
1.1 Doel onderzoek	5
1.2 Uitdaging	5
2. Analyse.....	6
2.1 Ventilatiesysteem	6
2.2. Technieklokaal.....	7
2.2 Aula	9
2.3 Biologielokaal.....	10
2.4 Natuurkundelokaal	12
2.5 Overige lokalen	14
3. Conclusie.....	15



1. INLEIDING

Het Wellantcollege is de grootste vmbo- en mbo-opleider van Europa in voeding, klimaat en welzijn van mens en dier. De Installatie Adviseur B.V. is gevraagd om bij 25 locaties van het Wellantcollege een onderzoek te verrichten naar de ventilatie installatie in relatie tot Covid-19.

De Installatie Adviseur B.V. heeft de volgende locaties onderzocht:

Locatiecode	Locatie	Adres	Plaats
AA10	Aalsmeer Groenstrook VMBO	Jac. P. Thijsselaan 18	Aalsmeer
AA05	Aalsmeer MBO	Linnaeuslaan 2	Aalsmeer
WE10	Aalsmeer Westplas	1 ^e J.C. Mensinglaan 40	Aalsmeer
WA10	Amsterdam Linnaeus VMBO	Archimedesplantsoen 87	Amsterdam
SL10	Amsterdam Sloten VMBO	Jan van Zutphenstraat 60	Amsterdam
BR10	Brielle Anna Hoeve VMBO	Anna Hoevestraat 2	Brielle
HO05	Houten MBO	Randhoeve 2	Houten
HO10	Houten VMBO	Randhoeve 2	Houten
HO10A	Houten Oude Wulfseweg	Oude Wulfseweg 7	Houten
HO10B	Houten Wellantpark	Oude Wulfseweg 3	Houten
KL10	Klaaswaal VMBO	Rijksstraatweg 30b	Klaaswaal
RO05	Rotterdam MBO	Laanslootseweg 1	Rotterdam
ST10	Dordrecht MAVO Stek	Chico Mendesring 825a	Dordrecht
DO10	Dordrecht VMBO	Groenezoom 500	Dordrecht
OT10	Ottoland Bossekamp VMBO	B140	Ottoland
MS10	Den Haag Madestein VMBO	Madesteinweg 25	Den Haag
WV10	Den Haag Westvliet VMBO	Westvlietweg 42	Den Haag
RY05	Rijswijk MBO	Huis te Landelaan 2	Rijswijk
AF10	Amersfoort VMBO	Bergenboulevard 11	Amersfoort
GU10	Gouda VMBO	Ronsseweg 555	Gouda
MO10	Montfoort VMBO	Doeldijk 16	Montfoort
BO10	Boskoop VMBO	Zijde 105	Boskoop
AL10	Alphen a/d Rijn VMBO	Kalkovenweg 62	Alphen a/d Rijn
OE10	Oegstgeest VMBO	Lange Voort 70	Oegstgeest
RI10	Rijnsburg VMBO	Sandtlaan 98	Rijnsburg

Van bovengenoemde locaties is onderzocht wat voor ventilatiesysteem aanwezig is en hoe dit in relatie staat tot de aanvullende adviezen vanuit het RIVM voor scholen.



1.1 Doel onderzoek

De resultaten gepresenteerd in deze rapportage hebben als doel om inzicht te creëren aan Wellantcollege of er wordt voldaan aan de aanvullende adviezen vanuit het RIVM over ventilatie in schoolgebouw in relatie tot Covid-19.

Uit de adviezen vanuit het RIVM is er op dit moment geen rede aanwezig om af te wijken van ventilatie in scholen als waar nu al dient te worden voldaan. Vanuit het Landelijk coördinatieteam ventilatie op scholen (LCVS) wordt aangegeven dat scholen dienen te voldoen aan het (vigerend) Bouwbesluit en aanvullende richtlijnen. De aanvullende richtlijnen wordt door het LCVS niet specifiek benoemd, wel wordt dit vertaald in een specifieke eis.

	Luchtverversingcapaciteit	Grenswaarde CO ₂
Bestaande bouw	6.5 dm ³ /sec/persoon	1200 ppm
Nieuwbouw	8.5 dm ³ /sec/persoon	950 ppm

Voor bestaande bouw worden alle gebouwen geschouwd van voor 2012 en voor nieuwbouw alle gebouwen vanaf 2012.

1.2 Uitdaging

Wellantcollege telt een grote diversiteit aan schoolgebouwen en biedt hier veel praktijkgerichte lessen aan. Door de grote diversiteit, oude objecten en diverse praktijklokalen is er niet een eenduidige aanwezig voor de systemen. Voor het onderzoek zijn er bezoeken geweest op de locaties om inzicht te creëren in de diverse ventilatiesystemen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende, veelvoorkomende systemen.

Ventilatiesysteem A – Natuurlijke luchtafvoer en luchtaanvoer

Systeem A is een installatie waarbij geen mechanische hulp nodig is. De ventilatie gebeurt op natuurlijke wijze via ingebouwde ventilatieroosters in de ramen. De luchtdoorlaatbaarheid van deze roosters zijn handmatig aan te passen. Om genoeg verse lucht door de school te laten circuleren is het belangrijk doorvoeropeningen te voorzien onder deuren, in deuren of in de muren. Vervuilde lucht wordt afgevoerd via een ventilatiekanaal in toiletruimtes, pantry's of schoolkeuken.

Ventilatiesysteem B – Natuurlijke luchtafvoer en mechanische luchttoevoer

Systeem B is een installatie waarbij de luchttoevoer mechanisch plaatst vindt. Met dit systeem heb je een gecontroleerde toevoer van verse buitenlucht. De afvoer en circulatie van de lucht gebeurt op dezelfde wijze als bij ventilatiesysteem A.

Ventilatiesysteem C – Mechanische luchtafvoer en natuurlijke luchttoevoer

Systeem C is een installatie waarbij de luchtafvoer mechanisch plaatst vindt. Met dit systeem heb je gecontroleerde afvoer van vervuilde binnenlucht. De toevoer en circulatie van de lucht gebeurt op dezelfde wijze als bij ventilatiesysteem A.

Ventilatiesysteem D – Mechanische luchtafvoer en mechanische luchttoevoer

Systeem D is een volledig gecontroleerd systeem. De ventilatie vindt volledig mechanisch plaatst door de gehele school. De luchttoevoer en luchtafvoer vindt plaatst door middel van een luchtkanalen systeem en roosters in de diverse ruimten. Dit systeem wordt balansventilatie genoemd.



Naast de bezoeken aan de 25 genoemde locaties heeft De Installatie Adviseur B.V. inzage gekregen in de bouwkundige tekeningen database van het Wellantcollege. Op basis van deze gegevens en de bezoeken op locatie zijn de rapportages opgesteld.

In veel gevallen betreft het oude schoolgebouwen welke zijn voorzien van ventilatiesysteem C. Hierin worden de toiletruimtes voorzien van afzuig en zijn alle lokalen voorzien van dauerlftung of te openen ramen. Hierdoor zijn daadwerkelijke luchtstromen moeilijk inzichtelijke te maken. De luchtstromen ontstaan door natuurlijke over- en/of onderdruk, winddruk en windrichting. Om een goede analyse te maken van de CO₂ zijn hier in een aantal situaties aannames gedaan daar de aangeleverde tekeningen geen verduidelijking hebben gegeven.

2. ANALYSE

Op 9 oktober 2020 heeft de heer Raymond Droog van De Installatie Adviseur B.V. een bezoek gebracht aan de locatie AA05. Dit betreft locatie Aalsmeer MBO aan de Linnaeuslaan 2. Tijdens het bezoek is er een visuele inspectie verricht in diverse ruimtes van de school. Hierbij zijn ook de installatie componenten bekeken en is er inzicht gegeven in de aanwezig tekeningen van de installaties.

De school bestaat uit 17 theorielokalen en 6 praktijklokalen. De totale bezetting bestaat uit 245 leerlingen.

2.1 Ventilatiesysteem

In de school zijn diverse ventilatiesystemen aanwezig. Vier ruimten zijn voorzien van mechanische luchttoe- en afvoer. Alle overige ruimten zijn voorzien van natuurlijke toevoer en mechanische afzuig door middel van een afzuigventilatoren in toiletruimtes en/of pantry's (zogenoemde natte cellen).



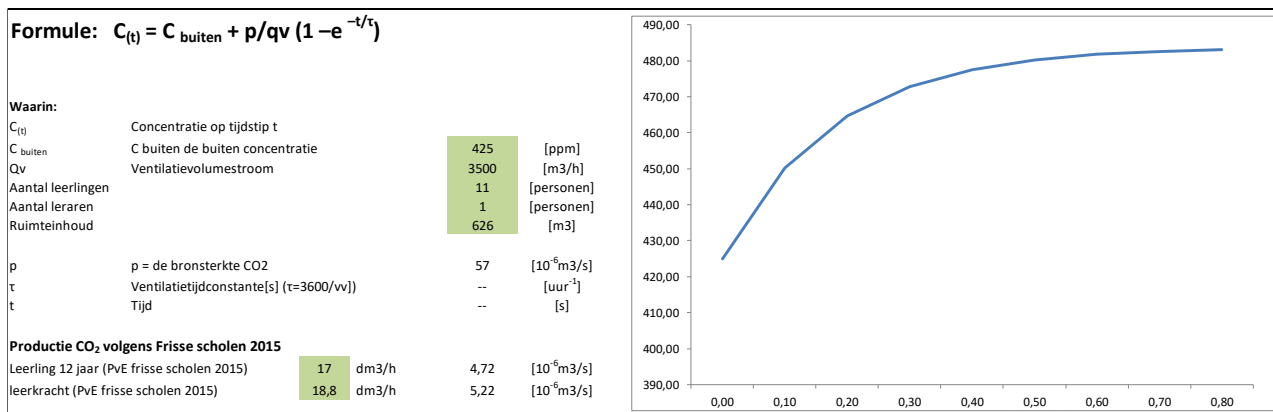
2.2. Technieklokaal

Eén van de lokalen voorzien mechanisch ventilatiesysteem is het technieklokaal aanwezig op de begane grond. De verse luchttoevoer vindt plaats door middel van een luchtbehandelingskast. De luchtbehandelingskast is voorzien van een buitenlucht aanzuig filter, een luchtverwarmer en heeft een capaciteit van 3.500 m³/h. De afzuiginstallatie vindt plaats door middel van vier opgestelde dakafzuigventilatoren, deze functioneren als algemene afzuig installatie maar doen ook dienst als lasdampafzuiginstallatie. De totale afzuigcapaciteit bedraagt 4.810 m³/h.

Het lokaal heeft een oppervlakte van 232 m². Het aantal leerlingen dat in het lokaal aanwezig is tijdens een les is onbekend. Vanuit de opgave van het aantal leerlingen en de lokalen is er voor de CO₂ berekening uitgegaan van een gemiddeld aantal leerlingen van 11 in het lokaal.

Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	-t/ τ	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	57,17	0,97	58,80	0,00	643,89	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	57,17	0,97	58,80	0,10	643,89	2,72	-0,56	0,57	450,18
425,00	57,17	0,97	58,80	0,20	643,89	2,72	-1,12	0,33	464,58
425,00	57,17	0,97	58,80	0,30	643,89	2,72	-1,68	0,19	472,81
425,00	57,17	0,97	58,80	0,40	643,89	2,72	-2,24	0,11	477,52
425,00	57,17	0,97	58,80	0,50	643,89	2,72	-2,80	0,06	480,21
425,00	57,17	0,97	58,80	0,60	643,89	2,72	-3,35	0,03	481,75
425,00	57,17	0,97	58,80	0,70	643,89	2,72	-3,91	0,02	482,63
425,00	57,17	0,97	58,80	0,80	643,89	2,72	-4,47	0,01	483,13

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie	
Bron: Isso 89		
5-jarige (20kg)	7,2	dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7	dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7	dm ³ /h
16-jarige	17	dm ³ /h
Volwassene	18,8	dm ³ /h
Dansend persoon	30	dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het technieklokaal. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 3.500 m³/h, gemiddeld 11 leerlingen aanwezig en 1 docent.



Berekening CO2 concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

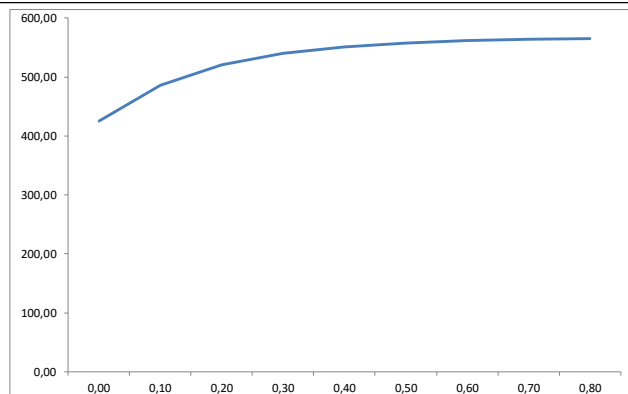
Formule: $C(t) = C_{\text{buiten}} + p/qv (1 - e^{-t/\tau})$

Waarin:

$C(t)$	Concentratie op tijdstip t		
C_{buiten}	C buiten de buiten concentratie	425	[ppm]
Qv	Ventilatievolumestroom	3500	[m ³ /h]
Aantal leerlingen		28	[personen]
Aantal leraren		1	[personen]
Ruimteinhoud		626	[m ³]
p	p = de bronsterkte CO ₂	137	[10 ⁻⁶ m ³ /s]
τ	Ventilatieconstante[s] ($\tau=3600/vv$)	--	[uur ⁻¹]
t	Tijd	--	[s]

Productie CO₂ volgens Frisse scholen 2015

Leerling 12 jaar (PvE frisse scholen 2015)	17	dm ³ /h	4,72	[10 ⁻⁶ m ³ /s]
leerkracht (PvE frisse scholen 2015)	18,8	dm ³ /h	5,22	[10 ⁻⁶ m ³ /s]



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	$-t/\tau$	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	137,44	0,97	141,37	0,00	643,89	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	137,44	0,97	141,37	0,10	643,89	2,72	-0,56	0,57	485,55
425,00	137,44	0,97	141,37	0,20	643,89	2,72	-1,12	0,33	520,16
425,00	137,44	0,97	141,37	0,30	643,89	2,72	-1,68	0,19	539,95
425,00	137,44	0,97	141,37	0,40	643,89	2,72	-2,24	0,11	551,27
425,00	137,44	0,97	141,37	0,50	643,89	2,72	-2,80	0,06	557,74
425,00	137,44	0,97	141,37	0,60	643,89	2,72	-3,35	0,03	561,43
425,00	137,44	0,97	141,37	0,70	643,89	2,72	-3,91	0,02	563,55
425,00	137,44	0,97	141,37	0,80	643,89	2,72	-4,47	0,01	564,76

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie	
Bron: Iso 89		
5-jarige (20kg)	7,2	dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7	dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7	dm ³ /h
16-jarige	17	dm ³ /h
Volwassene	18,8	dm ³ /h
Dansend persoon	30	dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het technieklokaal. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 3.500 m³/h, gemiddeld 28 leerlingen aanwezig en 1 docent.

In beide gevallen kom uit de simulatie dat de ventilatie installatie voor dit lokaal voldoet aan de eisen zoals gesteld vanuit het LCVS.

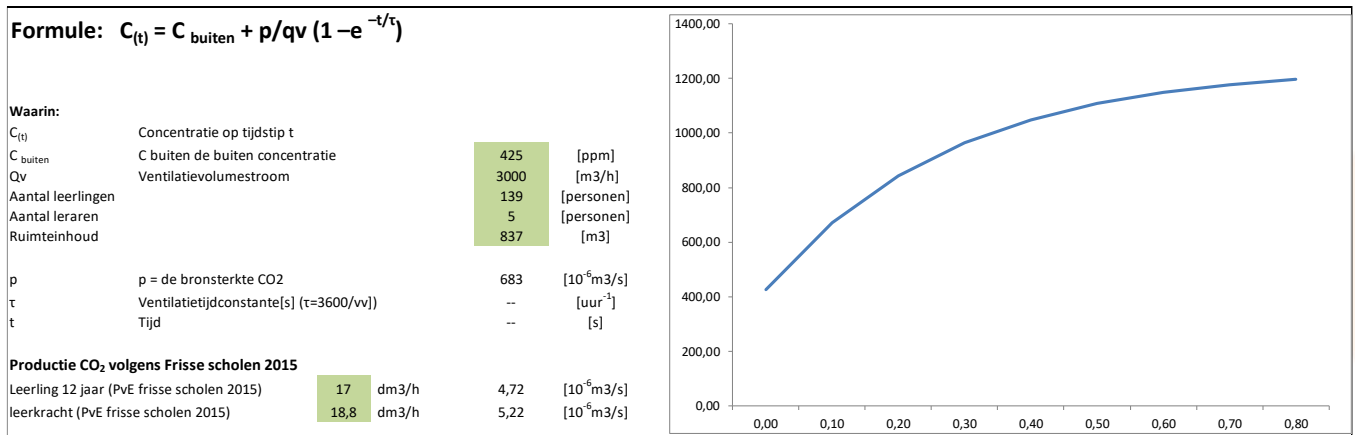


2.2 Aula

De aula van locatie AA05 is ook voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem. De verse luchttoevoer vindt plaats door middel van twee luchtbehandelingskasten. De twee luchtbehandelingskasten zijn voorzien van een buitenlucht aanzuig filter, een luchtverwarmer en hebben beide een capaciteit van 1.500 m³/h. De afzuiginstallatie bestaat uit een dakafzuigventilator en een afzuigkap in de keuken. Aula staat in balans met totaal 3.000m³/h.

De aula heeft een oppervlakte van 310 m². Voor het aantal leerlingen is uitgegaan van een maximale bezetting op basis van de gestelde eisen vanuit het LCVS. Dit bedraagt 1200ppm. Dit is gekozen om inzichtelijke maken hoeveel leerlingen er tegelijk toegelaten mogen worden in de aula. Er is in de berekening rekening gehouden met 5 aanwezige docenten.

Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	$-t/\tau$	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]	[h]						[ppm]
425,00	682,50	0,83	819,00	0,00	1004,40	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	682,50	0,83	819,00	0,10	1004,40	2,72	-0,36	0,70	671,70
425,00	682,50	0,83	819,00	0,20	1004,40	2,72	-0,72	0,49	844,09
425,00	682,50	0,83	819,00	0,30	1004,40	2,72	-1,08	0,34	964,55
425,00	682,50	0,83	819,00	0,40	1004,40	2,72	-1,43	0,24	1048,73
425,00	682,50	0,83	819,00	0,50	1004,40	2,72	-1,79	0,17	1107,55
425,00	682,50	0,83	819,00	0,60	1004,40	2,72	-2,15	0,12	1148,65
425,00	682,50	0,83	819,00	0,70	1004,40	2,72	-2,51	0,08	1177,37
425,00	682,50	0,83	819,00	0,80	1004,40	2,72	-2,87	0,06	1197,44

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie
Bron: Iiso 89	
5 jarige (20kg)	7,2 dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7 dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7 dm ³ /h
16-jarige	17 dm ³ /h
Volwassene	18,8 dm ³ /h
Dansend persoon	30 dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van de aula. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 3.000 m³/h. De buitenluchtconditie is bepaald op 425 ppm, dit betreft het landelijk gemiddelde.

Uit de simulatie is te concluderen dat de ventilatie installatie voor de Aula voldoet tot 139 leerlingen en 5 docenten.



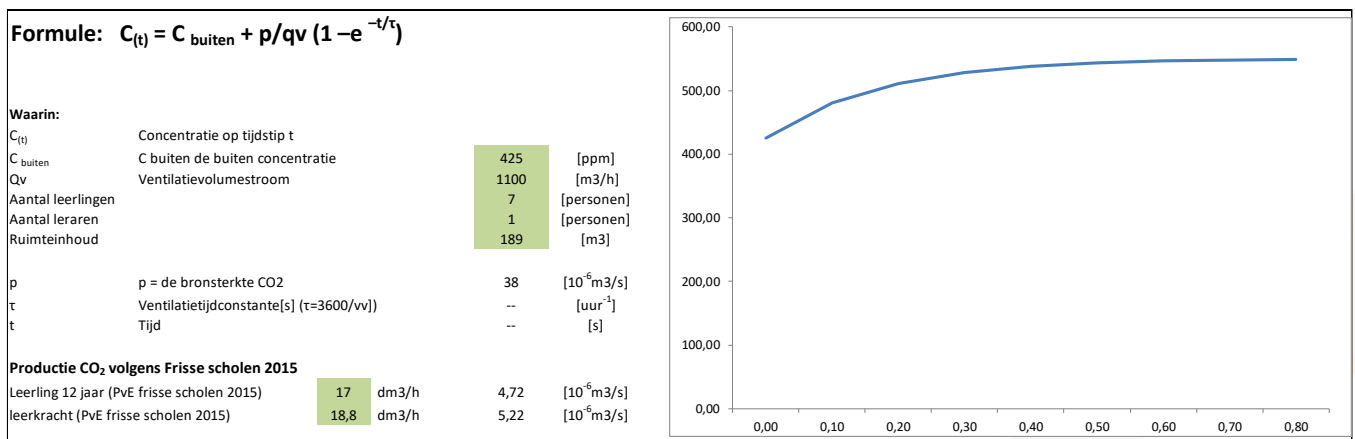
2.3 Biologielokaal

Het biologielokaal van locatie AA05 is ook voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem. De verse luchttoevoer vindt plaats door middel van een luchtbehandelingskast. De luchtbehandelingskast is voorzien van een buitenlucht aanzuig filter, een luchtverwarmer en heeft een capaciteit van 1.100 m³/h. De afzuiginstallatie bestaat uit een dakafzuigventilatoren. Eén dakafzuigventilator staat aangesloten op de zuurkasten met een capaciteit van 800 m³/h, de andere dakafzuigventilator heeft een capaciteit van 300 m³/h. Het lokaal staat in balans met 1.100 m³/h.

Het biologielokaal heeft een oppervlakte van 70 m². Voor het aantal leerlingen is uitgegaan van een bezetting van 7 leerlingen en 1 docent.

Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	-t/ τ	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	38,28	0,31	125,27	0,00	618,55	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	38,28	0,31	125,27	0,10	618,55	2,72	-0,58	0,56	480,27
425,00	38,28	0,31	125,27	0,20	618,55	2,72	-1,16	0,31	511,16
425,00	38,28	0,31	125,27	0,30	618,55	2,72	-1,75	0,17	528,42
425,00	38,28	0,31	125,27	0,40	618,55	2,72	-2,33	0,10	538,06
425,00	38,28	0,31	125,27	0,50	618,55	2,72	-2,91	0,05	543,45
425,00	38,28	0,31	125,27	0,60	618,55	2,72	-3,49	0,03	546,46
425,00	38,28	0,31	125,27	0,70	618,55	2,72	-4,07	0,02	548,14
425,00	38,28	0,31	125,27	0,80	618,55	2,72	-4,66	0,01	549,08

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie
Bron: Iso 89	
5-jarige (20kg)	7,2 dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7 dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7 dm ³ /h
16-jarige	17 dm ³ /h
Volwassene	18,8 dm ³ /h
Dansend persoon	30 dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het biologielokaal. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 1.100 m³/h. De buitenluchtconditie is bepaald op 425 ppm, dit betreft het landelijk gemiddelde.



Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



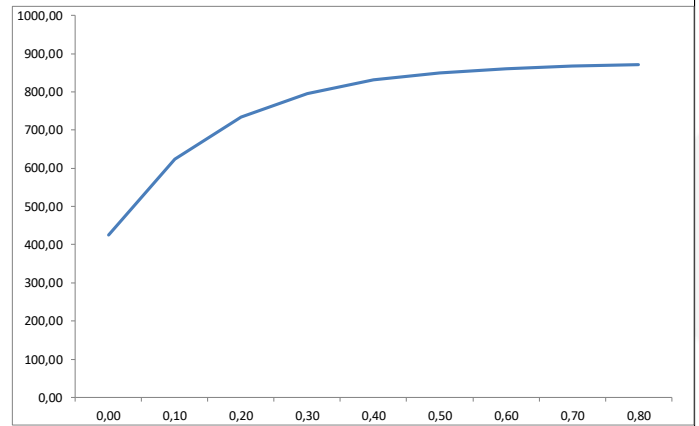
Formule: $C_{(t)} = C_{\text{buiten}} + p/qv (1 - e^{-t/\tau})$

Waarin:

$C_{(t)}$	Concentratie op tijdstip t	425	[ppm]
C_{buiten}	C buiten de buiten concentratie	1100	[m ³ /h]
Qv	Ventilatievolumestroom	28	[personen]
Aantal leerlingen		1	[personen]
Aantal leraren		189	[m ³]
Ruimteinhoud			
p	p = de bronsterkte CO ₂	137	[10 ⁻⁶ m ³ /s]
τ	Ventilatie-tijdsconstante[s] ($\tau=3600/qv$)	--	[uur ⁻¹]
t	Tijd	--	[s]

Productie CO₂ volgens Frisse scholen 2015

Leerling 12 jaar (PvE frisse scholen 2015)	17	dm ³ /h	4,72	[10 ⁻⁶ m ³ /s]
leerkracht (PvE frisse scholen 2015)	18,8	dm ³ /h	5,22	[10 ⁻⁶ m ³ /s]



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	-t/ τ	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	137,44	0,31	449,82	0,00	618,55	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	137,44	0,31	449,82	0,10	618,55	2,72	-0,58	0,56	623,47
425,00	137,44	0,31	449,82	0,20	618,55	2,72	-1,16	0,31	734,37
425,00	137,44	0,31	449,82	0,30	618,55	2,72	-1,75	0,17	796,34
425,00	137,44	0,31	449,82	0,40	618,55	2,72	-2,33	0,10	830,97
425,00	137,44	0,31	449,82	0,50	618,55	2,72	-2,91	0,05	850,32
425,00	137,44	0,31	449,82	0,60	618,55	2,72	-3,49	0,03	861,13
425,00	137,44	0,31	449,82	0,70	618,55	2,72	-4,07	0,02	867,17
425,00	137,44	0,31	449,82	0,80	618,55	2,72	-4,66	0,01	870,54

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie
Bron: Iiso 89	
5-jarige (20kg)	7,2 dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7 dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7 dm ³ /h
16-jarige	17 dm ³ /h
Volwassene	18,8 dm ³ /h
Dansend persoon	30 dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het technieklokaal. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 1.100 m³/h, gemiddeld 28 leerlingen aanwezig en 1 docent.

In beide gevallen kom uit de simulatie dat de ventilatie installatie voor dit lokaal voldoet aan de eisen zoals gesteld vanuit het LCVS.



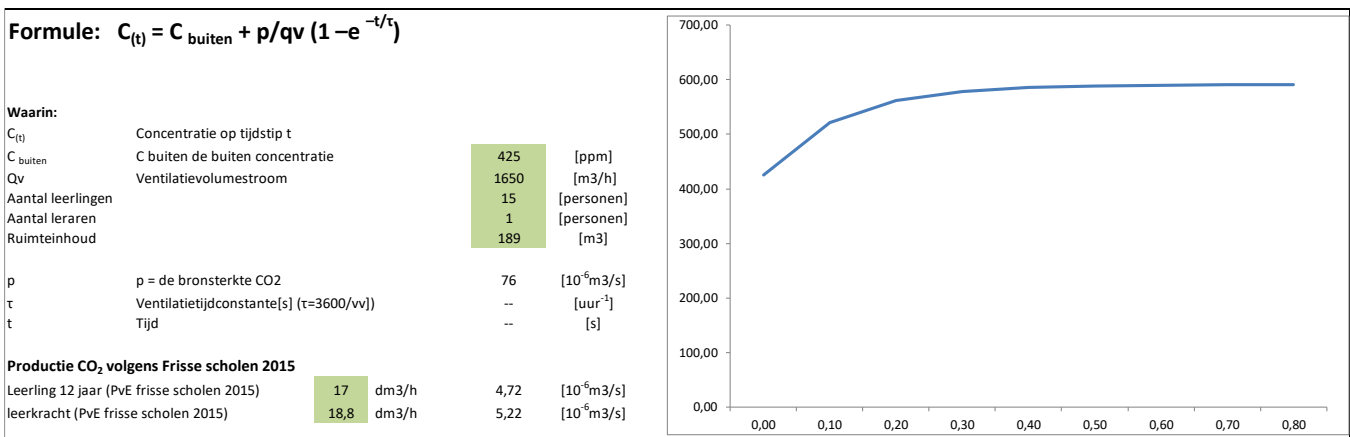
2.4 Natuurkundelokaal

Het natuurkundelokaal van locatie AA05 is ook voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem. De verse luchttoevoer vindt plaats door middel van een luchtbehandelingskast. De luchtbehandelingskast is voorzien van een buitenlucht aanzuig filter, een luchtverwarmer en heeft een capaciteit van 1.650 m³/h. De afzuiginstallatie bestaat uit een dakafzuigventilatoren. Eén dakafzuigventilator staat aangesloten op de zuurkasten met een capaciteit van 800 m³/h, de andere dakafzuigventilator heeft een capaciteit van 850 m³/h. Het lokaal staat in balans met 1.650 m³/h.

Het biologielokaal heeft een oppervlakte van 55 m². Voor het aantal leerlingen is uitgegaan van een bezetting van 15 leerlingen en 1 docent.

Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	$-t/\tau$	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]	[h]						[ppm]
425,00	76,06	0,46	165,94	0,00	412,36	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	76,06	0,46	165,94	0,10	412,36	2,72	-0,87	0,42	521,63
425,00	76,06	0,46	165,94	0,20	412,36	2,72	-1,75	0,17	561,99
425,00	76,06	0,46	165,94	0,30	412,36	2,72	-2,62	0,07	578,85
425,00	76,06	0,46	165,94	0,40	412,36	2,72	-3,49	0,03	585,89
425,00	76,06	0,46	165,94	0,50	412,36	2,72	-4,37	0,01	588,83
425,00	76,06	0,46	165,94	0,60	412,36	2,72	-5,24	0,01	590,06
425,00	76,06	0,46	165,94	0,70	412,36	2,72	-6,11	0,00	590,57
425,00	76,06	0,46	165,94	0,80	412,36	2,72	-6,98	0,00	590,79

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie
Bron: Isso 89	
5-jarige (20kg)	7,2 dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7 dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7 dm ³ /h
16-jarige	17 dm ³ /h
Volwassene	18,8 dm ³ /h
Dansend persoon	30 dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het natuurkundelokaal Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 1.650 m³/h. De buitenluchtconditie is bepaald op 425 ppm, dit betreft het landelijk gemiddelde.



Berekening CO2 concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



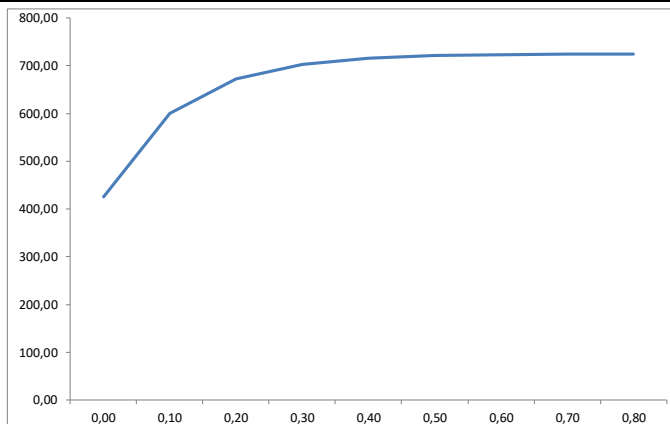
Formule: $C_{(t)} = C_{\text{buiten}} + p/qv (1 - e^{-t/\tau})$

Waarin:

$C_{(t)}$	Concentratie op tijdstip t			
C_{buiten}	C buiten de buiten concentratie	425	[ppm]	
Qv	Ventilatievolumestroom	1650	[m ³ /h]	
Aantal leerlingen		28	[personen]	
Aantal leraren		1	[personen]	
Ruimteinhoud		189	[m ³]	
p	p = de bronsterkte CO ₂	137	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	
τ	Ventilatieconstante[s] ($\tau=3600/vv$)	--	[uur ⁻¹]	
t	Tijd	--	[s]	

Productie CO₂ volgens Frisse scholen 2015

Leerling 12 jaar (PvE frisse scholen 2015)	17	dm ³ /h	4,72	[10 ⁻⁶ m ³ /s]
leerkracht (PvE frisse scholen 2015)	18,8	dm ³ /h	5,22	[10 ⁻⁶ m ³ /s]



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	$-t/\tau$	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	137,44	0,46	299,88	0,00	412,36	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	137,44	0,46	299,88	0,10	412,36	2,72	-0,87	0,42	599,62
425,00	137,44	0,46	299,88	0,20	412,36	2,72	-1,75	0,17	672,56
425,00	137,44	0,46	299,88	0,30	412,36	2,72	-2,62	0,07	703,03
425,00	137,44	0,46	299,88	0,40	412,36	2,72	-3,49	0,03	715,75
425,00	137,44	0,46	299,88	0,50	412,36	2,72	-4,37	0,01	721,07
425,00	137,44	0,46	299,88	0,60	412,36	2,72	-5,24	0,01	723,29
425,00	137,44	0,46	299,88	0,70	412,36	2,72	-6,11	0,00	724,21
425,00	137,44	0,46	299,88	0,80	412,36	2,72	-6,98	0,00	724,60

Leerlingen in klaslokaal	CO2 productie
Bron: Iso 89	
5-jarige (20kg)	7,2 dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7 dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7 dm ³ /h
16-jarige	17 dm ³ /h
Volwassene	18,8 dm ³ /h
Dansend persoon	30 dm ³ /h

Bovenstaand figuur geeft de resultaten aan van de CO₂ simulatie van het technieklokaal. Gebaseerd op de mechanische luchttoevoer van 1.650 m³/h, gemiddeld 28 leerlingen aanwezig en 1 docent.

In beide gevallen kom uit de simulatie dat de ventilatie installatie voor dit lokaal voldoet aan de eisen zoals gesteld vanuit het LCVS.



2.5 Overige lokalen

Alle overige lokalen zijn niet voorzien van een mechanische ventilatie installatie. De lokalen zijn voorzien van toevoer raamroosters en te openen ramen. In diverse ruimten verspreid door het gebouw zijn afzuigventilatoren geplaatst welke zorgen voor de mechanische afzuiginstallatie.

In totaal zijn er, naast de eerder genoemde dakafzuigventilatoren, 5 dakafzuigventilatoren geplaatst voor de algemene afzuig. De totale capaciteit van de afzuigventilatoren bedraagt 2.780 m³/h.

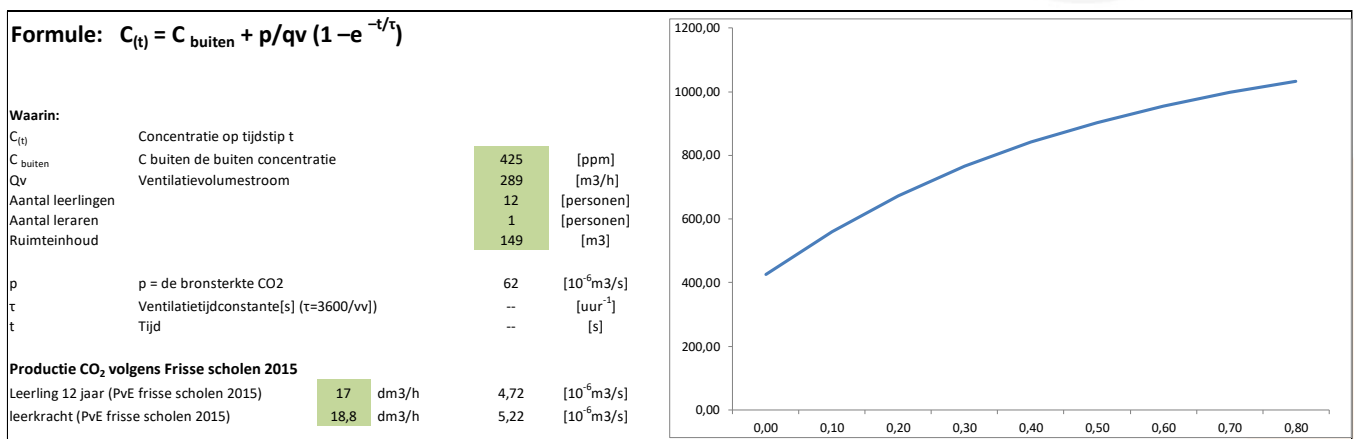
Op basis van de eerdergenoemde 6.5 dm³/sec/persoon vanuit het LCVS zou dit voldoende zijn voor 118 personen. In de ruimten met mechanische ventilatie (excl. Aula) worden 33 personen gehuisvest. De overige 212 personen zijn aanwezig in de overige lokalen. Dit betekent dat de afzuiginstallatie, gebaseerd op de 118 personen, niet voldoende is voor de 212 personen.

Indien aanvullend de dakafzuigventilatoren van de Aula aangezet worden wordt de totale afvoer capaciteit 5.780 m³/h. Met de genoemde 6.5 dm³/sec/persoon voldoet de installatie dan voor maximaal 247 personen.

Gaan we uit dat alle dakventilatoren van de lokalen en de dakventilator van de Aula aan staan kan er uitgegaan worden dat er voldoende geventileerd wordt voor de gehele school. Hierbij rekening gehouden dat de drie overige lokalen separaat worden bekeken. Er zijn 20 lokalen aanwezig zonder mechanisch ventilatiesysteem. Deze lokalen hebben een gemiddeld oppervlak van ca. 55 m² en elk lokaal heeft gemiddeld 12 leerlingen. Onderstaande berekening toont aan dat deze lokalen voldoen aan de gestelde eisen vanuit het LCVS tot 60 minuten aanwezigheid in de klas.

Berekening CO₂ concentratie bij gekozen luchthoeveelheid

DE INSTALLATIEADVISEUR
installatieadvies op maat



Cbuiten	p	qv	p/qv	t	τ	e	$-t/\tau$	$e^{-t/\tau}$	Ct
	[10 ⁻⁶ m ³ /s]	[m ³ /s]		[h]					[ppm]
425,00	61,89	0,08	770,93	0,00	1856,06	2,72	0,00	1,00	425,00
425,00	61,89	0,08	770,93	0,10	1856,06	2,72	-0,19	0,82	560,92
425,00	61,89	0,08	770,93	0,20	1856,06	2,72	-0,39	0,68	672,88
425,00	61,89	0,08	770,93	0,30	1856,06	2,72	-0,58	0,56	765,10
425,00	61,89	0,08	770,93	0,40	1856,06	2,72	-0,78	0,46	841,06
425,00	61,89	0,08	770,93	0,50	1856,06	2,72	-0,97	0,38	903,63
425,00	61,89	0,08	770,93	0,60	1856,06	2,72	-1,16	0,31	955,16
425,00	61,89	0,08	770,93	0,70	1856,06	2,72	-1,36	0,26	997,61
425,00	61,89	0,08	770,93	0,80	1856,06	2,72	-1,55	0,21	1032,58

Leerlingen in klaslokaal	CO ₂ productie	
Bron: Isso 89		
5-jarige (20kg)	7,2	dm ³ /h
8-jarige (25 kg)	8,7	dm ³ /h
12-jarige (40 kg)	13,7	dm ³ /h
16-jarige	17	dm ³ /h
Volwassene	18,8	dm ³ /h
Dansend persoon	30	dm ³ /h



3. CONCLUSIE

Op basis van de opname, berekening en resultaten zoals opgenomen in bovenliggende rapportage kan geconcludeerd worden dat in basis de ventilatie installatie niet voldoet aan de eisen zoals gesteld door het LCVS. Er zijn vier ruimten aanwezig voorzien een mechanisch ventilatiesysteem (type D), overige ruimten zijn voorzien van ventilatiesysteem C. In de lokalen zijn voorzieningen (raamroosters) aanwezig voor de natuurlijke toevoer van de ventilatielucht. De mechanische afvoer vindt plaats voor middel van vier dakafzuigventilatoren welke voornamelijk in de toiletruimten aanwezig zijn.

Zijn alle aanwezig ventilatiesystemen ingeschakeld voldoet de installatie niet aan de eisen gesteld vanuit het LCVS. De drie lokalen voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem voldoen ten alle tijden. Het betreft de 20 overige lokalen voorzien van ventilatiesysteem C.

Om deze lokalen te laten voldoen dient de mechanische toevoer van de Aula uitgeschakeld te worden, de mechanische afvoer dient 100% te draaien. Door de mechanische toevoer uit te schakelen zal de mechanische afzuiginstallatie de school op onderdruk zetten. Door de onderdruk in de school wordt er meer lucht door de raamroosters naar binnen gezogen waardoor er meer geventileerd wordt. Met deze aanpassing op het systeem voldoen alle lokalen aan de geldende eis conform het LCVS met de randvoorwaarden zoals vermeld in de CO₂ berekeningen van de lokalen. Waarbij voor de lokalen met ventilatiesysteem C rekening gehouden dient te worden met lesduren van maximaal 60 minuten en 11 leerlingen in de klas.