

Module 2.3

Ventilatievoorzieningen in
residentiële gebouwen:

Voorbeeld



Module 2.3

Versie 2.1 – februari 2006

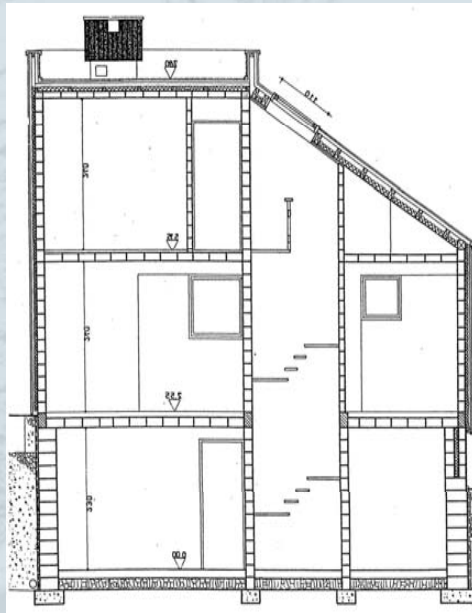
Concreet voorbeeld

- Eenvoudige woning
- Niveau -1
Kelder + inkom

Niveau 1

Gelijkvloers

Niveau -1



2

Module 2.3

Concreet voorbeeld

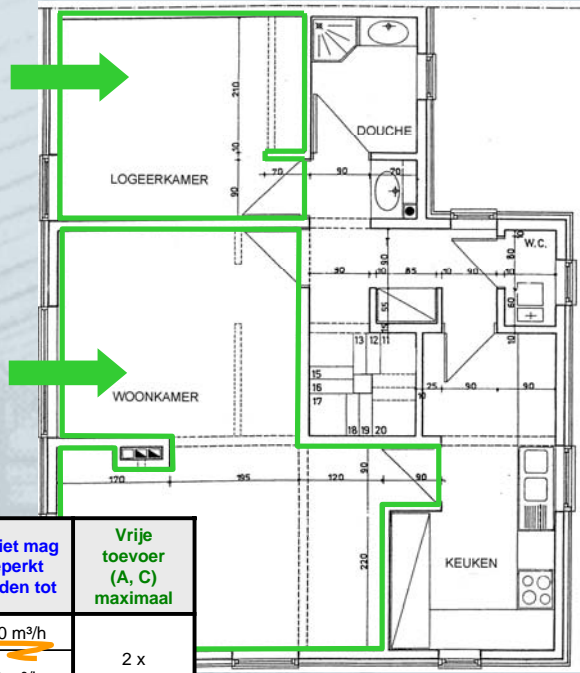
- Berekening debieten
- Ontwerp ventilatiesystemen
 - Systeem A
 - (Systeem B)
 - Systeem C
 - Systeem D
- Dimensionering openingen en kanalen



Berekenen debieten: gelijkvloers

Toevoer van buitenlucht
 Logeerkamer
 $11.5 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
 = $41 \text{ m}^3/\text{h}$

Woonkamer-eetkamer
 $27.5 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
 = $99 \text{ m}^3/\text{h}$



TOEVOER	Ruimte	Nominale debiet		Debiet mag beperkt worden tot	Vrije toevoer (A, C) maximaal
		Algemene regel	Minimaal debiet		
	Woonkamer		75 m ³ /h	150 m ³ /h	2 x nominaal
	Slaapkamer	3.6 m ³ /h.m ²	25 m ³ /h	72 m ³ /h (Bijlage V)	
	Studeerkamer Speelkamer				

Versie 2.1 – februari 2006

Het berekenen van de debieten is eenvoudig: de oppervlakte van de kamer wordt vermenigvuldigd met 3,6 m³/h. Dit debiet dient in het geval van een woonkamer minimaal 75 m³/h te bedragen; in geval van een slaapkamer, studeerkamer en speelkamer is het debiet minimaal 25 m³/h.

Indien de woonkamer een grote oppervlakte zou hebben en het debiet 150 m³/h overschrijdt, mag het debiet toch beperkt worden tot 150 m³/h.



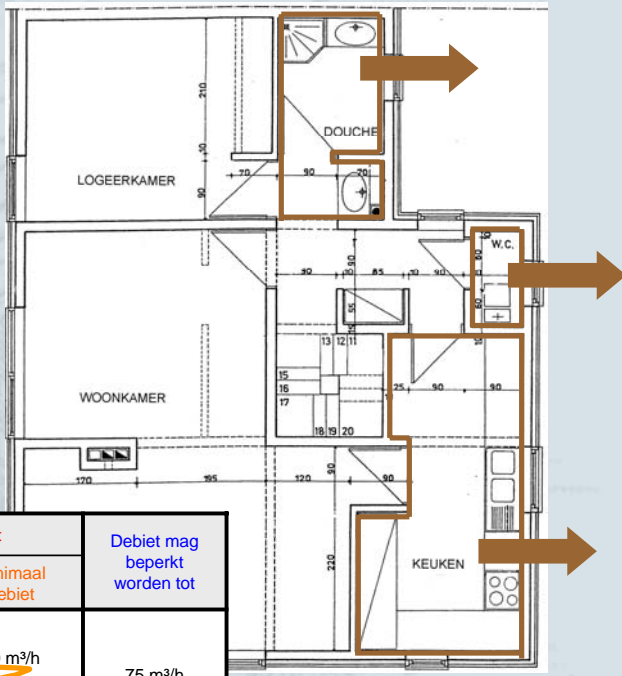
Berekenen debieten: gelijkvloers

Douche
 $3.4 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h}.\text{m}^2$
 $= 12 \rightarrow 50 \text{ m}^3/\text{h}$

WC
 $25 \text{ m}^3/\text{h}$

Keuken
 $10.8 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h}.\text{m}^2$
 $= 39 \rightarrow 50 \text{ m}^3/\text{h}$

Afvoer van vervuilde en vochtige lucht



Ruin	Nominale debiet		Debiet mag beperkt worden tot
	Algemene regel	Minimaal debiet	
Keuken Badkamer Was-, droogplaats + analoge	3.6 m³/h.m²	50 m³/h	75 m³/h
Open keuken	-	75 m³/h	-
WC	-	25 m³/h	-

Versie 2.1 – februari 2006

Het debiet in de badkamer dient voor een keuken en badkamer minimaal 50 m³/h te bedragen; voor een WC is minimaal 25 m³/h vereist.



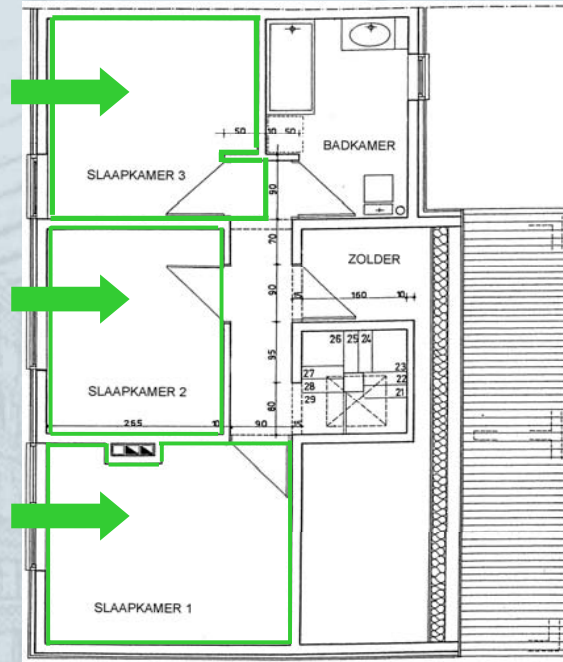
Berekenen debieten: 1st verdieping

Slaapkamer 3
 $9.3 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
= $33 \text{ m}^3/\text{h}$

Slaapkamer 2
 $8.5 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
= $31 \text{ m}^3/\text{h}$

Slaapkamer 1
 $11.3 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
= $41 \text{ m}^3/\text{h}$

Toevoer van buitenlucht



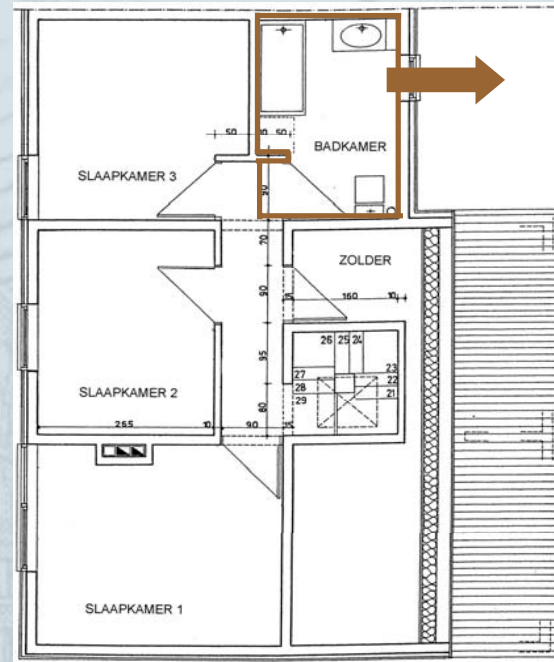
Berekenen debieten: 1st verdieping

Badkamer
 $6.2 \text{ m}^2 \times 3.6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$
 $= 22 \rightarrow 50 \text{ m}^3/\text{h}$

Afvoer van vervuilde
en vochtige lucht

Totale toevoer
 $245 \text{ m}^3/\text{h}$

Totale afvoer
 $175 \text{ m}^3/\text{h}$



Het totale toevoerdebiet bedraagt $245 \text{ m}^3/\text{h}$. Dit is groter dan het totale afvoerdebiet. Dit terwijl toe-en afvoer best in balans zijn. Er zijn verschillende mogelijkheden om het onevenwicht weg te werken.



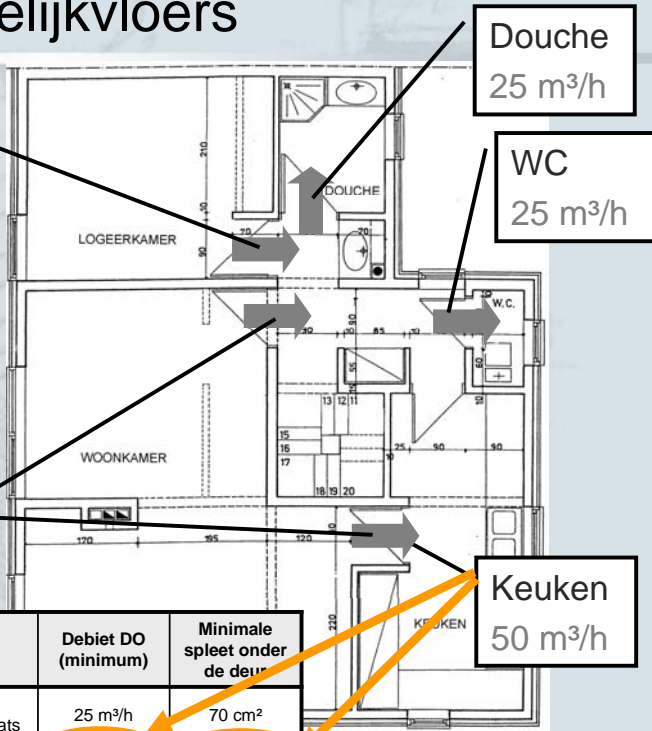
Berekenen DO: gelijkvloers

DOORSTROOM
Slaapkamer 1
25 m³/h

DOORSTROOM	Als afvoer uit de ruimte	Debiet DO (minimum)	Minimale spleet onder de deur
	Woonkamer	25 m ³ /h	70 cm ²
	Slaapkamer Studeerkamer Speelkamer	25 m ³ /h	70 cm ²

Woonkamer
25 m³/h (of meer)

DOORSTROOM	Als toevoer naar de ruimte	Debiet DO (minimum)	Minimale spleet onder de deur
	Badkamer Was-, droogplaats	25 m ³ /h	70 cm ²
	Keuken	50 m ³ /h	140 cm ²
	WC	25 m ³ /h	70 cm ²

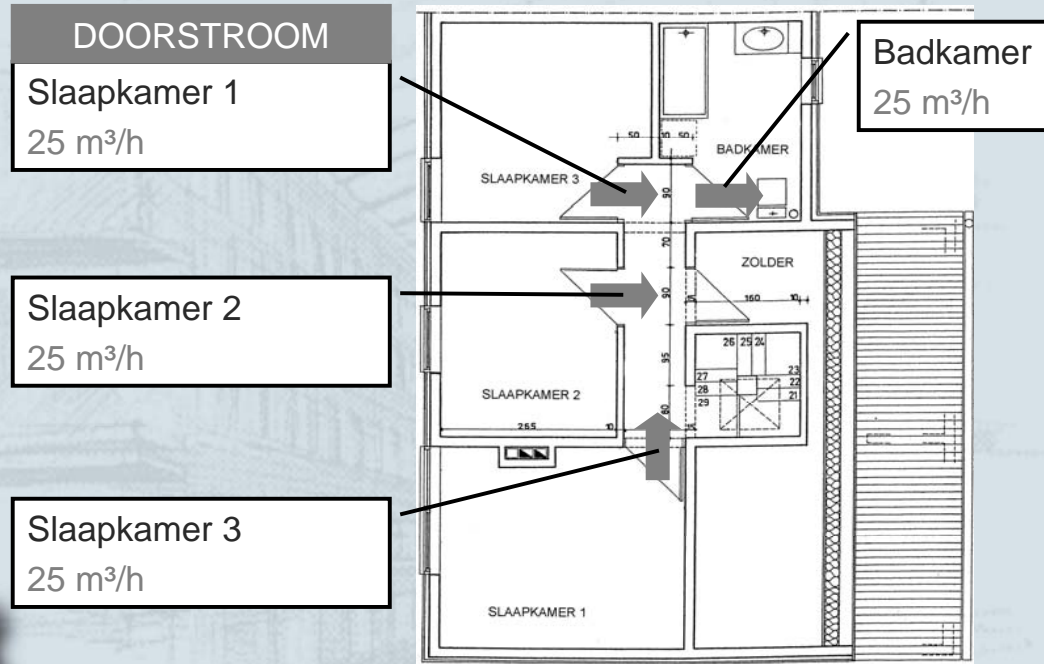


De doorstroomopeningen DO die als natuurlijke of vrije afvoeropening dienen van een woonkamer, slaapkamer en WC hebben een doorstroomdebiet bij een drukverschil van 2 Pa (over de opening) dat tenminste gelijk is aan 25 m³/h. Voor een keuken is minimum 50 m³/h doorstroom vereist en dit correspondeert met een vrije doorsnede van 140 cm².

Indien de doorstroomopening gevormd wordt door een niet-afsluitbare spleet onderaan een binnendeur is voldaan aan de debietseis als de vrije doorsneden van de spleten minstens 70 cm² groot is. Een grotere sectie wordt wel aanbevolen indien dit mogelijk is. Bij een toevoerdebiet van 99 m³/h is een doorstroomdebiet van 25 m³/h met een opening van 70 cm² eerder aan de kleine kant om voldoende doorstroom te hebben.

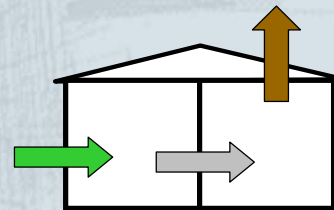


Berekenen DO: 1st verdieping



Systeem A: natuurlijke toevoer en afvoer

- Toevoer in de droge ruimten
 - Regelbare toevoeropeningen (RTO)
- Doorstroomopeningen (DO)
 - Roosters
 - Spletten
- Afvoer uit de natte ruimten
 - Regelbare afvoeropeningen (RAO)
 - Afvoerkanalen



Het vereenvoudigde ventilatiesysteem A, natuurlijke ventilatie, wordt gekenmerkt door:

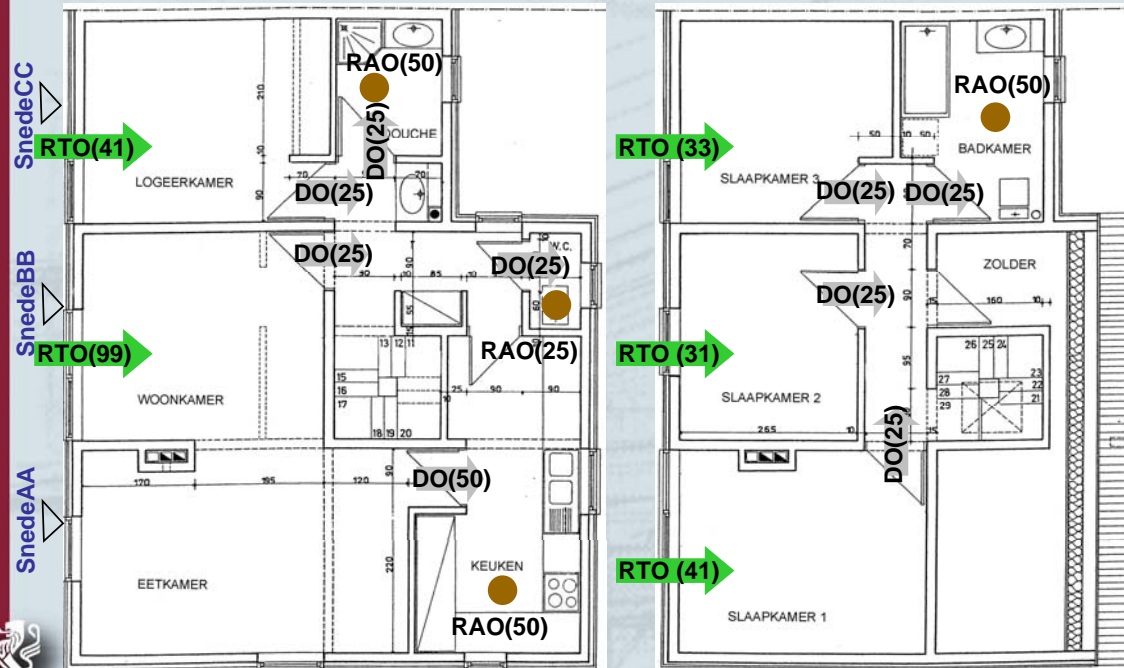
enerzijds de aanwezigheid van regelbare buitenluchtoevoeropeningen (RTO) in de gevels, tenminste van de woonkamer, de slaapkamers en de studeer- of speelkamers.

en anderzijds de aanwezigheid van hoofdzakelijk verticale afvoerkanalen voorzien van regelbare afvoeropeningen (RAO), tenminste in de ruimten zoals keuken, de WC en de badkamer en in de eventuele afzonderlijke wasplaatsen (wassen en drogen van linnen).

doorstroomopeningen in bepaalde binnenwanden of -deuren, voor de vrije doorgang van de lucht tussen de kamers waar de luchttoevoeropeningen en deze waar de afvoeropeningen gelegen zijn.



Toepassing systeem A



Samenvattend plan met berekende debieten.

RTO=regelbare toevoeropening

DO=doorstroomopening

RAO=regelbare afvoeropening

Module 2.3

Versie 2.1 – februari 2006

Dimensionering RTO (rooster) – sys A/C

RTO (31) (33) (41) →?

- Ventilatiooroster met vaste afmetingen

- Debiet in m³/h bij 2 Pa en 10 Pa
- Voldoende regelbaar

Zie brochure fabrikant

Technische kenmerken

Ventilatie-debiet bij 2 Pa: 50 m³/h

Ventilatie-debiet bij 10 Pa: 112 m³/h

Regelbaar in 5 standen



13

Module 2.3

Versie 2.1 – februari 2006

Eenzijds kan een ventilatiooroster gebruikt worden met vaste afmetingen. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het debiet bij 2 Pa en 10 Pa. Het rooster dient eveneens voldoende regelbaar te zijn. Minstens 3 standen tussen “volledig gesloten” en “volledig open” (dus tenminste 5 standen).

Anderzijds kan voor een ventilatiooroster kiezen met variabele lengte. Hiervoor geldt dat:

Het debiet van een toevoeroroster wordt gewoonlijk volgens NBN EN 13141-1 bepaald. Nochtans, om te vermijden dat de fabrikanten het debiet van elke mogelijke lengte van een toevoeroroster met een variabele lengte zou moeten (laten) meten, is het mogelijk om een vereenvoudigde procedure te gebruiken. Deze procedure voorziet dat het debiet voor drie verschillende lengtes wordt gemeten. De debieten van andere lengtes worden door lineaire interpolatie (of extrapolatie) afgeleid. De waarde q₁ en L₀ bij 2 Pa en bij 10 Pa zijn gewoonlijk door de fabrikant geleverd.

Het debiet is afhankelijk van het drukverschil; in het algemeen, voor residentiële gebouwen en niet-residentiële gebouwen, is het nominale debiet van een toevoeroroster het debiet dat door dat rooster stroomt bij een drukverschil van 2 Pa. In sommige gevallen is het mogelijk om het toevoeroroster bij 10 Pa te dimensioneren. Hierdoor kan men een kleiner rooster gebruiken dan bij een dimensionering bij 2 Pa. (Deze uitzonderingen zijn te vinden voor residentiële gebouwen in paragraaf 1.e van bijlage V; voor niet-residentiële gebouwen in paragraaf 7.7 van bijlage VI.)

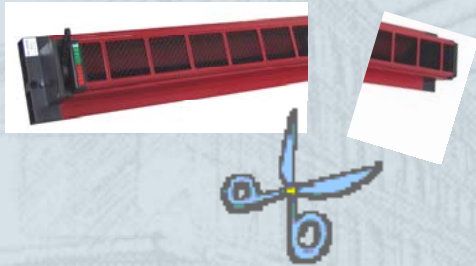
Het rooster dient eveneens voldoende regelbaar te zijn; dus tenminste 5 standen.

Dimensionering RTO (rooster) – sys A/C

RTO (31) (33) (41) →?

- Ventilatioerooster met variabele lengte

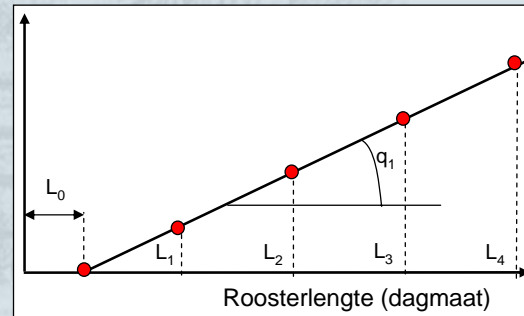
- q_1 en L_0 bij 2 Pa en 10 Pa
- Voldoende regelbaar



Zie brochure fabrikant

Technische kenmerken

- q_1 bij 2 Pa: 50 m³/h per m
- q_1 bij 10 Pa: 112 m³/h per m
- L_0 bij 2 Pa: 0,062 m
- L_0 bij 10 Pa: 0,063 m
- Regelbaar in 5 standen



Versie 2.1 – februari 2006

Eenzijds kan een ventilatioerooster gebruikt worden met vaste afmetingen. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het debiet bij 2 Pa en 10 Pa. Het rooster dient eveneens voldoende regelbaar te zijn. Minstens 3 standen tussen “volledig gesloten” en “volledig open” (dus tenminste 5 standen).

Anderzijds kan voor een ventilatioerooster kiezen met variabele lengte. Hiervoor geldt dat:

- Het debiet van een toevoerrooster wordt gewoonlijk volgens NBN EN 13141-1 bepaald. Nochtans, om te vermijden dat de fabrikanten het debiet van elke mogelijke lengte van een toevoerrooster met een variabele lengte zou moeten (laten) meten, is het mogelijk om een vereenvoudigde procedure te gebruiken. Deze procedure voorziet dat het debiet voor drie verschillende lengtes wordt gemeten. De debieten van andere lengten worden door lineaire interpolatie (of extrapolatie) afgeleid. De waarde q_1 en L_0 bij 2 Pa en bij 10 Pa zijn gewoonlijk door de fabrikant geleverd.

- Het debiet is afhankelijk van het drukverschil; in het algemeen, voor residentiële gebouwen en niet-residentiële gebouwen, is het nominale debiet van een toevoerrooster het debiet dat door dat rooster stroomt bij een drukverschil van 2 Pa. In sommige gevallen is het mogelijk om het toevoerrooster bij 10 Pa te dimensioneren. Hierdoor kan men een kleiner rooster gebruiken dan bij een dimensionering bij 2 Pa. (Deze uitzonderingen zijn te vinden voor residentiële gebouwen in paragraaf 1.e van bijlage V; voor niet-residentiële gebouwen in paragraaf 7.7 van bijlage VI.)

- Het rooster dient eveneens voldoende regelbaar te zijn; dus tenminste 5 standen.



Dimensionering RTO (rooster) – sys A/C



→ Esthetische overwegingen:

→ alle ramen dezelfde RTO

→ **50 m³/h** (1 m lengte)

→ 1 x nominaal < 50 m³/h < 2 x nominaal



Dimensionering DO – sys A/B/C/D

- Afmetingen:
 - min. 70 cm²
 - min. 140 cm² (keuken)
- Voorzieningen:
 - Spleet onder de deur 9 mm (breedte 80 cm)
 - Spleet onder de deur 18 mm (keuken)



- Deurrooster (of muurrooster) 50 x 140 (mm)



Hoe een DO te kiezen met een debiet van 25 m³/h.



Dimensionering kanalen

- Berekening van een kanaal

Debiet (m^3/s) = snelheid (m/s) x kanaalsectie (m^2)

- Voor extractiekanaal systeem A(B): $v = 1 \text{ m/s}$

- RAO (50) $\rightarrow \frac{50m^3/h}{1m/s} = \frac{50m^3/3600s}{1m/s} = 0,014m^2$

- Minimum diameter voor een circulair kanaal:

$$\sqrt{0.014m^2 \times 4 \div 3.14} = 0.134m = 134mm$$

- Afhankelijk van de standaardafmetingen (zie productinfo) wordt kanaaldiameter gekozen

Hier wordt de methode getoond hoe de diameter van een kanaal wordt berekend.

Het voorbeeld geeft de berekening van een extractiekanaal voor natuurlijke of vrije afvoer waar een luchtsnelheid van maximaal 1 m/s wordt aangenomen. Voor systeem C en D mag de snelheid hoger gekozen worden en wordt de diameter logischerwijs kleiner.

De belangrijkste parameters hierbij zijn:

Luchtsnelheid (in verband met geluid):

- Hoofdkanalen 3 tot max 4 m/s
- Aftakkingen: 2 tot max 3 m/s

Totale drukval: in functie van:

- Capaciteit ventilator
- Luchtdichtheid kanalen
- Totale netlengte



Module 2.3

17



Dimensionering RAO en kanalen – sys A/B

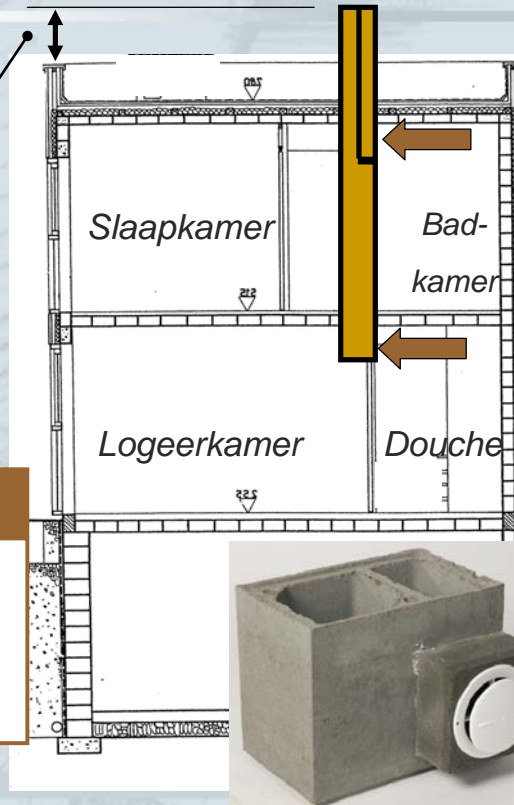


Uitmondingen

Minimum 50 cm
boven het dak
(hier boven de dakrand)

RAO+Vertikale kanalen

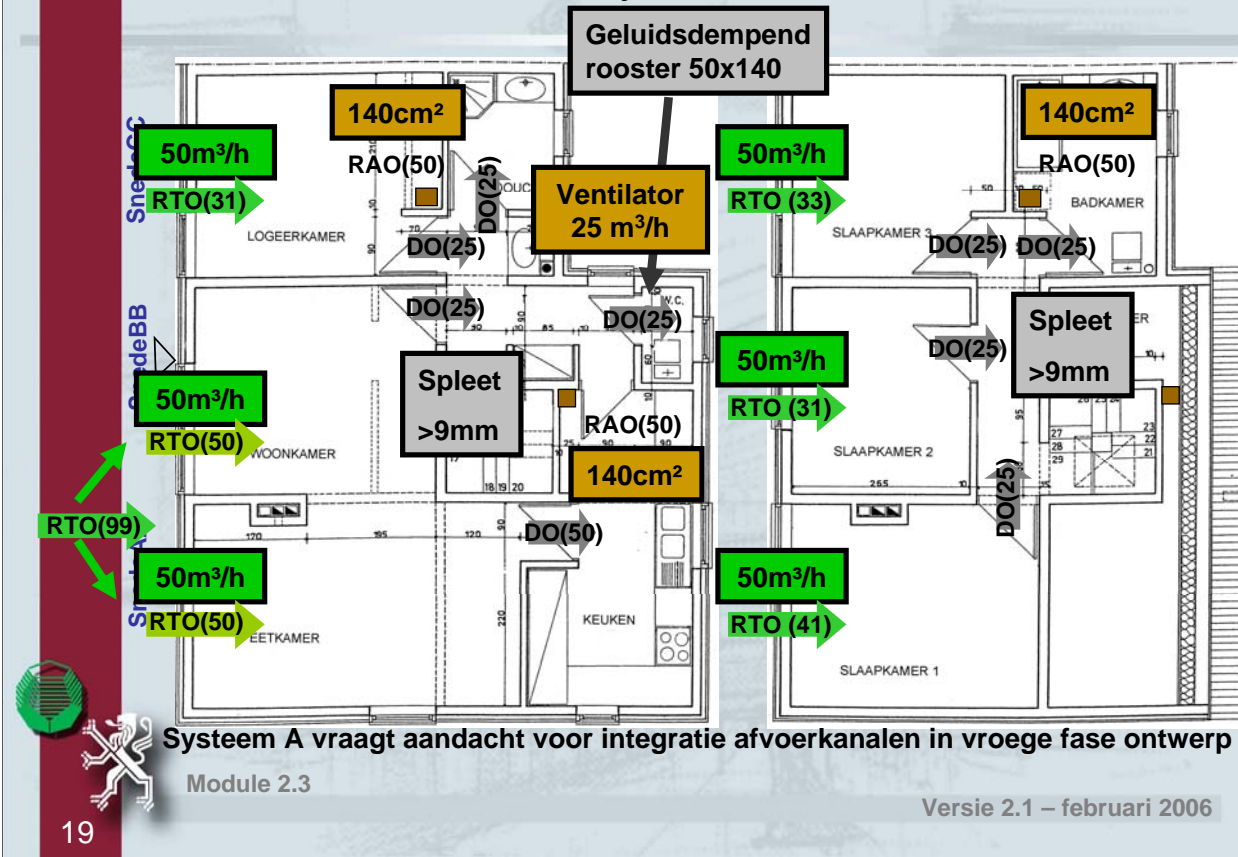
Sectie : minstens 1 m^2 per m^3/s
 $\rightarrow 2.78 \text{ cm}^2$ per m^3/h
 $50 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 140 \text{ cm}^2$ of $\text{Ø } 134 \text{ mm}$
 $25 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 70 \text{ cm}^2$ of $\text{Ø } 95 \text{ mm}$



Uitwerking van de kanalen.



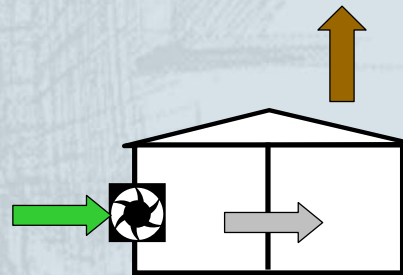
Overzicht keuzes systeem A



Samenvattend plan met berekende debieten en gekozen roosters voor RTO, DO, RAO en kanalen.

Systeem B: mechanische toevoer–vrije afvoer

- Toevoer in de droge ruimten
 - Mechanische toevoer
 - Buitenlucht
- Doorstroomopeningen (DO)
 - Roosters
 - Spletten
- Afvoer uit de natte ruimten
 - Regelbare afvoeropeningen (RAO)
 - Afvoerkanalen



Het vereenvoudigde ventilatiesysteem B, mechanische toevoer en vrije afvoer, wordt gekenmerkt door :

- enerzijds de permanente luchttoevoer die mechanisch geschiedt door een kanalsysteem, tenminste in de woonkamer (buitenlucht + eventueel gerecycleerde lucht), de slaapkamers en de studeer- of speelkamers (alleen buitenlucht).

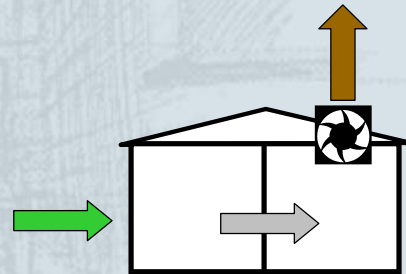
- en anderzijds de aanwezigheid van hoofdzakelijk verticale afvoerkanalen voor de natuurlijke of vrije afvoer, voorzien van regelbare afvoeropeningen (RAO), tenminste in de kamers zoals keuken, de WC en de badkamers en eventuele afzonderlijke wasplaatsen (wassen en drogen van linnen).

- doorstroomopeningen in bepaalde binnenwanden of -deuren, voor de vrije doorgang van de lucht tussen de kamers waar de luchttoevoeropeningen en deze waar de afvoeropeningen gelegen zijn.



Stelsiem C: vrije toevoer–mechanische afvoer

- Toevoer in de droge ruimten
 - Regelbare toevoeropeningen (RTO)
- Doorstroomopeningen (DO)
 - Roosters
 - Spletten
- Afvoer uit de natte ruimten
 - Mechanische afvoer
 - Afvoerkanalen

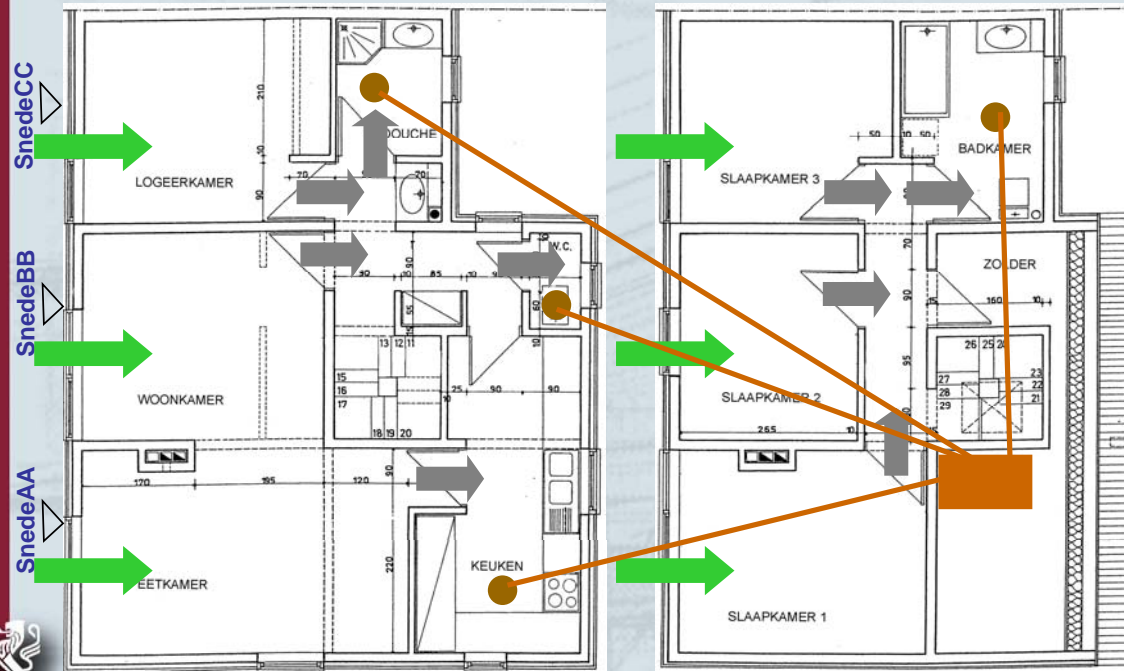


Het vereenvoudigde ventilatiesysteem c, vrije toevoer en mechanische afvoer, wordt gekenmerkt door :

- enerzijds de aanwezigheid van regelbare buitenluchttoevoeropeningen (RTO) in de gevel, tenminste van de woonkamer, de slaapkamers en de studeer- of speelkamer.
- en anderzijds de permanente mechanische afvoer van de lucht door een kanalsysteem (individueel of collectief), tenminste in kamers zoals keuken, de WC en de badkamer en de eventuele afzonderlijke wasplaats (wassen en drogen van het linnen).
- doorstroomopeningen in bepaalde binnenwanden of -deuren, voor de vrije doorgang van de lucht tussen de kamers waar de luchttoevoeropeningen en deze waar de afvoeropeningen gelegen zijn.



Toepassing systeem C



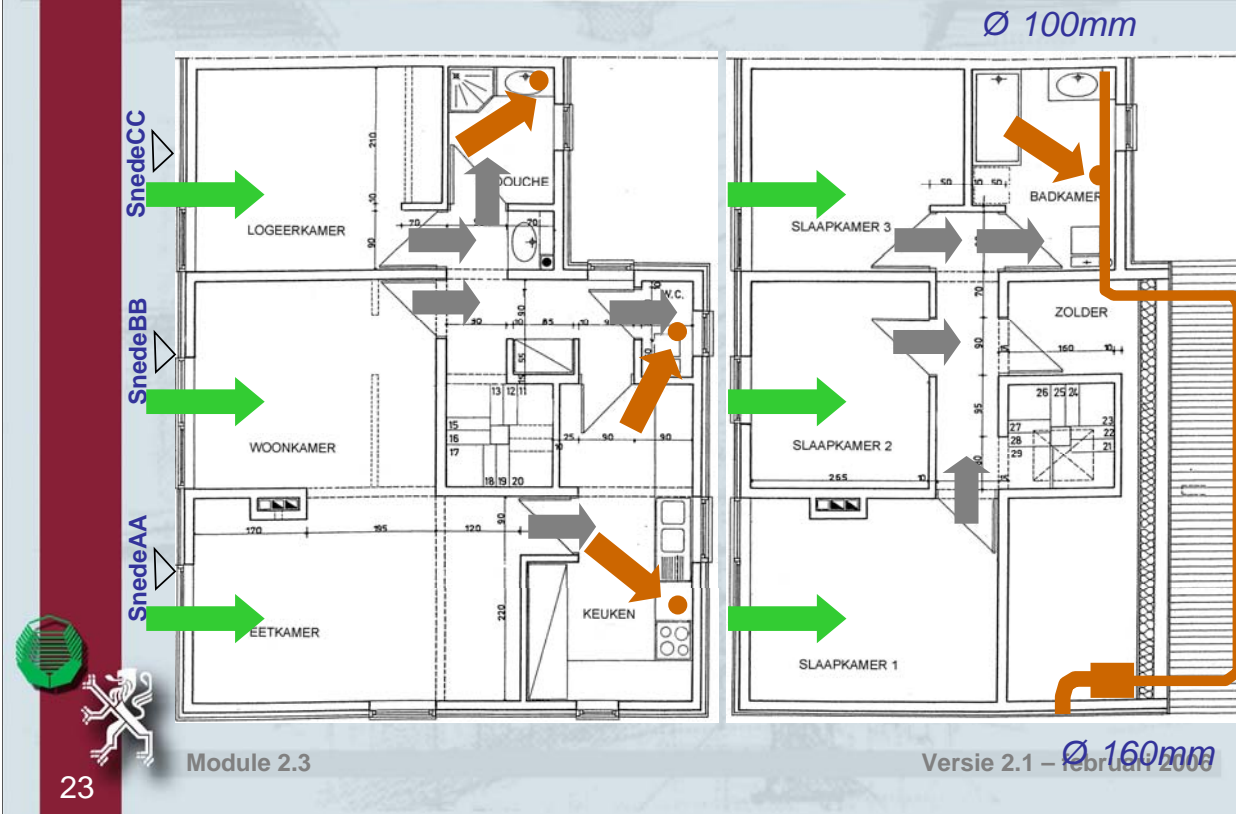
Module 2.3

Versie 2.1 – februari 2006

Hier wordt schematisch voorgesteld in welke ruimtes toevoer vereist is, doorstroom en afvoer. Voor de afvoer dient een groep te worden geplaatst en gaan er kanalen naar de natte ruimtes.

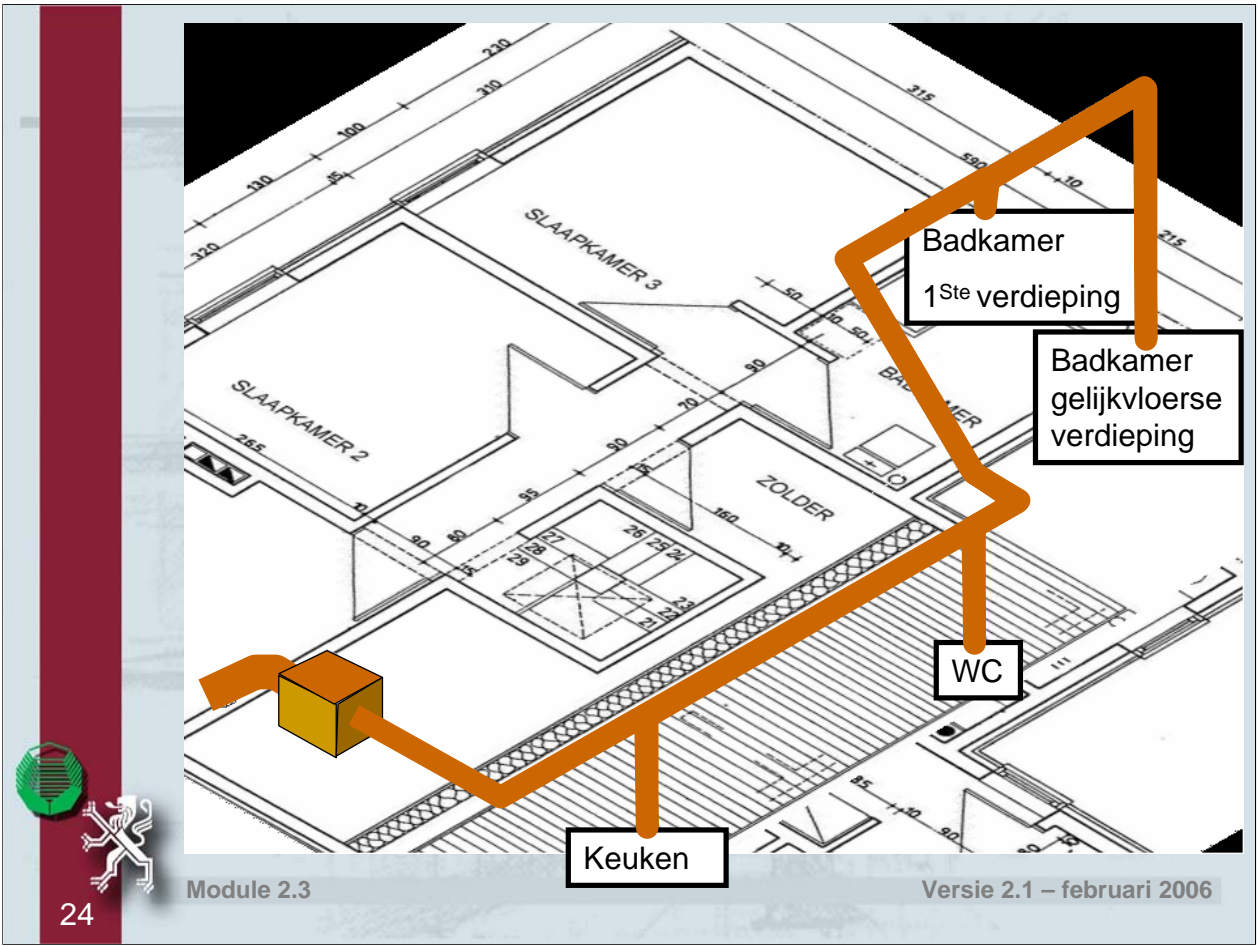


Toepassing systeem C



Hier wordt een realistische oplossing geboden voor het plaatsen van de afvoerkanalen en luchtgroep.

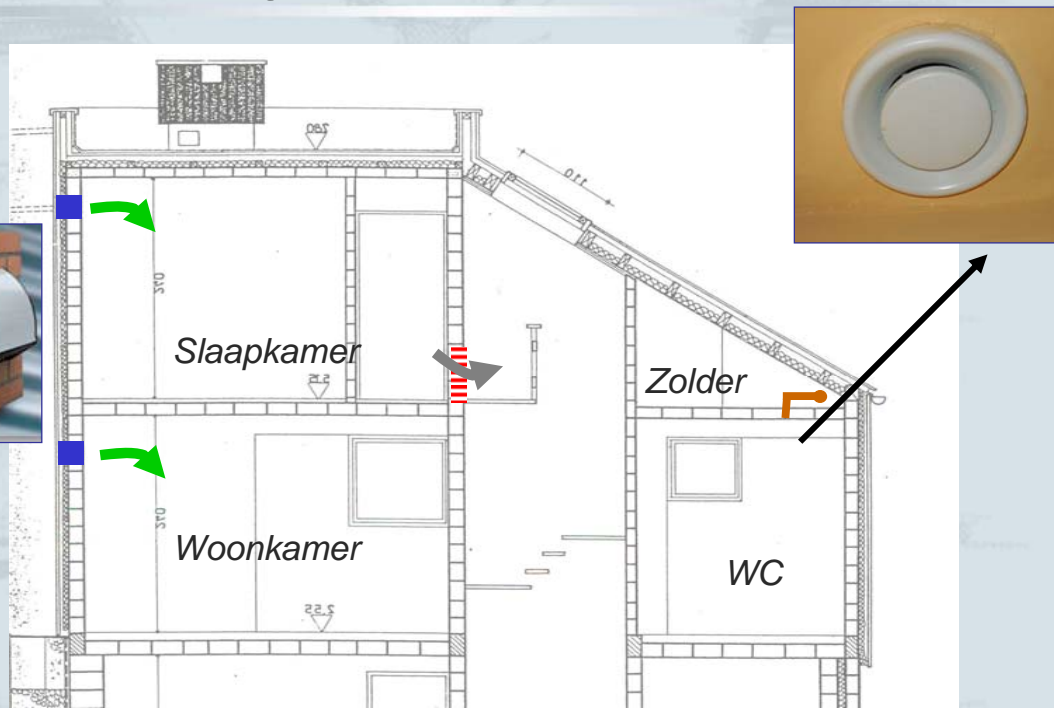
Merk op dat de kanaaldiameter voor het extractiekanal 160 mm bedraagt wat voor een extractiedebiet van 175 m³/h leidt tot een luchtstromingssnelheid van ongeveer 2,5 m/s. Voor natuurlijke afvoer (systeem A en B) leidt de maximale snelheid van 1 m/s tot veel grotere kanaalafmetingen.



Hou best onmiddellijk rekening bij het ontwerpen van het kanalenetwerk dat er zo weinig mogelijk dient ingekast te worden. De kanalisatie werd voorzien op zolder met een stuk in de badkamer op de verdieping. Indien de ontwerper zijn "natte plaatsen" beter had gecentraliseerd en een technische schacht had voorzien, had er geen enkele buis ingekast dienen te worden!



Toepassing systeem C



25

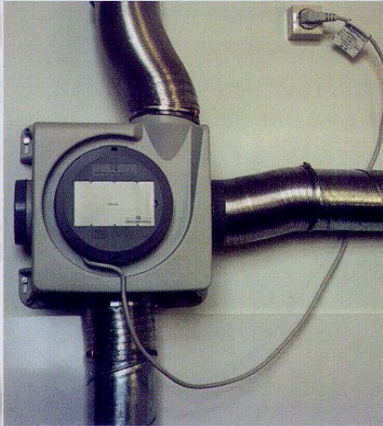
Module 2.3

Snede BB

Versie 2.1 – februari 2006

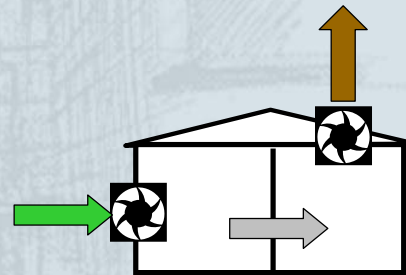
Keuze ventilator

- Debiet, maar ook stromingsweerstand van het kanaalnet
- Vermogen en parasitair elektriciteitsverbruik
- Kanaalventilatoren, ventilatiekasten, dakventilatoren
- 1 centrale ventilator of meerdere onafhankelijke ventilatoren



Systeem D: mechanische toevoer en afvoer

- Toevoer in de droge ruimten
 - Mechanische toevoer
 - Toevoerkanalen
- Doorstroomopeningen (DO)
 - Roosters
 - Spletten
- Afvoer uit de natte ruimten
 - Mechanische afvoer
 - Afvoerkanalen



Het vereenvoudigde ventilatiesysteem D, mechanische toe- en mechanische afvoer, wordt gekenmerkt door :

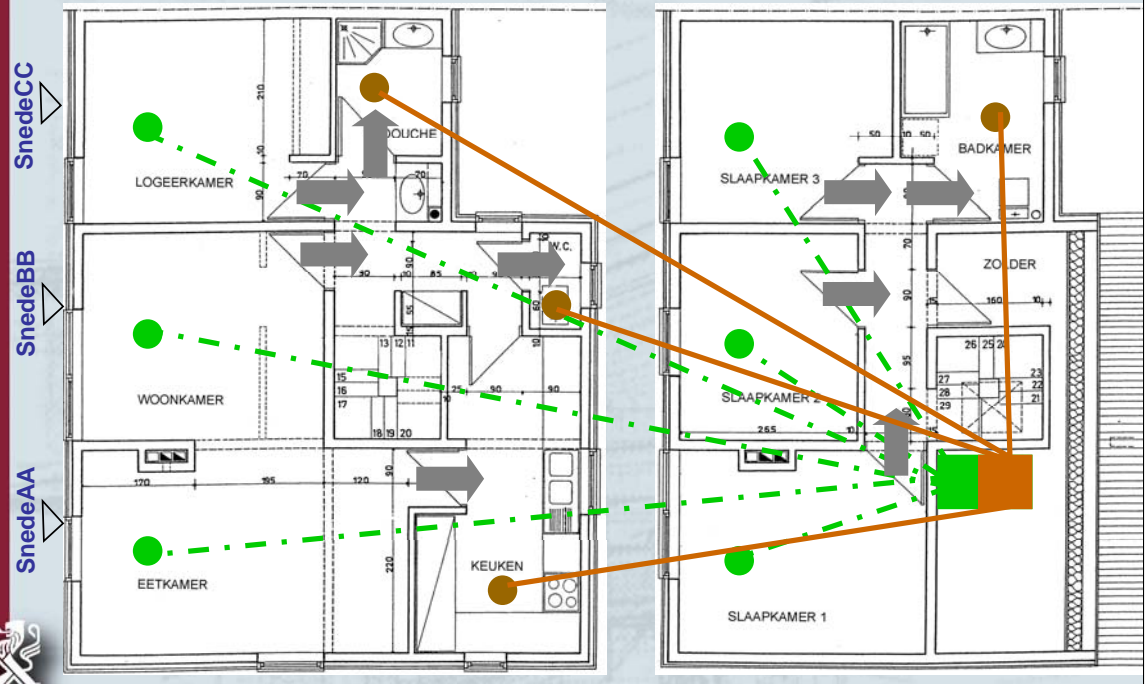
enerzijds de permanente luchttoevoer die mechanisch geschiedt door een kanalsysteem, tenminste in de woonkamer (buitenlucht + eventuele gerecycleerde lucht), de slaapkamers en de studeer- of speelkamers (alleen buitenlucht).

en anderzijds de permanente luchtafvoer door een mechanisch systeem en een kanalsysteem (individueel of collectief), tenminste in kamers zoals de keuken, de W.C. en de badkamer en in de eventuele afzonderlijke wasplaats (wassen en drogen van het linnen).

doorstroomopeningen in bepaalde binnenwanden of deuren, voor de vrije doorgang van de lucht tussen de kamers waar de luchttoevoeropeningen en deze waar de afvoeropeningen gelegen zijn.



Toepassing systeem D



Module 2.3

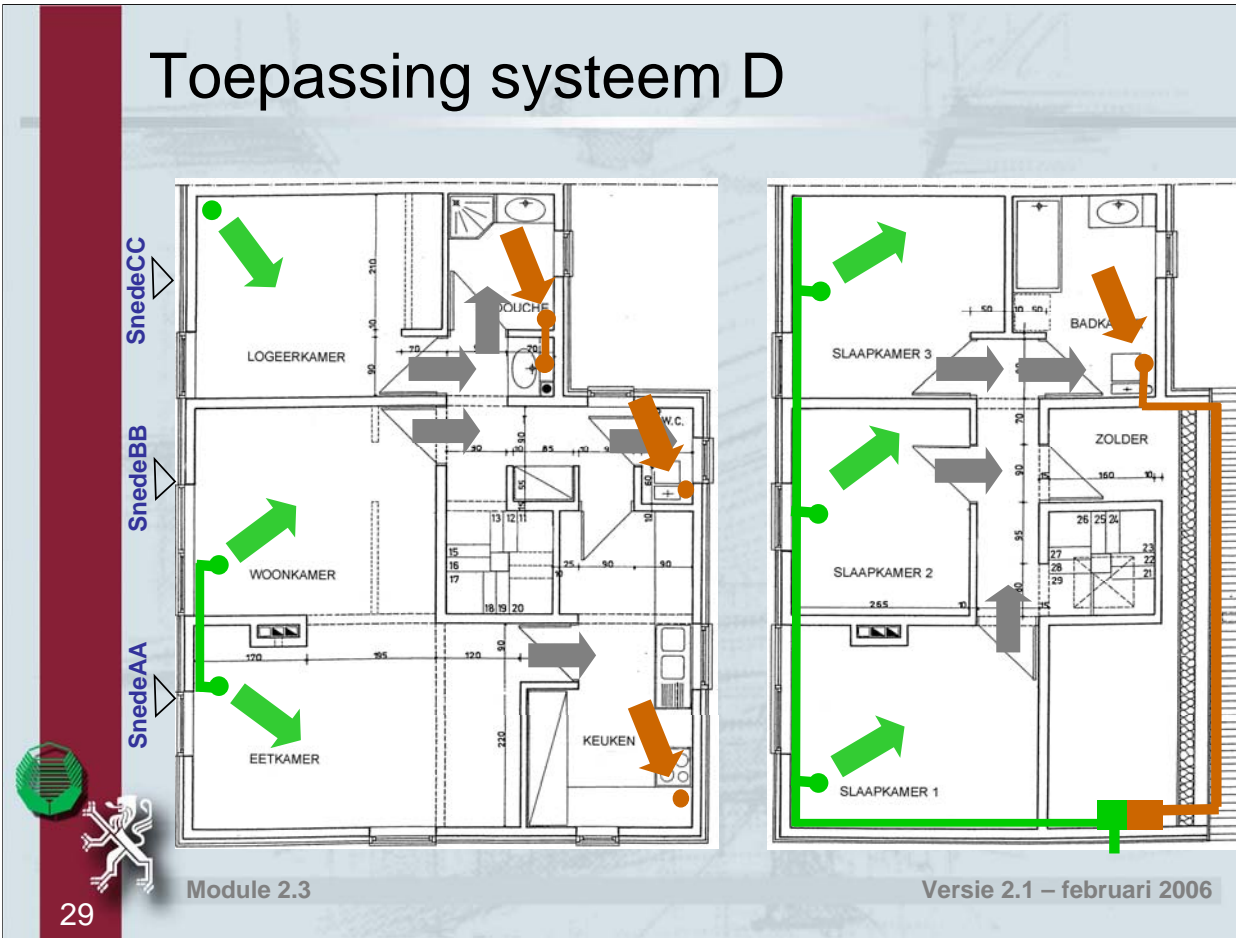
Versie 2.1 – februari 2006

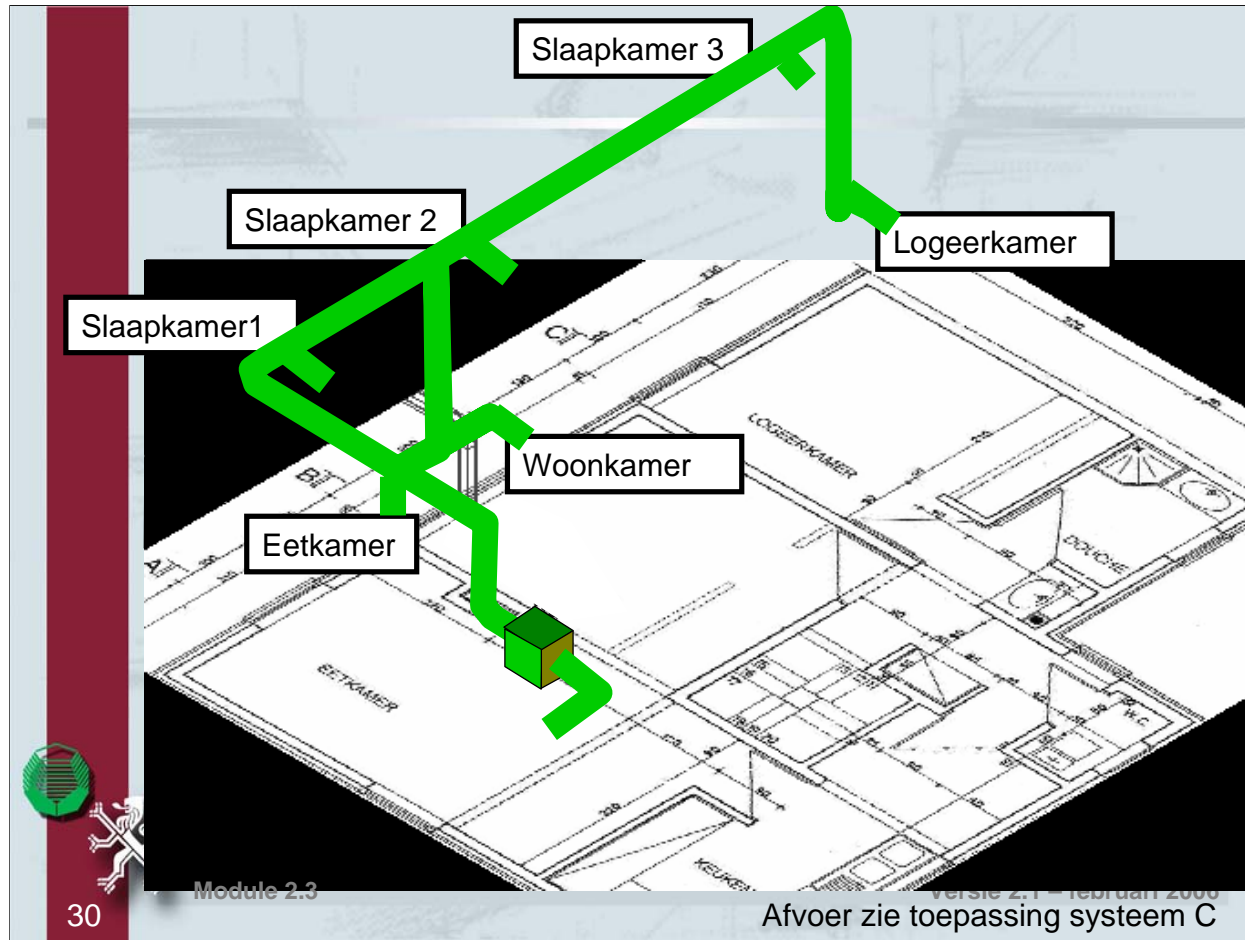
Dit schema geeft weer in welke ruimtes pulsie gebeurt en waar er extractie plaats vindt.



Toepassing systeem D

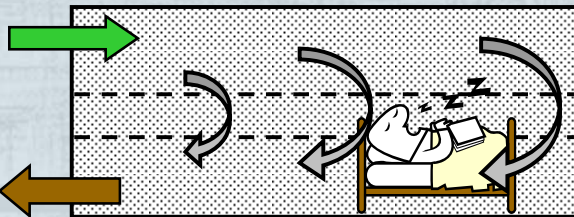
Dit is een voorstelling van hoe de kanalen geplaatst kunnen worden.





Theorie en praktijk

- Kanalen wegwerken door inkasten of door zoveel mogelijk op zolder te plaatsen
⇒ kanalisatie voorzien op zolder met slechts stukje kanaal op de overloop op het verdiep
- Afstappen van de ideale opstelling (= inblazen in de verste hoek tegenover de doorvoer/het extractie rooster)
⇒ roosters in slaapkamers voorzien met een instelbaar werppatroon om de lucht over de volledige ruimte te verspreiden (idem voor roosters op het gelijkvloers)



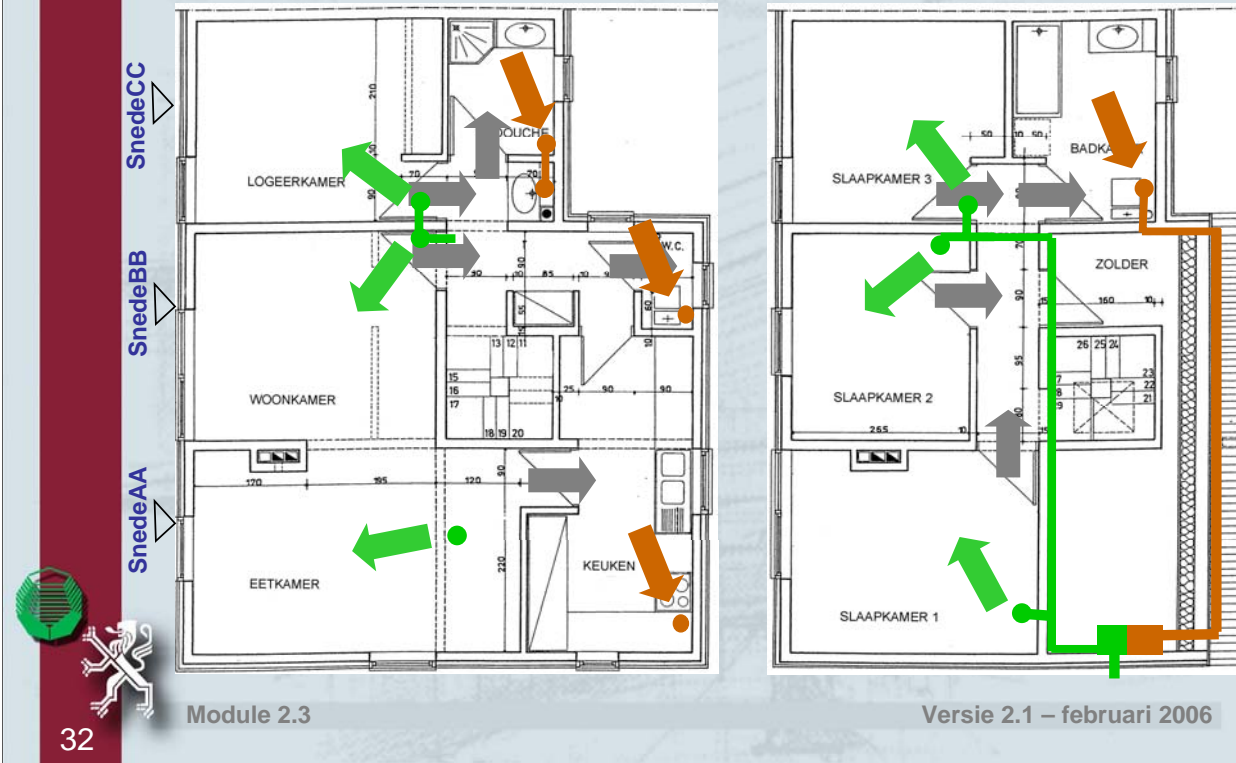
Module 2.3

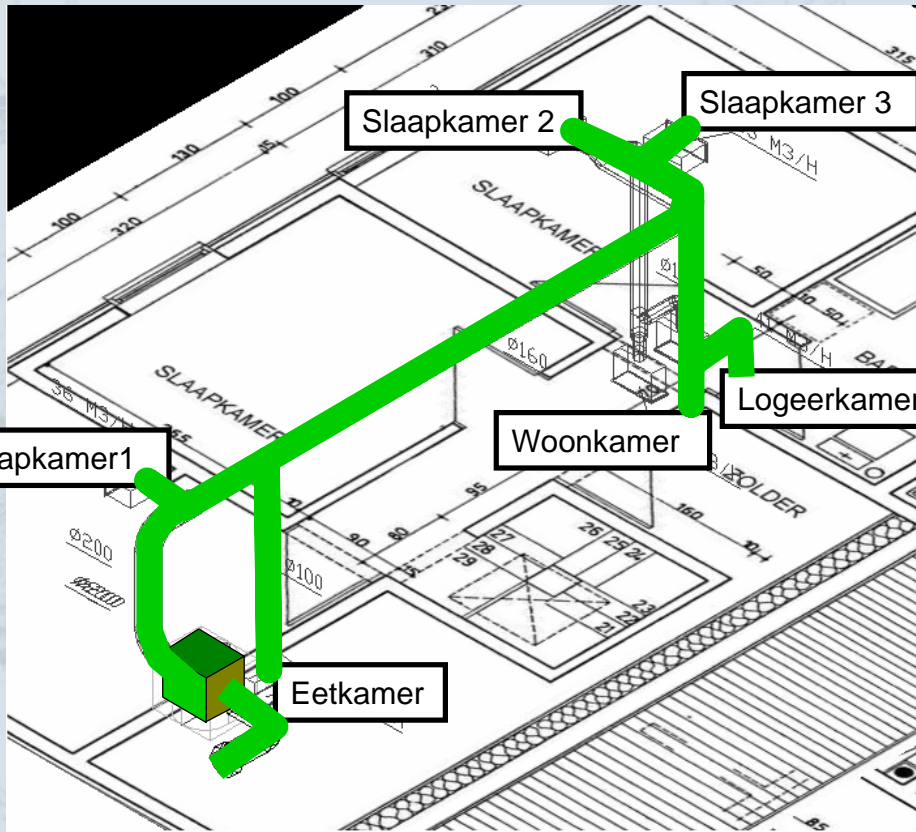
Versie 2.1 – februari 2006

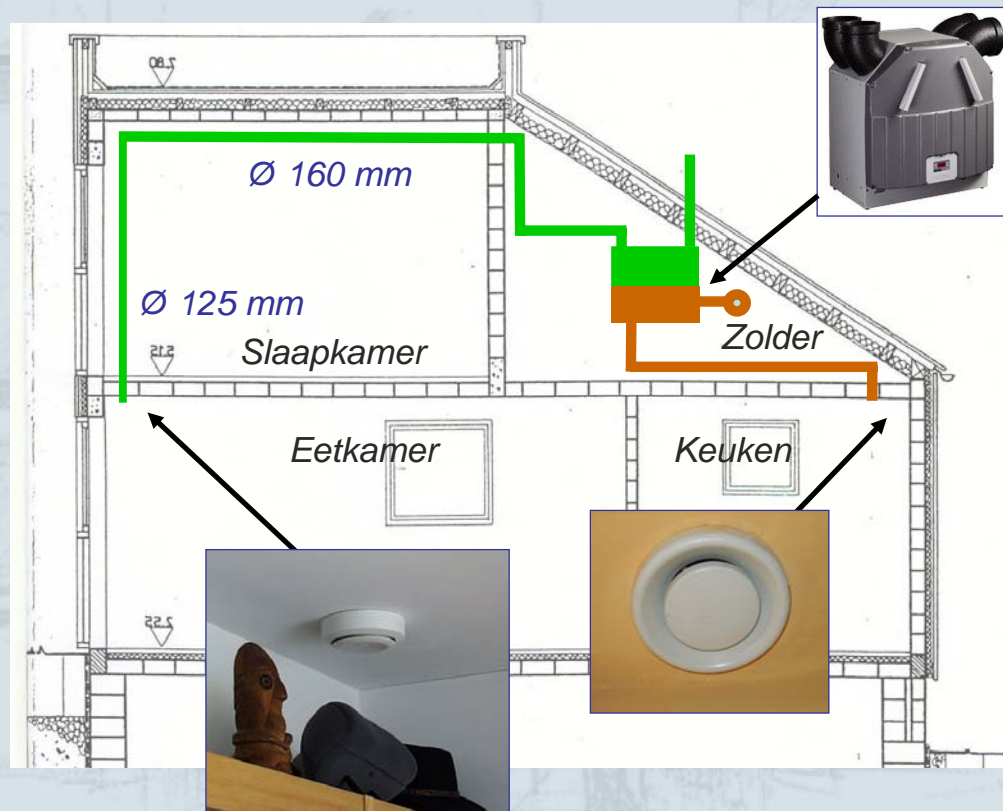


Toepassing systeem D

Dit is een voorstelling van hoe de kanalen geplaatst kunnen worden.







In het geval dat de zolder niet tot het beschermd volume behoort en dus niet vorstvrij is, dienen de kanalen geïsoleerd te worden om condensatie te vermijden.

Condensatie is mogelijk bij:

Extractiekanalen die warme vochtige lucht afvoeren door koude ruimten: inwendige condensatie

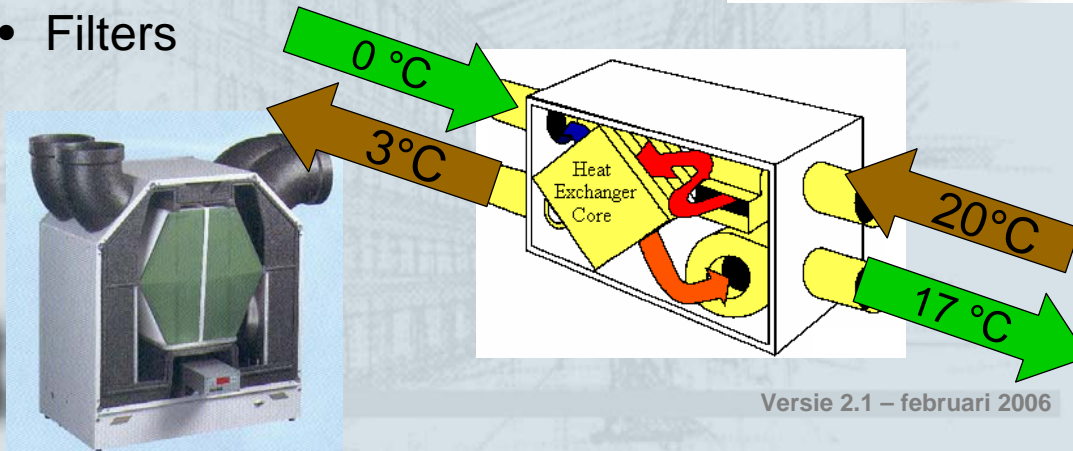
Toevoerkanalen die koude lucht aanvoeren door warme ruimten: uitwendige condensatie

De isolatie moet dampdicht worden uitgevoerd.



Systeem D: Ventilatiegroep

- Ventilatoren:
 - Pulsie en extractie
- Warmtewisselaar:
 - Voorverwarming toevoerlucht
 - Energierecuperatie afvoerlucht
 - Geen tochtthinder
- Filters



Balans tussen toe- en afvoer?

- Totale toevoer $><$ Totale afvoer
245 m³/h $><$ 175 m³/h
- Gevolg:
 - C: te weinig toevoer
 - D: exfiltratie van lucht door de gebouwschil ten gevolge van overdruk
- Oplossing?
 - Opdrijven afvoerdebiet: energetisch minder efficiënt
 - 245 m³/h = 245 m³/h



Andere oplossingen?

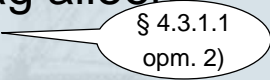
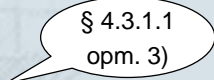
- **Minimum debiet wil zeggen:**
 - Moet kunnen worden gerealiseerd ...
 - ... maar moet niet continu worden gehaald
- **Oplossingen:**
 - Vers toevoerdebiet gecontroleerd verminderen
 - $175 \text{ m}^3/\text{h} = 175 \text{ m}^3/\text{h}$



- **Systeem C (en D):** manueel of automatisch (zie vraagsturing)
 - Woonkamer 's nachts, slaapkamer overdag verminderen
- **Systeem D:** verminderen toevoerdebiet + recirculatie van slaapkamers, studeerkamers, etc... naar woonkamer
 - $+75 \text{ m}^3/\text{h}$ recirculatie



Systeem D + recyclage

- Wat te doen met onbalans tussen aanvoer en afvoer?
- de lucht die gerecycleerd wordt mag **alleen** afkomstig zijn uit de slaapkamers, studeerkamers, speelkamers, gangen, trapzalen en halls van dezelfde woongelegenheid. 
- het debiet buitenlucht dat in de woning moet worden gestuurd moet tenminste gelijk zijn aan de som der nominale debieten van alle slaapkamers, studeer- en speelkamers. 

Behalve in kleine woningen en appartementen zullen de wettelijke eisen meestal leiden tot hogere toevoer van verse lucht dan afvoer van vervuilde lucht. Best zijn toevoer en afvoer in balans. Naast het kunstmatig verhogen van de extractie, wat veel energie kost, of het sturen van de aanvoer naargelang de bezetting, biedt de norm ook de mogelijkheid om te werken met hergebruik van lucht.

Indien de lucht mechanisch toegevoerd wordt naar sommige kamers en ook mechanisch afgezogen wordt uit andere kamers is het toegelaten een deel der afgezogen lucht te recycleren. De lucht die gerecycleerd wordt mag alleen afkomstig zijn van uit de slaapkamers, studeerkamers, speelkamers, gangen, trapzalen en halls van dezelfde woongelegenheid. Een recyclage in het geval van het systeem D is dan ook slechts mogelijk als de lucht uit 1 of meer van de hiervoor vermelde kamers of ruimten mechanisch afgezogen wordt.



System D + recyclage

