



vito

vision on technology

2/04/2010

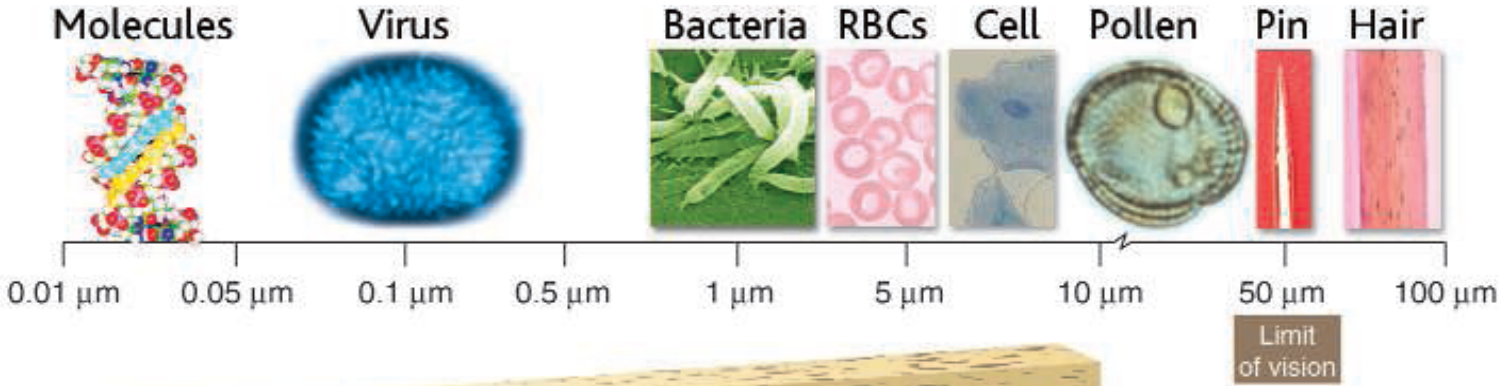
GEZONDE LUCHT IN KLASSEN – BiBa

Gezond met Verstand – 31 maart 2010

Marianne Stranger



Gezonde lucht? Ongezonde lucht?



Gezonde lucht buiten?



Gezonde lucht buiten?

+0.21% sterfte voor elke $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ toename van PM_{10}

+4% sterfte voor elke $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ toename van $\text{PM}_{2.5}$

- ~ laag geboortegewicht
- ~ vroeggeboorte
- ~ wiegendood
- ~ kankers
- ~ DNA mutaties,
- ~ astma
- ~ allergieën, ...



Kaiser, 2005

Gezonde lucht in huis?



Gezonde lucht op school?





**binnenlucht
in basisscholen**

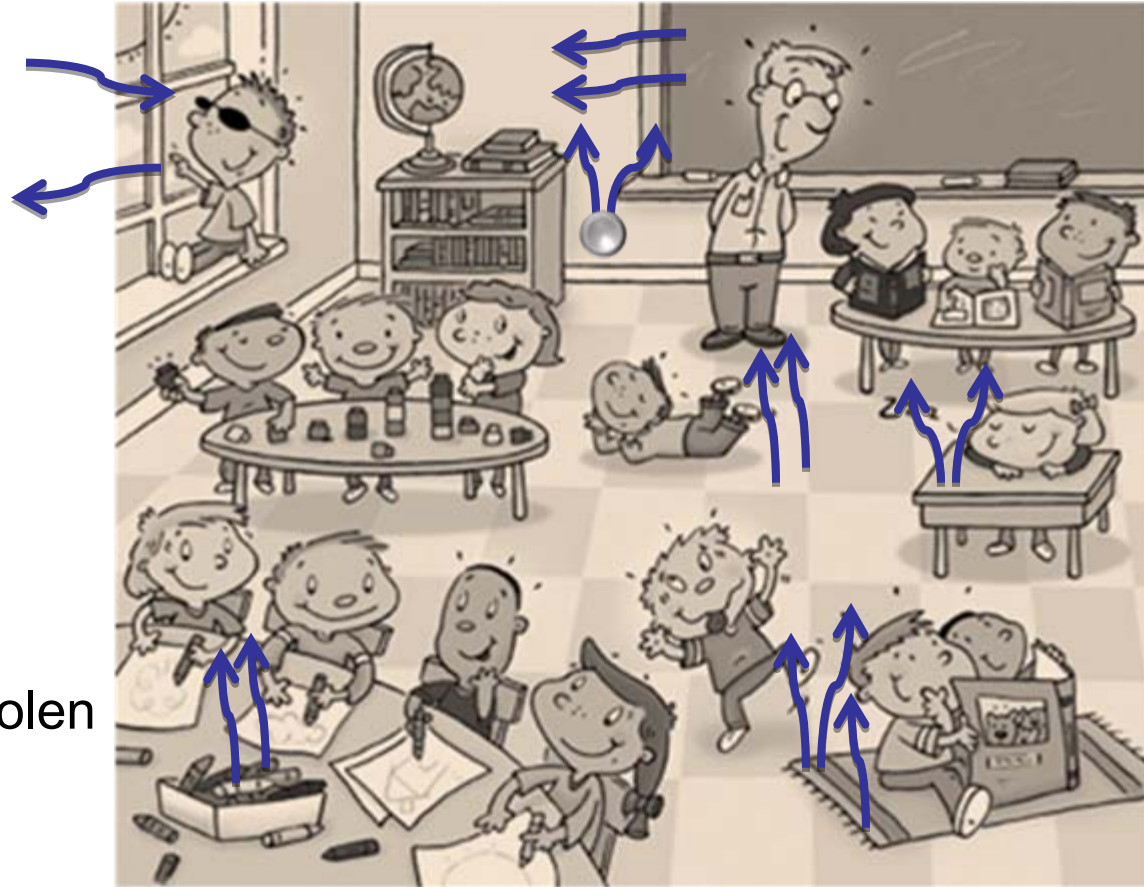


Gezonde lucht in de klas: BiBa

Bepalen invloed van

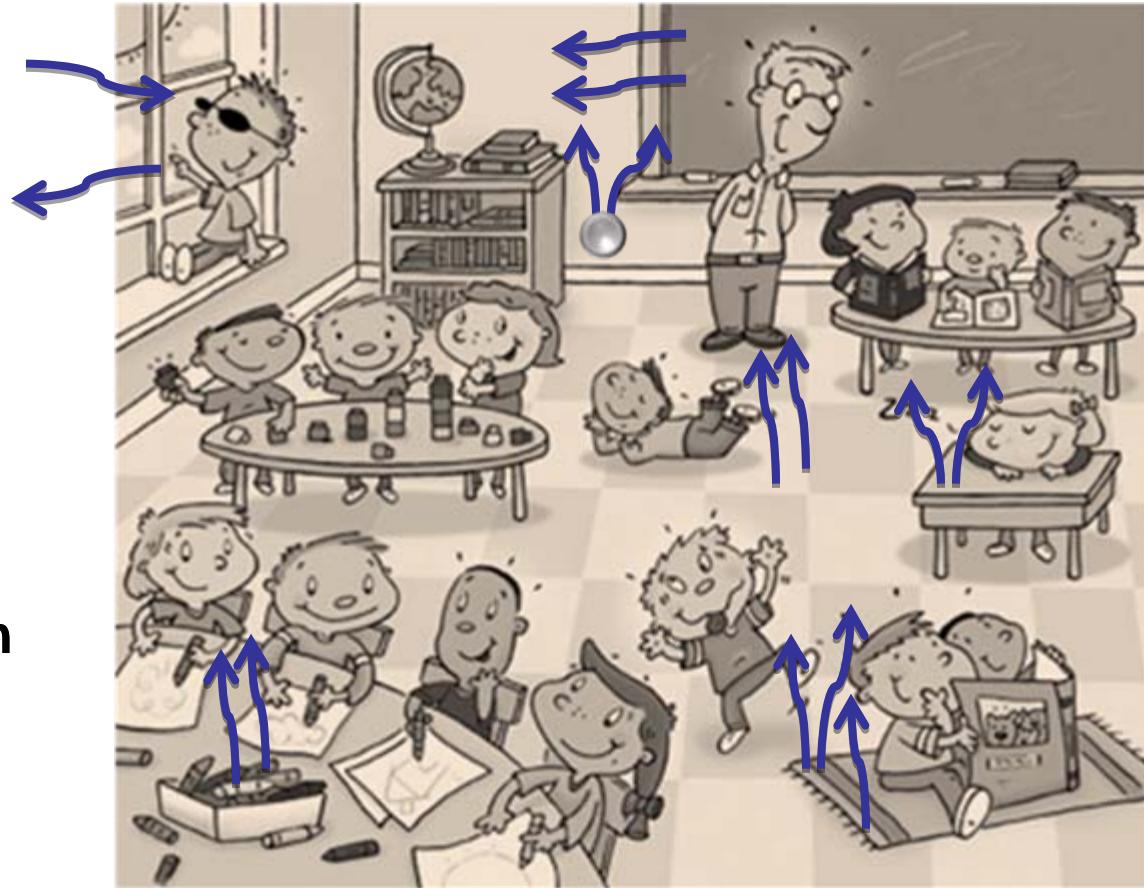
- » **buitenmilieu,**
- » **ventilatie,**
- » **klasinrichting**

op het binnenmilieu in scholen



Gezonde lucht in de klas: BiBa

- » meten,
- » toetsen aan normen,
- » remediëren
- » beleidsaanbevelingen



Selectie van 30 scholen

- » Ouderdom gebouw
 - » gebouwd na 1990
 - » gebouwd voor 1990
 - » gerenoveerde gebouwen

- » Onderwijsnetten
 - » gemeenschapsonderwijs
 - » vrij onderwijs
 - » gemeentelijk, stedelijk en provinciaal onderwijs

- » Provincies en landelijke/stedelijke ligging school

Selectie van 30 scholen

Nr	School	Gemeente	Provincie
1	GBS De Bijenkorf	Balen	Antwerpen
2	GO! De Zonnewijzer	Ravels	Antwerpen
3	VBS Het Kompas	Rijkevorsel	Antwerpen
4	VBS O-L-Vrouwinstituut	Antwerpen	Antwerpen
5	VBS Rozenberg	Mol	Antwerpen
6	GO! 't Zandhofje	Zandhoven	Antwerpen
7	VBS De Brug	Antwerpen	Antwerpen
8	GO! Het Laerhof	Merksem	Antwerpen
9	GBS 't Blokje	Wuustwezel	Antwerpen
10	VBS Maria school	Tervuren	Brabant
11	VBS St. Jozefscollege	Sint-Pieters-Woluwe	Brabant
12	VBS De Waaier	Bertem	Brabant
13	GO! De Klare Bron	Leuven	Brabant
14	VBS Klim op	Holsbeek	Brabant
15	VBS 't Belhameltje	Scherpenheuvel-Zichem	Brabant
16	VBS Wereldwijzer	Tessenderlo	Limburg
17	GO! Ter Linden	Lanaken	Limburg
18	VBS Koersel	Beringen	Limburg

Nr	School	Gemeente	Provincie
19	VBS Lutlommel	Lommel	Limburg
20	VBS De Vlierbloem	Kortesseem	Limburg
21	SBS Rapertingen	Hasselt	Limburg
22	VBS De Kleine Bond	Riemst	Limburg
23	VBS De Kloostertuin	Peer	Limburg
24	GBS Basis	Alken	Limburg
25	VBS Sint Jozef	Sint-Niklaas	Oost-Vlaanderen
26	GSB De Windwijzer	Laarne	Oost-Vlaanderen
27	VBS Sint Vincensius	Nevele	Oost-Vlaanderen
28	GO! Malpertuis	Oostkamp	West-Vlaanderen
29	GBS Klavertjevier	Moorslede	West-Vlaanderen
30	GO! Vogelzang	Oostende	West-Vlaanderen

Selectie van 30 scholen

1550 leerlingen van het basisonderwijs



Meetstrategie

- » Fase 1
 - » invloed buitenmilieu, ventilatie, klasinrichting

- » Fase 2
 - » schimmel en vocht
 - » ademhalingsgezondheid
 - » Lekker Fris

Chemische en fysische contaminanten

vluchtige organische stoffen

CO₂

fijn stof

temperatuur

vluchtige organische stoffen

CO₂

fijn stof

temperatuur

relatieve vochtigheid



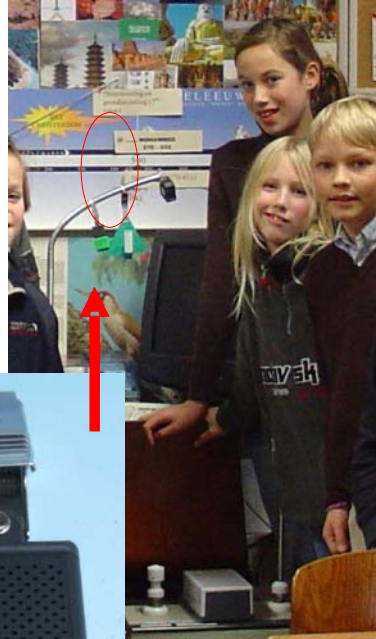
Chemische en fysische contaminanten

90 klaslokalen	60 buitensites
Fijn stofverdeling (PM ₁ /PM _{2.5} /PM ₁₀)	
Fijn stof hoeveelheid (PM _{2.5})	Fijn stof hoeveelheid (PM _{2.5})
Vluchtige org. stoffen (verkeer)	Vluchtige org. stoffen (verkeer)
Vluchtige org. stoffen (inrichting)	Vluchtige org. stoffen (inrichting)
Vluchtige org. stoffen (inrichting+verkeer)	Vluchtige org. stoffen (inrichting+verkeer)
Totale hoeveelheid organische gassen	Totale hoeveelheid organische gassen
Koolstofdioxide	Koolstofdioxide
Temperatuur	Temperatuur
Relatieve vochtigheid	

Meten van fijn stof



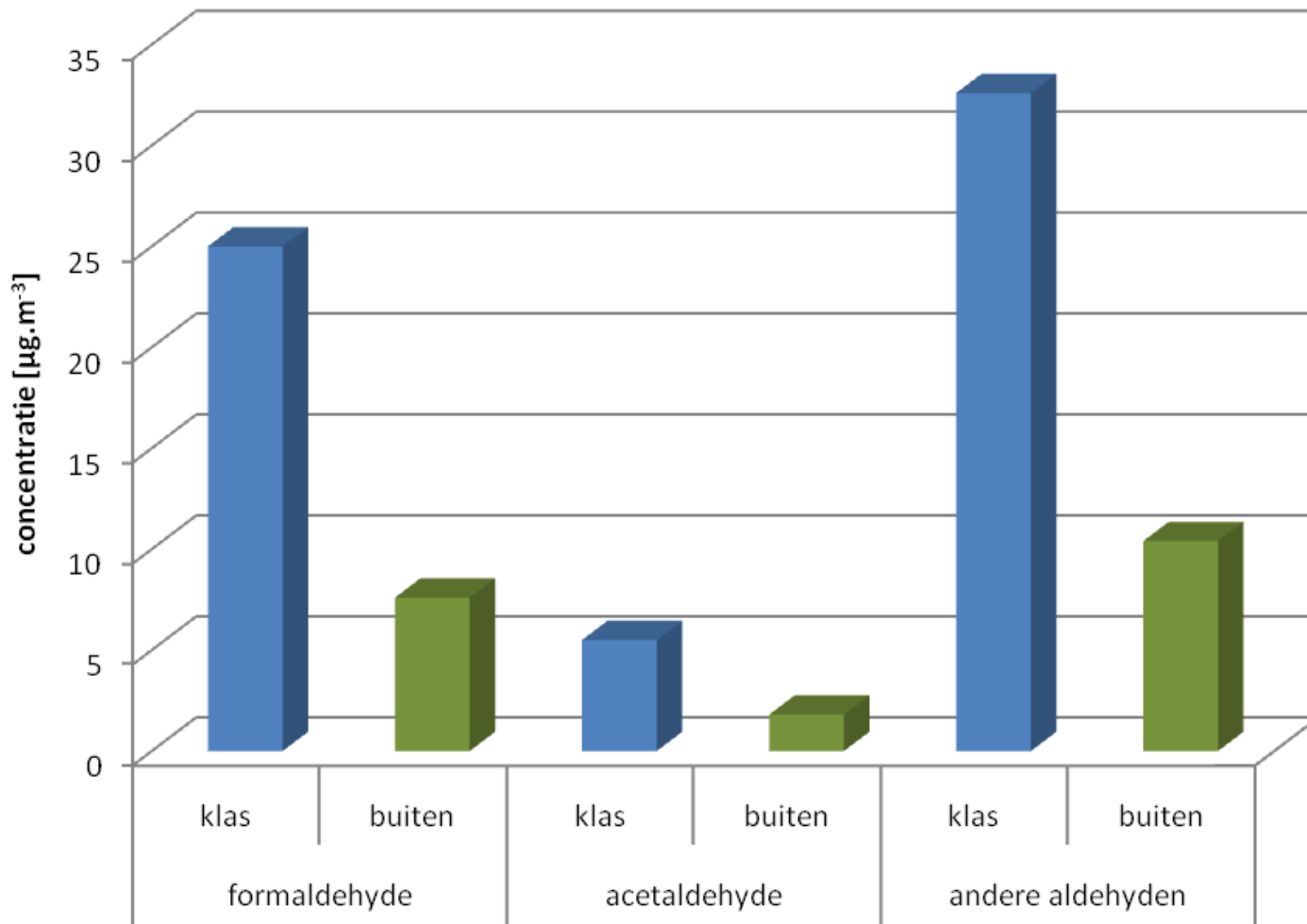
Meten van gassen



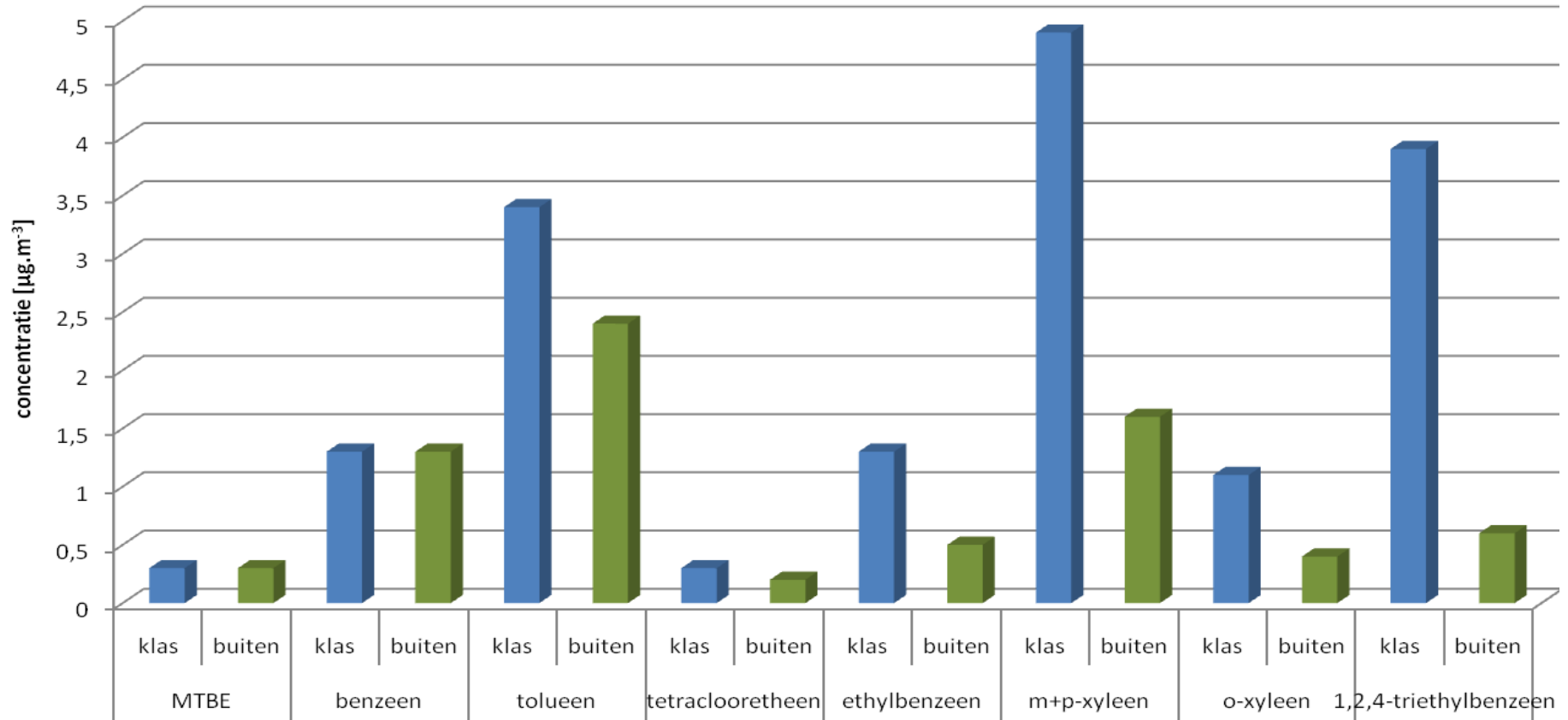
Meten



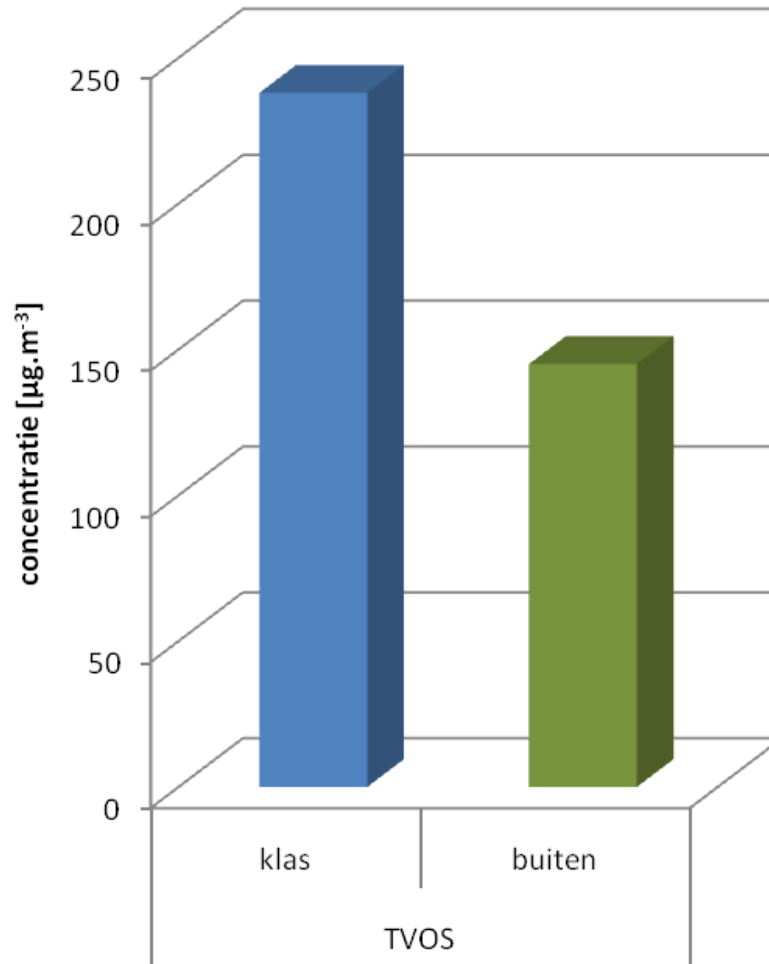
RESULTATEN aldehyden



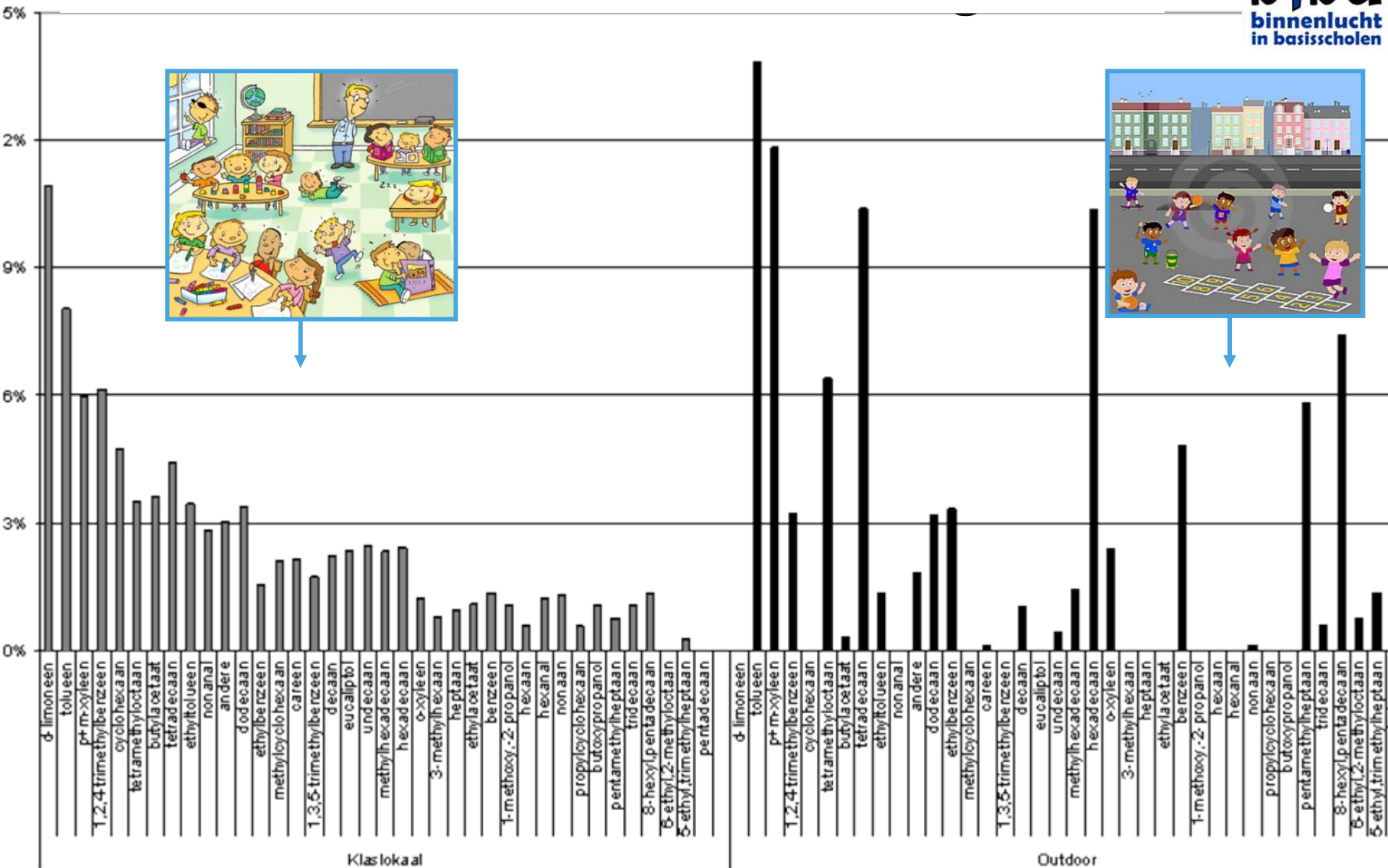
RESULTATEN vluchtige org. stoffen



RESULTATEN vluchtige org. stoffen



RESULTATEN samenstelling TVOS



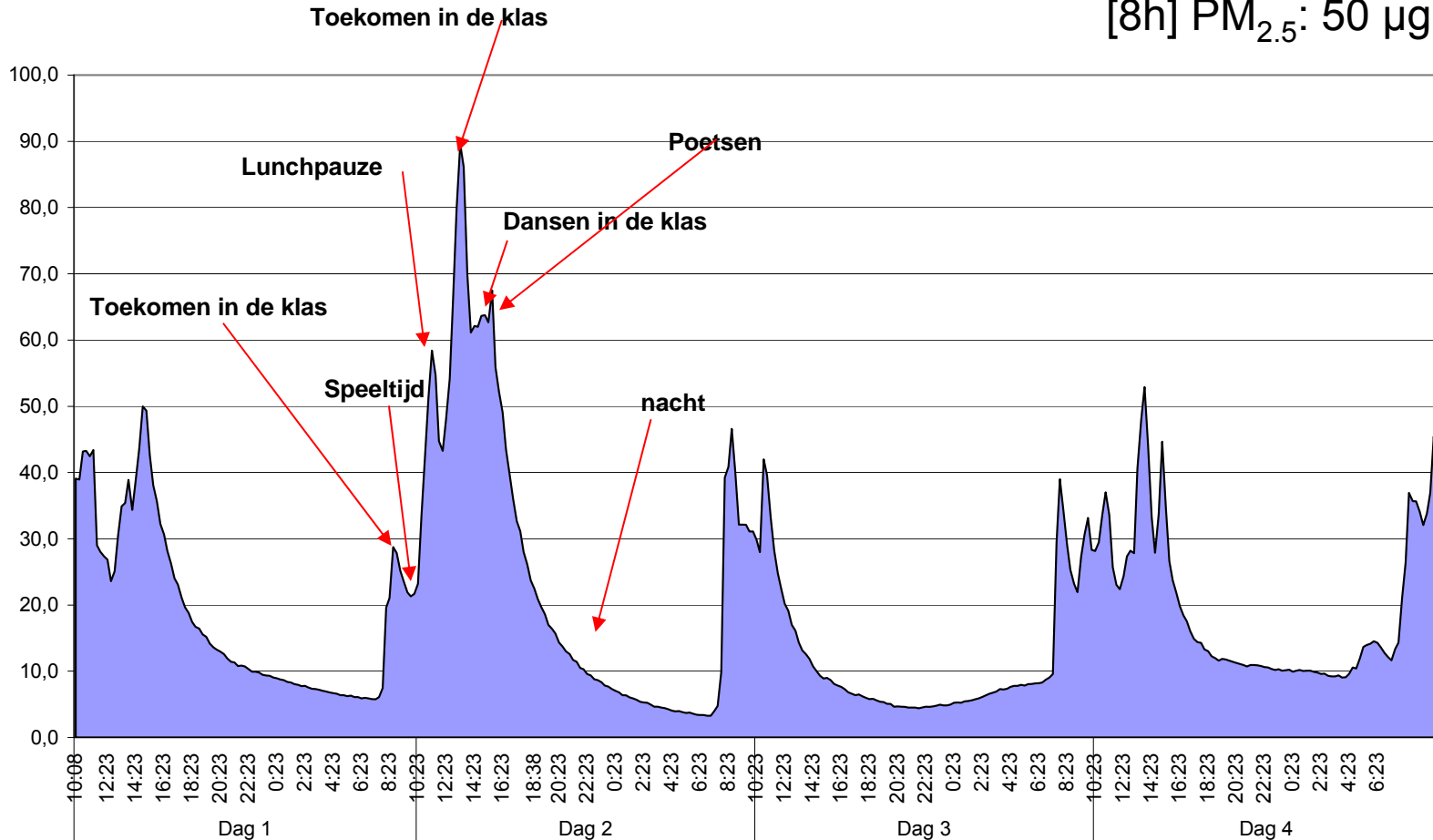
RESULTATEN **samenstelling TVOS**

VOS	Voorbeelden van bronnen
d-limoneen	Schoonmaakproducten, parfum, zeep en luchtverfrissers; Nieuwe (bouwmaterialen): hout, coatings
tolueen	Buiten (verkeer, benzine, ea brandstoffen) en binnen (verven, lijmen, tinner, lakken en harsen, latex verf, vinylvloeren)
m+p-xyleen	Buiten (verkeer) en binnen (computer, monitor, printer, detergenten, schoonmaakmiddel)
1,2,4-trimethylbenzeen	Vloerbare vloerwax, vloerbedekking (vinyl)
cyclohexaan	Vloerbedekking, vlekverwijderaar, verf, vernis, verf- en vernis verwijderaar, synthetische hars- en rubberlijmen
butylacetaat	Buiten (verkeer, benzine, ea brandstoffen) en binnen (verven, lijmen, tinner, lakken en harsen), latexverf, vinylvloeren, synthetische geurstof in voeding
tetradecaan	Vloerbedekking (tapijten, tapijtTegels,)
nonanal	Vloerbedekking (linoleum), lakken
dodecaan	Vloerbare vloerwax, vinylvloeren, parketvloeren, rubbervloeren, tapijten
ethylbenzeen	Vloerbedekking
careen	Vloerbare vloerwax, vloerbedekking (vinyl)
1,3,5-trimethylbenzeen	Tapijten, kantoorstoele, verven
decaan	Vloerbare vloerwax, vinylvloeren, parketvloeren, rubbervloeren, tapijten
eucaliptol	Geurstof in schoonmaakmiddelen en luchtverfrissers
undecaan	Vloerbare vloerwax, vinylvloeren, parketvloeren, rubbervloeren, tapijten

RESULTATEN **fijn stof profiel**

[24h] PM_{2.5}: 25 µg.m⁻³

[8h] PM_{2.5}: 50 µg.m⁻³



RESULTATEN **fijn stof samenstelling**

- » [bodemstof-elementen] in klas > speelplaats
(Al, Fe, Mn, Ti, ...)
- » [zware metalen] in klas \approx speelplaats
(As, Cd, Cr, V, ...)
- » **Bodemstofelementen verhoogd in klaslokaal PM_{2.5}**
typisch tgv resuspensie (opwaaiend stof),

→ tvg. **aanwezigheid van kinderen**

RESULTATEN richtlijnen & normen

Vlaams Binnenmilieubesluit

		tijd	richtwaarde		interventiewaarde	
<i>chemische factoren</i>						
f				overschrijding richtwaarde		over-schrijding
PM _{2.5}	µg/m ³	jaar	15	24h-gemiddelde: 40% lesuurgemiddelde: 72%	-	
PM ₁₀	µg/m ³	24 h	40	24h-gemiddelde: 50% lesuurgemiddelde: 74%	-	
benzeen	µg/m ³	30 min	2	22%	10	0/90
Tolueen	µg/m ³		260	0/90	-	
TVOS	µg/m ³		200	48%	-	
formaldehyde	µg/m ³	30 min	10	94%	100	0/90
acetaldehyde	µg/m ³		4600	0/90	-	
Totaal andere aldehyden	µg/m ³		20	82%	-	
CO ₂	mg/m ³		900	24-gemiddelde: 44% lesuurgemiddelde: 100%	-	

RESULTATEN richtlijnen & normen

<i>Fysische factoren</i>						
		tijd	richtwaarde		interventiewaarde	
Temperatuur winter			$20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 24^{\circ}\text{C}$	Te laag: 62% Te hoog: 18%	-	
ventilatievoud			$\geq 1/\text{uur}$	Voldoen nooit: 57% Voldoen soms: 35% Voldoen altijd: 14%	-	
Relatieve vochtigheid			winter $30 \leq \text{RV} \leq 55$	Te laag: 5% Te hoog: 7%	-	

RESULTATEN aan vlaams BiMi

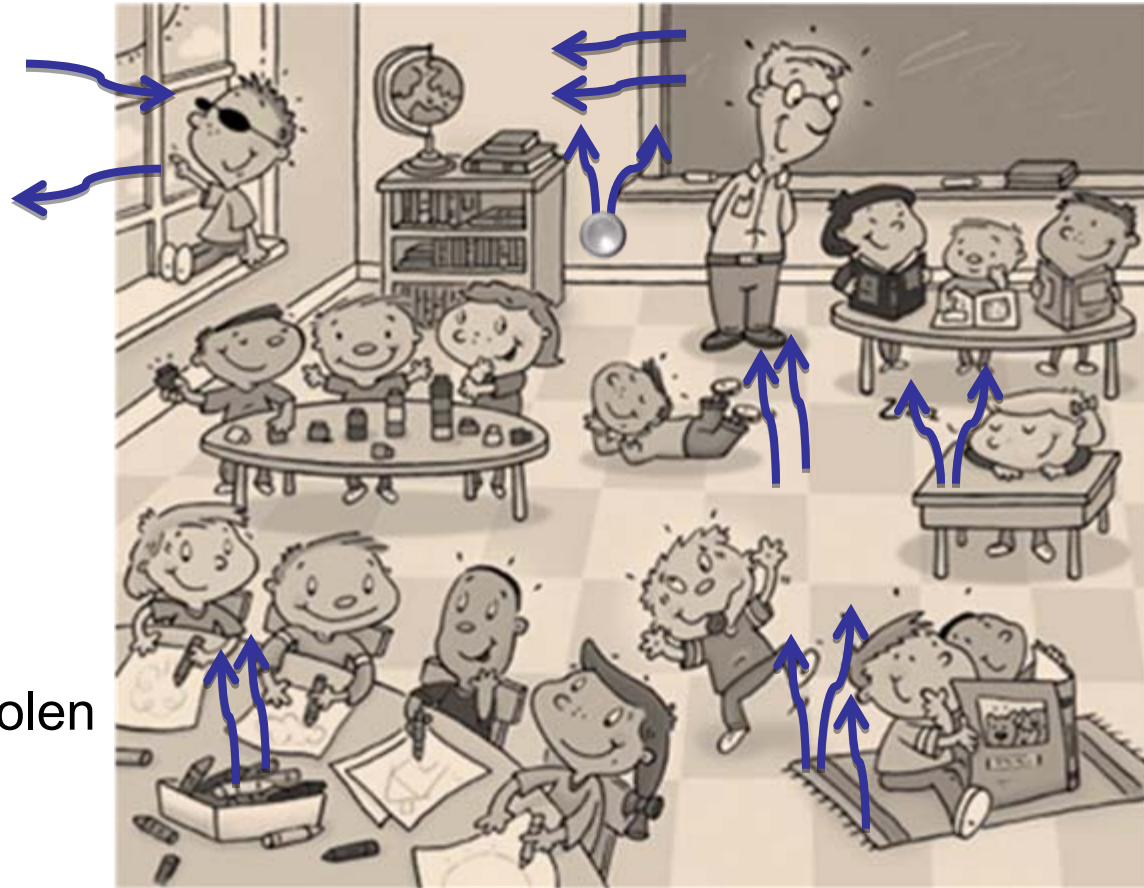
- » Knelpunten luchtkwaliteit in BiBa-klaslokalen
 - » **Fijn stof**
 - » **Formaldehyde**
 - » **Totaal andere aldehydes**
 - » **Benzeen**
 - » **Totaal Vluchtige organische stoffen (TVOS)**
 - » **CO₂**

Gezonde lucht in de klas: BiBa

Bepalen invloed van

- » **buitenmilieu,**
- » **ventilatie,**
- » **klasinrichting**

op het binnenmilieu in scholen



RESULTATEN invloed buitenlucht

GEEN statistisch sign. verschil tussen
binnenlucht in landelijke en stedelijke omgeving

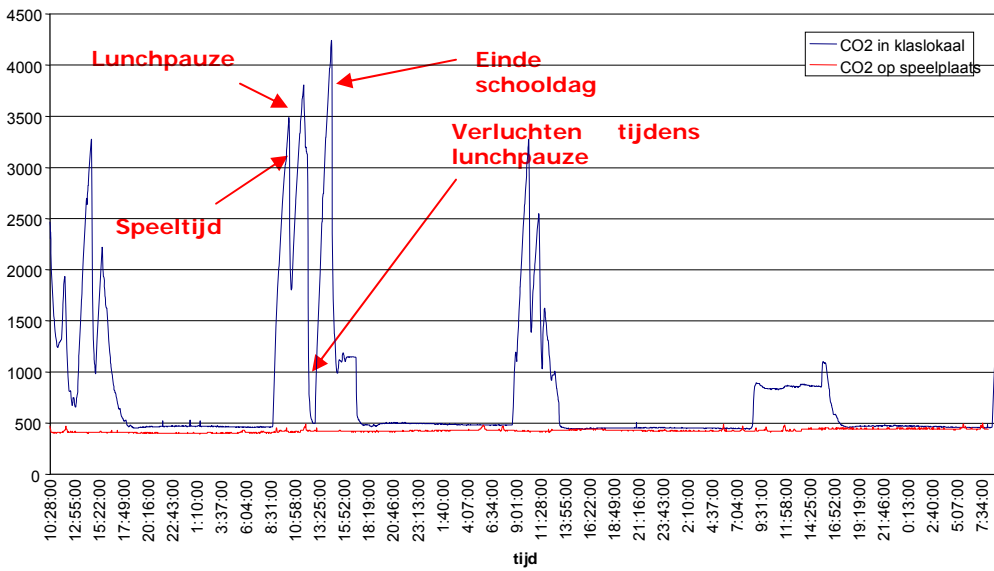
Meestal concentratie in de klas \geq concentratie buiten

RESULTATEN invloed ventilatie

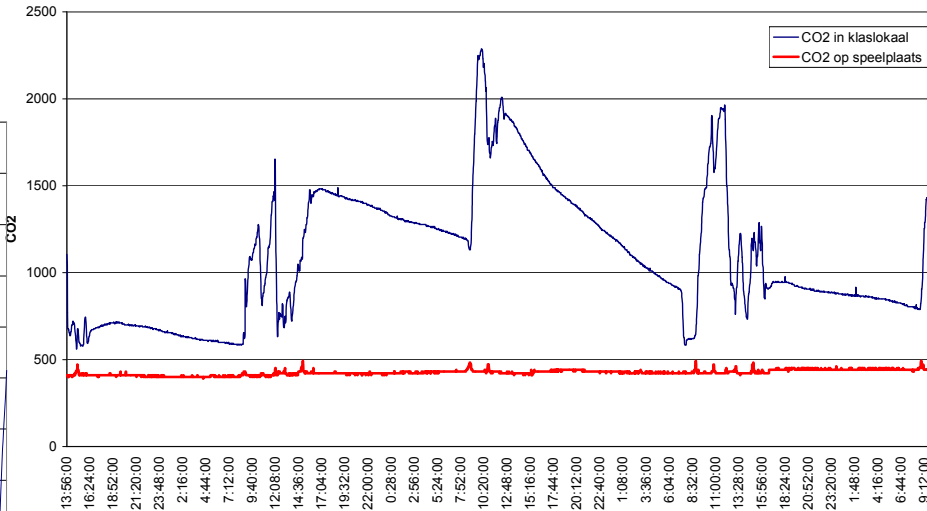
- » Manuele verluchting
- » 25 klassen met verluchttingsroosters (gebruikt door 64%)
- » CO₂-profiel ~ aanwezigheid leerlingen + ventilatiegedrag
- » CO₂ [lesuren] 30% hoger dan CO₂ [24h]

RESULTATEN invloed ventilatie

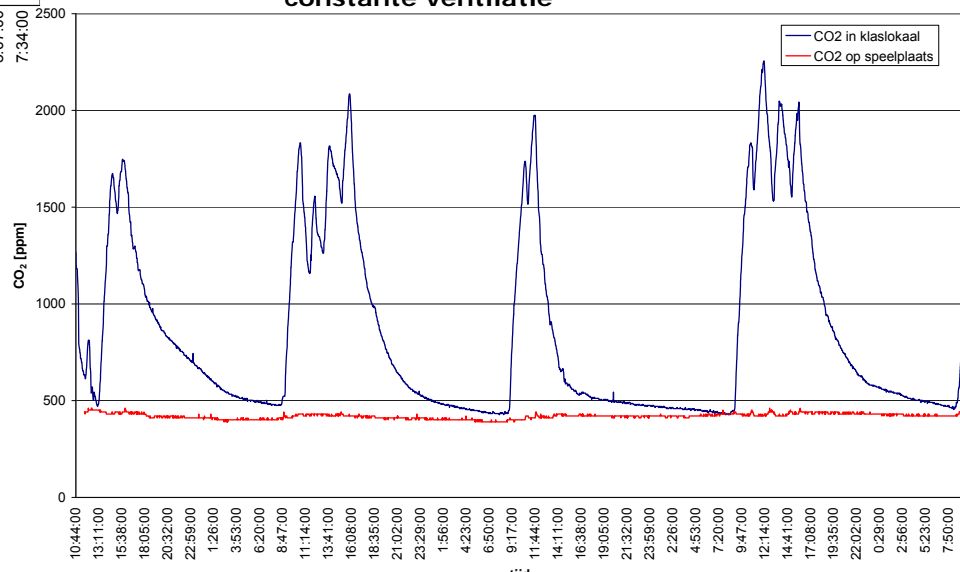
' zeer efficiënt verluchten na de les'



'verluchten tijdens de les – afdichten na de les'



'constante ventilatie'



RESULTATEN invloed ventilatie

Resultaten univariaat regressiemodel

	<i>gemiddelde CO₂ concentratie (In-getransformeerd) in klaslokalen</i>			<i>aanwezigheid verluchttingsroosters</i>	<i>gerapporteerde intensiteit van verluchten</i>
	<i>significantie model?</i>	<i>intercept</i>	<i>helling</i>	<i>significantie model?</i>	<i>significantie model?</i>
<i>In PM2.5</i>	<i>P<0.01</i>	<i>0.08</i>	<i>0.47</i>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>
<i>In formaldehyde</i>	<i>P<0.001</i>	<i>-1.39</i>	<i>0.67</i>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>

Voor bijna alle gemeten pollutanten:

Meer ventilatie = kleinere hoeveelheid pollutanten in de klas

<i>In 1,2,4 trimethylbenzeen</i>	<i>P<0.05</i>	<i>-6.42</i>	<i>1.02</i>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>
<i>In TVOS</i>	<i>N.S.</i>			<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>
<i>In relatieve luchtvochtigheid</i>	<i>P<0.001</i>	<i>3.43</i>	<i>0.0003</i>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>

RESULTATEN invloed klasinrichting

- » Bestudeerde parameters:
 - verdieping, schoolbord, gordijnen, aantal leerlingen per klasvolume, schoonmaakmiddelen, renovatie, volume klas, vloerbekleding, plafond, gordijnen, verf, lijm, vernis, luchtverfrissers

- » Voor BiBa: luchtverfrisser in $\pm 20\%$ van de klassen

- » Indicatie voor
 - » $PM_{2.5}$ ~ aantal kinderen/klasvolume
 - » Formaldehyde, tot. andere aldehydes ~ vloerbekleding
 - » BTEX, TVOS ~ verdieping (niet verklaarbaar)

» Fase 2

- » Fase 2A: schimmelvorming
- » Fase 2B: Gezondheid leerlingen (uitgeademde NO)
- » Fase 2C: invloed “Lekker Fris”

RESULTATEN **schimmelvorming**

- » Zichtbare schimmelvorming in 7/88 klaslokalen
- » Verband met vochtigheid, temperatuur, luchtverversing:
 - » Elke klas met schimmelvorming, ook zichtbare vochtschade (11/88)
 - » Geen statistisch verband ts schimmelvorming en RV, T of CO₂
- » Schimmelvorming vnl in oudere klaslokalen (>20 jaar)

» Fase 2

- » Fase 2A: schimmelvorming
- » Fase 2B: Gezondheid leerlingen (uitgeademde NO)
- » Fase 2C: invloed “Lekker Fris”

RESULTATEN Gezondheid kinderen

- snelle inhalatie NO-vrije lucht tot totale longcapaciteit
- 10 sec uitademen, NO meting laatste 3 sec
- uitgeademde NO = maat voor ontsteking luchtwegen



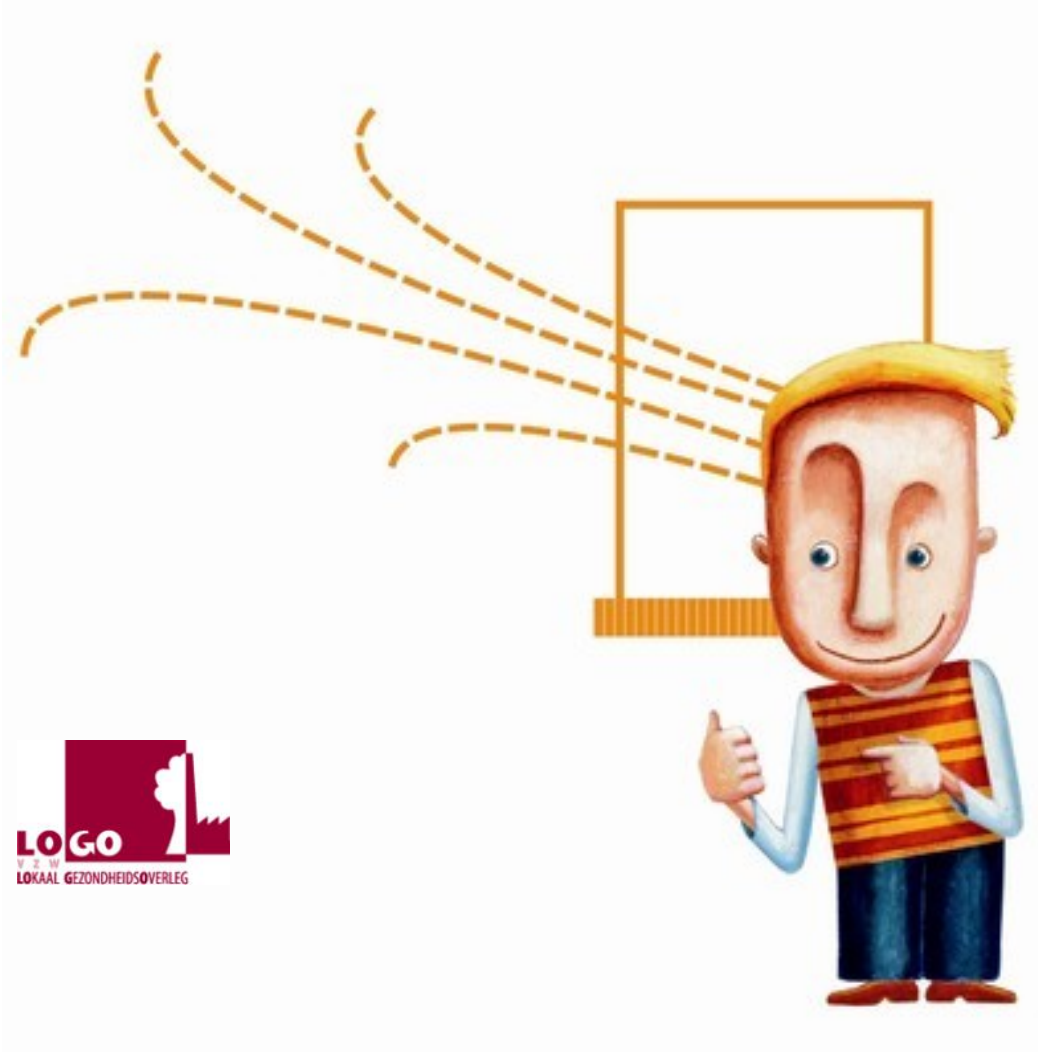
- **POSITIEF** gerelateerd met kortademigheid, verstopte neus
- **POSITIEF** gerelateerd met klaslokaal weekgemiddelden
 - tetrachlooretheen (p=0.03),
 - TVOS (p=0.08),
 - PM_{2.5} (p=0.09)



» Fase 2

- » Fase 2A: schimmelvorming
- » Fase 2B: Gezondheid leerlingen (uitgeademde NO)
- » Fase 2C: invloed “Lekker Fris”

RESULTATEN Lekker Fris



RESULTATEN **Lekker Fris**

	<i>Voor Lekker Fris</i>				<i>Na Lekker Fris</i>				<i>% na tov voor</i>
	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	
24h CO ₂ (ppm)	992	911	787	845	994	892	866	806	101±6 %
8h CO ₂ (ppm)	1075	1480	1370	1660	658	1014	997	1490	73±12 %

RESULTATEN **Lekker Fris**

	<i>Voor Lekker Fris</i>				<i>Na Lekker Fris</i>				<i>% na tov voor</i>
	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	<i>S13</i>	<i>S14</i>	<i>S15</i>	<i>S16</i>	
24h CO ₂ (ppm)	992	911	787	845	994	892	866	806	101±6 %
8h CO ₂ (ppm)	1075	1480	1370	1660	658	1014	997	1490	73±12 %

- » CO₂ lesuren daalde tot 73 ±12 % van oorspronkelijke
- » Spreiding (- 39% tot – 10%) tgv opvolging dr leerkracht en ventilatievoorziening

» Conclusies (1)

» Invloed buitenlucht

- » Vluchtige org.stoffen(verkeer): [klas] \approx [buiten]
- » Vluchtige org.stoffen(verkeer+inrichting) of (inrichting): [klas] \geq [buiten]
- » TVOS, PM: [klas] $><$ [buiten]

» Invloed ventilatie

- » CO₂ [lesuren] 30% hoger dan CO₂ [24h]
- » Ventilatie positieve invloed op bijna alle pollutanten in klas

» Invloed klasinrichting

- » Indicatie voor verband met parameters (veel variabelen in BiBa)

» Knelpunten bij toetsen Vlaams BiMi

- » PM, formaldehyde, totaal andere aldehydes, benzeen, TVOS, CO₂

» Conclusies (2)

» Ademhalingsgezondheid kinderen

- » Indicatie voor positief verband tetrachlooretheen, TVOS, PM_{2.5}

» Remediëren Lekker fris

- » [CO₂] tijdens lesuren daalt! (dus ook andere pollutanten!)

» Toekomst?

- » Nieuwe (bouw- en didactische) materialen,
- » Nieuwe producten,
- » Nieuwe bouwstijlen,
- » Ventilatiesystemen,...

Conclusies: beleidsaanbevelingen

1. Aanbevelingen m.b.t. ventilatie:

- » Nieuwbouw en renovaties schoolgebouwen
- » Algemeen: sensibilisatie

2. Aanbevelingen m.b.t. buitenlucht:

- » Reductie buitenbronnen / ligging nieuwe scholen
- » Zuiveren inkomende lucht in ventilatiesysteem

3. Aanbevelingen m.b.t. binnenbronnen:

- » Nieuwbouw en renovatie
- » Intensief ventileren tijdens en na gebruik van verf, lijm,...

4. Aanbevelingen m.b.t. schimmels in klaslokalen

- » Preventie (HESE, 2006) en remediëren (WHO, 2009)

vragen?



<http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/onderzoek/BiBa>