

→ Architecten en beroepslieden uit de bouwsector

Fiche 1.1: Luchtdichtheid

Terugkerende aandachtspunten in de ontwerpfase voor een goede luchtdichtheid van gebouwen (bijzonderheden voor grote gebouwen en renovatie)



Voor meer informatie:

<http://www.leefmilieubrusseel.be/voorbeeldgebouwen>

→ Architecten en beroepslieden uit de bouwsector



TERUGKERENDE AANDACHTSPUNTEN IN DE ONTWERPFASE

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING	3
TERUGKERENDE LUCHTDICHTHEIDSPROBLEMEN	4
1. DEUREN EN VENSTERS.....	4
1.1. <i>Luchtdoorlatendheid ter hoogte van het schrijnwerk zelf</i>	4
1.2. <i>De ondoordringbaarheid van de verbindingen tussen het schrijnwerk en de ondersteuning ervan</i>	9
2. INWERKING VAN EEN HOUTEN BALK	10
2.1. <i>Nieuwbouw</i>	10
2.2. <i>Renovatie</i>	10
3. ROLLUIKKASTEN.....	12
4. BELLEN, BRIEVENBUSSEN, VERLICHTINGSTOESTELLEN.....	12
5. BEHANDELING VAN ELEMENTEN MET SCHOORSTEENEFFECT IN GROTE GEBOUWEN!.....	13
5.1. <i>Basisnoties i.v.m. het schoorsteeneffect</i>	13
5.2. <i>Het inkomsas</i>	14
5.3. <i>De traphal en de liftkooi : het schoorsteeneffect beperken</i>	15
6. DE VENTILATIE BEPERKEN	16
6.1. <i>Technische kokers</i>	18
6.2. <i>Het systeem voor ventilatie, verwarming en afkoeling</i>	19
6.3. <i>Conclusie over het schoorsteeneffect</i>	19
7. SPECIALES TECHNIEKEN.....	19
7.1. <i>Verwarming en afkoeling</i>	19
7.2. <i>Hygiënische ventilatie</i>	19
7.3. <i>Dampkappen</i>	20
7.4. <i>Elektriciteit</i>	21
SPECIFIEKE OPMERKING VOOR GROTE GEBOUWEN: PROCEDURE VOOR DE INFILTROMETRIETESTS VOLGENS HET EPB-REGLEMENT	22
CONCLUSIE	23

DOELGROEP

Architecten en beroepslieden uit de bouwsector



INLEIDING

Het debiet aan verse lucht dat een gebouw binnendringt via onbedoelde openingen en spleten in de buitenschil is oncontroleerbaar (qua hoeveelheid, temperatuur, richting en duur) en varieert sterk met de weersomstandigheden. De ongemakken die een dergelijke slechte luchtdichtheid kan veroorzaken, zijn legio: stijging van het energieverbruik, hinderlijke tocht, condensatie binnenin de wanden, een slechte werking van de verluchttingsinstallatie, een verlies van de akoestische kwaliteit van de buitenschil, ...

Luchtinfiltraties moeten dus zoveel mogelijk beperkt worden, ongeacht het gekozen type hygiënische ventilatie. Voor meer uitleg over de ongemakken en de basisconcepten van luchtdichtheid, raadpleegt u fiche ENE 10 van de "Praktische gids voor de duurzame bouw en renovatie"¹

In de volgende pagina's vermelden wij de **constructiedetails waarop in het bijzonder gelet moet worden. Die details werden specifiek aan het licht gebracht bij het verrichten van de infiltrometrietests op de voorbeeldgebouwen en worden dus niet in een bepaalde volgorde besproken.** Voor de gebruikelijke luchtlekken (aansluiting muur-dak, ...) verwijzen we de lezer naar de bovenvermelde ENE-fiche en de bestaande vakliteratuur². De aandachtspunten die specifiek verband houden met renovatie en grote gebouwen worden door het pictogram  aangeduid.

1 <http://www.bruxellesenvironnement.be/Templates/Professionnels/informer.aspx?id=2470&langtype=2060>

2 Bij de publicaties waarnaar hier verwezen wordt, vinden we o.a. twee goede 'checklists' van courante problemen:

- "Réussir l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et des réseaux; Elaboration et application d'une démarche qualité", CETE LYON + ADEME + AIR.h; mei 2008

- "Design and Detailing for Airtightness", SEDA Design Guides for Scotland; Chris Morgan; SEDA 2006

TERUGKERENDE LUCHTDICHTHEIDSPROBLEMEN

1. DEUREN EN VENSTERS

De plaatsing van deuren en vensters vormt een belangrijke stap wanneer we voor een goede luchtdichtheid willen zorgen. Daarbij moet de nodige aandacht worden besteed aan de keuze van het raamwerk en de aansluiting tussen het raamwerk en de muuropening.

De lucht- en waterdichtheidsprestaties van vensters en vensterdeuren worden bepaald in de STS 52 en de Europese norm EN 12207 van mei 2000. Die prestaties worden doorgaans bereikt als we het principe van de dubbele dichtheidslaag respecteren: een waterdichte laag aan de buitenkant en een luchtdichte laag aan de binnenkant van de gebouwschil. Beide moeten in hetzelfde vlak liggen over de volledige omtrek van het kader en van elkaar gescheiden zijn door een gedraineerde decompressiekamer. Het spreekt natuurlijk voor zich dat de prestaties ook afhangen van de blootstellingsgraad van het gebouw aan regen en wind.

Voor het buitenschrijnwerk moeten we een duidelijk onderscheid maken tussen twee bronnen van luchtdichtheidsverliezen:

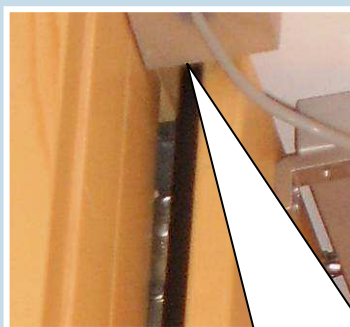
- diegene die te maken hebben met het raamwerk (de luchtdoorlatendheid ter hoogte van het schrijnwerk zelf);
- deze die verband houden met de aansluiting tussen het raamwerk en het metselwerk (de luchtdoorlatendheid ter hoogte van de plaatsing van het raam in de muuropening).

1.1. Luchtdoorlatendheid ter hoogte van het schrijnwerk zelf

Tegenwoordig zorgt dit specifieke verlies aan luchtdichtheid over het algemeen voor almaar minder problemen, aangezien het gebruik van raamwerk met twee- of driedubbele slagfrees opgelegd wordt. Dat neemt echter niet weg dat een slecht ontwerp nog altijd voor bepaalde problemen kan zorgen.

Bijgevolg wordt aanbevolen om:

- het gebruik van schuiframen te vermijden;
- het gebruik te vermijden van sluitwerk met een lange overbrenging, en te hoog raamwerk (deuren of vensters): het sluitingssysteem oefent vaak te weinig druk uit om voor een goede dichtheid te zorgen.
 - Dat kan ook zo zijn voor vensters met gemotoriseerde openingen; in dat geval moeten we erop letten dat de beweging die het sluitingssysteem maakt, correct is ingesteld. Te veel druk op de afdichting kan voor een vroegtijdige veroudering ervan zorgen en te weinig druk kan een aanzienlijk dichtheidsverlies veroorzaken;

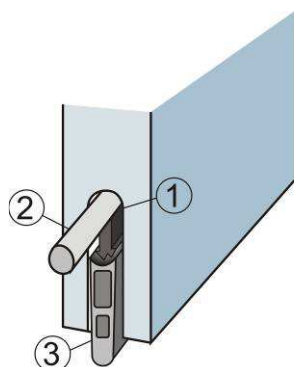


Verkeerd ingestelde motorisering: er wordt onvoldoende druk uitgeoefend op de afdichtingen van de aanslagen.

Slechte regeling van de motorisering van de vensters (Bron: Matriciel)

- voor een correcte uitvoering van de dorpel³ van de deuren te zorgen. Met buitendeuren is het namelijk zelden mogelijk goede prestaties te behalen, aangezien het vaste kader geen onderregel bevat. Hier vermelden we enkele inrichtingen die voor een gedeeltelijke verbetering van de prestaties kunnen zorgen:
 - toevoeging van afdichtende plinten met automatische beweging – meestal guillotineplinten genoemd. Een "guillotineplint" kan al dan niet ingewerkt worden in een groef onder de vleugel. Wanneer de deur open is, is de guillotineplint opgetrokken om de wrijving onderaan de deur te beperken; bij het sluiten van de deur zakt de plint.

Schematische weergave van een guillotineplint:



- 1 : Holle groef in de onderregel van de deur
- 2 : Bedieningshendel van de guillotineplint
- 3 : Luchtdichte guillotineplint

(Bron: Matriciel)

AEROPOLIS II

Een parking zou nooit deel mogen uitmaken van het luchtdichte volume (zie verder). Het is dan ook belangrijk dat binnendeuren die op parkings uitgeven, als buitendeuren beschouwd worden. In het AEROPOLIS II-project werden de toegangen tot de parking daarom dichtgemaakt met behulp van een guillotineplint, hier niet ingewerkt in de dikte van de deur, maar in opbouw tegen de deur.

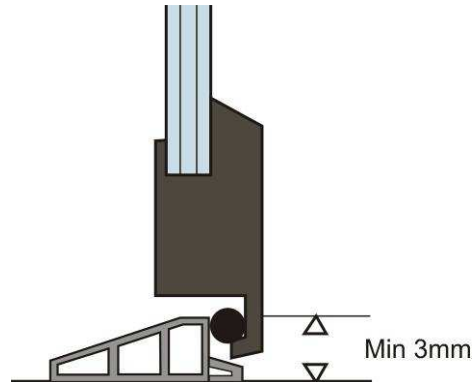


Dichtheid voor deurdorpels

Voor meer informatie over het AEROPOLIS II-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 040 (2007)**.

- de toevoeging van borstels, eventueel gecombineerd met zelfheffende scharnieren, waardoor de wrijving van de borstels over de grond beperkt wordt bij de opening en de sluiting van de deur;

- de bevestiging van een hoekprofiel waartegen de luchtdichtingsstrip van de vleugel komt te drukken bij het sluiten van de deur. Hoewel erg doeltreffend qua luchtdichtheid, wordt deze oplossing net zoals bij vensterdeuren doorgaans niet aanbevolen bij een veelvuldig gebruikte deur. Ze heeft immers het nadeel dat we over het hoekprofiel heen moeten stappen, als we niet willen struikelen. Het profiel moet bovendien dik genoeg zijn om beschadigingen bij de doorgang en bij het gebruik van de deur te vermijden (minimale dikte: 3 mm).



(Bron: Matriciel)

Renovatie!

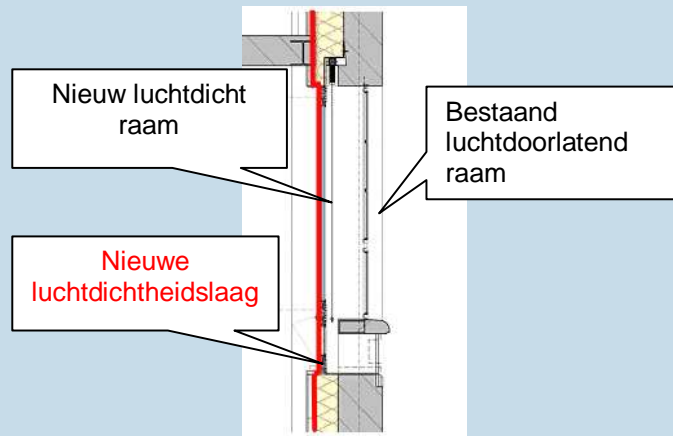
Deze laatste oplossing kan gemakkelijk voor renovaties worden gebruikt, voor het geval er moeilijk iets aan de deur zelf veranderd kan worden (bv. wanneer de deur in kwestie beschermd is, ...). Dit type van detail wordt ook wel een 'Zwitserse dorpel' genoemd:

Renovatie!

- Bij renovaties kan het behoud van oude ramen voor infiltraties zorgen. Als de bestaande ramen omwille van esthetische, erfgoedkundige of andere redenen bewaard moeten blijven, is een gebruikelijke oplossing om de ramen langs binnen te verdubbelen.

OCMW VANPE

Deze methode werd gebruikt voor de renovatie van dit beschermd gebouw. Zo werd er voor een daadwerkelijke verdubbeling van de gevel langs binnen gezorgd, voor een beperking van het aantal koudebruggen en van de luchtdichtheidsverliezen te wijten aan de onderbreking van de dichtheidslaag door structuur.



Raamverdubbeling (Bron: A2M Architecte)

Ter hoogte van de ingang zal er eveneens een nieuwe deur voor de oude worden geplaatst. De nieuwe deur zal voor de nodige luchtdichtheid zorgen dankzij de aanwezigheid van een Zwitserse dorpel in combinatie met een borstelvoeg.

Voor meer informatie over het OCMW VANPE-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 014 (2007)**.

👉 Renovatie + Groot gebouw!

Bij het renoveren van relatief recente gebouwen (jaren '80-'90) kan het nuttig zijn om de luchtdichtheid van de ramen te controleren om te weten of ze al dan niet aan vervanging toe zijn.

KONINKLIJKE SINTE-MARIASTRAAT

Deze benadering werd toegepast in het voorbeeldgebouwproject in de Koninklijke Sinte-Mariastraat.

Dankzij een belangeloze investering van personen die actief zijn in de bouwsector, konden de luchtdichtheidsverliezen via alle ramen van dit voormalige herenhuis in Schaarbeek precies worden onderzocht.



(Bron: D. De Vroey)

Om een nauwkeurig beeld te krijgen van de luchtdichtheidsverliezen via het raamwerk werden er verschillende tests uitgevoerd. Initieel bedroegen de verliezen via de ramen $50 \text{ m}^3/\text{u}$ bij een drukverschil tussen de binnen- en buitenkant van 50 Pa . De verliezen waren dus aanzienlijk!

Allereerst werden de luchtstroom van de oorspronkelijke configuratie gekwantificeerd door dichte kleefband aan te brengen ter hoogte van:

- de stopverfafsichtingen en kleine tussenruimtes tussen het glas en het raam. Dit leidde al tot een vermindering van de luchtverliezen met $13 \text{ m}^3/\text{u}$ bij 50 Pa ;
- de verbindingen tussen de openslaande vleugels en de kozijnen. De configuratie van het raamwerk laat namelijk maar een enkelvoudige slag toe, het hout is scheefgetrokken en het raamwerk is na verloop van tijd gaan doorhangen (bij het openen van het raam sleept het over de onderregel), wat resulteerde in het ontstaan van een spleet ter hoogte van de slag van de bovenregel. Ook de hollijst laat een beetje lucht door, net zoals de inkepingen van de scharnieren. Na aanbrenging van plakband op de aansluiting van de openslaande vleugels op de kozijnen (behalve ter hoogte van de scharnieren) werd opnieuw een vermindering van $27 \text{ m}^3/\text{u}$ bij 50 Pa waargenomen.



(Bron: D. De Vroey)

Vervolgens werd het oude raamwerk zelf gerestaureerd. Het kreeg een dubbele beglazing en er werden neopreen afdichtingen aangebracht op de smalle zijden van de openslaande vleugels. Die afdichtingen – die onzichtbaar zijn met het raam gesloten – maken dat de openslaande vleugel volledig tegen het kozijn aandrukt.



(Bron: D. De Vroey)

Aan de hand van een tweede reeks proeven kon de doeltreffendheid van deze ingrepen berekend worden:

- Wanneer het raam voorzien wordt van dubbele beglazing en neopreen afdichtingen ter hoogte van de aansluiting van de openslaande vleugels op de kozijnen, maar zonder afdichting in het midden van het raam (ter hoogte van de aansluiting tussen de 2 openslaande vleugels) en zonder de afdichting te laten doorlopen ter hoogte van de scharnieren, wordt er nog een debiet van 8 m³/u bij 50 Pa gemeten. Met andere woorden: een vermindering van het luchtverlies van 42 m³/u bij 50 Pa in vergelijking met de uitgangssituatie!
- Het aanbrengen van dichte kleefband ter hoogte van de aansluiting tussen 2 openslaande vleugels levert nog eens een winst van 2,4 m³/u op, goed dus voor een dichtheid van 5,6 m³/u bij 50 Pa.
- Ter hoogte van de onderregel gaat het gerestaureerde raam nu ongehinderd open, terwijl het in zijn oorspronkelijke staat erg sleepte. Door een correcte aanpassing bedraagt het luchtverlies onderaan nu nog slechts 2,7 m³/u bij 50 Pa.

Voor meer informatie over het KONINKLIJKE SINTE-MARIASTRAAT-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 032 (2009)**.

1.2. De ondoordringbaarheid van de verbindingen tussen het schrijnwerk en de ondersteuning ervan

Wanneer we voor een goede luchtdichtheidsgraad willen zorgen (bijvoorbeeld $n_{50} < 1/u$ voor woningen), moeten we ook de soms aanzienlijke luchtdichtheidsverliezen aanpakken ter hoogte van de aansluiting tussen het raam en de muuropening. Het simpelweg opvullen van de tussenruimte met PUR of een ander schuim- of wolvormig isolatiemiddel volstaat meestal niet om voor een goede dichtheid te zorgen, omdat de uitvoering weinig nauwkeurig gebeurt en/of het gebruikte isolatiemiddel weinig dicht is.

Het aanbrengen van dichtingsstrips voor een goede luchtdichtheid vormt daarentegen een zonder meer beproefde techniek die erg goede resultaten oplevert. In nieuwbouwprojecten is het gemakkelijker om deze strips op het raam zelf aan te brengen, voordat het wordt geplaatst. Eens het raam dan geplaatst is, worden de strips op de muur gekleefd en zal de plafonering de (met pleister compatibele) dichtingsstrips bedekken.

ELIA KANTOOR

Hier werden de ramen op de bouwplaats geleverd met de dichtingsslabs al op de ramen aangebracht. De realisatie van de luchtdichtheid is dan veel gemakkelijker. Toch merken we hierbij op dat bepaalde schrijnwerkers er de voorkeur aan geven om de dichtingsstrips voorafgaand aan de plaatsing, maar na de levering op de bouwplaats aan te brengen om te vermijden dat de strips zouden scheuren bij het uitladen van de vrachtwagen ...



Luchtdichte plaatsing van ramen (Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Voor meer informatie over het ELIA KANTOOR-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 020 (2007)**.

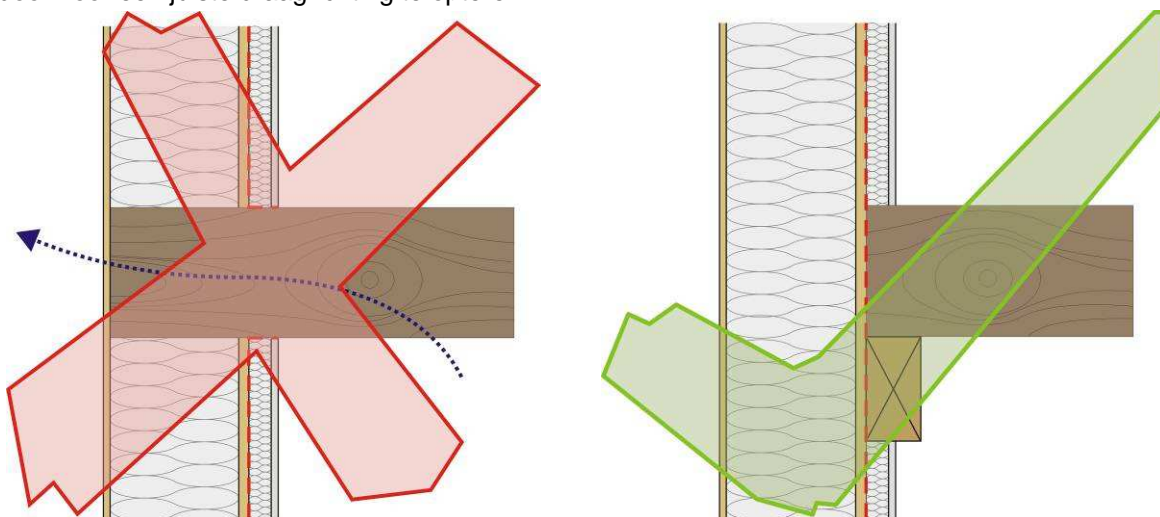
2. INWERKING VAN EEN HOUTEN BALK

Een ander aandachtspunt op het vlak van de luchtdichtheid is de doorvoer in de dichtheidslaag van liggers en/of vloerbalken. Door de gebarsten samenstelling van het ruwe hout kan in een dergelijke situatie namelijk geen perfecte luchtdichtheid gegarandeerd worden.

Een stuk hout dat door een dichtheidslaag gaat, kan dan ook voor verlies zorgen (meer of minder naargelang het gebruikte hout en zijn doorsnede).

2.1. Nieuwbouw

We moeten dus vermijden dat de dichtheidslaag doorboord wordt door houten elementen; daarvoor kunnen we zorgen door voor een juiste draagrichting te opteren.



Voorbeeld van verbindingen tussen de structuur en de dichtheidslaag in een houten constructie (Bron: Matriciel)

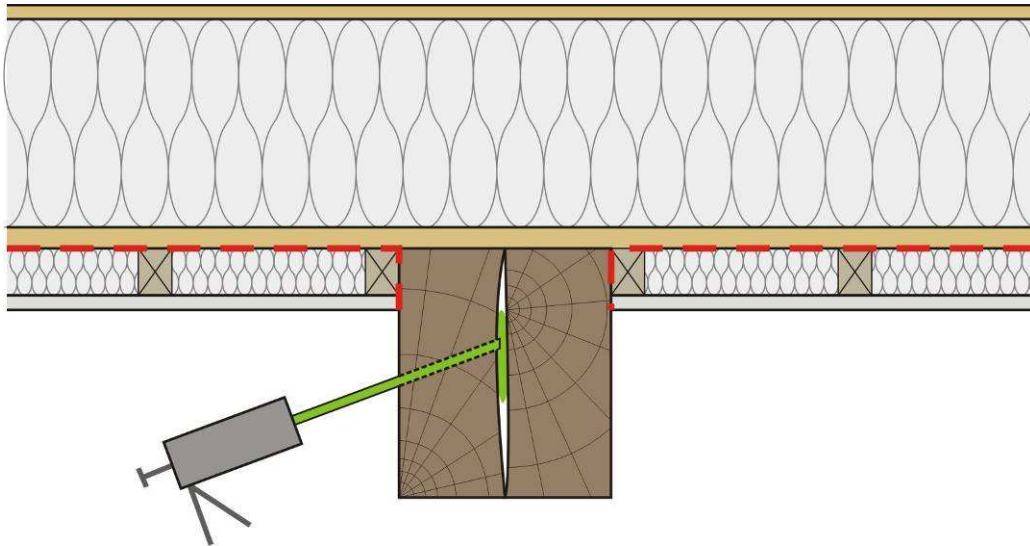
Als dat niet mogelijk is, kan het gebruik van balken in hout met hoge dichtheid, composiethout of gelamineerd hout de verliezen aanzienlijk beperken.

2.2. Renovatie

Onderbrekingen in de dichtheidslaag komen vaak voor; dat is bijvoorbeeld het geval met vloerbalken in een traditionele constructie in metselwerk. Hier is het vooral de plafonnering die voor de luchtdichte laag zorgt. Wanneer hier sprake is van barstvorming of wanneer de balken in kwestie zichtbaar zijn, kan het dichtheidsverlies via deze weg aanzienlijk zijn; de migratie van lucht en dus vocht is gemakkelijk te zien in de vochtige vertrekken (badkamer, keuken, ...) doordat de binnenkant van de balken gaat rotten ter hoogte van de doorvoer.

Om die luchtverliezen te bestrijden, bestaan er verschillende hulpmiddelen die gecombineerd moeten worden; geen enkele van deze methodes kan echter een precieze prestatie garanderen voorafgaand aan hun uitvoering.

- Inpakking met kleefband van de verbinding tussen de vloerbalken en de muur;
- Bij balken die uit meerdere delen bestaan: inspuiting van een elastomeerkit in de holtes tussen de balken.



Inspuiting van een elastomeerkit in de holte tussen twee houten balken (Bron: Matriciel)

Hierbij merken we op dat het aanbrengen van dichtingsstrips, lijm, elastomeerkits, lijmstroken enz. strikt volgens de instructies van de fabrikant dient te gebeuren.

Bij houten vloeren in traditionele constructies is het ook zo dat de plafonnering die als luchtdichte laag wordt beschouwd, doorgaans niet continu is en maar zelden tussen de vloerbalken doorloopt. Hier komt dan ook vaak luchtdichtheidsverlies voor met een mogelijk niet te verwaarlozen impact.

STUCKENSSTRAAT

Bij dit voorbeeldproject loopt de nieuwe plafonnering wel degelijk tussen de vloerbalken door. Hierbij merken we op dat een perfecte gladstrijking van het pleisterwerk niet nodig is. Om voor een nog betere dichtheid te zorgen:

- moeten er nog verbindingstrips tussen het pleisterwerk en de houten zolderbalken worden aangebracht;
- moet een elastomeerkit in de holtes tussen de balken worden gespoten.
-



Correcte uitvoering van de plafonnering tussen de zolderbalken (Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Voor meer informatie over het STUCKENSSTRAAT-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 047 (2008)**.

3. ROLLUIKKASTEN

Het plaatsen van rolluiken aan de buitenkant komt frequent voor. De stores kunnen dienst doen als zonnebescherming en/of beveiliging tegen indringing. In elk geval is het belangrijk om:

- de voorkeur te geven aan het plaatsen van de kasten aan de buitenkant, geheel buiten de dichtheidslaag;
- het bedienen van de rolluiken met kettingen of riemen te vermijden. Deze twee technieken zijn moeilijk om luchtdicht te maken door de bewegende delen in de doorvoer van de dichtheidslaag. Het is dan ook wenselijk om een bediening met een zwengel of een elektrische motorisering voor te schrijven.

Frequent bij renovatie !

Rolmechanismen voor rolluiken die aan de binnenkant zijn ingebouwd, moeten verwijderd worden!

RUBENSSTRAAT

In het voorbeeldgebouw Rubensstraat- project worden de rolluikkasten verwijderd. De lege ruimte onder de linteel wordt opgevuld en luchtdicht gemaakt met plafonnering.



Vervangen van de bekisting van het rolluik door metselwerk (Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Voor meer informatie over het RUBENSSTRAAT-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 043 (2008)**.

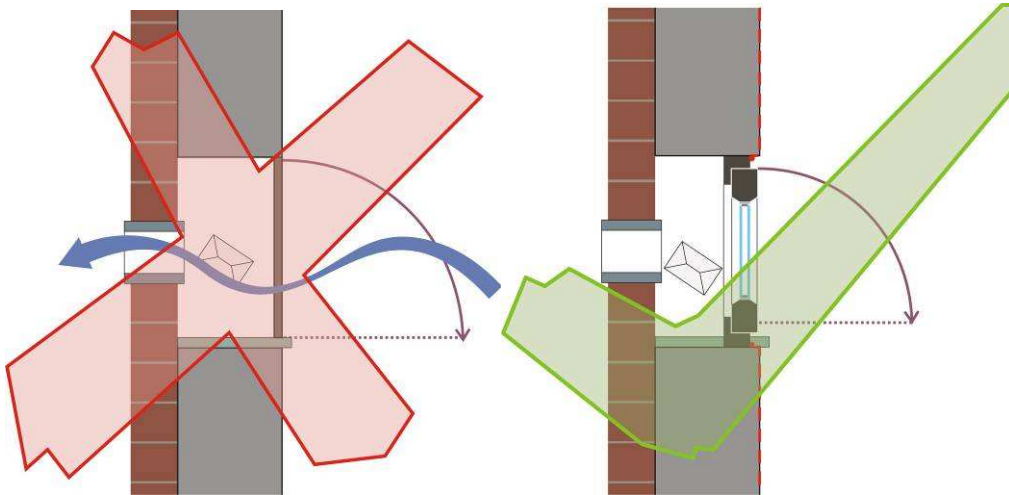
4. BELLEN, BRIEVENBUSSEN, VERLICHTINGSTOESTELLEN

Net als bij de omkastingen van stores is het belangrijk om de brievenbussen buiten de dichtheidslaag te houden! Let er ook op dat de bevestigingen ervan de dichtheidslaag niet aantasten.

Voor de bellen en verlichtingstoestellen houdt de doorboring van de elektrische folie weinig problemen in, want ze men kan ze correct opvullen met stopverf, voorgevormde moffen, ...

Frequent bij renovatie !

Bij verplichte openingen tussen de binnen- en de buitenkant (bijvoorbeeld voor de inbouwbriefbussen bij een renovatie) moet men het afsluitpaneel aan de binnenkant beschouwen als een venster, dat wil zeggen met meervoudige aanslag e.d.



Afdichting van de brievenbus (Bron: Matriciel)

5. BEHANDELING VAN ELEMENTEN MET SCHOORSTEENEFFECT IN GROTE GEBOUWEN!

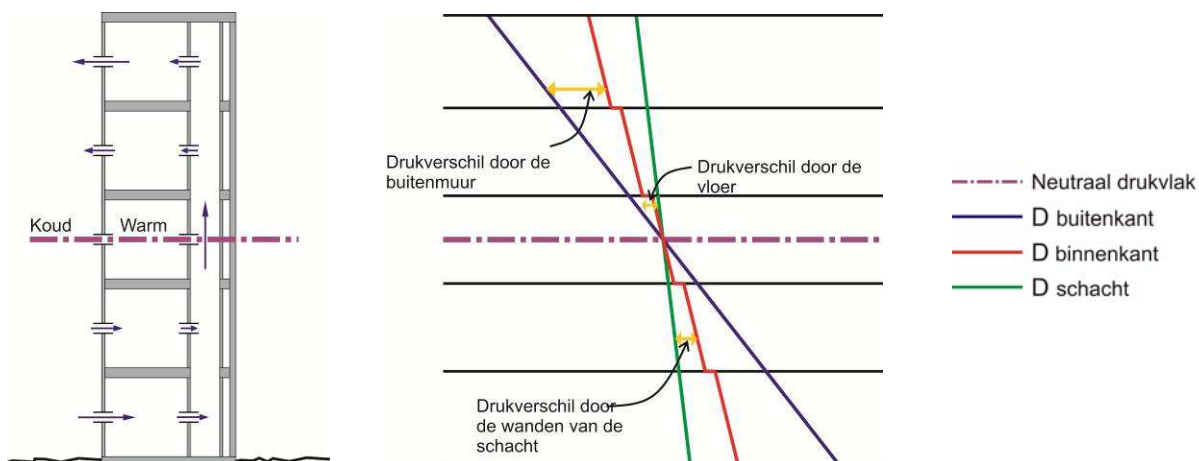
5.1. Basisnoties i.v.m. het schoorsteeneffect

Om de behandeling van luchtlekken in sassen, traphallen en liftkooien goed te begrijpen, is het belangrijk om inzicht te hebben in het schoorsteeneffect⁴. Vanaf één of twee verdiepingen kan dit fenomeen vrij omvangrijk zijn en de luchtlekken op significante wijze beïnvloeden.

Vaststellingen

- De lucht in het gebouw is warmer en bijgevolg lichter dan aan de buitenkant, zodat deze de neiging heeft te stijgen en te ontsnappen via een hoge opening en wordt vervangen door de koudere lucht die van buiten binnendringt door de lage openingen: dat is het schoorsteeneffect.
- Het totale drukverschil dat het schoorsteeneffect veroorzaakt in een gebouw, hangt uitsluitend af van de hoogte van het gebouw en het verschil tussen de binnen- en de buitentemperatuur:

⁴ "CBD-104-F. Effet de cheminée dans les bâtiments"; Conseil national de recherches Canada; 1972



Schoorsteeneffect: verdeling van het drukdiagram

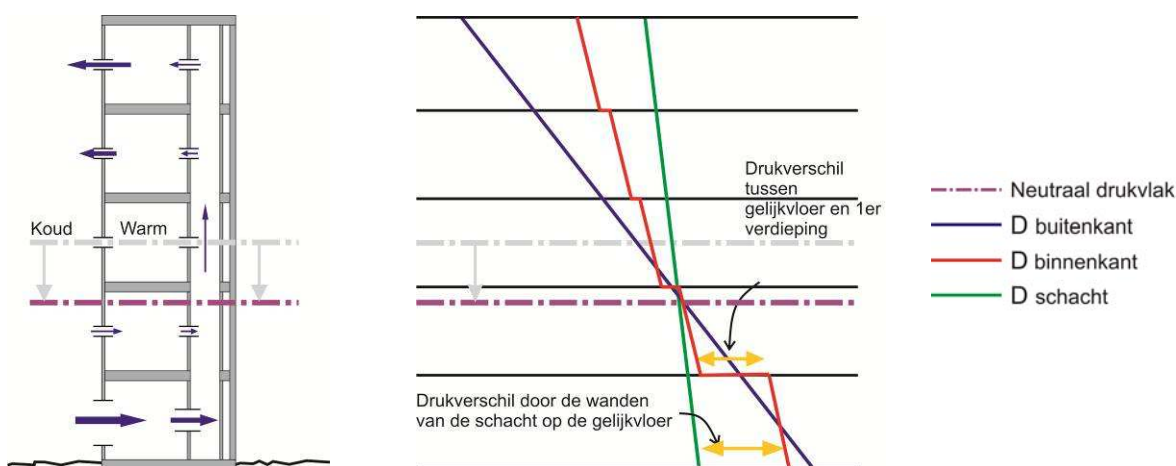
Impact op de luchtdichtheid

Het trekeffect kan niet volledig onderdrukt worden. Men kan de effecten ervan wel dempen door een wijziging in het ontwerp van de muren en de binnenwanden. Wanneer de uitstroomweerstand veroorzaakt door de verdelingen doorheen het gebouw stijgt, worden de drukverschillen doorheen de vloeren en de muren van de verticale schachten groter en worden de drukverschillen doorheen de buitenmuren kleiner.

- Men moet dus het schoorsteeneffect beperken door de wanden van traphallen, liftkooien, schachten en andere "schoorstenen" in hoge gebouwen luchtdicht te maken.

5.2. Het inkomsas

Op het gelijkvloers zijn er altijd meer openingen die luchtlekken bevorderen dan op de hogere verdiepingen. Die openingen zijn voornamelijk de voordeuren en/of deuren die uitgeven op parkeergarages. Het neutrale drukvlak ligt dus algemeen lager dan op de voorgaande figuur en het drukverschil tussen de binnenkant en de buitenkant in het hoge gedeelte is nog groter.



Schoorsteeneffect met grote opening onderaan het gebouw

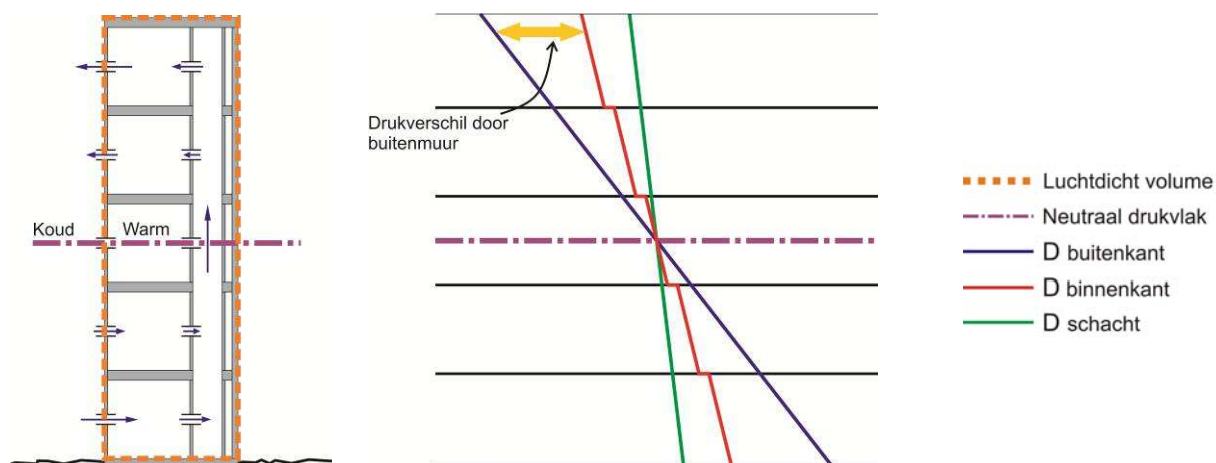
De luchtdichtheid wordt dus het meest beproefd ter hoogte van de toegangsluiken tot onverwarmde zolderruimtes of afvoeren voor rook en hitte. De uitvoering moet dan ook bijzonder verzorgd zijn: men moet de openingen beschouwen als horizontale vensters (kleefband tussen kader en stijl, meerdere luchtdichte slagen, ...).

Het is dan ook erg belangrijk om luchtdichtheidsverliezen onderin de gebouwen goed te beperken. Een ingangssas maakt het dankzij de dubbele deuren mogelijk om al te grote luchtverplaatsingen te vermijden. Merk echter op dat draaideuren of gemotoriseerde schuifdeuren – die we veel zien in sassen – vaak niet goed luchtdicht zijn. Het is dus eerder aanbevolen om gebruik te maken van een sas bestaande uit twee goed

luchtdicht gemaakte klapdeuren. Om echt doeltreffend te zijn, wordt tot slot gevraagd om de twee deuren niet terzelfdertijd te openen; de medewerking van de gebruikers is hier gevraagd.

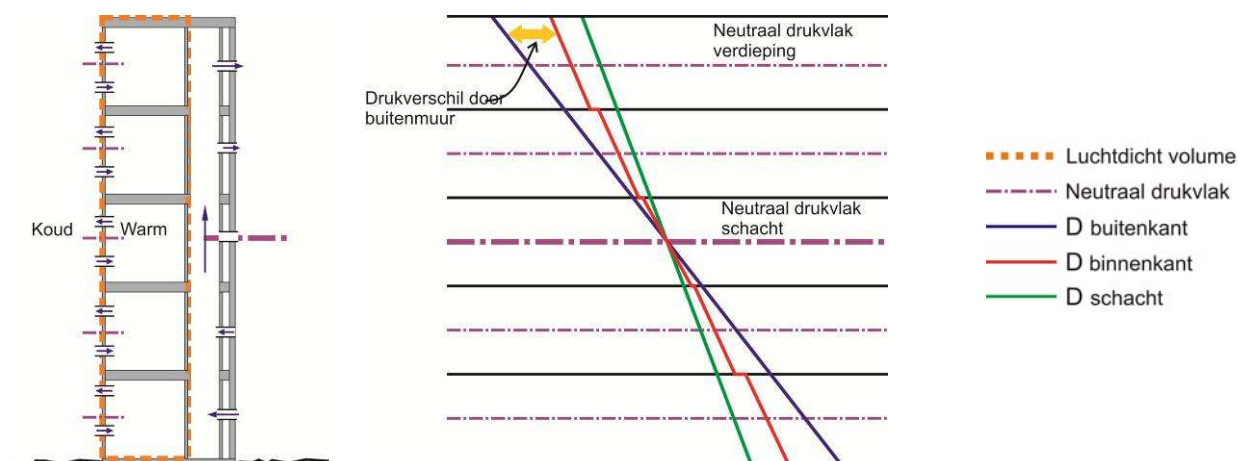
5.3. De traphal en de liftkooi : het schoorsteeneffect beperken

Ideaal gezien zouden de traphallen en liftkooien buiten het luchtdichte volume moeten liggen. Dat maakt het mogelijk om het schoorsteeneffect te beperken op het niveau van elke verdieping: het drukverschil tussen de binnen- en de buitenkant vermindert en dus zijn de verliezen in de luchtdichtheid doorheen de buitenmuren minder groot. Dat wordt hieronder weergegeven:



Verdeling van de druk in een hoog gebouw met gelijkmatig verspreide openingen en een schacht binnen het luchtdichte volume:

- één neutraal vlak ongeveer in het midden van het gebouw
- groot drukverschil tussen de binnen- en de buitenkant onderaan en bovenaan het gebouw: bijzonder grote luchtverplaatsingen tussen de binnen- en buitenkant!



Verdeling van de druk in een hoog gebouw met gelijkmatig verspreide openingen met een schacht BUITEN het luchtdichte volume en binnenwanden die even luchtdicht zijn als de buitenmuren:

- meerdere neutrale vlakken ongeveer in het midden van elk niveau of elke verdieping
- klein drukverschil tussen de binnen- en de buitenkant: relatief beperkte luchtverplaatsingen tussen binnen en buiten.

6. DE VENTILATIE BEPERKEN

Zowel voor de traphal als voor de liftkooi wordt ventilatie vereist door verschillende reglementeringen:

- Traphal: ventilatie is minstens verplicht via afvoerkanalen voor rook en hitte. Die ventilatie maakt het onder meer mogelijk om de traphal bij brand rookvrij te maken. Deze ventilatie is dus onbestaand in normale omstandigheden (zie hieromtrent de norm NBN S21-208/3).
 - Aangezien deze ventilatie enkel moet werken bij brand, stelt de ventilatie van traphallen dus niet al te veel problemen, voor zover de afvoer goed luchtdicht is.

A. NYSSTRAAT

In dit kantoorproject werden de afvoeren voor rook en hitte gebruikt als hoge openingen voor de natuurlijke ventilatie. De gebruikte kanalen werden gekozen om zo luchtdicht mogelijk te zijn. Daartoe werd een opening geplaatst met één vleugel, uitgerust met een dubbele zelfaansluitende neopreendichting.

Voor meer informatie over het A NYSSTRAAT-project, zie de fiche **van het VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 009 (2007)**.

- Liftkooi: ventilatie vereist volgens het koninklijk besluit van 4/04/2003 § 6.1.2. Deze beantwoordt aan meerdere doelstellingen: voor de verse lucht in de kooi, de afvoer van de warme lucht bovenaan, brandveiligheid, ... Er zijn twee oplossingen⁵ mogelijk om luchtdichtheidsverliezen door dit type ventilatie te voorkomen:
 - Ventilatie naar een aangrenzend lokaal:
 - De wetgeving staat ventilatie naar een ander volume van het gebouw toe op voorwaarde dat de ventilatieroosters van het type RF zijn en dat het volume waarnaar de lucht van de schacht wordt doorgestuurd voldoende geventileerd is (overeen te komen met de erkende controleur die de installaties oplevert).
 - Naargelang van het project zijn oplossingen voor de rookafvoer voorhanden conform de wetgeving, in akkoord met de erkende controleur, en gekozen en goedgekeurd door de vertegenwoordiger van de brandweer. Er moet bijzondere zorg besteed worden aan het beheer van het vocht en het stof die afkomstig kunnen zijn van de ventilatie van deze technische schacht.
 - Automatische ventilatiekleppen:
 - De kleppen, die normaal gesloten blijven, worden onder meer in de volgende gevallen geopend:
 1. Noodzaak van rookafvoer na detectie van rook in de schacht (ook gaan de kleppen altijd open in geval van stroomdefect: positieve openingslogica);
 2. Noodzaak aan ventilatie gedetecteerd door verschillende parameters (exploitatie van de installatie, temperatuur, luchtkwaliteit, ...)
 - Aangezien de kleppen gecontroleerd worden en meestal gesloten blijven, is het aangewezen om de klep gesloten te houden tijdens de "blower door test" om de luchtdichtheid van het gebouw te evalueren.

⁵ "E007 – Leefmilieu Brussel - BIM Technische nota 29.01V3; Ventilatie van liften en luchtdichtheid van een gebouw"; Leefmilieu Brussel - BIM; Technische begeleiding van voorbeeldprojecten; 2008)



Gemotoriseerde opening voor liftkooi (Bron: "Ascenseurs: Empêcher les déperditions calorifiques; Recommandations à l'intention des architectes et maîtres d'ouvrage Guide"; Services de l'énergie des cantons et de la Principauté du Liechtenstein, SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie; 2004)

- Voor de plaatsing van deze inrichting moet men een afwijking aanvragen bij de Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken. Dit type afwijking werd reeds toegekend, onder meer voor de voorbeeldgebouwprojecten.

Deze aanvraag moet gericht worden aan:

Federale Overheidsdienst Binnenlandse Zaken
Directie Brandpreventie
Commissie afwijkingen
Waterloolaan 76
B-1000 Brussel

De aanvraag om een afwijking omvat de volgende documenten, in twee exemplaren:

1. het volledig ingevulde aanvraagformulier voor de afwijking (bijlage bij het koninklijk besluit van 18 september 2008 tot bepaling van de procedure en de voorwaarden volgens dewelke de afwijkingen van de basisnormen worden toegekend);
2. de beschrijving van het gebouw en het ontwerp op het gebied van de veiligheid (de maatregelen en uitrustingen die voorzien zijn voor de brandpreventie);
3. de plannen van het gebouw (ligging, verdiepingen, doorsneden, gevels) op een leesbare schaal, met vermelding van de voorziene maatregelen en uitrustingen voor de preventie van brand;
4. het dossier dat een veiligheidsniveau aantoont dat minstens equivalent is met wat de basisnormen vereisen;
5. alle andere nuttige informatie of belangrijke stukken zoals bijvoorbeeld het rapport van de bevoegde brandweerdienst of relevante foto's.

Voor meer informatie en om het aanvraagformulier te downloaden:

<http://www.ibz.be/code/fr/loc/secuprev.shtml>

AEROPOLIS II

Hier werd de afwijking voor automatische ventilatiekleppen aanvaard. Met deze kleppen werd tijdens de infiltratietest met rookontwikkelaar geen beweging vastgesteld aan de voet van de liftkooi.



Infiltratietest met rookinstallatie onderaan de liftkooi (Bron: Matriciel)

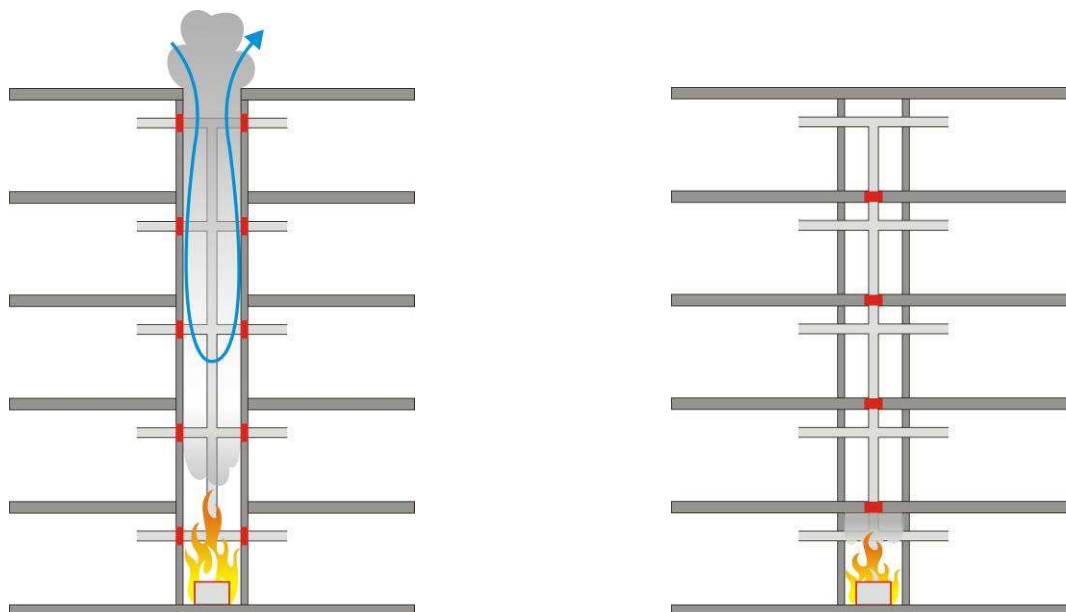
Voor meer informatie over het AEROPOLIS II-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 040 (2007)**.

6.1. Technische kokers

Men moet ook aandacht besteden aan de schachten in hoge gebouwen. Ze werken als een trekpat waar het schoorsteeneffect zich perfect kan ontwikkelen. Merk op dat deze schachten in de meeste gevallen bovenaan geventileerd moeten zijn (koninklijk besluit van 19/12/1997 § 5.1.5). Men moet de toegangsluiken zeer goed afdichten.

- Om deze kokers niet te moeten ventileren en tegemoet te komen aan het koninklijk besluit van 19/12/1997 is het mogelijk om de koker onder te verdelen met horizontale schermen die de volgende kenmerken vertonen:
 - opgebouwd uit onbrandbare materialen;
 - alle ruimte tussen de leidingen wordt ingenomen;
 - brandweerstand van $R_f 1/2u$ tot $R_f 1u$ volgens de hoogte van het gebouw.

Concreet en algemeen gesproken moeten alle onderbrekingen van leidingen door de betonnen vloerplaten worden aangemetseld.



6.2. Het systeem voor ventilatie, verwarming en afkoeling

De druk binnenin de gebouwen en de afvoerwijze van de lucht worden beïnvloed door elk onevenwicht in de lucht die toegevoerd en afgevoerd wordt door de klimatisering.

Die systemen zijn vaak zo ontworpen en bediend dat ze te veel lucht leveren en zo het gebouw onder druk zetten. Zo vermindert men de infiltratie, in het bijzonder tijdens het koude seizoen te wijten aan het trekeffect op de onderste verdiepingen van de gebouwen met meerdere verdiepingen.

Hoewel weinig lucht door de buitenmuren dringt, wordt het warmteverlies sterk vergroot door de bijkomende behoefte aan verwarming om de extra buitenlucht te verwarmen. Vanuit energiestandpunt wordt dus afgeraden om een gebouw in overdruk te brengen om infiltratie van lucht te compenseren.

6.3. Conclusie over het schoorsteeneffect

Men kan trek door het schoorsteeneffect in gebouwen niet voorkomen, maar men kan het fenomeen wel beperken en wijzigen indien men de aard ervan kent:

- **Men moet de "trekgaten" beperken die schoorsteeneffecten creëren binnenin het luchtdichte volume: sluit de verticale schachten ter hoogte van elke verdieping af EN plaats de traphallen en liftkooien buiten het luchtdichte volume.**
- **Zorg tegelijk voor de luchtdichtheid van de buitenwanden EN de binnenwanden.**
- **Vermijd te grote openingen op de gelijkvloerse verdieping (o.m. met luchtdichte sassen).**

Opmerking :

- Een goede luchtdichtheid is helemaal compatibel met een goede intensieve natuurlijke ventilatie, omdat die georganiseerd kan worden door het bewust openen van deuren en ramen, enkel in periodes waar verkoeling nodig is.
- Het is moeilijk om het schoorsteeneffect aan te tonen tijdens de luchtdichtheidstest. Tijdens deze laatste wordt immers gevraagd dat de druk binnenin het luchtdichte volume zo uniform mogelijk is. De openingen tussen niveaus moeten dus wijd open staan.

7. SPECIALES TECHNIEKEN

Het ontwerp van speciale technieken kan belangrijke gevolgen hebben voor de luchtdichtheid.

7.1. Verwarming en afkoeling⁶

Bij de keuze van de productiemethode voor warmte en koude, moet men onder andere rekening houden met de volgende elementen:

- verkies systemen voor warmte- en koudeproductie die geen natuurlijke ventilatie vereisen (geen atmosferische ketel behalve buiten het luchtdichte volume, ...). Luchtdichte systemen genieten de voorkeur;
- schoorsteenkleppen en rookafvoeren van open haarden of houtkachels: controleer de aanwezigheid en de dichtheid van deze elementen.

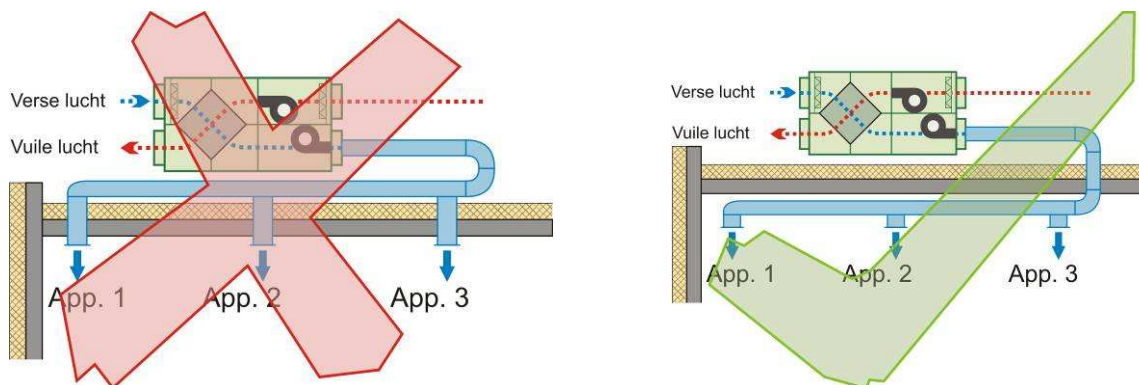
7.2. Hygiënische ventilatie

Hoewel de toe- en afvoeropeningen van het mechanische ventilatienet afgedekt kunnen zijn tijdens drukttests (zelfs bij de methode A voor het EPB-reglement), moet men de best mogelijke dichtheid van het ventilatiesysteem nastreven.

Concreet houdt dit het volgende in:

⁶ Zie eveneens de fiche ENE 14 van de "Praktische gids voor de bouw en renovatie van kleine gebouwen".

- Maak gebruik van gestandaardiseerde, luchtdichte inbouwaansluitingen. Het is voor de ventilatie bijvoorbeeld van belang om kokers te verkiezen die gemakkelijk luchtdicht kunnen worden gehouden. Concreet⁷ gesproken is het over het algemeen aan te bevelen om kokers of buizen met een ronde doorsnede te gebruiken in de plaats van rechthoekige. Cilindrische buizen vertonen normaal gezien een zeer goede dichtheid, zeker wanneer de aansluiting van de buizen met dubbele dichtingen kan gebeuren. Met rechthoekige buizen hangt de dichtheid van het net in grote mate af van de toepassing en de kwaliteit van de dichtingen. Bovendien is het haast onmogelijk om een even goede dichtheid te bereiken als met ronde buizen⁸.
- Voer alle verdeling bij voorkeur uit in warme ruimten: als de ventilatiegroep zich buiten het luchtdichte volume bevindt, is het wenselijk om het aantal onderbrekingen in de dichtheidslaag zoveel mogelijk te beperken door de voorkeur te geven aan kokeraansluitingen binnenin het luchtdichte volume.



(Bron: Matriciel)

- Gebruik soepele aansluitmoffen tussen de ventilator en de rest van het netwerk om akoestische redenen, maar eveneens opdat de netaansluitingen niet onnodig slijten door trillingen.

7.3. Dampkappen

Doordat woningen steeds beter luchtdicht worden gemaakt, kan het aanzetten van een dampkap de werking van het ventilatiesysteem soms danig verstoren:

- hoge debieten die in woonruimtes terechtkomen op ogenblikken dat men daar geen behoefte aan heeft (wat leidt tot energieverliezen);
- omkering van de debieten in de badkamer of het toilet (impact op de luchtkwaliteit);
- aanzienlijke drukvermindering in de hele woning (lucht die bij voorkeur binnenkomt via lekken, slaande deuren, ...);
- slechte werking van de afzuiging van de dampkap.

Om deze fenomenen te bestrijden **terwijl de luchtdichtheid verzekerd wordt**, zijn er twee veelgebruikte oplossingen:

- voor kleine installaties: een dampkap met een koelfilter zonder afvoer naar buiten. Let op, deze oplossing vergt een regelmatig onderhoud van de filters (geuren, luchtkwaliteit, elektriciteitsverbruik) en het vocht ontstaan tijdens het koken moet op een andere manier afgevoerd worden.
- voor grotere installaties (en sommige merken richten zich voortaan ook op de markt van de kleine installaties): een "globale" oplossing met een dampkap die is aangesloten op een ventilatie-eenheid, voor een toevoer aan extra buitenlucht via een aparte buis. Deze toevoer van verse lucht gebeurt enkel als het afvoerdebiet gevraagd wordt door de gebruiker. De dampkap verenigt een klassieke ventilatie-eenheid met

⁷ Voor meer informatie over dit onderwerp, zie Energie+ op www.energiesparen.be

⁸ Zie ook fiche 2.1

een gewone dampkap; men kan spreken van een dampkap met inductie-effect⁹. De kokers voor luchttoevoer en -afvoer moeten daarbij met dichtingskleppen dichtgemaakt zijn voor wanneer de dampkap uit staat.

Opmerking: wegens onderhoudsredenen van het hygiënische ventilatienet, mag men nooit de afzuiging van de dampkap aansluiten op dat net.

7.4. Elektriciteit

Tijdens de verschillende dichtheidstesten die werden uitgevoerd in de voorbeeldgebouwen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd opgemerkt dat de plaatsing van de elektrische circuits talrijke problemen kan veroorzaken. Twee bronnen van luchtdichtheidsverlies kunnen vermeden worden door de inachtneming van de volgende twee principes:

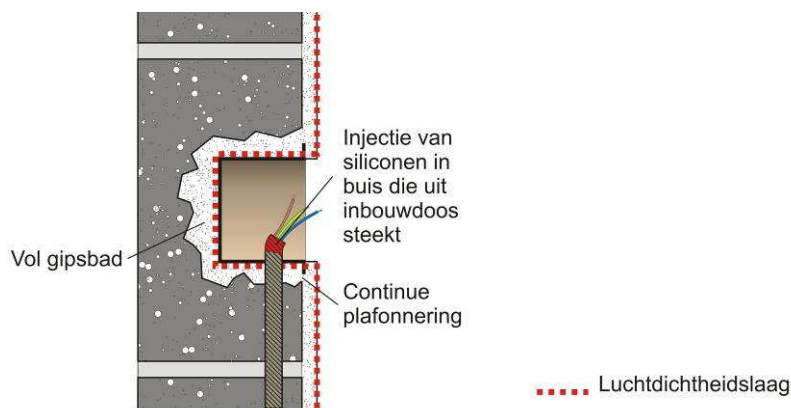
- Het algemeen laagspanningsbord (ALSB) moet geplaatst worden in het luchtdichte volume. Het aantal kabels aan de uitgang van het ALSB is veel groter dan aan de ingang. Door het bord binnen het luchtdichte volume te plaatsen, blijft het aantal onderbrekingen in de dichtheidslaag beperkt tot de elektrische voeding vanaf het net. Voor de doorvoer van de dichtheidslaag vóór het laagspanningsbord wijzen we erop dat er EPDM-membranen bestaan voor een gemakkelijke dichting van de doorvoer (zie punt 2.4).
- Als inbouwdozen de dichtheidslaag doorboren, moeten ook deze dicht zijn. Concreet moet erop gelet worden dat de lucht niet doorstroomt via:
 - het niet-bepleisterde metselwerk achter de inbouwdoos. Om de doorstroming van lucht tegen te gaan, is het aanbevolen om de doos en de kabels volledig met gips in te werken (of eventueel een dichtingslab tussen de kabels en de doos te plaatsen). Let op, als de elektricien een vaste prijs voorstelt voor de plaatsing van een inbouwdoos, is dat beperkt tot het inmetelen daarvan. Men moet de te volgen werkwijze duidelijk aangeven in het bestek, zodat hij er rekening mee kan houden en de werktijd en prijs kan aanpassen;



Dichtheid van de inbouwdoos (Bron: André Baivier)

- de buizen, als de elektriciteitskabels verbonden zijn met een buitenruimte. Een veelvoorkomende techniek bestaat erin om siliconen tussen de kabels en in de buis te injecteren. Let op, men moet vermijden om teveel siliconen in te spuiten, zodat de stop kan worden verwijderd wanneer er nieuwe bedrading getrokken moet worden.

⁹ Wat nog altijd niet helemaal hetzelfde is als een inductiekap. Zie ook de website van "Energie+" rond industriële keukens www.energiesparen.be/



Technische doorsnede van de beschermbuis en de inbouwdoos (Bron: Matriciel)

SPECIFIEKE OPMERKING VOOR GROTE GEBOUWEN: PROCEDURE VOOR DE INFILTROMETRIETESTS VOLGENS HET EPB-REGLEMENT

In grote gebouwen geldt volgens het EPB-reglement:

- De dichtingstest kan eventueel enkel uitgevoerd worden op de EPB-eenheid. Het minimaal te testen volume is wel degelijk de EPB-eenheid, maar de test kan worden gedaan op het ganse beschermde volume van het EPB-gebouw of op een groep EPB-eenheden.
- Daarentegen is het niet toegestaan om de testresultaten van een "representatief" appartement of een "representatieve" kantoorverdieping te laten gelden voor andere: het is niet omdat de test van één EPB-eenheid afdoend was, dat dit ook het geval is voor de overige eenheden. Slechts één enkele test, gestaafd door een verslag, wordt in aanmerking genomen.

Voor meer informatie over dit onderwerp, zie de website: <http://www.epbd.be/index.cfm?cat=airtightness-measurement&lang=nl>.

- Bovendien merken we op dat indien de test per eenheid wordt uitgevoerd (bijv. appartement per appartement voor collectieve woningen), het ontwerp van de dichtheidslagen en de testresultaten moeten worden aangepast:
 - Het opgemeten debiet van een lek in een EPB-eenheid ligt normaal gezien hoger dan wanneer dit gemeten wordt voor het geheel van het beschermde volume. Daarentegen stellen toegangsdeuren, liftkooien enz. minder problemen, omdat de op die plaatsen vaak voorkomende luchtlekken een beperkte impact hebben. In feite hebben ze enkel invloed op de luchtdichtheid van de EPB-eenheid "gemeenschappelijke ruimten".
 - De luchtdichtheid tussen de verschillende EPB-eenheden moet perfect verzorgd worden. Dit is bijvoorbeeld het geval met de voordeur van ieder appartement in een collectieve woning. Deze deur moet als een buitendeur worden beschouwd. Als dat niet gebeurt, kan men theoretisch geen correcte infiltrometrietest uitvoeren met de "ventilatie deur" in de opening van de portaaldeur, omdat die deur voor veel luchtverlies zorgt.

CONCLUSIE

In tegenstelling tot wat maar al te vaak beweerd wordt, is de luchtdichtheid niet enkel op te lossen tijdens de werkzaamheden. Het ontwerp van het bouwplan en de details ervan hebben daarentegen een beslissende invloed op het eindresultaat. Meerdere aandachtspunten op het vlak van het ontwerp werden in deze fiche toegelicht.

De ontwerper moet ook rekening te houden met de specifieke kenmerken, eigen aan:

- de constructie van hoge gebouwen (schoorsteeneffect, opdeling, ...);
- renovatie (bijzondere aandacht voor niet-dichte bouwelementen zoals de ramen, aanpassingen van de elementen die door de dichtheidslaag gaan, zoals balken, vloeren, brievenbussen, ...).



Redactie: MATRIciel

Leescomité: Leefmilieu Brussel - BIM

Verantwoordelijke uitgevers: J.-P. Hannequart & E. Schamp – Gulledelle 100 – 1200 Brussel