



# Ventilatie van woningen

KIVI NIRIA Regio Den Haag

Piet Jacobs

23 november 2011

TNO

## KIVI NIRIA ventilatie onderzoek...

- › Gebruik drie standen schakelaar?
- › Delft, 30 woningen

Stekker eruit	13%
Altijd positie 1	27%
Stand 1, kortstondig 2	20%
Stand 1, kortstondig 3	30%
Aanwezig stand 2	10%
Aanwezig stand 3	0%

90% stand 1 of uit  
Geen klachten !



Vathorst *Gezondheid en ventilatie in woningen in vathorst, GGD Eemland, september 2007* :  
Gedurende de nacht staat het systeem in 90% van de woningen op stand 1.”

## **Wat is het verschil tussen Vathorst en de rest van Nederland?**

- › “Een deel van de bewoners klaagt over het geringe aantal draai- of kiepramen in huis. In veel gevallen heeft men slechts de beschikking over een schuifpui, openslaande buitendeuren of de ramen die open kunnen zijn heel groot. Bewoners klagen daarover omdat ze liever een klapraampje open zetten dan een groter raam.”
- › “60% van de bewoners zegt de ramen in de slaapkamer continue open te hebben.”
- › Bouwbesluit 2012: per verblijfsruimte minimaal 1 te openen raam

## Stelling: wanneer ventileren we?



Vooral als het te warm is, als de zon schijnt !

## Inhoud

- › TNO – afdeling Energie, comfort en binnenmilieu
- › Ventilatie algemeen
- › Recente ventilatie onderzoeken aan nieuwbouw woningen
- › Luchtkwaliteit: Loef- en lijszijde problematiek
- › BNA lezing installatiegeluid in woningen
- › Praktijkcase energie WTW
- › Microbiologische verontreiniging bij balansventilatie
- › Effect van bewonersgedrag op energie: open ramen in de winter

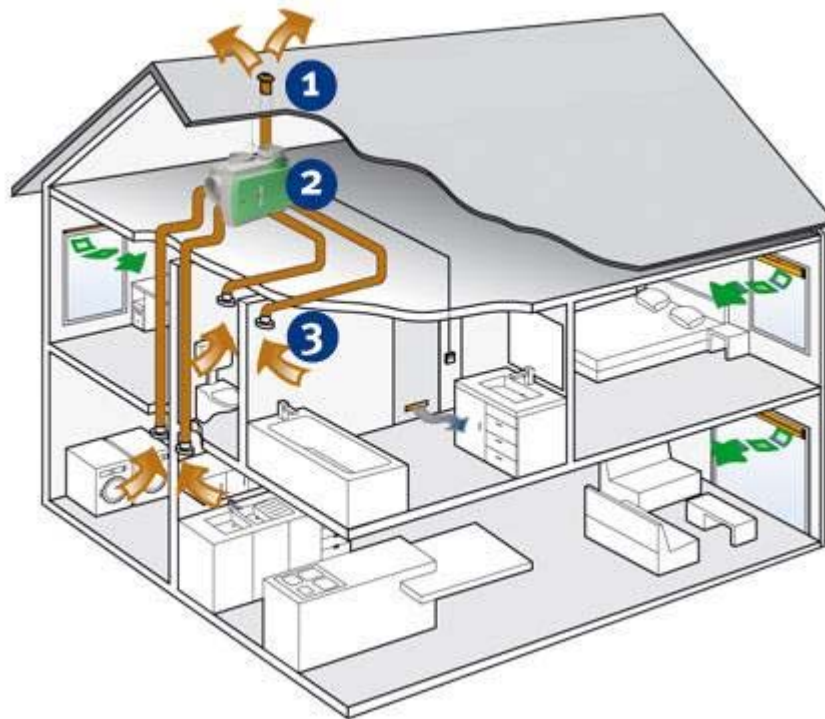
## afdeling Energie, comfort en binnenmilieu

- › 25 specialisten op het gebied van bouwfysica, bouwregelgeving, ventilatie, thermisch binnenmilieu en verlichting.
- › Labfaciliteiten, simulatietools, kennis

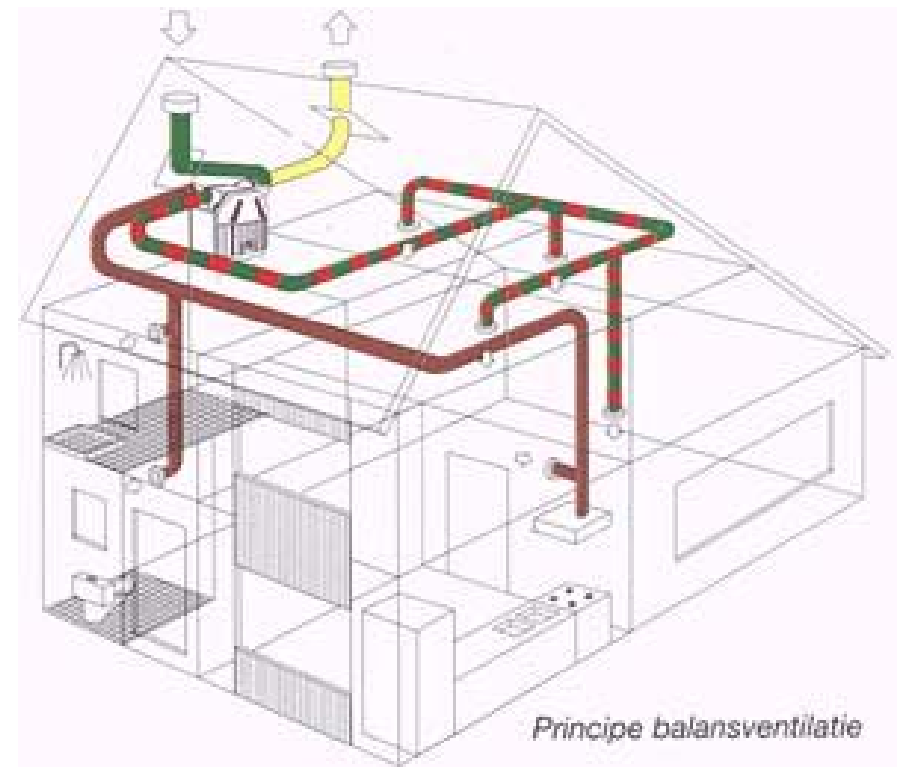


## De 2 meest voorkomende ventilatie systemen

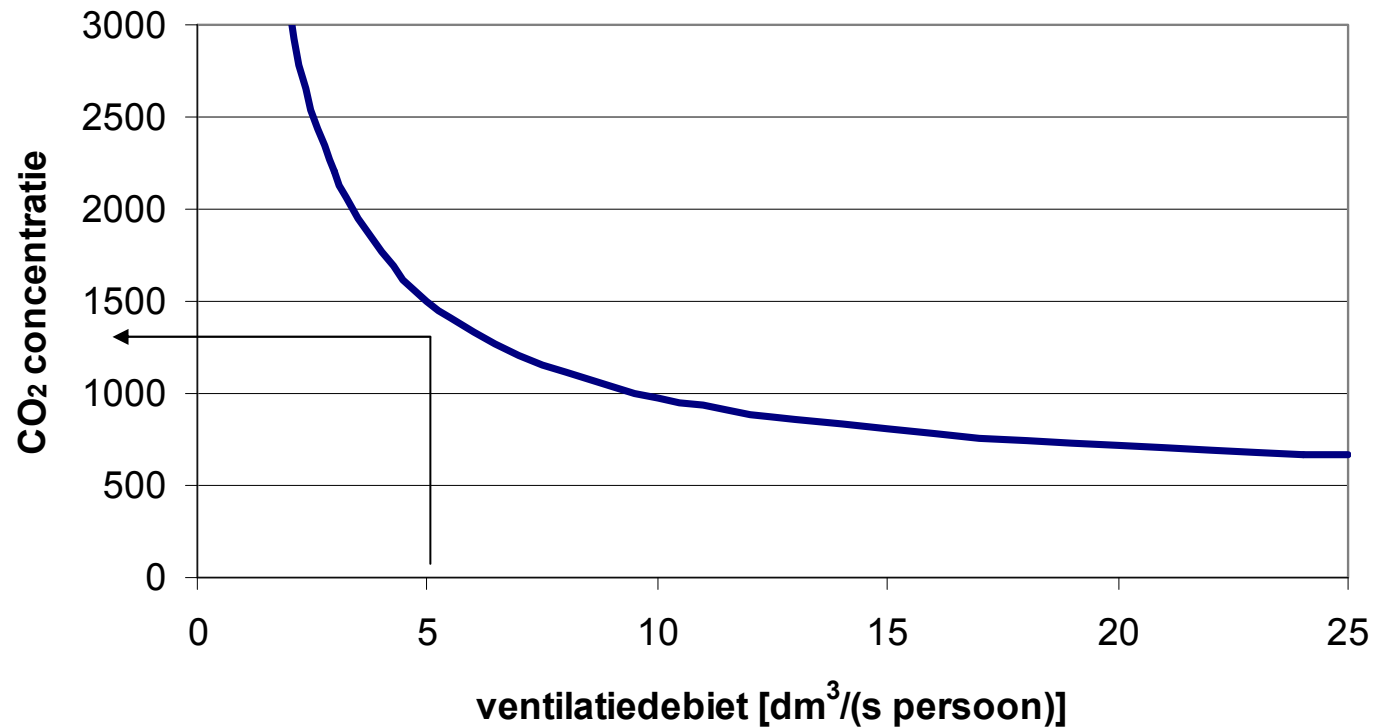
Natuurlijke toevoer &  
mechanische afvoer



Balansventilatie met  
warmteterugwinning



## CO<sub>2</sub> is een marker voor luchtkwaliteit



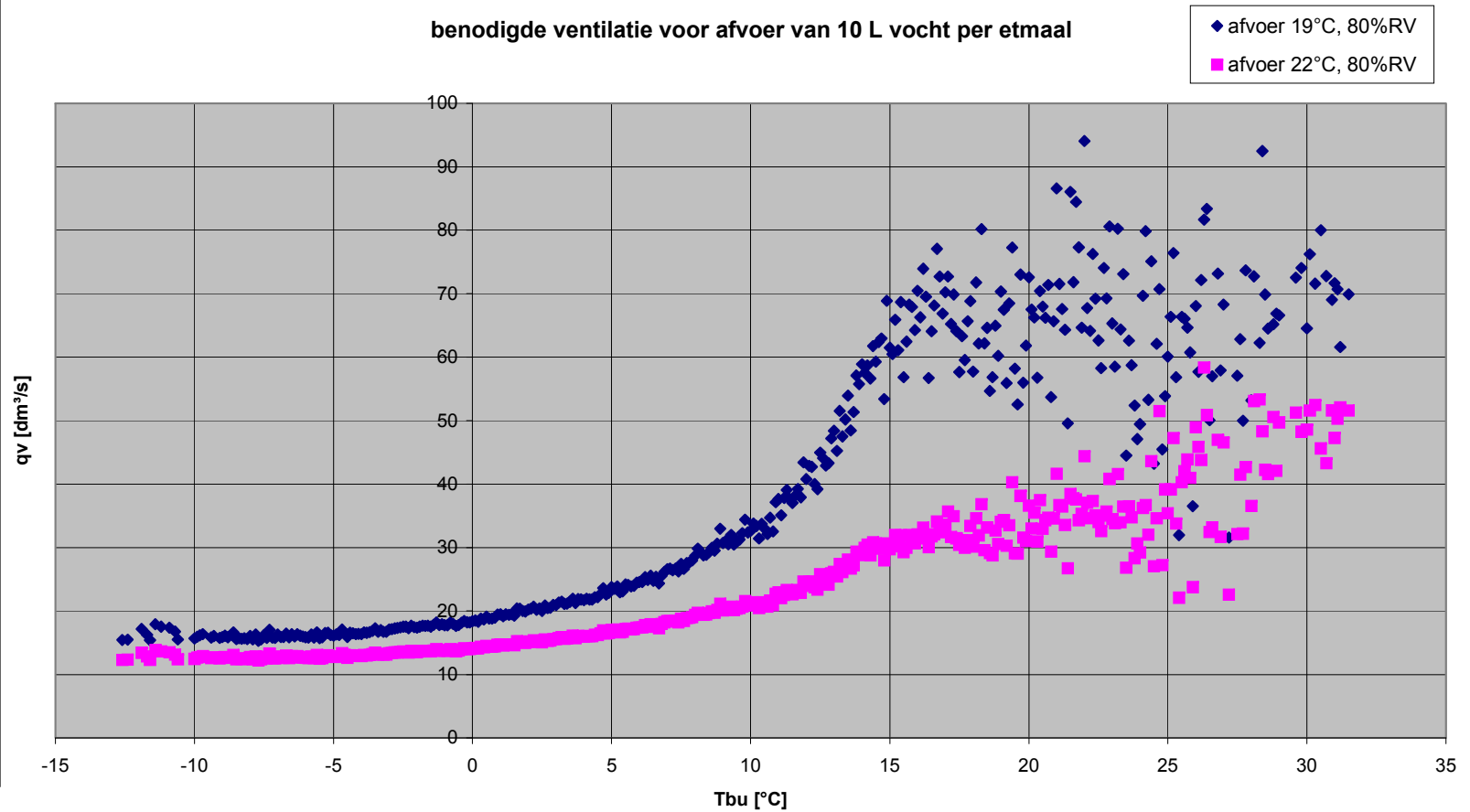
19 liter CO<sub>2</sub> per persoon per uur

Buitenconcentratie 390 – 500 ppm (parts per million)

Bij 7 dm<sup>3</sup>/(s pp) 800 ppm verhoging → 1200 ppm (BB eis)



# Ventilatie op basis van vocht



## RIGO juni 2009: vragenlijst onderzoek

Meest genoemde klachten:

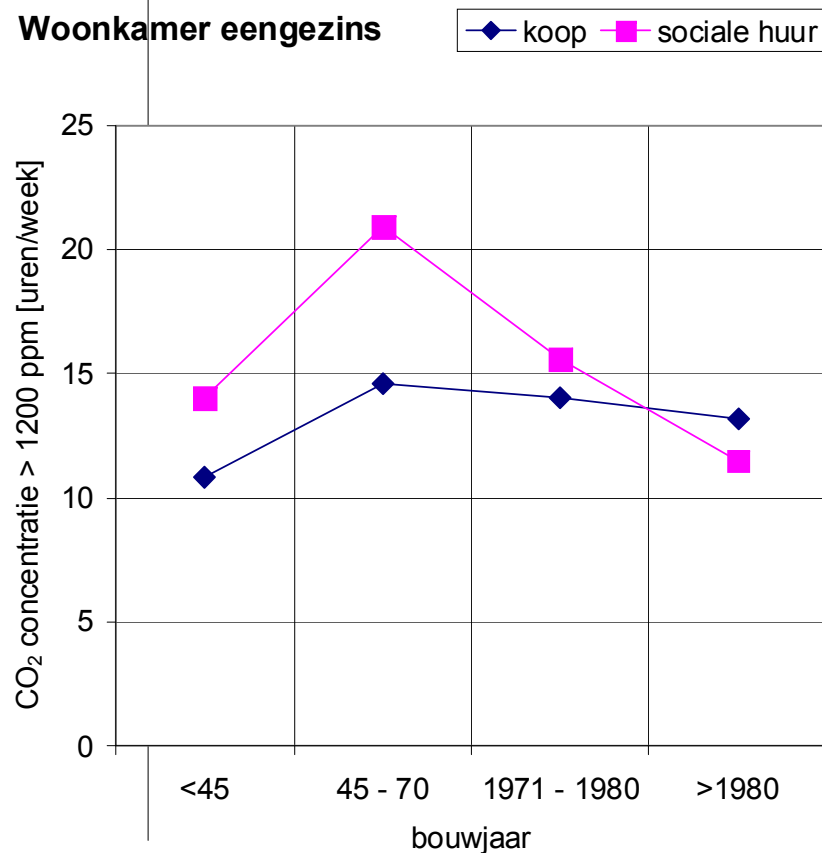
- › Geluid (balans 54%, systeem C 39%)
- › Het systeem doet het niet goed
- › De regelmogelijkheden zijn te beperkt
- › Bij 25% eengezins woningen geen mogelijkheden om met ramen te ventileren
- › Bij 50% van de meergezinswoningen geen te openen ramen in slaapkamer
- › Bij balansventilatie vaak te warm (19 vs 7 %)



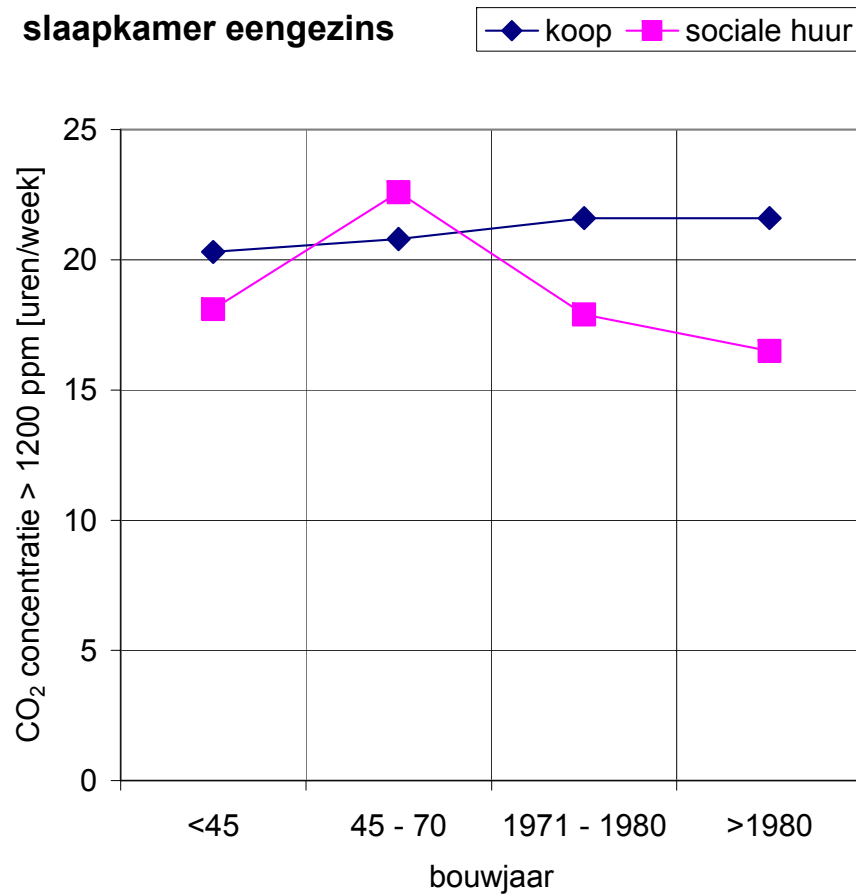


## Stelling: de luchtkwaliteit is sinds bouwjaar 1945 niet verbeterd

### Woonkamer eengezins



### slaapkamer eengezins

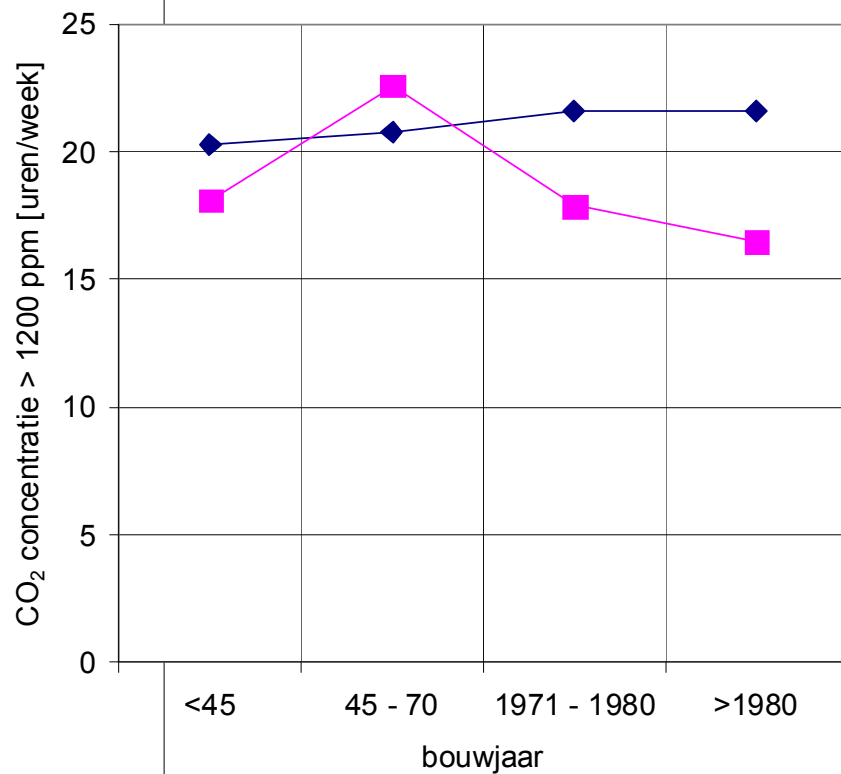


Bron: Actie 29, TNO, juli 2007: 1240 woningen

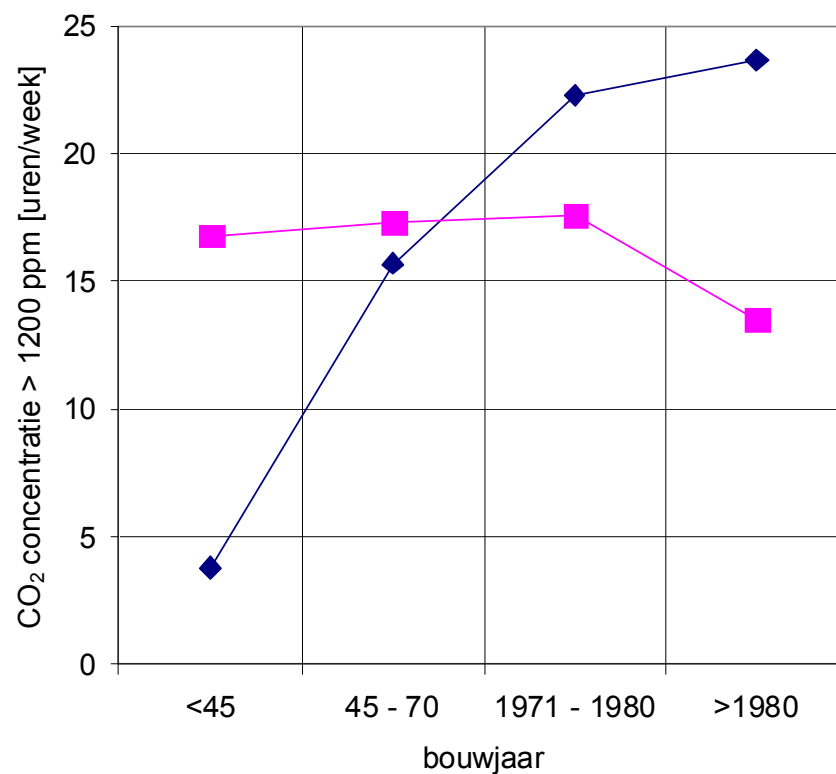


## Meergezinswoningen ... verslechterd?

Woonkamer meergezins



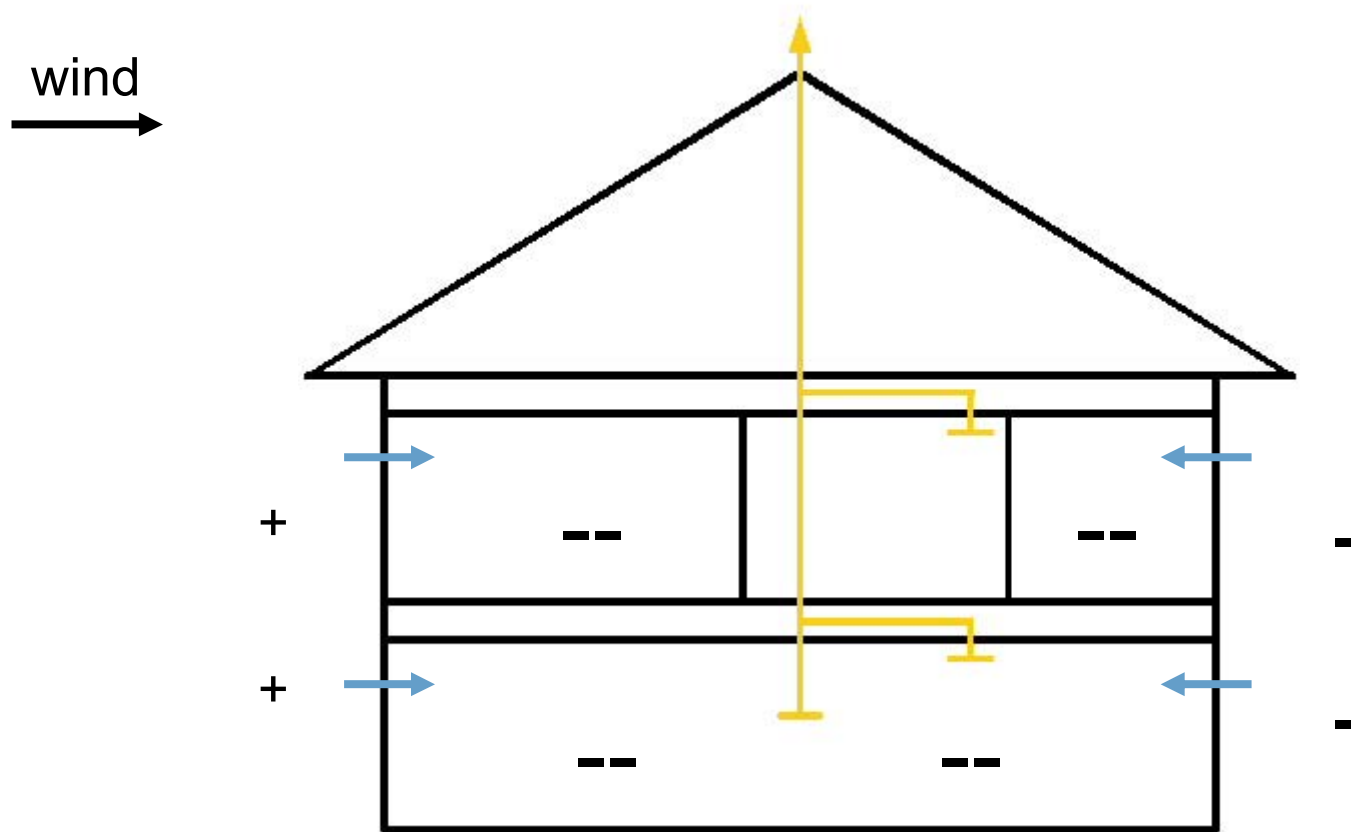
slaapkamer meergezins



Bron: Actie 29, TNO, juli 2007: 1240 woningen

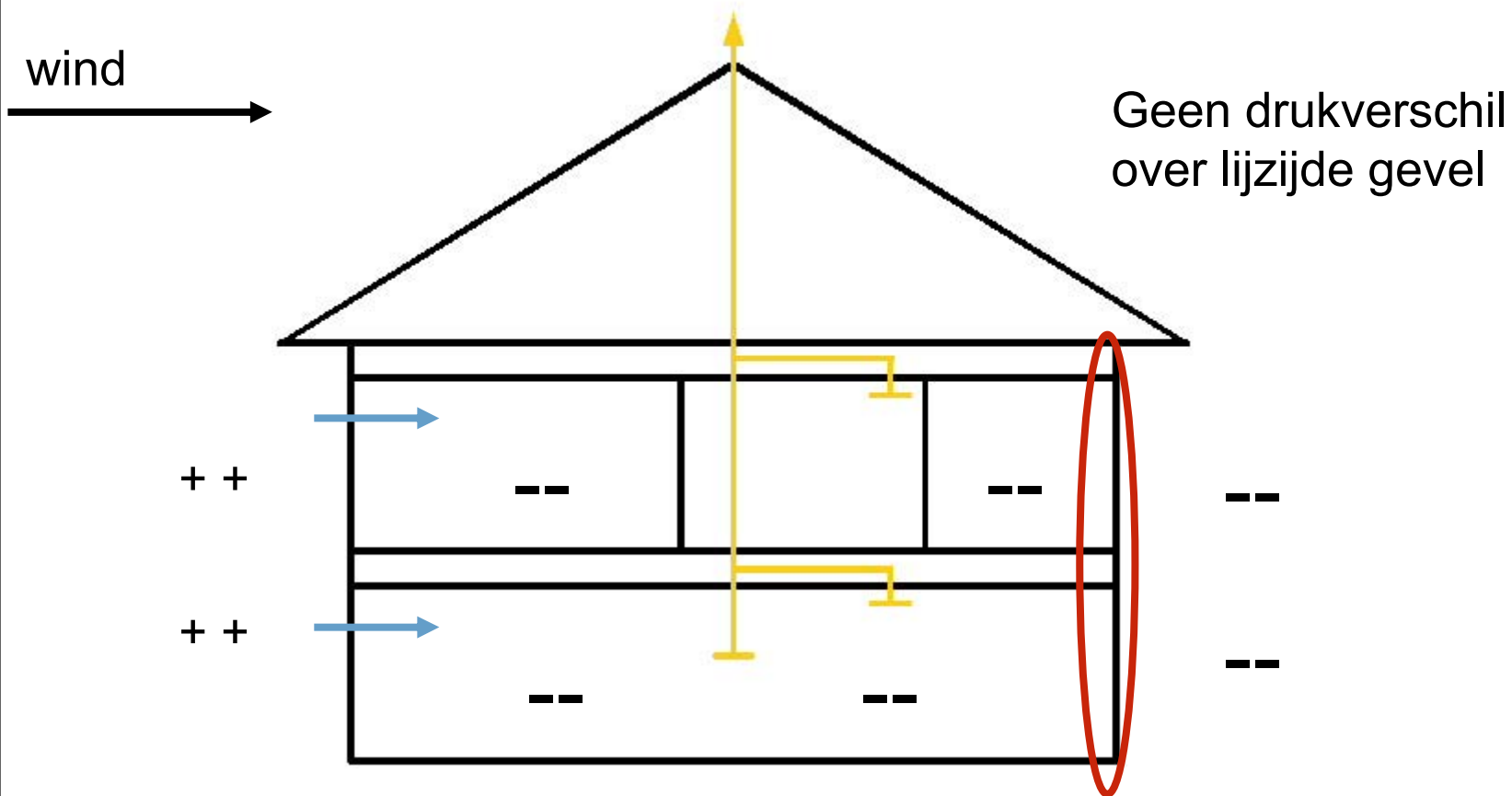


## Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer





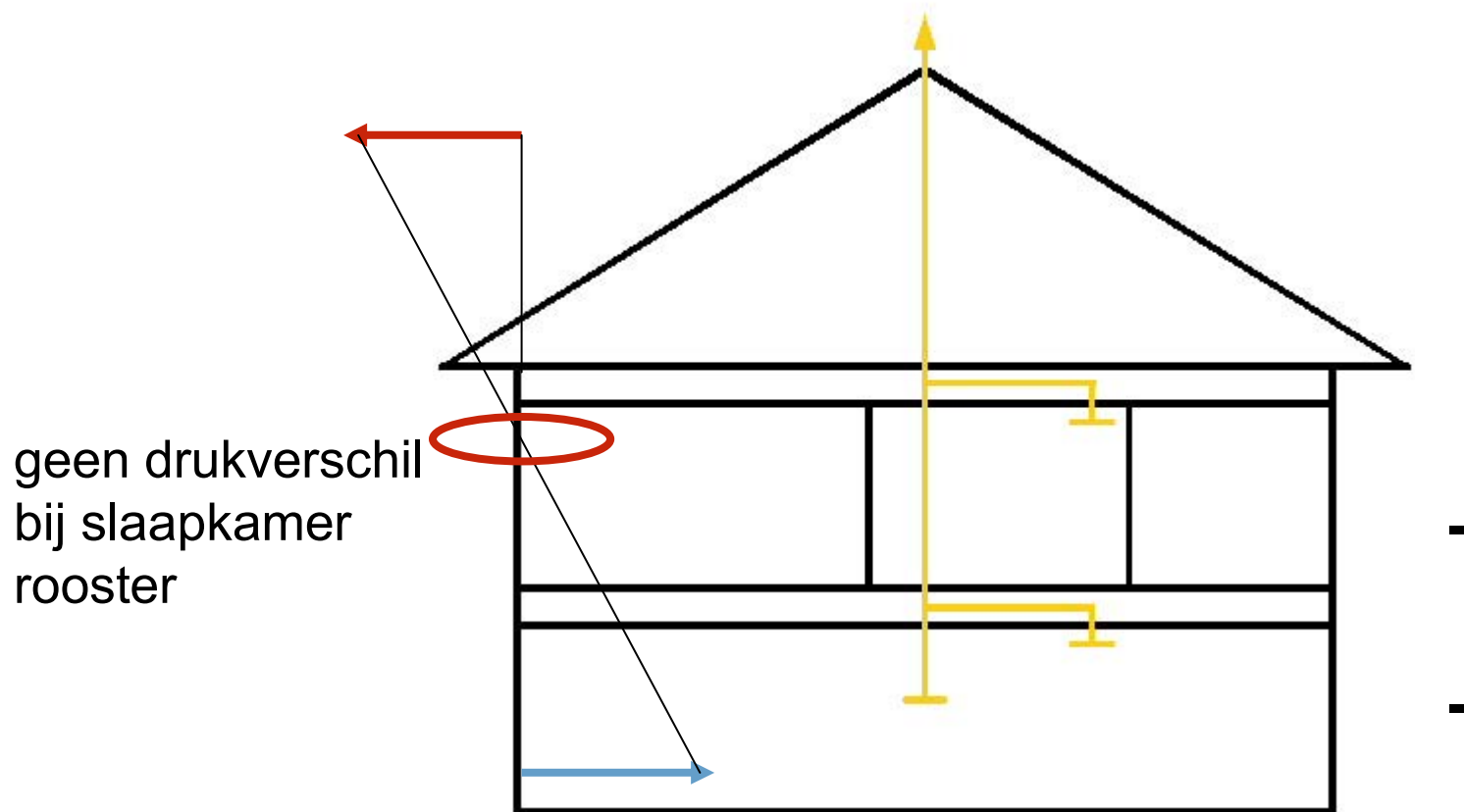
## Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer Loef - lijzijde problematiek



Oplossing: zelfregelende roosters en luchtdichte woning



## Natuurlijke toevoer, mechanische afvoer Effect van thermiek



## Installatiegeluid

Onderzoek in 300 nieuwbouwwoningen, bouwperiode  
juni 2006 – januari 2008 (*BBA, februari 2011*)

% > 30 dB(A)	Balansventilatie	Natuurlijke toevoer – mechanische afvoer
Woonkamer	72	54
Slaapkamer	86	21

Momenteel alleen geluidseisen ten aanzien van (installatie)geluid van het **aangrenzende perceel**: maximaal 30 dB(A).

Slechts een klein deel van de opdrachtgevers stelt aanvullende eisen ten aanzien van geluid in het Programma van Eisen



## Bouwbesluit 2003

gebruiksfunctie	leden van toepassing					
	artikel lid	aangrenzend perceel 3.7	zelfde perceel 3.8			verbouw 3.9
1 woonfunctie	*	1	2	3	*	*
a woonfunctie van een woonwagen	*	.	.	.	.	.
b andere woonfunctie	*	1	.	.	.	.
2 bijeenkomstfunctie	*	.	.	3	.	.
3 celfunctie	*	.	.	3	.	.
4 gezondheidszorgfunctie	*	.	.	3	.	.
5 industriefunctie	*	.	.	3	.	.
6 kantoorfunctie	*	.	.	3	.	.
7 logiesfunctie	*	.	.	3	.	.
a logiesfunctie niet gelegen in een logiesgebouw	*	.	.	3	.	.
b logiesfunctie gelegen in een logiesgebouw	*	.	2	3	.	.
8 onderwijsfunctie	*	.	.	3	.	.
9 sportfunctie	*	.	.	3	.	.
10 winkelfunctie	*	.	.	3	.	.
11 overige gebruiksfunctie	*	.	.	3	.	.
12 bouwwerk geen gebouw zijnde	.	.	.	.	.	.

# Bouwbesluit ?-?-2012

Tabel 3.7

gebruiksfunctie	leden van toepassing				grens- waarden	
	aangrenzend perceel	zelfde perceel		verbouw tijdelijke bouw		
artikel	3.8	3.9		3.10	3.11	3.9
lid	*	1	2	*	*	2
						[dB]
1 Woonfunctie	*	1	2	*	*	30
2 Bijeenkomstfunctie						
a voor kinderopvang	*	1	2	*	*	35
b andere bijeenkomstfunctie	*	1	-	*	*	-
3 Celfunctie	*	1	-	*	*	-
4 Gezondheidszorgfunctie	*	1	-	*	*	-
5 Industriefunctie	*	1	-	*	*	-
6 Kantoorfunctie	*	1	-	*	*	-
7 Logiesfunctie	*	1	-	*	*	-
8 Onderwijsfunctie	*	1	2	*	*	35
9 Sportfunctie	*	1	-	*	*	-
10 Winkelfunctie	*	1	-	*	*	-
11 Overige gebruiksfunctie	*	1	-	*	*	-
12 Bouwwerk geen gebouw zijnde	*	1	-	-	-	-

Bouwbesluit 2012, concept tekst, 27 april 2011

61

Artikel 3.9, lid 2: Een mechanische voorziening voor luchtverversing, warmteopwekking of warmteterugwinning veroorzaakt in een verblijfsgebied van de gebruiksfunctie een volgens NEN 5077 bepaald karakteristiek installatie-geluidsniveau van ten hoogste de in tabel 3.7 aangegeven waarde.

## Strategieën voor geluidarme ventilatiesystemen

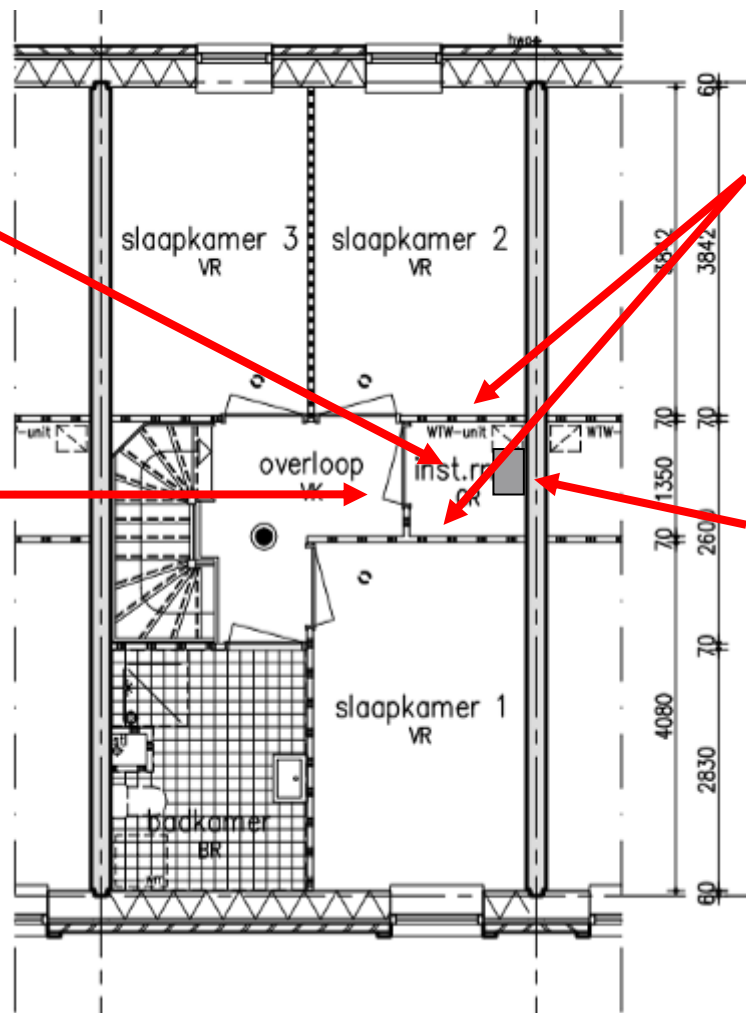
- › **Twee** deuren tussen ventilator en verblijfsruimten
- › Kanaaldiameter zo groot mogelijk (max. 5 → 2,5 m/s) of pas per vertrek een separaat kanaal toe
- › Overleg met de installateur over het ventilatiesysteem om bochten in het kanaalsysteem zoveel mogelijk te voorkomen:
  - › Voldoende ruimte voor geluiddempers reserveren
  - › Positie toe- en afvoer dakkappen afstemmen op ventilatie-unit
- › Vraaggestuurde gezoneerde ventilatiesystemen maken minder geluid. NB: dit geldt bij het gebruik, niet bij de afnametest



## Ontwerp technische ruimten

voldoende ruimte opnemen  
voor eventuele additionele  
maatregelen

geluidsisolerende deur  
(bijv. massief hout)  
met bijbehorende  
kierdichting  
(wel kier nodig als  
afvoer in ruimte)



zwaardere wanden tussen  
technische ruimten en  
verblijfsruimten  
(bijv.  $\geq 100 \text{ kg/m}^2$ )

ventilator of verwarming op  
zware wand (bijv.  $\geq 200 \text{ kg/m}^2$ \*),  
eventueel trillingsisolerend  
bevestigd (noodzakelijk op  
lichtere wand)

\* In dit geval zwaarder omdat  
woningscheidende wand

## Effect van diameter ...

- › Drukval  $\Delta P \sim 1 / \text{diameter}^4$
- › Halvering van de diameter  $\rightarrow$  drukval zestien maal groter
- › 16% grotere diameter  $\rightarrow$  halvering drukval
- › Halvering van het aantal bochten  $\rightarrow$  halvering drukval

## Hybride ventilatie



180 mm diameter,  $\Delta P$  ca. 10 Pa

## Positie dakkap ten opzichte van unit

- › 4 bochten komen overeen met ca. 28 m leiding



*Foto: BBA, februari 2011*

→ Toe- en afvoer op dakvlak afstemmen op positie ventilatie-unit

## System C

- › 4 onnodige bochten
- › Afzuigkanaal wisselen met Standleiding riolering?



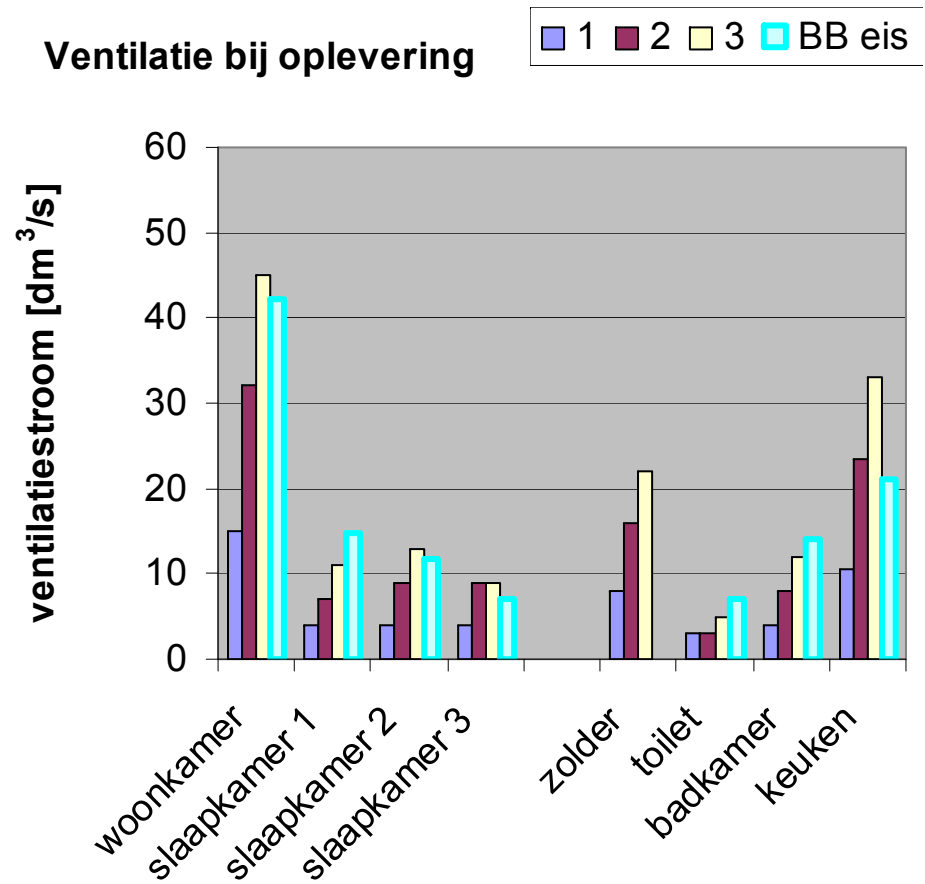


## Case - effecten slecht ontwerp en uitvoering

- › Eengezinswoning, 145 m<sup>2</sup>
- › Bouwjaar 2007



Ventilatie bij oplevering



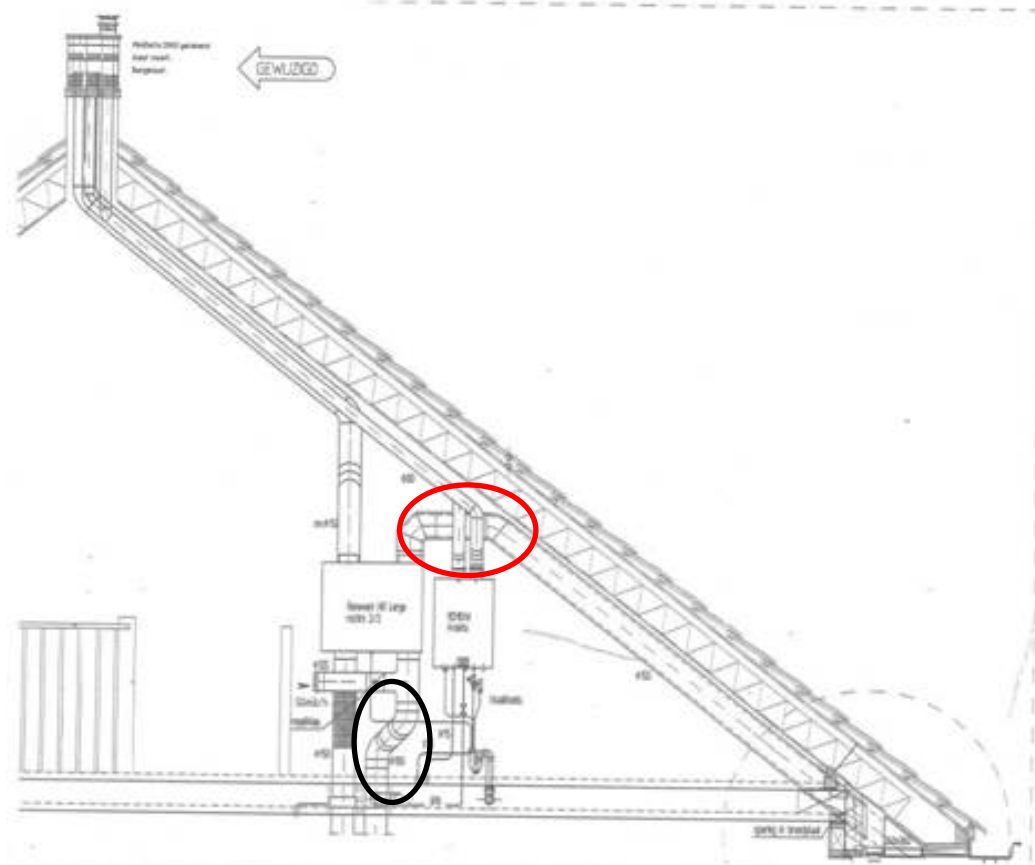
## Case - drukval en energiegebruik

Ventilatie stand [m <sup>3</sup> /uur]	Drukval [Pa]	Energie gebruik [W]	Energie per jaar [kWh]	Energiekosten [euro]
100	55	28	245	49
200	160	92	806	161
300	340	230	2015	401

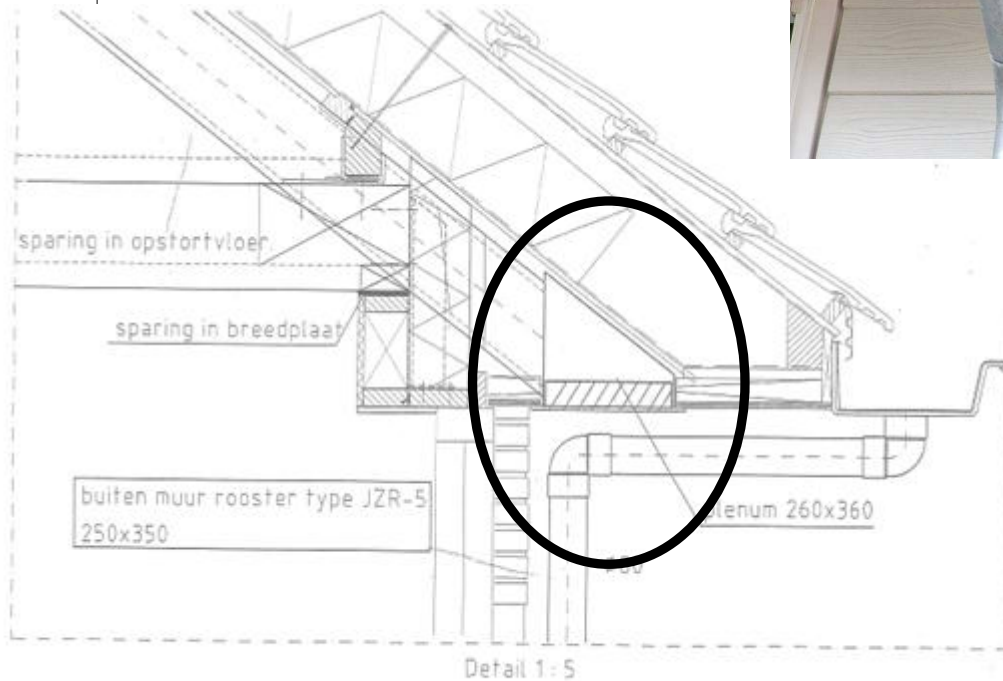
In stand 3 wordt bijna aan capaciteitseisen voldaan ten koste van:

- Zeer hoge energiekosten
- 40 - 47 dB(A) in verblijfsruimten en 54 dB(A) op zolder
- Lagere drukval gewenst → ca. 100 Pa besparen

## Case – ontwerp versus realisatie

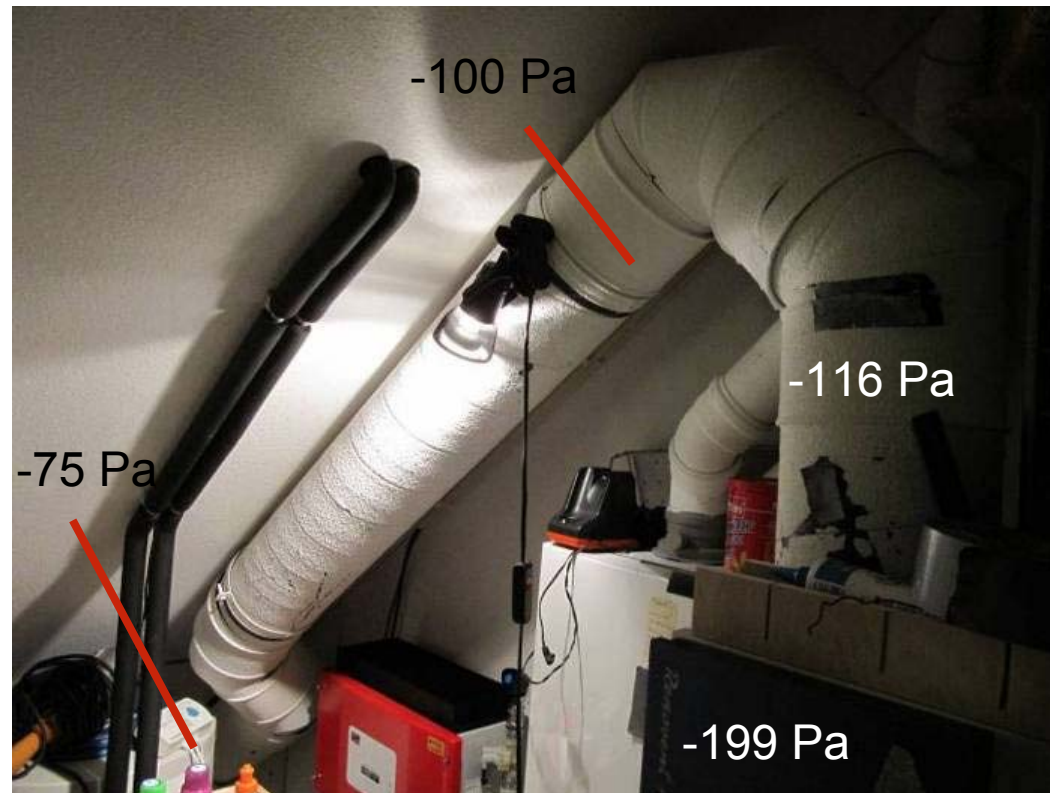


## Case – luchtaanzuig onder overstek



70 Pa drukval over alleen het rooster

## Case - drukval over aanzuigkanaal (d = 140 mm)



## Case – installatieruimte / geluiddempers

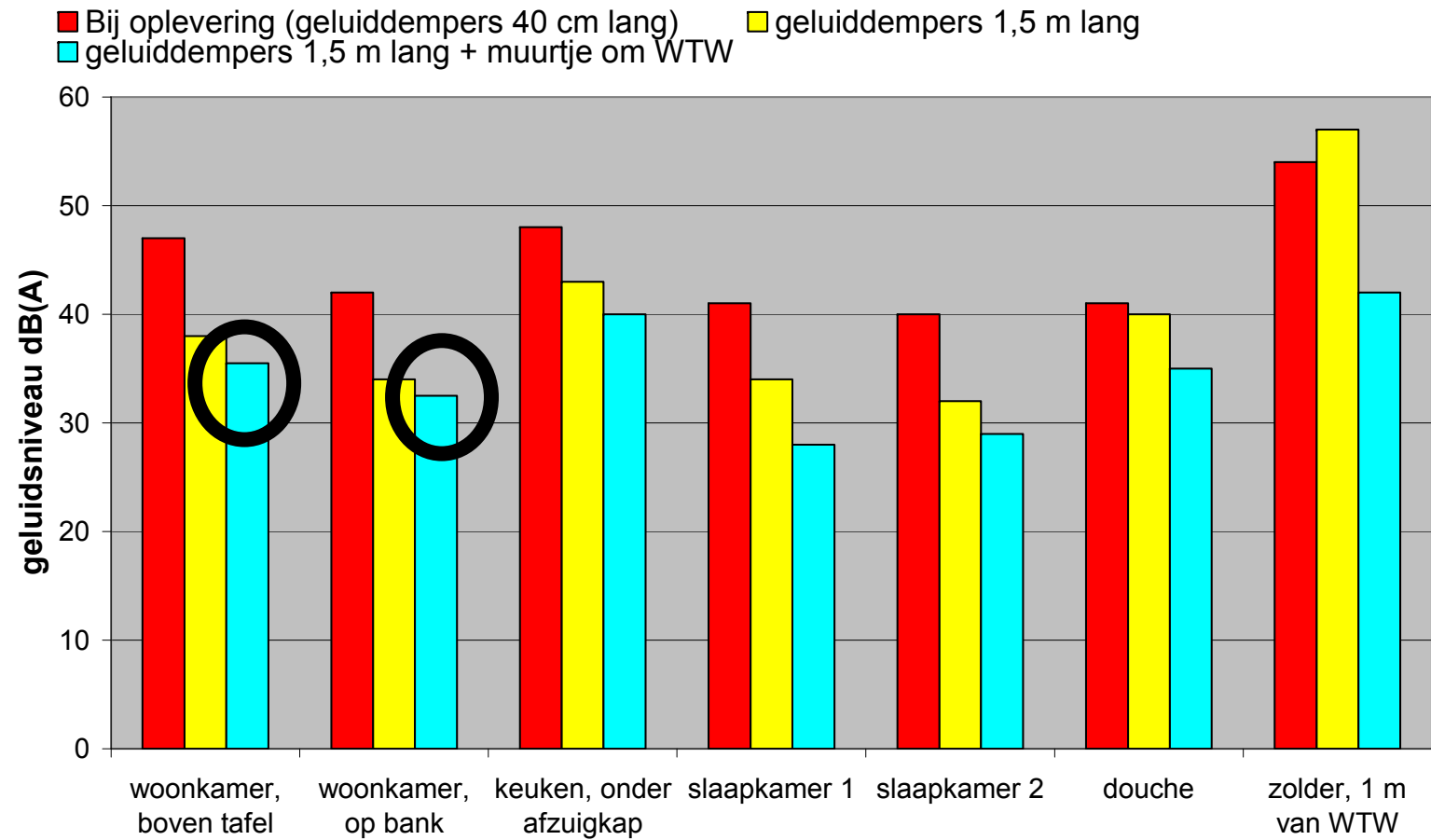
bij oplevering



na aanpassingen

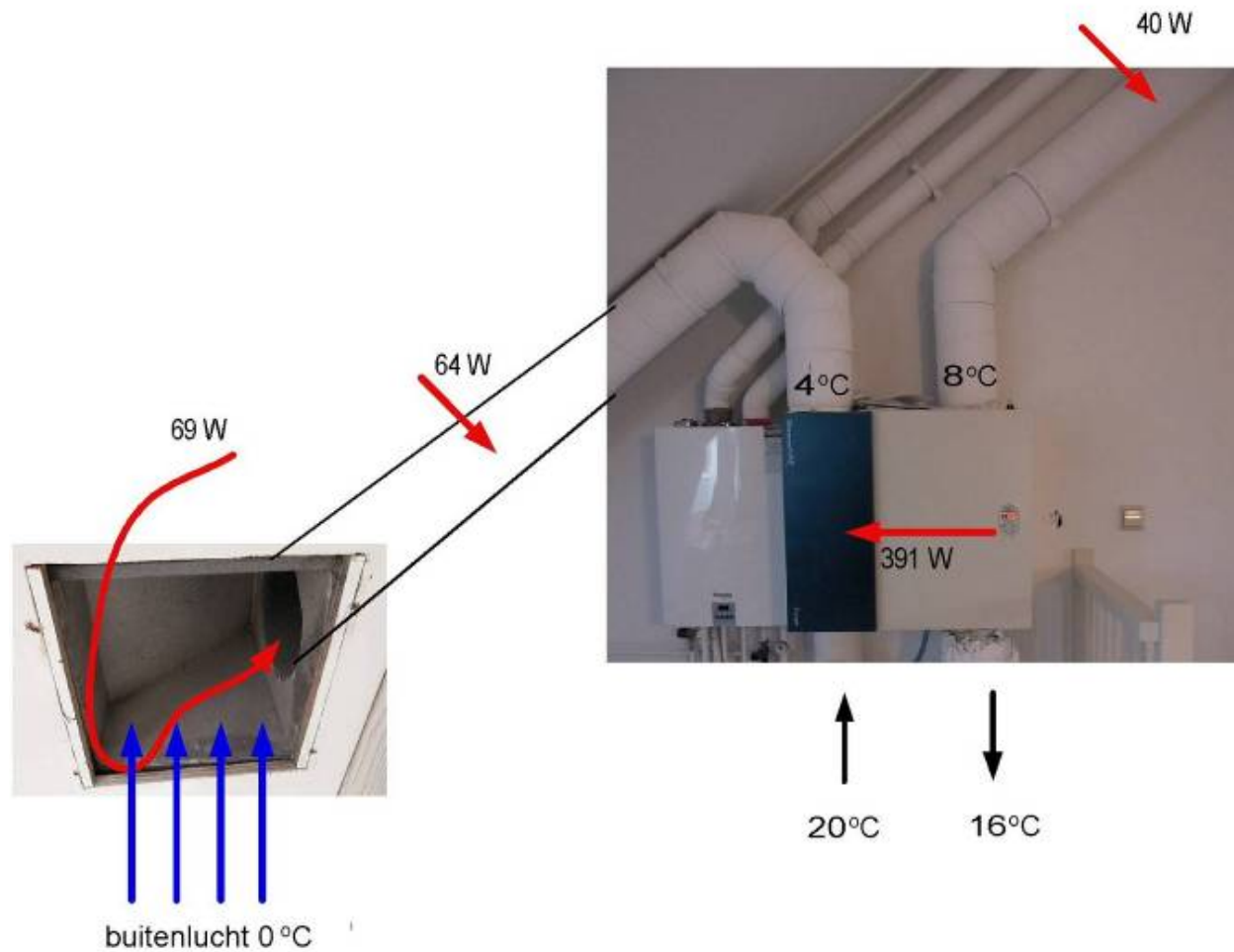


## Case - effect van geluiddemper en omkasting





## Praktijkcase energetisch rendement WTW bij slecht ontwerp/uitvoering



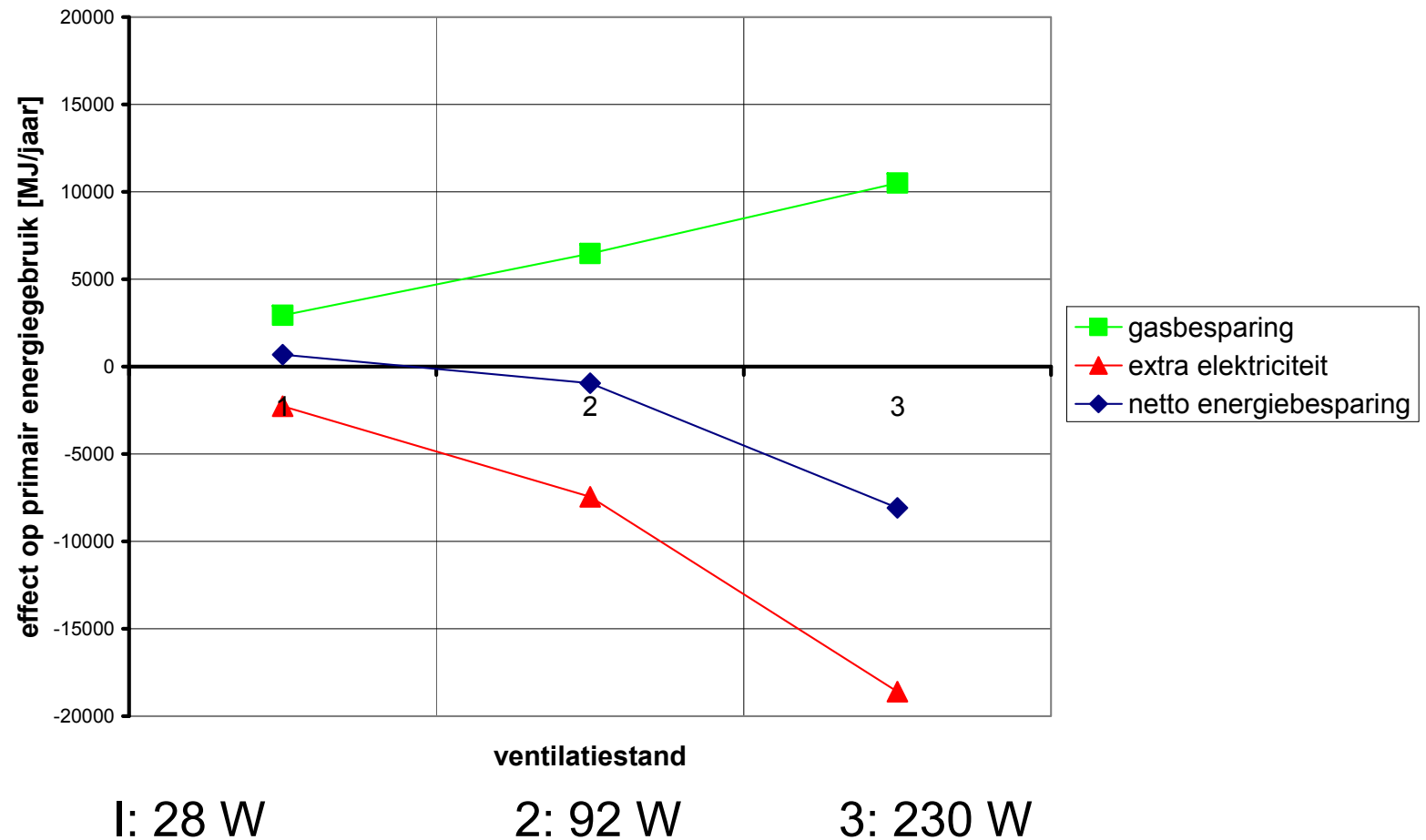


## Systemrendement winterdag bij slecht ontwerp/uitvoering

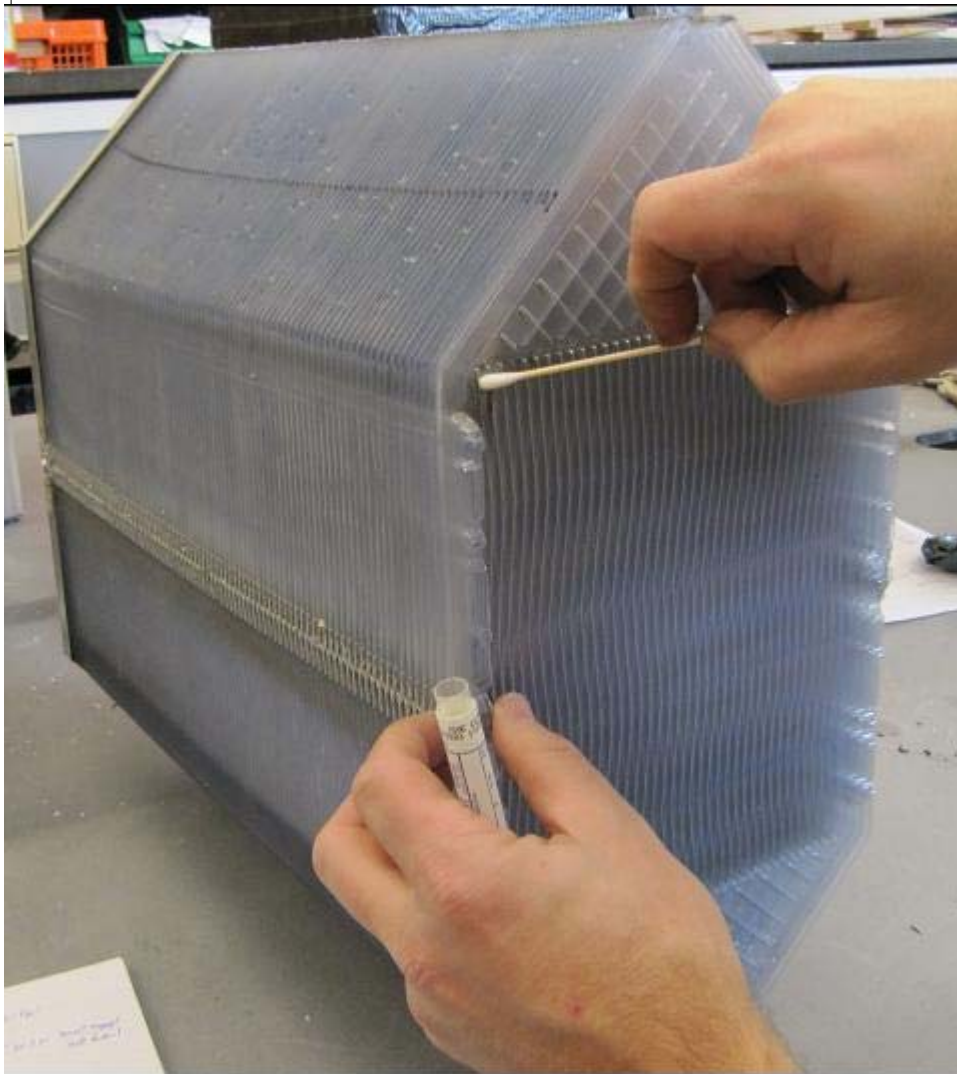
Stap	Omschrijving	Energieverlies [W]	Netto WTW [W]	Rendement [%]
0	Totaal ventilatie + infiltratie	-	1368	100
1	Effect van infiltratie	696	<b>672</b>	49
2	Rendementsverlies door recirculatie	69	603	44
3	Warmteverlies door opwarmen toevoerleiding	64	539	39
4	$\eta_{\text{WTW}}$ bij labmeting: 95%	27	512	37
5	$\eta_{\text{WTW}}$ in praktijk: 80%	81	431	32
6	Warmteverlies door opwarmen afvoerleiding	40	<b>391</b>	29
7	Primair energiegebruik	80	311	23

## Energetisch effect op jaarbasis bij slecht ontwerp/uitvoering

EPC 0,72 met gemiddelde binnentemperatuur 20 °C



## Microbiologische verontreiniging?



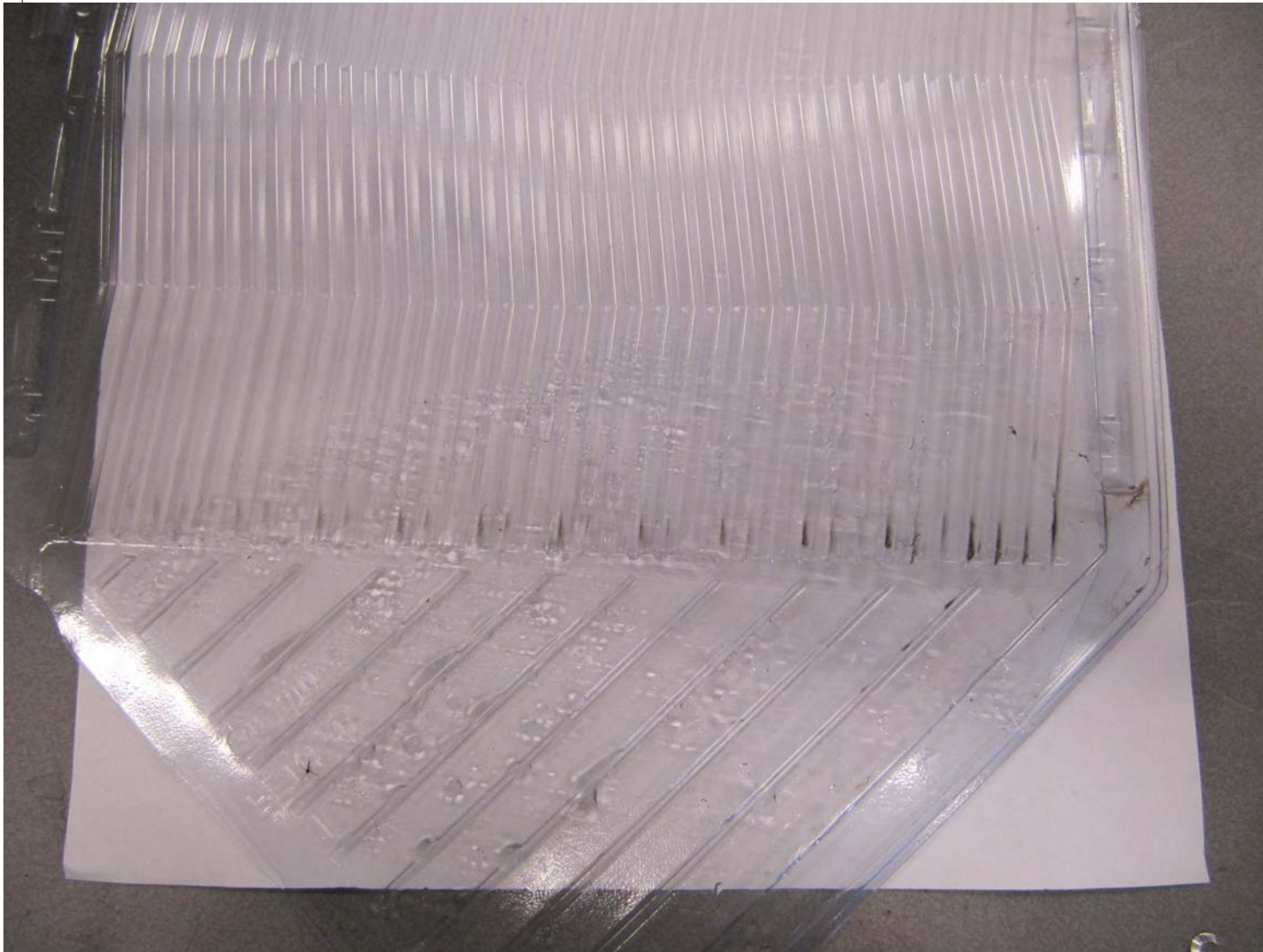
VV+, april 2011

- › Warmte-wisselaar 3 jaar in gebruik
- › filters 1 jaar

## Bovenzijde toevoerplaat



## Onderzijde toevoer (achterzijde condens)



## Resultaten microbiologisch onderzoek

Monsternr.	Toe of afvoer lucht	Plaats plaat in warmte wisselaar	Plaats plaat	Aeroob kiemgetal (kve <sup>1</sup> /swab)	Schimmels (kve/swab)	Gisten (kve/swab)
1	Buitenlucht filter			3,9x10 <sup>2</sup>	2,8x10 <sup>2</sup>	<10
2	Buitenlucht filter			1,3x10 <sup>2</sup>	1,9x10 <sup>2</sup>	<10
3	Binnenlucht filter			2,4x10 <sup>2</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	<10
4	Binnenlucht filter			6,3x10 <sup>2</sup>	3,1x10 <sup>3</sup>	<10
5	Afvoer	1 <sup>ste</sup>	Boven	Ca. 30	Ca. 30	<10
6	Afvoer	2 <sup>de</sup>	Onder	Ca.10	<10	<10
7	Toevoer	3 <sup>de</sup>	Onder	Ca. 80	Ca. 20	<10
8	Toevoer	6 <sup>de</sup>	Onder	1,0x10 <sup>2</sup>	Ca. 10	<10
9	Toevoer	6 <sup>de</sup>	Boven	Ca. 60	Ca. 10	<10
10	Afvoer	halverwege	Boven	1,0x10 <sup>2</sup>	Ca. 30	<10
11	Afvoer	halverwege	Onder	Ca. 50	<10	<10
12	Toevoer	halverwege	Onder	Ca. 50	<10	<10
13	Toevoer	halverwege	Boven	Ca. 70	Ca. 20	<10
14	Afvoer	Bijna laatste	Boven	Ca. 60	<10	<10
15	Toevoer	Bijna laatste	Boven	Ca. 80	Ca. 10	<10

## Conclusie microbiologisch onderzoek n=1

- › Indien de zichtbare verontreinigingen uit schimmels zouden bestaan dan zouden  $10^5 - 10^6$  kolonie vormende eenheden (KVE) aanwezig zijn
- › Op basis hiervan kan worden gesteld dat er niet of nauwelijks schimmels aanwezig waren. Ook de bacteriën en gisten zitten erg laag. Zelfs op de filters zijn weinig bacteriën aangetroffen

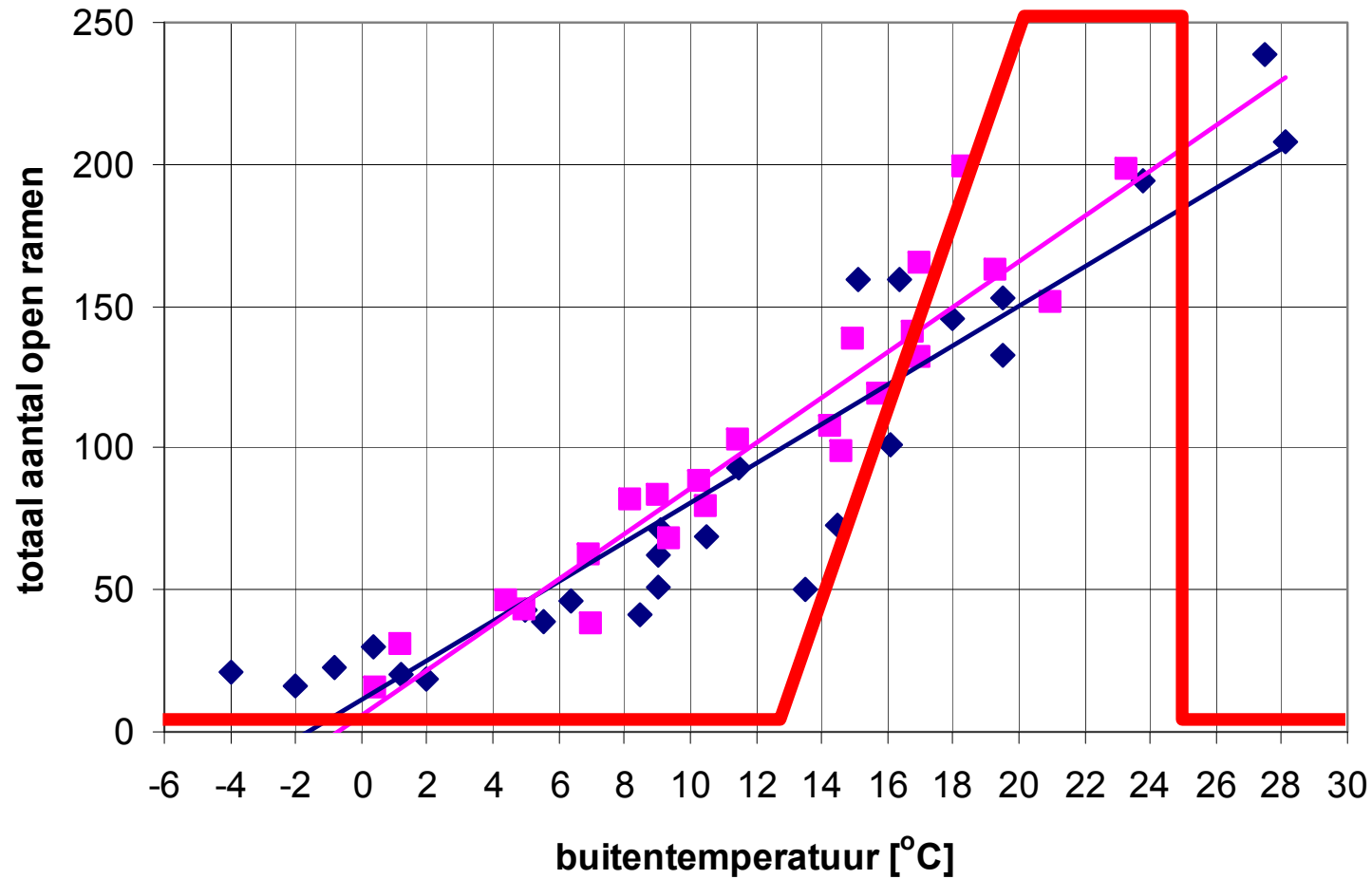
## ECN/RIGO onderzoek, april 2010

- › Evaluatie EPC aanscherping woningen
- › EPC 1,0 (375 woningen) → 0,8 (344): besparing tussen 1 en 15%
- › “Gevreesd wordt dat gebruikersgedrag de energiebesparing van de maatregelen in de praktijk teniet zullen doen, bijvoorbeeld wanneer de bewoner altijd ramen open laat staan in een woning met balansventilatie.”



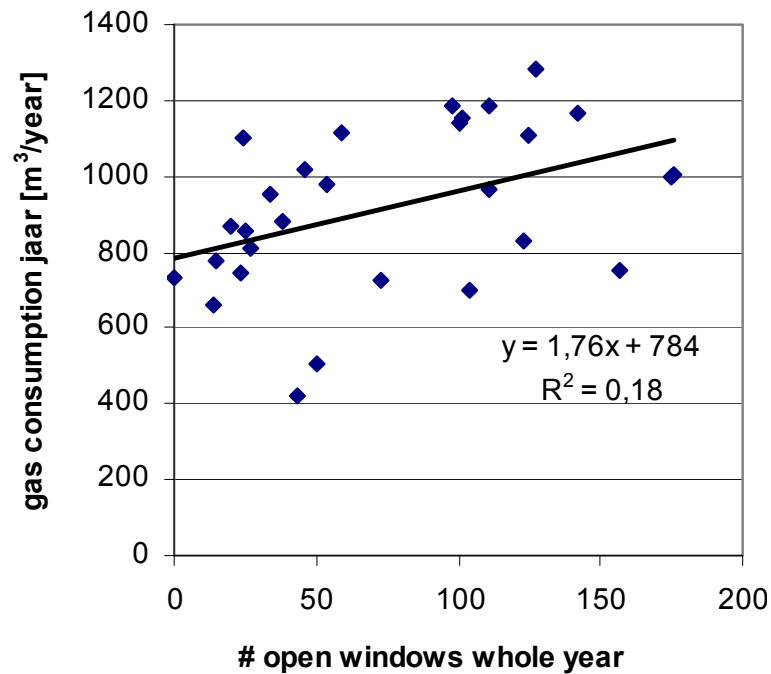
## Bewoners ventileren op basis van temperatuursensatie

Molensingel 1 - 64

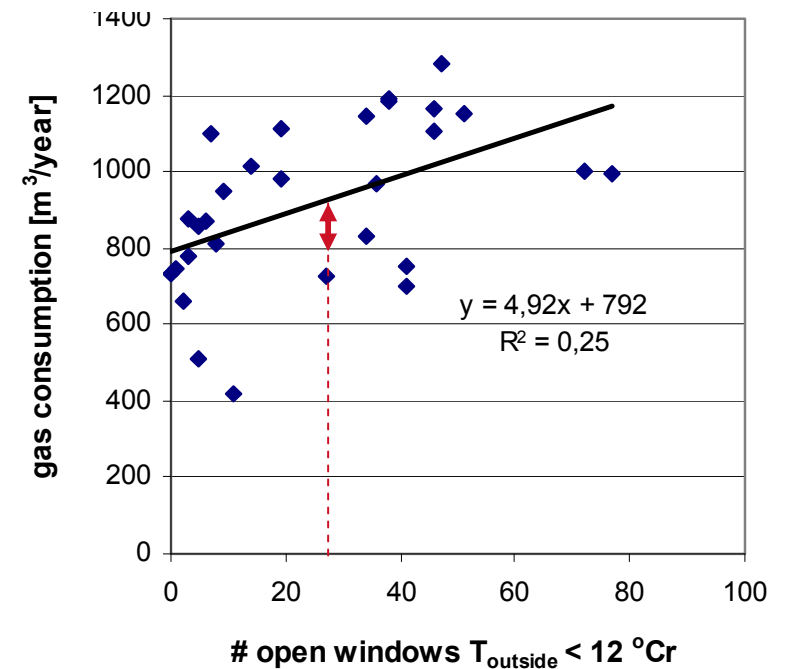


Energetisch  
optimaal

## Gas consumptie tussenwoning (ca. 140 m<sup>2</sup>)



49 surveys



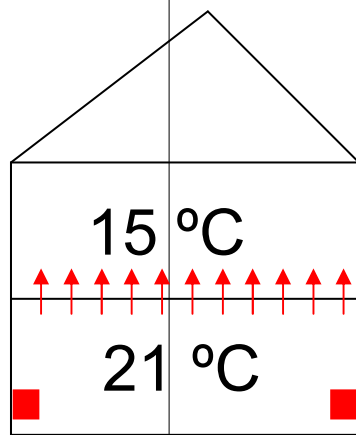
27 surveys

1 raam altijd open: 100 m<sup>3</sup> extra gas/jaar

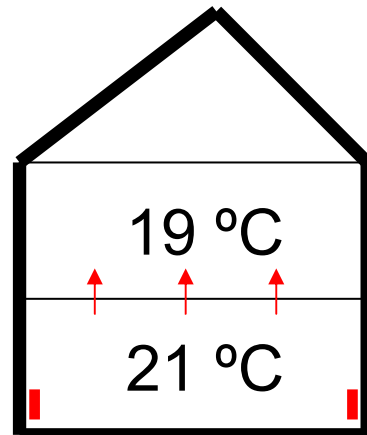
simulaties: 55 – 90 m<sup>3</sup> extra gas/jaar

## Temperatuurzonering

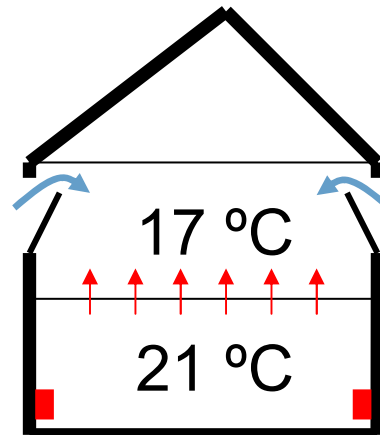
- › In de slaapkamer is de gewenste temperatuur enkele graden lager dan in de woonkamer. Door de toegenomen isolatiegraad van woningen wordt de temperatuur in woningen steeds homogener.



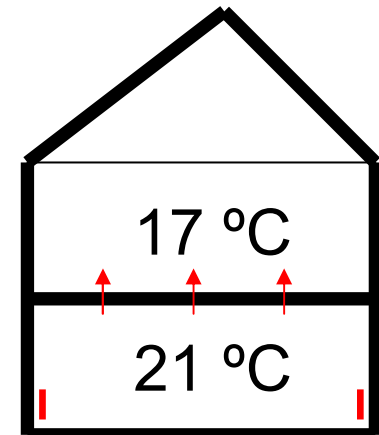
“vroeger”



EPC = 0,8



EPC = ?



gezoneerd

**Besparingspotentie zonering: m<sup>3</sup> gas/jaar**

	Zonder isolatie van tussenvloer	Met isolatie van tussenvloer
ongeïsoleerd	1.886	1.091
na-isolatie (EPC=1,2)	1.109	622
anno 2010 (EPC=0,8)	582	298

Aanname: ramen dicht & spui ventilatie BG

## Ventilatie onderzoek & ontwikkeling komende jaren

- › Ventilatie sturing op CO<sub>2</sub> en vocht
- › Geluidarme systemen
- › Fijnstof filtratie
- › Integratie van verwarming en ventilat
- › Ventilatie en zomerkoeling
- › ...



## Dank u voor uw aandacht

› Vragen?

› Meer informatie:

› [piet.jacobs@tno.nl](mailto:piet.jacobs@tno.nl)

› [www.ventilatieforum.nl](http://www.ventilatieforum.nl)

Met o.a. info over Ventilatie Prestatie Keur (VPK)

