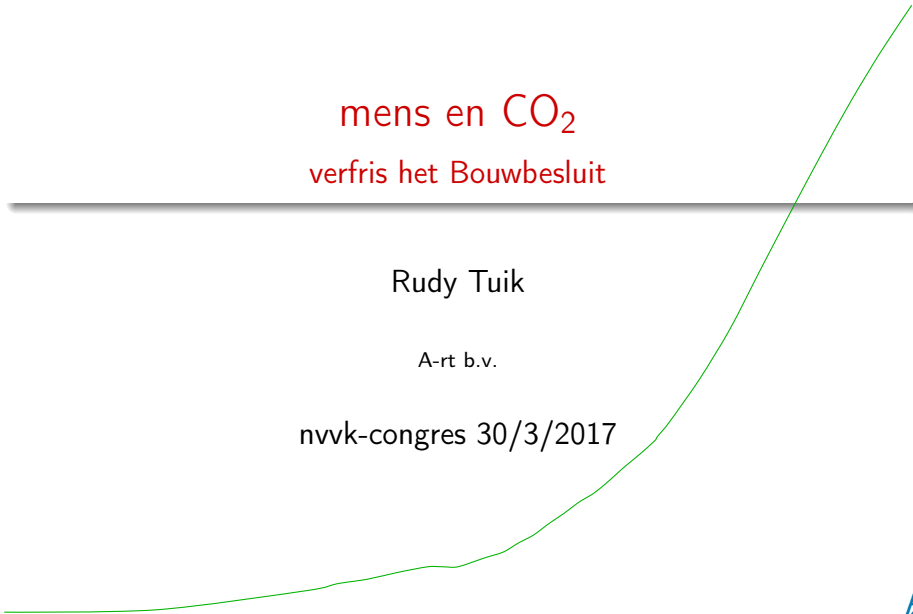


mens en CO₂
verfris het Bouwbesluit

Rudy Tuik

A-rt b.v.

nvvk-congres 30/3/2017



Doel Bouwbesluit

bouwbesluit hst. 3.6 : Luchtverversing (art. 3.28-40):

- bouwwerk heeft voorziening voor luchtverversing
- inblaas verblijfsruimte met kantoorfunctie tenminste $6,5 \text{ dm}^3/p \cdot s$.
(= $23.4 \text{ m}^3/p \cdot u$)

toelichting bij bouwbesluit:

- *Op deze wijze wordt zekergestellt dat noodzakelijke zuurstof kan worden aangevoerd en kooldioxide, waterdamp, onaangename geurstoffen en stofdeeltjes kunnen worden afgevoerd.*



CO₂ in ademlucht

- 1 mensen en CO₂
 - concentratie
 - CO₂-toename buitenlucht
 - CO₂-balans
- 2 Ventilatie en CO₂-concentratie
 - Relatie ventilatie en CO₂-concentratie
 - ventilatie- en concentratie-normen



CO₂ levensbedreigend

ppm_{v,CO_2}

100.000

10%

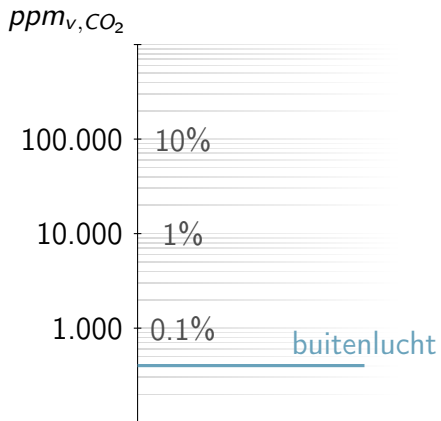
10.000

1%

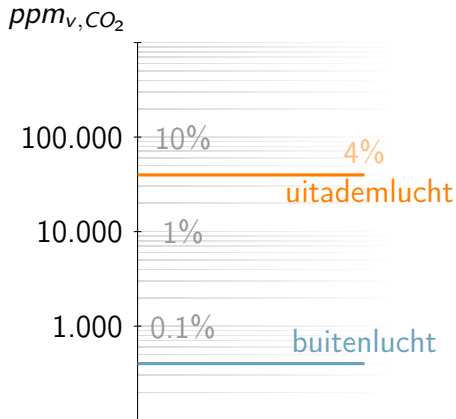
1.000

0.1%

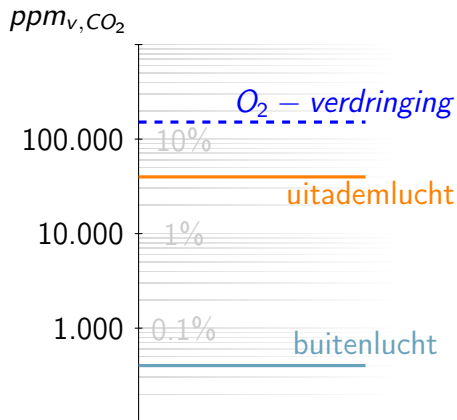
CO₂ levensbedreigend



CO₂ levensbedreigend



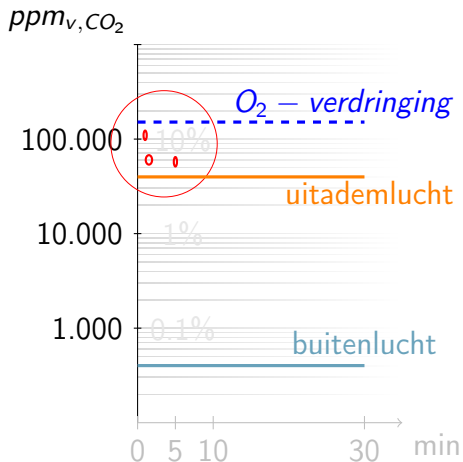
CO₂ levensbedreigend



levensbedreigend door

- O₂-verdringing
(>15% inert gas) (-)

CO₂ levensbedreigend

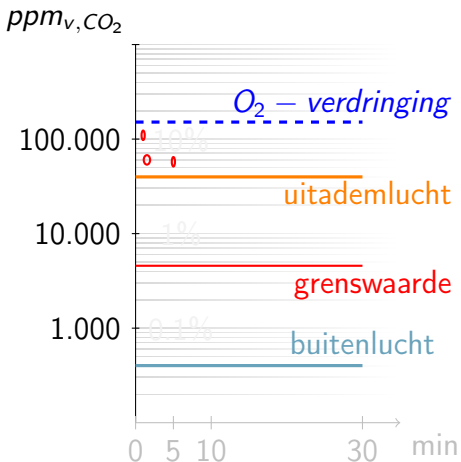


levensbedreigend door

- O₂-verdringing (>15% inert gas) (–)
- afhankelijk van tijd en concentratie, mogelijk fataal (○)



CO₂ levensbedreigend



levensbedreigend door

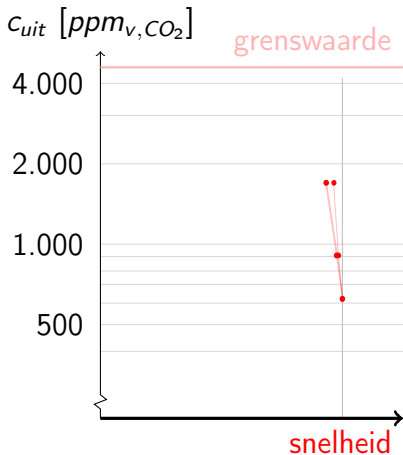
- O₂-verdringing (>15% inert gas) (–)
- afhankelijk van tijd en concentratie, mogelijk fataal (○)

grenswaarde (–)

- 10% van dodelijk
9000 mg/m³
≈ 4600 ppm_v



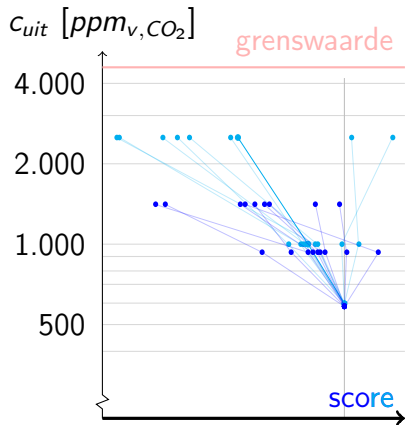
CO₂ versuffend



literatuur

- snelheid typen, rekenen en nakijken (Wargocki e.a. 2000)

CO₂ versuffend

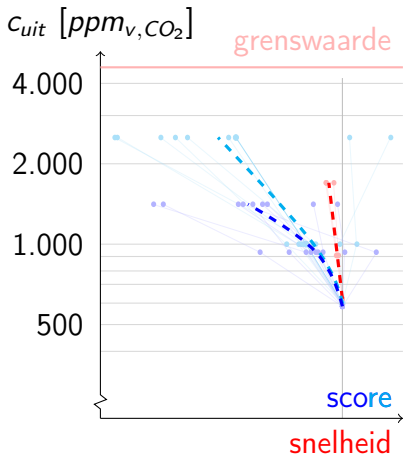


literatuur

- mentale vaardigheden (Strategic Management Simulation) (Satish e.a., 2012) (Allen e.a., 2016)



CO₂ versuffend



literatuur

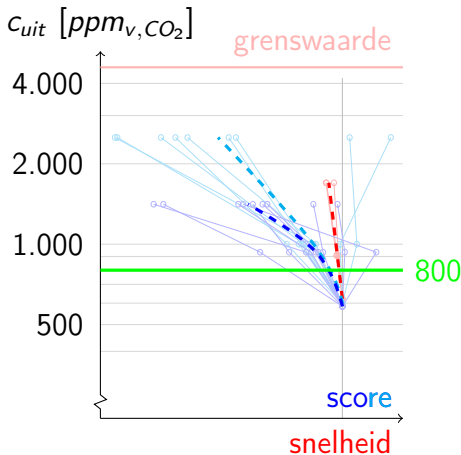
- snelheid typen, rekenen en nakijken
(Wargocki e.a. 2000)
- mentale vaardigheden (Strategic Management Simulation)
(Satish e.a., 2012)
(Allen e.a., 2016)

bijna steeds geldt:

- hoe minder CO₂, hoe hoger productie of score



CO₂ versuffend



literatuur

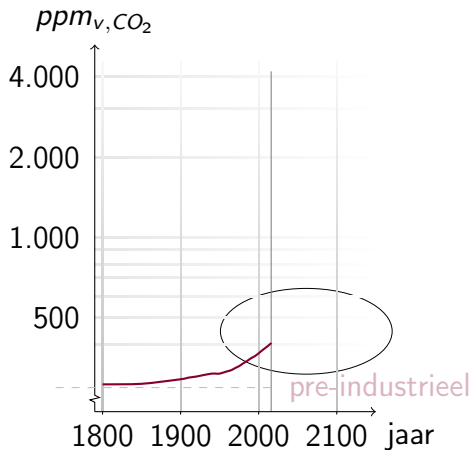
- snelheid typen, rekenen en nakijken
(Wargocki e.a. 2000)
- mentale vaardigheden (Strategic Management Simulation)
(Satish e.a., 2012)
(Allen e.a., 2016)

bijna steeds geldt:

- hoe minder CO₂, hoe hoger productie of score



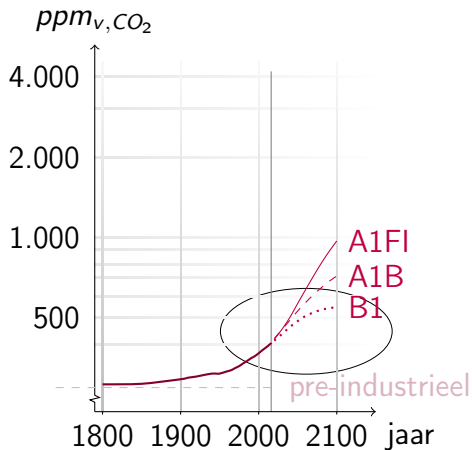
CO₂ in buitenlucht



verleden

- CO₂-concentratie

CO₂ in buitenlucht

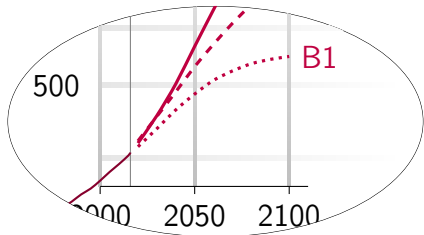


verleden

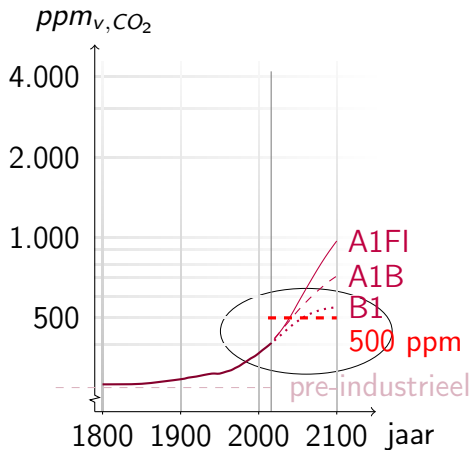
- CO₂-concentratie

toekomst

- CO₂-scenario's IPCC



CO₂ in buitenlucht

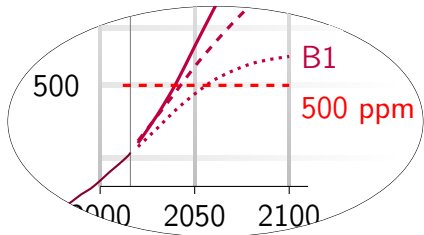


verleden

- CO₂-concentratie

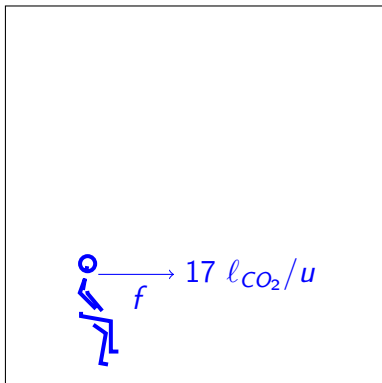
toekomst

- CO₂-scenario's IPCC

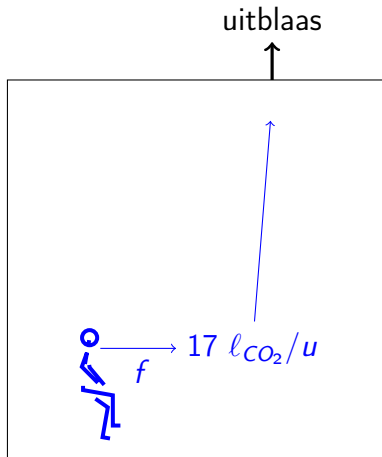


CO₂-balans

1 Uitgeademde CO₂

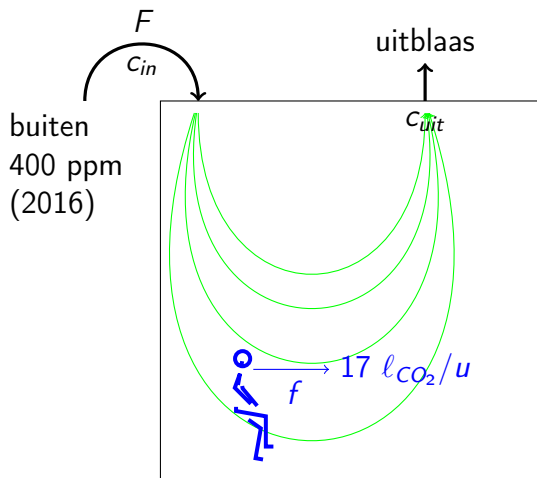


CO₂-balans



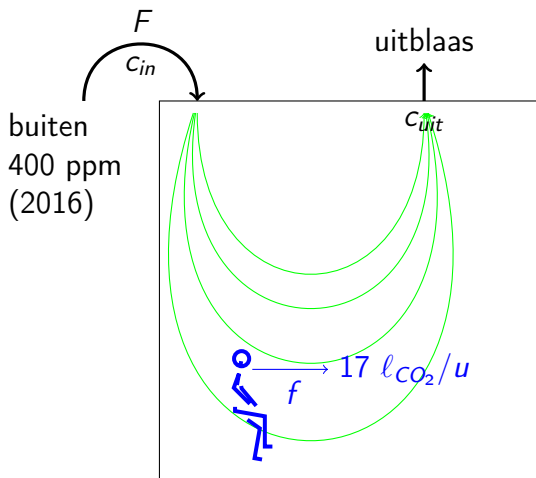
- 1 Uitgeademde CO₂
- 2 Via uitblaas afvoeren

CO₂-balans



- 1 Uitgeademde CO₂
- 2 Via uitblaas afvoeren
- 3 Evenveel lucht toevoeren
- 4 Toevoer bevat ook CO₂

CO₂-balans

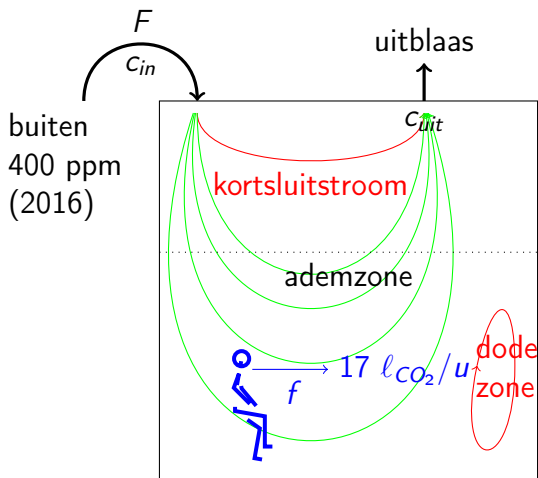


- 1 Uitgeademde CO₂
- 2 Via uitblaas afvoeren
- 3 Evenveel lucht toevoeren
- 4 Toevoer bevat ook CO₂
- 5 CO₂-balans:

$$C_{uit} = C_{in} + \frac{f}{F} \cdot 10^6$$

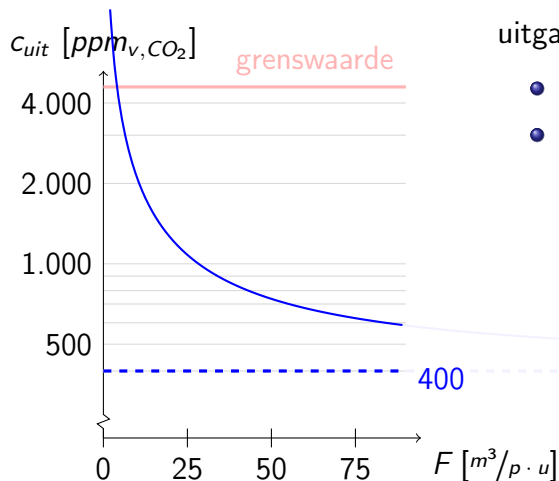


CO₂-balans



- 1 Uitgeademde CO₂
- 2 Via uitblaas afvoeren
- 3 Evenveel lucht toevoeren
- 4 Toevoer bevat ook CO₂
- 5 CO₂-balans:

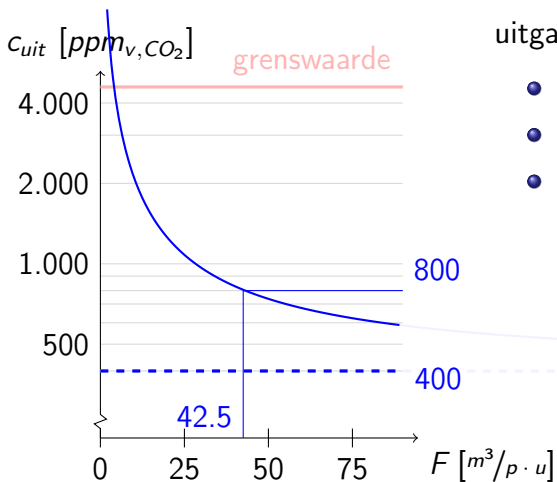
$$C_{uit} = C_{in} + \frac{f}{F} \cdot 10^6$$

relatie ventilatie → CO₂-concentratie

uitgangspunten:

- $17 \text{ l}_{\text{CO}_2}/\text{p} \cdot \text{u}$
- inblaas buitenlucht

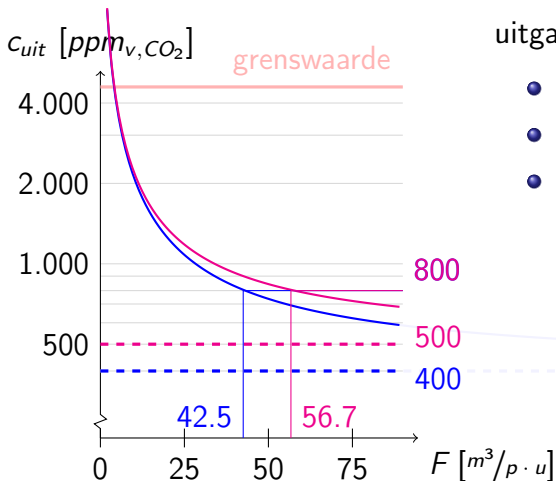
relatie ventilatie → CO₂-concentratie



uitgangspunten:

- $17 \text{ } \ell_{CO_2}/p \cdot u$
- inblaas buitenlucht
- doel: 800 ppm_v binnen

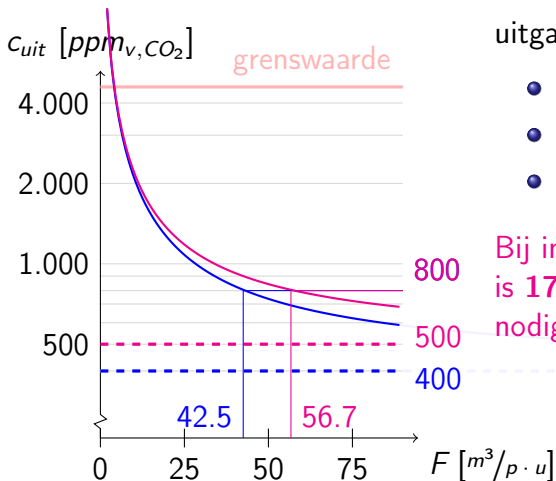


relatie ventilatie → CO₂-concentratie

uitgangspunten:

- $17 \text{ } \ell_{CO_2}/p \cdot u$
- inblaas buitenlucht
- doel: $800 \text{ } ppm_v$ binnen

relatie ventilatie → CO₂-concentratie

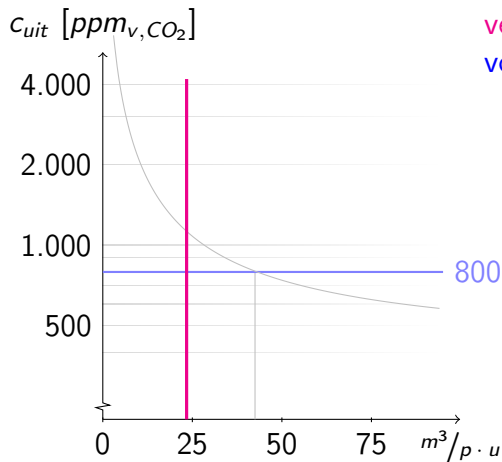


uitgangspunten:

- $17 \text{ } \ell_{CO_2}/p \cdot u$
- inblaas buitenlucht
- doel: $800 \text{ } ppm_v$ binnen

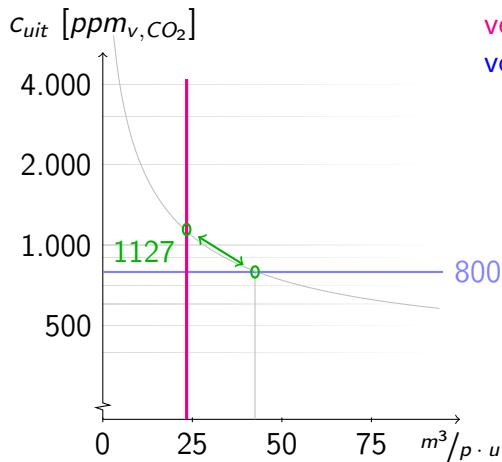
Bij inblaas van $500 \text{ } ppm \text{ } CO_2$ is **17% meer ventilatie** nodig dan bij $400 \text{ } ppm$.

effect ventilatienorm Bouwbesluit



ventilatienorm bouwbesluit
voorkeur binnen = 800 ppm_v

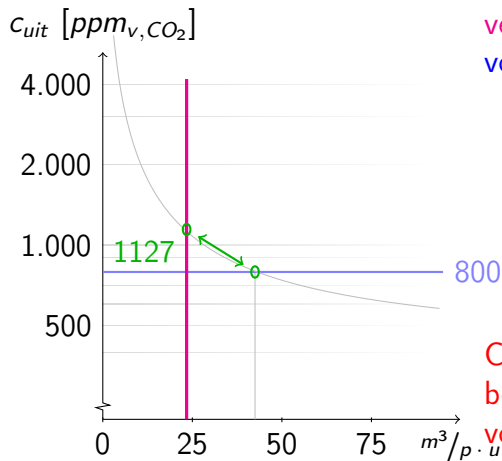
effect ventilatienorm Bouwbesluit



ventilatienorm bouwbesluit
voorkeur binnen = 800 ppm_v

- buitenlucht 400 ppm_v ,
ideale inmenging

effect ventilatienorm Bouwbesluit



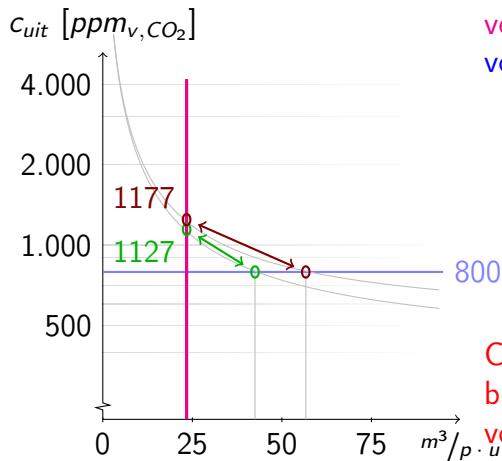
ventilatienorm bouwbesluit
 voorkeur binnen = 800 ppm_v

- buitenlucht 400 ppm_v ,
 ideale inmenging

Conclusie: ventilatienorm
 bouwbesluit garandeert geen
 voldoende laag CO₂-gehalte



effect ventilatienorm Bouwbesluit



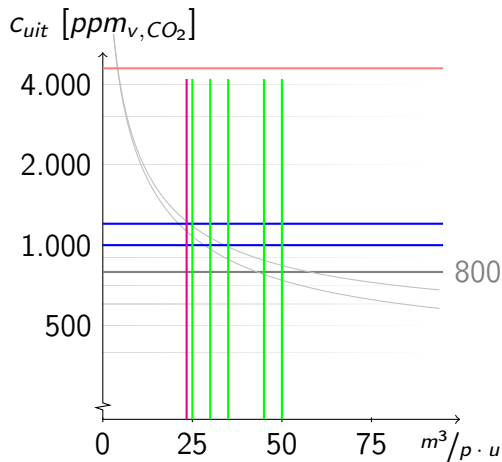
ventilatienorm bouwbesluit
voorkeur binnen = $800 ppm_v$

- buitenlucht $400 ppm_v$,
ideale inmenging
- buitenlucht $500 ppm_v$,
ideale inmenging

Conclusie: ventilatienorm
bouwbesluit garandeert geen
voldoende laag CO₂-gehalte

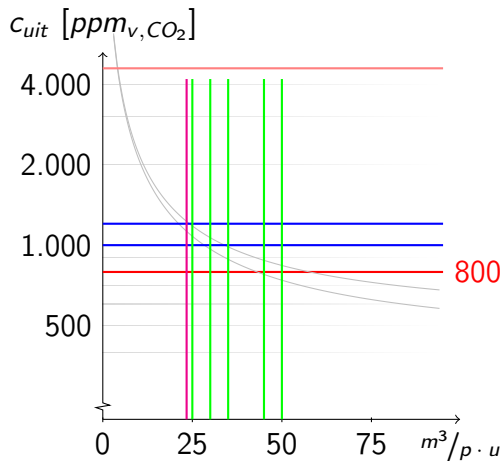


arbocatalogi



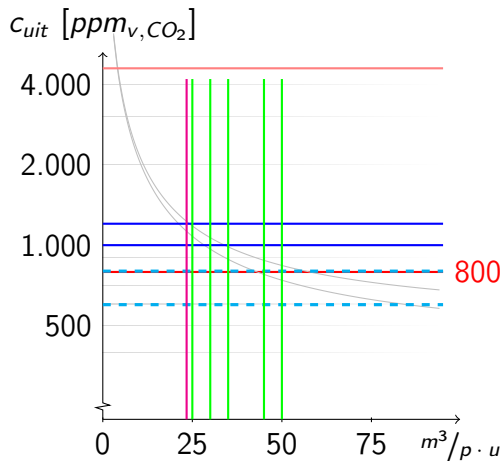
- grenswaarde
- bouwbesluit
- arbocatalogi (163)
 - ventilatienorm (19)
 - concentratienorm (13)

arbocatalogi



- grenswaarde
- bouwbesluit
- arbocatalogi (163)
 - ventilatienorm (19)
 - concentratienorm (13)
- 800 Vrijwel geen enkele harde norm garandeert optimale CO₂

arbocatalogi



- grenswaarde
- bouwbesluit
- arbocatalogi (163)
 - ventilatienorm (19)
 - concentratienorm (13)
 - streefnorm (9)
- Vrijwel geen enkele harde norm garandeert optimale CO₂
- Alleen enkele streefnormen tonen die ambitie



conclusie

- Boven 800 ppm_{v,CO_2}
zijn mensen trager en presteren mentaal minder
- De CO_2 -concentratie buiten stijgt sterk
Beheersen van het binnen- CO_2 -niveau vergt
 - steeds meer ventileren / andere maatregelen
 - bij nieuwbouw rekening houden met toekomst
- Ventilatiennorm Bouwbesluit
 - wordt in de praktijk toegepast
 - leidt tot te hoge CO_2 -concentraties
 - oproep: verfris het Bouwbesluit





achtergrond wettelijke CO₂-norm 1200 ppm

Bron: brief Gezondheidsraad 2010, *Binnenluchtkwaliteit in basisscholen en de waarde van kooldioxide als indicator voor luchtkwaliteit*

- 1200ppm (uitgangspunt Bouwbesluit) ... van oudsher ... ter beperking van geurhinder
- in 1984 door GR aanvaardbaar geacht ... GR baseerde zich destijds op ... een experiment uit 1981
- De commissie is van mening dat de kwaliteit van deze gegevens zeer beperkt was



achtergrond GGD-advies 800 ppm

Bron: brief Gezondheidsraad 2010, *Binnenluchtkwaliteit in basisscholen en de waarde van kooldioxide als indicator voor luchtkwaliteit*

- GGD Nederland ... door haar ingestelde expertgroep: aanwijzingen zijn voor gezondheidsklachten ... bij CO₂-concentraties lager dan 1200 ppm
- De commissie is van mening dat de bewijskracht ... te beperkt is



Literatuuronderzoeken

- Literatuuronderzoek Wargocki e.a. (2000)
 - meer ventilatie → verbeterde ervaren luchtkwaliteit (9 bronnen 1983-1999)
 - meer ventilatie → vermindering Sick Building Syndrome (ja: 5 bronnen 1991-1996; nee: 7 bronnen 1984-1994) (ja: 3 reviews 1993-1999)
 - hogere CO₂-conc. → lagere score in psychologische tests (ja: 1 bron 1996; nee: 1 bron 1923)
- Literatuuronderzoek Satish e.a. (2012)
 - minder ventilatie → verminderde ervaren luchtkwaliteit en acute gezondheidseffecten (6 bronnen 1999-2004)
 - hogere CO₂-conc. → licht negatief effect op nakijkwerk (1 bron 2003/6)



Arbocatalogi

concentratienormen [ppm]

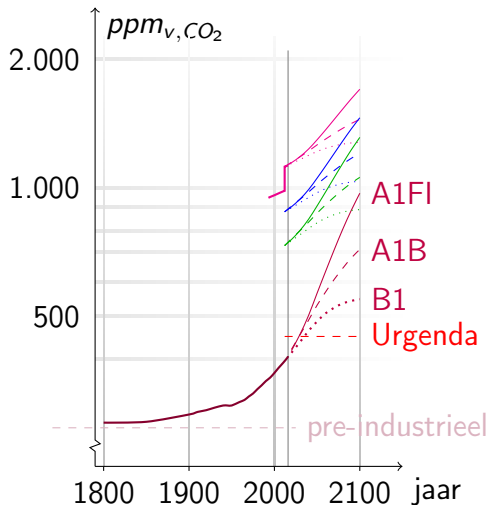
max-	streef	branche
1000	600	onderzoek
	800	energienetwerk, VO, VVV
		waterbouw
1200	800	PO, HBO
		swv, pluimvee, recreatie

ventilatiennormen [$m^3/p \cdot u$]

min-	branche
50	orgelbouw, pluimvee
45	architecten, recreatie
35	Rijk, AGF, kaasgroot., railinfra, timmerind.
31	kappersbedrijf
30	kinderopvang, jeugdzorg, welzijn, swv, VO, VVV, tapijt/text.ind. waterbouw
25	PO



CO₂ in buitenlucht



buiten-verleden

- CO₂-concentratie

buiten-toekomst

- CO₂-scenario's IPCC
- Urgenda-uitspraak

binnen

- o.b.v. bouwbesluit
- 35 m³p · u
- 50 m³p · u

historische toename broeikasgassen

