

Luchtdicht bouwen

De theorie en het waarom

drs. ing. H.M. (Harry) Nieman
Directeur

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.



Theorie luchtdicht bouwen

2

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Verdeling winddruk

Diagram illustrating the distribution of wind pressure on a house. Wind is blowing from the left (loefzijde). The windward wall has high positive pressure (+++). The roof has positive pressure on the windward slope (++) and negative pressure on the leeward slope (-). The leeward wall has negative pressure (-).

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

3

Berekening van de winddruk

$$p_w = C_p * (0,5 * \rho * v^2)$$

waarin:

- P_w = winddruk (Pascal)
- C_p = winddrukcoëfficiënt
- ρ = luchtdichtheid (kg/m³)
- v = windsnelheid (m/s)

Vb: $P_w = 0,2 \times 0,5 \times 1,2 \times (5 \text{ m/s})^2 = 3,0 \text{ Pascal}$

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

4

Drukverdeling door temperatuur

ΔH

$\Delta T = t_{\text{buiten}} - t_{\text{binnen}}$

$\Delta p_{\text{thermiek}}$

t_{buiten}

t_{binnen}

5

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Berekening drukverdeling temperatuur

$$\Delta p_{\text{therm}} = (\Delta \rho * \Delta T * \Delta H * g) * 0,5$$

waarin:

- P_{therm} = thermische druk (Pa)
- $\Delta \rho$ = dichtheid lucht (kg/m^3)
- ΔT = temperatuur (K)
- ΔH = hoogte (m)
- g = gravitatiesnelheid ($9,81 \text{ m}/\text{s}^2$)

Vb: $\Delta P_{\text{therm}} = (0,004 \times 10 \times 8 \times 10) \times 0,5 = 1,6 \text{ Pascal}$

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Drukverschil wind en thermiek

loefzijde

lijzijde

+

++

+++

-

--

7

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Ventilatiesysteem C

wind

loefzijde

lijzijde

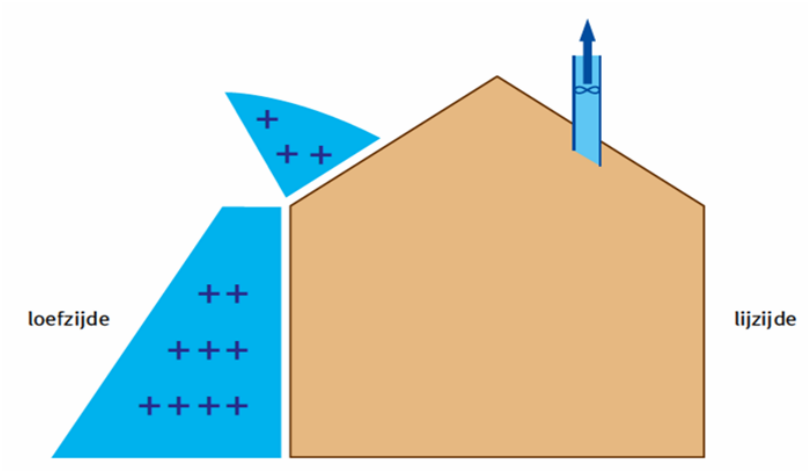
Bij ventilatiesysteem C veroorzaakt de winddruk ook dwarsventilatie

8

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Drukverschil ventilatiesysteem C

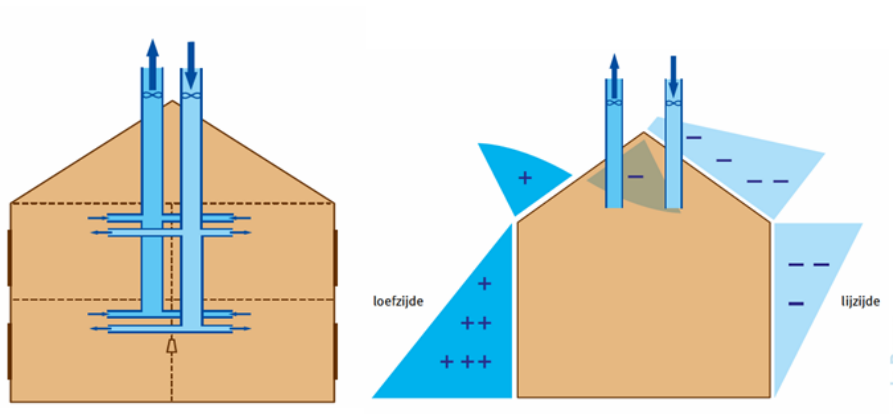


9

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Ventilatiesysteem D



10

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.



Theorie

Het effectieve drukverschil ten behoeve van de berekening van het energiegebruik is voor:

System C

- 2,1 Pa over de gehele schil.

System D

- 4,2 Pa over de gehele schil.

Bron: TNO

11

In 't Hart van de Bouw



Waarom luchtdicht bouwen?

12

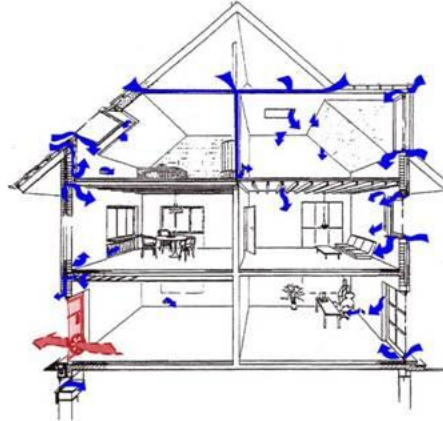
In 't Hart van de Bouw

Waarom luchtdicht bouwen?



Energieverlies per jaar (is berekend met formule uit NEN 7120)

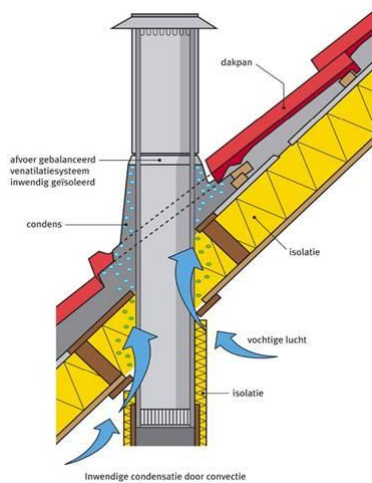
- 0,3 m³/s infiltratie ⇒ 312 m³ aardgas/jaar
- 0,2 m³/s infiltratie ⇒ 208 m³ aardgas/jaar
- 0,1 m³/s infiltratie ⇒ 104 m³ aardgas/jaar



13

NIEMAN GROEP B.V.

Waarom luchtdicht bouwen? - *vochtproblemen voorkomen*



14

NIEMAN GROEP B.V.

Waarom luchtdicht bouwen? - *waterdichtheid*

1 luchtdichting binnenzijde
2 ontspanningsruimte naar buitenzijde (≥ 8 mm)
3 winddruk

verticaal horizontaal

binnen binnen
buiten buiten

15 In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Waarom luchtdicht bouwen?

- Comfort / tocht / gezondheid
- Akoestiek / brandveiligheid
- Relatie luchtdichtheid – ventilatie

Hoge luchtdichtheid alleen in combinatie met een goed ventilatiesysteem

16 In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Eisen luchtdichtheid



- Bouwbesluit 2012
 - artikel 5.4 ($q_{v,10} \leq 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$), meting volgens NEN 2686
 - artikel 3.21 - lid 4 ($q_{v,1} \leq 20 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s per m}^2$), meting volgens NEN 2690
 - artikel 5.2 (energieprestatiecoëfficiënt), bepaling volgens NEN 7120
- NEN 2687 Luchtdoorlatendheid woningen - Eisen
- NEN 3661 Gevelvullingen - Luchtdoorlatendheid, waterdichtheid, stijfheid en sterkte - Eisen
- Rijksgebouwendienst (Rgd)
- Overige private eisen (BRL's, attestaten, e.d.)

17

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Luchtdoorlatendheid - EPC



- ▣ Invoer infiltratie NEN 7120
 - ▣ Forfaitaire waarde afhankelijk van:
 - ▣ woningtype
 - ▣ positie in woongebouw
 - ▣ constructietype: steen/beton, hsb of onbekend
 - ▣ Invoermogelijkheid eigen waarde (aantoonbare kwaliteit)
(bijv. bouwsysteem + opleveringsmeting)

	kop-, eind- of hoekwoning, kap
	vrijstaande woning, kap
	vrijstaande woning, half plat dak
	tussenwoning, plat
	kop-, eind- of hoekwoning, plat
	vrijstaande woning, plat
	appartement, onderste of tussenlaag

18

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Luchtvolumestroom / infiltratie



Bepaling van de luchtvolumestroom door infiltratie

$$q_{ve;inf} = f_{wind} \times f_{inf} \times q_{v10;spec} \times A_g \quad (\text{formule 8 uit NEN 8088-1})$$

waarin:

$q_{ve;inf}$

f_{wind}

f_{inf}

$q_{v10;spec}$

A_g

is de toevoerluchtvolumestroom door infiltratie, in dm^3/s ;

is de van de gebouwhoogte afhankelijke correctiefactor voor door winddruk geïnduceerde infiltratie. Deze varieert tussen 1,00 en 1,75 en is afhankelijk van de hoogte van de woon- of gebruikslaag in het gebouw. Hoe hoger de gebruikslaag, hoe hoger de waarde en dus hoe groter de luchtvolumestroom door infiltratie;

is de correctiefactor voor door de ventilatievoorziening geïnduceerde infiltratie. Deze varieert tussen 0,080 en 0,115 en is afhankelijk van het ventilatiesysteem (A, B, C, D, X volgens NEN 8088-1);

is de specifieke toevoerluchtvolumestroom ten gevolge van infiltratie, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$;

is de gebruiksovervlakte, in m^2 .

Is geen meetwaarde beschikbaar dan wordt $q_{v10;spec}$ als volgt bepaald

$$q_{v10;spec} = f_{type} \times f_{jaar} \times q_{v10;spec;reken} \quad (\text{formule 9 uit NEN 8088-1})$$

waarin:

$q_{v10;spec}$

f_{type}

f_{jaar}

$q_{v10;spec;reken}$

is de specifieke luchtvolumestroom ten gevolge van infiltratie, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$;

is de van het gebouwtype afhankelijke correctiefactor voor infiltratie. Deze varieert tussen 1,0 en 2,0 voor woningen en is afhankelijk van het gebouwtype (tussenwoning, eindwoning, flat, etc.). Voor de utiliteitsbouw varieert deze waarde tussen 2,2 en 4,6 en is afhankelijk van de gebouwvormklasse die wordt bepaald door de verhouding tussen de windaangeblazen gebouwoppervlakte, A_{wind} en het gebouwvolume V_{geb} ;

is de bouwjaarcorrectiefactor voor infiltratie. Deze varieert tussen 0,4 en 4,0 en is afhankelijk van het bouwjaar. Hoe ouder het gebouw hoe groter de luchtvolumestroom door infiltratie. Er wordt daarnaast onderscheid gemaakt in grondgebonden woningen, woon- en utiliteitsgebouwen;

is de rekenwaarde voor de specifieke luchtvolumestroom ten gevolge van infiltratie, in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2)$. Deze is afhankelijk van de bouwmethode. Voor woningen wordt onderscheid gemaakt in beton, houtskelet en methode 'onbekend' en voor de utiliteitsbouw wordt onderscheid gemaakt in een standaard gevel, een voorzet-/klimaatgevel die luchttechnisch open is en een voorzet-/klimaatgevel die luchttechnisch gesloten is.

19

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Luchtdichtheidsklassen (NEN 2687)



Klasse	Woningvolume in m^3		Maximale $q_{v;10}$ (dm^3/s)	$q_{v;10}/\text{m}^2$ ($\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$)
	Groter dan	Tot en met		
1 Basis	-	250	100	1,0
	250	500	150	1,0
	500	-	200	1,0
2 Goed	-	250	50	0,6
	250	-	80	0,4
3 Uitstekend	-	250	15	0,15
	250	-	30	0,15

20

NIEMAN GROEP B.V.

In 't Hart van de Bouw

Samenvattend

- Goede details
- Instructie
- Controle

Luchtdicht bouwen
theorie - ontwerp - praktijk

21

In 't Hart van de Bouw

NIEMAN GROEP B.V.

Vragen

- Vragen?

In 't Hart van de Bouw

Nieman Groep