

Het comfort op de N3 vleugel aan de hand van de gemeten
temperatuur, luchtvochtigheid en de CO₂- concentratie

BINNENKLIMAAT OP HET ACADEMIEPLEIN



Groep 2

*Peter Muilwijk 0817933
Annette van Wijk 0805533
Wendy Sinnema 0805625*

Begeleider: *C. van Kranenburg
bouBFG01c*

*"Zij die, na hun werk, de frisse avondlucht inademen,
weten dat lucht het zoetste is wat de wereld kent."*

Charles Louis Philippe

Samenvatting

De lucht in een gebouw kan verontreinigd raken door uitdamping van personen of vluchtige stoffen afkomstig van diverse materialen, zoals vloerbedekking, gordijnen en gebruikte bouwmaterialen.

De verontreiniging van lucht brengt verschillende klachten met zich mee zoals; stank, benauwdheid, concentratiestoornissen en andere gezondheidsklachten.

Er is bekend dat het comfort op de N3 vleugel niet optimaal is, toch zijn er in het verleden weinig tot geen onderzoeken naar gedaan. De hoofddoelstelling van dit onderzoek is het vaststellen van het comfort in de lokalen en werkruimte op de N3 vleugel. De metingen in dit onderzoek hebben plaatsgevonden in N3.10 (lokaal) en N3 (werkruimte) verspreid over drie volle werkdagen.

In de huidige situatie wordt er geventileerd door middel van een luchtbehandelingsysteem in combinatie met natuurlijk spuien. De ruimtes hebben een constante ingestelde temperatuur van 21,0 °C tijdens werkuren.

De uitgangspunten zijn aan de hand de voorschriften van de GGD vastgesteld, waarbij een 650ppm tot 800ppm waarde 'goed' bevonden wordt in klaslokalen. Bij een overschrijding van 1000ppm wordt dit 'onvoldoende' bevonden.

Uit metingen op N3 blijkt alleen dat als er gekeken wordt naar de luchtvochtigheid in combinatie met de temperatuur, er geen noemenswaardige problemen zijn. Het klimaat wordt volgens de behaaglijkheidsgrafiek als 'behaaglijk' beschouwd.

De CO₂ concentratie daarentegen komt op sommige momenten als het druk is boven de grens van 1200ppm uit. Dit kan leiden tot hoofdpijn en moeheid. Om dit tegen te gaan zal er beter geventileerd moeten worden. Dat kan met behulp van het ventilatiesysteem of door de ramen open te zetten.

In N3.10 is er geconstateerd dat ook hier de temperatuur in combinatie met de luchtvochtigheid geen noemenswaardig probleem is. Wel is de CO₂ concentratie erg zorgelijk. Deze komt door te weinig ventileren, ver boven de grens van 1200ppm uit. Dit kan verholpen worden door met minder personen in het lokaal te zitten (rond de 20) en na 45 minuten 20 minuten pauze te houden en de ramen open te zetten.

Het voornaamste probleem is dat niemand zich bewust is van de hoge CO₂ waarden. Het advies wordt uitgebracht de waarde bekend te maken in het klaslokaal doormiddel van een afleesbare CO₂ meter. Op deze manier is de bewustheid groter en kan er gereageerd worden op een (dreigende) te hoge waarde. Deze oplossing brengt weinig aanpassingen met zich mee en geeft een grote aanwinst op het behoud van een beter ventilatiegedrag.

Een andere manier om de CO₂ concentratie te verlagen is een radiator met luchtverversingssysteem. Deze radiator creëert op energie- efficiënte wijze een vraaggestuurde kringloop van zuivere lucht door de verschillende ruimten. Wanneer er een teveel aan CO₂ en teveel aan vocht is zal de vervuilde binnenlucht worden vervangen door zuivere buitenlucht. Bij deze toepassing zijn kleine aanpassingen in de gevel vereist..

Nog een mogelijkheid is er om de CO₂ concentratie te verlagen door het gebruik van een speciaal klimaatsysteem genaamd scholenconcept. Het systeem integreert de verschillende functies ventileren (op basis van CO₂), verwarmen en koelen in één systeem. Bij het toepassen van de oplossing zijn er drastische eisen vereist aan het huidige ventilatiesysteem.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	3
INLEIDING	5
ACHTERGROND VAN HET ONDERZOEK	6
PROBLEEMSTELLING	7
DOELSTELLING	7
HUIDIGE SITUATIE	7
EXPERIMENTELE ASPECTEN	8
ALGEMEEN	8
HET OPHANGEN VAN HET MEETAPPARATUUR	8
LASCAR ELECTRONICS, EL- USB- 2.....	9
ITHO, AMUN 755 9 630	10
TINY, C07	10
OPZET METINGEN N3.....	11
OPZET METINGEN N3.10.....	12
METINGEN EN BEWERKINGEN	13
CO2 CONCENTRATIE RESULTATEN “WERKRUIJITE OP N3”	14
TEMPERATUUR RESULTATEN “WERKRUIJITE OP N3”	16
LUCHTVOCHTIGHEID RESULTATEN “WERKRUIJITE OP N3”	17
RELATIE TUSSEN DE LUCHTVOCHTIGHEID EN TEMPERATUUR “WERKRUIJITE OP N3”	18
CO2 CONCENTRATIE RESULTATEN “LOKAAL N3.10”	20
TEMPERATUUR RESULTATEN “LOKAAL N3.10”	22
LUCHTVOCHTIGHEID RESULTATEN “LOKAAL N3.10”	24
RELATIE TUSSEN DE LUCHTVOCHTIGHEID EN TEMPERATUUR “LOKAAL N3.10”	26
ADVIEZEN EN AANBEVELING	28
CO2 METER	28
RADIATOR	29
KLIMAATSYSTEEM.....	30
BRONVERMELDING	31
BIJLAGE	32
WERKRUIJITE N3.....	32
LOKAAL N3.10.....	32
CD MET VOLLEDIGE MEETRESULTATEN EN RAPPORT	32

Inleiding

Al meer dan twintig jaar geleden werd geconstateerd dat in veel gebouwen de luchtkwaliteit ongezond is. Recentelijk onderzoek toont aan dat sindsdien, zelfs als er maatregelen zijn genomen, weinig verbetering is opgetreden. Ook in de meeste Nederlandse onderwijsgebouwen blijft het behelpen en is er een dringende behoefte aan investeringen in het binnenklimaat.

Begin jaren tachtig werd het zogenaamde Sick Building Syndroom (SBS) voor het eerst als medische conditie erkend in een rapport van de Wereldgezondheidsorganisatie. Het SBS ontstaat ondermeer door een te hoge binnentemperatuur als gevolg van de ophoping van koolstofdioxide (CO₂). Het syndroom is veelvuldig onderzocht, met bijvoorbeeld als bevinding dat de symptomen, zoals hoofdpijn, concentratieproblemen, vermoeidheid en apathie, en koste gaan van prestaties en gezondheid. Zowel uit nationaal en internationaal onderzoek blijkt dat de kwaliteit van het binnenmilieu in scholen slecht is. In 90% van de onderzochte scholen wordt de grenswaarde voor CO₂ overschreden, ten gevolge van onvoldoende ventilatie. CO₂ concentraties van 3000-5000 ppm zijn geen uitzondering en leiden tot slechte leerprestaties en hebben negatieve effecten op de gezondheid van de leerlingen en docenten.

In dit rapport zal eerste de achtergrond van het onderzoek beschreven worden, hierna zal de probleemstelling en doelstellingen vermeld worden. Het onderzoek zal beginnen met een vermelding van de huidige situatie, daarna zullen de metingen beschreven worden met uiteindelijk adviezen en aanbevelingen aan de school.

Aan dit onderzoek hebben de volgende mensen gewerkt:

Onderzoeker	<i>A. van Wijk</i>	<i>Derdejaars Student Bouwkunde</i>
Onderzoeker	<i>P.J. Muilwijk</i>	<i>Derdejaars Student Bouwkunde</i>
Onderzoeker	<i>W. Sinnema</i>	<i>Derdejaars Student Bouwkunde</i>
Kwaliteitsbewaker	<i>C. van Kranenburg</i>	<i>Docent Bouwfysica Hogeschool Rotterdam</i>

Achtergrond van het onderzoek

De lucht in een gebouw kan verontreinigd raken door uitdamping van vluchtige stoffen afkomstig van diverse materialen, zoals vloerbedekking, gordijnen en gebruikte bouwmaterialen. Maar ook de uitademinglucht, zweet en geurstoffen van de aanwezige personen in het gebouw kunnen zorgen voor een verontreiniging van de lucht. Het vrijkomen van deze verschillende verontreinigingen kan gezondheidsklachten veroorzaken.

Gezondheidsklachten kunnen ook veroorzaakt worden door te veel vocht in de binnenlucht. Wanneer er te veel vocht in de lucht aanwezig is, kunnen de huisstofmijt en schimmels zich ontwikkelen. Ventilatie zorgt voor deze afvoer van verontreinigingen en vocht uit gebouwen. Wanneer er te weinig geventileerd wordt, worden verontreinigingen en vocht in onvoldoende afgevoerd. Daardoor kunnen er dan gezondheidsklachten ontstaan.

Uit diverse onderzoeken is gebleken dat de kwaliteit van het binnenmilieu op scholen vrijwel altijd onder de maat is. In een klaslokaal zijn de aanwezigen vaak de belangrijkste verontreinigingbron. Een goede indicator voor de kwaliteit van het binnenmilieu is in dat geval de koolstofdioxide CO₂-concentratie in de lucht. Uit de CO₂-concentratie is af te leiden of er voldoende geventileerd wordt in een ruimte om de verontreinigingen, afkomstig van de aanwezigen, af te voeren. Om de kwaliteit van het binnenmilieu te toetsen wordt daarom in een lokaal de CO₂-concentratie gemeten in ppm. Ppm is de Engelse afkorting voor parts per million oftewel delen per miljoen. Wanneer de CO₂-concentratie boven de 1200 ppm uitkomt, betekent dit dat er onvoldoende wordt geventileerd in het lokaal. Deze norm is geen wettelijke maar een milieuhygiënische grenswaarde. De norm van 1200 ppm CO₂ is gebaseerd op de indicatorkwaliteit van CO₂ voor de frisheid van het binnenmilieu. Bij een CO₂-concentratie tussen de 800 en 1200 ppm wordt het binnenmilieu door de aanwezigen in het algemeen niet als 'muf' ervaren. Bij hogere concentraties kunnen klachten optreden van stank, benauwdheid, concentratiestoornissen, moeheid etc.

In Nederland hanteert de GGD hanteert voor haar gezondheidskundige toetsing van de luchtkwaliteit in klaslokalen de volgende ventilatieklassen.

Zeer goed	<650
Goed	650-800
Matig	800-1000
Onvoldoende	1000-1400
Slecht	>1400

Klachten ontstaan, zoals eerder genoemd, tengevolge van uitademinglucht en geurstoffen van personen en van de stoffen die uitdampen uit materialen. Pas bij CO₂-concentraties in de buurt van de 30.000 ppm ontstaan gezondheidsklachten die te wijten zijn aan CO₂ zelf. Bij piekconcentraties zijn kortdurend hogere waarden dan 1200ppm in de klaslokalen aanvaardbaar. Om hiermee rekening te houden wordt ook wel getoetst of de CO₂-concentratie gedurende niet meer dan 2% van de verblijfstijd hoger is dan de grenswaarde, de zogenaamde 98-percentiel (Meier, 1999, uit GGD-richtlijn Ventilatie Scholen). Lage CO₂-concentraties (onder de 1000 ppm) garanderen echter niet altijd dat de ventilatie voldoende is om vervuiling af te voeren van alle bronnen in het lokaal.

Verbetering van de ventilatie leidt tot verbeterde binnenluchtkwaliteit. In sommige gevallen zijn hiervoor meer of minder vergaande bouwkundige of installatietechnische aanpassingen nodig, maar het binnenmilieu zou ook verbeterd kunnen worden door bijvoorbeeld het ventilatiegedrag van de leraren te verbeteren. GGD'en geven daarom reeds op verzoek ventilatieadvies-op-maat aan scholen. Meestal is er dan sprake van merkbare problemen met het binnenmilieu op scholen of gezondheidsklachten van leerkrachten en/of leerlingen die in verband worden gebracht met het binnenmilieu.

Probleemstelling

Hoewel bekend is dat het comfort op de N3 vleugel niet optimaal is, zijn er in het verleden weinig tot geen onderzoeken gedaan hiernaar. Dit onderzoek richt zich op de kwaliteit van de lucht aan de hand van de concentratie CO₂ in combinatie met de temperatuur en luchtvochtigheid. Aan de hand van deze resultaten zal er een advies gegeven worden aan de Hogeschool Rotterdam met betrekking tot de N3 vleugel.

Doelstelling

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is:

- Het vaststellen van het comfort in de lokalen en de werkruimte op de N3 vleugel en het geven van een passend advies.

De hoofddoelstelling is onderverdeeld in de volgende deeldoelstellingen.

- Het vaststellen van de CO₂ concentratie in een van de lokalen op N3 tijdens de les
- Het vaststellen van de CO₂ concentratie op de werkruimtes op N3 de gehele dag
- Het vaststellen van de temperatuur in een van de lokalen op N3 tijdens de les
- Het vaststellen van de temperatuur op de werkruimtes op N3 de gehele dag
- Het vaststellen van de luchtvochtigheid in een van de lokalen op N3 tijdens de les
- Het vaststellen van de luchtvochtigheid op de werkruimtes op N3 de gehele dag
- Het omzetten van de meetresultaten in duidelijke grafieken en tabellen
- Het vaststellen van de huidige situatie van het klimaatbeheer op de N3 vleugel
- Het vaststellen van de verschillen tussen de huidige situatie en de gewenste situatie
- Het vaststellen van mogelijke verbeteringen die toegepast kunnen worden.
- Het geheel vastleggen in een duidelijk en overzichtelijk rapport.

Naast deze doelstellingen biedt dit onderzoek de mogelijkheid om leraren en schooldirecties bewust te maken van het belang van een gezond binnenmilieu in schoollokalen

Huidige situatie

Om een goede vergelijking te maken tussen de huidige en gewenste situatie is een omschrijving van de huidige situatie van belang.

In de huidige situatie wordt er geventileerd doormiddel van luchtbehandeling, aanvoer van frisse lucht en afvoer van vervuilde lucht. Gebruikers van de werkruimten kunnen er voor kiezen om een raam open te zetten.

De ingestelde temperatuur in N3.10 en N3 is 21,0 °C waarbij de kachels om 6:00 worden ingeschakeld en om 22:00 uitgeschakeld. In de vakantie wordt de verwarming ingesteld op een maximale temperatuur van 16 °C. De luchtbehandeling draait in de vakantie lager dan wanneer de ruimtes gebruikt worden, maar draait wel door.

Na de nodige inspanning is er geen antwoord gevonden op de vraag “met welke hoeveelheid het luchtbehandeling systeem staat ingesteld in de betreffende ruimtes”.

De vraag is gesteld aan Hogeschool Rotterdam en de betrokken partij betreft het luchtbehandelingsysteem. Helaas is het antwoord onvindbaar doordat er door de jaren heen het systeem ongewijzigd is gebleven en is overgenomen door verschillende partijen. De eerste waarden zijn niet te achterhalen.

Experimentele aspecten

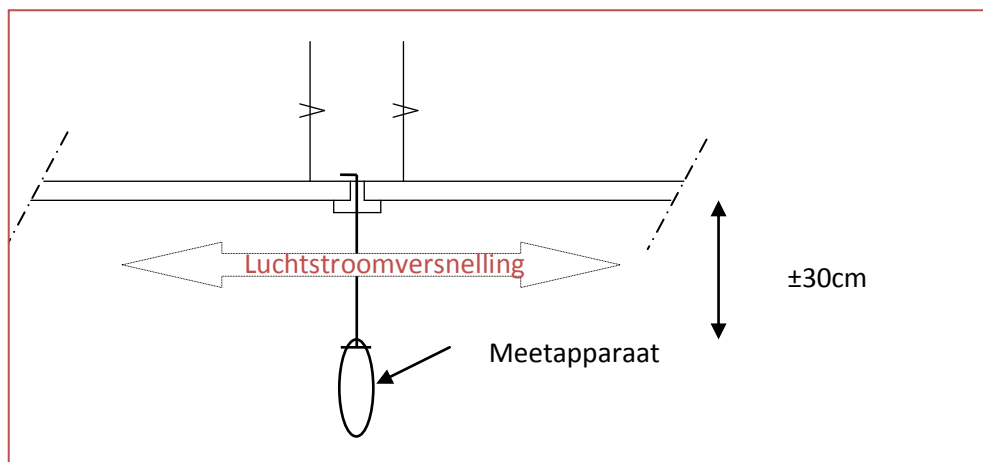
Algemeen

Voor de metingen is er gebruik gemaakt van 3 verschillende soorten meetapparatuur:

Aantal	Producent	Type	Meting/ waarneming
3	Lascar Electronics	EL- USB- 2	-temperatuur -relatieve luchtvochtigheid -dauwpunt
1	Itho	Amun 755 9 630	-CO ₂ -temperatuur
1	Tiny	C07	-rookgenerator/ luchtstroom

Het ophangen van het meetapparaat

Voor het ophangen van de meetapparatuur is er rekening gehouden met het verloop van lucht. Ter plaatse van het plafond ontwikkelt er een stroomversnelling van lucht. Doormiddel van een rook is de conclusie getrokken dat de luchtversnelling sterk reduceert op 30cm lager dan het plafond. De meetapparatuur is met deze reden opgehangen aan ijzerdraad op ongeveer 30cm onder het plafond.



Lascar Electronics, EL- USB- 2

In de EL- USB- 2, zit een vochtigheid en temperatuur sensor achter een rooster.

De responstijd van de vochtigheid en temperatuur sensor is direct gerelateerd aan de mate van de verandering.



Een groot voordeel van dit soort meetapparatuur is dat een computer niet verplicht is tijdens de duur van de meting, ook wel "stand alone" genoemd. De meters moeten aan- en afgemeld worden en na het afmelden is er de keuze om een grafiek en diagram weer te geven van de metingen.

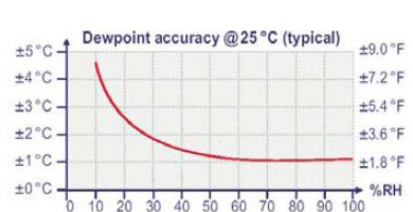
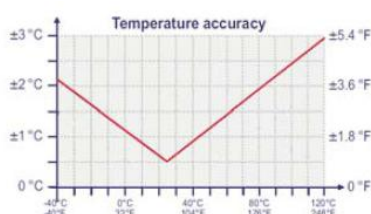
Specificatie		Min.	Typ.	Max.	Eenheid
Luchtvochtigheid	Meetbereik	0		100	%RH
	Haalbaarheid (korte termijn)		±0.1		
	Nauwkeurigheid (totale fout) (20-80% RV)		±3.0**		
	Interne resolutie		0.5		
	Stabiliteit op lange termijn		0.5		
Temperatuur	Meetbereik	-35 (-31)		+80 (+176)	°C (°F)
	Herhaalbaarheid		±0.1 (±0.2)		
	Nauwkeurigheid (totale fout) (20-80% RV)		±0.5 (±1)		
	Interne resolutie		0.5 (1)		
Dauwpunt	Nauwkeurigheid (totale fout) (25 ° C, 40-100% RV)		±1.1 (±2)***		°C (°F)
Logsnelheid		elke 10 sec		elke 12 uur	-
Temperatuurbereik		-35 (-31)		+80 (+176)	°C (°F)
2/3AA 3.6V Lithium Battery Life			1* jaar		

* Afhankelijk van een voorbeeld berekening, omgevingstemperatuur en het gebruik van alarm-LED's.

** Dit specificeert de totale fout in de ingelogde lezingen, voor relatieve vochtigheid metingen tussen 20 en 80% RV.

*** Dit specificeert de totale fout in het berekende dauwpunt, voor relatieve luchtvochtigheid metingen tussen 40 en 100% RV bij 25 °C.

Meetnauwkeurigheid



Itho, Amun 755 9 630

De Sensor meet koolstofdioxide (CO₂) en temperatuur in de ruimte waar deze is gemonteerd. Het CO₂ gehalte in de lucht is een indicator voor de kwaliteit van de omgevingslucht. Hoe hoger het CO₂ gehalte, hoe slechter de kwaliteit van de omgevingslucht. Tijdens het gebruiken van de Amun 755 9 630 is een directe verbinding met een computer verplicht.



Specificatie	
Voedingsspanning	14-48 V DC; 16-36 V AC
Stroom opname bij 15 V DC	Effectief bij ingeschakelde LED 10 mA Effectief bij uitgeschakelde LED 8 mA Max. bij kortstondige meting (100ms lang): 25 mA
Analoge uitgang	2 x 0-10 V
Waterdichtheid	IP 20

Een foutanalyse is volgens de fabrikant niet te achterhalen.

Tiny, C07

De rookgenerator is in het onderzoek gebruikt om het luchtverloop in een ruimte te bepalen.

In het hart van deze machine is een microprocessor die houdt toezicht op alle belangrijke functies. Dit garandeert een continue en veilige werking van de generator.



Voordat men de rookgenerator kunt gebruiken moet de vloeistoftank geplaatst zijn. Met de quick- start knop wordt de generator met minder dan één seconde opgewarmd en kan worden gebruikt. De generator kan een gecontinueerde stroom van rook produceren. Het verloop van de rookontwikkeling staat gelijk aan de luchtstroming in een ruimte.

Opzet metingen N3

Het meten in de werkruimte op N3 zijn op drie verschillende dagen plaatsgevonden, omdat de ruimte een verschillende bezettinggraad heeft per dag.

De plaatsen van de meters zijn gebaseerd op het luchtverloop in de open ruimte. Ook is er rekening gehouden met lichtinval, dus de meters zijn van de ramen vandaan gehouden. Er is één meter geplaatst in het tweede werkhok (WH2), laatste werkhok (WH6) en in de gang. De meter in de gang is tussen twee toegangsdeuren naar een lokaal geplaatst, zodat situatie in een lokaal zo minimaal mogelijk invloed heeft voor de meting in de open ruimte.

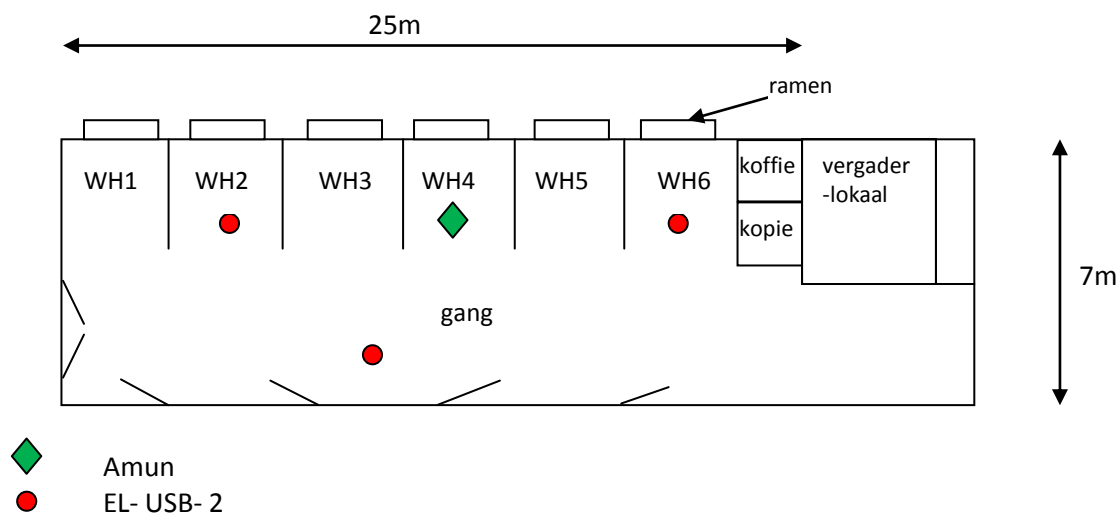
De Amun 755 9 630 is het vierde werkhok geplaatst (WH4), in het midden van de open ruimte. De afmeting van N3 is 25 x 7 meter.

In een werkhok zijn er twee computers met daarnaast nog een tafel voor acht personen. In totaal kunnen er dus 10 studenten werken. Naast de vaste computers is het gebruiken van persoonlijke laptops ook mogelijk.

In het laatste werkhok is er een kopieerapparaat (kopie) en warme- drank apparaat (koffie) te vinden.

Via een dubbele klapdeur, aan beide kanten van de gang, kan de ruimte betreden worden. Op de gang bevinden zich 4 toegangsdeuren naar ieder een eigen lokaal. Ook zijn de werkruimtes van de docenten

Meting dag	datum	duur
maandag	14-mrt	8:30 - 16:00
woensdag	16-mrt	8:30 - 16:00
donderdag	17-mrt	8:30 - 16:00



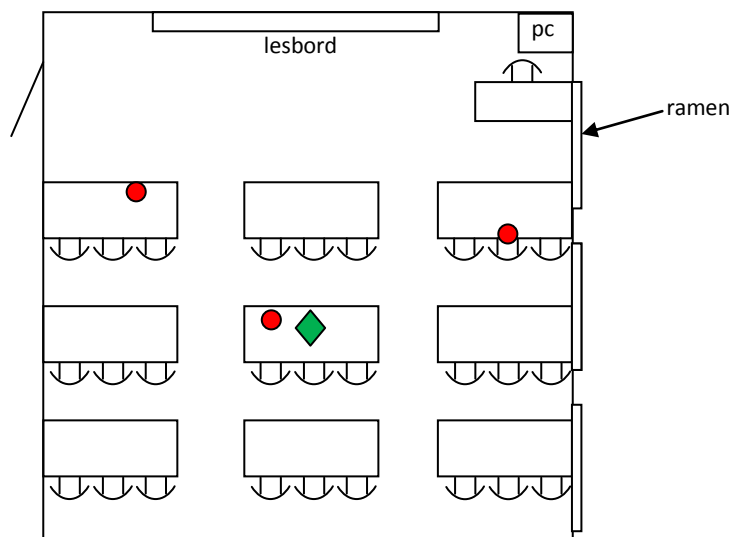
Opzet metingen N3.10

Het meten in de werkruimte op N3 zijn op drie dezelfde dagen verdeelt over verschillende weken plaatsgevonden met elke dag een verschillende bezettingsgraad in het klaslokaal. Het lokaal is 6 x 6 meter.

Ook hier zijn de plaatsen van de meters gebaseerd op het luchtverloop in de openruimte en lichtinval. In het lokaal zijn de meters zo gepositioneerd dat elk deel van het klaslokaal gemeten kan worden. In het lokaal zijn er werktafels voor 27 studenten, maar vaak werd dit overschreden er kwamen er studenten bij tot ongeveer 35 studenten.

Het lokaal heeft één toegangsdeur en drie kantelkiep-ramen.

Meting dag	datum	duur
dinsdag	8-mrt	8:30 - 12:30
dinsdag	15-mrt	8:30 - 12:30
dinsdag	22-mrt	8:30 - 12:30



- ◆ Amun
- EL- USB- 2

Metingen en bewerkingen

De volgende gegevens zijn gemeten:

- De concentratie CO₂ in parts per million met behulp van één CO₂ meter
- De temperatuur in graden Celcius met behulp van drie temperatuurmeters
- De luchtvochtigheid in percentages met behulp van drie luchtvochtigheidsmeters

Omdat de gegevens waar de grafieken op gebaseerd zijn, te veel papierverspilling zou zijn om in dit onderzoek weer te geven en het geen toegevoerde waarde heeft, zullen alleen de eerste pagina's van elk resultaat in de bijlage van dit rapport te vinden zijn.

In de CO₂ grafieken staan er ook twee horizontale lijnen op 800ppm en 1200ppm. De 800ppm lijn geeft aan dat als men onder deze lijn komt, men zich op het onderdeel Ventilatie kan kwalificeren voor een aantal sterren volgens de Breeam methode voor duurzame bouw.

De 1200ppm grens heeft te maken met wat de overheid stelt als grens en wat slecht is voor de volksgezondheid.

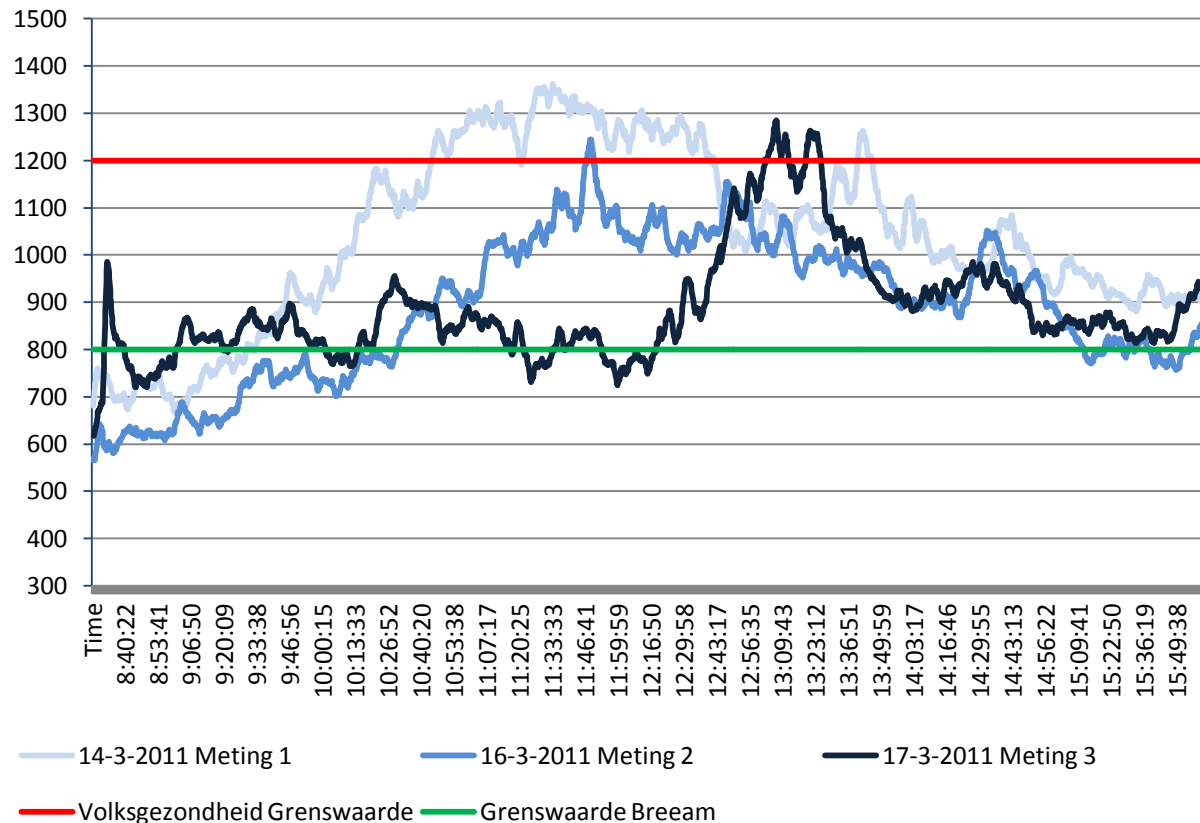
De volgende onderdelen zullen in dit hoofdstuk aan bod komen:

- CO₂ concentratie resultaten "werkruimte op N3"
- Temperatuur resultaten "werkruimte op N3"
- Luchtvochtigheid resultaten "werkruimte op N3"
- Relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur "werkruimte op N3"

- CO₂ concentratie resultaten "Lokaal N3.10"
- Temperatuur resultaten "Lokaal N3.10"
- Luchtvochtigheid resultaten "Lokaal N3.10"
- Relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur "Lokaal N3.10"

CO₂ concentratie resultaten “werkruimte op N3”

CO₂ concentratie in ppm in de werkruimtes van N3 die gelegen zijn in een ruimte van ongeveer 7x25m² gedurende drie keer een periode van een schooldag van 08.30u tot 16.00u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 14 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	11,3 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 5 personen	Studeren/lopen	13,7 C	Dicht/variabel

Verloop meting 16 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±20 personen	Studeren/lopen	7,8 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 10 personen	Studeren/lopen	10,6 C	Dicht/variabel

Verloop meting 17 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	5,6 C	Open/variabel
12.00-13.30	30 personen	werkgroepen/lopen	5,8 C	Open/variabel
13.30-16.00	Aflopend tot <5 personen	Studeren/lopen	5,8 C	Open/variabel

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

Conclusies met betrekking op de CO₂ metingen

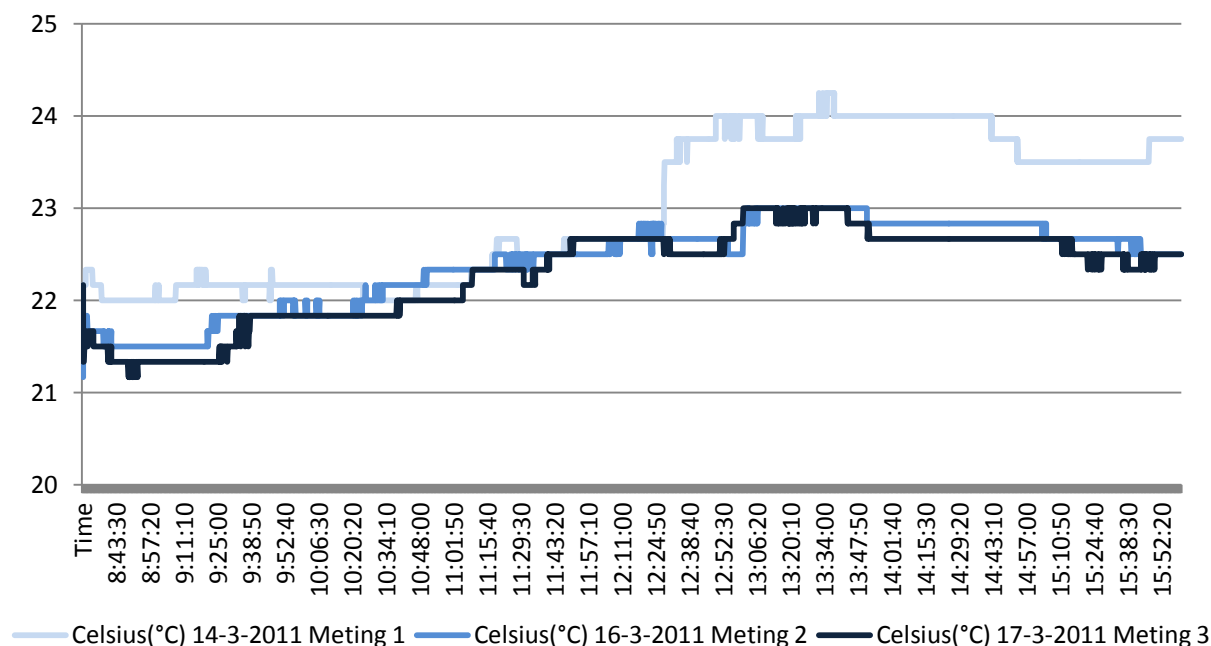
- De stijging die duidelijk te zien is in twee metingen, is tussen 09.00 en 11.30 met dichte ramen wanneer er steeds meer leerlingen binnen komen. Te zien is dat als de buitentemperatuur hoger is de concentratie boven of onder de grens blijft van 1200ppm, maar dit heeft geen directe relatie met elkaar.

- Gemiddeld is de stijging bij een volle bezetting 300ppm per uur of 75ppm per kwartier per 20 personen.
- In een tijdsperiode van 2 uur (van 10.45 - 12.45) is bij meting 1 de kritieke waarde van 1200 overschreden. Dit had voorkomen kunnen worden door om 11.00 een paar ramen open te zetten (spuiventilatie) of de bezetting verminderen wat een onredelijke oplossing is in de werkruimtes.
- Duidelijk is te zien, dat als er projectvergadering zijn en het relatief druk wordt (meer dan 30 personen) de CO₂ concentratie sterk toeneemt. Ook al staan de ramen open.
- De 800ppm grens die gesteld wordt door Breeam om sterren te verdienen, wordt alleen gehaald als de ramen open staan en er nog meer geventileerd wordt.

Zolang de buitentemperatuur niet te hoog wordt, er regelmatig geventileerd wordt door ramen open te zetten en er geen drukke momenten zijn met projectvergaderingen o.i.d, wordt de CO₂ waarde van 1200ppm niet of maar kort overschreden in de werkruimtes op N3.

Temperatuur resultaten “Werkruimte op N3”

Temperatuur in graden Celcius in de werkruimtes van N3 die gelegen zijn in een ruimte van ongeveer 7x25m² gedurende drie keer een periode van een schooldag van 08.30u tot 16.00u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 14 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	11,3 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 5 personen	Studeren/lopen	13,7 C	Dicht/variabel

Verloop meting 16 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±20 personen	Studeren/lopen	7,8 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 10 personen	Studeren/lopen	10,6 C	Dicht/variabel

Verloop meting 17 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	5,6 C	Open/variabel
12.00-13.30	30 personen	wergroepen/lopen	5,8 C	Open/variabel
13.30-16.00	Aflopend tot <5 personen	Studeren/lopen	5,8 C	Open/variabel

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

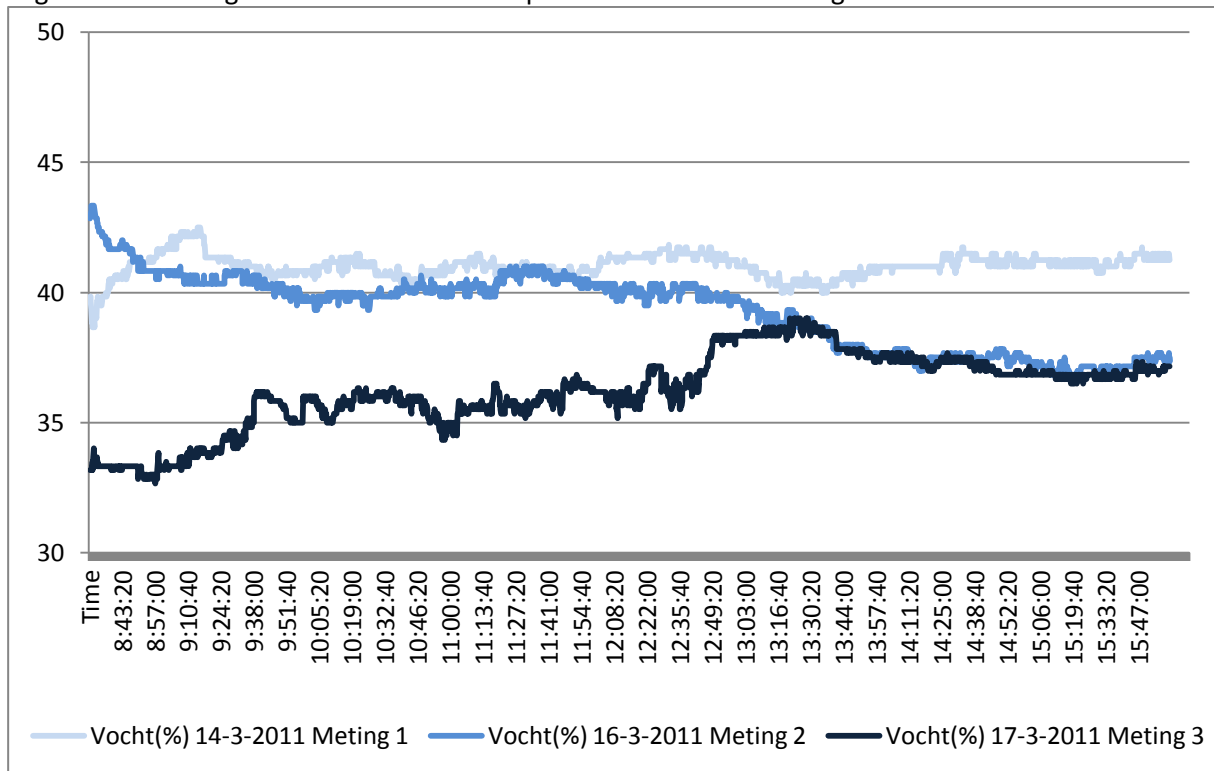
Conclusies met betrekking op de temperatuur metingen

- Gemiddeld stijgt de temperatuur met 0,33C per uur in de werkruimtes.
- De temperatuur start 's ochtends rond de 21,5 C. dit is tevens de temperatuur waar het binnenklimaat op is ingesteld (21,0C). Als de buitentemperatuur hoger is, dan is de starttemperatuur om 8.30 hoger is te zien.
- Rond het middaguur is de temperatuur op het hoogst met 22,5 C
- De uitschieter vanaf 12.30 bij de eerste meting heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat er een temperatuurmeter voor het raam hing, in de volle zon waardoor die waardes aangaf van boven de 24C.

Hoe hoger de buitentemperatuur, hoe hoger de binnentemperatuur zal zijn om 8.30. Volgens de metingen heeft de buitentemperatuur de rest van de dag weinig invloed op de binnentemperatuur.

Luchtvochtigheid resultaten “werkruimte op N3”

Luchtvochtigheid in percentage (%) in de werkruimtes van N3 die gelegen zijn in een ruimte van ongeveer 7x25m² gedurende drie keer een periode van een schooldag van 08.30u tot 16.00u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 14 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	11,3 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 5 personen	Studeren/lopen	13,7 C	Dicht/variabel

Verloop meting 16 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±20 personen	Studeren/lopen	7,8 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 10 personen	Studeren/lopen	10,6 C	Dicht/variabel

Verloop meting 17 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	5,6 C	Open/variabel
12.00-13.30	30 personen	wergroepen/lopen	5,8 C	Open/variabel
13.30-16.00	Aflopend tot <5 personen	Studeren/lopen	5,8 C	Open/variabel

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

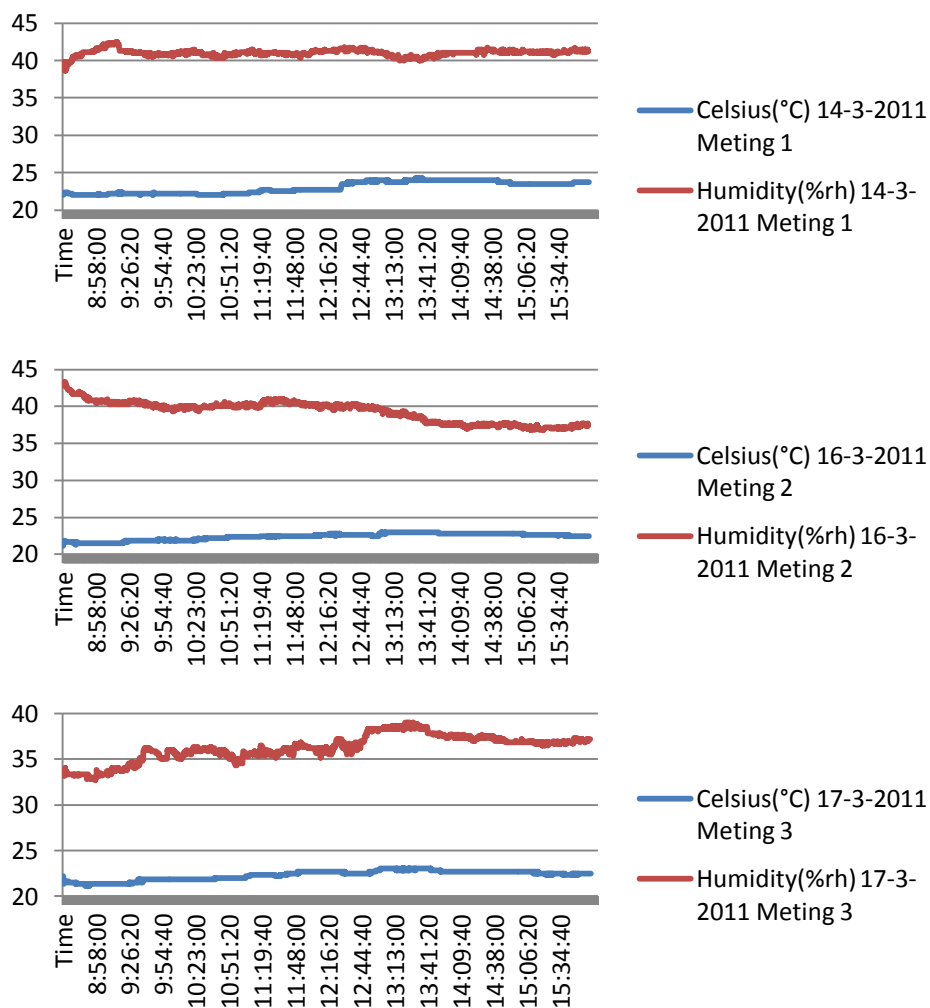
Conclusies met betrekking op de luchtvochtigheid metingen

- Als de binnentemperatuur toeneemt, dan zou theoretisch gezien de luchtvochtigheid moeten dalen. Dit is alleen duidelijk te zien in de twee meting, waar deze daalt van 42% tot 38%
- In de eerste meting is de luchtvochtigheid redelijk constant, rond de 41%.
- In de derde meting neemt de luchtvochtigheid juist toe van 33,5% tot 37,5%

De luchtvochtigheid in de werkruimtes op N3 wisselt tussen de 33% en 42%. Dit is niet omgekeerd evenredig met de temperatuur, zoals men zou verwachten. Een duidelijke en correcte reden is niet zozeer te vinden.

Relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur “werkruimte op N3”

Luchtvochtigheid in percentage (%) weergegeven in relatie met de heersende temperatuur in graden Celsius in de werkruimtes van N3 die gelegen zijn in een ruimte van ongeveer 7x25m² gedurende drie keer een periode van een schooldag van 08.30u tot 16.00u.



Uitleg behorende bij de grafieken

Verloop meting 14 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	11,3 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 5 personen	Studeren/lopen	13,7 C	Dicht/variabel

Verloop meting 16 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±20 personen	Studeren/lopen	7,8 C	Dicht/variabel
12.00-16.00	Aflopend tot < 10 personen	Studeren/lopen	10,6 C	Dicht/variabel

Verloop meting 17 maart 2011

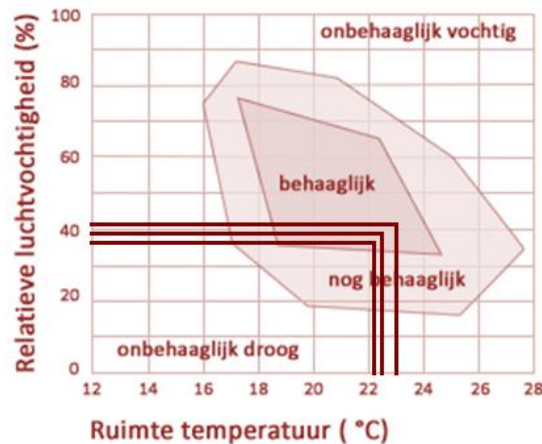
Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-12.00	Oplopend tot ±25 personen	Studeren/lopen	5,6 C	Open/variabel
12.00-13.30	30 personen	wergroepen/lopen	5,8 C	Open/variabel
13.30-16.00	Aflopend tot <5 personen	Studeren/lopen	5,8 C	Open/variabel

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

Conclusies met betrekking op de relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur metingen

Als de binnentemperatuur de waarden van de temperatuur liggen tussen de 21C en de 24C

- De gemiddelde temperatuur voor meting 1 is 23,0C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 41,0%
- De gemiddelde temperatuur voor meting 2 is 22,4C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 39,3%
- De gemiddelde temperatuur voor meting 3 is 22,3C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 36,3%
- Hieronder een grafiek met de behaaglijheidscurve. De combinatie temperatuur en luchtvochtigheid bepalen hoe comfortabel de lucht is.



- Als hier in de temperaturen en de luchtvochtigheid van de N3-vleugel wordt gezet, is te zien dat de combinatie temperatuur-luchtvochtigheid geen problemen kan geven op de vleugel. Het is zelfs 'behaaglijk' te noemen.
- Ook als de temperatuur zal stijgen of juist dalen, zal het nog steeds behaaglijk zijn.
- Alleen als de luchtvochtigheid zal dalen, komt men in een 'nog behaaglijk' binnenklimaat, maar wat nog wel aanvaardbaar is.

Hoewel de temperaturen op de N3 vleugel volgens leerlingen zowel koud als warm ervaren kan worden. Blijkt uit metingen dat als er gekeken wordt naar de temperatuur in combinatie met de luchtvochtigheid, het binnenklimaat behaaglijk is.

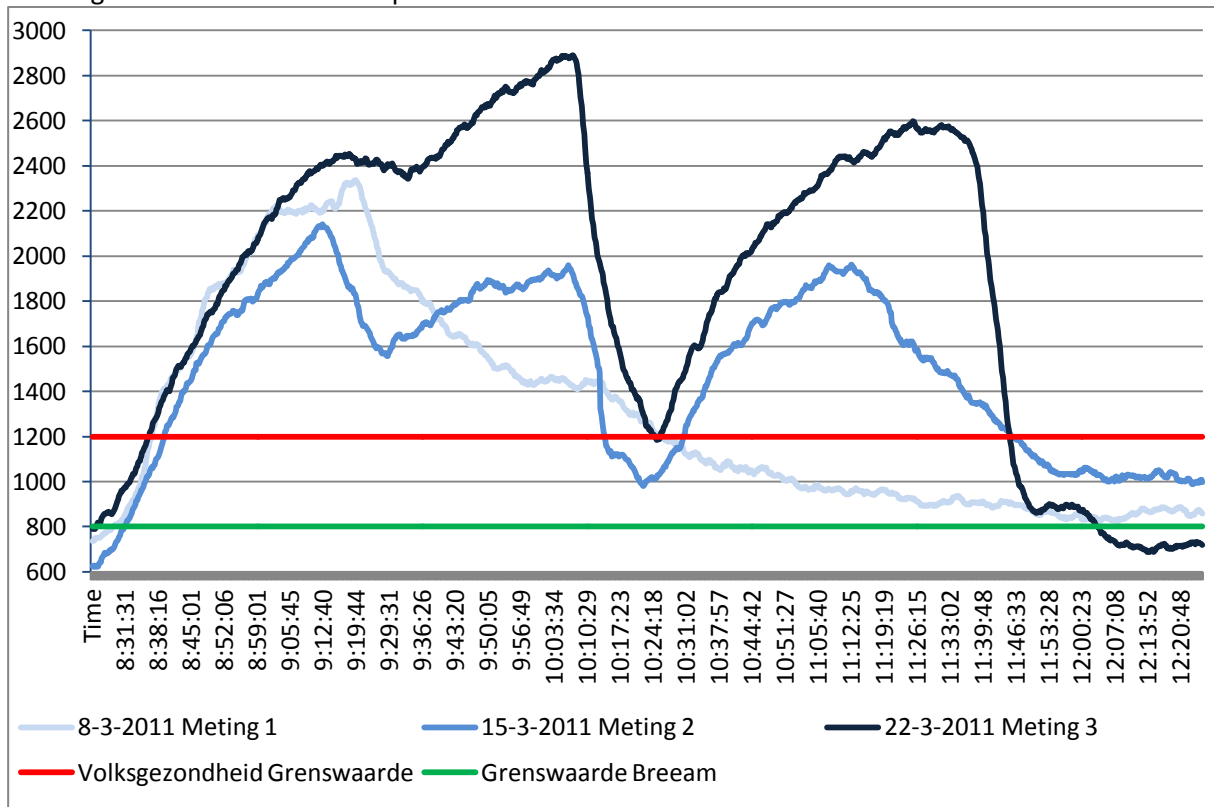
Conclusies met betrekking op alle metingen in de 'werkruimte op N3'

De temperatuur op de werkruimtes in N3 kunnen door sommige personen als koud of warm worden ervaren. Uit metingen blijkt alleen dat als er gekeken wordt naar de luchtvochtigheid in combinatie met de temperatuur, er geen noemenswaardige problemen zijn. Het klimaat wordt volgens de behaaglijheidsgrafiek als 'behaaglijk' beschouwd.

De CO₂ concentratie daarentegen komt op sommige momenten als het druk is boven de grens van 1200ppm uit. Dit kan leiden tot hoofdpijn en moeheid. Om dit tegen te gaan zal er beter geventileerd moeten worden. Dat kan met behulp van het ventilatiesysteem of door de ramen op te zetten.

CO₂ concentratie resultaten "Lokaal N3.10"

CO₂ concentratie in ppm in het lokaal die gelegen is op de N3 vleugel met een grootte van ongeveer 6x6m² gedurende drie keer een periode van een les van 08.30u tot 12.30u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 8 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemtemp*	Ramen/deuren
08.30-09.20	± 30 personen	Les krijgen	5,5 C	Dicht/dicht
09.20-09.35	10 personen	Pauze	-	Open/open
09.35-10.10	± 30 personen	Les krijgen	-	Open/dicht
10.10-12.30	5 personen	Studeren	9,2 C	Open/open

Verloop meting 15 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemtemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 20 personen	Les krijgen	11,8 C	Dicht/dicht
09.10-9.30	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
9.30-10.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.00-12.30	< 5 personen	Studeren	14,3 C	Open/open

Verloop meting 22 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitemtemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 25 personen	Les krijgen	11,5 C	Dicht/dicht
09.10-09.30	> 20 mensen	Pauze	-	Dicht/open
09.30-10.00	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	> 15 mensen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.30	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.30-12.30	> 10 personen	Studeren	14,4 C	Open/Open

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

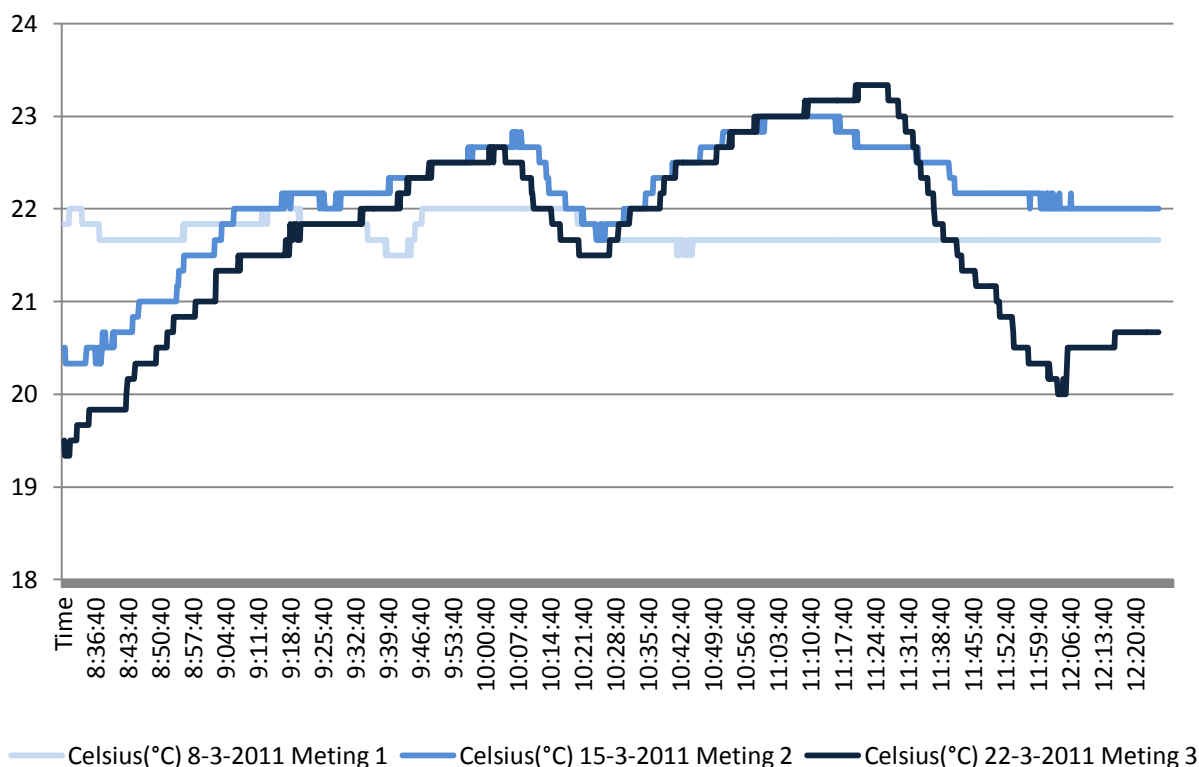
Conclusies met betrekking op de CO₂ metingen

- De concentratie CO₂ is stijgt in de eerste uren, in alle drie de metingen met dezelfde snelheid. Deze snelheid is van ongeveer 800ppm naar 2000ppm = 1200ppm in een halfuur, wat betekend dat de stijging bij een bezettingsgraad van 25 personen 2400ppm per uur is (=96ppm per persoon per uur).
- Om onder de redelijke grens van 1200ppm te blijven, mag de CO₂ concentratie maximaal 400ppm stijgen. Dit zou betekenen dat de grens al na 10 minuten bereikt wordt met 25-30 personen. Omdat men zich ook nog 10 minuten boven de grens van 1200ppm mag bevinden, zou dat betekenen dat er na 20 minuten pauze gehouden moet worden.
- Aannemende dat de CO₂ stijgt met 96ppm per persoon per uur, zou het betekenen dat als er eerst 45 minuten wordt lesgegeven en daarna pauze wordt gehouden de bezetting moet zijn: 45min – 10min(boven de grens) = 35min een stijging van 400ppm. Per persoon 56ppm in 35 minuten. Dit zou betekenen dat er zich 7-8 personen zich in het lokaal mogen bevinden (zonder ramen en deuren open)
- Een andere regel is dat de concentratie CO₂ niet hoger dan 1000ppm mag zijn dan de buitenlucht met een bovenwaarde van 1500ppm.
- Dit houdt in dat de CO₂ 700ppm mag stijgen. De bezetting van 45 minuten les wordt dan: 700ppm/56ppm per persoon = 12-13 personen met ramen en deuren gesloten (of 30 minuten les met 22 leerlingen)
- Omgerekend mag men met 25 personen niet langer dan $25 \times 96\text{ppm} = 2400\text{ppm}$ per uur, geeft $700 / 2400 = 0,30$ uur = 18 minuten + 10 minuten grensoverschrijding = 28 minuten les krijgen.
- Als de ramen open staan (tijdens tweede gedeelte van de eerste meting) dan daalt de concentratie CO₂ gemiddeld met 900ppm per uur.
- Als er goed geventileerd/ spui ventilatie wordt in de pauze met alle ramen open en de deur(meting 3), dan daalt de CO₂ met 1600ppm in 20 minuten tot 1200ppm(4800ppm per uur)
- In sommige gevallen is deze snelheid van ventileren nog te weinig om onder de 1200ppm te komen. Er zal dan langer pauze gehouden/geventileerd moeten worden.

In maart, wanneer de metingen zijn gedaan, is het niet aanbevolen les te geven in een lokaal met meer dan 25 personen, zonder dat er ramen open staan, in verband met de CO₂ concentratie. Als dat wel het geval zou zijn, mag het niet langer dan een halfuur duren. Of het aantal personen moet verminderd worden naar 12-13 voor 45 minuten les.

Temperatuur resultaten "Lokaal N3.10"

Temperatuur in graden Celsius in het lokaal die gelegen is op de N3 vleugel met een grootte van ongeveer 6x6m² gedurende drie keer een periode van een les van 08.30u tot 12.30u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 8 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.20	± 30 personen	Les krijgen	5,5 C	Dicht/dicht
09.20-09.35	10 personen	Pauze	-	Open/open
09.35-10.10	± 30 personen	Les krijgen	-	Open/dicht
10.10-12.30	5 personen	Studeren	9,2 C	Open/open

Verloop meting 15 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 20 personen	Les krijgen	11,8 C	Dicht/dicht
09.10-9.30	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
9.30-10.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.00-12.30	< 5 personen	Studeren	14,3 C	Open/open

Verloop meting 22 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 25 personen	Les krijgen	11,5 C	Dicht/dicht
09.10-09.30	> 20 mensen	Pauze	-	Dicht/open
09.30-10.00	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	> 15 mensen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.30	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.30-12.30	> 10 personen	Studeren	14,0 C	Open/Open

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

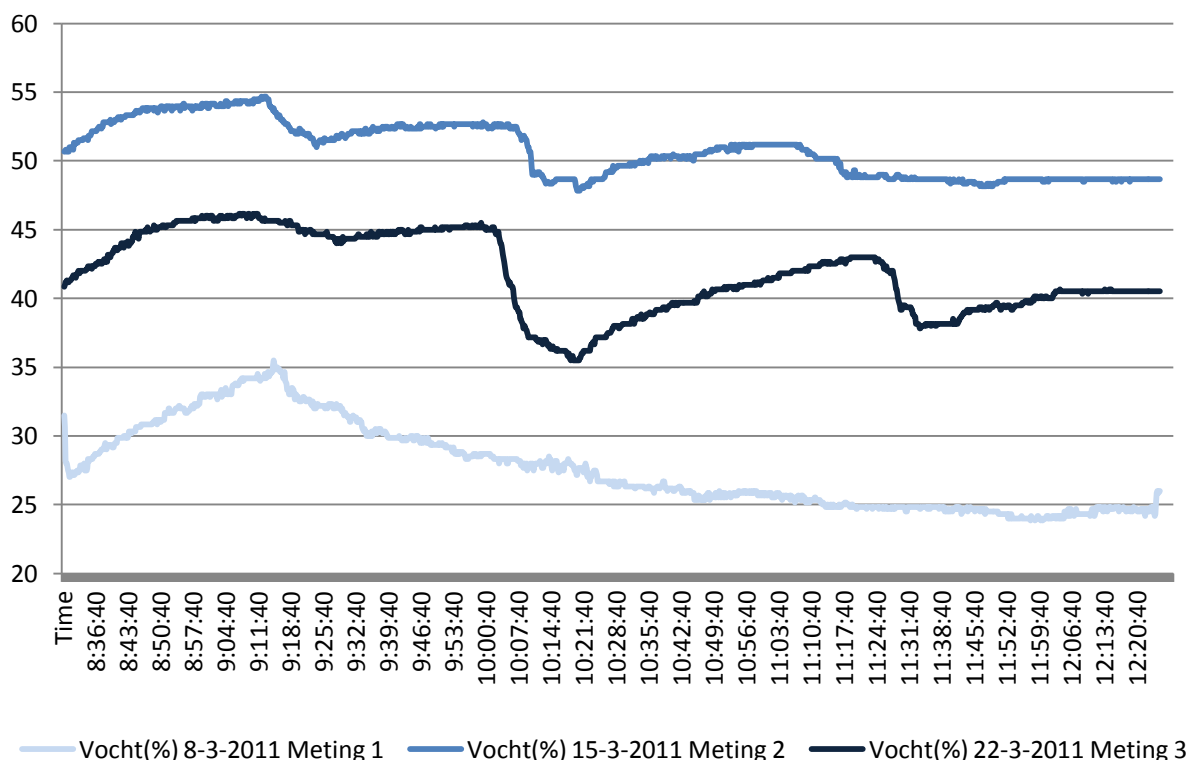
Conclusies met betrekking op de temperatuur metingen

- De temperatuur stijgt ongeveer 2,3 C in een uur tijd. Dat is een stijging van ongeveer 0,1C per persoon.
- De temperatuur daalt met een hele graad als er geventileerd wordt in een pauze van 20 minuten.
- Als er geen les gegeven wordt kan de temperatuur in 30 minuten met 3 C dalen.

De temperatuur stijgt snel als er rond de 25 mensen in een lokaal zitten met de ramen dicht. Zodra de ramen tijdens de les opengezet worden, blijft de temperatuur in het lokaal vrij constant. Als de temperatuur te hoog is, kan door middel van spuiventilatie de temperatuur in korte tijd snel dalen.

Luchtvochtigheid resultaten "Lokaal N3.10"

Luchtvochtigheid in percentage (%) in het lokaal die gelegen is op de N3 vleugel met een grootte van ongeveer 6x6m² gedurende drie keer een periode van een les van 08.30u tot 12.30u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 8 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.20	± 30 personen	Les krijgen	5,5 C	Dicht/dicht
09.20-09.35	10 personen	Pauze	-	Open/open
09.35-10.10	± 30 personen	Les krijgen	-	Open/dicht
10.10-12.30	5 personen	Studeren	9,2 C	Open/open

Verloop meting 15 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 20 personen	Les krijgen	11,8 C	Dicht/dicht
09.10-9.30	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
9.30-10.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.00-12.30	< 5 personen	Studeren	14,3 C	Open/open

Verloop meting 22 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 25 personen	Les krijgen	11,5 C	Dicht/dicht
09.10-09.30	> 20 mensen	Pauze	-	Dicht/open
09.30-10.00	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	> 15 mensen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.30	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.30-12.30	> 10 personen	Studeren	14,4 C	Open/Open

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

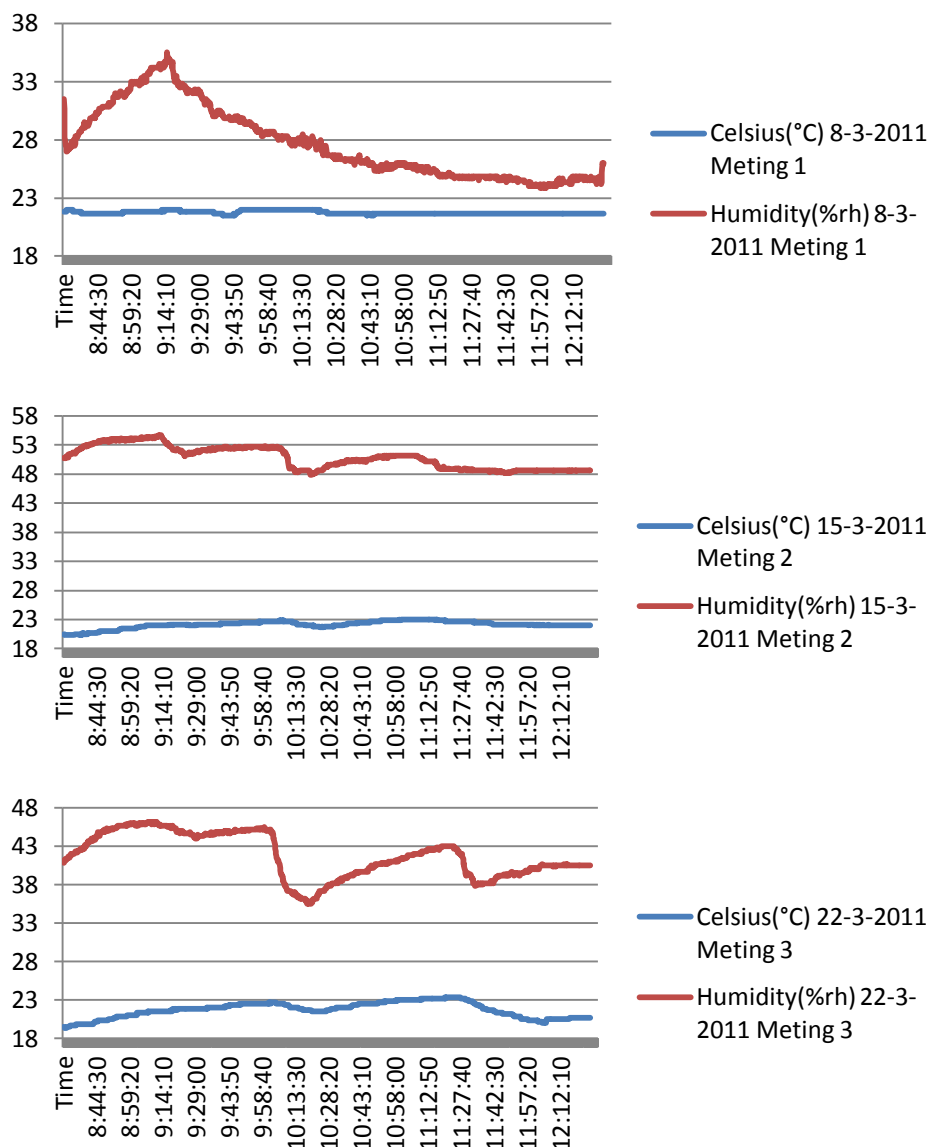
Conclusies met betrekking op de luchtvochtigheid metingen

- Als de binnentemperatuur toeneemt, dan zou theoretisch gezien de luchtvochtigheid moeten dalen. Dit is niet duidelijk terug te vinden in de metingen.
- Wel zijn er drie verschillende luchtvochtigheidspercentages te zien in alle drie de metingen.
- Deze variëren van 24%-35%, 37%-46% en 48%-55%

De luchtvochtigheid in het lokaal is tijdens de metingen vrij wisselend. De luchtvochtigheid stijgt licht tijdens het lesgeven maar niet zoveel als er niet geventileerd zou worden. Er wordt dus wel geventileerd in de lokalen.

Relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur "Lokaal N3.10"

Luchtvochtigheid in percentage (%) weergegeven in relatie met de heersende temperatuur in graden Celsius in het lokaal die gelegen is op de N3 vleugel met een grootte van ongeveer 6x6m² gedurende drie keer een periode van een les van 08.30u tot 12.30u.



Uitleg behorende bij de grafiek

Verloop meting 8 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.20	± 30 personen	Les krijgen	5,5 C	Dicht/dicht
09.20-09.35	10 personen	Pauze	-	Open/open
09.35-10.10	± 30 personen	Les krijgen	-	Open/dicht
10.10-12.30	5 personen	Studeren	9,2 C	Open/open

Verloop meting 15 maart 2011

Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 20 personen	Les krijgen	11,8 C	Dicht/dicht
09.10-9.30	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
9.30-10.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	< 10 personen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.00	± 20 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht

11.00-12.30	< 5 personen	Studeren	14,3 C	Open/open
-------------	--------------	----------	--------	-----------

Verloop meting 22 maart 2011

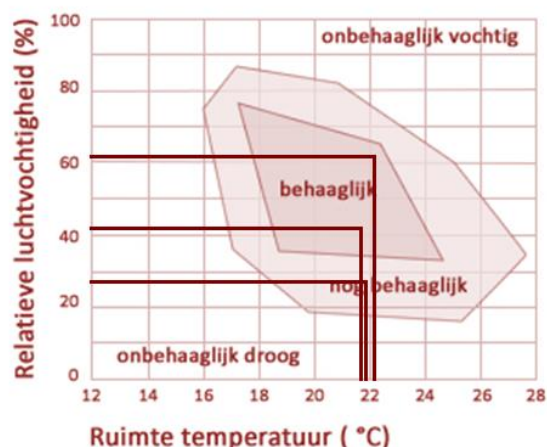
Tijd	Bezetting	Activiteit	Buitentemp*	Ramen/deuren
08.30-09.10	± 25 personen	Les krijgen	11,5 C	Dicht/dicht
09.10-09.30	> 20 mensen	Pauze	-	Dicht/open
09.30-10.00	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
10.00-10.20	> 15 mensen	Pauze	-	Open/open
10.20-11.30	± 25 personen	Les krijgen	-	Dicht/dicht
11.30-12.30	> 10 personen	Studeren	14,4 C	Open/Open

*Bron www.knmi.nl (Alleen gegevens beschikbaar op vaste tijden, uitgaan van lineair verband)

Conclusies met betrekking op de relatie tussen de luchtvochtigheid en temperatuur metingen

Als de binnentemperatuur de waarden van de temperatuur liggen tussen de 21C en de 24C

- De gemiddelde temperatuur voor meting 1 is 21,8C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 27,7%
- De gemiddelde temperatuur voor meting 2 is 22,1C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 50,8%
- De gemiddelde temperatuur voor meting 3 is 21,7C en de gemiddelde luchtvochtigheid is 41,8%
- De temperatuur licht rond de 22C, dit is niet de temperatuur die men aanhoudt voor een comfortabel binnenklimaat, deze is meestal 20,5C-21,0C. Het kan dus door sommige personen als warm worden ervaren.
- Hieronder een grafiek met de behaaglijheidscurve. De combinatie temperatuur en luchtvochtigheid bepalen hoe comfortabel de lucht is.



- Als hier in de temperaturen en de luchtvochtigheid van het lokaal N3.10 wordt gezet, is te zien dat de combinatie temperatuur-luchtvochtigheid geen problemen kan geven in het lokaal. Het is zelfs in een enkel geval 'nog behaaglijk' te noemen.
- Het verschil met de N3 vleugel is dat in het lokaal juist de luchtvochtigheid sterk wisselt. Als deze constant gehouden kan worden, met behulp van een beter ventileren en af en toe de ramen open te zetten, is het klimaat behaaglijk.

Hoewel de temperatuur van gemiddeld 22C vrij hoog is voor een 'werkruimte', is de combinatie temperatuur-luchtvochtigheid behaaglijk te noemen in het lokaal tijdens lesuren. Wel wisselt de luchtvochtigheid.

Conclusies met betrekking op alle metingen in de 'werkruimte op N3'

Ook hier weer is de temperatuur in combinatie met de luchtvochtigheid geen noemenswaardig probleem. Wel is de CO₂ concentratie erg zorgelijk. Deze komt door te weinig ventileren ver boven de grens van 1200ppm uit. Dit kan verholpen worden door met minder personen in het lokaal te zitten (rond de 20) en na 45 minuten 20 minuten pauze te houden en alle ramen open te zetten.

Adviezen en aanbeveling

De geconcludeerde gegevens uit de metingen kunnen door middel van een advies en aanbeveling verbeterd worden. Er zijn verschillende manieren om de CO₂ waarden te verlagen. Hieronder zijn drie manieren weergegeven hoe dit doel bereikt kan worden, ze staan op volgorde van wat het reëelst is om hier in ons onderzoek toe te passen.

Co2 meter

Het voornaamste probleem is dat niemand zich bewust is van de hoge CO₂-waarden. Wanneer niemand zich bewust wordt van deze waarden, zullen er ook geen aanpassingen gemaakt worden. Het eerste wat zal moeten gebeuren is het probleem onder de mensen bekend maken, als eerst de directie, maar voor uitvoering voornamelijk onder de docenten aangezien die de lokalen gebruiken voor een langer termijn. Op deze manier kunnen docenten erop letten dat ze op tijd en vaak genoeg de ramen openzetten om te spuien. Het probleem wat zich voordoet bij dit advies is dat docenten na verloop van tijd, het verkregen informatieadvies steeds minder in de praktijk zullen brengen. Wanneer de docenten constant gewezen worden op de hoogte van de CO₂-waarden is de verwachting dat het ze het advies beter blijven uitvoeren. Dit is mogelijk met een afleesbare CO₂ meter die in het klaslokaal geplaatst wordt. Op deze manier kan de docent op elk moment van de dag aflezen wat de kwaliteit van het binnenmilieu in het lokaal is en bij overschrijding van de aanvaardbare concentratie wordt de docent gewaarschuwd met een signaal (een lampje dat gaat branden). Het ventilatieadvies en de CO₂-signaal meters dragen naar verwachting bij aan de bewustwording van docenten dat ventilatie en een gezond binnenmilieu belangrijk zijn. Mogelijk draagt de CO₂-signaal meter bij aan het behoud van een beter ventilatiegedrag, ook op langere termijn.

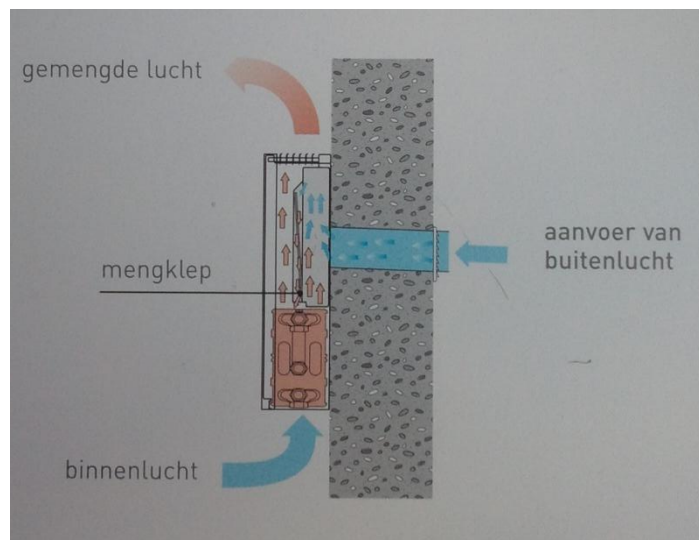


Radiator

Een andere manier om de CO₂-concentratie te verlagen is een radiator met luchtverversingssysteem. Deze radiator creëert op energie- efficiënte wijze een vraaggestuurde kringloop van zuivere lucht door de verschillende ruimten.

Wanneer er een teveel aan CO₂ en teveel aan vocht is zal de vervuilde binnenlucht worden vervangen door zuivere buitenlucht. Het filtersysteem zorgt er tevens voor dat stof, stuifmeel, pollen en bacteriën niet mee naar binnen komen en geurtjes worden geneutraliseerd. De toevoerunits van deze ventilatie zitten ingewerkt in radiatoren.

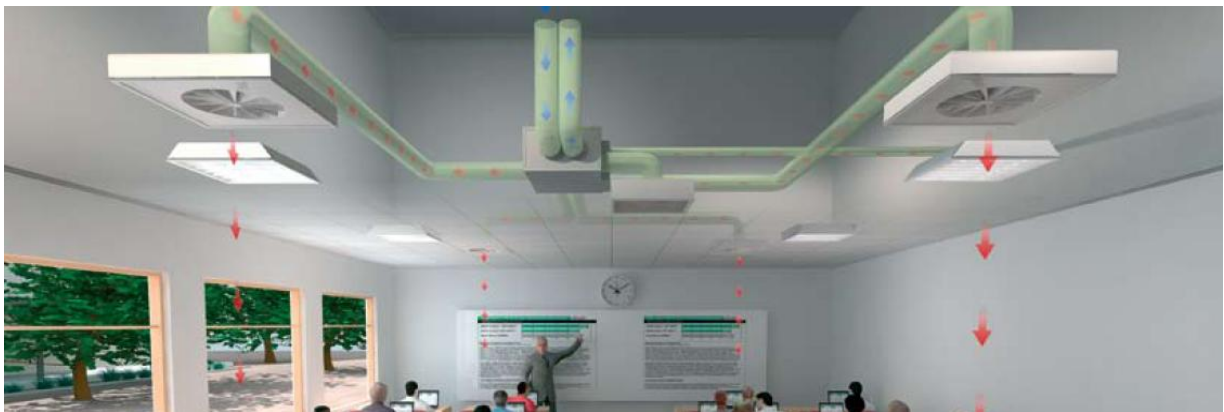
De combinatie met de verwarming zorgt het hele jaar door voor een aangename temperatuur zonder tocht. De buitengeluiden zullen geweerd worden door de akoestische constructie. Alle ruimtes zijn afzonderlijk in te stellen en door een online toepassing is het voor de leverancier mogelijk om op afstand probleem oplossingen uit te voeren. De frisse lucht kan aangevoerd worden door een opening naar buiten, er hoeft geen centraal aanvoerkanaal te worden gemaakt.



Klimaatsysteem

Een laatste manier om de CO₂ concentratie te verlagen is het gebruik van een speciaal klimaatsysteem genaamd scholenconcept. Het systeem integreert de verschillende functies ventileren (op basis van CO₂), verwarmen en koelen in één systeem. Het scholenconcept heeft maar een beperkte inbouwruimte nodig, het kan ingebouwd worden in een verlaagd plafond. Het is volledig decentraal, elk lokaal is voorzien van een onafhankelijk werkende klimaatunit.

Om een tochtvrije en uitstekende luchtverdeling te verkrijgen wordt per unit vier toevoerroosters gemonteerd, de vervuilde lucht wordt door middel van een rooster retour teruggehaald. De balansventilatie wordt gerealiseerd door middel van een toe- en afvoer via het dak, gevel of een combinatie daarvan.



Bronvermelding

Afbeeldingen

- http://www.folia.nl/uploads/big/_sleep-learning.jpg
- http://www.watervoorfilippijnen.nl/img/nieuws/hogeschool_rotterdam.jpg
- [http://webshop.buildingdoctor.eu/index.php?core\[navigationitemid\]=1001&shop\[view\]=product_detail&shop\[productid\]=1&shop\[categoryid\]=4](http://webshop.buildingdoctor.eu/index.php?core[navigationitemid]=1001&shop[view]=product_detail&shop[productid]=1&shop[categoryid]=4)
- <http://www.lascarelectronics.com/temperaturedatalogger.php?location=uk&datalogger=102>
- <http://www.itho-images.nl/Pages/IthoImages.aspx?FrameUrl=../Assortiment/ITHO/Ventilatie---2698/Schoolventilatie---3920/Itho%20CO2%20logger---3923.aspx>

Tekst

- Folder CO2 Indicator, Meet en weet wanneer je voldoende ventileert, co2indicator.nl
- Brochure Jaga Oxygen, Een schoolvoorbeeld van gereguleerde ventilatie, theradiatorfactory.com
- Brochures Scholenconcept, Velu Ventilatietechniek BV, velu.nl
- Klimaatgids voor scholen, HunterDouglas, hunterdouglas.nl
- Brochure Frisse Scholen, Ontzorgen door totaalconcept, idbb.nl
- Folder Schoolventilatie, Ventilatie concepten voor frisse en gezonde scholen, swegon.nl
- Programma van Eisen Frisse Scholen, versie september 2010, frissescholen.nl
- Documentatie rookgenerator Tiny C07, <http://webshop.buildingdoctor.eu>
- Documentatie CO² sensor Itho AMUN 755 9 630
- Documentatie Lascar Electronics, EL- USB- 2

Bijlage

Werkruimte N3

1. CO2 Gegevens
2. CO2 Grafiek
3. Temperatuur Gegevens
4. Temperatuur Grafiek
5. Luchtvochtigheid Gegevens
6. Luchtvochtigheid Grafiek

Lokaal N3.10

1. CO2 Gegevens
2. CO2 Grafiek
3. Temperatuur Gegevens
4. Temperatuur Grafiek
5. Luchtvochtigheid Gegevens
6. Luchtvochtigheid Grafiek

CD met volledige meetresultaten en rapport

Bijlage Werkruijnte N3

1. CO2 Gegevens
2. CO2 Grafiek
3. Temperatuur Gegevens
4. Temperatuur Grafiek
5. Luchtvochtigheid Gegevens
6. Luchtvochtigheid Grafiek

Bijlage Lokaal N3.10

1. CO2 Gegevens
2. CO2 Grafiek
3. Temperatuur Gegevens
4. Temperatuur Grafiek
5. Luchtvochtigheid Gegevens
6. Luchtvochtigheid Grafiek