

Kleintje

Ventilatie

Woningen en woongebouwen



Januari 2012

ISBN: 978-90-5044-223-7

© ISSO

Voorwoord

Ventilatie is noodzakelijk voor een gezonde en comfortabele woning. Tegelijkertijd kost het ventileren van een woning energie. Om het energiegebruik ten gevolge van ventilatie te beperken is er een behoorlijk aantal verschillende ventilatiesystemen op de markt. Zowel voor nieuwbouw als situaties in de bestaande bouw.

In de praktijk blijkt dat er toch regelmatig problemen zijn met ventilatie in woningen. Kritische punten zijn meestal de ervaring van tocht, het installatiegeluid en te weinig luchtverversing. Bij een goed uitgevoerd ontwerp, installatie en onderhoud zijn deze problemen te voorkomen. Een aantal problemen met ventilatie in woningen is in 2007 in de media uitvoerig aan de orde gekomen. Dit heeft uiteindelijk geleid tot Kamervragen. Naar aanleiding hiervan is door ISSO in 2008 het actieplan 'Gezonde ventilatie in woningen' ontwikkeld. Dit actieplan heeft inmiddels geresulteerd in een vijftal publicaties (ISSO-publicatie 61, 62, 63, 91 en 92) met eisen en oplossingsrichtingen voor ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen.

Voor u ligt het vernieuwde ISSO-kleintje Ventilatie 'Woningen en woongebouwen' (versie 2012). Het is een toegankelijk zakboekje waarin wordt ingegaan op de belangrijkste punten uit de, onlangs aangepaste, wetgeving (Bouwbesluit 2012 en Energieprestatie van gebouwen NEN7120/NEN8088). Het zakboekje geeft richtlijnen voor het goed ontwerpen, uitvoeren en beheren van ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen.

Dankzij financiering door OTIB, Opleidings- en ontwikkelingsfonds voor het Technisch InstallatieBedrijf, is de herziening van dit Kleintje ventilatie tot stand gekomen. Speciale dank van

de rapporteurs gaat uit naar de technisch inhoudelijke ondersteuning geleverd door Uneto-Vni, Caubergh Huygen raadgevende ingenieurs en ACVV, dat ook voor het grootste deel het fotomateriaal heeft verzorgd.

Symbolenlijst		autoriteit	[-]
a			
A_g	gebruiksoppervlakte		[m ²]
A_{vloer}	vloeroppervlakte verblijfsgebied of verblijfsruimte		[m ²]
B	belasting		[kW]
C_1 en C_2	verdunningscoëfficiënten		[-]
EPC	energieprestatiecoëfficiënt		[-]
f	verdunningsfactor		[-]
$G_{A,k}$	vereiste karakteristieke geluidwering		[dB]
Δh	hoogteverschil		[m]
l	lengte		[m]
Δp	drukverschil		[Pa]
R_c	warmteweerstand scheidingsconstructie		[m ² ·K/W]
RV	relatieve vochtigheid		[%]
T	temperatuur		[K]
U_{glas}	warmtedoorgangscoefficiënt glas		[W/m ² ·K]
q_v	luchtvolumestroom		[dm ³ /s]
q_{v10}	luchtvolumestroom tussen binnen en buiten die ontstaat via kieren en naden bij 10 Pa drukverschil		[dm ³ /s]
$q_{v10,spec}$	luchtdoorlatendheid per m ² gebruiksoppervlakte van de woning		[dm ³ /s·m ²]
$q_{ve;inf}$	totale toevoerluchtvolumestroom door infiltratie		[dm ³ /s]
v	luchtsnelheid		[m/s]
η	rendement		[%]
θ	temperatuur		[°C]

Begrippenlijst

Acceptabele thermische omgeving

Een omgeving waarin tenminste 90% van de aanwezigen het thermisch klimaat acceptabel vindt.

Afzuigunit

Unit ten behoeve van het afvoeren van lucht rechtstreeks naar buiten, voorzien van een ventilator.

Autoriteit

Verhouding van het drukverlies over een ventiel op het totaal aan luchtweerstand in de kanaaltak waarin het ventiel is opgenomen.

Behaaglijkheid

Zie thermische behaaglijkheid.

Bypass

Voorziening in de vorm van een luchtkanaal parallel aan de warmtewisselaar, waardoor lucht rechtstreeks van buiten (zonder warmte-uitwisseling met de binnenlucht) in de woning kan worden gebracht.

Capaciteit

Term uit de bouwregelgeving, waarmee onder andere een luchtvolumestroom wordt aangeduid.

Controleprotocol

Protocol waarmee wordt vastgesteld of het ventilatiesysteem correct functioneert. Aan de hand van dit protocol wordt nagegaan of de diverse onderdelen correct zijn gemonteerd en of de (bewegende) onderdelen correct werken.

Energieprestatiecoëfficiënt (EPC)

Maat voor de energetische eigenschappen van een gebouw of een gedeelte van een gebouw inclusief de gebouwinstallaties bij een genormeerd gebruikersgedrag, in overeenstemming met NEN 7120 [25].

Gebalanceerde ventilatie

Gecontroleerde mechanische toevoer en afvoer van ventilatielucht, waarbij evenveel lucht wordt toegevoerd als afgevoerd.

Gebruiksgebied

Vrij indeelbaar gedeelte van een gebruiksfunctie (in dit Kleintje: woonfunctie) waar de voor de gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten plaatsvinden, dat bestaat uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aangrenzende ruimten die niet door een dragende of brandwerende scheidingsconstructie van elkaar zijn gescheiden en die geen toiletruimte, badruimte, technische ruimte of verkeersruimte zijn.

Gebruiksoppervlakte

Onder de gebruiksoppervlakte van een gebruiksfunctie wordt verstaan het totaal van de tussen omsluitende wanden gelegen vloeroppervlakten van in die gebruiksfunctie gelegen ruimten. Tot die gebruiksoppervlakte worden niet gerekend de oppervlakten die worden ingenomen door dragende constructieonderdelen, de oppervlakten van vloeren waarboven een hoogte aanwezig is van minder dan 1,5 m en de vloeroppervlakten van bijvoorbeeld een buiten een woning in het woongebouw gelegen bergruimte, stookruimte of trappenhuis.

Gebruikstijd

De tijd bedoeld dat de desbetreffende ruimte c.q. het desbetreffende gebouw voor de reguliere functie gebruikt wordt.

Gelijkwaardigheidsverklaring

Rapportage waarmee wordt aangetoond dat de prestatie van een onderdeel/systeem gelijkwaardig is aan een referentiesysteem, waarbij in veel gevallen het energiegebruik minder is dan bij het referentiesysteem.

Geluiddemper

Voorziening opgenomen in een luchtkanaal om ventilatorgeluid te reduceren.

Gemiddelde luchtsnelheid

Rekenkundig gemiddelde van momentane luchtsnelheidsmeting in de leefzone, geïntegreerd over minimaal 3 minuten [m/s].

Gevelventilatie-unit

Decentraal toestel dat per ruimte zorgt voor mechanische luchttoevoer of mechanische luchttoevoer en luchtafvoer. Hiervoor zijn geveldoorvoeren noodzakelijk. De gevelventilatie-unit kan voorzien zijn van warmteterugwinning en/of vraagsturing.

HEPA filter

High Efficiency Particulate Air filter voor het filteren van zeer fijne deeltjes uit de lucht.

Filterrendementen vaak hoger dan 99%.

HR-WTW

Hoog Rendement Warmteterugwinning (rendement > 90%).

Inductie

Het door inblazen van lucht in beweging brengen van ruimtelucht waarbij vermenging (van ruimtelucht en nieuw ingeblazen lucht) optreedt.

Infiltratie (ongecontroleerde ventilatie)

Luchtwisseling tussen binnen en buiten die optreedt via naden, kieren en andere lekken in de bouwkundige constructies. Infiltratie is ongecontroleerd en niet regelbaar.

Installatiegeluid

Geluid afkomstig van technische installaties in het gebouw. Voorbeelden van bronnen van installatiegeluid zijn: circulatiepompen van CV-installaties, ventilatoren en liftmachines.

Installatietechnisch Voorontwerp (VO)

Hoofdropzet en voorlopige dimensionering van een werktuigkundige en/of een elektrotechnische gebouwinstallatie.

Installatietechnisch Definitief Ontwerp (DO)

Definitieve opzet en dimensionering van een werktuigkundige en/of een elektrotechnische gebouwinstallatie.

Inwendige scheidingsconstructie

Constructie die de scheiding vormt tussen twee voor mensen toegankelijke besloten ruimten van een gebouw, waaronder begrepen de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover dat nodig is voor de bepaling van kenmerkende eigenschappen van een inwendige scheidingsconstructie.

Kortsluiting (lucht)

Het aanzuigen van lucht zonder dat dit bedoeld/gewenst is. Bijvoorbeeld het opnieuw aanzuigen van vervuilde lucht, of het te snel weer afvoeren van schone lucht uit een ruimte zonder dat dit zijn verdunnende werking heeft gedaan.

Koudeval

Neerwaarts gerichte convectieve (koude) luchtstroming langs (koude) ramen of wanden.

Leefzone

Dat deel van een verblijfsgebied waarin wordt voldaan aan de gestelde ontwerpcriteria ten aanzien van comfort, dat zich volgens NEN 1087 bevindt binnen:

- Hoogte vanaf de vloer: 1,8 m;
- Afstand vanuit uitwendige scheidingsconstructie: 1,0 m;
- Afstand vanuit inwendige scheidingsconstructie: 0,2 m.

Luchtdichtheid

Een uitwendige scheidingsconstructie van een gebouw of gedeelte daarvan laat lucht door indien over deze scheidingsconstructie een luchtdrukverschil aanwezig is. Luchtdichtheid en luchtdoorlatendheid zijn elkaars tegengestelden. In het spraakgebruik wordt veelal de term 'luchtdichtheid' gebruikt. Het Bouwbesluit en de normen hanteren het begrip 'luchtdoorlatendheid'.

Luchtfilter

Toestel/voorziening voor de zuivering van onder meer lucht en damp. Er zijn diverse soorten filters te onderscheiden, bijvoorbeeld koolstoffilters (met name voor het afvangen van chemische agentia), vezelfilters (bijvoorbeeld zakkenfilters) en elektrostatische filters.

Luchtkwaliteit

De kwaliteit van de (binnen)lucht in de context van gezondheid en welzijn. Met 'goede luchtkwaliteit' wordt over het algemeen lucht bedoeld die bij inademing geen hinder geeft en die daarbij geen stoffen bevat in dusdanig hoge concentraties dat op lange termijn schade aan de gezondheid te verwachten is.

Luchtsnelheid (relatieve)

Luchtsnelheid ten opzichte van een bewegend persoon.

Luchtvolumestroom

Hoeveelheid lucht die per tijdseenheid wordt toe- of afgevoerd, uitgedrukt in dm^3/s of m^3/h ($1 \text{ dm}^3/\text{s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$).

Mechanische ventilatie

Ventilatie die met één of meer ventilator(en) tot stand wordt gebracht.

Meetprotocol

Protocol waarmee wordt vastgesteld of de meetbare parameters van het gerealiseerde ventilatiesysteem voldoen aan de ontwerpspecificaties.

Natuurlijke ventilatie

Ventilatie via aangepaste voorzieningen in een uitwendige scheidingsconstructie, die tot stand komt door invloed van winddruk en/of temperatuurverschillen tussen de lucht buiten en de lucht binnen.

Nominale ventilatie

Ventilatie die op grond van gezondheidsoverwegingen minimaal tot stand moet kunnen worden gebracht conform de eisen van het Bouwbesluit.

Onderhoudsplan

Gestructureerd pakket taken met werkzaamheden, procedures, middelen en een tijdsschaal om onderhoud uit te voeren.

Ontwerpcondities

De gekozen binnen- en buitencondities die dienen als basis voor het ontwerp van een ventilatiesysteem.

Overstroomvoorziening

Voorziening voor de luchtverversing, die onder gedefinieerde omstandigheden kan dienen als afvoer van een ruimte en tegelijk als toevoer van een andere ruimte.

Programma van eisen

Document waarin behoeften, eisen en wensen en verwachtingen van een opdrachtgever en de toekomstige gebruikers zijn verwoord. Het dient als communicatiemiddel tussen opdrachtgever en ontwerpende partijen, via een samenhangend geheel van activiteiten, gericht op het eenduidig en volledig verzamelen, bewerken, evalueren en overdragen van informatie op basis van uitgangspunten en voorwaarden.

Recirculatiekap

Wasemkap waarbij de afgezogen kooklucht wordt gefilterd (metalen filter voor vetopvang en koolstoffilter voor afvangen kookluchtjes) en weer wordt toegevoerd in de keuken.

Rechtens verkregen niveau

Het niveau van de gestelde eisen ten tijde van de afgifte van de oorspronkelijke bouwvergunning van een rechtmatig gebouwde bouwwerk. Naar onderen begrensd door het niveau voor bestaande bouw. Naar boven begrensd door het niveau voor nieuwbouw.

Rooster

Constructieve (en regelbare) voorziening voor het toevoeren van buitenlucht rechtstreeks van buiten. Meestal rechthoekig uitgevoerd.

Shuntkanaal

Een kanaal voor de natuurlijke afvoer van lucht van meerdere woningen.

Spuiventilatie

Ventilatie bedoeld om onder bepaalde omstandigheden sterk verontreinigde lucht of warmte snel te kunnen afvoeren door middel van beweegbare constructieonderdelen in een uitwendige scheidingsconstructie.

Spuivoorziening

Een beweegbaar gevel- en/of dakdeel (raam, luik of deur) waarmee relatief grote ventilatie tot stand gebracht kan worden.

Temperatuurgradiënt (verticaal)

Verandering van de luchttemperatuur in een ruimte per eenheid van afstand (hoogte).

Bijvoorbeeld: het verschil in luchttemperatuur tussen hoofd- en enkelniveau (bij zittende personen: 1,1 m en 0,1 m boven de vloer).

Thermisch comfort of thermische behaaglijkheid

Toestand waarin de mens tevreden is over zijn thermische omgeving en geen voorkeur heeft voor een warmere of koudere omgeving. Dit vereist een subjectieve evaluatie. De optimale thermische behaaglijkheid moet overeenkomen met een stem op de thermische voorkeursschaal van 'ik wil geen verandering'.

Thermische sensatie (schaal)

Een bewust gevoel uitgedrukt in de categorieën: -3 koud, -2 koel, -1 beetje koel, 0 neutraal, +1 beetje warm, +2 warm, +3 heet. Iemands optimale thermisch comfort hoeft niet noodzakelijkerwijs overeen te komen met 0 neutraal.

Tocht

Ongewenste lokale afkoeling van een lichaam veroorzaakt door luchtbeweging.

Uitwendige scheidingsconstructie

Constructie die de scheiding vormt tussen een voor mensen toegankelijke besloten ruimte van een gebouw en de buitenlucht, de grond of het water, waaronder begrepen de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op het voldoen van die scheidingsconstructie aan een bij of krachtens het Bouwbesluit gegeven voorschrift.

Ventiel

Constructief en instelbaar einddeel van een luchtkanaal waardoor lucht gecontroleerd in een ruimte wordt toegevoerd of afgevoerd. Meestal rond uitgevoerd.

Ventilatiebalans

Berekening van de luchtvolumestromen van luchttoevoer, luchtafvoer en interne ventilatievolumestromen waarbij evenveel lucht wordt toe- als afgevoerd (op woningniveau).

Ventilatiecapaciteit/ventilatiedebit

De ventilatiecapaciteit of ventilatiedebit is de luchtvolumestroom die aan een verblijfsruimte of verblijfsgebied moet kunnen worden toe- en afgevoerd. De ventilatiecapaciteit wordt uitgedrukt in dm^3 lucht per seconde (dm^3/s) of m^3 lucht per uur (m^3/h). Daarbij is $1 \text{ dm}^3/\text{s}$ gelijk aan $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ventilatiezone

Verblijfsgebied(en)/verblijfsruimte(n) die door één ventilatiesysteem voorzien worden van luchttoe- en afvoer.

Verblijfsgebied

Gebruiksgebied of een gedeelte daarvan voor het verblijven van personen.

Verblijfsruimte

In een verblijfsgebied gelegen ruimte voor het verblijven van personen. In het Bouwbesluit worden voorwaarden genoemd waaraan een verblijfsruimte moet voldoen.

Verkeersruimte

Ruimte anders dan een ruimte in een verblijfsgebied, een toiletruimte, een badruimte of een technische ruimte, bestemd voor het bereiken van een andere ruimte.

Verse lucht

Lucht die direct van buiten of vanuit een ander verblijfsgebied of een verkeersruimte behorende tot de gebruiksfunctie, betrokken wordt.

Voorziening voor luchtverversing (ventilatievoorziening)

Geheel aan constructieonderdelen, bestemd voor de toevoer van verse lucht van buiten, het overstromen van verse lucht of binnenlucht naar een aangrenzende ruimte en de afvoer van binnenlucht naar buiten, waarmee een nominale ventilatie tot stand kan worden gebracht.

Vorstbeveiliging

Voorziening die ervoor zorgt dat de installatie bij vorst niet beschadigd wordt en in bedrijf blijft.

Vraagsturing

Gedragsvolgende regeling van de ventilatie op basis van een klokpatroon of sensorsturing. De luchtvolumestroom is geregeld op basis van de ventilatiebehoefte, met als doel een constante goede binnenluchtkwaliteit.

Vrije koeling

Het zonder mechanische koeling (zonder toevoer van 'koude') koelen van binnenruimten. Ventilatie gedurende de nachtelijke uren, in warme perioden, die tot doel heeft de afkoeling van de gebouwmassa, waardoor de temperatuur overdag minder hoog oploopt. Vrije koeling wordt ook wel 'passieve koeling', 'natuurlijke koeling' of 'zomernachtventilatie' genoemd.

Warmteterugwinning (WTW)

Terugwinning van warmte uit ventilatie-afvoerlucht en/of rookgassen, waarmee ventilatietoevoerlucht voorverwarmd kan worden.

WBDBO

Afkorting van: weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag. De weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen twee ruimten is de kortste tijd die een brand nodig heeft voor uitbreiding van de ene naar de andere ruimte.

Winddruk geregeld rooster

Ventilatie toevoerrooster met een voorziening (klep) die ervoor zorgt dat het rooster, ongeacht de winddruk op het rooster, een nagenoeg constante luchtvolumestroom doorlaat.

WTW-unit

Unit waarmee met warmte uit de ventilatie-afvoerlucht en/of rookgassen de toevoerlucht kan worden voorverwarmd (warmteterugwinning).

Wasemkap

Apparaat waarmee kooklucht uit de keuken kan worden afgevoerd; motorloos of voorzien van een eigen ventilator.

Zelfregelende voorziening, bestemd voor de toevoer van verse lucht

Voorziening waarvan de capaciteit zonder ingrijpen van de gebruiker, al of niet elektrisch of sensorgestuurd, zich binnen zekere grenzen aanpast aan het luchtdrukverschil over de voorziening.

1 Inleiding

1.1 Ventileren

Het doel van ventileren is het verversen van de binnenlucht in de woning. De binnenlucht vervuult door de aanwezigheid van personen, vocht, stof, geurtjes en emissies uit bouwmaterialen. Deze vervuiling moet worden afgevoerd door de toevoer van verse buitenlucht, zodat de ruimten in een woning geschikt zijn voor het verblijven van mensen.

Bij ventileren is er sprake van bewuste en niet bewuste ventilatie. Bij bewuste ventilatie zijn er bouwkundige en/of installatietechnische voorzieningen getroffen, zodat de verse buitenlucht kan toetreden en deze de verontreinigde binnenlucht kan vervangen. Bij onbewuste ventilatie is er sprake van oncontroleerbare ventilatie via naden en kieren in de woning (infiltratie).

In nieuwbouwwoningen is bewuste ventilatie de laatste decennia steeds belangrijker geworden. Woningen worden steeds beter geïsoleerd waardoor onbewuste ventilatie via infiltratie nauwelijks nog plaatsvindt. Een zorgvuldige keuze, ontwerp, installatie en ook onderhoud van het ventilatiesysteem zijn daarom uitermate belangrijk voor het verkrijgen en behouden van het gewenste binnenklimaat.

In het algemeen geldt hoe meer er wordt geventileerd, hoe beter de binnenluchtkwaliteit. Echter bij meer ventilatie is het risico op tochtklachten groter en is het energiegebruik hoger terwijl dit juist voor nieuwbouwwoningen (in het kader van de energieprestatie-eisen, uitgedrukt in EPC) zo laag mogelijk dient te zijn. Het ideale ventilatiesysteem heeft dus de juiste balans tussen energiezuinigheid en kwaliteit van de binnenlucht. In de praktijk gaat er op dit punt nog regelmatig het een en ander mis.

Dit Kleintje Ventilatie voorziet daarom in de behoefte om praktische kennis te verschaffen voor gebruik in de praktijk. Alle fasen in het ontstaansproces van het ventilatiesysteem komen daarbij aan de orde: programma, ontwerp, uitwerking, realisatie en onderhoud.

1.2 Toepassingsgebied

Dit Kleintje Ventilatie richt zich op ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen.

Aandachtspunten voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw (renovatie) komen daarbij aan de orde.

Doelgroepen van deze publicatie zijn voornamelijk partijen die werkzaam zijn in of voor de praktijk, zoals:

- Installateurs;
- Installatie-adviseurs;
- Medewerkers in het technisch beroepsonderwijs;
- Woningcorporaties;
- Montage- en onderhoudsbedrijven;
- Bouwkundigen.

1.3 Opzet van dit ISSO-kleintje

Uitgangspunt bij het ontwerp van ventilatiesystemen vormen de eisen van het [Bouwbesluit 2012](#) [1]. Voor het goed functioneren van (mechanische) ventilatiesystemen is echter meer nodig dan de minimale eisen uit het Bouwbesluit. In dit Kleintje Ventilatie worden daarom kwaliteitseisen

gegeven om dit te kunnen bereiken. Indien er sprake is van hogere kwaliteitseisen dan de minimale eisen uit het Bouwbesluit, wordt dit ter plaatse aangegeven.

2 Wetgeving, normen en richtlijnen

2.1 Wetgeving

De wettelijke eisen aan ventilatiesystemen zijn vastgelegd in het Bouwbesluit 2012 [1]. In het Bouwbesluit staan functionele en prestatie-eisen op het gebied van:

- Veiligheid (hoofdstuk 2);
- Bruikbaarheid (hoofdstuk 3);
- Gezondheid (hoofdstuk 4);
- Energiezuinigheid en milieu (hoofdstuk 5).

De voorschriften op het gebied van overige woninginstallaties, zoals bijv. gas-, water- en elektriciteitsvoorziening, staan sinds Bouwbesluit 2012 in een apart hoofdstuk (6).

Het Bouwbesluit [1] maakt onderscheid in eisen voor nieuwbouw en bestaande bouw.

Een speciale categorie is renovatie en verbouw, waarbij in de meeste gevallen het rechte niveau van toepassing is. Dit betreft het niveau van de gestelde eisen ten tijde van de afgifte van de oorspronkelijke bouwvergunning. De eisen voor het rechte niveau zijn naar onderen begrensd door het niveau voor bestaande bouw en naar boven begrensd door het niveau voor nieuwbouw.

De eisen voor bestaande bouw worden ook toegepast bij toetsing van bestaande ventilatiesystemen.

Vanuit het Bouwbesluit [1] wordt een aantal normen aangewezen die daarmee ook een wettelijke status hebben. Het betreft de volgende normen:

- NEN 1087 Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw [21];
- NEN 8087 Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen [26];
- NEN 2757 Toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen - Bepalingsmethoden [23];
- NEN 5077 Geluidwering in gebouwen [24];
- NEN 7120 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode [25].

2.2 Normen en richtlijnen

Hieronder volgt een overzicht van de meest relevante normen die (in)direct vanuit het Bouwbesluit [1] worden aangewezen en die een relatie hebben met ventilatiesystemen in woningen.

NEN 1087 [21]

De laatste versie van deze norm bevat voor alle gebouwen bepalingmethoden voor de:

- Capaciteit van een ventilatievoorziening;
- Regelbaarheid van ventilatievoorzieningen;
- Thermische behaaglijkheid; het thermisch comfort;
- Richting van de stroming;
- Verdunningsfactor.

NEN 8087 [26]

Deze norm bevat eveneens bepalingmethoden voor dezelfde onderdelen als in NEN 1087, maar dan voor de bestaande bouw. Op onderdelen zijn verschillen aan te wijzen.

NPR 1088 [34]

Deze praktijkrichtlijn wordt aangewezen vanuit de norm NEN 1087 en bevat aanwijzingen voor de uitvoering van ventilatievoorzieningen, zodat deze voldoen aan de gestelde prestatie-eisen. Ook zijn er vereenvoudigde bepalingmethoden ten opzichte van NEN 1087 gegeven, waarmee kan

worden nagegaan of de voorziening voor luchtverversing voldoet aan de voorgeschreven prestatie-eisen.

NEN 2757 [23]

Deze norm geeft bepalingsmethoden voor rookgasafvoersystemen waarmee bepaald kan worden:

- Voor welke toestellen de capaciteit van de rookgasafvoervoorziening geschikt is;
- De geschiktheid van de capaciteit van de voorziening voor de afvoer van rook voor een bepaald toestel op een bepaalde opstelplaats.

In deze norm komt tevens de verdunningsfactor aan de orde.

NEN 5077 [24]

Deze norm geeft bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en tevens de geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd.

NEN 7120 [25]

Deze norm geeft bepalingsmethoden voor de energieprestatie van gebouwen, waaronder woningen en woongebouwen. Zowel nieuwbouw als bestaande bouw.

NEN 8088 [26]

Deze norm geeft bepalingsmethoden voor de te hanteren infiltratie- en ventilatieluchtvolumestromen voor energieprestatieberekeningen volgens NEN 7120. Zowel nieuwbouw als bestaande bouw.

Hieronder volgt een overzicht van de meest relevante richtlijnen die een relatie hebben met ventilatiesystemen in woningen.

ISSO-publicatie 61 [8]

Deze publicatie is het startpunt bij het ontwerpen van ventilatie-installaties en geeft een eenduidig pakket van ontwerptechnische kwaliteitseisen voor goed functionerende ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen.

ISSO-publicatie 62 [9]

Deze publicatie geeft een eenduidig pakket van ontwerptechnische kwaliteitseisen goed functionerende ventilatie-installaties met centrale mechanische luchttoe- en afvoer met WTW in woningen en woongebouwen (systeem D).

ISSO-publicatie 63 [10]

Deze publicatie geeft richtlijnen voor het beheer en onderhoud van (mechanische) ventilatiesystemen in de woningbouw. De richtlijnen zijn van toepassing op ventilatiesystemen in de bestaande woningbouw en in nieuwbouwsituaties.

ISSO-publicatie 91 [12]

Deze publicatie geeft een eenduidig pakket van ontwerptechnische kwaliteitseisen voor goed functionerende decentrale mechanische ventilatiesystemen met warmterugwinning in woningen en woongebouwen.

ISSO-publicatie 92 [13]

Deze publicatie geeft een eenduidig pakket van ontwerptechnische kwaliteitseisen voor goed functionerende ventilatiesystemen voorzien van een decentrale luchttoevoer (natuurlijk of mechanisch) en een centrale mechanische luchtafvoer in woningen en woongebouwen.

2.3 Certificering

De overheid streeft steeds meer naar deregulering. Dat betekent dat het leveren van een bepaalde kwaliteit niet meer bij de wet wordt geregeld. Er is daarom behoefte aan het zichtbaar maken van kwaliteit. Een middel hiervoor is certificering. Certificatie is de procedure waarbij een derde onafhankelijke partij, meestal een certificerende instelling, schriftelijk te kennen geeft dat een product of dienst voldoet aan vastgelegde eisen.

Om 'kwaliteit' bij het ontwerpen, installeren en/of beheren van installaties duidelijk te maken is er in Nederland sinds 2005 een nieuwe certificatieregeling, de KOMO-INSTAL Procescertificatieregeling conform BRL 6000 (BRL = beoordelingsrichtlijn). Voor ventilatiesystemen is het specifieke deel BRL 6000-10 [2] van toepassing. Deze BRL bestaat uit een tweetal delen:

- BRL 6000-10A (eisen te stellen aan het installatiebedrijf);
- BRL 6000-10B (Ontwerpen en installeren van ventilatievoorzieningen van woningen).

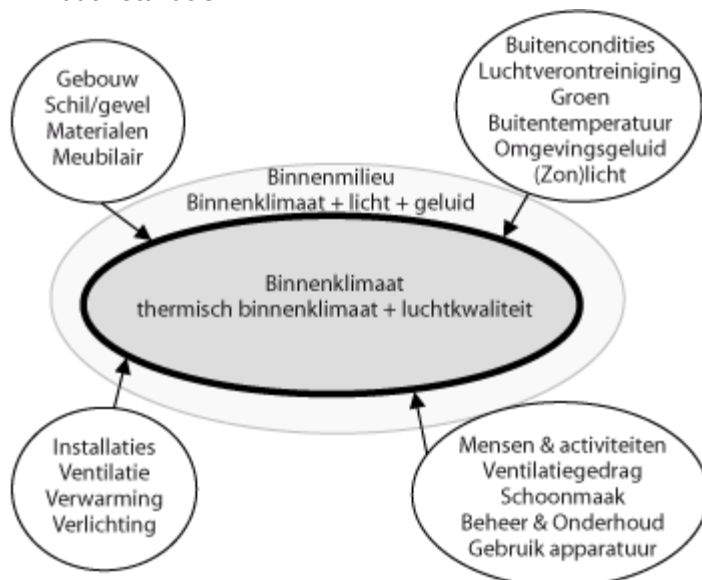
Installaties die zijn aangelegd volgens de BRL 6000-10 [2] zijn voorzien van het KOMO-INSTAL keurmerk.

Naast BRL 6000-10 kan BRL 8010 Ventilatieprestatiekeuring (VPK) [3] worden toegepast om de opgeleverde ventilatievoorzieningen van woningen te beoordelen. Deze BRL biedt (installatie)bedrijven de mogelijkheid om de kwaliteit van gerealiseerde ventilatievoorzieningen van woningen onder certificatie te beoordelen. Hierbij kan het gaan om nieuwe ventilatievoorzieningen, maar ook om bestaande. Bij een nieuwe voorziening kan worden beoordeeld of er gemaakt is, wat is afgesproken. Bij een bestaande ventilatievoorziening worden alleen de prestaties beoordeeld. De beoordeling kan ook worden toegepast op al dan niet onder certificatie (op basis van BRL 6000-10) uitgevoerde ventilatievoorzieningen.

3 Kwaliteitsaspecten ventilatie

3.1 Binnenklimaat

Er zijn diverse factoren die de kwaliteit van het binnenklimaat in een gebouw bepalen. Zie afbeelding 3.1. Er is dus meer nodig dan alleen een goed ontworpen, uitgevoerde en onderhouden klimaatinstallatie.



Afb. 3.1 Factoren van invloed op kwaliteit binnenklimaat

3.1.1 Binnenluchtkwaliteit

De binnenluchtkwaliteit wordt beïnvloed door een drietal verontreinigingsbronnen:

1. Deeltjes en vezels;
2. Microbiologische agentia;
3. Chemische agentia.

Deze 3 verontreinigingsbronnen samen bepalen de kwaliteit van de binnenlucht. Voorbeelden van stoffen in de bovengenoemde hoofdcomponenten:

- Deeltjes en vezels, bijvoorbeeld:
 - (Fijn) stof;
 - Bouwgruis/-stof;
 - Asbest;
 - Steenwol;
 - Glaswol.

- Microbiologische factoren, bijvoorbeeld:
 - (Huisstof)mijten;
 - Schimmels (sporen);
 - Pollen;
 - Bacteriën (bijvoorbeeld legionella);
 - Bio-effluenten (oftewel door het menselijk lichaam afgegeven stoffen).
- Chemische agentia, bijvoorbeeld:
 - Stikstofdioxide (NO_2);
 - Ozon (O_3);
 - Koolstofdioxide (CO_2);
 - Vluchtige Organische Stoffen (VOS);
 - Formaldehyde (HCOH);
 - Radon (Rn);
 - Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's);
 - Koolstofmonoxide (CO).

Een heel scala aan bronnen kan de binnenlucht verontreinigen. Door te ventileren kan de concentratie van verontreinigingen van de binnenlucht zodanig beïnvloed worden dat een gezond binnenklimaat ontstaat cq gehandhaafd blijft.

In woningen komt CO_2 vrij als verbrandingsproduct of door de ademhaling van personen. In beide gevallen moet dan geventileerd worden om de CO_2 af te voeren. CO_2 kan gebruikt worden als indicator voor de luchtkwaliteit en CO_2 is relatief eenvoudig te meten. CO_2 wordt daarom veelvuldig gebruikt als parameter voor het sturen/regelen van de ventilatievolumestromen (vraaggestuurde ventilatie).

Om gezondheidsschade te voorkomen mag het CO_2 -gehalte in een ruimte niet hoger zijn dan 1200 ppm (geurgrens). Sommige ventilatiesystemen zijn ontworpen om een nog betere luchtkwaliteit te realiseren, hierbij wordt uitgegaan van een lager CO_2 -gehalte van bijv. 1000 ppm. In een woning vindt ook vochtproductie plaats (bijvoorbeeld ten gevolge van koken, douchen of was drogen). Om gezondheidsschade of beschadiging door schimmels te voorkomen moet op plaatsen waar veel vochtproductie is, het vocht 'weggeventileerd' worden. In de keuken is hiervoor het gebruik van een afzuigkap aan te bevelen. Bij zelfregelende ventilatiesystemen wordt in de badkamer vaak een vochtsensor gebruikt om de ventilatievolumestromen te sturen/regelen.

De wettelijk vereiste ventilatiecapaciteiten (tabel 3.1), zoals vermeld in het Bouwbesluit 2012 [1], zijn o.a. gebaseerd op de grenswaarde van 1200 ppm.

Tabel 3.1 Eisen minimale ventilatiecapaciteit voor nieuwe woningen. Bron: Bouwbesluit 2012 [1]

Ruimte	Eisen
Verblijfsgebied	0,9 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak met een minimum van 7 dm^3/s
Verblijfsruimte	0,7 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak met een minimum van 7 dm^3/s
Verblijfsgebied met kooktoestel < 15 kW	0,9 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak met een minimum van 21 dm^3/s
Toiletruimte	7 dm^3
Badruimte	14 dm^3/s
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Minimaal 0,5 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak (niet afsluitbaar)
Ruimte met opstelplaats gasmeter	Minimaal 1 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak met een minimum van 2 dm^3/s (niet afsluitbaar)
Opslagruimte afval (vloeroppervlak > 1,5 m^2)	Minimaal 10 dm^3/s per m^2 vloeroppervlak

Voor woningen kunnen de volgende aanvullende kwaliteitseisen toegepast worden:

- Opstelplaats wasautomaat/-droger: minimaal 7 dm³/s;
- Bergruimte/onbenoemde ruimte: minimaal 7 dm³/s.

Eisen voor verblijfsgebied of verblijfsruimte?

Het Bouwbesluit [1] stelt in principe eisen aan verblijfsgebieden. Een verblijfsgebied kan al of niet worden ingedeeld in afzonderlijke verblijfsruimten. Bij het indelen is het mogelijk dat er verblijfsruimten zouden ontstaan zonder ventilatievoorzieningen, door een ongelukkige indeling en verdeling van die voorzieningen. Dat is ongewenst. Daarom wordt er ook een eis gesteld aan iedere afzonderlijke verblijfsruimte. Deze eis is lager en heeft het karakter van een 'vangnet' en moet dus minimaal gerealiseerd worden. Bij het bepalen van de luchtvolumestromen van de ventilatievoorzieningen moet de eis voor het verblijfsgebied als uitgangspunt worden genomen. De ventilatie-eis voor het totale verblijfsgebied is het minimale niveau dat niet mag worden onderschreden; een lagere capaciteit is dus wettelijk niet toegestaan, ook al is er sprake van een indeling in verblijfsruimten.

Capaciteitseis is installatie-eis?

Het Bouwbesluit [1] stelt minimale eisen t.a.v. de ventilatiecapaciteit. De bijbehorende luchtvolumestromen hoeven echter niet continu gerealiseerd te worden. Dit betekent in de praktijk dat er ook terug geregeld mag worden bijv. op basis van de werkelijke ventilatiebehoefte. Vraaggestuurde ventilatiesystemen (zie paragraaf 3.3) maken hier dankbaar gebruik van. De te installeren ventilatietoevoorzieningen moeten echter wel een luchtvolumestroom kunnen realiseren waarbij aan de minimale eisen uit het Bouwbesluit kan worden voldaan. Met de invoering van Bouwbesluit 2012 geldt dat de totale te installeren capaciteit minimaal 70% moet bedragen van de totale ventilatiecapaciteit die nodig zou zijn geweest als alle verblijfsgebieden tegelijkertijd zouden functioneren.

Opmerking: Voor meterkasten met daarin een warmtewisselunit van de stadsverwarming worden aparte ventilatie-eisen gesteld. Dit ter voorkoming van te hoge temperaturen (legionellarisico) in de meterkast. De vereiste luchtvolumestroom van deze extra ventilatievoorziening volgt uit ISSO/SBR-publicatie 811 [18]. De deur van de meterkast moet hierbij goed luchtdicht uitgevoerd worden om interactie met de woningventilatie te voorkomen.

Verdunningsfactor

De kwaliteit van de binnenlucht wordt niet alleen bepaald door de productie van verontreinigingen in de woning maar ook door de kwaliteit van de buitenlucht. Bij ventilatiesystemen moet ervoor gezorgd worden dat er geen buitenlucht wordt toegevoerd die extra verontreinigd is door afvoerlucht van het ventilatiesysteem, de afzuigkap of andere installatiecomponenten ('kortsluiting van ventilatiestromen'). Om verontreiniging van de toevoerlucht te voorkomen moet voldaan worden aan de eisen voor de zogenaamde verdunningsfactor. De eisen op dit punt in het Bouwbesluit [1] veronderstellen dat er sprake is van een zuivere omgevingslucht.

De verdunningsfactor heeft betrekking op de minimale afstand tussen de uitmondingen van de afvoer en van de toevoer. Het is een maat voor de bepaling van de luchtkwaliteit van de toevoer gerekend vanaf een rookgasafvoer of ventilatie-afvoer. De berekening van de verdunningsfactor dient uit het oogpunt van gezondheid te worden gemaakt; het is geen methode om geurhinder tegen te gaan.

De maximale verdunningsfactoren waar de uitmondingen aan moeten voldoen is te vinden in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Eisen verdunningsfactor Bouwbesluit 2012 [1]

Soort afvoer	Verdunningsfactor
Luchtverversing	0,01
Rookafvoer voor met gas gestookte toestellen	0,01
Rookafvoer voor toestellen met andere brandstoffen	0,0015

Opmerking: Indien voor een gevelventilatie-unit (voorzien van mechanische luchttoevoer en -afvoer) blijkt dat de verdunningsfactor voor de toevoer van verse lucht t.o.v. de luchtafvoer niet voldoet aan de wettelijke eis ($< 0,01$), dan is de fabrikant/leverancier verplicht om aan te geven wat de netto en bruto lucht volumestroom van deze gevelventilatie-unit is. Voor meer informatie zie ISSO-publicatie 91 [12].

De verdunningsfactor moet berekend worden conform NEN 1087 [21]. Deze norm geeft de volgende formules:

$$f = \frac{\sqrt{q_v}}{C_1 \cdot l + C_2 \cdot \Delta h} \quad [-] \quad (3.1)$$

$$f = \frac{\sqrt{B}}{C_1 \cdot l + C_2 \cdot \Delta h} \quad [-] \quad (3.2)$$

Waarin:

f	= verdunningsfactor	[-]
q_v	= de getalswaarde van de capaciteit van een component voor de afvoer van binnenlucht	[dm ³ /s]
B	= de getalswaarde van de capaciteit van een component voor de afvoer van rookgas	[kW]
l	= lengte van de verbindingsslijn tussen de rand van de uitmonding van de toevoer en de rand van de uitmonding van de afvoer	[m]
C_1 en C_2	= verdunningscoëfficiënten uit tabel 3 van NEN 1087 [21]	[-]
Δh	= hoogteverschil tussen de uitmondingen van de toe- en afvoer	[m]

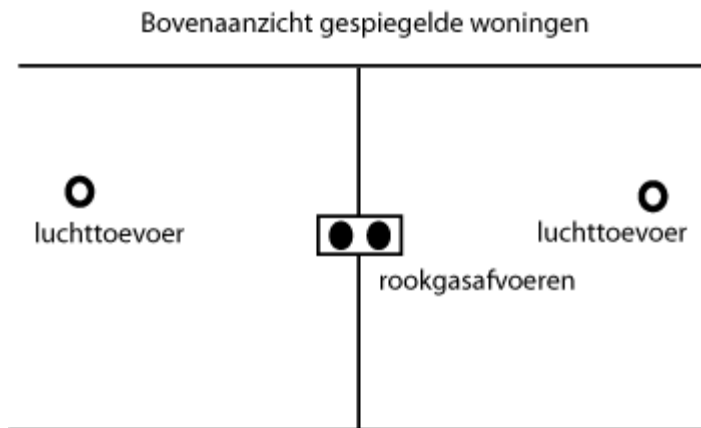
Bij het bepalen van de verdunningsfactor blijft het volgende buiten beschouwing:

- Afvoeropeningen voor rook en binnenlucht die niet op hetzelfde perceel liggen als het betreffende gebouw;
- Openingen voor de afvoer van afvalwater en faecaliën en openingen bestemd voor de ontluchting van deze voorzieningen;
- Openingen van spuivoorzieningen.

De rekenmethode mag slechts toegepast worden onder de volgende voorwaarden:

- De voorziening voor de afvoer van rook mag niet in verbinding staan met verbrandingstoestel(len) waarvan de nominale belasting (eventueel verdeeld over meerdere toestellen) groter is dan 130 kW;
- De voorziening voor de afvoer van binnenlucht mag niet groter zijn dan 1000 dm³/s om de NEN 1087 toe te passen. Indien meer dan 1000 dm³/s wordt afgevoerd moet via gelijkwaardigheid worden aangetoond dat de oplossing voldoet.

Houd ook rekening met aangrenzende percelen. Let op bij de toepassing van gespiegelde woningen (zie bijv. afbeelding 3.2). De som van de afvoer lucht volumestromen wordt nu bepaald door de afvoeren van beide woningen.



Afb. 3.2 Luchttoe- en afvoer bij gespiegelde woningen

Ook voor openhaarden en andere sfeertoestellen die rookgassen produceren moet aan de eisen voor de verdunningsfactor voldaan worden.

In bijlage B is een voorbeeld opgenomen van de berekening van de verdunningsfactor conform NEN 1087 [21].

3.1.2 Thermisch comfort

Het thermisch binnenklimaat betreft het geheel aan omgevingsparameters die de thermische sensatie van de mens beïnvloeden. Onderscheid kan worden gemaakt in:

- Algemene thermische behaaglijkheid (het warm of koud hebben);
- Lokale thermische behaaglijkheid.

De algemene thermische behaaglijkheid wordt bepaald door de luchttemperatuur, de gemiddelde stralingstemperatuur, de luchtvochtigheid, de luchtsnelheid, het activiteitsniveau (metabolisme) en de thermische isolatie van de kleding. Al deze factoren tezamen bepalen of men zich behaaglijk voelt in een ruimte.

Onder lokale thermische onbehaaglijkheid verstaat men onbehaaglijkheid door (te) sterke afkoeling/opwarming van een deel van het lichaam bijvoorbeeld door tocht. De temperatuur in de ruimte is dan op zich goed, desondanks koelt een deel van het lichaam te sterk af. Andere vormen van lokaal discomfort zijn: stralingsasymmetrie (denk aan koudestraling bij een enkel glas raam, warmtestraling vlak voor een verwarmingsbron) en een te grote temperatuurgradiënt (beduidend hogere temperatuur op hoofdhoogte dan bij de voeten).

De toevoer van lucht veroorzaakt een bepaalde luchtsnelheid in de leefzone van een verblijfsgebied voor het verblijven van mensen. Volgens het Bouwbesluit [1], uitgewerkt in NEN 1087 [21], mag deze luchtsnelheid niet hoger zijn dan 0,2 m/s om tochtverschijnselen te voorkomen. De leefzone is dat deel van het verblijfsgebied dat zich bevindt binnen:

- 1,0 meter vanaf de buitengevel;
- 0,2 meter vanaf binnenwanden die het verblijfsgebied omgrenzen;
- 1,8 meter van de vloer.

Opmerking: De praktijkrichtlijn NPR 1088 [34] geeft als praktische aanbeveling de luchttoevoer in de gevel (met een gevelrooster) minimaal 1,8 m boven de vloer aan te brengen om comfortproblemen te voorkomen. Daarnaast moet de toevoervoorziening regelbaar uitgevoerd worden. Zie ook paragraaf 3.3. In de praktijk wordt deze 1,8 m vaak onterecht gezien als eis, waardoor toevoervoorzieningen onder deze hoogte niet toegepast zouden kunnen worden. In werkelijkheid mag elke toevoervoorziening op een willekeurige hoogte boven de vloer worden gesitueerd zolang wordt voldaan aan de eis dat de luchtsnelheid maximaal 0,2 m/s bedraagt onder genormeerde condities volgens NEN 1087. Moderne toevoervoorzieningen die laag toevoeren en waarvan het thermisch comfort is aangetoond kunnen dus prima toegepast worden. Voorbeelden zijn decentrale mechanische toevoerunits eventueel gecombineerd met het verwarmingssysteem

(radiator/convactor).

Wintersituatie

Bij mechanische toevoer van ventilatielucht wordt geadviseerd lucht in te blazen met een temperatuur van tenminste 16 °C. Bij centrale gebalanceerde ventilatie worden bij voorkeur inducerende toevoerventielen toegepast. Deze ventielen zorgen voor een goede vermenging van de ruimtelucht met de toegevoerde lucht. Dit betekent dat bij warmteterugwinning met een hoog rendement (HR-WTW) de lucht niet hoeft te worden voorverwarmd.

Bij lage luchttemperaturen wordt luchtbeweging snel als tocht ervaren. Tabel 3.3 geeft een beoordeling van het thermisch comfort in relatie tot de ventilatieopeningen met een capaciteit van ca. 10 dm³/s (35 m³/h).

Tabel 3.3 Thermisch comfort afhankelijk van de toevoerluchttemperatuur en het type ventilatietoevoervoorziening

Type ventilatie opening		Toevoerluchttemperatuur [°C]						
Algemeen	Specifiek	-15	-10	-5	0	5	10	15
Sterke inductie ¹⁾	Naar boven gerichte stroming	-	-	o	+	++	++	++
	Ronde opening, radiale stroming	--	--	-	-	o	++	++
	Horizontale rechte stroming	--	--	--	--	-	+	++
Zwakke inductie ²⁾	Horizontale opening, hoog geplaatst	--	-	-	o	+	+	++
	Verticale opening, midden geplaatst	--	--	--	--	--	-	-
	Horizontale opening, laag geplaatst	--	--	--	--	--	-	-
1) Sterk inducerende luchtventielen worden in Nederland alleen gebruikt in combinatie met mechanische luchttoevoer. 2) De in Nederland toegepaste ventilatieroosters (natuurlijke toevoer) in de gevel, waarbij de capaciteit wordt bepaald bij 1 Pa, zijn te karakteriseren als 'zwak inducerend - hoog geplaatst'.								
++ thermisch comfort is zeer goed: in 100-95% van de verblijfsruimte wordt aan de comfortcondities voldaan. + thermisch comfort is goed: in 95-85% van de verblijfsruimte wordt aan de comfortcondities voldaan. o thermisch comfort is voldoende: in 85-75% van de verblijfsruimte wordt aan de comfortcondities voldaan. - thermisch comfort is matig: in 75-50% van de verblijfsruimte wordt aan de comfortcondities voldaan. -- thermisch comfort is onvoldoende: in 50-0% van de verblijfsruimte wordt aan de comfortcondities voldaan.								

De verschillende gemeten ventilatievoorzieningen zijn ingedeeld naar de typering:

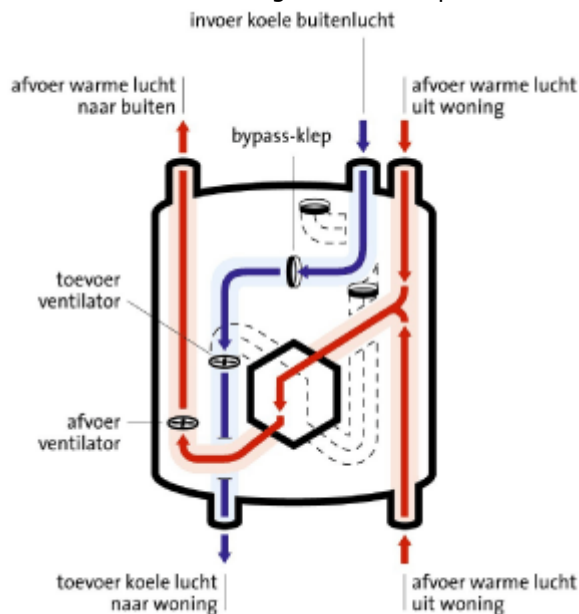
- Sterke inductie (groot drukverschil over het ventiel);
- Zwakke inductie en ventilatieramen op kierstand.

Zomersituatie

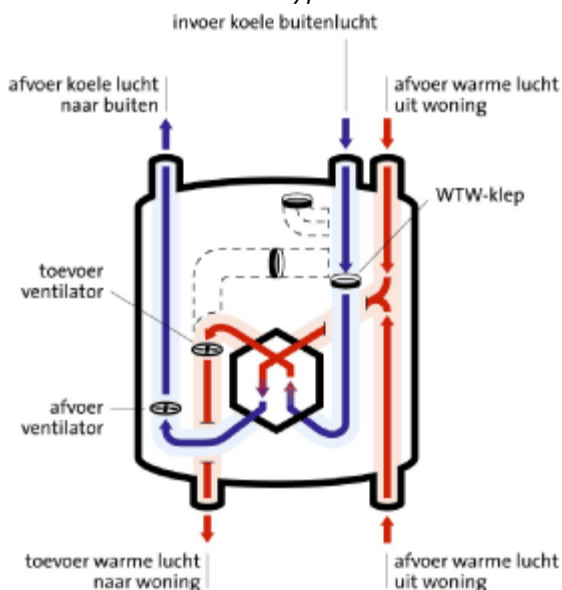
Om opwarming van de woning in de zomer te beperken wordt geadviseerd bij mechanische ventilatiesystemen voorzien van warmteterugwinning een bypass toe te passen. Met een bypass kan de toegevoerde lucht langs de warmtewisselaar gevoerd worden, zodat extra opwarming van

de buitenlucht wordt vermeden.

Een bypass in de WTW-unit levert een bescheiden positieve bijdrage aan het thermisch comfort in de zomer. Dit wordt onder meer bepaald door het (zongerichte) woningontwerp, de gebouwmassa, isolatiegraad en het gebruik van spuivoorzieningen. Met een geopende bypass wordt vrijwel geen warmte overgedragen aan de toevoerlucht. De regeling kan handmatig plaatsvinden (de gebruiker moet dan naar eigen inzicht een klep omzetten waardoor de bypass wordt geopend) of gebeurt automatisch op basis van temperatuurmetingen en setpoints. De effectiviteit van een bypass wordt begrensd doordat de verse lucht in (ingestorte) ongeïsoleerde toevoerkanalen opgewarmd wordt door de warme constructie. De toepassing van een bypass leidt vooral bij woningen met een lage EPC tot een iets lagere gemiddelde vertrektemperatuur in de zomersituatie. Voor een optimaal gebruik van een bypass dient het ventilatiesysteem 's nachts in de hoogstand te staan. In de tussenseizoenen is, door de koelere nachten, het effect van de bypass groter dan in de zomer. Het (zongeoriënteerde) gebouwontwerp, het type beglazing, de gebouwmassa, het gebruik van ramen en deuren en dergelijke hebben een zeer grote invloed op de zomertemperatuur. Een bypass is dus aan te raden om te hoge binnentemperaturen in warme perioden te beperken.



Afb. 3.3 WTW-unit met bypass



Afb. 3.4 WTW-unit zonder bypass

3.1.3 Luchtdoorlatendheid

De termen 'luchtdichtheid' en 'luchtdoorlatendheid' geven beide de lekvolume­stroom aan door de gebouwschil, de termen hebben een tegengestelde duiding. Het Bouwbesluit [1] hanteert het begrip luchtdoorlatendheid en stelt wettelijke eisen aan het beperken van de luchtdoorlatendheid van de woning. Deze eisen zijn bedoeld voor het beperken van energieverliezen en voor het beperken van toetreding van (vochtige) lucht uit de kruipruimte.

In de praktijk wordt vaak het begrip luchtdichtheid gehanteerd. Kwaliteitseisen met betrekking tot de luchtdichtheid van woningen hebben enerzijds betrekking op het beperken van de luchtdoorlatendheid voor het beperken van energieverliezen, en anderzijds op het realiseren van een minimale luchtdoorlatendheid om praktische problemen te voorkomen en bij het uitschakelen van het ventilatiesysteem toch enige infiltratie te realiseren.

Wettelijke eisen

Het Bouwbesluit [1] stelt dat de luchtdoorlatendheid van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een gebruiksfunctie maximaal $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ($200 \text{ dm}^3/\text{s}$ per 500 m^3) mag zijn. Zie afdeling 5.1, Bouwbesluit 2012.

De luchtdoorlatendheid wordt aangegeven met $q_{v,10}$. Dit is de luchtvolumestroom (q_v) tussen binnen en buiten die ontstaat via kieren en naden en niet via de aanwezige ventilatie-openingen, uitgaande van een drukverschil van 10 Pa.

Relatief grote luchtvolumestromen door luchtlekkages kunnen ontstaan bij:

- Aansluitingen tussen het kozijn en de gevel;
- Aansluitingen van de gevel op het dak en daknokken;
- De kierdichting van bewegende delen zoals ramen en deuren;
- Een meterkastvloer;
- De brievenbus.

Om te voorkomen dat door het doordringen van vocht uit een kruipruimte de relatieve vochtigheid in de woning te hoog wordt dient de luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer ter plaatse van een verblijfsgebied, toilet- of badruimte zodanig beperkt te worden dat geen grotere luchtvolumestroom optreedt dan $20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ofwel $0,002 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak bij een drukverschil van 1 Pa. Zie afdeling 3.5, Bouwbesluit 2012 [1].

In de regelgeving van het Bouwbesluit wordt geen rekening gehouden met het toegepaste ventilatiesysteem (zie hoofdstuk 4), de grootte van de woning en het woningtype. Terwijl dit allemaal in relatie staat tot de luchtdoorlatendheid van de woning. Het is daarom aan te bevelen om naast de wettelijke eisen conform het Bouwbesluit te voldoen aan extra kwaliteitseisen:

Luchtdoorlatendheid en toepasbaarheid van systemen

In de norm NEN 2687 [22] worden kwaliteitseisen gesteld aan de luchtdoorlatendheid van woningen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in twee klassen van luchtdoorlatendheid. Klasse 1 betreft de ventilatiesystemen voorzien van een natuurlijke toevoer (type A en C, zie hoofdstuk 4). Klasse 2 betreft de systemen voorzien van een mechanische toevoer (type B of D, zie hoofdstuk 4).

Tabel 3.4 Maximale luchtdoorlatendheid omhulling van de woning bij een drukverschil van 10 Pa (volgens NEN 2687)

Klasse	Woningvolume [m^3]		Minimale $q_{v,10}$ [dm^3/s]	Maximale $q_{v,10}$ [dm^3/s]
	Groter dan	Tot en met		
1	-	250	30	100
	250	500	50	150
	500	-	50	200
2	-	250	-	50
	250	-	-	80

Voor het goed functioneren van gebalanceerde systemen met mechanische toevoer en afvoer (klasse 2) is het uitermate belangrijk dat aan de kwaliteitseisen t.a.v. de maximale luchtdoorlatendheid wordt voldaan.

Andersom zal bij systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met een te kleine luchtdoorlatendheid het verschil tussen de buiten- en binnenluchtdruk te groot zijn waardoor tocht, geluidhinder en schade aan het ventilatiesysteem kan ontstaan. Daarom mogen bij deze ventilatiesystemen, ook om bij afwezigheid van bewoners geen onaanvaardbare situatie te laten ontstaan, de minimale waarden voor de luchtdoorlatendheid (q_{v10}) van de omhulling van een gebouw, niet worden onderschreden.

Relatie met Energieprestatie gebouwen (EPG)

Bij het vaststellen van de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) volgens NEN 7120 [25] wordt rekening gehouden met de luchtdoorlatendheid van de woning. Dit gebeurt door de bepaling van de lucht volumestromen door infiltratie via de, direct aan NEN 7120 gekoppelde, norm NEN 8088 [27]. In de norm NEN 8088 wordt de totale toevoerluchtvolumestroom door infiltratie ($q_{ve;inf}$) bepaald door het product van de specifieke luchtvolumestroom door alle luchtlekken bij een uniform drukverschil van 10 Pa ($q_{v10;spec}$), correctiefactoren (f_{wind} , f_{type} , f_{inf}) en de gebruiksoppervlakte (A_g) van de woning:

$$q_{ve;inf} = f_{wind} \cdot f_{type} \cdot f_{inf} \cdot q_{v10;spec} \cdot A_g \quad [dm^3/s] \quad (3.3)$$

Waarin:

$q_{ve;inf}$	= totale toevoerluchtvolumestroom door infiltratie	[dm ³ /s]
f_{wind}	= een correctiefactor voor de door de winddruk geïnduceerde infiltratie en hangt af van de gebouwafmetingen. Anders gezegd: Hoe hoger het gebouw hoe hoger deze correctiefactor	[-]
f_{type}	= een correctiefactor die de geïnduceerde infiltratie bijstelt naar de voor het gebouwtype karakteristieke winddrukverdeling en thermiek	[-]
f_{inf}	= een correctiefactor voor de invloed van de ventilatievoorziening op de geïnduceerde infiltratie	[-]
$q_{v10;spec}$	= specifieke luchtvolumestroom door alle luchtlekken bij een uniform drukverschil van 10 Pa	[dm ³ /s·m ²]
A_g	= gebruiksoppervlakte	[m ²]

Opmerking: Als de specifieke luchtvolumestroom bij 10 Pa ($q_{v10;spec}$) op basis van meting is vastgesteld, mag deze waarde voor de berekening van de luchtvolumestroom door infiltratie gebruikt worden in de EPC-berekening. In alle andere gevallen moet worden gewerkt met forfaitaire rekenwaarden.

De forfaitaire rekenwaarden voor de specifieke luchtvolumestroom bij 10 Pa zijn in NEN 8088 afhankelijk van het bouwjaar en het woningtype. In tabel 3.5 staat een overzicht van de aan te houden forfaitaire rekenwaarden.

Tabel 3.5 Specifieke luchtvolumestroom voor infiltratie bij 10 Pa [dm³/s·m²] (forfaitaire waarden NEN 8088)

Gebouwtype			Bouwjaar J					
			< 1970	1970 - 1980	1980 - 1990	1990 - 2000	2000 - 2010	> 2010
Rondgebonden woningen	Met een kap	Tussenwoning	4,3	2,8	1,9	1,3	1,0	0,7
		Hoekwoning	5,2	3,4	2,3	1,6	1,2	0,8
		Vrijstaande woning, punt dak	6,0	3,9	2,7	1,8	1,4	1,0

		Vrijstaande woning, half plat dak	5,2	3,4	2,3	1,6	1,2	0,8
	Met een plat dak	Tussenwoning	3,0	2,0	1,3	0,9	0,7	0,5
		Hoekwoning	3,6	2,4	1,6	1,1	0,8	0,6
		Vrijstaande woning	4,2	2,7	1,9	1,3	1,0	0,7
Meerlaagse woningen	Etage van flat-/portiekwoning	Tussenligging op onderste of tussenverdieping	2,2	1,4	1,0	0,7	0,5	0,4
		Kop-, eind- of hoekligging op onderste of tussenverdieping	2,8	1,8	1,2	0,8	0,7	0,5
		Tussenligging op bovenste verdieping	2,6	1,7	1,1	0,8	0,6	0,4
		Kop-, eind- of hoekligging op bovenste verdieping	3,0	2,0	1,3	0,9	0,7	0,5

3.1.4 Geluid

Geluid van installaties of geluid van buiten dat door ventilatieroosters binnenkomt kan hinderlijk zijn. Bij het ontwerpen van ventilatie-installaties ligt de nadruk op het voorkomen van hinderlijk geluid veroorzaakt door de installaties (stromingsgeluid, geluid van ventilatoren) of beperken van geluid van buiten via de ventilatievoorzieningen.

Wettelijke eisen

Geluid van buiten

Tabel 3.6 Bescherming tegen geluid van buiten, nieuwbouw (Bouwbesluit 2012) Artikel 3.2

Situatie	Vereiste karakteristieke geluidwering $G_{A,k}$ [dB]
Verblijfsgebied	Minimaal het verschil tussen de geluidbelasting (conform Wet Geluidhinder) en 35 dB met een minimum van 20 dB
Verblijfsruimte	Minimaal het verschil tussen de geluidbelasting (conform Wet Geluidhinder) en 37 dB met een minimum van 18 dB
Onbenoemde ruimte (geen verblijfsgebied)	Geen eis

Indien de toevoer van ventilatielucht plaatsvindt door roosters in de gevel dan bedraagt de maximale geluidwering in de praktijk ca. 20-25 dB. De geluidwering van het rooster zelf en de lengte van het rooster bepalen in sterke mate deze waarden. Op geluidbelaste locaties is een hogere geluidwering gewenst. Vanaf ca. 25 dB worden suskasten toegepast.

Bij centrale mechanische toevoer (gebalanceerde ventilatie) speelt dit probleem veel minder, aangezien hier geen sprake is van een opening in de gevel maar een centrale aanzuig via het dak. Daarentegen speelt het geluid van de installatie zelf bij deze systemen weer een grotere rol.

Geluid door eigen installaties

Voor geluid veroorzaakt door installaties op het eigen perceel gelden sinds het Bouwbesluit 2012, (Artikel 3.9) ook wettelijke eisen. Aanleiding voor het opnemen van eisen aan het geluid van de eigen ventilatie-eisen zijn de regelmatige klachten over de geluidoverlast door mechanische ventilatiesystemen in met name woningen, scholen en kinderdagverblijven.

Mechanische ventilatiesystemen (al dan niet met warmterugwinning) worden steeds meer gebruikt om aan de energieprestatie-eis (zie afdeling 5.1) te kunnen voldoen. Om te voorkomen dat men een voor een gezond binnenmilieu noodzakelijke installatie wegens geluidoverlast uitschakelt is een maximum gesteld aan de geluidsproductie van installaties voor verwarming, warmterugwinning en luchtverversing. Het volgens NEN 5077 [24] bepaalde karakteristieke installatiegeluidsniveau in een verblijfsgebied is voor de hiervoor genoemde installaties tezamen ten hoogste 30 dB (voor de woonfunctie). Dit geldt zowel wanneer er sprake is van een gecombineerd systeem als voor afzonderlijke apparaten.

In de ISSO-richtlijn 'Geluid voor individuele woninginstallaties' [16] wordt uitgebreid ingegaan op geluidtechnische oplossingen. Voor verschillende ventilatieconcepten in woningen wordt uitgewerkt hoe aan de wettelijke installatie-geluidseisen kan worden voldaan zonder daarbij te hoeven rekenen. De onderstaande maatregelen worden daarin o.a. meegenomen.

Maatregelen tegen geluidshinder

Overdracht van installatiegeluid vindt plaats via het kanalsysteem, door trillingsoverdracht via de bevestiging van de afzuigunit c.q. WTW-unit en door overdracht van luchtgeluid door de scheidingsconstructie van de opstellingsruimte.

Geluid via het kanalsysteem

Het kanalsysteem in een woning zorgt voor geluidoverdracht van:

- Stromingsruis van bochten, regelkleppen en ventielen;
- Ventilatorgeluid.

Stromingsgeluid in kanalen is te beperken door de volgende maatregelen:

- De luchtsnelheid in aftakkingen naar de ventielen mag maximaal 3 m/s bedragen, bij de hoogstand van de ventilator;
- Bij mechanische afzuiging mag de luchtsnelheid in de hoofdkanalen van Ø 125 mm maximaal 5 m/s bedragen, bij de nominale stand van de ventilator;
- Bij mechanische toe- en afvoer mag de luchtsnelheid in de hoofdkanalen van Ø 150 mm maximaal 4 m/s bedragen, bij de nominale stand van de ventilatoren bij voorkeur ronde kanalen toepassen;
- Scherpe bochten en vormstukken vermijden;
- Kanalen en ventielen zo dimensioneren dat zo min mogelijk regelkleppen behoeven te worden toegepast;
- Goede selectie ventielen.

Het door de ventilatoren veroorzaakte geluidniveau wordt via het kanalsysteem voortgeplant. Daarom moeten in het kanaalsysteem geluiddempers worden aangebracht. De geluiddemper of de geluiddempende slangen of kanalen worden in het toevoerkanaal bij voorkeur direct achter de ventilator of de WTW-unit geplaatst. Ze moeten in elk geval tussen de ventilator (of WTW-unit) en de eerste aftakking zitten. De damping dient vooral in de octaafbanden 125, 250, 500 en 1000 Hz gerealiseerd te worden.

Trillingsgeluid

Om trillingsoverdracht van de ventilatorbox of WTW-unit te reduceren moeten volgende voorzieningen getroffen worden:

- Wandmontage bij voorkeur aan een wand met een massa van tenminste 200 kg/m²;
- Vloermontage bij een individueel ventilatiesysteem aan een vloer met een massa van tenminste 200 kg/m² en bij een collectief ventilatiesysteem aan een vloer met een massa van tenminste 400 kg/m²;
- Trillingsvrije bevestiging;

- Aansluiting van kanalen op de unit flexibel uitvoeren;
- Bij houtskeletbouw extra aandacht besteden aan de trillingsvrije bevestiging; extra reductie wordt verkregen door het verstijven van de bevestigingspunten.

Luchtgeluid/kastuitstraling

Hinder door luchtgeluid is te beperken door de ventilatie-unit in een aparte ruimte te monteren en niet op een open plaats als overloop of trapgat.

Overspraak

Het ventilatiesysteem kan een geluidoverdrachtsweg tussen twee vertrekken vormen. Dit wordt overspraak genoemd. Overspraak kan ook ontstaan door een geluidslek tussen twee vertrekken veroorzaakt door een niet zorgvuldig uitgevoerde kanaaldoorvoering. Dit is te voorkomen door toepassen van luchtdichte doorvoertules of afkitten.

In woongebouwen zijn vaak meerdere woningen op één centraal afvoerkanaal aangesloten (soms ook toevoer). Via deze kanalen kan overspraak plaatsvinden. Er dienen maatregelen getroffen te worden om overspraak via het ventilatiesysteem te voorkomen.

Geluiddempende voorzieningen

Geluiddemper

Geluiddempers van het principe Helmholtz-resonator of paneelresonator zijn toepasbaar. De Helmholtz-resonator bestaat uit een afgesloten ruimte, met of zonder absorberende vulling, die door middel van een kanaaltje in verbinding staat met het kanaal waarin absorptie gewenst is. Door een uitgekiende combinatie van het gekozen volume en de lengte en doorsnede van het kanaal kan het geluidniveau in de kanalen voor een specifiek frequentiegebied effectief worden gereduceerd. Een paneelresonator is gebaseerd op vrijwel hetzelfde werkingsprincipe en bestaat uit een folie of een dun paneel, afgedekt met absorptiemateriaal.

Geluiddempende slang

Geluiddempende slang bestaat uit een geperforeerd binnenkanaal, een ommanteling van minerale wol, en een buitenkanaal. De kanalen kunnen gemaakt zijn van kunststof of metaal en de kanalen zijn vaak flexibel. Flexibele akoestische slangen dienen strak gemonteerd te worden. Voor de lage tonen is de geluiddemping van een slangdemper gering. Bij een grote inwendige doorsnede neemt de geluiddemping af. Geluiddempende slang is daarom geschikt voor kanalen met een doorsnede tot 150 mm. Geluiddempende slang mag niet worden gebruikt als bochtstuk en moet, net als flexibel kanaal, strak worden gemonteerd.

Geluiddempend kanaal

Geluiddempende kanalen bestaan uit een metalen binnen- en buitenkanaal, met daartussen een laag isolatiemateriaal. Het binnenkanaal is geperforeerd.

3.2 Energiezuinigheid

Ventileren kost energie. Dit komt enerzijds door het energiegebruik van ventilatoren in mechanische ventilatiesystemen en anderzijds door het energiegebruik voor het opwarmen van koude buitenlucht in de winter. Het energiegebruik van ventilatie kan hoofdzakelijk op de volgende manieren worden beperkt:

- a. Het niet meer ventileren dan noodzakelijk is voor handhaving van een goede luchtkwaliteit (vraaggestuurde ventilatie; zie ook paragraaf 3.3);
- b. Het maken van een ontwerp met weinig luchtweerstand (niet te veel bochten en voldoende grote kanalen, zie paragraaf 5.3.3);
- c. Het toepassen van warmteterugwinning (zie ook paragraaf 5.4.3).

Het beperken van het energiegebruik door ventilatoren wordt gerealiseerd door bovengenoemde punten a) en b). Veel gelijkwaardigheidsverklaringen voor ventilatievoorzieningen zijn gebaseerd op principe a) om een gunstigere waarde van de Energieprestatiecoëfficiënt (EPC) te bereiken. Het beperken van het warmteverlies door ventilatielucht geschiedt door het toepassen van de punten a) en/of c). Door het toepassen van een systeem met warmteterugwinning met een hoog rendement (HR-WTW) kan overigens veel energieverlies door ventilatie bespaard worden. Voorwaarde is wel dat er bij dit type systeem gewerkt wordt met energiezuinige gelijkstroomventilatoren.

Opmerking: In het kader van de Ecodesign-richtlijn moeten producten die energie gebruiken voldoen aan eisen t.a.v. energie-efficiëntie. Voor ventilatoren in woonhuisventilatiesystemen is dit uitgewerkt in een aparte verordening die vanaf medio 2013 rechtstreeks zal worden aangewezen vanuit de wetgeving.

EPC

Naast het energiegebruik door onbewuste ventilatie (luchtdoorlatendheid, zie paragraaf 3.1.3) speelt het energiegebruik door bewuste ventilatie een grote rol bij het bepalen van de energieprestatie van een woning. Gegevens t.a.v. ventilatie die ingevoerd moeten worden in rekenprogramma's om de EPC volgens NEN 7120 EPG [25] te bepalen zijn o.a.:

- Bouwjaar;
- Gebouwtype (individuele woning, woning in woongebouw) en -locatie (tussen, hoek, vrijstaand etc.);
- Bouwtype (o.a. steen, houtskeletbouw);
- Type ventilatiesysteem inclusief regeling (zie hoofdstuk 4);
- Type warmteterugwinning (alleen bij gebalanceerde mechanische ventilatie);
- Type voorverwarming (o.a. serre);
- Vermogen ventilatoren (indien bekend).

Opmerking: De norm NEN 7120 is vanaf medio 2012 alleen geldig voor nieuwbouw. Voor de bestaande bouw zal via een 'Nader Voorschrift' vanaf medio 2013 de norm ook aangewezen worden voor de bestaande bouw. Dit betekent dat de bepaling van energielabels straks alleen nog via de berekeningsmethodiek van NEN 7120 zal verlopen.

Gelijkwaardigheid

Nieuwe ventilatieconcepten voor woningen richten zich op energiezuinig ventileren. In de EPC-berekening bestaat de mogelijkheid tot het invoeren van nieuwe ventilatieconcepten. De fabrikant van het (nieuwe) ventilatiesysteem dient daarom aan te geven wat de invloed ervan is op de uiteindelijke EPC. Om dit te onderbouwen laat de fabrikant door een (onafhankelijke) partij een zogeheten gelijkwaardigheidsrapport opstellen. Hierin wordt aangegeven of de gekozen oplossing een gelijkwaardige energiezuinigheid en ventilatiekwaliteit heeft ten opzichte van de minimale ventilatiehoeveelheid die volgens het Bouwbesluit [1] toelaatbaar is. Met behulp van het gelijkwaardigheidsrapport kan bij de bouwaanvraag worden getoetst of er daadwerkelijk sprake is van een gelijkwaardige oplossing.

Opmerking: Er wordt op dit moment door de ventilatiebranche gewerkt aan een uniformering voor het opstellen van gelijkwaardigheidsverklaringen voor innovatieve en energiebesparende ventilatiesystemen. Deze zal naar verwachting in de toekomst worden geïntegreerd in NEN 8088 [27].

3.3 Regelbaarheid

In het Bouwbesluit 2012 [1] worden de volgende eisen gesteld aan de regelbaarheid van een ventilatievoorziening:

De capaciteit van een voorziening voor luchtverversing van een verblijfsgebied of verblijfsruimte is regelbaar. De voorziening heeft, bepaald volgens NEN 1087, naast een laagste stand van ten hoogste 10% van de capaciteit en een stand van 100 % van de capaciteit ten minste twee standen in het regelgebied tussen de laagste stand en 30% van de capaciteit. Deze twee standen verschillen in capaciteit ten opzichte van de nulstand en onderling ten minste 10%.

Opmerking: Volgens het Bouwbesluit 2012 moet de gehele ventilatievoorziening regelbaar zijn in het gebied van 0 tot 30% in de capaciteit. In de voorgaande versie van het Bouwbesluit gold deze eis alleen voor de ventilatietoevercomponent in het gebied van 0 tot 25% van de vereiste ventilatiecapaciteit.

NEN 1087 [21] geeft een bepalingsmethode voor de regelbaarheid van ventilatievoorzieningen, bestemd voor de natuurlijke toevoer van verse lucht direct van buiten. Een opening van een voorziening voor luchtverversing is niet afsluitbaar.

Regelingen mechanische ventilatiesystemen

Bij het regelen van mechanische ventilatiesystemen worden de volgende systemen toegepast:

- Calamiteitenschakeling;
- Standenschakeling via een handmatig bediende schakelaar;
- Vraaggestuurde ventilatie via CO₂ of RV-meting;
- Tijdgestuurde ventilatie.

Calamiteitenschakeling

Tijdens normaal gebruik mag de bewoner de ventilatie-installatie niet kunnen uitschakelen. Om bij calamiteiten buitenshuis mechanische ventilatie door de bewoners eenvoudig te kunnen uitschakelen, zijn afhankelijk van de situatie de volgende mogelijkheden beschikbaar.

Tabel 3.7 Mogelijkheden calamiteitenschakeling

	Eengezinswoningen met individuele ventilatie-installatie	Meergezinswoningen met collectieve ventilatie-installatie
Bestaande bouw	De netaansluiting van de ventilatie-unit(s) moet goed bereikbaar zijn zodat in geval van een calamiteit de stekker uit het stopcontact getrokken kan worden	Aanbrengen van een 'calamiteiten schakelaar' naast de technische ruimte (veelal op de hoogste verdieping) en calamiteiten schakelaar(s) bij de centrale lift c.q. het centrale trappenhuis. Deze voorzieningen hoog in de ruimte aanbrengen. Bij deze calamiteiten schakelaars een optische voorziening aanbrengen zodat men kan zien wanneer de installatie uitgeschakeld is. Inschakelen kan alleen door de huismeester en/of installateur
Nieuwbouw	De elektrische voeding van de ventilatie-unit(s) op een aparte, gemarkeerde elekdragroep in de meterkast aansluiten	Zie collectieve installaties bestaande bouw + bij voorkeur de ventilatie-unit(s) door schakelsignaal op het lichtnet op afstand uitschakelbaar maken

De calamiteitenschakelaar kan worden gezien als de in het Bouwbesluit genoemde 'nulstand'.

Standenschakelaar

Het ventilatiesysteem kent drie ventilatiestanden waardoor de ventilatiehoeveelheid afgestemd kan worden op de ventilatiebehoefte. Deze stand wordt geregeld met de driestandenschakelaar in de keuken. Soms is de schakelaar op de afzuigkap gemonteerd. De standen worden met cijfers of symbolen aangegeven.

De drie standen zijn:

- Stand 1: wanneer niemand thuis is;
- Stand 2: wanneer één of meerdere personen thuis zijn;
- Stand 3: bij koken, douchen, baden, veel bezoek, partijtjes en dergelijke.

In de praktijk worden bij het ontwerpen en realiseren van mechanische ventilatiesystemen de volgende richtwaarden (kwaliteitseis t.o.v. het Bouwbesluit) voor de luchtvolumestroom geadviseerd.

Tabel 3.8 Richtwaarden voor de luchtvolumestroom

Stand	Richtwaarden luchtvolumestroom
--------------	---------------------------------------

1. Laagstand	30 - 50% van de maximale capaciteit
2. Middenstand	50 - 65% van de maximale capaciteit
3. Hoogstand	100%, maximale capaciteit

Bouwbesluit - regelbaarheid ventilatie en meerstandenschakelaar

Het artikel 3.31 Regelbaarheid in Bouwbesluit 2012 impliceert voor woningventilatiesystemen het volgende: naast een aanwezige 'nulstand' van maximaal 10% van de voorgeschreven capaciteit moet de gangbare 3-standenschakelaar (bij mechanische ventilatie) op de volgende capaciteiten worden uitgelegd:

1. Minimaal 10% van de voorgeschreven capaciteit hoger dan de nulstand, max. 20%;
2. Minimaal 10% van de voorgeschreven capaciteit hoger dan de minimumstand, max. 30%;
3. 100% van de voorgeschreven capaciteit.

In tegenstelling tot wat is geregeld via privaatrechtelijke afspraken (GIW/ISSO) zou regelstand 2, de 'middenstand' volgens het nieuwe Bouwbesluit overeenkomen met wat nu de 'laagstand' is (max. 30%). Een onwenselijke situatie! Om te komen tot een kwalitatief goede woningventilatie geldt daarom nog steeds het advies regelstand 2, 'de middenstand' uit te leggen op minimaal 50% - 65% van de voorgeschreven capaciteit.

In sommige woningen is een extra schakelaar aangebracht bij bijvoorbeeld de badkamer. Deze extra schakelaar vergroot het gebruiksgemak.



Afb. 3.5 Voorbeeld van 3-standenschakelaar



Afb. 3.6 Voorbeeld van 3-standenschakelaar

Vraaggestuurde ventilatie

Bij vraagsturing wordt met behulp van sensoren de ventilatievolumestroom gestuurd. In het algemeen is dat sturing op basis van een CO₂-sensor. Zodra personen in een ruimte aanwezig zijn wordt CO₂ geproduceerd. Bij oplopende CO₂-concentraties gaat het systeem meer ventileren om niet boven een ingestelde waarde te komen. In badkamers en keukens kan gestuurd worden op

basis van ontwikkeld vocht. Hier geldt hoe meer vocht, hoe meer ventilatie. Bij vraaggestuurde systemen moet er, ook bij afwezigheid van personen, een 'basisventilatie' aanwezig zijn vanwege hygiënische en bouwfysische redenen. Bijv. om emissies uit bouw materiaal etc. af te voeren.



Afb. 3.7 Voorbeeld van CO₂-sensor (Bron: Alusta)



Afb. 3.8 Voorbeeld van CO₂-sensor (Bron: Jaga)

Tijdgestuurde ventilatie

Bij tijdgestuurde ventilatie is sprake van een centrale regelaar die per vertrek vooraf ingestelde ventilatievolumestroom toe- en/of afvoert. Deze lucht volumestromen zijn gebaseerd op een verwachte aanwezigheid van één of meerdere personen in die ruimte gedurende bepaalde tijden. Deze waarden kunnen handmatig overruled worden.



Afb. 3.9 Voorbeeld van een centrale regelaar voor ventilatievolumestromen (bron: Alusta)

4 Indeling ventilatiesystemen en eigenschappen

De normen NEN 1087 [21] en NPR 1088 [34] geven een indeling voor ventilatiesystemen in gebouwen. Deze indeling is gebaseerd op de manier van lucht toe- en afvoeren:

- Systeem A: natuurlijke luchttoevoer en natuurlijke luchtafvoer;
- Systeem B: mechanische luchttoevoer en natuurlijke luchtafvoer;
- Systeem C: natuurlijke luchttoevoer en mechanische luchtafvoer;
- Systeem D: mechanische luchttoevoer en mechanische luchtafvoer.

Daarnaast wordt geïntroduceerd:

- Systeem X: hybride ventilatie of een combinatie van meerdere ventilatiesystemen in één woning.

Binnen de bovengenoemde hoofddeling worden ook subgroepen geïntroduceerd. De subgroepen in dit Kleintje Ventilatie worden aangeduid met een volgnummer en evt. -letter. Hierbij zijn de aanduidingen uit ISSO-publicatie 61 [8] en NEN 8088 [27] gevolgd.

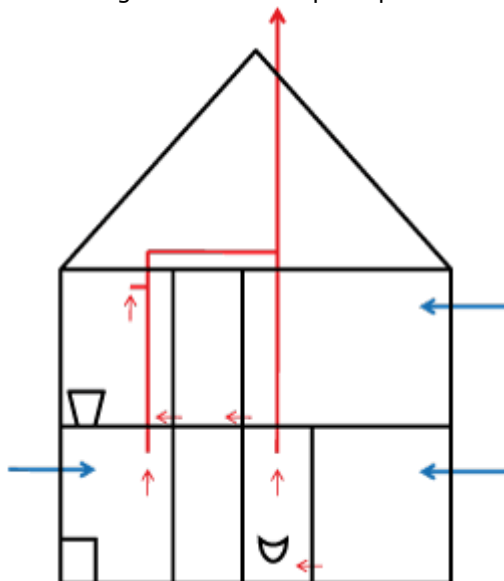
Voor de systeembeschrijvingen wordt uitgegaan van laagbouw. Indien het ventilatiesysteem ook in de gestapelde bouw wordt toegepast, wordt dit apart toegelicht.

4.1 Natuurlijke ventilatiesystemen

Bij natuurlijke ventilatie wordt gebruik gemaakt van winddruk op de gevel en/of thermische trek door temperatuurverschillen. Er wordt geen gebruik gemaakt van ventilatoren om de ventilatie te realiseren.

4.1.1 Ventilatiesysteem type A

Bij dit ventilatiesysteem is sprake van natuurlijke toevoer van verse lucht via regelbare ventilatievoorzieningen in de gevel. De natuurlijke afvoer vindt plaats via verticale kanalen. In afbeelding 4.1 wordt het principe van natuurlijke ventilatie schematisch weergegeven.



Afb. 4.1 Ventilatiesysteem type A

Eigenschappen ventilatiesysteem type A

Sterke punten:

- Eenvoudig systeem;
- Geen extra energie nodig voor luchtverversing;
- Geluidsarm.

Zwakke punten:

- Voldoende ventilatie niet altijd gewaarborgd;
- Bij wind op de gevel discomfort en te veel ventilatie (te groot energiegebruik);
- Geen energiebesparende technieken mogelijk;

- Discomfort bij lage buitentemperaturen (zie ook tabel 3.3);
- Beperkte demping van geluid van buiten.

Varianten ventilatiesysteem A

- A1: handmatig bediende natuurlijke toevoer van verse lucht en natuurlijke luchtafvoer.
- A2: winddruk geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en natuurlijke luchtafvoer.

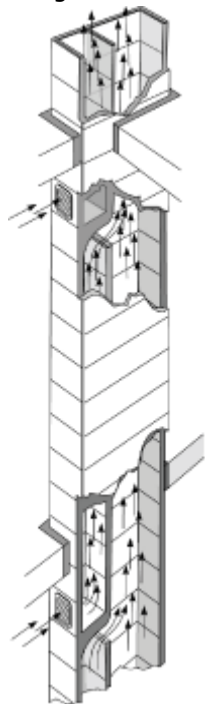
Opmerking: Bij winddruk op de gevel is te veel ventilatie te beperken door het toepassen van zelfregelende roosters.

Dit ventilatiesysteem komt nog veel voor in bestaande woningen. Een ontwikkeling die zich hier voordoet is het verbeteren van de natuurlijke toevoer via een platte modulaire kast achter de radiator, waardoor er in de winter minder comfortklachten ontstaan.

In nieuwbouwwoningen wordt dit systeem niet meer toegepast, enerzijds omdat er geen waarborging is van voldoende ventilatie en anderzijds omdat met dit systeem vrijwel niet aan de geldende energieprestatie-eisen kan worden voldaan.

Gestapelde bouw

Bij (bestaande) gestapelde bouw vindt toevoer van verse lucht plaats via gevelroosters in de verblijfsgebieden en luchtafvoer via keukens, toilet en badkamer die op een shuntkanaal zijn aangesloten. Afbeelding 4.2 geeft een voorbeeld van een shuntkanaal.



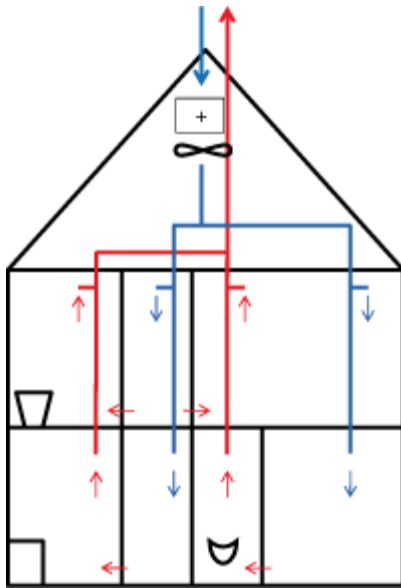
Afb. 4.2 Shuntkanaal

4.2 Mechanische ventilatiesystemen

Bij mechanische ventilatie wordt de toe- en/of afvoer van lucht door één of meerdere ventilator(en) verzorgd.

4.2.1 Ventilatiesysteem type B

Bij dit ventilatiesysteem is sprake van mechanische toevoer van verse lucht via luchtkanalen. De afvoer geschiedt op natuurlijke wijze via verticale bouwkundige afvoerkanalen, aangesloten op de keukens, het toilet en de badkamer. In afbeelding 4.3 wordt het principe van ventilatiesysteem type B schematisch weergegeven.



Afb. 4.3 Ventilatiesysteem type B

Eigenschappen ventilatiesysteem type B

Sterke punten:

- Redelijke waarborging lucht volumestromen;
- Goed comfort mogelijk door voorverwarmen ventilatielucht;
- Filtering van de buitenlucht is mogelijk;
- Vraagsturing mogelijk bij sommige uitvoeringen/systemen.

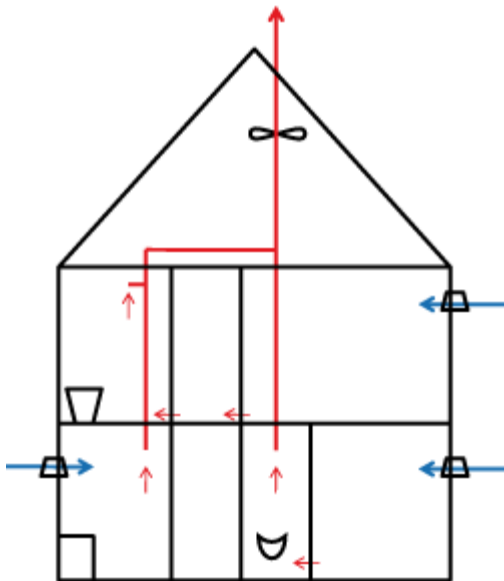
Zwakke punten:

- Geen energiebesparende technieken mogelijk;
- Geluid van luchttoevoer bij onvoldoende zorg aan ontwerp en uitvoering;
- Energiegebruik voor luchtverversing en voorverwarming;
- Onderhoud van filters noodzakelijk.

Dit systeem wordt in Nederland nauwelijks toegepast in woningen en is daarom binnen deze publicatie niet verder uitgewerkt. In ISSO-publicatie 61 [8] wordt dit systeem zowel voor de laagbouw als gestapelde bouw nader toegelicht.

4.2.2 Ventilatiesysteem type C

Bij dit ventilatiesysteem is sprake van natuurlijke toevoer van verse lucht via regelbare ventilatievoorzieningen in de gevel. De afvoer van ventilatielucht geschiedt via een kanalsysteem aangesloten op een afzuigunit voorzien van een ventilator. In afbeelding 4.4 wordt het principe van ventilatiesysteem type C schematisch weergegeven.



Afb. 4.4 Ventilatiesysteem type C

Eigenschappen ventilatiesysteem type C

Sterke punten:

- Relatief eenvoudig systeem;
- Door afzuiging lucht volumestromen gewaarborgd.

Zwakke punten:

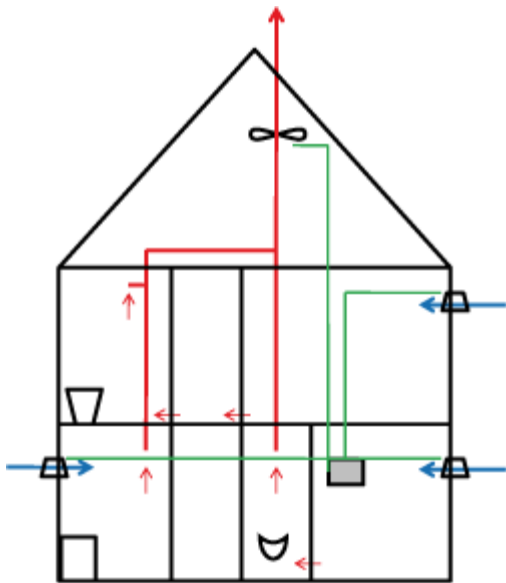
- Bij wind op de gevel discomfort en te veel ventilatie (te groot energiegebruik);
- Energiebesparende technieken beperkt mogelijk;
- Discomfort bij lage buitentemperaturen;
- Beperkte demping van geluid van buiten;
- Geluid van luchtafvoer of ventilator bij onvoldoende zorg aan ontwerp en uitvoering.

Systeem C wordt nog steeds veel toegepast in nieuwbouwwoningen. Steeds meer aandacht dient uit te gaan naar het waarborgen van voldoende verse lucht door het steeds energiezuiniger - luchtdichter - bouwen van woningen (zie paragraaf 3.1.3).

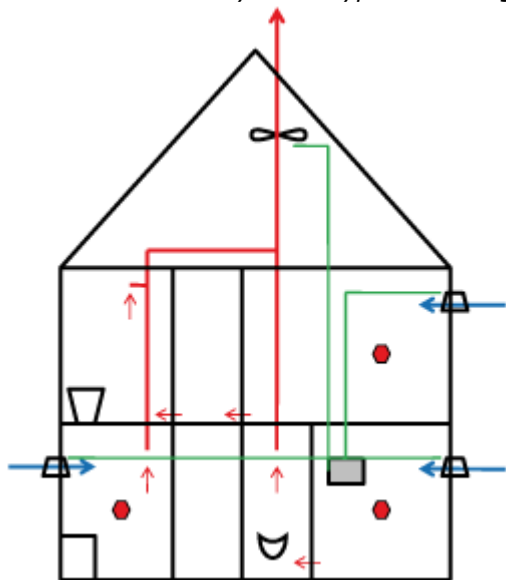
Varianten

Van dit systeem is een aantal varianten op de markt die één of meer zwakke punten niet hebben:

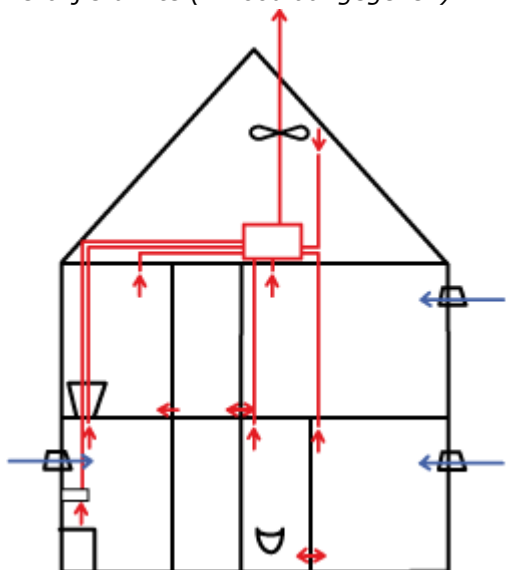
- Systemen met winddruk geregelde kleppen in de toevoerroosters; deze voorkomen een te grote lucht volumestroom bij winddruk op de gevel en hebben vaak een aangepast stromingspatroon waardoor minder snel tocht klachten ontstaan;
- Systemen met elektronisch geregelde kleppen in de toevoerroosters; deze voorkomen een te grote lucht volumestroom bij winddruk op de gevel en maken tijdsturing of CO₂-regeling (vraagsturing) mogelijk. Zie afbeelding 4.5 en 4.6;
- Systemen met luchttoevoer achter de radiator waardoor koude buitenlucht wordt opgewarmd en tocht klachten worden voorkomen. Bij dit systeem is ook de demping van geluid van buiten beter. Systeem kan eventueel vraaggestuurd uitgevoerd worden;
- Systemen met een mechanische afvoer per vertrek waarbij vraagsturing van de afvoer plaats vindt. Dit systeem heeft een lager energiegebruik tot gevolg. Zie afbeelding 4.7.



Afb. 4.5 Ventilatiesysteem type C met regeling op basis van tijd



Afb. 4.6 Ventilatiesysteem type C met regeling op basis van luchtkwaliteit via CO₂-sensoren in de verblijfsruimte (in rood aangegeven)



Afb. 4.7 Ventilatiesysteem type C met mechanische afvoer per vertrek

Hieronder volgt een complete opsomming van varianten met codering overeenkomstig ISSO-publicatie 61 [8]:

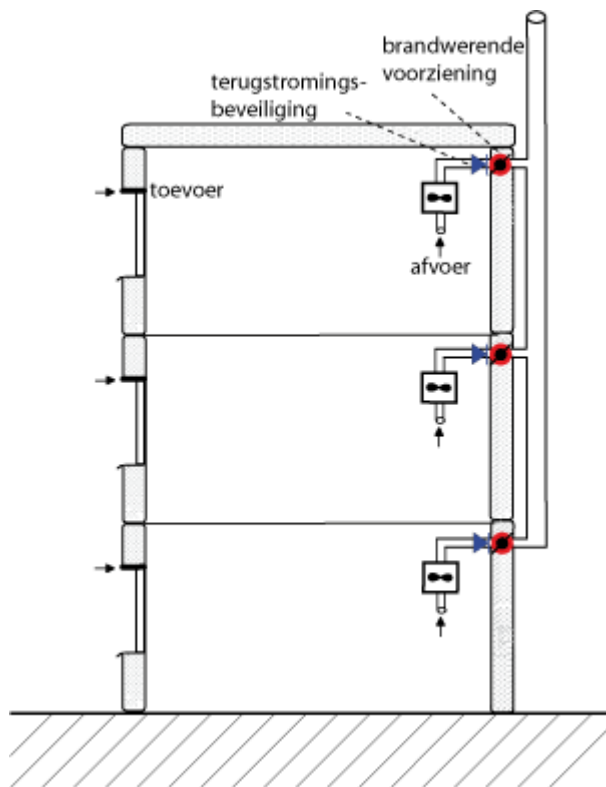
- C1: handmatig bediende natuurlijke toevoer van verse lucht en centrale mechanische luchtafvoer;
- C2: winddruk geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en centrale mechanische luchtafvoer;
- C3a: handmatig bediende natuurlijke toevoer van verse lucht en tijdgestuurde centrale mechanische luchtafvoer;
- C3b: winddruk geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en tijdgestuurde centrale mechanische luchtafvoer;
- C3c: tijdgestuurde natuurlijke toevoer van verse lucht en tijdgestuurde centrale mechanische luchtafvoer;
- C3d: winddruk geregelde natuurlijke toevoer en vochtgestuurde centrale mechanische luchtafvoer;
- C4a: winddrukafhankelijk geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en CO₂-geregelde centrale mechanische luchtafvoer;
- C4b: CO₂-geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en handmatig bediende centrale mechanische luchtafvoer;
- C4c: CO₂-geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en CO₂ geregelde centrale mechanische luchtafvoer;
- C5: winddruk geregelde natuurlijke toevoer van verse lucht en CO₂-/vochtgeregelde mechanische luchtafvoer per vertrek.

Gestapelde bouw

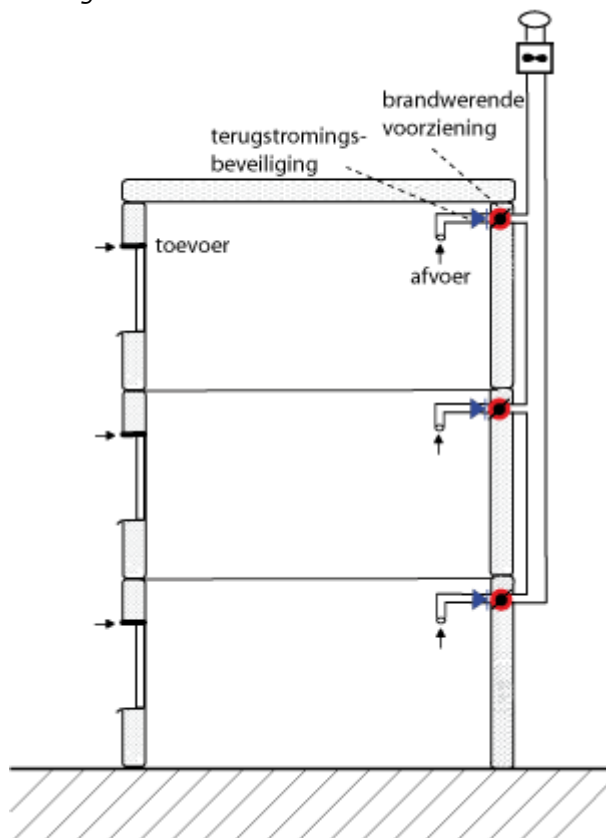
Ventilatiesysteem C komt in de gestapelde bouw voor in 2 varianten:

1. Mechanische afvoerunit per woning aangesloten op een collectief kanaal (zie afbeelding 4.8);
2. Aansluiting op collectief afvoer kanaal en één centrale mechanische afvoerunit voor alle woningen (zie afbeelding 4.9).

Bij beide systemen is er een natuurlijke toevoer van verse lucht in de verblijfsruimten (al dan niet winddruk geregeld en/of vraaggestuurd). Bij de aansluiting op het centrale afvoerkanaal is een terugslagklep opgenomen om de stromingsrichting te garanderen.



Afb. 4.8 Natuurlijke toevoer van verse lucht en collectieve luchtafvoer met een afvoerunit per woning



Afb. 4.9 Natuurlijke toevoer van verse lucht en collectief luchtafvoer kanaal met één centrale afvoerunit

4.2.3 Ventilatiesysteem type D

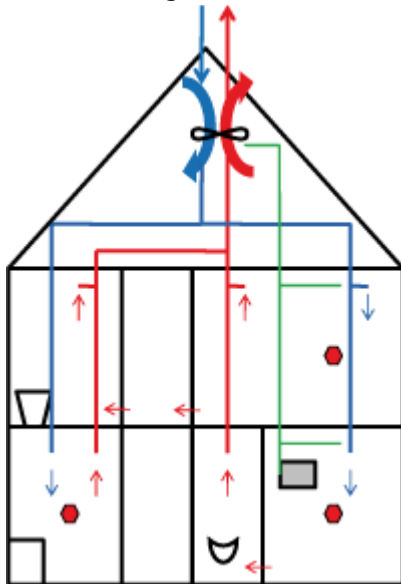
Bij deze ventilatievoorziening is sprake van mechanische toevoer van verse lucht in de verblijfsruimten en centrale mechanische luchtafvoer. Bij dit systeem zijn door de mechanische toevoer van verse lucht en luchtafvoer de luchthoeveelheden in de vertrekken gegarandeerd. Doordat de lucht mechanisch wordt toe- en afgevoerd is het voorkomen van geluidshinder door de ventilatoren een punt van aandacht. Bij de meeste varianten van dit systeem zijn energiebesparende technieken goed mogelijk.

Deze ventilatievoorziening kent een aantal varianten:

- Centrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer (type D1a, D2, D3a, D3c, D4a, D4c en D5a volgens ISSO-publicatie 61 [8]);
- Decentrale mechanische toevoer en decentrale mechanische afvoer (type X1a, X1b en X1c volgens ISSO-publicatie 61 [8]);
- Decentrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer (type D1b, D3b, D3d, D4b, D4d en D5b volgens ISSO-publicatie 61 [8]).

4.2.3.1 Centrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer

Bij dit ventilatiesysteem is sprake van een mechanische toevoer van verse lucht en een mechanische afvoer van ventilatielucht. De luchttoevoerhoeveelheid komt daarbij overeen met de luchtafvoerhoeveelheid; het systeem is in balans. Omdat de lucht daarnaast centraal (meestal via het dak) wordt toe- en afgevoerd is hier sprake van centrale gebalanceerde ventilatie. In afbeelding 4.10 wordt het principe van dit ventilatiesysteem schematisch weergegeven. Bij dit systeem wordt vrijwel altijd warmterugwinning (WTW) toegepast. De centraal geplaatste WTW-unit bevat 2 ventilatoren (toevoer en afvoer), warmtewisselaar en luchtfilters. In de tegenstroomwarmtewisselaar wordt de warmte uit de afvoerlucht gebruikt om de toevoerlucht op te warmen. De in tegenrichting gestelde luchtstromen zijn van elkaar gescheiden en komen daarbij niet met elkaar in contact. Gezien de hoge rendementen van deze warmtewisselaars is naverwarming van de buitenlucht niet meer nodig.



Afb. 4.10 Ventilatiesysteem centrale mechanische toe- en afvoer

Eigenschappen ventilatiesysteem type D

Sterke punten:

- Lucht volumestromen steeds gewaarborgd;
- Energiebesparende technieken mogelijk;
- Met HR-WTW altijd tochtvrije luchttoevoer mogelijk;
- Filtering/reiniging van de toevoerlucht mogelijk.

Zwakke punten:

- Bij systemen zonder bypass grotere kans op oververhitting van het binnenklimaat;
- Energiegebruik van de ventilatoren;
- Onderhoud van filters noodzakelijk;
- Geluid van luchttoe- en -afvoer of WTW-unit bij onvoldoende zorg aan ontwerp en uitvoering.

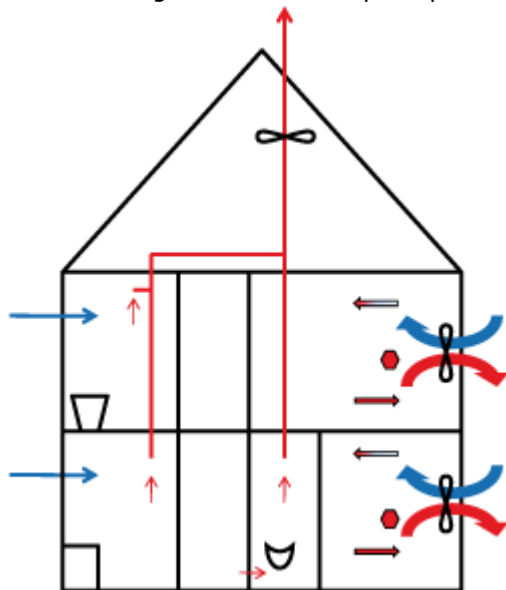
De toepassing van dit systeem is erg populair geworden vanwege de kosten-efficiënte manier waarmee aan de geldende energieprestatie-eisen kan worden voldaan. Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning kan een erg comfortabel en energiebesparend systeem zijn als er wordt voldaan aan een aantal voorwaarden. Echter, de praktijk wijst uit dat hier nog veel misgaat, met name bij het ontwerp en de uitwerking van het systeem. Meestal is dit te herleiden tot problemen met het installatiegeluid (ventilatoren/ventielen), de gebrekkige inregeling of omdat de woning simpelweg niet voldoende luchtdicht is gebouwd (en de energiebesparing dus beperkt is).

Dit ventilatiesysteem wordt vrijwel alleen toegepast in de nieuwbouw. Toepasbaarheid in de bestaande bouw is ingewikkelder vanwege de benodigde ruimte voor de luchtkanalen, echter bij zeer ingrijpende renovaties is dit systeem prima toepasbaar.

4.2.3.2 Decentrale mechanische toevoer en decentrale mechanische afvoer

Een variant op centrale gebalanceerde ventilatie is lokale gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Hierbij wordt de WTW-unit geïntegreerd in een gevelventilatie-unit. Bij dit systeem wordt naar behoefte geventileerd; de luchtkwaliteit en daarmee ook de toe te voeren lucht volumestroom wordt vastgesteld door het meten van de luchtvochtigheid (RV) en/of de hoeveelheid kooldioxide (CO₂) in de lucht.

In afbeelding 4.11 wordt het principe van dit ventilatiesysteem schematisch weergegeven.



Afb. 4.11 Ventilatiesysteem decentrale mechanische toevoer en afvoer

Het systeem kan zowel in nieuwbouwwoningen als bij renovaties van bestaande woningen worden toegepast.

Sterke punten:

- Luchtvolumestromen steeds gewaarborgd;
- Energiebesparende technieken mogelijk;
- Met HR-WTW altijd tochtvrije luchttoevoer mogelijk;
- Filtering/reiniging van de toevoerlucht mogelijk;
- Ook geschikt voor renovatie.

Zwakke punten:

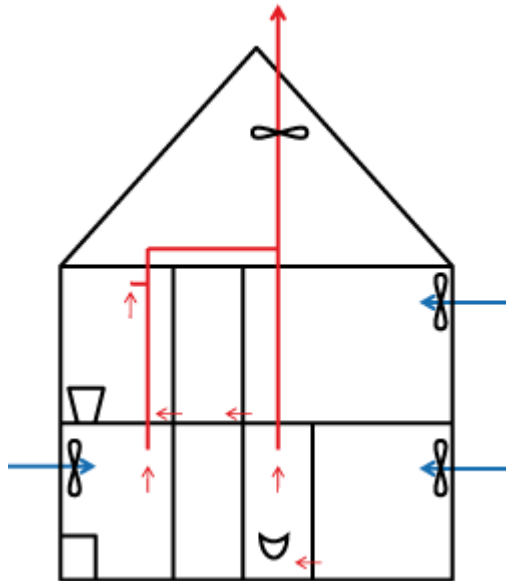
- Bij systemen zonder bypass grotere kans op oververhitting van het binnenklimaat;

- Energiegebruik van de ventilatoren;
- Onderhoud van filters noodzakelijk;
- Geluid van luchttoe- en -afvoer of ventilator bij onvoldoende zorg aan ontwerp en uitvoering;
- Apart systeem voor keuken, toilet en badkamer noodzakelijk (zie uitwerking ventilatiebalans in hoofdstuk 5).

4.2.3.3 Decentrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer

In tegenstelling tot de andere gebalanceerde ventilatiesystemen zijn bij dit systeem de toevoer- en afvoerventilator van elkaar gescheiden. Beiden bevinden zich in een eigen unit, maar worden gelijktijdig en onderling geregeld zodat er sprake is van gebalanceerde ventilatie. Voor de toevoer van verse lucht bestaan losse units, inbouwunits voor achter de radiator en convectoren met een geïntegreerde unit.

Bij dit systeem kan geen warmteterugwinning toegepast worden. In afbeelding 4.12 wordt het principe van dit ventilatiesysteem schematisch weergegeven.



Afb. 4.12 Ventilatiesysteem decentrale mechanische toevoer en centrale mechanische afvoer

Het systeem kan zowel in nieuwbouwwoningen als bij renovaties van bestaande woningen worden toegepast.

Sterke punten:

- Luchtvolumestromen steeds gewaarborgd;
- Filtering/reiniging van de toevoerlucht mogelijk;
- Geen luchttoevoerkanalen benodigd;
- Toe te passen op geluidsbelaste locaties (ook zomernachtventilatie mogelijk).

Zwakke punten:

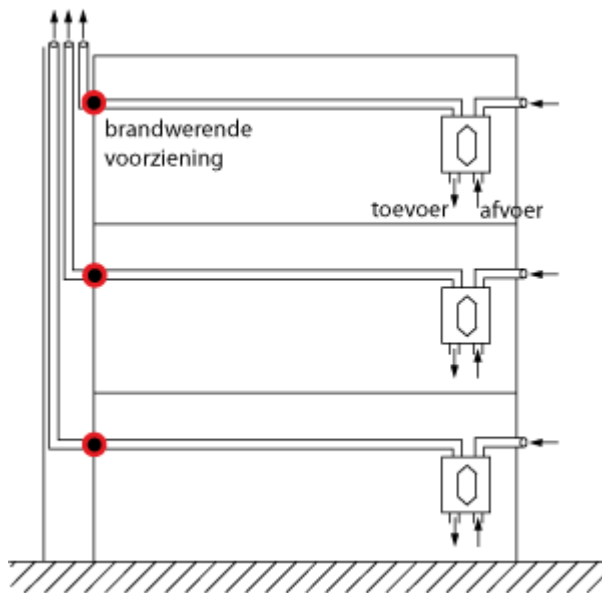
- Energiegebruik van de ventilatoren;
- Energiebesparende technieken beperkt mogelijk.

Gestapelde bouw

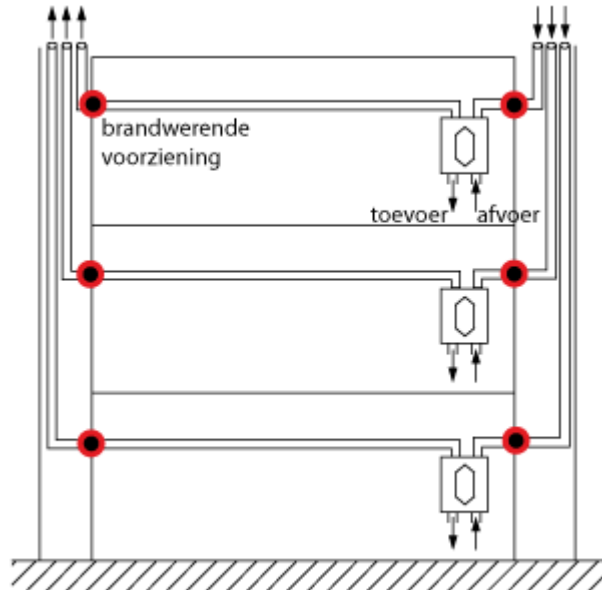
Systeem D komt regelmatig voor in de gestapelde bouw. De volgende varianten zijn gangbaar:

- Dg1-1: individuele toevoer van verse lucht en individuele luchtafvoer (afbeelding 4.13 en 4.14);
- Dg1-2: individuele toevoer van verse lucht en collectieve luchtafvoer (afbeelding 4.15 en 4.16);
- Dg1-3: collectieve toevoer van verse lucht en individuele luchtafvoer (afbeelding 4.17);

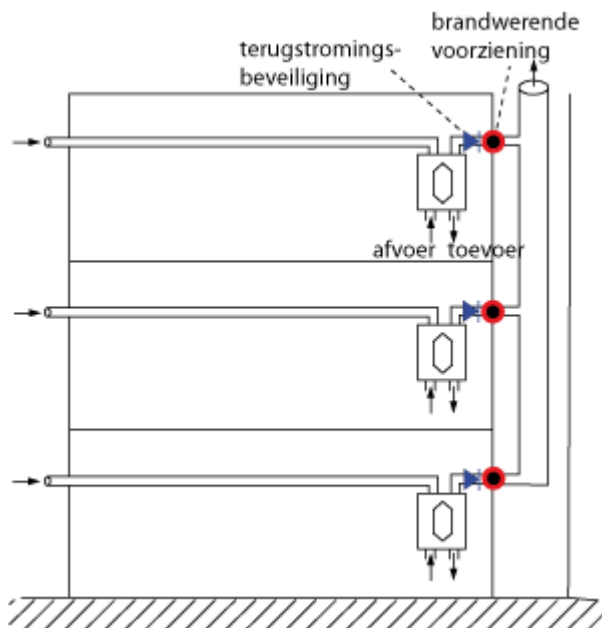
- Dg1-4: collectieve toe- en afvoer van lucht (afbeelding 4.18).



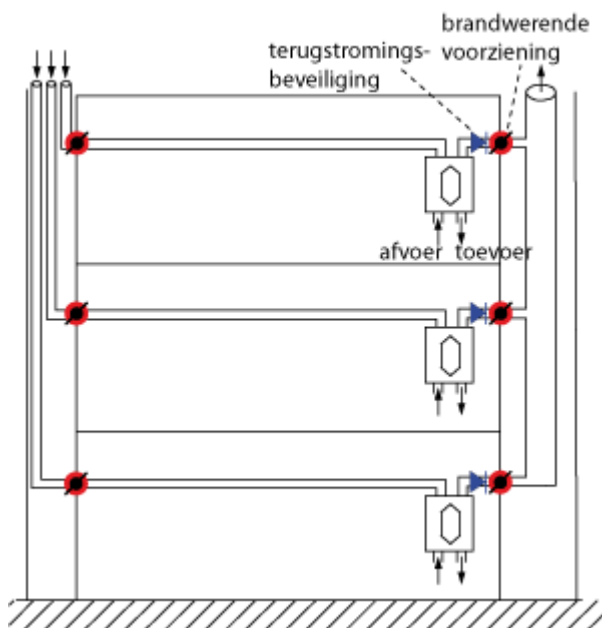
Afb. 4.13 Ventilatiesysteem Dg1-1a met individuele toevoer van verse lucht via de gevels en individuele luchtafvoer via het dak of dakrand



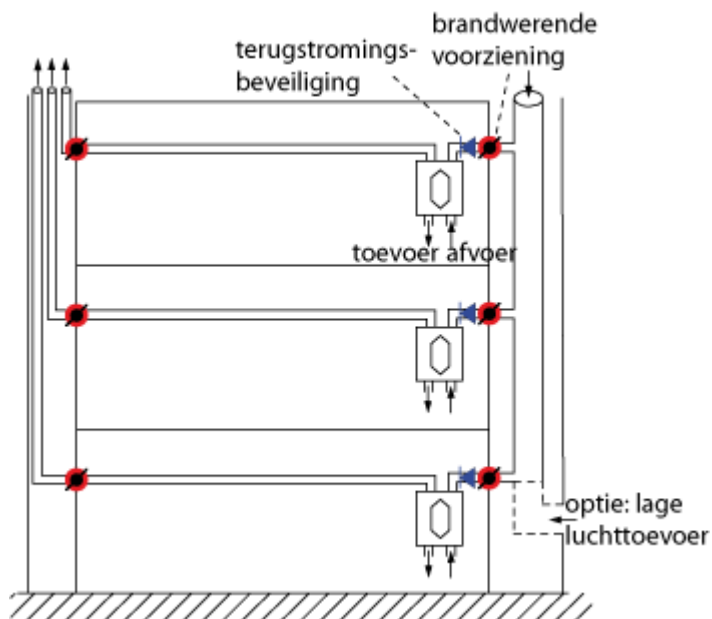
Afb. 4.14 Ventilatiesysteem Dg1-1b met individuele luchttoe- en afvoer via het dak of dakrand



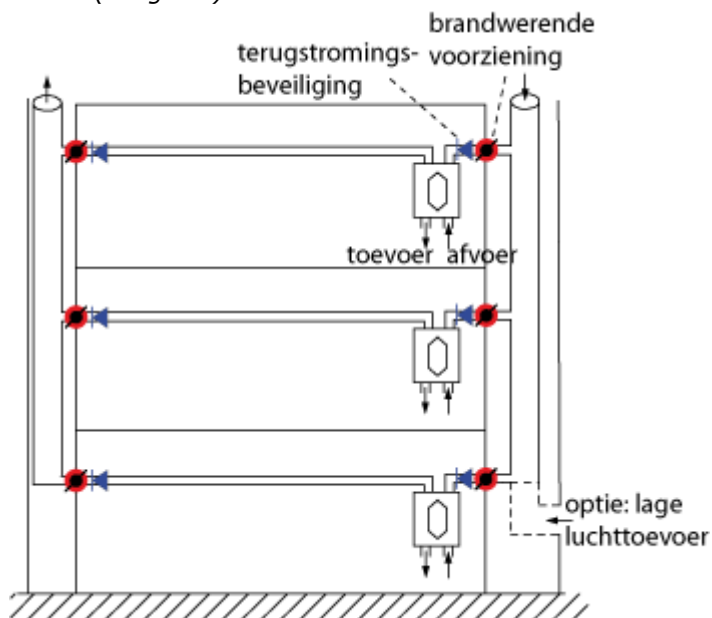
Afb. 4.15 Ventilatiesysteem Dg1-2a met individuele toevoer van verse lucht via de gevel en collectieve luchtafvoer via het dak of dakrand



Afb. 4.16 Ventilatiesysteem Dg1-2b met individuele toevoer van verse lucht via het dak (of de dakrand) en collectieve afvoer via dak of dakrand

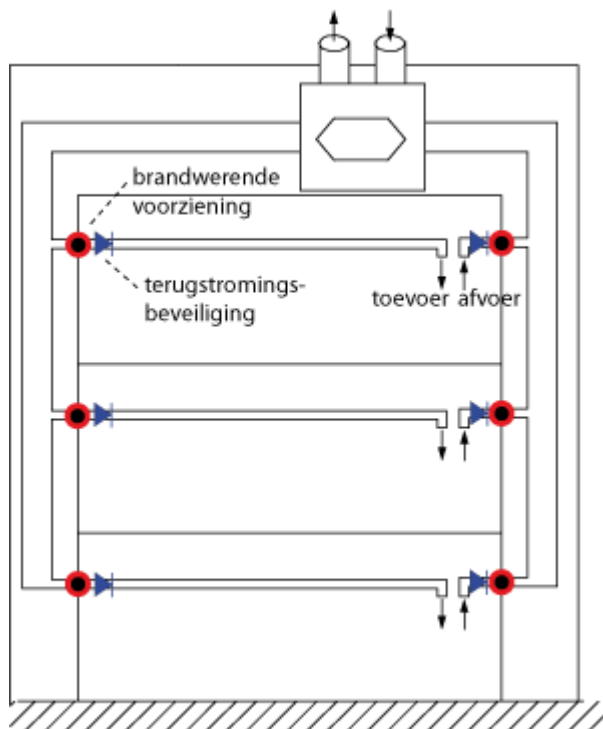


Afb. 4.17 Ventilatiesysteem Dg1-3 met collectieve toevoer (via dak of dakrand) en individuele afvoer (via gevel)



Afb. 4.18 Ventilatiesysteem Dg1-4 met collectieve luchttoevoer (via dak, dakrand of onderzijde) en collectieve luchtafvoer (via dak of dakrand)

Daarnaast bestaat er in de gestapelde bouw ook een variant met een WTW-unit/ventilatie-unit is in een centrale machineruimte of op het dak geplaatst. De lucht toe- en afvoer vinden plaats op het dak of de dakrand (zie ook afbeelding 4.19).



Afb. 4.19 Ventilatiesysteem Dg2 met collectieve WTW-unit

4.3 Gecombineerde ventilatiesystemen

4.3.1 Ventilatiesysteem type X

Hierbij is op woningniveau sprake van een combinatie van twee of meer systemen uit de voorgaande paragrafen of één systeem dat bij de indeling in twee hoofdgroepen zou kunnen vallen (bijvoorbeeld hybride ventilatie). Voorkomende varianten zijn:

- X1: Decentrale mechanische toevoer van verse lucht en decentrale mechanische luchtafvoer voor de verblijfsruimte(n) gecombineerd met een apart ventilatiesysteem voor toilet, badkamer en keuken (zie paragraaf 4.2.3.2);
- X2: Hybride ventilatie: Dit systeem is een combinatie van systeem A en C voorzien van enige extra meet- en regelapparatuur (zie toelichting).

Toelichting X2:

Bij dit systeem vindt de toevoer van verse lucht altijd plaats op natuurlijke wijze (al dan niet winddruk geregeld). De lucht volumestroom in de luchtafvoer wordt gecontroleerd. Indien volstaan kan worden met een natuurlijke luchtafvoer werkt het systeem als een systeem A. Wanneer echter door windinvloeden en/of het onvoldoende zijn van de thermische trek onvoldoende lucht wordt afgevoerd, wordt een ventilator ter ondersteuning van de luchtstroom ingeschakeld en werkt het systeem als een systeem C.

Het motto is: natuurlijke ventilatie zolang het kan en mechanische ventilatie als het moet. Om dit systeem goed te laten werken is het beperken van luchtweerstand in toe- en afvoer een punt van aandacht.

Bij deze ventilatievoorziening is sprake van toevoer van verse lucht via gevelroosters in de verblijfsgebieden en gecontroleerde luchtafvoer. Bij dit systeem zijn door controle van de luchtafvoer de lucht volumestromen gegarandeerd.

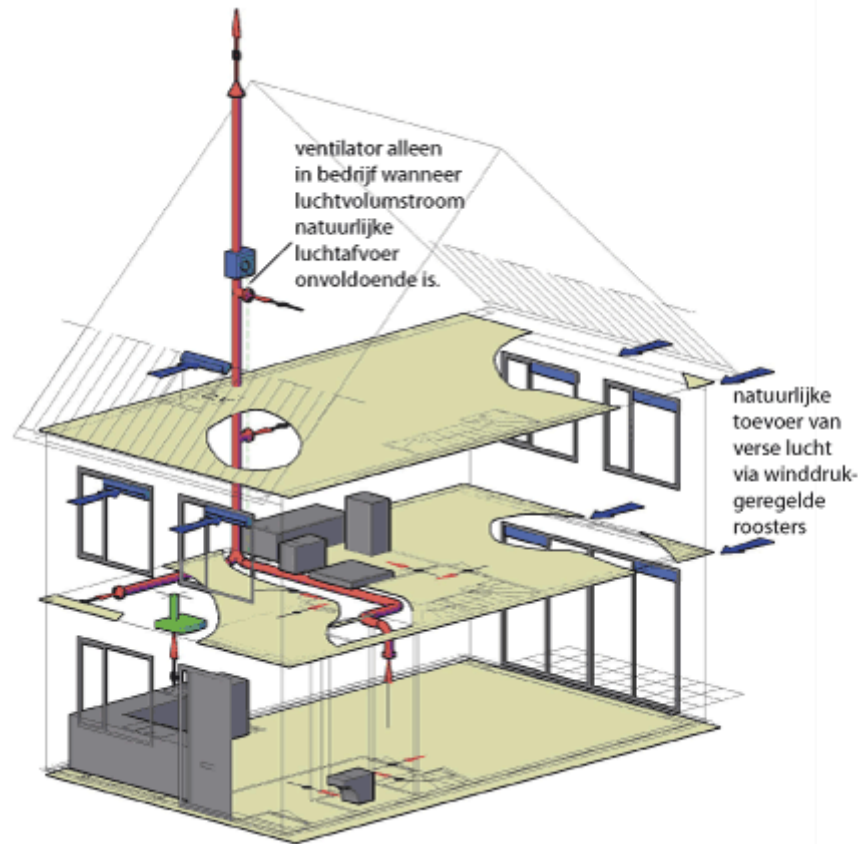
Bij dit systeem zijn energiebesparende technieken niet mogelijk.

Het systeem kent een tweetal varianten:

- Systeem X2a: Hierbij is de natuurlijke toevoer van verse lucht winddruk afhankelijk geregeld;

- Systeem X2b: Hierbij is de toevoer van verse lucht geregeld op basis van het gemeten CO₂-percentage.

De lucht volumestroom van de afvoer wordt aangepast aan de optredende vraag.



Afb. 4.20 Ventilatiesysteem X: natuurlijke toevoer van verse lucht (eventueel CO₂-gestuurd) en centrale afvoer (natuurlijk of mechanisch ondersteund)

4.4 Ventilatiesystemen, ontwikkelingen

Overige ontwikkelingen die zich voordoen t.a.v. ventilatie zijn:

- 'Breathing window';
- Luchtverdeelboxen;
- Warmtepompboiler.

Breathing window

Bij dit systeem wordt in het midden van een raam een kolom opgenomen met een geïntegreerde HR-WTW-unit. Het betreft hierbij dus een decentraal ventilatiesysteem met warmteterugwinning. De maximale capaciteit van één unit bedraagt ca. 50 m³/h.

Luchtverdeelboxen

Voor het aansluiten van luchttoevoer en -afvoer volgens een radiaal systeem (zie ook paragraaf 5.3.2) worden luchtverdeelboxen gebruikt. De luchtverdeelboxen kunnen voorzien zijn van geluiddempers. Uitvoeringen zonder geluiddemper kunnen eventueel in de vloer ingestort worden.



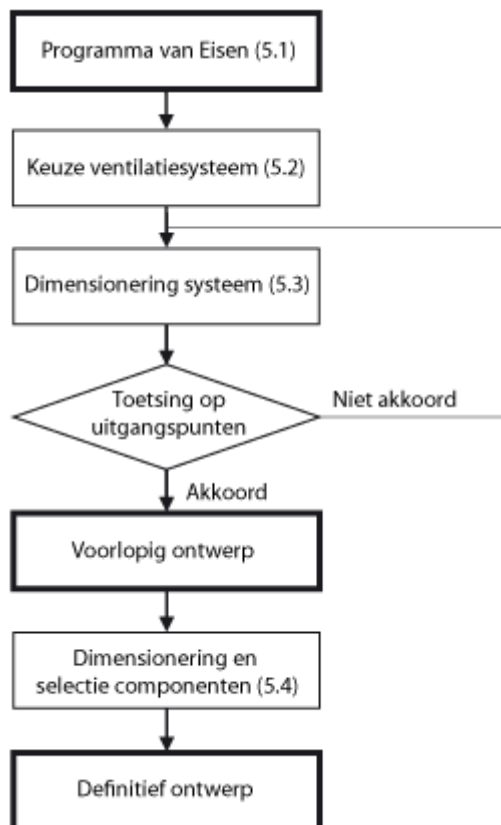
Afb. 4.21 Luchtverdeelboxen



Afb. 4.22 Warmtepompboiler

5 Ontwerp ventilatiesystemen

Het ontwerpen van een ventilatiesysteem voor woningen verloopt volgens een optimaliserend proces, waarbij steeds een terugkoppeling naar uitgangspunten en eisen wordt gemaakt. In afbeelding 5.1 is in hoofdlijnen het stappenplan weergegeven van dit ontwerpproces.



Afb. 5.1 Stappenplan ontwerp ventilatiesysteem

5.1 Programma van eisen

Het Programma van eisen (PvE) vormt de basis voor het ontwerp van een ventilatiesysteem. In het PvE wordt de door de opdrachtgever gewenste kwaliteit van het ventilatiesysteem vastgelegd. Naast de eisen en wensen van de opdrachtgever zijn er omgevingsfactoren die bepalend zijn of een bepaald ventilatieconcept wel of niet geschikt is om te worden toegepast. Zie hiervoor paragraaf 5.2.

Eisen en wensen van de opdrachtgever die minimaal moeten zijn vastgelegd in het PvE betreffen:

- De binnenmilieuparameters:
 - Eisen m.b.t. binnenluchtkwaliteit en regelbaarheid (zie paragraaf 3.1.1);
 - Gewenste thermisch comfort (zie paragraaf 3.1.2);
 - Gewenst kwaliteitsniveau ten gevolge van geluid van installaties en buitengeluid (zie paragraaf 3.1.4).
- Overige specifieke eisen en wensen ten aanzien van de ventilatievoorziening, zoals duurzaamheid, gewenst ventilatieconcept en de energieprestatie.

In bijlage A 'Checklist Programma van eisen' staat een vraagspecificatieblad waarmee de minimale kwaliteitsaspecten t.b.v. een PvE in beeld kunnen worden gebracht.

5.2 Systeemkeuze

Voorselectie

Bij de keuze van het ventilatiesysteem is het van belang rekening te houden met specifieke eigenschappen van het systeem. Zie hoofdstuk 4 voor meer informatie over indeling en eigenschappen ventilatiesystemen. In principe mag elk ventilatiesysteem in een woning worden toegepast, omdat het Bouwbesluit [1] alleen prestatie-eisen stelt. Door zijn specifieke eigenschappen is niet elk ventilatiesysteem geschikt voor elke toepassing. Tabel 5.1 geeft voor bouwkundige en omgevingseigenschappen mogelijke oplossingen om een voorselectie van mogelijke ventilatieconcepten te kunnen maken. Hierbij wordt de kwalificatie van de systemen uit

de NPR 1088 [34] gehanteerd. Hieruit is af te leiden of verwacht kan worden dat met een bepaald systeem aan de eisen van het Bouwbesluit [1] wordt voldaan.

Tabel 5.1 Kwalificatie ventilatiesystemen (bron: NPR1088)

Systeem		Kwalificatie	
Aanduiding	Naam	Vloer van het hoogst gelegen verblijfsgebied tot 13 m boven de vloer van het laagstgelegen verblijfsgebied (lage woongebouwen) ¹⁾	Vloer van het hoogst gelegen verblijfsgebied meer dan 13 m boven de vloer van het laagstgelegen verblijfsgebied (hoge woongebouwen) ¹⁾
A	Natuurlijke ventilatie	voldoende	(on)voldoende ²⁾
B	Mechanische toevoer, natuurlijke afvoer	ruim voldoende	(on)voldoende ²⁾
C	Mechanische afzuiging	ruim voldoende	voldoende ³⁾
D	Gebalanceerde ventilatie	goed	goed
1) Lage woongebouwen betreft vier bouwlagen met verblijfsgebieden. Hoge woongebouwen bevatten dus meer dan vier bouwlagen met verblijfsgebieden. Het laagst gelegen verblijfsgebied is hierbij tevens de laagstgelegen bouwlaag. 2) De systemen A en B zijn ongeschikt in hoge gebouwen indien gebruik wordt gemaakt van gecombineerde verticale kanalen voor natuurlijke afvoer. Er kan dan terugstroming van lucht en dus ook luchttransport van de ene naar de andere woning optreden, waarmee niet wordt voldaan aan de voorgeschreven prestatie-eisen. 3) Regeling van de toevoerroosters is nodig om teveel luchttoevoer t.g.v. sterke winddruk te voorkomen.			

Opmerking: Naast de ventilatiesystemen A tot en met D wordt systeem X geïntroduceerd. Systeem X betreft hybride ventilatie of een combinatie van meerdere ventilatiesystemen in één woning. Dit systeem is niet uitgewerkt in NPR 1088. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 4.3 en de softwaretool 'Systeemkeuze ventilatie' (zie hieronder).

Definitieve selectie

Door de eisen en wensen uit het PvE naast de voorselectie te houden kan tot de uiteindelijke systeemkeuze gekomen worden. Via www.issodigitaal.nl kan gebruik gemaakt worden van de softwaretool 'Systeemkeuze ventilatie'. Op basis van mogelijke variaties van de volgende parameters kan stap voor stap een systeemkeuze worden afgeleid:

- Luchtvolumestromen (waarborging volumestromen door ventilatiesysteem en regelmogelijkheden voor optimalisatie binnenluchtkwaliteit);
- Installatie-aspecten (mogelijkheid combinatie ventilatiesysteem met wasemkap, warmtepomp, LTV en geschiktheid voor geluidbelaste omgeving);
- Energie (bijdrage ventilatiesysteem aan verbetering van energieprestatie);
- Comfort (bijdrage ventilatiesysteem aan thermisch en akoestisch comfort en kwaliteit ventilatielucht).

Naast de kwalificatie dient rekening gehouden te worden met de eisen t.a.v. de energiezuinigheid (uitgedrukt in EPC) van de woning. Bij nieuwbouwwoningen speelt de keuze van het juiste ventilatiesysteem hierin een grote rol.

Relatie met verwarmings- en warmtapwatersystemen

De keuze van het systeem voor ruimteverwarming en warmtapwater is van invloed op de verder te nemen ontwerpbeslissingen ten aanzien van het ventilatiesysteem.

Raakpunten zijn:

- Naast het ventilatiesysteem heeft de verwarming (afhankelijk van type) invloed op de beleving van het thermisch comfort;
- Een laag temperatuur verwarming (LTV) functioneert beter in combinatie met een constante, voorverwarmde luchtstroom ten behoeve van ventilatie en kan daarom uitstekend toegepast worden bij ventilatiesystemen voorzien van warmteterugwinning;
- De mogelijke positie van de gevelroosters of inblaasvoorzieningen zoals luchttoevoerventielen wordt mede bepaald door het afgiftesysteem voor ruimteverwarming (zie ook paragraaf 5.4.1);
- Bij ventilatiesystemen met een mechanische afvoer van lucht kan de warmte uit de afgevoerde lucht via een warmtepompboiler worden teruggewonnen ten behoeve van warmtapwaterbereiding.

De installatiefuncties kunnen afzonderlijk worden vervuld door gebruik te maken van aparte voorzieningen voor verwarming en ventilatie (en eventueel koeling) of worden gecombineerd: bijvoorbeeld ventilatie waarmee tevens de verwarming wordt verzorgd (luchtverwarming). Voorop staat dat ook zonder warmtevraag tochtvrij geventileerd kan worden.

Aandachtspunten ventilatie in relatie tot verwarming

Het op te stellen verwarmingsvermogen in een vertrek wordt bepaald door het piekvermogen, waarbij met name extreme buitencondities en de vereiste opwarmtijd een rol spelen. De dimensionering geschiedt op basis van het benodigde vermogen, de temperatuur van de ventilatielucht en de vereiste temperatuurverhoging van de ventilatielucht. De ontwerpregels (warmteverliesberekening) hiervoor zijn uitgebreid beschreven in ISSO-publicatie 51 [7]. Met de steeds hogere isolatiegraad van nieuwbouwwoningen nemen de warmteverliezen door transmissie sterk af. Het aandeel ventilatieverliezen is daardoor relatief groot geworden. Door het toepassen van ventilatiesystemen met warmteterugwinning en/of vraagsturing kan het benodigde verwarmingsvermogen voor ventilatie beperkt worden. Daarbij wordt de toepassing van LTV-systemen rendabeler.

Bij toepassing van een LT-warmteopwekker, zoals bijvoorbeeld een warmtepomp, zonnesysteem of restwarmte, is een LT-afgiftesysteem noodzakelijk. Selecteer vanwege de gelimiteerde warmteafgifte van LT-afgiftesystemen een energie-efficiënt ventilatiesysteem, zodat comfortproblemen worden voorkomen. Voor laag temperatuur warmteafgiftesystemen kunnen in principe alle bekende watervoerende verwarmingssystemen worden gebruikt: vloerverwarming, wandverwarming, radiatoren en convectoren. De systemen kunnen met elkaar gecombineerd worden, zowel op gebouwniveau als op ruimteniveau.

LTV-systemen en energie-efficiënte ventilatiesystemen kunnen vrijwel onafhankelijk van elkaar worden ontworpen. De afstemming beperkt zich evenals bij radiatorenverwarming tot de eventuele naverwarming ter voorkoming van comfortklachten door tocht, regeling en de uitmondingen. Uitzonderingen hierop vormen gevelventilatie-units met een geïntegreerd verwarmingselement (convector of radiator).

Aandachtspunten ventilatie in relatie tot warmtapwater

De afstemming tussen een warmtapwatertoestel en de ventilatievoorzieningen richt zich voornamelijk op de regeling (warmtepompboiler) en de uitmondingen (verdunningsfactor).

Daarnaast dient er extra aandacht te worden besteed aan:

- Open gasverbrandingstoestellen;
- Toepassing van een warmtepompboiler (met ventilatielucht als warmtebron).

Open gasverbrandingstoestellen [15]

In een woning met mechanische ventilatie (natuurlijke toevoer/mechanische afvoer of gebalanceerde mechanische ventilatie) mogen geen open, afvoergebonden toestellen met natuurlijke afvoer (type B11) worden geplaatst. Dit geldt dus ook voor een afvoergebonden openhaard.

In sommige gevallen zijn open toestellen met ingebouwde ventilator (type B22- of type B23-toestellen) wel mogelijk. Zie hiervoor de instructies van de fabrikant. Gesloten toestellen (type C) zijn wel mogelijk in combinatie met mechanische ventilatiesystemen. Voor woningen met natuurlijke ventilatiesystemen gelden deze beperkingen niet.

Warmtepompboiler

Bij toepassing van een warmtepomp voor warmtapwaterbereiding dient de ventilatieretourlucht als bron. Deze zogeheten warmtepompboiler is toepasbaar bij ventilatiesystemen met een natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van ventilatielucht (type C). De voor de warmtepompboiler benodigde luchtvolume­stroom moet kleiner of gelijk zijn aan de nominale luchtvolume­stroom van het ventilatiesysteem. Bij laagstand van het ventilatiesysteem of bij vraaggestuurde ventilatie is het goed mogelijk dat de warmtepompboiler een grotere luchtvolume­stroom (ventilatieretourlucht) nodig heeft dan het ventilatiesysteem op dat moment levert. Er moet dus extra geventileerd worden. Dit wordt 'overventilatie' genoemd. Er kan dan een dilemma ontstaan tussen enerzijds een geminimaliseerde, fluctuerende afvoerluchtstroom bij vraaggestuurde ventilatie en anderzijds een voldoende afvoerlucht voor warmtapwaterbereiding. Bij deze combinatie dient dus een lucht- en regeltechnische afstemming plaats te vinden.

Tijdens overventilatie is er sprake van extra warmteverlies ten gevolge van ventilatie. Hierdoor wordt de energiebesparing door het gebruik van vraaggestuurde ventilatiesystemen beperkt. Bij de dimensionering en selectie van de warmtepompboiler dient met dit belangrijke aspect dus rekening gehouden te worden.

Verder ontstaat door de warmtepomp in de afvoerlucht een extra luchtweerstand in het luchtafvoersysteem, hiermee zal bij de keuze voor een afvoerventilator rekening gehouden moeten worden. ISSO-publicatie 72 [11] geeft hierover meer informatie.

5.3 Dimensioneren ventilatiesysteem

5.3.1 Capaciteit ventilatiesysteem

Het bepalen van de verschillende ventilatiecapaciteiten van een ventilatiesysteem begint met het opstellen van een ventilatiebalans.

Ventilatiebalans bij 1 ventilatiesysteem

Alvorens het ventilatiesysteem gedimensioneerd kan worden dient conform het Bouwbesluit [1] een ventilatiebalans voor elk van de verblijfsgebieden in de woning te worden opgesteld. Hierin moeten de ventilatietoevoerstromen, de ventilatieafvoerstromen en de interne ventilatiestromen betrokken worden. In verband met een goede werking van het ventilatiesysteem is het noodzakelijk om de ventilatiebalans op woningniveau (kwaliteitseis) op te stellen in plaats van op verblijfsgebiedniveau (eis Bouwbesluit/NEN 1087).

Bij de bepaling van de ventilatiebalans wordt de volgende algemene werkwijze gehanteerd:

1. Bepaal de oppervlakten van de verblijfsgebieden;
2. Bepaal de vereiste ventilatiecapaciteit per verblijfsgebied (zie paragraaf 3.1.1);
3. Stel de ventilatiebalans op en betrek hierin de interne ventilatiestromen, eventueel kan gebruik gemaakt worden van de '50%-regel';
4. Bepaal de benodigde afvoercapaciteit, de capaciteit van een eventueel aanwezige motorwasemkap wordt niet meegenomen in de balans;
5. Bepaal de verdeling van de ventilatiecapaciteit over de diverse verblijfsruimten, met in acht neming van de minimaal vereiste capaciteit per verblijfsruimte;
6. Dimensioneer de benodigde ventilatietoevoervoorzieningen, overstroomvoorzieningen en ventilatieafvoervoorzieningen. Houd rekening met de BB-eis voor de te installeren capaciteit (min. 70% van totale capaciteit alle verblijfsgebieden (zie ook paragraaf 3.1.1).

Opmerking: Bij het opstellen van de ventilatiebalans wordt uitgegaan van een luchtbalans op

woningniveau, wat betekent dat de richting van interne luchtstromen door overstroomvoorzieningen vastligt.

50%-regel

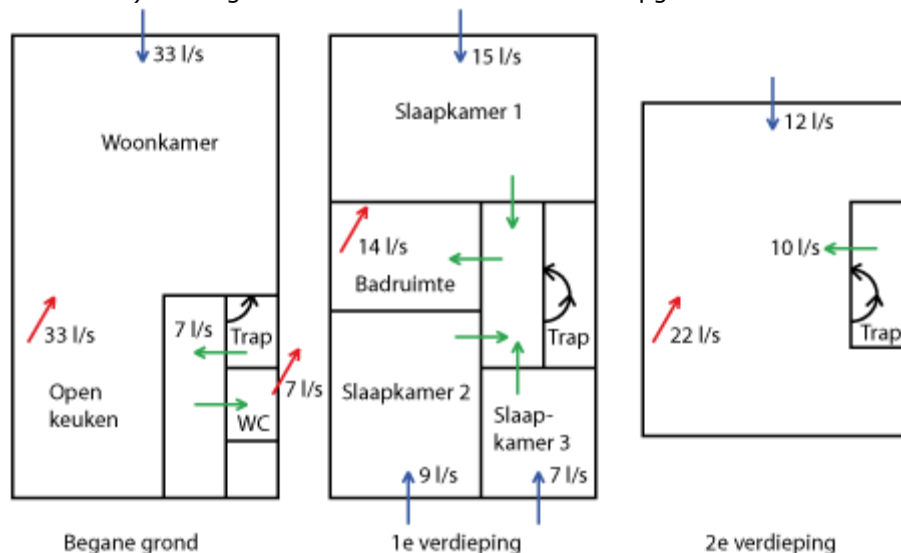
Conform de 50%-regel mag maximaal 50% van de ventilatielucht overstromen van het ene naar het andere verblijfsgebied. Hierbij moet er een drijvend mechanisme aanwezig zijn waarmee de vereiste ventilatiecapaciteit, gebruik makend van 50% binnenlucht, gehaald kan worden.

Voorbeeld:

In een slaapkamer kan de '50%-regel' niet toegepast worden als in de slaapkamer geen lucht wordt afgezogen. In de slaapkamer moet in die situatie dus alle lucht van buiten worden betrokken. In een woonkamer met open keuken kan wel gebruik worden gemaakt van de 50%-regel. Door de ventilatiestromen vanuit de slaapkamers via de woonkamer in de keuken af te zuigen ligt de richting van de ventilatiestroom vast. De vereiste ventilatiecapaciteit wordt zo gewaarborgd.

Uitgewerkt voorbeeld

Op basis van een referentiewoning kan voor een tussenwoning met het vaak toegepaste ventilatiesysteem type C (natuurlijke toevoer via roosters en mechanische afvoer via een centrale afvoerunit) vervolgens de ventilatiebalans worden opgesteld.



Afb. 5.2 Luchtvolumestromen t.b.v. toevoer, afvoer en overstroom bij 1 ventilatiesysteem in de woning

Tabel 5.2 Ventilatiebalans bij één ventilatiesysteem in de woning

Zone	Ventilatiesysteem	Ruimte	BB-eis q_v [dm ³ /s]	A_{vloer} [m ²]	Toevoer [dm ³ /s]	Afvoer naar buiten [dm ³ /s]
1	Type C	Woonkamer en open keuken	$0,9 \times A_{vloer} \geq 21$ dm ³ /s waarvan $\geq 50\%$ direct van buiten	37	33	33
		Slaapkamer 1	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	16,5	15	
		Slaapkamer 2	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	10	9	

		Slaapkamer 3	$0,9 \times A_{\text{vloer}} \geq 7 \text{ dm}^3/\text{s}$	5,5	7	
		Slaapkamer 4	$0,9 \times A_{\text{vloer}} \geq 7 \text{ dm}^3/\text{s}$	24	12	22
		Toiletruimte	$\geq 7 \text{ dm}^3/\text{s}$			7
		Badruimte	$\geq 14 \text{ dm}^3/\text{s}$			14
		Totaal			76	76

Toelichting bij de tabel:

De toegevoerde lucht volumestroom in de woonkamer wordt volledig via de keuken afgevoerd. Naast de aanwezige wasemkap dient dus een apart afvoerpunt te worden gecreëerd dat 33 dm³/s kan afvoeren. In het toilet en de badruimte worden de minimale lucht volumestromen conform Bouwbesluit 2012 afgevoerd (7 resp. 14 dm³/s). In slaapkamer 4 (zolder) wordt gebruik gemaakt van de mogelijkheid om over te stromen vanuit de 1e verdieping. De overstroomb capaciteit bedraagt hierbij 10 dm³/s. Het betekent wel dat er een afvoerpunt op de zolder gecreëerd dient te worden voor het afvoeren van 22 dm³/s. Indien dit afvoerpunt niet wordt gerealiseerd dient de vereiste capaciteit rechtstreeks van buiten te worden toegevoerd aangezien de toevoer vanuit de overstroom ontbreekt. De luchttoevoer van buiten bedraagt dan 22 i.p.v. 12 dm³/s op de zolder. Om de balans op woningniveau weer kloppend te maken betekent dit dat er 32 dm³/s (10+ 22) extra moet worden afgevoerd via de natte ruimten boven op de afvoer van 14 dm³/s (badruimte) en 7 dm³/s (toilet). Afgezien van het feit dat dit is toegestaan vanuit het Bouwbesluit en dat er een afvoerpunt wordt bespaard is dit een onwenselijke situatie, want:

- Er kunnen tochtklachten optreden in de badkamer door de aanzienlijk hogere volumestromen;
- Er is extra verwarmingscapaciteit nodig in de badkamer om de overgestroomde toevoerlucht uit de overloop te verwarmen tot de ontwerp binnentemperatuur;
- Er zijn extra overstroomb voorzieningen nodig in de deur(en) naar de natte ruimten, een spleet onder de deur is onvoldoende.

Het is wenselijk om de afvoerlucht volumestroom in de badkamer niet groter te laten zijn dan 21 dm³/s. Indien een hogere afvoerlucht volumestroom noodzakelijk is, wordt aanbevolen een extra afvoerpunt te maken in de verkeersruimte of nabij de afzuigunit.

De ventilatiebalans voor de overige woontypen wordt uitgewerkt in de ISSO-publicaties 61 [8], 62 [9] en 92 [13].

Ventilatiebalans bij meerdere ventilatiesystemen

Bij toepassing van meerdere systemen in één woning (bijvoorbeeld een decentraal gebalanceerd WTW-systeem in één vertrek en natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in de rest van de woning) wordt de woning ingedeeld in zogenaamde ventilatiezones. In een ventilatiezone is er slechts één ventilatiesysteem. Een zone kan dan bijv. bestaan uit een op zichzelf staand ventilatiesysteem, bijv. decentrale gebalanceerde luchttoevoer en -afvoer in en uit hetzelfde vertrek of een 'gekoppeld' ventilatiesysteem waarbij één of enkele verblijfsruimten ventilatietechnisch zijn verbonden met een of meerdere natte ruimten (bijv. natuurlijke luchttoevoer in verblijfsruimte in combinatie met centrale mechanische afvoer via natte ruimten). In verband met een goede werking van het ventilatiesysteem is het bij meerdere ventilatiesystemen noodzakelijk om de ventilatiebalans per ventilatiezone (kwaliteitseis) op te stellen in plaats van op verblijfsgebiedniveau (Bouwbesluit-eis).

Het toepassen van meerdere ventilatiesystemen is in de NEN 1087 [21] toegestaan onder de voorwaarden dat:

- Beide systemen het grootste deel van de tijd van elkaar gescheiden zijn (d.w.z. geen overstroom van de ene ventilatiezone naar de andere; zie opmerking) en;

- In iedere ventilatiezone een voldoende luchtkwaliteit gegarandeerd kan worden, bijvoorbeeld door vraagsturing.

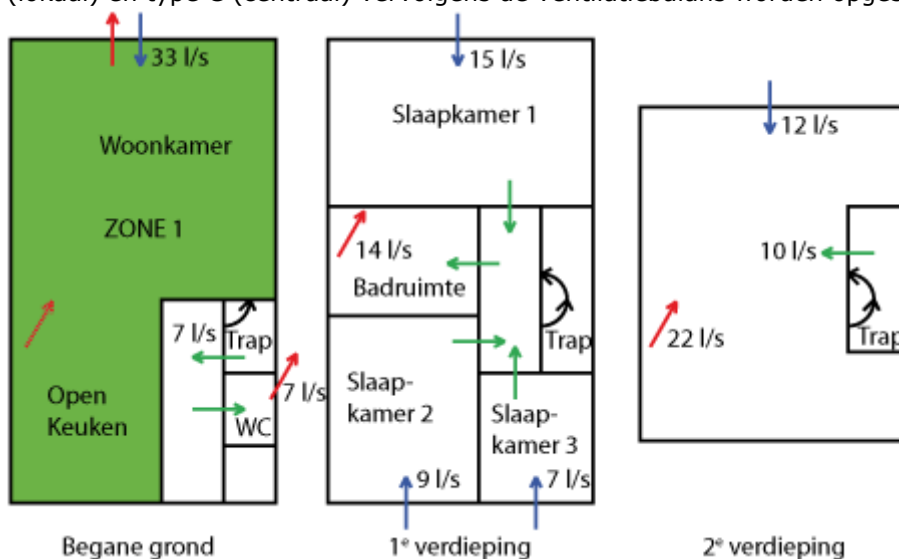
Opmerking: Bij woningen met gebalanceerde ventilatie wordt voor de bijkeuken (opstelplaats voor wastoestellen) en/of bergruimte nogal eens gekozen voor een systeem met natuurlijke toevoer en afvoer. Ook in die situatie dient er dus geen overstroom plaats te vinden van de bijkeuken/bergruimte naar de woning. Een spleet onder de deur of een overstroomrooster, zeker bij toepassing van een motorwasemkap, is dus ongewenst!

Bij de bepaling van de ventilatiebalans wordt per ventilatiezone de volgende werkwijze gehanteerd:

- A. Zone met decentraal gebalanceerd ventilatiesysteem:
 1. Bepaal de oppervlakte van de ruimte;
 2. Bepaal de vereiste ventilatiecapaciteit van de ruimte (conform eisen verblijfsgebieden; zie paragraaf 3.1.1) met inachtneming van de minimaal vereiste capaciteit per verblijfsruimte;
 3. Dimensioneer de benodigde ventilatievoorzieningen;
 4. Voorzie in de benodigde afvoercapaciteit t.b.v. een eventueel aanwezig kooktoestel d.m.v. een afsluitbare motorloze wasemkap of een motorwasemkap. De capaciteit van deze incidentele voorzieningen wordt niet meegenomen in de ventilatiebalans; de hiervoor benodigde tijdelijke luchttoevoer verloopt via incidentele overstroom uit de overige verblijfsruimten. De tijdelijke onbalans van het systeem is daarbij toegestaan.
- B. Zone met centraal ventilatiesysteem:
 1. Bepaal de oppervlakten van de verblijfsgebieden, m.u.v. de ruimten die voorzien zijn van een lokaal gebalanceerd ventilatiesysteem;
 2. Bepaal de vereiste ventilatiecapaciteit per verblijfsgebied (zie paragraaf 3.1.1);
 3. Stel de ventilatiebalans op en betrek hierin de interne ventilatiestromen, eventueel kan gebruik gemaakt worden van de '50%-regel';
 4. Bepaal de benodigde afvoercapaciteit, de capaciteit van een eventueel aanwezige motorwasemkap wordt niet meegenomen in de balans;
 5. Bepaal de verdeling van de ventilatiecapaciteit over de diverse verblijfsruimten, met in acht neming van de minimaal vereiste capaciteit per verblijfsruimte;
 6. Dimensioneer de benodigde ventilatietoevoervoorzieningen, overstroomvoorzieningen en ventilatieafvoervoorzieningen. Houd rekening met de BB-eis voor de te installeren capaciteit (min. 70% van totale capaciteit alle verblijfsgebieden (zie ook paragraaf 3.1.1).

Uitgewerkt voorbeeld

Op basis van een referentiewoning kan voor een tussenwoning met twee ventilatiesystemen type D (lokaal) en type C (centraal) vervolgens de ventilatiebalans worden opgesteld.



Afb. 5.3 Luchtvolumestromen t.b.v. toevoer, afvoer en overstroom in balans, bij toepassing van 2 ventilatiesystemen in de woning

Tabel 5.3 Ventilatiebalans bij 2 ventilatiezones

Zone	Ventilatiesysteem	Ruimte	BB-eis q_v [dm ³ /s]	A_{vloer} [m ²]	Toevoer [dm ³ /s]	Afvoer naar buiten [dm ³ /s]
1	Type D lokaal	Woonkamer en open keuken	$0,9 \times A_{vloer} \geq 21$ dm ³ /s waarvan $\geq 50\%$ direct van buiten	37	33	33
		Totaal			33	33
2	Type C	Slaapkamer 1	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	16,5	15	
		Slaapkamer 2	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	10	9	
		Slaapkamer 3	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	5,5	7	
		Slaapkamer 4	$0,9 \times A_{vloer} \geq 7$ dm ³ /s	24	12	22
		Toiletruimte	≥ 7 dm ³ /s			7
		Badruimte	≥ 14 dm ³ /s			14
		Totaal			43	43

De ventilatiebalans voor de overige woontypen zijn uitgewerkt in ISSO-publicatie 91 [12].

Overstroomvoorzieningen

Om de lucht vanuit de ene naar de andere ruimte over te hevelen, zijn overstroomvoorzieningen nodig. Voor de overstroomvoorzieningen gelden volgende kwaliteitseisen:

- Luchtsnelheid over de voorziening $< 0,83$ m/s (of $> 0,0012$ m² per dm³/s);
- Maximaal twee overstroomvoorzieningen in een luchtstromingstraject.

Deze eisen dienen gehaald te worden in de bewoonde situatie (dus als de vloerbedekking aanwezig is) en mogen niet geblokkeerd worden door bijvoorbeeld tochtstrips of drempels. Vaak worden overstroomvoorzieningen uitgevoerd als spleet onder de deur. In de praktijk wordt een maximum spleethoogte gehanteerd van 2 cm. In bovengenoemde voorbeelden bedraagt de grootste overstroomcapaciteit maximaal 14 dm³/s. Daarbij is dus een opening benodigd van $0,0012 \times 14 = 0,0168$ m². Bij een standaard opdekdeur komt dit overeen met een spleethoogte van net iets minder dan 2 cm en kan dus op die manier worden toegepast. Wanneer grote overstroomvoorzieningen nodig zijn, zoals bijv. bij grotere verblijfsgebieden, worden roosters in de deuren toegepast, ook om overspraak te voorkomen.

Spuivoorzieningen

Behalve ventilatievoorzieningen moeten ook spuivoorzieningen aanwezig zijn. Spuivoorzieningen (om snel te kunnen luchten/ventileren) zijn vanuit het Bouwbesluit [1] verplicht en hiervoor zijn eisen geformuleerd. De capaciteit van de spuiventilatie moet:

- Voor een verblijfsgebied ten minste 6 dm³/s per m² vloeroppervlakte bedragen;
- Voor een verblijfsruimte ten minste 3 dm³/s per m² vloeroppervlakte bedragen.

De capaciteit van de spuivoorziening wordt bepaald conform NEN 1087 [21].

De verantwoordelijkheid om te voorzien in spuivoorzieningen ligt bij de bouwkundig ontwerper/architect.

Opmerking: De ervaring leert dat bewoners liever enkele kleine spuivoorzieningen hebben dan één grote spuivoorziening. Om te voorkomen dat een woningontwerp wordt gemaakt met maar één spuivoorziening is in het Bouwbesluit [1] bij nieuwbouw van een woonfunctie een aanvullende eis opgenomen. De eis houdt in dat in elke verblijfsruimte ten minste één beweegbaar raam aanwezig moet zijn voor spuiventilatie.

5.3.2 Kanaalontwerp

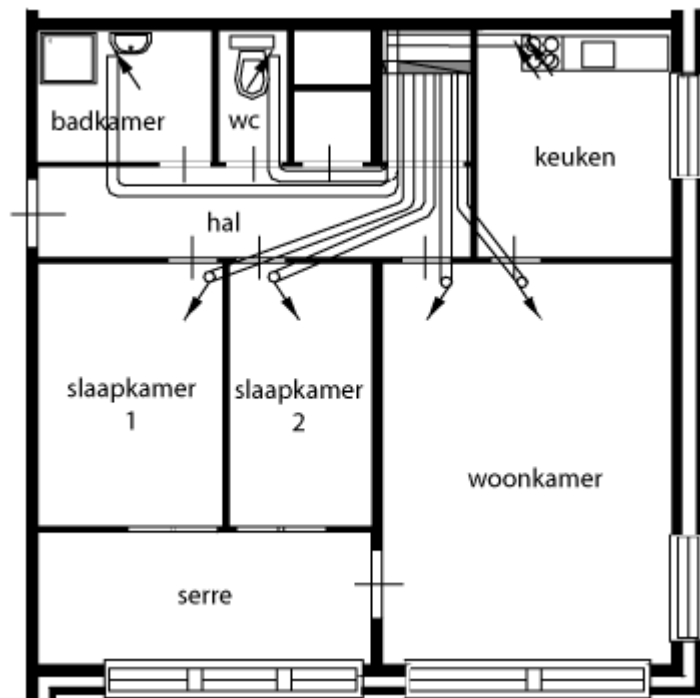
Lucht ondervindt weerstand als zij door kanalen, hulpstukken, roosters of dakuitmondingen stroomt. De opvoerhoogte van een ventilator moet voldoende zijn om deze luchtweerstand te overwinnen, tevens moet er extra druk (ca. 10%) beschikbaar zijn om ventielen in te regelen. Het kanaalontwerp is er dus op gericht om een voldoende lage kanaalweerstand en een minimum aan kanaalvervuiling te realiseren:

- Gebruik, door een juiste keuze en plaatsing van de ventilatie-unit, zo min mogelijk bochten, T-stukken e.d.;
- Vermijd plotselinge vernauwingen en verwijdingen in de kanalen;
- Vermijd het gebruik van bochten van 90° zoveel mogelijk;
- Gebruik bij voorkeur bochten kleiner of gelijk aan 45°;
- Gebruik harde bochtstukken met een gladde binnenwand;
- Vermijd het gebruik van flexibele kanalen, vanwege de relatief hoge weerstand; de lengte van een flexibele slang dient bij voorkeur ten hoogste 1,0 m bedragen;
- Beperk het drukverlies bij de overgang van een rechthoekig kanaal naar een rond kanaal tot 10 Pa per aansluiting door het vergroten van de diameter van het ronde kanaal tot Ø 150 mm;
- Pas de juiste koppelstukken toe tussen de instroom van de ventilatie-unit naar de instortkanalen;
- Houd rekening met het kunnen inspecteren en reinigen van kanalen. Neem hiervoor voorzieningen op.

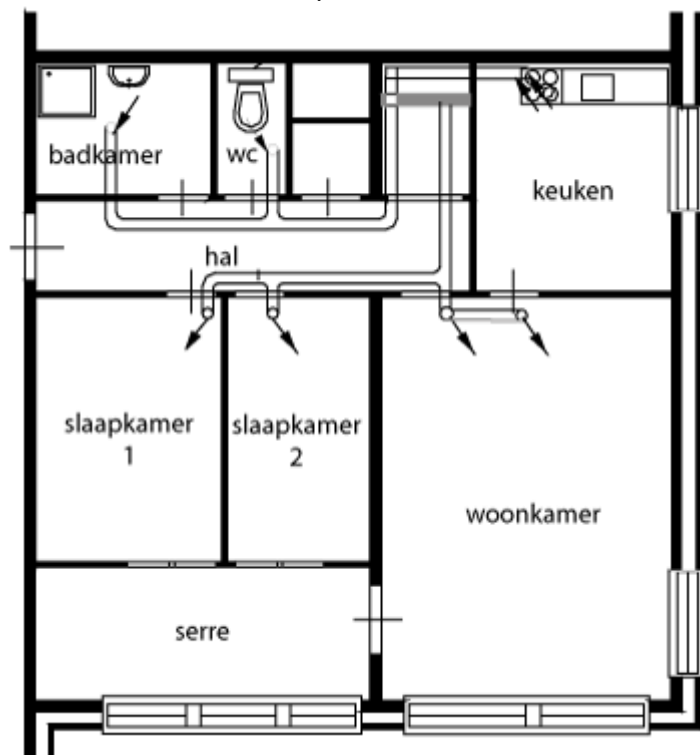
Uitvoering kanalsysteem

In een woning zijn twee typen kanalsystemen te onderscheiden bij mechanische ventilatiesystemen:

1. Het radiaal systeem, waarbij vanuit een centraal punt kanalen lopen naar iedere ruimte waarnaar lucht wordt toegevoerd of waaruit lucht wordt afgevoerd (zie afbeelding 5.4);
2. Het systeem met een hoofdkanaal met aftakkingen; er worden aftakkingen gemaakt naar iedere ruimte waarnaar lucht wordt toegevoerd of waaruit lucht wordt afgevoerd (zie afbeelding 5.5).



Afb. 5.4 Radiaal kanaalsysteem



Afb. 5.5 Hoofdkanaal met aftakkingen

Gestapelde bouw

Hierbij zijn verschillende kanaalsystemen in de schachten te onderscheiden. Voor de mogelijkheden bij systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van ventilatielucht zie ook paragraaf 4.2.2. Voor de mogelijkheden bij systemen met mechanische toevoer en afvoer van ventilatielucht zie ook paragraaf 4.2.3.

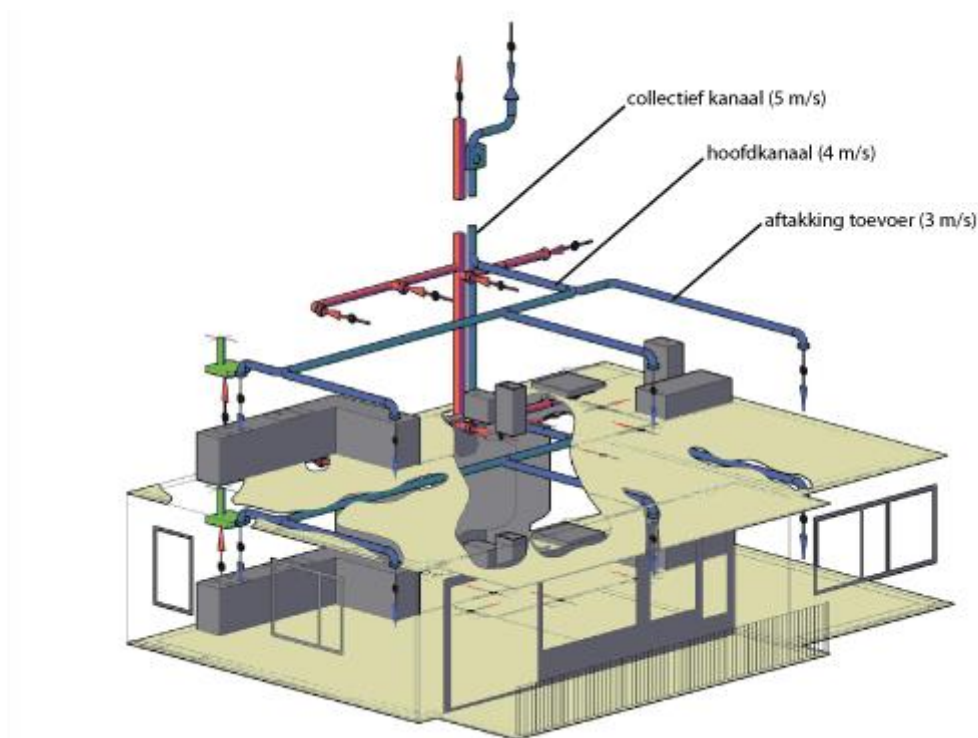
Bij systemen met een natuurlijke afvoer van ventilatielucht is vaak gebruik gemaakt van zogenaamde shuntkanalen. Een shuntsysteem bestaat uit een bouwkundig hoofdkanaal waarop maximaal vier woningen zijn aangesloten. Op het hoofdkanaal zijn per woning bouwkundige nevenkanalen aangesloten voor de ventilatie van keukens, douche en toilet. Zie ook afbeelding 4.2.

Opmerking: Bouwkundige kanalen zijn vanwege luchtlekken en veroudering vaak niet zonder meer geschikt om te gebruiken bij de ombouw naar een mechanisch afzuigstelsel. Met name bij woongebouwen moet de algehele staat van het bouwkundig afvoerkanaal beoordeeld worden voordat er individuele of collectieve mechanische afzuiging wordt geplaatst. In het algemeen biedt het aanbrengen van een kanaalvoering (kousen) dan uitkomst. Overleg met de fabrikant en de plaatselijke brandweer is hierbij aan te raden.

Luchtsnelheid in kanalen

Snelheden in de kanalen worden begrensd in verband met geluidproductie en weerstanden. Derhalve mogen de volgende snelheden niet overschreden worden:

- Collectieve kanalen: 5 m/s;
- Hoofdkanalen: 4 m/s;
- Aftakkingen, toevoer: 3,0 m/s;
- Aftakkingen, afvoer: 3,5 m/s.



Afb. 5.6 Maximale luchtsnelheden in kanalen (voorbeeld voor gestapelde bouw)

Uitzondering hierop vormen de buitenluchtaansluitingen (veelal korte kanalen met een vaste diameter 150 mm), waar hogere luchtsnelheden zijn toegestaan.

De relatie tussen de kanaalafmetingen en de maximale lucht volumestromen is gegeven in tabel 5.4.

Tabel 5.4 Maximale lucht volumestromen afhankelijk van de kanaalafmetingen

Kanaal [mm]	Volumestroom hoofdkanaal [m ³ /h]	Volumestroom aftakking toevoer [m ³ /h]	Volumestroom aftakking afvoer [m ³ /h]
Ø 80	70	50	65
Ø 100	115	85	90
Ø 125	180	130	155
Ø 150	250	190	225

Ø 160	290	220	255
Ø 180	365	275	320
□ 80 x 160	125	95	110
□ 80 x 170	135	100	115
□ 80 x 200	145	105	125

Weerstand van kanalen en appendages

De weerstand van de afzonderlijke componenten dient te worden gebaseerd op productinformatie van de leverancier. Met name de weerstand van roosters, dakkappen en brandkleppen is productgebonden. Indien geen productinformatie voorhanden is, kan met de richtwaarden uit tabel 5.5 en een luchtsnelheidsafhankelijke correctiefactor een globale drukverliesberekening gemaakt worden:

- Ga voor instortpotten, toe- en afvoerventielen, toe- en afvoerkappen uit van de in tabel 5.5 gegeven waarden;
- Ga voor kanalen, bochten, verloopstukken en verdelende en verzamelende hulpstukken uit van de in tabel 5.5 gegeven waarden en vermenigvuldig deze met $v/4$, waarin v de luchtsnelheid is. Bij verzamelende en splitsende hulpstukken dient men de luchtsnelheid te nemen van de luchtstroom voor het splitsen of na het verzamelen.

Tabel 5.5 Richtwaarden voor de weerstand van kanalen en appendages

Installatie-onderdeel	Weerstand
Kanaal (rond of rechthoekig)	2 Pa/m
Recht uitgetrokken flexibele slang	5 Pa/m
Bocht 45°	3 Pa
Bocht 90°	5 Pa
Instortpot van 125 naar 80 mm	5 Pa bij 14 dm ³ /s
Instortpot van 80 naar 125 mm	10 Pa bij 14 dm ³ /s
Verloopstuk (verwijdend of vernauwend)	2 Pa
Verdelend hulpstuk (afbuigende stroom 90°) ¹⁾	8 Pa
Verdelend hulpstuk (recht doorgaande stroom 0°) ¹⁾	0 Pa
Verzameland hulpstuk (afbuigende stroom 90°) ¹⁾	5 Pa
Verzameland hulpstuk (recht doorgaande stroom 0°) ¹⁾	3 Pa
Toevoerkap buitenlucht	20 Pa bij 63 dm ³ /s
Afvoerkap afgewerkte ventilatielucht	10 Pa bij 63 dm ³ /s

Toe- of afvoerrooster	20 tot 40 Pa (aflezen in selectietabel leverancier en vermeerderen met 10 Pa t.b.v. inregelruimte)
1) Een eventuele vernauwing of verwijding moet apart in rekening worden gebracht.	

5.3.3 Weerstandsberekening

De globale berekening van de weerstand van een mechanisch ventilatiesysteem bestaat uit het sommeren van de drukverliezen van de afzonderlijke componenten. Hoofdstuk 4.4.6 van NPR 1088 [34] geeft een globale berekeningsmethode voor de weerstandsberekening voor afvoerkanalen bij ventilatiesysteem C, deze methode is tevens bruikbaar voor de systemen met zelfregelende toevoerroosters. Bij toepassing van mechanische luchttoe- en afvoer moet een weerstandsberekening gemaakt worden voor zowel de toevoer als de afvoer. ISSO-publicatie 17 'Kwaliteitseisen voor luchtkanaalsystemen in woning- en utiliteitsbouw' [5] geeft gedetailleerde methoden om het kanalenverloop te ontwerpen.

Individuele systemen (laagbouw)

De totale drukval over het systeem (Δp_{tot}), die de ventilator moet kunnen overwinnen, is als volgt opgebouwd:

$$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_v + \Delta p_k + \Delta p_b + \Delta p_a + \Delta p_o + \Delta p_w \quad [\text{Pa}] \quad (5.1)$$

Waarin:

Δp_v = de weerstand van de ventilatietoevoer- en afvoervoorzieningen [Pa]

Δp_k = de kanaalweerstand [Pa]

Δp_b = de weerstand van de bochten [Pa]

Δp_a = de weerstand van de afvoerkap/dakkap na de ventilatie-unit [Pa]

Δp_o = de weerstand van overige componenten (bijv. brand- en regelkleppen) [Pa]

Δp_w = de weerstand t.g.v. omgevingsfactoren: winddrukeffecten ter plaatse van de uitmondingen [Pa]

Collectieve systemen

De totale drukval over het systeem (Δp_{tot}), die de ventilator moet kunnen overwinnen, is als volgt opgebouwd:

$$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_v + \Delta p_k + \Delta p_s + \Delta p_d + \Delta p_o + \Delta p_w \quad [\text{Pa}] \quad (5.2)$$

Waarin:

Δp_v = de weerstand van de ventilatietoevoer- en afvoervoorzieningen [Pa]

Δp_k = de kanaalweerstand [Pa]

Δp_s = de weerstand van het kanalsysteem in de schachten [Pa]

Δp_d = de weerstand van de dakkap [Pa]

Δp_o = de weerstand van overige componenten (bijv. brand- en regelkleppen) [Pa]

Δp_w = de weerstand t.g.v. omgevingsfactoren: winddrukeffecten ter plaatse van de uitmondingen [Pa]

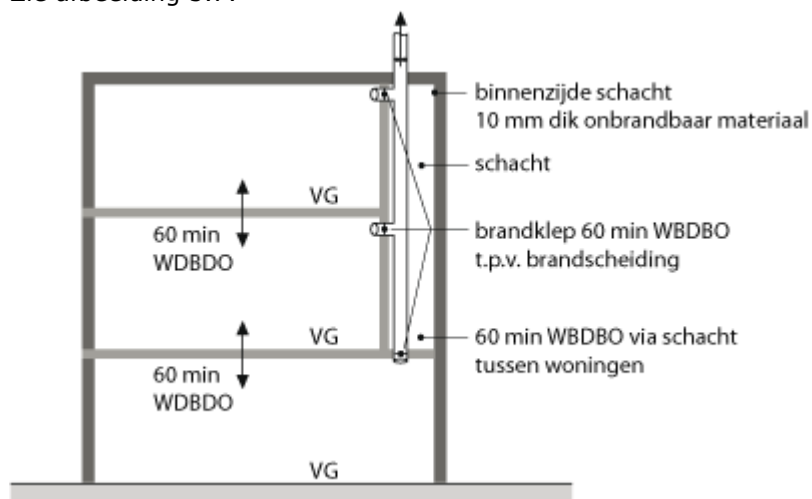
Bij de dimensionering van de collectieve kanalen, bij toepassing van individuele ventilatie-units, wordt bij gestapelde bouw de luchtvolumestroom afgestemd op de Bouwbesluiteisen bij 100% gelijktijdigheid. Wordt uitgegaan van een luchtvolumestroom die groter is dan door het Bouwbesluit vereist wordt, dan kan vanaf 5 bouwlagen ervan uitgegaan worden dat maximaal 70% van de individuele systemen gelijktijdig op de hoogste stand staan. Wanneer deze waarde kleiner is dan de door het bouwbesluit vereiste waarde moet minimaal de luchtvolumestroom aangehouden worden die door het Bouwbesluit vereist wordt.

Bij gestapelde bouw met meer dan 10 bouwlagen is de invloed van winddruk op de gevel en het dak aanzienlijk. Bij hoge gebouwen waarbij toevoer via de gevel en afvoer via het dak gerealiseerd wordt, moeten constant volume motoren worden toegepast. Toevoervoorzieningen worden bij voorkeur drukgeregeld uitgevoerd om tochtklachten te voorkomen. Daarnaast moet in de weerstandsberekening terdege rekening worden gehouden met de winddrukeffecten. Bij toepassing van gebalanceerde mechanische ventilatie met warmteterugwinning in de gestapelde bouw verdient een individueel buitenluchtaanzuigkanaal de voorkeur (kwaliteitseis). Vaak maken fabrikanten van ventilatiesystemen bij deze situaties de weerstandsberekening. Dit geldt ook voor systemen met een gecombineerde toepassing met rookgasafvoer.

5.3.4 Brandveiligheid

Bij het ontwerp van een ventilatiesysteem dient tevens rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van brandcompartimenten. Door onderdelen van het ventilatiesysteem kan plaatselijk de vereiste brandwerendheid tussen brandcompartimenten worden 'doorbroken', bijvoorbeeld door luchtkanalen of overstroomvoorzieningen. In de praktijk zijn deze kanaaldoorvoeringen vaak aanwezig ter plaatse van schachten in woongebouwen met collectieve installaties.

Doorvoeringen die door een brandwerende scheidingsconstructie gaan, moeten een brandwerendheid hebben die minimaal gelijk is aan de scheidingsconstructie zelf. Dit betekent dat de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) van de brandwerende voorziening overeen moet komen met die van de scheidingsconstructie. Dit betekent bijv. bij boven elkaar gelegen woningen in een woongebouw dat er brandkleppen in de schachtwanden aangebracht moeten worden en dat het luchtkanaal in de schacht ook brandwerend uitgevoerd moet worden. Zie afbeelding 5.7.



Afb. 5.7 Brandveiligheid schachten en toe- en/of afvoerkanalen

Voor een uitgebreid overzicht van installatietechnische doorvoeringen en uitvoeringsvoorbeelden wordt verwezen naar ISSO/SBR-publicatie 809 Brandveilige doorvoeringen [17].

5.4 Dimensionering en selectie componenten

5.4.1 Ventilatioorosters en ventielen

Uitgangspunt bij de selectie van gevelroosters en/of luchtventielen is dat er ook gedurende perioden zonder warmtevraag of warmtelevering comfortabel en tochtvrij kan worden geventileerd. Bij het dimensioneren van luchtventielen moet worden uitgegaan van de luchtvolumestromen zoals bepaald in de ventilatiebalans (zie paragraaf 5.3.1). Daarna wordt gecontroleerd of in de overige instelstanden van het ventiel wordt voldaan aan de geldende comfort- en geluidseisen. De volgende parameters beïnvloeden de keuze van het ventiel:

- Het type ventiel, de snelheid van de toevoerlucht en de worp van het ventiel;
- De luchtvolumestroom;

- De weerstand;
- De geluidproductie;
- De temperatuur van de toevoerlucht;
- De plaats van de toevoerventielen;
- De inregelmogelijkheden en borging van de instelling.

Bovengenoemde parameters van deze toe- en afvoervoorzieningen zijn doorgaans te raadplegen via zogeheten selectiegrafieken. Fabrikanten stellen meestal deze grafieken beschikbaar. Belangrijk daarbij is dat er inzicht wordt gegeven in het gehele werkingsgebied van de ventilatievoorzieningen bij verschillende instelstanden.

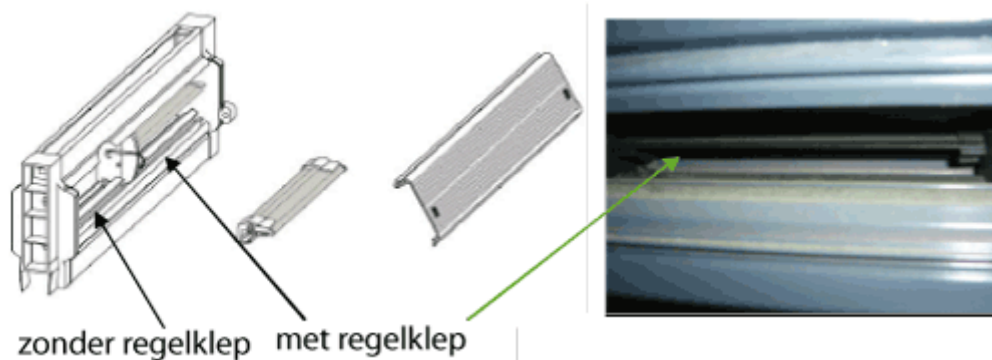
Aandachtspunten bij natuurlijke toevoervoorzieningen

Bij conventionele roostertypen is de hoeveelheid lucht die de woning binnenkomt sterk afhankelijk van de wind (bij toenemende winddruk komt steeds meer lucht de woning binnen, met als gevolg teveel ventilatie, extra energieverlies en een sterk verminderd comfort).



Afb. 5.8 Conventioneel toevoerrooster met handbediening

Zelfregelende (mechanische of elektronische winddruk- of volumestroomgeregelde) roosters kunnen de lucht volumestroom automatisch begrenzen. Deze roosters laten een constante hoeveelheid lucht door, vrijwel onafhankelijk van de winddruk op de gevel. Dit heeft een gunstig effect op het energiegebruik en het comfort, tevens wordt het ventilatiepatroon in gebouwen waar deze zelfregelende ventilatieroosters zijn toegepast, beter beheersbaar.



Afb. 5.9 Toevoerrooster winddrukgeregeld

Temperatuur van de toevoerlucht

Deze is bij natuurlijke toevoer niet regelbaar en kan derhalve tot comfortproblemen leiden. Om een zo goed mogelijk thermisch comfort te krijgen moet de capaciteit van de ventilatieopening nauwkeurig afgestemd zijn op de vereiste luchtdoorlaat en afgesloten kunnen worden.

Richting van de stroming

De lucht moet van buiten naar binnen door het rooster stromen. Bij gevelroosters voorzien van een klep of diode kan omgekeerde luchtstroming niet optreden.

Plaats van het rooster in de gevel

De onderzijde van de ventilatietoevoeropening in de gevel moet ten minste 1,8 meter boven de vloer zijn aangebracht. Indien hier niet aan voldaan wordt, moet met een meting volgens NEN 1087 [21] worden nagegaan of aan de gestelde eis wordt voldaan. Zie ook de opmerking in

paragraaf 3.1.2 Thermisch comfort. Vraaggestuurde toevoerroosters dienen in een vast raam geplaatst te worden. Bij elektronisch geregelde roosters dient tevens rekening gehouden te worden met het kunnen aanbrengen van de bekabeling.

Wind- en regendichtheid

Selecteer in relatie tot de gebouwhoogte een gevelrooster dat voldoende wind- en regendicht is.

Reiniging

Vervuilde toevoerroosters moeten door de gebruiker gemakkelijk en zonder speciaal gereedschap los te nemen zijn en te reinigen.

Aandachtspunten bij mechanische toevoervoorzieningen

Bij (gebalanceerde) mechanische ventilatiesystemen is de luchtvolumestroom vrijwel constant. De ondergrens van de luchtvolumestroom door een toevoerventiel is afhankelijk van de minimaal benodigde uittredesnelheid. De luchtvolumestroom is anderzijds gemaximaliseerd door drukverlies en geluidproductie. Verder wordt de luchtvolumestroom bepaald door de minimale en maximale openingshoek (werkingsgebied). De luchtvolumestroom wordt uitgedrukt in dm^3/s of m^3/h bij een bepaalde drukval over het ventiel.



Afb. 5.10 Luchttoevoerventiel

Overige punten t.a.v. selectie zijn o.a.:

- Inductievoud en temperatuurbereik toevoervoorziening;
- Plaats van het luchttoevoerventiel in wand of plafond;
- Drukval en autoriteit;
- Blokkering en markering van de instellingen;
- Vervuiling ten gevolge van ventielen.

Inductievoud en temperatuurbereik toevoervoorziening

Lucht via een toevoervoorziening zoals een ventiel, zuigt stilstaande omgevingslucht aan. Daardoor neemt de luchtsnelheid af en de massa van de in beweging zijnde lucht toe. Dit aanzuigen wordt inductie genoemd. De verhouding tussen de straal-massastroom en de massastroom in de inblaasopening is het inductievoud.

Bij toepassing van zwak inducerende ventielen wordt de toevoerlucht slechts in geringe mate met vertrekklucht vermengd. De temperatuur van de toevoerlucht moet bij toepassing van dit type ventiel ten minste $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ bedragen. Bij toepassing van sterk inducerende ventielen wordt de toevoerlucht direct na het ventiel sterk met vertrekklucht vermengd. De temperatuur van de toevoerlucht kan bij toepassing van dit type ventiel minimaal $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ bedragen. Nadeel van sterk inducerende ventielen is dat zij meestal vervuiling van wanden en plafonds veroorzaken. Zwak inducerende ventielen geleiden de lucht via richtplaten en geven lagere uitblaassnelheden, met minder geluidhinder maar ook minder kleef aan het plafond (Coanda-effect).

Plaats van het luchttoevoerventiel in wand of plafond

- De onderzijde van de ventilatietoeveropening moet ten minste 1,8 meter boven de vloer zijn aangebracht. Indien hier niet aan voldaan wordt, moet met een meting volgens NEN 1087 [21] worden nagegaan of aan de gestelde eis wordt voldaan. Zie ook de opmerking in paragraaf 3.1.2 Thermisch comfort. Indien wordt gekozen voor laag toevoeren, dient de toevoervoorziening 'tochtvrij' in te blazen. Dat betekent globaal een lichtsnelheid van 0,4 - 0,5 m/s bij een luchttemperatuur van ca. 15 °C;
- De afstand tussen toevoervoorzieningen dient minimaal 1,0 meter h.o.h. te bedragen;
- In verband met vervuiling van wanden en plafonds dienen toevoervoorzieningen niet te dicht in hoeken of bij plafonds geplaatst te worden. De benodigde afstand is afhankelijk van het type ventiel, maar dient minimaal 0,3 meter te bedragen;
- Het plafond moet bij voorkeur vlak en gesloten zijn. Balken, dampdrempels, armaturen en dergelijke mogen zich niet in het worpgebied van de ventielen bevinden;
- De plaats van de toevoervoorzieningen kan in luchttoevoer langs de gevel of luchttoevoer vanuit de kern (achterwand) worden ingedeeld.

Drukval en autoriteit

Een luchttoevoerventiel is niet primair bedoeld als inregelvoorziening. De drukval over het ventiel maakt echter een aanzienlijk deel uit van de systeemweerstand. Wanneer het ventiel ten behoeve van het inregelen van het luchttoevoersysteem wordt gebruikt, dan dient het ventiel een voldoende invloed ten opzichte van de overige componenten in de betreffende kanaaltak te bezitten om de juiste instelling van het ventiel te kunnen bereiken. Deze invloed is de autoriteit a en is het aandeel van de weerstand van het toevoerventiel op het totaal aan luchtweerstand in de kanaaltak waarin het ventiel is opgenomen.

Bij gebalanceerde ventilatie mag de weerstand in het totale kanalsysteem maximaal 100 Pa bedragen (kwaliteitseis). Voor het drukverschil over de ventielen geldt:

- Zwak inducerende ventielen: ten behoeve van het (inregelen van) het ventiel dient een drukverschil van 20 Pa beschikbaar te zijn;
- Sterk inducerende ventielen: ten behoeve van het (inregelen van) het ventiel dient een drukverschil van 40 Pa beschikbaar te zijn;
- Het ventiel dient een autoriteit van tenminste 0,3 [-] te hebben om de vereiste stabiliteit en instelbaarheid van de luchtverdeling over de verschillende ruimten te kunnen bereiken.

Blokkering en markering van de instellingen

Ten behoeve van het inregelen wordt de grootte van de toevoeropening in de ontwerpfase bepaald. Met behulp van instelgrafieken die het verband aangeven tussen de overdruk in het kanaalsysteem en de hoeveelheid toevoerlucht wordt de opening van de conus bepaald. Deze instelling dient eenduidig op het ventiel te kunnen worden overgebracht, bijvoorbeeld door maataanduidingen op het ventiel of met speciaal gereedschap voorzien van instructies. Vooraf instelbare ventielen met instelindicatie kunnen de montagetijd verkorten.

Vervuiling ten gevolge van ventielen

Vervuiling van wanden en plafonds treedt voornamelijk op rondom de toevoerventielen. De meeste stofdeeltjes zijn afkomstig uit de binnenlucht die door de toevoerlucht in beweging wordt gebracht. Verse gefilterde lucht bevat slechts weinig stofdeeltjes. Als de lucht tegen plafonds of wanden wordt geblazen is de kans op vervuiling groter. Daarom mogen toevoerventielen niet dicht in hoeken of bij plafonds worden geplaatst.

Sterk inducerende ventielen veroorzaken eerder vervuiling van wand en plafond dan zwak inducerende ventielen. Indien het ventiel is voorzien van schotels/richtplaten kan een ongewenste luchtstroming langs wanden, en daarmee vervuiling, worden voorkomen (zogenaamde schone sector). Ventielen met een gericht uitblaaspatroon, bijvoorbeeld half cirkelvormig, vervuilen de wanden en plafonds minder snel. Bij de toepassing van sterk inducerende ventielen moet worden voorkomen dat de geïnduceerde ruimtelucht langs de wand stroomt. Om de mogelijke vervuiling van de wand door stofdeeltjes in deze lucht te voorkomen verdient een kegelvormige worp, die haaks op de wand staat, de voorkeur.

Aandachtspunten bij mechanische afvoervoorzieningen

Bij de meest gebruikte afvoerventielen wordt het systeem ingeregeld door de stand van de afvoerventielen aan te passen. Bij wijzigingen van de drukken in het systeem, wijzigt ook de afvoerluchtvolumestroom.

Constant volume ventielen

Er bestaan ook ventielen die onafhankelijk van de drukken in het systeem een constante luchtvolumestroom afzuigen. De luchtvolumestroom blijft bij drukverschillen tussen 40 en 200 Pa gehandhaafd binnen $\pm 5\%$ nauwkeurigheid. Deze ventielen worden vooral toegepast in de hoogbouw voor de compensatie van drukwisselingen. Bij voorkeur niet toepassen in de laagbouw. De te realiseren luchtvolumestromen zijn afhankelijk van de diameter van het ventiel en variëren tussen 4 dm³/s en 65 dm³/s.



Afb. 5.11 Luchtafvoerventiel

5.4.2 Luchtkanalen en toebehoren

Luchtdichtheid

De luchtdichtheid van het kanalsysteem is voldoende indien voldaan wordt aan klasse B volgens de door LUKA gehanteerde kwaliteitsnormen. In de praktijk betekent dit dat de verbindingen van de kanalen plaats vinden via zelfborgende parkers, de verbindingen moeten daarbij luchtdicht afgewerkt worden met tape of een rubber dichting. Hierbij dient extra aandacht te worden geschonken aan de afdichting bij roosters en ventielen. Zie ook paragraaf 6.1.1. Aanvullende eisen ten aanzien van materiaalkeuze en uitvoering van luchtkanalen zijn tevens opgenomen in het LUKA Kwaliteitshandboek Luchtkanalen [19].

Materiaalkeuze

In de woningbouw worden behalve spiraal gefelste metalen kanalen en metalen instortkanalen ook kunststof slangen en flexibele slangen gebruikt. De metalen kanalen zijn in het algemeen gegalvaniseerd. Kunststofbuizen bestaande uit hard polyvinylchloride HPVC of polypropreen PPS (vlamdovend volgens DIN 4102) zijn ook toepasbaar.

Kunststof slangen moeten inwendig glad zijn uitgevoerd om vervuiling te voorkomen. Ook moeten deze slangen vormvast zijn zodat de kans op beschadiging tijdens de bouw minimaal is. Voordeel van de slangen is dat deze in grote lengten beschikbaar zijn waardoor er geen kanaalstukken verbonden hoeven te worden en een goede lektheid bereikt wordt. Ook kunnen deze slangen in bochten gelegd worden.

Bij de materiaalkeuze van de kanalen moet er rekening mee worden gehouden dat een aantal typen kunststof door langsstromende lucht statisch geladen kunnen raken. De statische lading trekt stof aan, met als gevolg extra vervuiling.

Indien een kanaal door meer dan één brandcompartiment voert, kunnen in verband met brandveiligheid, tot een diameter van 125 mm kunststof kanalen worden toegepast. Bij grotere diameters kunnen bijvoorbeeld verzinkte plaatstalen kanalen worden toegepast.

Opmerking: In productinformatie van de fabrikanten wordt bij gegalvaniseerde ronde kanalen de inwendige diameter aangegeven terwijl bij kunststof kanalen de uitwendige diameter wordt aangegeven. Bij de selectie van de overige systeemcomponenten dient hiermee dus rekening gehouden te worden.

Flexibele slangen

Voor flexibele kanalen dient bij voorkeur aluminium van voldoende dikte en stijfheid te worden toegepast. Contact tussen flexibele kanalen van aluminium met kalkhoudend bouw materiaal moet worden voorkomen in verband met aantasting. Flexibele slangen moeten op voorspanning worden gemonteerd om een zo glad mogelijke binnenwand te verkrijgen. Een flexibele slang moet bereikbaar blijven in verband met reiniging en vervanging.

Geluiddempende slang

Deze slang bestaat uit een geperforeerd binnenkanaal, een ommanteling van minerale wol en buitenkanaal. De kanalen kunnen gemaakt zijn van kunststof of metaal en zijn vaak flexibel. Geluiddempende slang mag niet worden gebruikt als bochtstuk en moet, net als flexibele slang, strak worden gemonteerd. De lengte van de geluiddempende slang bedraagt, afhankelijk van de situatie, 0,75 tot 1,0 meter.

Instortkanalen

Uit het oogpunt van ruimtebesparing kunnen plaatstaal gegalvaniseerde instortkanalen in betonvloeren worden toegepast. Deze meestal rechthoekige kanalen worden tijdens het storten van de betonvloer mee ingestort. Hieraan is het nadeel verbonden dat achteraf geen wijzigingen of controle aan het kanaal kan plaatsvinden. De hoogte van het instortkanaal bedraagt 80 mm, de breedte is afhankelijk van de ontwerpluchtvolumestroom.

Thermische isolatie

Bij toepassing van HR-WTW moet het aanzuigkanaal voor buitenlucht en het kanaal voor de afvoerlucht naar buiten geïsoleerd worden om condensvorming te voorkomen. Het isolatiemateriaal, inclusief de afwerking van naden, moet dampdicht zijn. Dampdicht kunststofschuim (poly-etheen of synthetische elastomeren) voldoet hieraan. Toepassing van minerale wol met een dampremmende afwerking wordt afgeraden vanwege kans op beschadigingen.

5.4.3 WTW-unit

Op basis van de berekende nominale luchtvolumestromen en de ventilatiebalans (paragraaf 5.3.1) kan een WTW-unit geselecteerd worden. Het beschikbare drukverschil over de WTW-unit bij de gewenste luchtvolumestroom is het uitgangspunt voor de kanalenberekening (paragraaf 5.3.3). Voor centraal gebalanceerde ventilatiesystemen zijn er verschillende typen WTW-units op de markt. In de woningbouw worden voornamelijk WTW-units toegepast die zijn voorzien van een tegenstroomwarmtewisselaar. De toe- en afvoerluchtstromen zijn van elkaar gescheiden. Er worden twee soorten warmtewisselaars onderscheiden:

- Platenwisselaars;
- Enthalpiewisselaars.

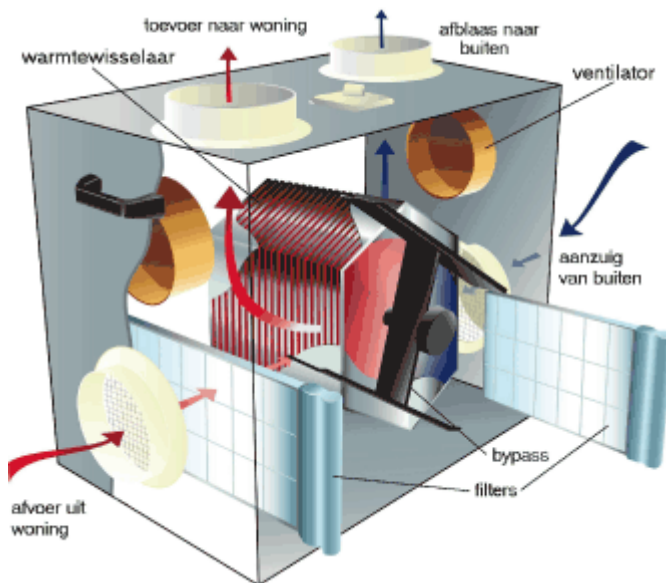
Platenwisselaars hebben als voordeel dat ze goedkoop zijn. Nadeel is de noodzaak van een condensatafvoer en vorstbeveiliging. Enthalpiewisselaars hebben als nadeel dat ze duurder zijn dan platenwisselaars en een iets lager thermisch rendement hebben. Voordelen zijn de afwezigheid van een condensatafvoer, betere vochtuishouding in de winter en afwezigheid vorstbeveiliging onder normale omstandigheden.

Het temperatuurrendement van zogeheten HR-WTW-units is erg hoog (ca. 90 tot 95%). Het rendement geeft aan in welke mate de temperatuur van de toevoerlucht wordt verhoogd door de warmte uit de afvoerlucht. Naarmate het temperatuurrendement hoger is, zal de buitenlucht tot een hogere temperatuur verwarmd worden en zal de kans op tocht afnemen. Tevens worden de energieverliezen door ventilatie sterk verminderd en als de inblaastemperatuur voldoende hoog is hoeft er geen aanvullende naverwarming toegepast te worden.

Een HR-WTW-unit is samengesteld uit de volgende componenten:

- Warmteterugwinblok;
- Afvoerventilator;
- Toevoerventilator;
- Luchtfilters voor het filteren van toe te voeren buitenlucht en afgewerkte binnenlucht;

- Afvoervoorziening voor condensaat dat ontstaat uit de afgewerkte binnenlucht;
- Behuizing;
- Vorstbeveiliging;
- Bypass.

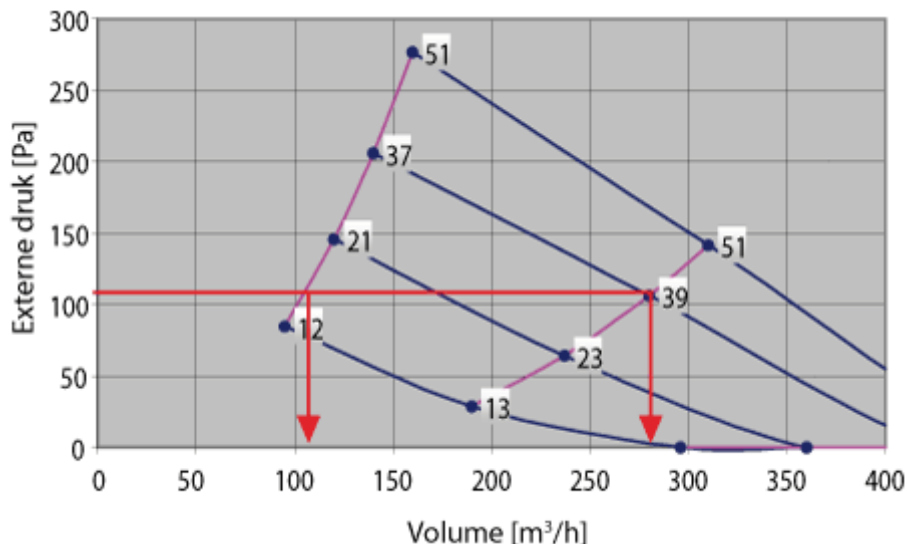


Afb. 5.12 Voorbeeld HR-WTW-unit (open gewerkt)

Keuze WTW-unit en energiegebruik ventilatoren

Het door de ventilatoren opgenomen vermogen bepaalt in hoge mate het totale energiegebruik van het systeem voor gebalanceerde ventilatie. Een beperking van het energieverbruik van de ventilator(-en) wordt positief gewaardeerd in de energieprestatieberekening en leidt tot lagere gebruikskosten. Tegenwoordig worden daarom gelijkstroomventilatoren toegepast. Hiermee wordt een lager energieverbruik gerealiseerd dan met wisselstroomventilatoren.

Door fabrikanten worden grafieken gegeven waarin de lucht volumestroom per instelstand wordt uitgedrukt als functie van de externe opvoerhoogte.



Afb. 5.13 Voorbeeld vermogensgrafiek WTW-unit

Bovenstaand is een voorbeeld van een vermogensgrafiek opgenomen. In deze grafiek is tevens het opgenomen vermogen per ventilator (in Watt) vermeld. Voorbeeld: Wanneer de externe weerstand 110 Pa bedraagt dan zijn uit de grafiek de volgende gegevens af te leiden:

- Laagstand: volumestroom circa 110 m³/h, opgenomen vermogen circa 16 Watt;
- Middenstand: volumestroom circa 280 m³/h, opgenomen vermogen 39 Watt.

Geluidproductie en -reductie

Een WTW-unit produceert geluid en trillingen dat op verschillende manieren tot uiting komt:

- Directe geluidafstraling naar de omgeving. Een WTW-unit wordt daarom bij voorkeur in een aparte opstellingsruimte geplaatst;
- Voortplanting ventilatorgeluid via het kanalsysteem;
- Trillingsgeluid. Een WTW-unit dient daarom op een wand met voldoende massa geplaatst te worden ($> 200 \text{ kg/m}^2$).

De mate waarin het ventilatorgeluid zich via het kanalsysteem voortplant tot in de verblijfsruimten is afhankelijk van het kanalenverloop en de aanwezigheid van geluiddempers in het systeem. Een gedetailleerde berekeningsmethode hiervoor is opgenomen in ISSO-publicatie 24 [6]. Indien de WTW-unit wordt voorzien van de voorgeschreven geluiddempers (lengte 1 m) in het toevoer- en afzuigkanaal, dan mag in de nominale stand het geluidvermogen van de toevoerventilator maximaal $L_w = 65 \text{ dB}$ en van de afvoerventilator maximaal $L_w = 55 \text{ dB}$ bedragen.

Opmerking: Het Bouwbesluit [1] eist op dit moment dat het geluidsniveau door installaties in de woning niet hoger mag zijn dan 30 dB in verblijfsruimten.

Luchtfilters in WTW-unit

De lucht die door een WTW-unit stroomt moet om twee redenen gefilterd worden:

- Primair vanwege het voorkomen van vervuiling en/of beschadiging van de warmtewisselaar. Deze filtering is van belang om dichtslibben van kleine kanalen in de warmtewisselaar te voorkomen, waardoor het rendement en de ventilatieopbrengst van het ventilatiesysteem verminderd. De meeste WTW-units worden om die reden standaard geleverd met een grof filter (bijv. type G3);
- Verder vanwege gezondheidsredenen (luchtkwaliteit): de toevoerlucht wordt ontdaan van pollen van bloemen, grassen en bomen en van overige vervuiling ten gevolge van verkeer, industrie en bouwwerken. Deze filtering is met name van belang voor CARA-patiënten. Er moet dan overgegaan worden op fijnfiltering (bijv. type F6 of F7).

De filterkeuze is afhankelijk van de buitencondities en de gewenste kwaliteit binnenmilieu.

Filterklassen variëren daarbij van klasse G1 (grof filter met laag rendement) tot klasse F9 (fijnfilters met hoog rendement). Een hoger filterrendement heeft als nadeel dat de luchtweerstand over het filter hoger is en daarmee de benodigde ventilatorenergie toeneemt. Tevens kunnen elektrostatische luchtfilters worden toegepast.

Voor luchtfilters gelden de volgende klassen.

Tabel 5.6 Capaciteit luchtfilters in % (bron: NEN-EN 779 [29])

Filterklasse	Grootte van stofdeeltjes [μm]						
	0,1	0,3	0,5	1	3	5	10
G1	-	-	-	-	0 - 5	5 - 15	40 - 50
G2	-	-	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	50 - 70
G3	-	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	35 - 70	70 - 85
G4	-	0 - 5	5 - 15	15 - 35	30 - 50	60 - 90	85 - 98
F5	0 - 10	5 - 15	15 - 30	30 - 50	70 - 90	90 - 99	> 98
F6	5 - 15	10 - 25	20 - 40	50 - 65	85 - 95	95 - 99	> 99
F7	25 - 35	45 - 60	60 - 75	85 - 95	> 98	> 99	> 99
F8	35 - 45	65 - 75	80 - 90	95 - 98	> 99	> 99	> 99
F9	45 - 60	75 - 85	90 - 95	> 98	> 99	> 99	> 99

Opmerking: De gekozen filterklasse heeft een grote invloed op het beschikbare drukverschil over de WTW-unit.

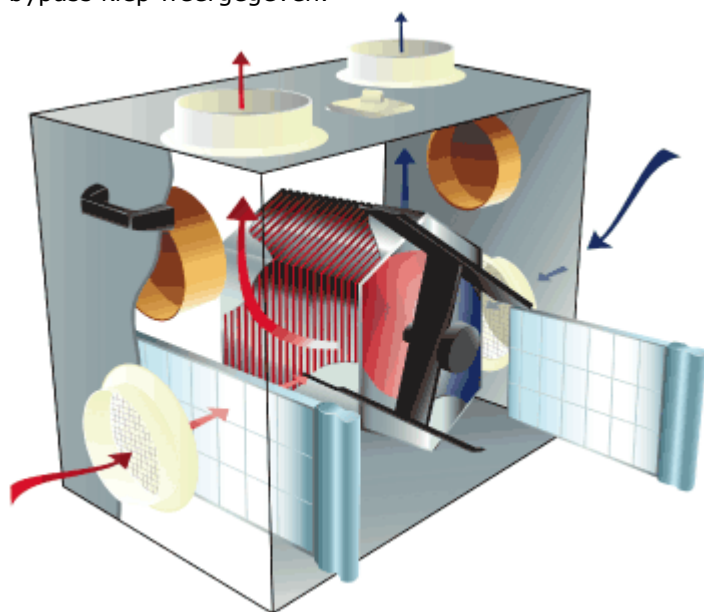
Grof filter: Dit filter wordt toegepast wanneer er sprake is van lage stofbelasting. Bijvoorbeeld het G2-filter verwijdt 70% van alle stofdeeltjes die groter zijn dan 10 μm , waaronder stuifmeel, sporen, haren, zand en textieldraden.

Fijn filter: Dit filter wordt toegepast wanneer er sprake is van matige tot hoge stofbelasting. Bijvoorbeeld het F6-filter verwijdt 99% van alle stofdeeltjes die groter zijn dan 10 μm van alle deeltjes die groter zijn dan 5 μm , waaronder stuifmeel, sporen, haren, zand en textieldraden, cementstof, pollen en uitwerpselen van huisstofmijt.

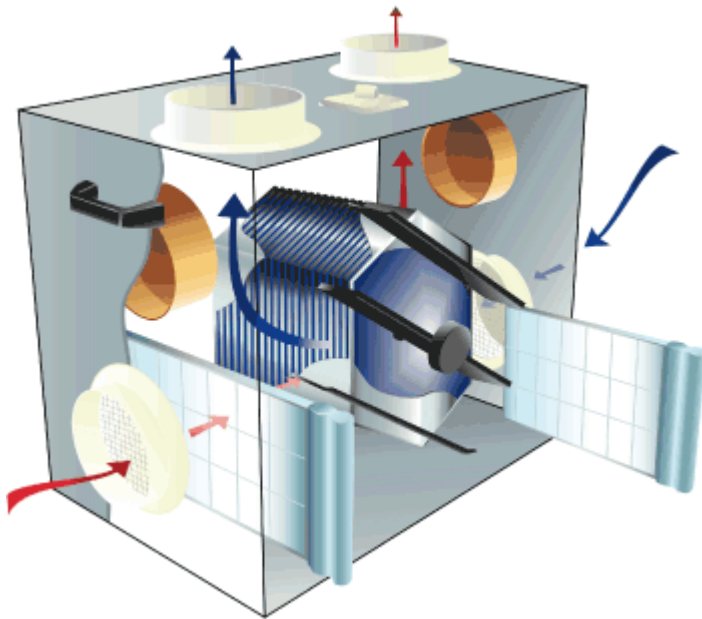
In productdocumentatie worden ook wel EU-filterklassen vermeld. Daarbij komt EU1 t/m EU4 overeen met G1 t/m G4 en komt filterklasse EU5 t/m EU9 overeen met F5 t/m F9.

Vrije koeling met ventilatielucht (bypass)

In de zomer is het wenselijk dat de ventilatielucht niet extra wordt opgewarmd door de warmtewisselaar in de unit. Hiertoe dient de WTW-unit van een bypass te zijn voorzien. In de normale situatie stroomt alle lucht over de warmtewisselaar. Afhankelijk van de binnen- en buitenluchttemperatuur wordt de lucht van buiten door de bypass gevoerd, zodat vrijwel geen warmte wordt overgedragen aan de toevoerlucht en de woning met koele, nachtelijke buitenlucht kan worden doorspoeld. In afbeelding 5.14 en 5.15 is de principewerking van een geïntegreerde bypass klep weergegeven.



Afb. 5.14 Bypass gesloten (stookseizoen)



Afb. 5.15 Bypass geopend (nachtventilatie)

In moderne WTW-units is de bypass geïntegreerd. Ook kan deze als separate module (achteraf) naast de WTW-unit worden geïnstalleerd. Voor een separate bypass is dus wel extra opstellingsruimte vereist. Deze extra ruimte bedraagt 15 tot 30 centimeter aan één zijde van de WTW-unit en is productafhankelijk. Raadpleeg derhalve de productdocumentatie voor de exacte afmetingen.

De automatisch geregelde bypassklep kan buiten het stookseizoen worden ingeschakeld wanneer de vertrektemperatuur hoger is dan bijvoorbeeld 20,5 °C én de buitenlucht een lagere temperatuur heeft dan de woning. Optimalisatie van de regeling kan op aanwijzing van de fabrikant gebeuren.

Opmerking: Een bypass in de WTW-unit levert een bescheiden positieve bijdrage aan het thermisch comfort in de zomer. Dit wordt onder meer bepaald door het (zongerichte) woningontwerp, de gebouwmassa, isolatiegraad en het gebruik van spuivoorzieningen. Met een geopende bypass wordt vrijwel geen warmte overgedragen aan de toevoerlucht. De regeling kan handmatig plaatsvinden (de gebruiker moet dan naar eigen inzicht een klep omzetten waardoor de bypass wordt geopend) of gebeurt automatisch op basis van temperatuurmetingen en setpoints. De effectiviteit van een bypass wordt begrensd doordat de verse lucht in (ingestorte) ongeïsoleerde toevoerkanalen opgewarmd wordt door de warme constructie. De toepassing van een bypass leidt vooral bij woningen met een lage EPC tot een iets lagere gemiddelde vertrektemperatuur in de zomersituatie. Voor een optimaal gebruik van een bypass dient het ventilatie systeem 's nachts in de hoogstand te staan. In de tussenseizoenen is, door de koelere nachten, het effect van de bypass groter dan in de zomer.

Condensaatafvoer

De warme afvoerlucht uit de woning wordt door de warmtewisselaar in de WTW-unit geleid. Door de warmteoverdracht naar de koude buitenlucht daalt de temperatuur van de afvoerlucht aanzienlijk. De in de afvoerlucht aanwezige waterdamp condenseert wanneer de temperatuur van de afvoerlucht onder het dauwpunt komt. Bij toestellen met een platenwisselaar dient het ontstane condensaat te worden afgevoerd door middel van een condensaatafvoer. Toestellen voor HR-ventilatie zijn standaard voorzien van een condensaatafvoer in de vorm van een condensaatafvoerslang of condensaatafvoerbuis aan de onderzijde van het toestel. Positief effect van het condenseren van de afvoerlucht is dat hiermee extra warmte aan de toevoerlucht wordt geleverd hetgeen resulteert in een hoger rendement.



Afb. 5.16 Condensaatafvoer WTW-unit

Aandachtspunten t.a.v. ontwerp en selectie zijn:

- De condensaatafvoer van het toestel moet via een waterslot (sifon) op de binnenriolering worden aangesloten;
- De uitwendige diameter van de condensaatafvoer bedraagt, afhankelijk van het merk en type toestel, 20 tot 30 mm. De binnendiameter van de condensaatafvoer dient hierop te worden afgestemd;
- Om een goede condensaatafvoer te waarborgen moet het toestel waterpas worden afgehangen. De condensaatafvoerleiding moet daarbij onder afschot liggen;
- De condensaatafvoer moet minimaal 5 centimeter onder het waterpeil in het sifon uitkomen; de lengte van de condensaatafvoer moet hierop worden afgestemd;
- De condensaatafvoer wordt bij voorkeur aangesloten op een veel gebruikt waterslot (bijvoorbeeld van HR-CV-ketel/wasmachine); indien aansluiting op een veel gebruikt sifon niet mogelijk is kan het waterslot in het sifon opdrogen omdat zich slechts af en toe condensaat vormt. Dit kan geuroverlast veroorzaken. De bewoner moet daarom worden aangeraden om bij droogstand water in het sifon te schenken.

5.4.4 Afzuigunit

Bij een ventilatiesysteem met een mechanische afzuigunit kan op basis van de berekende nominale lucht volumestromen, de ventilatiebalans (paragraaf 5.3.1) en de benodigde opvoerhoogte (paragraaf 5.3.3) de afzuigunit geselecteerd worden.

Keuze afzuigunit en energiegebruik ventilatoren

Aan ventilatoren ten behoeve van mechanische afzuiging worden eisen gesteld ten aanzien van de capaciteit. Door fabrikanten worden grafieken gegeven waarin de lucht volumestroom per instelstand wordt uitgedrukt als functie van de externe opvoerhoogte. Naast de capaciteitsgrafieken dient de fabrikant tevens het opgenomen elektrisch vermogen, de opgenomen stroom, de arbeidsfactor ($\cos \phi$), het rendement en het geluidvermogen niveau aan te geven. Moderne afzuigunits zijn voorzien van energiezuinige en goed regelbare gelijkstroommotoren. Afzuigunits zijn verkrijgbaar voor volumestromen van 150 tot ruim 400 m³/h.



Afb. 5.17 Voorbeeld van een mechanische afzuigunit (bron: Itho)

Geluid

Voor geluidsaspecten zie tevens paragraaf 5.4.3. Aandachtspunten om het geluid van afzuigboxen te reduceren zijn:

- Plaatsing van de ventilatie-unit aan een muur met voldoende massa (vuistregel: $> 200 \text{ kg/m}^2$) of op een daarvoor ontwikkeld frame (montagestoel);
- Het aanbrengen van akoestische dempers conform de voorschriften van de fabrikant (zie afbeelding 5.15);
- Eventueel plaatsing van de unit in een geluidsgeïsoleerde ruimte.

Heeft de wand onvoldoende massa, zoals bijvoorbeeld bij houtskeletbouw, dan dienen aanvullende maatregelen te worden getroffen om het toestel trillingsvrij te bevestigen. Dit kan door het verstijven van de wand en de bevestigingspunten (dubbele beplating en/of extra regels/stuts). Een gewone gasbeton, gibo- of metaalstudwand zonder aanvullende maatregelen voldoet niet! Plaatsing op een trillingsgeïsoleerde montagestoel is ook een optie.



Afb. 5.18 Akoestische demper

5.4.5 Gevelventilatie-unit

Bij een ventilatiesysteem met gevelventilatie-units die decentraal toevoeren kan op basis van de berekende nominale lucht volumestromen, de ventilatiebalans (paragraaf 5.3.1) en de benodigde opvoerhoogte (paragraaf 5.3.3) de afzuigunit geselecteerd worden.

Deze units hebben een geveldoorvoer om de ventilatielucht van buiten te halen. In de toevoer is een filter opgenomen om de buitenlucht te reinigen en de unit te beschermen tegen vervuiling. Dit filter moet minimaal jaarlijks vervangen worden. Volg hiervoor de richtlijnen van de fabrikant/leverancier. Decentrale gevelventilatie-units kunnen voorkomen als losse toevoerunits of worden achter een radiator/boven een convector toegepast. Vaak zijn deze units CO_2 -gestuurd. Bij hogere lucht volumestromen neemt de geluidsproductie toe. Selecteer een unit die voldoende capaciteit heeft.

Naast decentrale mechanische toevoerunits bestaan er ook gevelventilatie-units met geïntegreerde warmteterugwinning. Zie afbeelding 5.16. Vaak worden deze gevelventilatie-units gecombineerd toegepast met een centraal ventilatiesysteem voor de afvoer via de natte ruimtes.

Belangrijke aandachtspunten bij de selectie van decentrale gevelventilatie-units met geïntegreerde warmteterugwinning zijn o.a.:

- Verdeling van de woning in ventilatiezones (zie paragraaf 5.3.1);
- Bewaken verdunningsfactor en lekstroom i.v.m. toevoer- en afvoeropening in gevel;
- Installatiegeluid;
- Toepassing van HR-WTW in het kader van energiezuinigheid.



Afb. 5.19 Voorbeeld van een gevelventilatie-unit (toevoer en afvoer met WTW geïntegreerd in radiator)

5.4.6 Wasemkap

Geen keuken kan zonder goede ventilatie. Vooral tijdens het koken is intensieve ventilatie onontbeerlijk. Wasemkappen boven het fornuis zorgen ervoor dat kook- en braaddampen adequaat worden afgevoerd. Dit om vochtvorming (schimmel) en vervelende luchtjes in huis te voorkomen. Bij wasemkappen zijn er twee hoofdtypen te onderscheiden:

1. Met een eigen ventilatorunit voor het afzuigen van kookluchtjes (rechtstreeks naar buiten);
2. Zonder een eigen ventilator, aangesloten op het centrale ventilatiesysteem (de motorloze uitvoering).

Tabel 5.7 vergelijkt de eigenschappen van de verschillende typen wasemkap.

Afbeelding 5.20 geeft een voorbeeld van een motorloze wasemkap en afbeelding 5.21 geeft een voorbeeld van een wasemkap met motor. Wasemkappen met een motor hebben in het algemeen een grotere afzuigcapaciteit dan de motorloze wasemkappen en zijn voorzien van een afvoer direct naar buiten. In de gestapelde bouw met een centrale afvoervoorziening wordt meestal aangegeven wat de volumestroom/het vermogen van de wasemkap maximaal mag zijn om overlast bij andere bewoners te voorkomen.



Afb. 5.20 Motorloze wasemkap



Afb. 5.21 Motorwasemkap

Voor beide type kappen geldt dat er in de wasemkap een filter/vetvanger is opgenomen. Bij dit filter zijn er twee typen mogelijk:

- Reinigbare filters (veelal van metaal of kunststof);
- Niet reinigbare filters.

Voor beide filters geldt dat ze regelmatig (minimaal 2 maandelijks) onderhoud nodig hebben. De reinigbare filters kunnen in de vaatwasser gereinigd worden. De niet reinigbare filters moeten vervangen worden. Het niet (tijdig) reinigen van filters kan leiden tot onhygiënische en/of brandgevaarlijke situaties.



Afb. 5.22 Een reinigbaar filter voor een wasemkap

Aan wasemkappen worden op dit moment geen geluidseisen gesteld. Om geluidsoverlast tot een minimum te beperken wordt aanbevolen wasemkappen toe te passen met een lage geluidproductie.

Motorloze wasemkap

In ISSO-publicatie 62 [9] en GIW/ISSO-publicatie [4] wordt geadviseerd geen motorloze wasemkap op het ventilatiesysteem aan te sluiten (met het oog op vervuiling van de luchtafvoerkanalen en de ventilator). Wanneer toch een motorloze wasemkap wordt toegepast dan

moet in de keuken over 2 punten tenminste 42 dm³/s worden afgezogen, minimaal 35 dm³/s via de motorloze afzuigkap en 7 dm³/s via het tweede afzuigpunt. Er zijn ook wasemkappen die zorgen voor een luchtgordijn rond de kookplaat, zodat alle kookluchtjes goed worden afgevoerd (deze optie verdient de voorkeur bij aansluiting op het ventilatiesysteem). In de kap zelf bevindt zich een zogenaamde suppletiefan die een luchtgordijn rond de kookplaat optrekt. Hierdoor kunnen de kookdampen niet ontsnappen. Met dit luchtgordijn wordt een aanzienlijk hoger rendement bereikt. De volumestroom van de wasemkap is een onderdeel van de ventilatiebalans.

Opmerking: Om een motorloze wasemkap goed te laten werken heeft het de voorkeur een wasemkap zonder klep toe te passen. Wordt toch een klep in de motorloze wasemkap toegepast dan dient een automatisch werkende wisselklep in het luchtkanalsysteem te worden aangebracht zodat de wasemkap bij geopende klep voldoende afvoercapaciteit tot zijn beschikking heeft en bij gesloten klep voldoende afvoer via het afvoerkanaal van de keuken gegarandeerd is.

Wasemkap met motor

Een wasemkap met eigen motor heeft een luchtafvoer rechtstreeks naar buiten. Een motorwasemkap kan prima gecombineerd worden met een mechanisch (balans)ventilatiesysteem. Aandachtspunt is dan dat er voorzieningen zijn om voldoende lucht toe te voeren aan het betreffende verblijfsgebied (te open rooster of klepraam). Door de beperkte gebruiksduur van een wasemkap zijn de extra energiekosten verwaarloosbaar. Bij het ontwerpen van het ventilatiesysteem wordt geen rekening gehouden met de volumestroom van de wasemkap.

Recirculatiekap

Naast een motorwasemkap rechtstreeks naar buiten bestaan er ook recirculatiekappen. Recirculatiekappen voeren de lucht niet af naar buiten, maar filteren de lucht en geven deze weer af aan de keuken. In zo'n kap zit zowel een metalen filter voor de vetopvang als een koolstoffilter om de kookluchtjes te verwijderen.

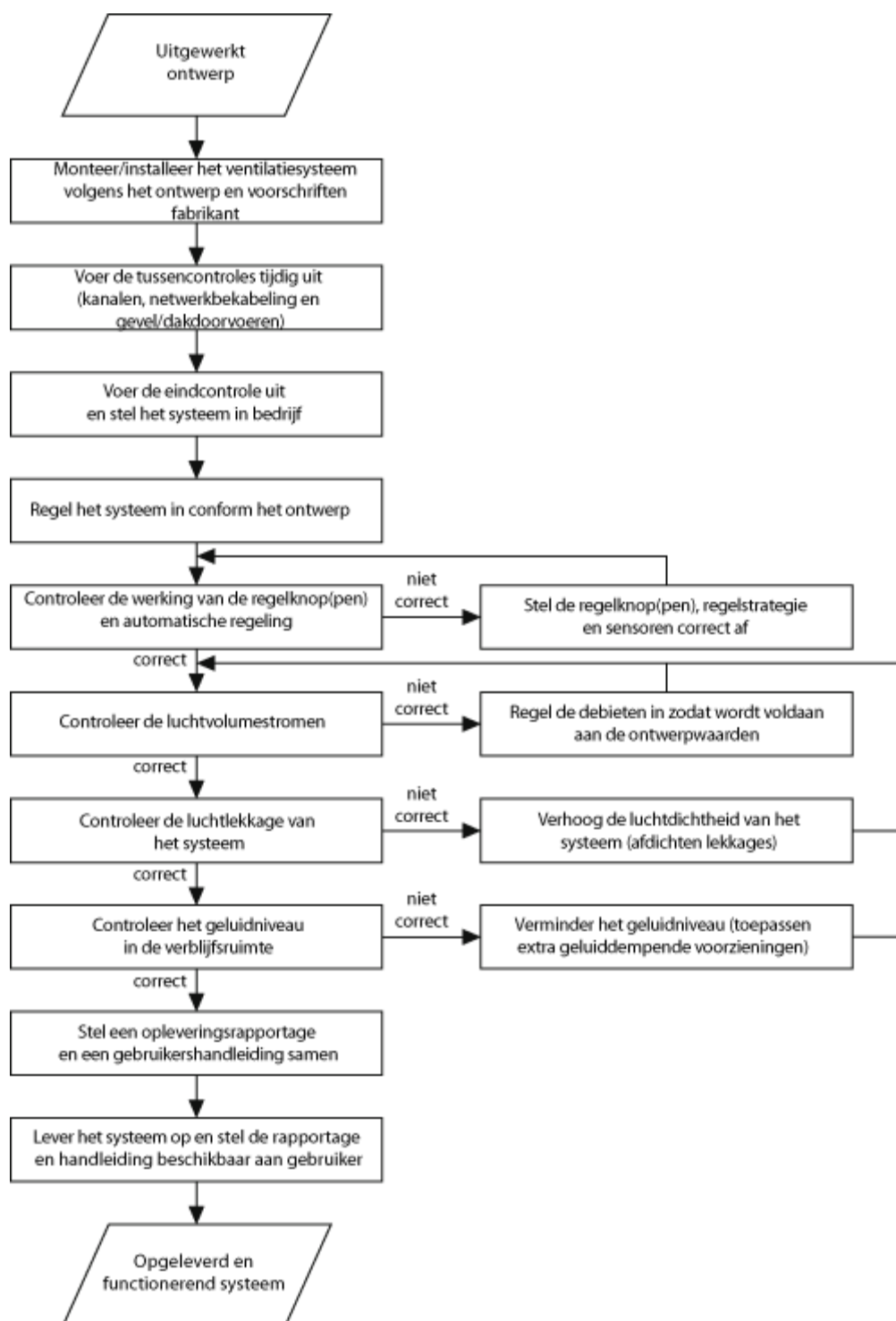
Tabel 5.7 Eigenschappen van wasemkappen

	Motorwasemkap	Motorloze wasemkap	Recirculatiekap
Uitvoering	Afvoer rechtstreeks naar buiten, via een apart kanaal en aparte dakafvoer/gevelopening	Aangesloten op het woningventilatiesysteem	Geen aansluiting met buiten; lucht wordt gefilterd en weer in het vertrek geblazen
Voordelen	- Door de veelal hoge lucht volumestroom wordt een hoge ventilatie-efficiëntie voor kookdampen bereikt, met behoud van ventilatie-efficiëntie in de rest van de woning; - De kanalen en de WTW-installatie/afvoerinstallatie vervuilen minder snel; - Eenvoudige regeling, met geringe kans op onjuist gebruik.	- Relatief eenvoudig ontwerp van het kanalsysteem; - Geen verstoring/onbalans van het woningventilatiesysteem bij het gebruik van de wasemkap; - Bij centrale WTW-unit extra warmteterugwinning uit kookdampen mogelijk.	- Geen afvoer nodig; - Eenvoudig systeem.
Nadelen	- Hogere investerings- en energiekosten; - Het geluidniveau in de hoogstand kan, afhankelijk van het merk en type	- Snellere vervuiling van de kanalen, de filters en de WTW-unit of afzuigunit; - De ventilatie-efficiëntie voor	- Geen vochtafvoer uit de ruimte; - Beperkte afvoer kookluchtjes;

	motorwasemkap, lokaal hoog zijn; • Tijdelijke onbalans in luchtverdeling over ruimten bij grotere afvoercapaciteiten en tijdens afzuiging verhoogde kans op tochtklachten.	kookdampen is afhankelijk van het merk en type motorloze wasemkap; • Een verhoogd geluidniveau in de gehele woning, gedurende de periode dat het woningventilatie systeem vanwege de wasemkap in de hoogste stand wordt geschakeld; • Bij een gesloten klep van de kap kan onbalans in het systeem ontstaan; • Te hoog verwachtingspatroon.	• Geregelde vervanging actieve koolfilter noodzakelijk; • Het geluidniveau in de hoogstand kan, afhankelijk van het merk en type recirculatiekap, lokaal hoog zijn.
Voorwaarden	• Mogelijk is een extra voorziening voor de toevoer van verse lucht vereist, zie 3.13.2; • De positie van de afvoeropening van de motorwasemkap ten opzichte van de aanzuigpunten voor ventilatie dient zorgvuldig te worden gekozen.	• Zorgvuldige selectie van het merk en type motorloze wasemkap; • Rekening houden met afsluitbaarheid van de klep in de kap in het ontwerp.	• Boven de kap moet de lucht weer aan het vertrek worden toegevoerd.

6 Realisatie ventilatiesystemen

In de realisatiefase wordt het ventilatiesysteem gerealiseerd en in gebruik genomen.



Afb. 6.1 Stappenplan realisatie (mechanisch) ventilatiesysteem

Het stappenplan in afbeelding 6.1 kan aangehouden worden voor een juiste realisatie en controle na oplevering van het ventilatiesysteem. In de navolgende paragrafen wordt verder ingegaan op deze stappen.

6.1 Installatie- en montagerichtlijnen

De montage van een mechanisch ventilatiesysteem moet zorgvuldig uitgevoerd worden. Daarbij moet via tussentijdse controles en een eindcontrole de kwaliteit van het geïnstalleerde ventilatiesysteem gecontroleerd en bewaakt worden. Bij oplevering dient de installatie tevens schoon te zijn.

Specifieke aandacht gaat uit naar de montage en installatie van:

- Ventilatioorosters en ventielen;
- Luchtkanalen en toebehoren;
- De ventilatie-unit (gevel-, WTW- of afzuigunit).

6.1.1 Ventilatioorosters en ventielen

Roosters en ventielen (plafond of wand) moeten gemonteerd worden volgens het ontwerp en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Op de montagetekeningen moet zijn vermeld waar welk rooster en/of ventielen toegepast moet worden. Per ventiel moet de in te stellen waarde en wijze van borging zijn aangegeven, conform de opgave van de fabrikant.

Roosters

Maak voor montage van een toevoerrooster gebruik van daartoe geëigende aansluitprofielen en sponningflenzen. De aansluiting van een toevoerrooster op het glas en kozijn moet rondom blijvend luchtdicht uitgevoerd worden, bijvoorbeeld door elastisch blijvende kit.

Ventielen

De aansluitingen van de ventielen op de luchtkanalen moeten luchtdicht worden uitgevoerd via tape of afdichtingsringen.



Afb. 6.2 Afdichtingsringen op (toevoer)ventielen

6.1.2 Luchtkanalen en toebehoren

Transport van luchtkanalen/hulpstukken

Het transport van het kanaalwerk vanaf de fabriek naar de bouwplaats moet op verantwoorde wijze met daartoe geschikte voertuigen van voldoende capaciteit plaatsvinden. Rechte kanalen worden bij voorkeur gefixeerd, van elkaar gescheiden en ondersteund vervoerd om transportschade te voorkomen. Het verdient aanbeveling voor het transport van hulpstukken gebruik te maken van dozen, netzakken, bundels, kratten of containers. De norm NEN-EN 15780 [32] geeft voorzorgsmaatregelen om tot schone ventilatie-installaties te komen. Voor woningen geeft de norm echter aan dat luchtkanalen tijdens het transport niet van een deksel hoeven worden te voorzien. Dit is echter wel aan te bevelen.

Opslag van luchtkanalen

De opslag op de bouwplaats kan zowel in de open lucht als in de ruwbouw plaatsvinden. In beide gevallen moeten de kanalen op een droge ondergrond worden opgeslagen. Bij plaatsing in de open lucht moeten de kanalen tegen extreme weersinvloeden en vervuiling worden beschermd. Voor woningen moeten de kanalen tijdens opslag van een deksel voorzien zijn [32].

Montage

Luchtkanalen moeten luchtdicht gemonteerd worden volgens het ontwerp, het LUKA-Kwaliteitshandboek [19] en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Daarbij moet extra aandacht worden besteed aan:

- Flexibele slang: Contact tussen flexibele kanalen van aluminium en kalkhoudend bouw materiaal moet worden voorkomen in verband met aantasting. Flexibele slangen moeten op voorspanning worden gemonteerd om een zo glad mogelijke binnenwand te verkrijgen;

- Geluiddempende slang: Geluiddempende slang mag niet worden gebruikt als bochtstuk en moet, net als flexibele slang, strak worden gemonteerd;
- Thermische isolatie: Het isolatiemateriaal, inclusief de afwerking van naden, moet dampdicht worden uitgevoerd;
- Instortkanalen: vóór het storten van de druklaag op de breedplaatbekistingsvloer dienen instortkanalen tussentijds visueel te worden gecontroleerd op correcte, onbeschadigde montage en luchtdichte verbinding van de kanaaldelen.

Alle verbindingen moeten daarbij luchtdicht afgewerkt worden door middel van tape of afdichtingsringen die fabrieksmatig op de hulpstukken zijn aangebracht. De bevestiging van het kanaalsysteem geschiedt met metalen beugels met een maximale afstand van 2 m.



Afb. 6.3 Tapes verbinding en beugelen luchtkanalen

Voor de montage worden kanalen en hulpstukken ontdaan van verontreinigingen, scherpe kanten en bramen. Tijdens de installatie van het luchtkanaalsysteem moet rekening gehouden worden met een goede reinigbaarheid. Om te voorkomen dat de vervuiling zich op de kanaalwand vastzet moeten de kanalen inwendig glad, olie- en vetvrij en zonder obstakels zijn afgewerkt, waarbij het kanaalwerk zorgvuldig is gemonteerd. Verbindingen en aftakkingen moeten stromend uitgevoerd worden, zodat de lucht in de stromingsrichting niet tegen kanaalranden botst. Het gebruik van schroeven om kanalen en hulpstukken aan elkaar te bevestigen is om deze reden en in verband met de toepassing van reinigingsapparatuur af te raden. Bij bouwkundige kanalen wordt de binnenzijde glad afgewerkt en is extra aandacht voor het vermijden van onnodige oneffenheden (zoals baarden etc.).

Regelkleppen, terugslagkleppen en brandkleppen in luchtkanalen moeten gemonteerd worden volgens het ontwerp en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Gevel- en dakdoorvoeren ten behoeve van aanzuig- en afvoerkanalen moeten volgens het ontwerp worden uitgevoerd en tussentijds worden gecontroleerd. Voor HR-WTW-systemen bestaan er speciale ijsvrije dakdoorvoeren. Het kanaal voor luchtaanzuig of luchtafvoer via de gevel wordt onder een klein afschot naar buiten uitgevoerd en wind- en waterdicht afgewerkt, bijvoorbeeld met behulp van elastisch blijvende kit.

6.1.3 Ventilatie-unit

Centrale afzuigunit en toevoerroosters

De afzuigunit moet gemonteerd en aangesloten worden volgens het ontwerp en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Bij vraaggestuurde ventilatiesystemen waarbij er sprake is van een actieve (elektronische) regeling tussen de afzuigunit en de toevoerroosters via een centrale regelunit moet er rekening gehouden worden met:

- Plaatsing centrale besturing, eventuele sensoren en netwerkbekabeling. Dit moet zijn aangegeven op de montagetekeningen;
- Tijdige controle van de benodigde loze leidingen en netwerkbekabeling voordat wordt begonnen met het aanbrengen van de afwerklaag op de binnenwanden.

Centrale WTW-unit

De WTW-unit met aansluitingen (luchtkanalen, elektra, filters, toerenregeling en condensaatafvoer) moet geplaatst en aangesloten worden volgens het ontwerp en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Op de montagetekeningen moet aangegeven zijn waar de toerenregeling, eventuele sensoren en eventuele bypass worden geplaatst.

Opstellingsruimte en plaatsing centrale ventilatie-unit

Belangrijk is dat de afzuigunit of WTW-unit wordt geplaatst op een wand met een minimale massa van 200 kg/m². Vanwege geluidproductie wordt daarbij tevens geadviseerd om de unit niet in de vrije ruimte maar in een aparte opstellingsruimte te plaatsen. Als de unit wordt bevestigd aan een steenachtige constructie met een massa minder dan 200 kg/m² moet worden voorzien in een trillingsgeïsoleerde opstelling. De keuze van de juiste trillingsisolatoren geschiedt in overleg met gespecialiseerde leveranciers of adviseurs. Indien er moet worden voorzien in een trillingsgeïsoleerde opstelling, dient dit op de werk- of montagetekening te zijn aangegeven.

De unit moet waterpas opgehangen worden. Let er bij het monteren ook op dat er voldoende vrije ruimte overblijft rondom de unit voor het kunnen uitvoeren van onderhoud. Aan de voorzijde van bijv. een WTW-unit dient er rekening gehouden te worden met een vrije ruimte van ca. 80 cm voor het kunnen uitnemen van luchtfilters en de warmtewisselaar en het reinigen van het binnenwerk van de unit.



Afb. 6.4 WTW-unit in te kleine opstellingsruimte, te scherpe bochten en onderhoud nauwelijks mogelijk

Bij het monteren van de aansluitingen op de unit moet rekening gehouden worden met:

- Plaatsing van de WTW-unit zodanig dat er stijve bochten gebruikt kunnen worden;
- Voldoende rechte kanaallengte tussen de WTW-unit en de eerste bocht, minimaal ca. 400 mm en bij voorkeur ca. 700 mm;
- Geluiddempende voorzieningen tussen de WTW-unit en de kanalen.

Gevelventilatie-unit

- De gevelventilatie-unit moet gemonteerd worden volgens het ontwerp en de voorschriften van de fabrikant of leverancier. Op de montagetekeningen moet zijn vermeld waar welke gevelventilatie-unit dient te worden toegepast;
- De wand waarop de gevelventilatie-unit wordt gemonteerd moet glad en egaal zijn;
- Het gat voor de geveldoorroer moet onder een hoek van minimaal 5° naar beneden (van binnen naar buiten) worden geboord om inwatering te voorkomen;
- De aansluiting tussen buitengevel/binnenwand en doorvoerbuis moet luchtdicht worden gemaakt;
- Wanneer een flexibele doorvoerbuis wordt toegepast, moet deze zo recht mogelijk worden gemonteerd;
- De doorvoerbuis moet vrij van puin en ander vuil zijn;
- De gevelventilatie-unit moet vrij uit kunnen blazen;
- De aansluiting van de geveldoorroer op de gevel moet rondom blijvend luchtdicht uitgevoerd te worden.

6.2 Functionele controle

Nadat alle componenten van het ventilatiesysteem zijn aangebracht moeten deze gecontroleerd worden op correcte montage en functioneren. Onvolkomenheden of afwijkingen van het ontwerp kunnen leiden tot een slecht presterend ventilatiesysteem als geheel of verhoogde slijtage van componenten. Speciale aandacht gaat hierbij uit naar geïntegreerde componenten in de gebouwschil die na oplevering praktisch niet meer bereikbaar zijn voor verbeteringen of modificaties. Met name instortkanalen en loze elektraleidingen moeten daarom tijdens het bouwproces aan een visuele tussencontrole worden onderworpen.

Procedure tussencontrole

Instortkanalen

Vóór het storten van de druklaag op de breedplaatbekistingsvloer dienen instortkanalen te worden gecontroleerd op correcte montage en afwerking.

Aandachtspunten zijn:

- Correcte kanaalafmetingen conform ontwerp;
- Plaats en diameter van de toevoer- en afzuigpunten/instortpotten;
- Bevestiging van kanalen aan de breedplaatbekistingsvloer en/of aan de wapening van de druklaag;
- Luchtdichte aansluiting van kanaalstukken en hulpstukken, te controleren met bijv. een rookbuisje;
- Onbeschadigde montage (ingedeukte kanalen e.d.);
- De open eindstukken aan de bovenzijde van de druklaag dienen tijdelijk, ter voorkoming van vollopen door het beton en andere vervuiling, te zijn voorzien van goed passende afdekcapen.



Afb. 6.5 Eindkap op ingestort luchtkanaal

Beschadigde kanaal- en hulpstukken dienen voor het storten van de druklaag op de breedplaatbekistingsvloer te worden vervangen.

Netwerkbekabeling en elektra

Vóór het aanbrengen van de afwerklaag op de binnenwanden en het binnenspouwblad dient te worden gecontroleerd of de benodigde loze leidingen conform ontwerp zijn aangebracht. Deze dienen voor de netwerkbekabeling tussen zelfregelende ventilatieroosters, centrale regelunit en elektra voor de WTW- en de afzuigunit.

Gevel- en dakdoorvoeren aanzuig- en afvoerpunten

Gevel- en dakdoorvoeren ten behoeve van aanzuig- en afvoerkanalen dienen tussentijds te worden gecontroleerd op:

- Correcte locatie en type;
- Afmetingen;
- Afschot (geveldoorvoeren);
- Waterdichtheid.

Procedure eindcontrole

Aan de hand van de werktekeningen moeten de volgende punten visueel worden gecontroleerd:

- Juiste componenten (merk en type);
- Netwerkbekabeling, besturing en elektra;
- Luchtfilters en bypass;
- Beugeling kanalen: afstand maximaal 2 meter;
- Bevestiging van kanalen aan elkaar en aan ventielen en apparaten;
- Montage van inregel- en brandkleppen;
- Geluiddempende kanalen, slangen en overstroomroosters: zijn de benodigde voorzieningen aangebracht;
- Thermische isolatie kanalen bij HR-WTW: dampdicht voor de buitenkanalen;
- Flexibele slang: niet langer dan 0,5 meter, bochten van ten hoogste 45°; de slang behoort strak te zijn gemonteerd; het materiaal mag niet naar binnen zijn gevouwen;
- Waterpas en eventueel trillingsgeïsoleerde ophanging van de WTW-unit en de afzuigventilator.

Procedure in bedrijf stellen ventilatiesysteem

Het in bedrijf stellen van het ventilatiesysteem mag pas gebeuren nadat de tussen- en eindcontroles zijn doorlopen. De richtlijnen van de fabrikant/leverancier zijn leidend bij de in bedrijf stelling van de installatie. Eventuele regelelektronica (centrale besturingsunit) of opties op de ventilatie-unit zoals bijv. de sturing van de bypass (bij WTW-unit) of een vraaggestuurd ventilatiesysteem moeten conform het ontwerp en eventuele wensen van de bewoner geprogrammeerd worden. De juiste stromingsrichting kan worden gecontroleerd met behulp van rookbuisjes. Als het ventilatiesysteem niet correct functioneert moet de storingswijzer van de fabrikant/leverancier of een deskundige geraadpleegd worden.



Afb. 6.6 Rookpen voor het detecteren van luchtlekkage of stromingsrichting

Beproeving bij woongebouwen

Bij projecten die bestaan uit meerdere woningen of appartementen is het advies de complete installatie in één woning te installeren en te beproeven voordat met de installatie in de overige woningen wordt gestart. Hierdoor kan er vroegtijdig inzicht ontstaan in eventuele montageproblemen en zijn hiervoor nog mogelijkheden tot het vinden van doeltreffende oplossingen. Ook kan met een beproeving van de installatie aangetoond worden of de installatie aan de vereiste prestaties voldoet.

6.3 Inregelen en afstellen systeem

Een mechanisch ventilatiesysteem moet na oplevering ingeregeld en afgesteld worden zodat de juiste luchthoeveelheden aan de ruimten toe- en afgevoerd worden.

6.3.1 Controle regelknop lucht volumestromen

Een mechanisch ventilatiesysteem met een regelknop kent doorgaans drie standen waardoor de lucht volumestroom afgestemd kan worden op de ventilatiebehoefte. De driestandenschakelaar kan gemonteerd zijn in de keuken (soms op de wasemkap). In sommige woningen is een extra schakelaar aangebracht in bijvoorbeeld de badkamer.

De drie standen van de schakelaar zijn:

1. Er is niemand thuis;
2. Er zijn één of meerdere personen thuis;
3. Er wordt gekookt, gedoucht of er is veel bezoek (feestje e.d.).



Afb. 6.7 Regelknop lucht volumestromen (3-standenschakelaar)

Het toerental van de ventilator moet overeenkomen met de standen van de regelknop. Het inregelen hiervan moet in principe volgens richtlijnen van de fabrikant uitgevoerd worden. Indien deze richtlijnen niet voorhanden zijn, kan van onderstaande procedure gebruik gemaakt worden:

- Zet de regelknop op stand 3;
- Meet de volumestromen van de luchttoevoer en/of afvoerpunten met behulp van een nuldruk compenserende volumestroommeter;
- Herhaal de meting met de regelknop achtereenvolgens op de standen 2 en 1;
- Controleer of de standen van de regelknop overeenkomen met de gemeten volumestromen, stel zo nodig het toerental van de ventilator bij en herhaal de controleprocedure.



Afb. 6.8 Instellen toerental ventilator afzuigunit via dipswitches

Indien er meerdere, onafhankelijk bedienbare, regelknoppen aanwezig zijn (bijv. in keuken en badkamer) moet de procedure voor iedere regelknop worden herhaald.

6.3.2 Algemene inregelprocedure

In het ontwerp is de volumestroom per ventiel vastgelegd. De werkelijke volumestroom moet overeenkomen met de ontwerp volumestroom. De ventielen moeten ingeregeld worden volgens richtlijnen van de fabrikant. Indien deze richtlijnen niet voorhanden zijn kan de volumestroom als volgt worden gecontroleerd (voor de toevoerventielen en afvoerventielen wordt de procedure apart doorlopen):

- Stel de toe- en afvoerventielen en inregelkleppen op de stand die bepaald is bij de kanalenberekening;
- Sluit ramen, binnendeuren en buitendeuren en zet de WTW-unit of afzuigunit in de stand 'nominaal';

- Meet de volumestroom van elk ventiel met een nuldruk compenserende volumestroommeter;
- Controleer of het verschil tussen de gemeten volumestroom en de ontwerpvolumestroom maximaal 5% bedraagt. Wijkt de volumestroom meer af, dan moet een uitgebreide inregelprocedure worden gevolgd. Zie bijlage C 'Proportionele inregelprocedure'.



Afb. 6.9 Lucht volumestroom van een ventiel meten met een nuldruk compenserende volumestroommeter



Afb. 6.10 Volumestroommeter

Indien in het ontwerp de volumestroom niet is vastgelegd moet eveneens de uitgebreide proportionele inregelprocedure worden gevolgd. Zie bijlage C 'Proportionele inregelprocedure'.

Nuldruk compenserende lucht volumestroommeter

Een compenserende volumestroommeter is een meetinstrument voor het meten van de volumestroom (toevoer- en afvoerlucht) per ventiel. Het bevat een ingebouwd mechanisme dat er voor zorgt dat de volumestroom niet verandert bij plaatsing van het apparaat tegen het ventiel. Het meetbereik van de volumestroommeter moet voor woningtoepassingen tussen 5 en 63 dm³/s (15-225 m³/h) liggen. De volumestroommeter moet geijkt zijn. Volgens NEN 1087 [21] mag de

onnauwkeurigheid ten hoogste 2 dm³/s zijn voor volumestromen tot 40 dm³/s en ten hoogste 5 % van de meetwaarde voor grotere volumestromen. Voor sommige (moeilijk te bereiken) plaatsen is het nodig om speciale verloopstukken toe te passen op de volumestroommeter.

Opmerking: De eis uit NEN 1087 is gesteld om de vereiste nauwkeurigheid van het meetinstrument vast te leggen en heeft dus geen relatie met de aan te houden ontwerpwaarden voor de luchtvolumestroom! Bijv. als de minimale ventilatie-eis 7 dm³/s bedraagt voor een verblijfsruimte, moet er worden ingeregeld op 7 dm³/s en dus niet op $7 - 2 = 5$ dm³/s. Moderne (digitale) nuldrukcompenserende volumestroommeters hebben overigens over het gehele bereik een kleinere onnauwkeurigheid dan de eis uit NEN 1087, namelijk 3% met een minimum van 1 dm³/s.

Om inregeling en luchtvolumestroommeting zo nauwkeurig mogelijk uit te voeren worden de volgende kwaliteitseisen gesteld bij het gebruik van een nuldrukcompenserende volumestroommeter:

- De onnauwkeurigheid van het meetinstrument mag niet groter zijn dan 5% en moet aangetoond kunnen worden via een calibratierapport (dat niet ouder is dan een jaar);
- Een eventueel geconstateerde afwijking bij calibratie moet in het meetrapport verwerkt zijn;
- Bij het meten van luchtvolumestromen per afzonderlijk toe- of afvoerpunt in een ruimte zijn afwijkingen naar beneden t.o.v. de ontwerp volumestroom niet toegestaan. Vervolgens mag, voor een praktisch werkbare situatie, het verschil tussen de totale toe- en afvoerhoeveelheden over de gehele woning niet meer bedragen dan 10%.

Metten bij gevelventilatie-units

De volumestroommeting kan bij een gevelventilatie-unit vaak alleen op het muurrooster buiten plaatsvinden (bij windstil weer), zorg hierbij voor een luchtdichte aansluiting van de meetconus op het metselwerk (bv. door een extra schuimrand).

Indien het ventilatiedebiet niet betrouwbaar gemeten kan worden, dan dient de leveranciersinformatie te worden geraadpleegd voor de luchtvolumestroomkarakteristiek van het toestel en hoe het toerental handmatig op het gewenste ventilatiedebiet kan worden ingesteld. Omdat er bij een gevelventilatie-unit weinig externe invloeden zoals kanaalweerstand zijn, kan op deze manier de nominale luchtvolumestroom voor de overige controlepunten redelijk betrouwbaar worden ingesteld.

Blokkering en markering instellingen ventilatievoorzieningen

Ten behoeve van het inregelen wordt de grootte van de toevoer- en afvoeropening in de ontwerpfase bepaald. Met behulp van instelgrafieken die het verband aangeven tussen de overdruk en onderdruk in het kanaalsysteem en de hoeveelheid toevoerlucht wordt, bij toepassing van ventielen, de opening van de conus bepaald. Deze instelling moet eenduidig op het ventiel kunnen worden overgebracht, bijvoorbeeld door maataanduidingen op het ventiel of met speciaal gereedschap voorzien van instructies. Vooraf instelbare ventielen met instelindicatie kunnen de montagetijd verkorten.



Afb. 6.11 Instellen lucht volumestroom ventiel met speciale liniaal

Na het instellen van de ventielen kunnen deze worden geborgd door bijv. een borgmoer of door te verlijmen.

6.3.3 Controle luchtlekkage

Ongewenste luchtstromen door naden en lekken in het ventilatiesysteem kunnen de prestatie van het ventilatiesysteem nadelig beïnvloeden. Er mag van worden uitgegaan dat de luchtdichtheid voldoende is indien:

- Uit een visuele inspectie blijkt dat de luchttoevoervoorziening zorgvuldig volgens het ontwerp en de installatie-instructie van de fabrikant is gemonteerd;
- Uit een visuele inspectie blijkt dat de kanalen luchtdicht zijn afgewerkt met tape of een rubber afdichting;
- De totale gemeten lucht volumestroom tenminste gelijk is aan de maximale lucht volumestroom.

6.3.4 Controle sensoren

De correcte werking van de sensoren voor vorstbeveiliging, zomernachtventilatie en/of vraagsturing moet periodiek volgens de voorschriften van de fabrikant worden gecontroleerd.

6.4 Controle geluidniveau

Het installatiegeluidniveau of het geluid van buiten moet ter voorkoming van geluidoverlast worden beperkt tot maximaal de ontwerpwaarde. Het installatiegeluid wordt getoetst aan de toelaatbare waarden volgend uit het Bouwbesluit.

Vereenvoudigde meting NEN 5077 [24]

Om een globale indicatie te verkrijgen van het geluidniveau van de installatie in verblijfsgebieden kan gebruik worden gemaakt van een dB-meter. Deze vereenvoudigde meting is geschikt voor beoordeling van afgewerkte ruimten (wind- en waterdicht) vóór bewoning. De nagalmtijd in de verblijfsruimte wordt niet gemeten; het geluidniveau in de gestoffeerde/gemeubileerde situatie zal echter lager zijn dan in de niet-gestoffeerde situatie wordt gemeten.

Meting:

- Sluit ramen, binnendeuren en buitendeuren;
- De meting moet verricht worden in de nominale stand waarbij aan de ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit wordt voldaan. Indien er sprake is van vraagsturing dan moet het ventilatiesysteem handmatig op de nominale luchtvolumestroom worden ingesteld;
- Schakel eventuele stoorgeluiden uit;
- Aan het begin van een meetserie moet de werking van de geluidmeter worden gecontroleerd met behulp van een kalibratiegeluidbron. De afwijking tussen de waarde aangegeven door de geluidmeter en de nominale waarde van het geluiddrukkniveau van de kalibratiegeluidbron mag niet meer dan 0,5 dB bedragen;
- Bepaal op drie plaatsen, verdeeld over de ruimte, het geluidniveau in de ruimte als een getalswaarde in dB. Kies de meetpunten op voldoende afstand van de ventilatie-unit(s)/ventielen ($\geq 1,0$ meter) en op voldoende afstand van overige objecten en personen ($\geq 0,5$ meter);
- Het tijdgemiddelde geluiddrukkniveau wordt gemeten over een periode van tenminste 8 seconden.

Opmerking: Voor een volledige meting, om te toetsen of het geluidniveau van de installatie voldoet aan de voorschriften, moet de uitgebreide meetprocedure worden gevolgd zoals omschreven in NEN 5077 [24].

Vereenvoudigde meting BRL 8010 [3]

Bij deze meting wordt het installatiegeluid bij de bron gemeten i.p.v. in de ruimte. Er kan hierbij worden volstaan met minder handelingen en meetpunten. Om te toetsen of het geluidniveau van de installatie voldoet aan de voorschriften, moet de procedure worden gevolgd zoals omschreven in de bijlage van BRL 8010 [3].

Rapportage

Het resultaat van de bovenstaande procedure moet schriftelijk worden vastgelegd. In de rapportage zijn de volgende onderdelen tenminste opgenomen:

- Naam en adres van de controlerende instantie en naam van de contactpersoon;
- Datum uitvoering controle;
- Adres of projectgegevens van de woning waarin de meting is verricht;
- Ontwerpwaarden;
- Toegepaste meetapparatuur (merk/type/vervaldatum calibratiecertificaat);
- Beschrijving meetsituatie/bijzondere meetomstandigheden;
- Resultaat van de controle en, indien van toepassing, een verklaring dat het geluidniveau in de verblijfsruimten niet hoger is dan toegestaan.

6.5 Oplevering

Oplevering kan geschieden volgens bijvoorbeeld BRL 8010 of BRL 6000-10.

Bij oplevering anders dan volgens één van de BRL's moet een opleveringsrapport worden samengesteld conform het opleveringsprotocol. Het opleveringsrapport moet minimaal de volgende informatie bevatten:

- Ontwerpspecificaties en eventuele afwijkingen ten opzichte van de ontwerpspecificaties;
- Controlerapport met betrekking tot montage en installatie;
- Meetrapporten met betrekking tot:
 - Regelknop luchtvolumestroom;
 - Luchtvolumestromen;
 - Luchtlekkage (eventueel alleen visuele controle);
 - Geluidniveau (indicatief).

6.6 Gebruikershandleiding

Geef de gebruikers bij oplevering een gebruikershandleiding. Deze handleiding kan worden samengesteld op basis van hulpmiddelen op internet; bijvoorbeeld www.mijnhuisinstallatie.nl voor

particulieren of www.publicatieplatform.nl voor installateurs en woningcorporaties aangesloten bij Aedes.

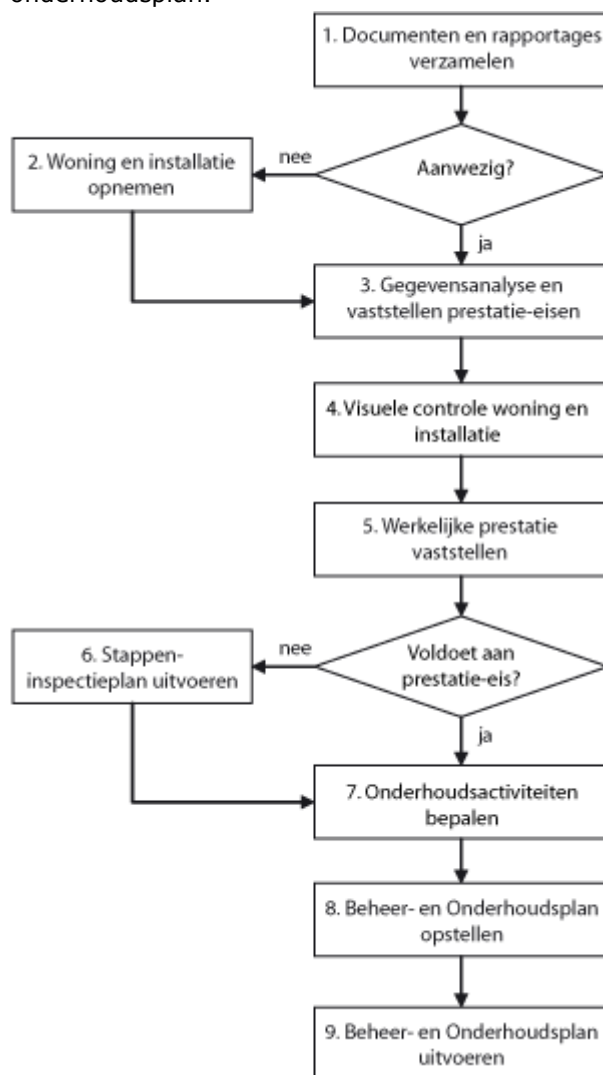
Wanneer bovengenoemde hulpmiddelen niet gebruikt worden moet de gebruikershandleiding minimaal de volgende zaken bevatten:

- Beschrijving van de werking;
- Bedieningsvoorschriften;
- Onderhoudsvoorschriften;
- Wat te doen bij storing;
- Gegevens van de leverancier en installateur.

7 Beheer ventilatiesystemen

7.1 Onderhoudsplan

Goed beheer en onderhoud van een ventilatiesysteem begint met het opstellen van een onderhoudsplan.



Afb. 7.1 Opstellen onderhoudsplan

In de praktijk krijgt het onderhoud aan een (mechanisch) ventilatiesysteem nog vaak te weinig aandacht, terwijl dit van belang is om het systeem op de gewenste prestatie (blijvend) te laten functioneren. Een goed onderhoudsplan kan daarbij helpen. Om te komen tot dit onderhoudsplan moeten in het algemeen de stappen worden doorlopen zoals in afbeelding 7.1. Hierna volgt een toelichting van deze stappen.

1. Documenten en rapportages verzamelen

- a. Opleveringsdocumenten, zoals:
 - Tekeningen;
 - Gebruikershandleidingen;
 - Onderhouds- en bedieningsvoorschriften;
 - Technische documentatie van de geïnstalleerde apparatuur;
 - Inregelgegevens (inregelstanden ventielen en ventilatoren).
- b. Onderhoudsdocumenten, zoals:
 - Onderhoudskaarten;
 - Meetrapporten;
 - Logboek (gevelventilatie-, afzuig- of WTW-unit).

2. Woning en installatie opnemen

Indien er geen documenten beschikbaar zijn, zal er een opname plaats moeten vinden van het gebouw en de installaties. Op www.isso.nl staat voor mechanische ventilatiesystemen een voorbeeld van een standaard opnameformulier in een aparte bijlage.

3. Gegevensanalyse en vaststellen prestatie-eisen

Aan de hand van de verzamelde documenten en/of opname worden de prestatie-eisen waaraan een onderdeel of de installatie moet voldoen, vastgesteld; dit is het zogeheten minimum- of nul-niveau. Het gebruik van zo veel mogelijk objectieve criteria is hierbij van belang.

Indien er geen oplever- of onderhoudsdocumenten beschikbaar zijn, moet worden nagegaan onder welke voorwaarden een bouwvergunning is verkregen voor de betreffende woning. Daarmee worden ook de prestatie-eisen t.a.v. de luchtvolumestromen vastgelegd. Het 'rechtens verkregen niveau' t.a.v. de luchtvolumestromen is in principe het niveau dat gold op het moment van de bouwaanvraag van het betreffende bouwwerk. Dit kunnen ook luchtvolumestromen zijn die volgen uit de aanvullende eisen van het bestek (indien nog beschikbaar). Indien deze luchtvolumestromen niet meer bekend of te achterhalen zijn, wordt het jaartal waarin de betreffende woning is gebouwd van belang:

- Voor 1975 was de Bouwverordening van toepassing, met de bijbehorende supplementen;
- Na 1975 was de NEN 1087 [18] van toepassing met de daarin vermelde luchtvolumestromen. Voor het eerst werd hierin een vaste luchtvolumestroom voor de zogenaamde open keuken vermeld.

Tabel 7.1 Eisen luchtvolumestromen tussen 1975 en 1991. Bron: NPR1088 [34]

Ruimte	Eisen
Keuken < 10 m ²	21 dm ³ /s (75 m ³ /h)
Keuken ≥ 10 m ²	28 dm ³ /s (100 m ³ /h)
Open keuken	42 dm ³ /s (150 m ³ /h)
Toiletruimte	7 dm ³ /s (25 m ³ /h)
Badruimte	14 dm ³ /s (50 m ³ /h)

Tabel 7.2 Eisen minimale ventilatiecapaciteit voor nieuwe woningen. Bron: Bouwbesluit [1]

Ruimte	Eisen
Verblijfsgebied	0,9 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak met een minimum van 7 dm ³ /s
Verblijfsruimte	0,7 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak met een minimum van 7 dm ³ /s
Verblijfsgebied met kooktoestel <	0,9 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak met een minimum van 21

15 kW	dm ³ /s
Toiletruimte	7 dm ³ /s
Badruimte	14 dm ³ /s
Gemeenschappelijke verkeersruimte	Minimaal 0,5 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak (niet afsluitbaar)
Ruimte met opstelplaats gasmeter	Minimaal 1 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak met een minimum van 2 dm ³ /s (niet afsluitbaar)
Opslagruimte afval (vloeroppervlak > 1,5 m ²)	Minimaal 10 dm ³ /s per m ² vloeroppervlak

De stichting Garantie Instituut Woningbouw (GIW) stelt de volgende aanvullende eisen voor woningen waarvoor een GIW-certificaat is afgegeven na 2007 [4]:

- Opstelplaats voor een wasautomaat en/of wasdroger: minimaal 7 dm³/s;
- Bergruimte: minimaal 7 dm³/s.

4. Visuele controle woning en installatie

Een visuele controle van de (gewijzigde) woning en het ventilatiesysteem en eventuele klachten van bewoners over het functioneren van het ventilatiesysteem kunnen een eerste indicatie geven t.a.v. een verminderde prestatie van de installatie.

Voor een mechanisch ventilatiesysteem richt de visuele controle zich op de algehele werking van alle onderdelen en in het bijzonder op:

- Luchtkanalensysteem:
 - Vervuiling in de kanalen;
 - Toegangsmogelijkheid t.b.v. onderhoud;
 - Luchtdichtheid en evt. geconstateerde luchtlekkage;
 - Kwaliteit kanaalisolatie (indien aanwezig);
 - Kritische punten m.b.t. drukval en geluidsbronnen.
- Ventielen, roosters en aanzuigopeningen (bij mechanische luchttoevoer):
 - Aantal aanwezige luchttoevoer- en afvoeropeningen in relatie tot de gewenste lucht volumestromen;
 - Afstand tot aanwezige rookgasafvoer(en);
 - Vervuiling toe- en afvoerventielen;
 - Vervuiling aanzuigopeningen en roosters in relatie tot de bebouwde omgeving;
 - Luchtdichtheid en evt. geconstateerde luchtlekkage bij kanaalaansluitingen.
- Afzuigunit, WTW-unit of dakventilator:
 - Vervuilde motor/waaier, filters en warmtewisselaar;
 - Toegangsmogelijkheid t.b.v. onderhoud;
 - Aanwezigheid condensaat afvoer (WTW-unit);
 - Aanwezigheid geluiddempende voorzieningen.
- Werking elektrische schakelingen:
 - Standenschakelaar;
 - Sensoren bij vraaggestuurde ventilatiesystemen;
 - Beheersbaarheid/energiebesparing.

Voor een natuurlijk ventilatiesysteem beperkt de visuele controle zich tot:

- Aantal aanwezige luchttoevoer- en afvoeropeningen in relatie tot de gewenste lucht volumestromen;
- Juiste afmetingen luchttoevoer- en afvoeropeningen en evt. aanwezige wasemkappen;
- Vervuiling van de luchtkanalen;
- Toegangsmogelijkheid t.b.v. onderhoud.

5. Werkelijke prestatie vaststellen

Voor een nauwkeurige vaststelling van de werkelijke prestatie worden bij mechanische ventilatiesystemen de luchtvolumestromen gemeten bij de ventielen (afvoer en evt. toevoer). Het meten gebeurt met de ventilator in de schakelstand waarbij de nominale luchtvolumestromen gerealiseerd moeten worden. De gemeten waarden worden vergeleken met de eerder vastgestelde prestatie-eisen. De meetresultaten worden vastgelegd in een meetrapport. Een voorbeeld van een dergelijk meetrapport staat in BRL8010 [3] en ISSO-publicatie 63 [10].

Het nauwkeurig meten van de luchtvolumestromen in een natuurlijk ventilatiesysteem is moeilijk gezien de beperkte en wisselende drukverschillen tussen de luchttoevoer- en afvoeropeningen. Natuurlijke ventilatiesystemen zijn daarom beperkt tot een visuele controle van het roostertype. Voor individuele woningen worden alle ruimten waarin lucht wordt toe- en/of afgevoerd gemeten. Voor meergezinswoningen of woongebouwen wordt een steekproef genomen. Als er steekproefsgewijs wordt gemeten, moet de referentiewoning op het meetrapport worden vermeld. Indien de gemeten waarden lager zijn dan de prestatie-eisen zoals die gelden voor bestaande bouwwerken (zie stap 3) wordt voorzien in een 'stappen-inspectieplan', zoals omschreven in de volgende stap.

Opmerking: Tot de invoering van Bouwbesluit 2012 was er in veel situaties op het nul-niveau geen sprake van eisen aan het geluid van installaties in de woning dat dus ook niet wordt gemeten. Echter bij geschillen door bewonersklachten kon bijv. een geluidsmeting wel verplicht gesteld worden door een arbiter.

Met ingang van het Bouwbesluit 2012 [1] zal deze situatie veranderen omdat daarin wel een wettelijke eis wordt gesteld aan het maximale geluiddrukkniveau van de installaties.

6. Stappen-inspectieplan uitvoeren

Het stappen-inspectieplan voor mechanische ventilatiesystemen is (in chronologische volgorde) als volgt opgebouwd:

- a. Meten luchtvolumestromen na reiniging ventielen, kanaaleinden en opnieuw inregelen installatie;
- b. Meten luchtvolumestromen na vervanging of (ultrasoon) reiniging van motor/waaiercombinatie;
- c. Meten luchtvolumestromen na reiniging van het complete kanalsysteem;
- d. Meten luchtvolumestromen na vervanging van de bestaande motor/waaiercombinatie door een motor/waaiercombinatie met een verhoogde opvoercapaciteit;
- e. Meten luchtvolumestromen na vervanging bestaande ventilatie-unit door een nieuwe ventilatie-unit;
- f. Vastleggen van de meetresultaten per stap in een meetrapport.

7. Onderhoudsactiviteiten bepalen

Na het vergelijken van de werkelijke prestatie van de installatie met de prestatie-eisen kan nauwkeurig worden vastgesteld welke onderdelen van de installatie noodzakelijkerwijs vervangen, gerepareerd en onderhouden moeten worden. Daarnaast kan ook een aanvullend advies gegeven worden om de installatie te optimaliseren.

In een rapport worden minimaal de volgende zaken vermeld:

- Gegevens woning;
- Gegevens eigenaar of huurder;
- Gegevens en status controleur ventilatiesysteem;
- Datum uitgevoerde controle;
- Reactie op gevonden gebreken na visuele controle;
- Uitgevoerde metingen en meetresultaten in relatie tot de eisen;
- Adviezen, zoals:
 - Verbetering functionaliteit;
 - Optimalisering energiezuinigheid.
- Conclusie t.a.v. de prestatie van het ventilatiesysteem.

8. Beheer- en onderhoudsplan opstellen

Opstellen van een onderhoudsplan uit voorgaande informatie. Voorbeelden van onderhoudsplannen voor een mechanisch ventilatiesystemen zijn weergegeven in ISSO-publicatie 63 [10]. Het onderhoudsplan bevat minimaal de volgende punten:

- Gegevens opdrachtgever;
- Type woning;
- Type ventilatiesysteem;
- Looptijd onderhoudsplan in jaren;
- Onderhoudsactiviteiten.

9. Beheer en onderhoudsplan uitvoeren

De laatste stap is het uitvoeren van het onderhoudsplan, waarbij steeds terugkoppeling plaatsvindt naar het vastgestelde 'nul-niveau' uit stap 3. Na elke onderhoudsbeurt worden de uitgevoerde werkzaamheden afgetekend op een onderhoudskaart en worden de meetresultaten vastgelegd in het meetrapport.

7.2 Onderhoudsactiviteiten

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste componenten bij ventilatiesystemen in individuele woningen en woongebouwen. Per onderdeel volgt hierna een toelichting in een aparte paragraaf met de uit te voeren onderhoudswerkzaamheden per component.

Tabel 7.3 Overzicht van de belangrijkste componenten bij ventilatiesystemen in individuele woningen en woongebouwen

Onderdeel	Onderhoud door		Type ventilatiesysteem		
	Bewoner/gebruiker	Installateur/onderhoudsbedrijf	A	C	D
7.2.1 Ventielen en roosters	x	x	x	x	x
7.2.2 Luchtkanalen		x	x	x	x
7.2.3 WTW-unit	x	x			x
7.2.4 Afzuigunit/dakventilator		x		x	x
7.2.5 Gevelventilatie-unit	x	x			x
7.2.6 Regeling + meting		x		x	x
7.2.7 Luchtfilter	x	x			x
7.2.8 Geluiddemper		x			x

7.2.1 Ventilatioorosters en ventielen

Reinigen roosters

Vervuilde roosters moeten door de gebruiker gemakkelijk en zonder speciaal gereedschap los te nemen en te reinigen zijn. Toevoerroosters bij natuurlijke luchttoevoer zijn meestal eenvoudig zelf schoon te maken. Minimaal 1x per jaar moet dit door de bewoner gedaan worden. Een voorbeeld, zie ook afbeelding 7.2: Het binnenrooster wordt losgemaakt en kan met water en zeep worden

gereinigd. Indien nodig kan het binnenwerk van de toevoer voorzichtig schoongemaakt worden met een stofzuiger. Het terugplaatsen van het binnenwerk geschiedt meestal eenvoudig door vast te klikken.



Afb. 7.2 Losnemen binnenwerk toevoerrooster bij natuurlijke luchttoevoer

Reinigen ventielen

Vervuilde ventielen moeten door de gebruiker gemakkelijk en zonder speciaal gereedschap los te nemen en te reinigen zijn. Eventuele ingestelde lucht volumestromen mogen hierbij niet veranderen. In het geval van een ventiel moet de stand van de conus of schotel dus ongewijzigd blijven door de instelstanden te borgen. Voor het reinigen worden de ventielen dan in zijn geheel uit het kanaal genomen. De ventielen kunnen meestal met lauw water en een neutrale zeepoplossing of in een vaatwasser gereinigd worden. Raadpleeg hiervoor altijd de fabrikanteninstructie.

De handleiding voor het onderhoud door de bewoners omvat minimaal:

- De schoonmaakfrequentie. Doorgaans is reiniging om de 3 maanden voldoende (afhankelijk van de mate van vervuiling);
- De wijze waarop de ventielen moeten worden gereinigd.

Vervuiling van wanden en plafonds treedt voornamelijk op rondom toevoerventielen bij mechanische luchttoevoer. De meeste stofdeeltjes zijn afkomstig uit de binnenlucht die door de ventielen in beweging wordt gebracht. Verse gefilterde lucht bevat slechts weinig stofdeeltjes. Als de lucht tegen plafonds of wanden wordt geblazen is de kans op vervuiling groter. Daarom mogen toevoerventielen niet dicht in hoeken of bij plafonds worden geplaatst. Sterk inducerende roosters of ventielen veroorzaken eerder vervuiling van wand en plafond dan zwak inducerende ventielen. Roosters of ventielen met schotels/richtplaten kunnen een ongewenste luchtstroming langs wanden, en daarmee vervuiling, voorkomen (zogenaamde schone sector). Roosters of ventielen met een gericht uitblaasp patroon, bijvoorbeeld half cirkelvormig, vervuilen de wanden en plafonds minder snel. Bij de toepassing van sterk inducerende roosters of ventielen moet worden voorkomen dat de geïnduceerde ruimtelucht langs de wand stroomt. Om de mogelijke vervuiling van de wand door stofdeeltjes in deze lucht te voorkomen verdient een kegelvormige worp, die haaks op de wand staat, de voorkeur.

Indien niet aan bovenstaande voorwaarden kan worden voldaan, wordt geadviseerd om het toevoerventiel te plaatsen in een wand of een gedeelte daarvan dat is voorzien van eenvoudig te reinigen materiaal.

Een nuttig hulpmiddel voor bewoners bij het reinigen van ventielen is een zichtbare aanduiding op het ventiel in welke stand dit na reiniging teruggeplaatst moet worden. Ook drukgeregelde afvoerventielen, die niet ingeregeld behoeven te worden en derhalve niet verkeerd teruggeplaatst kunnen worden, zijn hiervoor geschikt.

Inregelen en borgen

In het ontwerp is de volumestroom per ventiel vastgelegd. De werkelijke volumestroom moet overeenkomen met de ontwerp volumestroom. De roosters en ventielen moeten ingeregeld worden volgens richtlijnen van de fabrikant. Indien deze richtlijnen niet voorhanden zijn kan de

volumestroom als volgt worden gecontroleerd (voor de toevoerventielen en afvoerventielen wordt de procedure apart doorlopen):

- Stel de toe- en afvoerventielen en inregelkleppen op de stand die bepaald is bij de kanalenberekening;
- Sluit ramen, binnendeuren en buitendeuren en zet de WTW-unit of afzuigunit in de stand 'nominaal';
- Meet de volumestroom van elk rooster cq. ventiel;
- Controleer of het verschil tussen de gemeten volumestroom en de ontwerp-volumestroom maximaal 5% bedraagt. Wijkt de volumestroom meer af, dan moet een uitgebreide inregelprocedure worden gevolgd.

Indien in het ontwerp de volumestroom niet is vastgelegd moet eveneens de uitgebreide inregelprocedure worden gevolgd volgens bijlage C 'Proportionele inregelprocedure'. Met behulp van instelgrafieken die het verband aangeven tussen de overdruk en onderdruk in het kanaalsysteem en de hoeveelheid toevoerlucht wordt de opening van de conus bepaald. Deze instelling moet eenduidig op het ventiel kunnen worden overgebracht, bijvoorbeeld door maataanduidingen op het ventiel of met speciaal gereedschap voorzien van instructies. Vooraf instelbare roosters met instelindicatie kunnen de montagetijd verkorten.

Tijdens de realisatiefase, vóór de oplevering, wordt de inregeling door gespecialiseerde bedrijven uitgevoerd. De resultaten worden in een meetrappport vastgelegd. Het meetrappport geeft de situatie ten tijde van de oplevering weer. Door gewijzigde omstandigheden of na het uitvoeren van onderhoud in de beheerfase is het noodzakelijk de installatie geheel of gedeeltelijk opnieuw in te regelen. Dit moet eveneens vastgelegd worden. De installatie moet ingeregeld worden op de ontwerp-volumestromen zoals aangegeven in het systeemontwerp. Voor een praktisch werkbaar situatie moet een gebalanceerd ventilatiesysteem, op woningniveau beschouwd, in balans zijn met een marge van maximaal 10% (na oplevering en na reiniging).

Vervangen

Toe- en afvoerventielen dienen na langdurig gebruik te worden beoordeeld of reiniging economisch zinvol is. Oude ventielen zijn doorgaans erg vuil, verkleurd en kunnen soms zelfs corroderen. Het monteren van nieuwe ventielen kan dan noodzakelijk zijn. Hier wordt ca. 16 jaar als maximale vervangingsstermijn aangehouden.

7.2.2 Luchtkanalen en toebehoren

Reinigen

Door middel van endoscopisch kanaalonderzoek kan in eerste instantie visueel worden vastgesteld in hoeverre een kanaalsysteem inwendig vervuild is. Voor het mogelijk maken van deze inspectie moeten openingen (diameter circa 15 mm) beschikbaar zijn of worden gemaakt. Deze openingen moeten na inspectie luchtdicht afgesloten worden.

Ten behoeve van de reiniging moeten voorzieningen aangebracht worden in de vorm van goed toegankelijke inspectieluiken of makkelijk te verwijderen hulpstukken. Deze, reeds in het ontwerp van het kanaalsysteem aangegeven voorzieningen, worden geprojecteerd op plaatsen waar de vervuiling zich snel ophoopt, zoals:

- In bochten (met leidschoepen);
- Bij plotselinge doorsnede-varianten;
- In apparatuur, zoals warmtewisselaars, ventilatoren, kleppen en dempers.

Voor de reiniging van rechte kanalen in collectieve ventilatiesystemen is, afhankelijk van de ingebouwde apparatuur en de kanaalafmetingen, een inspectieluikje om de 7,5 m voldoende. Het reinigen van een luchtkanaalsysteem is specialistisch werk dat niet door de bewoner uitgevoerd zal worden. Professioneel periodiek onderhoud geschiedt op basis van de voorschriften van de fabrikant. Er bestaan droge en natte methoden om de luchtkanalen inwendig te reinigen. In de woningbouw worden de volgende effectieve (droge) methoden toegepast:

- Handmatig borstelen voor reiniging individuele componenten;

- Mechanisch borstelen met roterende borstel aangesloten op een stofzuigsysteem (met HEPA-filters).



Afb. 7.3 Stofzuiger met HEPA-filter bij reiniging in de woning

Richtwaarden voor de toegestane hoeveelheid achtergebleven vuil (stof) staan in ISSO-publicatie 63, specificatieblad IV.3-2 'Reinheid luchtkanalen'.

Bij het reinigen van kanalen wordt gewerkt in de richting van de luchtstroming. Dus bij afzuigkanalen wordt begonnen bij het kanaal dat het verst verwijderd is van de afzuigventilator, bij het reinigen van toevoerkanalen wordt gewerkt vanaf de toevoerventilator. Hiermee wordt voorkomen dat losgemaakt vuil zich verspreidt door de pas gereinigde kanalen.

Vervangen

Naast het reinigen van de luchtkanalen moeten ook periodiek de aftakkingen en aansluitingen worden gecontroleerd. Aansluitingen met flexibele slangen verdienen daarbij extra aandacht. Flexibele slangen mogen geen luchtlekkage vertonen, vervanging van de slang of de afdichtingstape kan daarbij een vereiste zijn.

7.2.3 WTW-unit

Reinigen

Het schoonmaken van de WTW-unit geschiedt door de installateur of het onderhoudsbedrijf, doorgaans om de 2 jaar. Het vervangen en eventueel schoonmaken van de filters geschiedt in principe door de bewoner (zie ook paragraaf 7.2.7).

Het onderhoud van een WTW-unit door de installateur of onderhoudsbedrijf moet ten minste gericht zijn op:

- Controle van de lamellen van de warmtewisselaar;
- Controle op vervuiling en reiniging warmtewisselaarblok;
- Controle op vervuiling en reiniging ventilatoren (zie ook paragraaf 7.2.4);
- Controle op vervuiling en reiniging condensaatvoer en luchtcompartimenten;
- Controle van de toerenregeling, bypassregeling en vorstbeveiliging;
- Controle van overige sensoren;
- Controle op (en zo nodig repareren van) beschadigingen aan elektrische bekabeling.



Afb. 7.4 Controle en reinigen lamellen warmtewisselaar



Afb. 7.5 Schoon borstelen waaiers ventilatoren

7.2.4 Afzuigunit

Reinigen

Ventilatoren in een gevelventilatie-unit, afzuigunit, WTW-unit of dakventilator moeten periodiek worden gereinigd.

Eenvoudige reiniging kan eventueel geschieden door de bewoner. De behuizing en de motor/waaiercombinatie moeten door een professional worden gedemonteerd om deze via borstelen en/of reinigingsmiddel schoon te maken. Vuil op de bladen van de ventilatoren kan verwijderd worden door de bladen voorzichtig af te borstelen en het vuil met een stofzuiger op te zuigen.

Het professioneel schoonmaken van de ventilator(en) geschiedt bij voorkeur door de installateur of het onderhoudsbedrijf, bijvoorbeeld bij een 2-jaarlijkse onderhoudsbeurt. Het schoonmaken van de waaiers van de ventilatoren geschiedt het beste door ultrasoon te reinigen. Bij ultrasone reiniging wordt in een speciale vloeistof geluid met een hoge frequentie gebracht. Hierdoor ontstaat cavitatie, een proces waarbij in een turbulent bewegende vloeistof de plaatselijke druk lager wordt dan de dampdruk van de vloeistof. Door dit proces wordt de afbraak van stof-, vet- en andere vuildeeltjes versneld. Door het toevoegen van warmte ontstaat een intensieve reiniging, zonder mechanische invloeden op de waaier. Het risico op onbalans is hierbij minimaal.

Opmerking: ultrasoon reinigen is bij gelijkstroommotoren en dakventilatoren mogelijk, maar wel kostbaar (sommige motoren zijn als motor+ waaier uitgebalanceerd).



Afb. 7.6 Sterk vervuilde waaier



Afb. 7.7 Waaier na ultrasoon reinigen

Het onderhoud aan afzuigunits en ventilatoren is tenminste gericht op:

- Controle op vervuiling en reiniging van binnenwerk (en akoestische isolatie);
- Controle balans van de motor en beschadiging van de motorwaaier;
- Reinigen motor/waaiercombinatie, bij voorkeur ultrasoon;
- Controle thermische beveiliging, indien aanwezig;
- Vervangen van lagers, indien nodig;
- Controle van bevestigingen en verbindingen;
- Controle op (en zo nodig repareren van) beschadigingen aan elektrische bekabeling;
- Controle van druk- c.q. werkschakelaar;
- Controle van druksensor (zelfregelende dakventilator).

Vervangen

Vaak wordt er bij onderhoudscontracten met periodiek onderhoud gewerkt met ruilmotoren. De motoren/waaiers worden omgewisseld door gereviseerde exemplaren die zijn gereinigd en zijn voorzien van nieuwe lagers.

7.2.5 Gevelventilatie-unit

Reinigen

Het schoonmaken van de gevelventilatie-unit geschiedt door de installateur of het onderhoudsbedrijf. Het vervangen van de filters geschiedt in principe door de bewoner. Het onderhoud van een gevelventilatie-unit door de installateur of onderhoudsbedrijf moet ten minste gericht zijn op:

- Controle op vervuiling en reiniging ventilatoren (zie ook 7.2.4);
- Controle en reiniging warmtewisselaar (aanwezig bij units met WTW);
- Controle op vervuiling en vervanging filters;
- Controle op vervuiling en reiniging luchtcompartimenten;
- Controle van de besturingsprint en toerenregeling;
- Controle van overige sensoren.

7.2.6 Regeling(en)

Standenregeling ventilatoren

Het toerental van de ventilator moet overeenkomen met de standen van de regelknop. Het inregelen hiervan moet in principe volgens richtlijnen van de fabrikant uitgevoerd worden. Indien deze richtlijnen niet voorhanden zijn, kan van procedure gebruik gemaakt worden zoals beschreven in hoofdstuk 6.2.

Inregelen ventilatiesysteem

De algemene procedure voor het inregelen staat beschreven in hoofdstuk 6.2. Voor de uitgebreide procedure zie bijlage C 'proportionele inregelprocedure'.

7.2.7 Luchtfilter

In de volgende componenten van woningventilatiesystemen zijn luchtfilters te onderscheiden:

- Centrale WTW-unit bij gebalanceerde ventilatie met WTW;
- Decentrale ventilatie-unit (gevelventilatie-unit) met of zonder WTW;
- Wasemkappen.

Reinigen en/of vervangen luchtfilters in een centrale WTW-unit

Centrale toestellen voor gebalanceerde ventilatie moeten voorzien zijn van zowel een filter aan de toevoerzijde als aan de afvoerzijde. Daarbij dienen de filters ter bescherming van de warmtewisselaar zo te zijn geplaatst dat de buitenlucht c.q. binnenlucht eerst door het filter stroomt voordat deze door de warmtewisselaar stroomt. Voor het onderhoud t.a.v. filters in de WTW-unit wordt het volgende aangehouden.

Direct na oplevering woning

De meeste WTW-units zijn bij inbedrijfstelling voorzien van een grof filter (type G3). Het hoofddoel van dit filter is het beschermen van de installatie tegen vervuiling. Aangezien er na oplevering nog veel bouwstof aanwezig zal zijn in de woning, ligt de onderhoudsfrequentie wat hoger dan bij regulier gebruik: Vervanging van het filter geschiedt minimaal 1 x per 3 maanden. Gedurende de eerste 6 maanden na oplevering acht men het acceptabel om minimaal maandelijks te reinigen door het voorzichtig stofzuigen van het filter. De achterliggende installatie blijft daarbij voldoende schoon.



*Afb. 7.8 Luchtfilters uitzuigen
Regulier gebruik woning*

In principe wordt het advies gegeven om de filters na de standtijd te vervangen. Voor een G3-filter wordt daarvoor minimaal 1 x per 6 maanden aangehouden. Indien men naast het schoonhouden van de installatie ook de luchtkwaliteit wil verbeteren kunnen nog betere filtertypen toegepast worden. Sommige fabrikanten geven het advies om na de eerste 6 maanden over te gaan op een type G4-, F6- of F7-filter. Belangrijk hierbij is het vaststellen of de installatie geschikt is voor andere filtertypen (met een hogere weerstand, opnieuw inregelen e.d.). Voor regulier gebruik acht men het acceptabel om het toegepaste filter tussen de vervangingsbeurten maximaal 1 x te reinigen met de stofzuiger.

Moderne WTW-units geven op het display vaak een indicatieve filtervervanging aan op basis van bedrijfsuren/luchtvolume en/of drukbewaking over het luchtfilter. De indicatieve filtervervanging op basis van het luchtvolume dat door het luchtfilter is gefilterd kan op basis van een statistische benadering, waarbij is rekening gehouden met de kwaliteit van de aangezogen lucht.



Afb. 7.9 Vervangen luchtfilters (grof filter) in een WTW-unit

Vervangen luchtfilters in een gevelventilatie-unit

De meeste gevelventilatie-units zijn bij inbedrijfstelling voorzien van een fijn filter (type F). De filters in deze units worden in principe niet gereinigd maar vervangen na de standtijd. Volg de voorschriften van de fabrikant t.a.v. het vervangen van de luchtfilters.

Reinigen en/of vervangen filters in een wasemkap

Bij toepassing van een motorwasemkap met de afvoer rechtstreeks naar buiten treedt minder vervuiling van het kanalsysteem en WTW-unit of afzuigunit op dan bij toepassing van een motorloze wasemkap aangesloten op het ventilatiesysteem. Hiervoor moet een goed toegankelijk en eenvoudig reinigbaar of vervangbaar vetvangfilter aanwezig zijn (minimale filterklasse EU2). Het filter in de wasemkap moet minstens eens per 2 maanden gecontroleerd worden. 'Doeken' filters en koolstoffilters (in recirculatiekappen) worden in het algemeen niet gereinigd maar vervangen. Permanente metalen of kunststof filters kunnen worden schoongemaakt in de vaatwasser of met de hand met een daartoe geschikt reinigingsmiddel.

7.2.8 Geluiddemper

Vervangen

Bij mechanische ventilatiesystemen voorzien van geluiddempers is het advies deze te vervangen tijdens de grote onderhoudsbeurt waarbij tevens het complete kanalsysteem inwendig wordt gereinigd. Doorgaans is dit eenmaal per 8 jaar.

7.3 Bedieningsvoorschriften

Een bedieningsvoorschrift moet achtergrondinformatie geven van het ventilatiesysteem voor de bewoners. Een praktisch onderhoudsadvies voor de bewoner hoort deel uit te maken van de gebruikershandleiding. Een goede instructie bestaat uit meer dan bijv. alleen de handleiding van de fabrikant van de installatie. Bijv. niet alleen het vervangen van de filters, maar ook het onderhoud aan de ventielen, de noodzaak voor overstroomvoorzieningen en het schoonmaken van roosters moeten erin staan. Alles met duidelijke foto's van de onderdelen die in het betreffende gebouw zijn toegepast en met eenvoudig taalgebruik.

De gebruikershandleiding voor de bewoners bevat dus voor specifieke componenten aanvullende informatie t.a.v. het gebruik en onderhoud. Een voorbeeld van een bedieningsvoorschrift voor mechanische ventilatiesystemen staat op www.mijnhuisinstallatie.nl [20]

7.4 Onderhoudsvoorschriften

Een onderhoudsvoorschrift moet achtergrondinformatie geven van het ventilatiesysteem voor het bedrijf dat de installatie in onderhoud neemt. Planmatige onderhoudswerkzaamheden, zoals bijv. het reinigen van componenten of luchtkanalen kunnen namelijk niet door de gebruiker zelf uitgevoerd worden. De voorschriften van de leverancier/fabrikant van de installatie dienen als basis bij de uitvoering van professioneel periodiek onderhoud.

Bijlage A Checklist Programma van eisen

Tijdens de programmafase (en ontwerpfase) worden diverse keuzes gemaakt m.b.t. de eisen die door de opdrachtgever aan de kwaliteit van het ventilatiesysteem worden gesteld. Deze checklist is bedoeld om alle gemaakte keuzes met betrekking tot het ventilatiesysteem te specificeren, en dient als middel om de eisen en wensen van de opdrachtgever door te geven naar de ontwerpfase.

Per kwaliteitsaspect is de meest rechtse keuzemogelijkheid als een hoger kwaliteitsniveau (comfortabeler, energiezuiniger en/of duurzamer) aan te merken. Voor een verdere uitwerking van de eisen en middelen van onderstaande punten, zie ISSO-publicaties 61 [8], 62 [9], 91 [12] en 92 [13].

Programma van eisen (PvE) en randvoorwaarden		
1. Project		
2. Plaats		
3. Contactpersoon/ventilatie deskundige		
4. Offerte nummer		
5. Datum vaststelling uitgangspunten		

Bouwkundige aspecten en randvoorwaarden		
6. Type woning	O Laagbouw	O Hoogbouw, hoogte _____ m
7. Luchtdoorlatendheid	O q_{v10} onbekend	O $q_{v10} =$ _____ $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$

8. Aanwezigheid vertrekken met glas van vloer tot plafond?	O Nee	O Ja
9. Geluidbelaste omgeving?	O Nee	O Ja

Luchtkwaliteit			
10. CO ₂ -percentage		O Max. 1.200 ppm	O Max. 1.000 ppm O < 1.000 ppm
11. Regeling		O Geen eis	O Handmatig O Tijdgestuurd O Sensorgeregeld (CO ₂ en/of vocht)
12. Extra bedieningsknop		O Geen eis	O 2e knop in badkamer
13a. Luchtvolumestromen nieuwbouw	Woonkamer	O 0,9 dm ³ /s·m ²	O 1,3 dm ³ /s·m ²
	Slaapkamers	O 0,9 dm ³ /s·m ²	O 1,3 dm ³ /s·m ²
	Toilet	O 7 dm ³ /s	O 14 dm ³ /s
	Keuken	O 21 dm ³ /s	O 42 dm ³ /s
	Badkamer	O 14 dm ³ /s	O 21 dm ³ /s
	Berging (geen trapkast)	O 0 dm ³ /s	O 7 dm ³ /s
	Wasmachineruimte	O 0 dm ³ /s	O 7 dm ³ /s
13a. Luchtvolumestromen bestaande bouw	Woonkamer	O 0,7 dm ³ /s·m ²	O 1,0 dm ³ /s·m ²
	Slaapkamers	O 0,7 dm ³ /s·m ²	O 1,0 dm ³ /s·m ²
	Toilet	O 7 dm ³ /s	O 14 dm ³ /s
	Keuken	O 21 dm ³ /s	O 42 dm ³ /s
	Badkamer	O 14 dm ³ /s	O 21 dm ³ /s
	Berging (geen trapkast)	O 0 dm ³ /s	O 7 dm ³ /s
	Wasmachineruimte	O 0 dm ³ /s	O 7 dm ³ /s

Akoestiek			
14. Installatiegeluid	Woonkamer	O 30 dB	O 25 dB
	Slaapkamers	O 30 dB	O 25 dB
15. Geluid van buiten	Woonkamer	O 30 dB	O 25 dB
	Slaapkamers	O 30 dB	O 25 dB

Comfort aspecten			
16. Tochtklachten algemeen (luchtsnelheid)	Wintersituatie	☐ $v \leq 0,2$ m/s in leefzone	☐ $v \leq 0,1$ m/s in leefzone
	Zomersituatie	☐ $v \leq 0,2$ m/s in leefzone	☐ $v \leq 0,2$ m/s in leefzone
17. Minimum inblaas-/toevoertemperatuur		☐ Geen eis	☐ Voorverwarming tot _____ °C ☐ Warmteterugwinning (WTW)
18. Beheersing zomertemperatuur		☐ Geen eis	Ja, door: ☐ Extra nachtkoeling ☐ Bypass WTW ☐ Actieve koeling

Energiezuinigheid ¹⁾		
19. Energiezuinige ventilatie	☐ Geen eis	Ja, door: ☐ Tijdsturing ☐ Warmteterugwinning (WTW) ☐ CO ₂ -regeling/vraagsturing ☐ WTW en CO ₂ -regeling/vraagsturing
1) Uitgangspunt is het gebruik van gelijkstroomventilatoren.		

Overige installatietechnische aspecten		
20. Technische kwaliteit van het systeem	☐ Geen eis	☐ Laag ☐ Gemiddeld ☐ Hoog
21. Filtering toevoerlucht	☐ Geen eis	☐ G3-filter ☐ F6-F7 filter ☐ Elektrostatisch filter ☐ _____
22. Type wasemkap	☐ Geen eis	☐ Motorloos ☐ Met motor; afvoer rechtstreeks naar buiten ☐ Recirculatiekap
23. Oplevering	☐ Geen eis	☐ Oplevering volgens BRL6000-10/BRL 8010 ☐ Inregelstaten bij overdracht installatie ☐ _____
24. Calamiteitenschakelaar	☐ Geen eis	Ja, door: ☐ Uitneembare steker ☐ Groep in de meterkast ☐ Pulssturing (automatisch)

Specifieke aspecten bij WTW-systemen		
25. Warmteterugwinning (WTW)	☐ Nee	☐ Tegenstroomwisselaar

		☐ Enthalpiewisselaar
26. Bypass (bij WTW)	☐ Nee	☐ Ja
27. Vorstbeveiliging (bij WTW)	☐ Nee	☐ N.v.t., enthalpiewisselaar ☐ Tijdelijk aftoeren van één van de ventilatoren
27. Calamiteitenschakelaar	☐ Nee	Ja, door: ☐ Uitneembare steker ☐ Groep in de meterkast ☐ Pulssturing (automatisch)

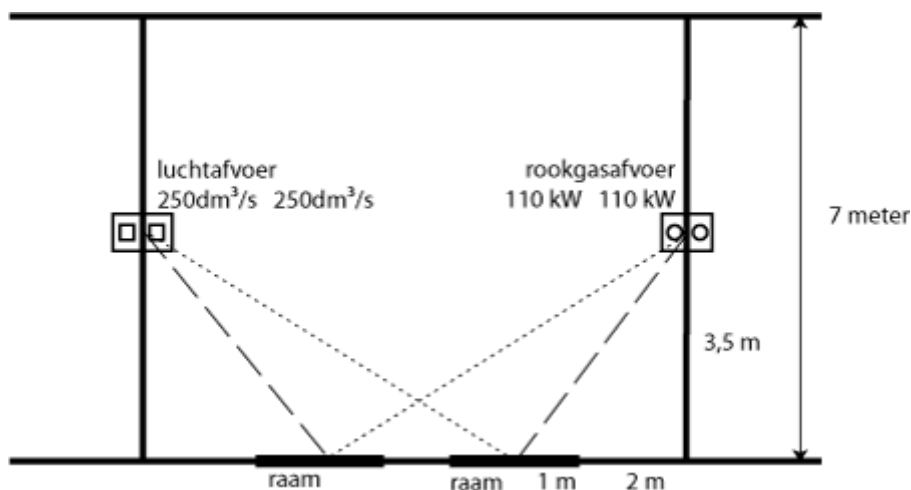
Bijlage B Verdunningsfactor - toepassingsvoorbeeld

Probleemstelling

Op een plat dak van een serie gestapelde woningen met collectieve afvoeren monden zowel de rookafvoer van de centrale verwarming/tapwateropwekking als de mechanische afvoer van lucht uit. Daarnaast is er sprake van een ontspanningsleiding van de riolering. Men wil boven de ramen van de bovenste woonlaag ventilatietoevoervoorzieningen plaatsen. Onder welke voorwaarden kan dat?

Gegevens per gestapelde woonlaag (zie afbeelding B.1)

- Dakbreedte 9 meter;
- Diepte 7 meter;
- Raam met een breedte van 2 meter begint 2 meter uit de hoek en ligt 30 cm onder de dakrand;
- De collectieve rookgasafvoer (gasgestookte toestellen) zit midden op het dak tegen de woningscheidende wand en heeft een aangesloten capaciteit van 110 kW. Uitmonding 1 meter boven het dak;
- De collectieve luchtafvoer zit ook op het midden van het dak en t.o.v. de rookafvoer tegen de andere kant van de woningscheidende wand. De lucht volumestroom van de luchtafvoer is 250 dm³/s. Uitmonding 0,5 m boven het dak.



Afb. B.1 Bovenkant gestapelde woningen met collectieve afvoeren

De verdunningsfactor f volgt volgens NEN 1087 [32] uit:

$$f = \frac{\sqrt{Q_v}}{C_1 \cdot l + C_2 \cdot \Delta h} \quad [-] \quad (B.1)$$

of

$$f = \frac{\sqrt{B}}{C_1 \cdot l + C_2 \cdot \Delta h} \quad [-] \quad (B.2)$$

Waarin:

q_v = totale capaciteit afvoer van binnenlucht (in dit geval moet rekening gehouden worden met de capaciteit van 2 direct naast elkaar gelegen luchtafvoeren, dus $2 \times 250 \text{ dm}^3/\text{s} = 500 \text{ dm}^3/\text{s}$) [dm³/s]

B = getalswaarde van de totale afvoercapaciteit van de rookafvoer (in dit geval moet rekening gehouden met de capaciteit van 2 direct naast elkaar gelegen rookafvoeren, $2 \times 110 \text{ kW} = 220 \text{ kW}$) [kW]

l = de kortste verbindingsweg tussen toe- en afvoer, bepaald tot het midden van de toevoervoorziening [m]

Δh = hoogte verschil tussen toe en afvoer ($\Delta h = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ m}$ luchtafvoer en $\Delta h = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ m}$ rookafvoer) [m]

C_1 en C_2 zijn coëfficiënten die afhankelijk zijn het type afvoer (ventilatie of rookgas) van de ligging van toe- en afvoer. Deze coëfficiënten worden gegeven in de NEN 1087 [32].

Afvoer op het dak en toevoer in de gevel; volgens tabel 4 is dus sprake van situatie 1.

Uit tabel 3 van de NEN 1087 volgt voor de rookgasafvoer: $C_1 = 163$ en $C_2 = 325$

Uit tabel 3 van de NEN 1087 volgt voor de ventilatieafvoer: $C_1 = 325$ en $C_2 = 650$

Raam aan de rechterzijde

Controle rookgasafvoer

Bepaling van de verbindingsweg (gestreepte lijn in afbeelding B.1):

- Stap 1: bepaal de lengte over het dakvlak van de rookgasafvoer tot het midden van het raam $= \sqrt{(3,5^2 + (2 + 1)^2)} = 4,6 \text{ m}$;
- Stap 2: bepaal de lengte van het afvoerpunt (voor de rookafvoer 1 meter) boven het dakvlak tot de rand van het dak $= \sqrt{(4,6^2 + 1^2)} = 4,7 \text{ m}$;
- Stap 3: de kortste verbindingsweg volgt uit de afstand bepaald in stap 2 vermeerderd met de afstand die het raam onder de dakrand begint, $l = 4,7 + 0,3 = 5 \text{ m}$.

De verdunningsfactor voor rookgasafvoer bedraagt : $f = 0,0085$.

Dit betekent dat de verdunningsfactor voldoet ($f < 0,01$).

Controle ventilatieafvoer

Voor hetzelfde punt moet ook nagegaan worden of voldaan wordt aan de eisen voor de verdunningsfactor t.o.v. de ventilatieafvoer (stippellijn in afbeelding B.1). Hieruit volgt met $l = 6,5 \text{ m}$ en $\Delta h = 0,8 \text{ m}$ een waarde voor $f = 0,0085$. Dit voldoet dus ruim.

Raam aan de linkerzijde

Controle ventilatieafvoer

Bepaling van de verbindingsweg (gestreepte lijn in afbeelding B.1):

- Stap 1: bepaal de lengte over het dakvlak van de ventilatieafvoer tot het midden van het raam $= \sqrt{(3,5^2 + (2 + 1)^2)} = 4,6 \text{ m}$;
- Stap 2: bepaal de lengte van het afvoerpunt (voor de luchtafvoer 0,5 meter) boven het dakvlak tot de rand van het dak $= \sqrt{(4,6^2 + 0,5^2)} = 4,62 \text{ m}$;
- Stap 3: de kortste verbindingsweg volgt uit de afstand bepaald in stap 2 vermeerderd met de afstand die het raam onder de dakrand begint, $l = 4,62 + 0,3 = 4,92 \text{ m}$.

De verdunningsfactor voor ventilatieafvoer bedraagt: $f = 0,01052$.

Dit betekent dat de verdunningsfactor net niet voldoet ($f > 0,01$).

Mogelijke oplossing: de luchtafvoer verhogen tot 0,7 meter boven het dak ($\Delta h = 1$ en $l = 4,95$). Hieruit volgt dan $f = 0,0099$. Dit betekent dat dit net voldoet ($f < 0,01$).

Controle rookgasafvoer

Voor hetzelfde punt moet ook nagegaan worden of voldaan wordt aan de eisen voor de verdunningsfactor t.o.v. de rookgasafvoer (stippellijn in afbeelding B.1) Hieruit volgt met $l = 6,5$ m en $\Delta h = 1,3$ m een waarde voor $f = 0,007$. Dit voldoet dus ruim.

Bijlage C Proportionele inregelprocedure

Bij de proportionele inregelprocedure worden eerst per kanaaltak de toevoer- en afvoerventielen ingeregeld. De tak met de grootste overcapaciteit komt als eerste aan de beurt. Daarna de tak met de op één na grootste overcapaciteit, etc. Per tak hebben ventielen dan in gelijke mate een overschot of tekort aan capaciteit. Als alle ventielen zijn ingeregeld, wordt de luchtverdeling tussen de takken ingesteld. Hierna volgt eerst de inregelprocedure voor toevoerventielen. Deze wordt gevolgd door de procedure voor afvoerventielen.

Toevoerventielen

Uitgangspositie

Open de toevoerventielen en eventuele inregelkleppen in de kanalen volledig:

1. Schakel de ventilatie-unit in hoogstand en sluit de ramen en de binnen- en buitendeuren;
2. Meet de volumestroom van elk toevoerventiel;
3. Tel per kanaaltak de gemeten volumestroom van de toevoerventielen bij elkaar op;
4. Tel de volumestroom van alle takken bij elkaar op. Deze som moet ten minste gelijk zijn aan de totale ontwerp-volumestroom. Indien de totale gemeten volumestroom kleiner is, dan moet het volgende worden gecontroleerd:
 - Draait de ventilator op maximale volumestroom; controleer de regelknop en de elektrische spanning op de ventilator;
 - Zijn er te veel flexibele kanalen of geluiddempende slangen gemonteerd;
 - Zijn de flexibele kanalen of geluiddempende slangen strak gemonteerd;
 - Zijn er andere weerstanden in de kanalen.
5. Na herstel van geconstateerde gebreken moet de inregelprocedure vanaf punt 1 worden herhaald.

Inregelen ventielen per tak

1. Bepaal per kanaaltak de verhouding A; A is de totale gemeten volumestroom per tak, gedeeld door de volumestroom per tak volgens het ontwerp;
2. Bepaal voor de tak met de hoogste waarde van A voor elk ventiel de verhouding B; B is de gemeten volumestroom per ventiel, gedeeld door de ontwerp-volumestroom van dat ventiel; bepaal de kleinste waarde van B;
3. Stel het ventiel met grootste kanaallengte (referentieventiel/ventiel 1) in op een volumestroom van de kleinste waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerp-volumestroom van dat ventiel;
4. Stel het ventiel met op één na de grootste kanaallengte (ventiel 2) in op een volumestroom van de kleinste waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerp-volumestroom van dat ventiel;
5. Meet opnieuw de volumestroom van het referentieventiel en bepaal de nieuwe verhouding B;
6. Stel ventiel 3 in op een volumestroom van de nieuwe waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerp-volumestroom van ventiel 3;
7. Herhaal voor alle ventielen van de kanaaltak de stappen 5 en 6;
8. Herhaal de stappen 2 tot en met 7 voor de kanaaltak met de op één na hoogste waarde van A en vervolgens voor alle andere takken.

Inregelen van de takken

1. Meet, nadat alle ventielen zijn ingeregeld, de volumestroom van elk ventiel en tel alle volumestromen op;
2. Bepaal de verhouding C; C is de totaal op alle ventielen gemeten volumestroom, gedeeld door de totale ontwerpvlomestroom;
3. Bepaal per tak de verhouding D; D is de optelsom van de gemeten volumestroom van de ventielen op die tak;
4. Regel met de inregelklep in de tak met de hoogste waarde van D de volumestroom in op C, vermenigvuldigd met de ontwerpvlomestroom van die tak; in de praktijk kan dit eenvoudig door de volumestroom te meten op één van de ventielen op die tak; de volumestroom van dit ventiel moet gelijk worden aan C, vermenigvuldigd met de ontwerpvlomestroom van dit ventiel;
5. Herhaal stap 4 voor de tak met de één na hoogste waarde van D en vervolgens voor alle andere takken.

Afvoerventielen

Hieronder is een vereenvoudigde procedure omschreven voor het geval dat er slechts één kanalentak is waarop de afvoerventielen in de keuken, het toilet en de badkamer zijn aangesloten.

Uitgangspositie

Open de afvoerventielen in de kanalen volledig:

1. Schakel de ventilatie-unit in hoogstand en sluit ramen en de binnen- en buitendeuren;
2. Meet de volumestroom van elk afvoerventiel;
3. Tel de luchtvlomestromen van de afvoerventielen bij elkaar op; de totale gemeten luchtvlomestroom moet ten minste gelijk zijn aan de totale ontwerpvlomestroom. Indien de totale gemeten luchtvlomestroom kleiner is, dan moet het volgende worden gecontroleerd:
 - Draait de ventilator op maximale capaciteit; controleer de regelknop en de elektrische spanning op de ventilator;
 - Zijn er te veel flexibele kanalen of geluiddempende slangen gemonteerd;
 - Zijn de flexibele kanalen of geluiddempende slangen strak gemonteerd;
 - Zijn er andere weerstanden in de kanalen.
4. Na herstel van geconstateerde gebreken moet de inregelprocedure vanaf punt 1 worden herhaald.

Inregelen ventielen

1. Bepaal voor elk afvoerventiel de verhouding B; B is de gemeten volumestroom per ventiel, gedeeld door de ontwerpvlomestroom van dat ventiel; bepaal de kleinste waarde van B;
2. Stel het ventiel met grootste kanaallengte (referentievventiel/ventiel 1) in op een volumestroom van de kleinste waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerpvlomestroom van dat ventiel;
3. Stel het ventiel met op één na de grootste kanaallengte (ventiel 2) in op een volumestroom van de kleinste waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerpvlomestroom van dat ventiel;
4. Meet opnieuw de volumestroom van het referentievventiel en bepaal de nieuwe verhouding B;
5. Stel ventiel 3 in op een volumestroom van de nieuwe waarde van B, vermenigvuldigd met de ontwerpvlomestroom van ventiel 3;
6. Herhaal voor alle overige ventielen de stappen 4 en 5.

Meetinstrumenten

Luchtvlomestromen moeten, conform NEN 1087 [21], gemeten worden met een vlomestroommeter met nuldrukcompensatie. Deze meetinstrumenten compenseren zelf de weerstand die zij veroorzaken op de luchtvlomestromen.

Literatuurlijst

- [1] Bouwbesluit 2012, www.bouwbesluitonline.nl.
- [2] BRL 6000-10 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-INSTAL procescertificaat voor Installeren van ventilatievoorzieningen van woningen, Stichting KBI, Rotterdam (2005).
- [3] BRL 8010 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-INSTAL procescertificaat voor Beoordelen van ventilatievoorzieningen van woningen, Stichting KBI, Rotterdam (2009).
- [4] GIW/ISSO-publicatie Ontwerp- en montageadviezen nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen (2008).
- [5] ISSO-publicatie 17 Kwaliteitseisen luchtkanaalsystemen voor woning- en utiliteitsbouw (2010).
- [6] ISSO-publicatie 24 Installatiegeluid, ontwerpaanbevelingen en grondslagen voor geluidberekeningen in gebouwen met luchttechnische installaties (1990).
- [7] ISSO-publicatie 51 Warmteverliesberekening voor woningen en woongebouwen; Bepaling benodigd vermogen per vertrek en totaal (2009).
- [8] ISSO-publicatie 61 Programma van eisen en systeemkeuze voor ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen (2010).
- [9] ISSO-publicatie 62 Centrale gebalanceerde ventilatiesystemen met warmteterugwinning in woningen en woongebouwen (2010).
- [10] ISSO-publicatie 63 Beheer en onderhoud ventilatiesystemen in woningen en woongebouwen (2008).
- [11] ISSO-publicatie 72 Ontwerpen van individuele en klein elektrische warmtepompsystemen (2006).
- [12] ISSO-publicatie 91 Ventilatiesystemen met decentrale toevoer en afvoer met warmerugwinning in woningen en woongebouwen (2009).
- [13] ISSO-publicatie 92 Ventilatiesystemen met decentrale toevoer en centrale mechanische afvoer in woningen (2009).
- [14] ISSO-publicatie Kleintje Binnenklimaat (2005).
- [15] ISSO-publicatie Kleintje Gas (2007).
- [16] ISSO-richtlijn 111 Installatiegeluid individuele woninginstallaties (2012).
- [17] ISSO/SBR-publicatie 809, Brandveilige doorvoeringen (2010).
- [18] ISSO/SBR-publicatie 811, Ontwerpen van legionellaveilige woningen (2011).
- [19] Kwaliteitshandboek luchtkanalen (LUKA) (2009).
- [20] www.mijnhuisinstallatie.nl.
- [21] NEN 1087 Ventilatie van gebouwen. Bepalingsmethoden voor nieuwbouw (2001).
- [22] NEN 2687 Luchtdoorlatendheid van woningen - Eisen (1989).
- [23] NEN 2757 Toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen - Bepalingsmethoden (2001).
- [24] NEN 5077 Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd (2006 met aanvulling 2008).
- [25] NEN 7120-1 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode (2011).
- [26] NEN 8087 Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen (2001).
- [27] NEN 8088 Ventilatie en luchtdoorlatendheid van gebouwen - Bepalingsmethode voor de toevoerluchttemperatuur gecorrigeerde ventilatie- en infiltratieluchtvolumestromen voor energieprestatieberekeningen - Deel 1: Rekenmethode (2011).
- [28] NEN, Praktijkids Bouwbesluit Ventilatie (2007).
- [29] NEN-EN 779 Luchtfilters voor ventilatiedoeleinden - Bepaling van de filterprestatie (2003).
- [30] NEN-EN 13779 Ventilatie voor utiliteitsgebouwen - Prestatie-eisen voor ventilatie- en luchtbehandelingssystemen (2007).

- [31] NEN-EN 15251 Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek (2007).
- [32] NEN-EN 15780 Ventilatie van gebouwen - Luchtleidingen - Reinheid van ventilatiesystemen (2008).
- [33] NEN-EN ISO 7730 Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid (2005).
- [34] NPR 1088 Ventilatie van woningen en woongebouwen. Aanwijzingen voor en voorbeelden van de uitvoering van ventilatievoorzieningen (1999 met aanvulling 2000).
- [35] NPR-CEN/TR 14788 Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems (2006).
- [36] SBR-publicatie Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Laagbouw (2007).
- [37] Toolkit duurzame woningbouw (2006).

Colofon

De redactie van ISSO-kleintje ventilatie, versie 2009, bestond uit:

De heer ing. M.C. Hofman (projectcoördinator)	ISSO
De heer ing. E.J.A. Roijen	Cauberg Huygen Raadg. Ing. B.V.
De heer F.A. Vos	Uneto-VNI
De heer ir. A.M. van Weele	ISSO
De heer H. Zieremans	ACVV
De heer ir. E.J. Wagenaar (voorzitter Raad van Begeleiding)	ISSO

De update van het Kleintje Ventilatie is uitgevoerd door:

De heer ing. M.C. Hofman (projectcoördinator)	ISSO
De heer ir. A. M. van Weele	ISSO

De realisatie van deze ISSO-uitgave is mede mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van:



© Stichting ISSO - Rotterdam, januari 2012

Tool

Klik [hier](#) om naar de softwaretool 'Ventilatie (basistools)' te navigeren.

De applicatie zal worden geopend in een tabblad. Dit betekent dat u tijdens het gebruik van de applicatie het scherm in kan klappen om in de publicatie te kunnen lezen en het scherm weer uit kan klappen als u de applicatie verder wilt gebruiken.