

# Installatiegeluid

Geluidoverlast ten gevolge van mechanisch ventileren

**-Scriptie-**

## Colofon

Titel: Installatiegeluid, geluidoverlast ten gevolge van mechanische ventileren  
Datum: 4-6-10  
Versie: Definitief

### **Auteur**

Naam: Ries van Harmelen  
Studentennummer: 1500054  
Fase: Afstuderen  
E-mail: Ries.vanharmelen@student.hu.nl  
Ries10@hotmail.com

### **Gegevens bedrijf**

Naam: Adviesburo Nieman B.V.  
Adres: Sophialaan 1a, 3542 AR te Utrecht  
Begeleider: ir. G. Dethmers  
Email: G.Dethmers@Nieman.nl

### **Begeleiders Hogeschool Utrecht**

1<sup>e</sup> begeleider: ir. L. Looijen  
2<sup>e</sup> begeleider: ir. I. Mattens

## Samenvatting

Door de steeds strengere epc eis in de woningbouw is men opzoek gegaan energiebesparende systemen. Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is één van deze energiebesparende systemen en wordt ook veel toegepast in de woningbouw. Echter heeft dit systeem te kampen met veel problemen, zo wordt er geklaagd dat het systeem te veel lawaai maakt, dit heeft tot gevolg dat het systeem op een te lage stand wordt gezet. Uit een onderzoek van Nieman bv in opdracht van VROM waarbij 97 woningen zijn onderzocht, voldeden slechts 10 woningen aan de eisen die het garantie instituut woningbouw (GIW) stelt op het gebied van installatiegeluid. In het nieuwe Bouwbesluit 2010 zijn er ook eisen opgenomen met betrekking tot het installatiegeluid binnen de woning ten gevolge van een ventilatiesysteem. Deze eis is strenger dan de eis die het GIW had gesteld. Er wordt verwacht dat dit grote problemen gaat opleveren. Daarom is dit vraagstuk onderzocht in opdracht van Nieman bv, die door dit onderzoek beter advies kan geven aan hun opdrachtgevers. Dit onderzoek vormt een onderdeel van mijn studie bouwkunde en is gemaakt met het oog op het behalen van mijn bachelor diploma aan de Hogeschool Utrecht.

In dit afstudeerverslag worden de verschillende eisen en normen besproken die van toepassing zijn op dit onderzoek. Er wordt beschreven hoe er gemeten is in een bestaand bouwproject en hoe de theoretische berekeningen die in de ontwerpfase gebruikt kunnen worden, zijn uitgevoerd. Uiteindelijk krijgt men in dit afstudeerverslag een goed beeld van hoe de situatie nu is en hoe men dit kan verbeteren met simpele oplossingen. Deze oplossingen zijn richtlijnen waar men in het ontwerpstadium van een gebouw al rekening mee zou kunnen houden. Dit om het geluidniveau in te perken.

Tijdens de praktijkmetingen waren er enkele obstakels. Er was niet goed ingeregeld door de installateur, hierdoor waren er woningen die niet in balans waren en woningen die een te grote overcapaciteit hadden. Er is echter besloten om desbetreffende woningen wel mee te nemen in het onderzoek, dit met het oog op het gegeven dat installateurs woningen zo 'inregelen'.

Uit de praktijkmetingen is gebleken dat er in geen één woning wordt voldaan aan de toekomstige eis. Bij de theoretische berekeningen is ook gebleken dat er niet voldoende naar geluid is gekeken in de ontwerpfase van het gebouw.

Al met al zijn uit dit afstudeerverslag meerdere richtlijnen voor architecten en bouwfysische adviseurs gekomen die bruikbaar zijn in de ontwerpfase van een woongebouw.

## Voorwoord

In het kader van de studie Bouwkunde aan de hogeschool Utrecht met als afstudeerrichting bouwfysica is er onderzoek verricht naar het installatiegeluid. Het betreft woningen waar gebruikt wordt gemaakt van een gebalanceerd ventilatiesysteem. Akoestiek was één van de onderwerpen waarbij ik mij tijdens mijn stage periodes niet heel veel mee heb bezig gehouden, echter was ik altijd wel geïnteresseerd in de akoestiek. Daarom heb ik gekozen om in deze richting een afstudeeropdracht te zoeken. Uiteindelijk heb ik deze gevonden bij Adviesbureau Nieman onder begeleiding van dhr. Dethmers.

Eerst was het doel om te onderzoeken wat de invloed van een afvoer- toevoerventiel is op het geluid. Naar mate het onderzoek vorderde is besloten dit plan te laten voor wat het is en is overgestapt op het bouwkundige overdracht van installatiegeluid.

Tot slot wil ik mijn afstudeerbegeleiders Liza Looijen en Gerard Dethmers bedanken voor het geven van de benodigde kennis die nodig was en het in goede banen leiden van het onderzoek. Tevens wil ik Mark Nieuwenhof bedanken voor het begeleiden van de praktijkmetingen.

Utrecht, 4 juni 2010

## Inhoudsopgave

Colofon .....	2
Samenvatting.....	3
Voorwoord .....	4
Inhoudsopgave .....	5
Hoofdstuk 1: Probleemstelling.....	7
Hoofdstuk 2: Opzet onderzoek .....	8
Hoofdstuk 3: Ventilatie .....	9
3.1    Soorten ventilatiesystemen .....	9
3.2    Toegepast systeem.....	9
3.3    Eisen Bouwbesluit 2003 .....	10
3.4    Ventilatiebalans opstellen.....	10
3.5    Ventilatie debiet meten .....	12
Hoofdstuk 4: Installatiegeluid .....	13
4.1    Eisen .....	13
4.2    Soorten overdrachtswegen .....	14
4.2    NEN 5077:2001 metingen .....	15
4.3    ISSO 24 installatiegeluid .....	16
4.4    Bouwkundige overdracht .....	16
Hoofdstuk 5: Project beschrijving .....	18
5.1    Analyse project.....	19
Hoofdstuk 6: Resultaten.....	22
6.1    Debietmetingen.....	22
6.2    Geluidmetingen.....	23
6.3    Bouwkundige overdracht .....	24
6.4    Overdracht door de kanalen .....	29
6.5    Theoretische benadering versus praktijkmeting.....	29

6.6	Maatregelen toegepast .....	31
Hoofdstuk 7: Conclusies .....		33
7.1	Ontwerp richtlijnen .....	33
Nawoord .....		34
Begrippen en symbolen.....		35
Bronnenlijst .....		37
Bijlagen index .....		38
Bijlage 1	Technische gegevens.....	39
Bijlage 2	Balansen appartementen .....	41
Bijlage 3:	NEN 5077 .....	47
Bijlage 4:	Resultaten.....	52
Bijlage 5	Foto's .....	71
Bijlage 6	GIW en totstandkoming installatiegeluid eis .....	73
Bijlage 7	Bouwkundige tekeningen en installatie tekeningen .....	74

## Hoofdstuk 1: Probleemstelling

In de huidige woningbouw wordt veel gebruik gemaakt van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Dit systeem is noodzakelijk om aan de steeds strengere epc eis te voldoen. In de theorie is dit ventilatiesysteem een goed werkend en energiezuinig apparaat. In de praktijk heeft dit systeem nogal te kampen met kinderziektes. De afgelopen tijd heeft men in Amersfoort Vathorst veel woningen met dit systeem gebouwd waarna veel klachten kwamen over het systeem. Één van deze klachten heeft betrekking tot het hoge geluidniveaus die deze installaties maken. Dit heeft tot gevolg dat de gebruiker het systeem in de laagste stand zet of soms helemaal uitzet. Dit komt het binnenklimaat niet ten goede.

In het jaar 2011 wordt het gewijzigde Bouwbesluit 2010 verwacht, waarin prestatie-eisen zijn opgenomen met betrekking tot het karakteristieke A-gewogen installatieniveau ( $L_{i,a;k}$ ) ten gevolge van installaties in de woning zelf. Deze eis zal zijn 'een voorziening voor luchtverversing mag niet meer karakteristiek A-gewogen installatiegeluidniveau produceren in een verblijfsgebied dan 30 dB(A)'. Uit een onderzoek dat Adviesburo Nieman bv heeft uitgevoerd in opdracht van VROM in 2007 bleek dat van de 97 woningen maar 10 woningen aan deze komende eis voldoet. Tussen 2007 en 2010 is er in de praktijk weinig veranderd bij het toepassen van WTW-installaties. Men verwacht dat hier grote problemen gaan ontstaan als deze eis van kracht wordt.

### **Vraagstelling:**

Waar zit de bron van dit probleem, is dit de ventilator, de kanalen of is de geluidisolatie en situering van de technische ruimte slecht? En hoe kan hier rekening meegehouden worden? Daarom worden er bouwkundige richtlijnen opgesteld voor in de ontwerpfase.

## Hoofdstuk 2: Opzet onderzoek

In het kader van de studie bouwkunde met als afstudeer richting Bouwfysica, is in samenspraak met Adviesburo Nieman geluidoverlast ten gevolge van ventilatiesystemen onderzocht.

Vooraf aan het onderzoek is een literatuurstudie gedaan waarbij is gekeken welke eisen er momenteel gelden en welke er aankomen. Uit de literatuur is naar voren gekomen dat er twee mogelijkheden zijn om het probleem te onderzoeken, via een theoretische model en doormiddel van praktijkmetingen. Deze opties zijn beide toegepast.

Als eerst zijn de praktijkmetingen verricht in het appartementencomplex die staat beschreven in hoofdstuk 5, hiervoor moesten de ventilatiedebieten gemeten worden en het installatiegeluid in de verblijfruimtes. Om te mogen meten aan het installatiegeluid moest er voldaan worden aan de ventilatie-eisen die zijn gesteld in het Bouwbesluit 2003. Om het theoretische model te toetsen aan de praktijk zijn er ook geluidniveaumetingen in de technische ruimte en in de verkeersruimte, die deel uitmaakt van het omloopgeluid, uitgevoerd.

Na het verwerken van de praktijkmetingen zijn er theoretische modellen toegepast. Het kanalenverloop van de ventilatiesysteem is doorgerekend doormiddel van toepassing van ISSO 24. Vervolgens is er berekend wat de bouwkundige overdracht via directe weg en via de gang(zogenaamde omloopgeluid) is.

Deze twee opties zijn met elkaar vergeleken en daaruit zijn conclusies voortgekomen. Met deze conclusies worden weer richtlijnen opgesteld die in de ontwerpfase van een woning of woongebouw toegepast kunnen worden.

## Hoofdstuk 3: Ventilatie

In dit hoofdstuk worden de verschillende soorten ventilatiesystemen, het toegepaste systeem en de ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit behandeld. Ook wordt er uitgelegd hoe een ventilatiebalans wordt opgesteld en hoe de ventilatie in de praktijk gemeten kan worden.

### 3.1 Soorten ventilatiesystemen

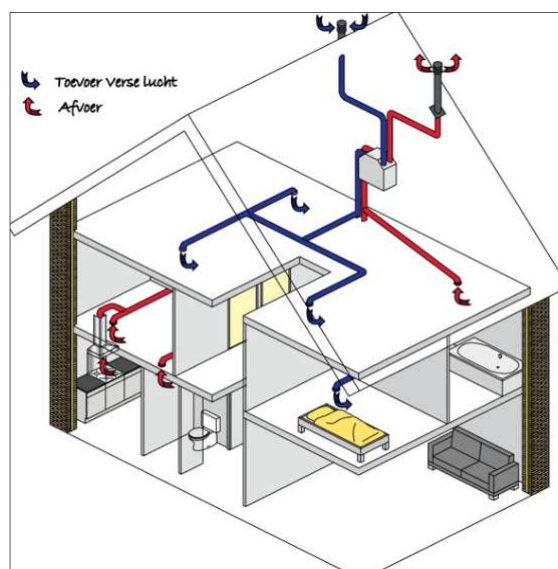
Het ventileren van een woning is belangrijk, doordat er schadelijke stoffen en vocht afgevoerd worden. Als de relatieve vochtigheid boven de 70% stijgt in een woning is dit niet meer comfortabel en de kans bestaat dat er dan schimmelvorming optreedt.

Er zijn vier verschillende ventilatieprincipes. Hieronder worden de verschillende soorten beschreven:

- Natuurlijke toe- en afvoer *verouderd principe*  
Hierbij wordt verse lucht van buiten gehaald en via thermische trek weer afgevoerd naar buiten toe.
- Mechanische toevoer en natuurlijke afvoer *niet veel toegepast*  
Hierbij wordt mechanische verse lucht toegevoerd en wordt er door thermische trek weer afgevoerd naar buiten.
- Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer *veel toegepast*  
Hierbij wordt er verse lucht via ventilatieroosters van buiten gehaald en via enkele mechanische afvoerpunten afgevoerd.
- Gebalanceerde ventilatie. *veel toegepast*  
Hierbij wordt er verse lucht mechanisch toegevoerd en wordt vuile lucht mechanisch afgevoerd. Voor een dergelijk systeem zie figuur 3.1.

### 3.2 Toegepast systeem

In alle appartementen is gebruik gemaakt van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Er zijn ventilatie units van J.E Storkair type WHR 930 toegepast. Bij alle woningen zijn er akoestische slangen toegepast. Het type slang is niet bekend daarvoor zijn aannames gedaan. Er is uitgegaan van het veel toegepaste Panflex Master Iso AKS<sup>1</sup>, zie bijlage 1 voor de technische gegevens van de WTW unit en de akoestische slang. De stand waarin moet worden voldaan aan de ventilatie eisen die in het Bouwbesluit staan, is door de opdrachtgevers bepaald op stand 3. In deze stand zijn de debieten gemeten.



Figuur 3.1: voorbeeld gebalanceerde ventilatie

<sup>1</sup> In het bestek is een demper beschreven van het fabricaat bergschenhoek type SLU, deze is echter niet toegepast in de praktijk.

### 3.3 Eisen Bouwbesluit 2003

De ventilatie eisen hangen af van de gebouwfunctie. Voor woningen zijn er standaard eisen per m<sup>2</sup> voor verblijfsruimtes vastgesteld, voor ruimtes die geen verblijfsruimtes zijn, zijn vaste waarden vastgesteld. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2: Minimale eisen ventilatie woningbouw

Ruimte:	Eis:
Verblijfsgebied	$\geq 0,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m <sup>2</sup> vloeroppervlakte met een minimum van $7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Verblijfsruimte	$\geq 0,7 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m <sup>2</sup> met een minimum van $7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Toiletruimte	$\geq 7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Badruimte	$\geq 14 \text{ dm}^3/\text{s}$
Keuken	$\geq 21 \text{ dm}^3/\text{s}$
Ruimte waar een wasmachine staat opgesteld. GIW eis <sup>2</sup>	$\geq 14 \text{ dm}^3/\text{s}$

In artikel 3.53, eerste lid van het Bouwbesluit 2003, staat dat maximaal 50% van de capaciteit van de ventilatie uit andere verblijfsgebieden afkomstig mag zijn. Doordat er in de gemeten en berekende type woningen slechts één verblijfsgebied aanwezig is, is deze eis niet van toepassing.

### 3.4 Ventilatiebalans opstellen

Bij het opstellen van een ventilatiebalans dient men te rekenen vanuit de toevoer van verse lucht. Eerst moet bepaald worden hoe groot een verblijfsgebied is waarna uitgerekend kan worden wat er toegevoerd dient te worden. Indien de toevoer van verse lucht minder capaciteit vraagt dan de minimale capaciteit van de afvoer, dient men vanuit de afvoer te rekenen.

Hieronder is een voorbeeld berekening weergegeven van een appartement dat voorkomt in het beschreven gebouw in Hoofdstuk 5.

Appartement type B heeft één verblijfsgebied van 64,5 m<sup>2</sup>. In de woning zijn drie slaapkamers, een badkamer, toilet, technische ruimte en een woonkamer/keuken aanwezig. Hieronder is in de tabellen 3.3 en 3.4 weergegeven hoeveel verse lucht er dient toegevoerd en hoeveel vervuilde lucht afgevoerd dient te worden volgens Bouwbesluit 2003.

<sup>2</sup> Dit is een eis die het Garantie instituut woningbouw (GIW) stelt aan woningen, deze eis wordt in de praktijk ook veel toegepast in de woningbouw waarbij geen eisen zijn gesteld. In bijlage 7 wordt het GIW besproken.

Verblijfsruimte	Minimale toevoer
Woonkamer/keuken = 40.2 m <sup>2</sup>	40.2 x 0.7 = 28.14 dm <sup>3</sup> /s
Slaapkamer 1 = 9.7 m <sup>2</sup>	9.7 x 0.7 = 6.8 = 7 dm <sup>3</sup> /s
Slaapkamer 2 = 6.64 m <sup>2</sup>	6.64 x 0.7 = 4.6 = 7 dm <sup>3</sup> /s
Slaapkamer 3 = 7.98 m <sup>2</sup>	7.98 x 0.7 = 5.58 = 7 dm <sup>3</sup> /s
Totaal:	49.14 dm <sup>3</sup> /s
Verblijfsgebied 1 = 64.52 m <sup>2</sup>	64.52 x 0.9 = <b>58 dm<sup>3</sup>/s</b>
Extra toevoeren in een VR:	58 – 49.14 = <b>8.8 dm<sup>3</sup>/s</b>

Tabel 3.3: Minimale toevoer van verse lucht in verblijfsruimtes

Het verblijfsgebied is maatgevend, hierdoor moet er meer toegevoerd worden in de verblijfsruimtes om te voldoen aan de eisen.

Ruimtes minimale afvoer	Afvoer
Keuken	21 dm <sup>3</sup> /s
Toilet	7 dm <sup>3</sup> /s
Badkamer	14 dm <sup>3</sup> /s
<b>Totaal:</b>	<b>43 dm<sup>3</sup>/s</b>
Extra afvoeren:	58-43 = <b>15 dm<sup>3</sup>/s</b>

Tabel 3.4: Ruimtes waarbij afgevoerd dient te worden.

Hieruit blijkt dat er 15 dm<sup>3</sup>/s meer afgevoerd dient te worden om een balans te creëren. Hiervoor kan gekozen worden om ergens meer af te voeren of om bijvoorbeeld in de technische ruimte ook vervuilde lucht af te voeren. In dit voorbeeld is er gekozen om ook in de technische ruimte vervuilde lucht af te voeren. In figuur 3.2 is de balans opgesteld van dit appartement volgens het Bouwbesluit 2003.

- Rood = afvoer vervuilde lucht
- Blauw = overstroomvoorziening
- Groen = toevoer verse lucht

In elke slaapkamer wordt er  $7 \text{ dm}^3/\text{s}$  verse lucht toegevoerd. In de woonkamer wordt er  $37 \text{ dm}^3/\text{s}$  toegevoerd.

Doordat er in de technische ruimte een opstelplaats voor een wasmachine en een droger is gemaakt is hier ook een afzuigpunt gecreëerd. Dit is geen eis van het Bouwbesluit maar is overgenomen uit het GIW.

Op de installatietekeningen van de installateur zijn er ook debieten aangegeven. Deze debieten hebben een overcapaciteit dit met op het oog op het snel ventileren als dit gevraagd wordt, bijvoorbeeld bij koken.

In bijlage 2 zijn de overige balansen van de gemeten woningen weergegeven.

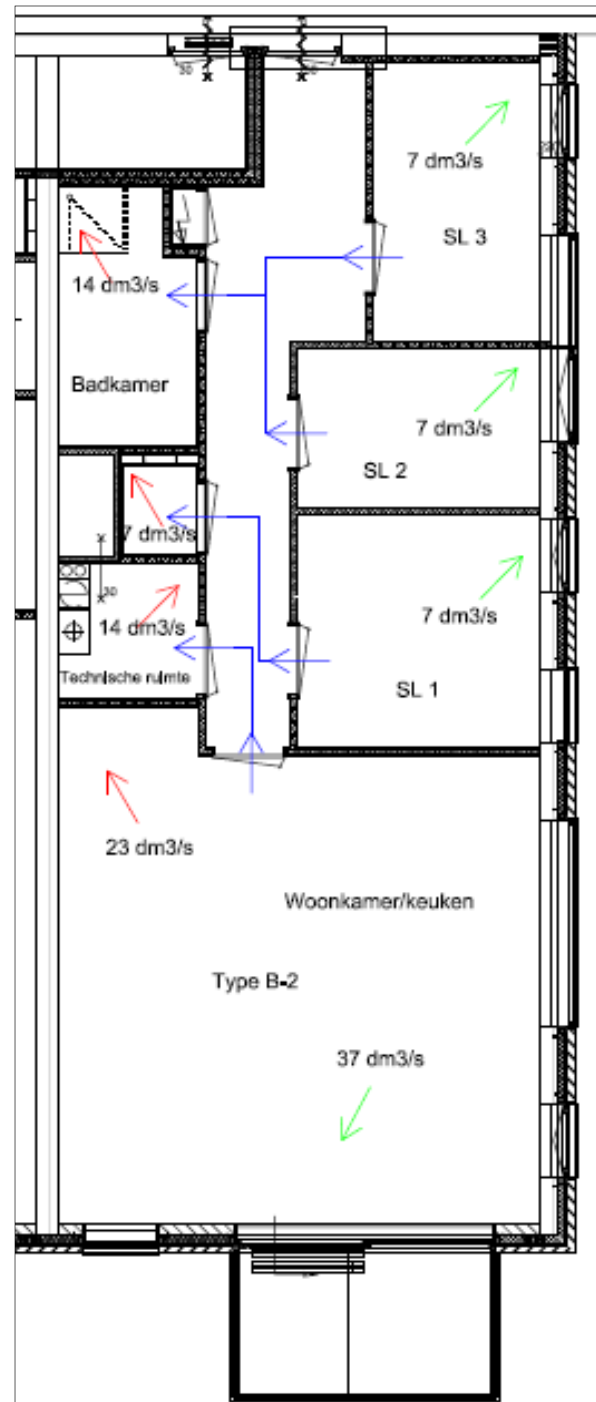
### 3.5 Ventilatie-debiet meten

Voordat de geluidmetingen verricht worden moet het ventilatie-debiet gemeten worden. Het debiet moet voldoen aan de minimale Bouwbesluiteisen om te mogen meten aan het geluid. De debieten worden met een flowfinder gemeten. In figuur 3.3 is een flowfinder weergegeven.

Deze flowfinder dient op het ventiel geplaatst te worden waarna vervolgens met de hand de nuldruk moet worden bepaald. Vervolgens kan het debiet afgelezen worden.



Figuur 3.3: Flowfinder



Figuur 3.2: balans woning type B

Bij de debietmetingen mag er een verschil van 5% in toe- en afvoer zitten. Dit is een kleine marge op het geheel waar men geen last van ondervindt in de vorm van tocht.

## Hoofdstuk 4: Installatiegeluid

In dit hoofdstuk wordt behandeld hoe het installatiegeluid ten gevolge een van ventilatiesysteem bepaald kan worden. Tevens wordt er besproken welke eisen er gelden bij metingen.

Er zijn twee mogelijkheden om het karakteristiek A-gewogen installatiegeluid te bepalen, via theoretische modellen en via praktijkmetingen:

- NEN 5077:2001 geluidwering, bepalingmethode.
  - geluidmetingen van alle overdrachtswegen;
  - uitwerken geluidmetingen;
- ISSO 24 installatiegeluid, geluidoverdracht via de kanalenoverdracht
  - theoretisch bepalen met behulp van ventilatiekanalen ontwerp wat het geluidniveau bij een ventiel wordt;
- berekening van de constructie.
  - Theoretisch bepalen wat het te geluidniveau wordt in een ruimte door overdrachtswegen van de constructie.

De twee normen die hierboven worden beschreven worden in paragraaf 4.2 en 4.3 van dit hoofdstuk behandeld.

### 4.1 Eisen

Momenteel staan er geen eisen in het Bouwbesluit 2003 betreft het installatiegeluid binnen de woning. Het GIW stelt wel eisen aan het installatiegeluid. Deze eis betreft het A-gewogen installatiegeluidniveau in een verblijfsruimte ( $L_{I;A;j}$ ) en is  $L_{I;A;j} \leq 30 \text{ dB(A)}$ .

De aankomende eis in het Bouwbesluit 2010 gaat over het karakteristiek A-gewogen installatiegeluid in het verblijfsgebied ( $L_{I;A;K}$ ). Deze is vastgesteld op 30 dB(A), deze eis is ongunstiger dan de eis die het GIW had gesteld.

Met onderstaande formule is het  $L_{I;A;K}$  te berekenen:

$$L_{I;A;K} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{V_{tot}} \frac{L_{I;A;j}/10}{V_o} \right) + 5 \log \frac{V_{tot}}{V_o}$$

- $L_{I;A;K}$  = karakteristiek A-gewogen installatiegeluidniveau;
- $L_{I;A;j}$  = A-gewogen installatiegeluidniveau in een verblijfsruimte
- $V_j$  = volume verblijfsruimte ontvangruimte;
- $V_{tot}$  = volume totale verblijfsgebied ontvangruimte;
- $V_o$  = referentie volume ontvangruimte 25 m<sup>2</sup>.

In bijlage 3 is de totale berekening weergegeven.

Om deze eis te toetsen is er gemeten en berekend volgens NEN 5077:2001 en volgens NEN 5077:2006 die van kracht wordt als het nieuwe Bouwbesluit wordt ingevoerd. Er is volgens deze twee normen gemeten en berekend om het onderlinge verschil te weten te komen. In Bijlage 3 wordt de NEN 5077 behandeld.

In het installatietechnische bestek van het gemeten en berekende gebouw zijn eisen opgenomen over het installatiegeluid. Deze eis heeft betrekking tot verblijfruimtes in de appartementen. In tabel 4.1 zijn deze eisen in opgenomen.

**Tabel 4.1: Gestelde eisen A-gewogen installatiegeluidrukniveau in het bestek van Django building**

Ruimte	A-gewogen installatiegeluidrukniveau
Woonkamer	25 dB(A)
Slaapkamer	25 dB(A)
Overige ruimte	30 dB(A)
Gangen, bergingen	35 dB(A)

De in tabel 4.1 getoonde waarden zijn zeer laag en het is de vraag of dit gehaald wordt, echter de eis in het Bouwbesluit 2010 voor het karakteristiek A-gewogen installatiegeluidrukniveau is 30 dB(A), dit ligt dus in de buurt van deze waarden.

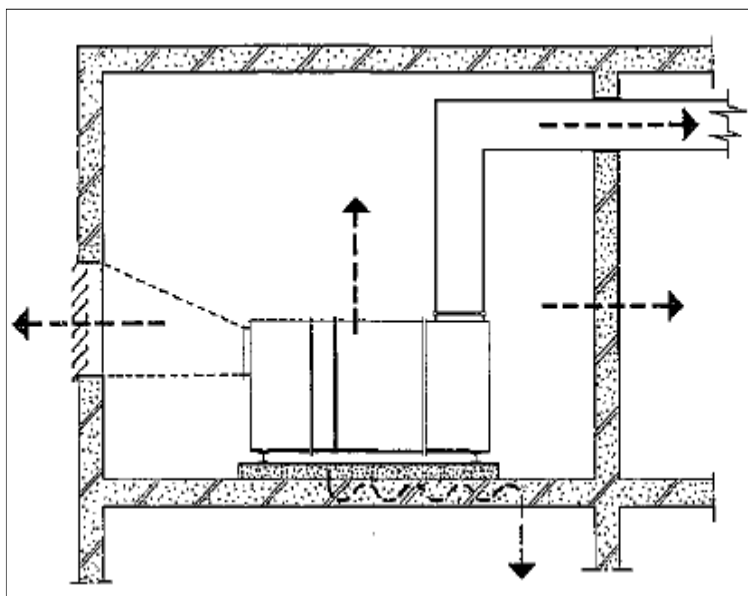
De totstandkoming van de eis die het GIW heeft gesteld is terug te lezen in bijlage 6.

## 4.2 Soorten overdrachtswegen

Bij installatiegeluid van het gebalanceerde ventilatiesysteem zijn er drie overdrachtswegen:

- overdracht via de kanalen;
- bouwkundige overdracht;
- overdracht doormiddel van omloopgeluid;
- trillingen via de constructie<sup>3</sup>.

Het geluidniveau in een ruimte van de installatie kan theoretisch en praktisch (door metingen) bepaald worden.



**Figuur 4.1: overdrachtswegen**

<sup>3</sup> Dit wordt uitgesloten. In de praktijk is dit niet relevant als de WTW is opgehangen aan constructie van 200 kg/m<sup>2</sup>.

## 4.2 NEN 5077:2001 metingen

Bij deze NEN norm moet er zowel gemeten als gerekend worden. Er staat in deze NEN gedetailleerd beschreven hoe er gemeten dient te worden en hoe er na een meting gerekend dient te worden. Bij het meten van installatiegeluid in de ruimte worden alle drie de bijdrage van de overdrachtswegen samen gemeten.

Volgens deze NEN norm is het geluid van een ventilatiesysteem een fluctuerend<sup>4</sup> geluid, echter is ervoor gekozen om dit als een constant geluid te beschouwen. Voor het oor is het geluid van een ventilatiesysteem ook een constant geluid, in de praktijk als er bijvoorbeeld drie keer gemeten wordt, zal er kleine verschillen tussen de metingen zijn. Dit is van belang omdat er in de NEN norm eisen zijn gesteld aan het maximale achtergrondgeluid. Doordat het geluid van een ventilatiesysteem dusdanig laag is en in sommige frequentiebanden gelijk is aan het achtergrondniveau, kan er niet gemeten worden volgens de norm. In de norm staat namelijk dat bij een fluctuerend geluid het achtergrondniveau minimaal 10 dB lager moet zijn, bij een constant geluid moet dit minimaal 3 dB lager zijn.

In het Bouwbesluit 2010 wordt er verwezen naar NEN 5077:2006. Deze versie is veel minder groot dan de huidige versie doordat deze verwijst naar andere normen. Grote verschillen zijn er niet, echter is er wel volgens deze twee NEN normen gemeten om erachter te komen of dit van invloed is op het totale resultaat.

In bijlage 3: NEN 5077 worden de verschillende eisen die er zijn gesteld benoemd en wordt de verdere berekening behandeld. Tevens worden de verschillen in de nieuwe norm behandeld.



**Figuur 4.2:** geluidmeter bruel & kjaer waar de metingen mee zijn verricht.

<sup>4</sup> Geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert.

### 4.3 ISSO 24 installatiegeluid

Deze ISSO publicatie bevat een theoretisch model om te berekenen hoe het A-gewogen installatiegeluidniveau kan worden bepaald in een ruimte ten gevolge van de ventilatiekanalen. Met de waarden per ruimte kan het karakteristiek A-gewogen installatiegeluidniveau berekend worden.

In dit model wordt naar het verloop van het kanalsysteem gekeken. Hierbij zijn er gegevens bekend van alle elementen die in een kanalsysteem aanwezig zijn. Elke element heeft zijn eigen eigenschappen. Een recht kanaalstuk produceert geluid maar dempt ook weer geluid. Daarom worden alle elementen achter elkaar gezet waarna iets gezegd kan worden over het geluid dat uiteindelijk bij het toevoerventiel komt. Deze gegevens zijn staan vermeld in ISSO 24.

Hieronder is een opsomming te zien waardoor geluid in een kanalsysteem kan ontstaan:

- hindernissen (bochten, kleppen, roosters, ventielen);
- doorsnedenverandering;
- snelheidsveranderingen.

Door dit model kan er in een vroeg stadium in de ontwerpfase van een gebouw al iets gezegd worden over het geluid in een woning ten gevolge van een ventilatiesysteem.

Voor de berekening van het installatiegeluid is er gebruik gemaakt van een rekensheet die door Adviesburo Nieman b.v gemaakt is. In deze rekensheet dient elk element van het systeem ingevoerd te worden. Hiervoor is informatie benodigd van het type ventilatiesysteem, kanalenverloop, de ventielen en de akoestische slangen die zijn toegepast, deze informatie is terug te zien in bijlage 1.

### 4.4 Bouwkundige overdracht

Er zijn drie overdrachtswegen bij bouwkundige overdracht:

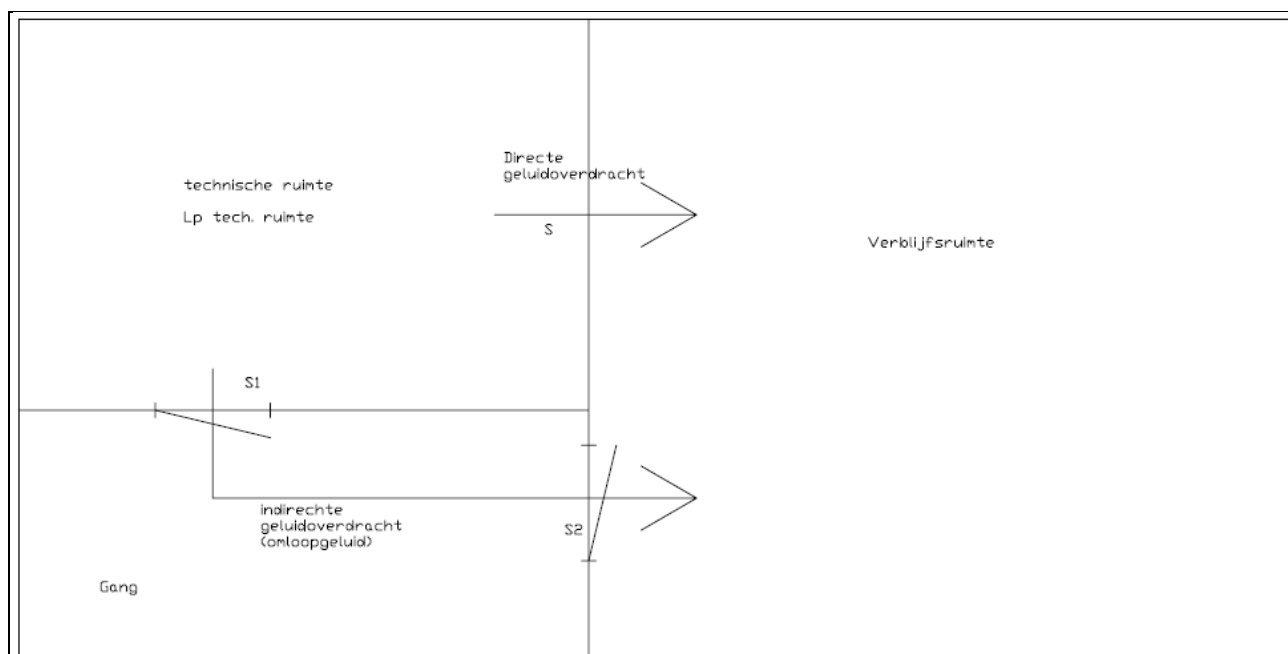
- directe overdracht;
- flankerende overdracht;
- omloop geluid;
- trillingen.

Twee van deze wegen kunnen makkelijk berekend worden, de directe weg en het omloopgeluid. Dit kan theoretische berekend worden. Hier zijn de isolatiewaarde van de wanden en deuren voor nodig. Aan de hand van de formule die hieronder vermeld staat kan het installatiegeluid in de verblijfsruimte berekend worden.

$$L_p = L_p \text{ ruimte} - R_{wand} + 10 * \log \frac{6 * T * S}{V}$$

- $L_p$  = A-gewogen installatiegeluidniveau in verblijfsruimte;
- $L_p \text{ ruimte}$  = Installatiegeluidniveau in de;
- $T$  = nagalmtijd verblijfsruimte of referentie nagalmtijd 0,5 sec.;
- $S$  = oppervlakte van de scheidingswand;
- $V$  = volume verblijfsruimte.

Hiervoor is de nagalmtijd van de ruimte nodig, indien dit niet bekend is kan de referentienagalmtijd gebruikt worden. Om de directe weg en het omloopgeluid te berekenen kan gebruik gemaakt worden van de gegevens die de leverancier van de WTW units aanlevert over de kastuitstraling. Er kan ook gekozen worden om dit geluid te meten in de technische ruimte en gang. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van beide opties, deze kunnen met elkaar worden vergeleken. Met deze twee opties is te bewijzen dat een technische ruimte het best niet naast een verblijfsruimte gesitueerd dient te worden. Hierdoor is het ontwerp van de plattegrond erg beperkt en dient er in het ontwerpstadia van het gebouw al rekening mee gehouden te worden.



**Figuur 4.3:** globale tekening geluidsoverdracht via de directe weg en indirecte weg.

## Hoofdstuk 5: Project beschrijving

De geluidmetingen zijn verricht in een appartementencomplex dat in Amsterdam gebouwd en ontwikkeld is door ERA contour. Dit gebouw is gelegen tussen de Boelelaan en de Gustav Mahlerlaan en ligt op enkele minuten lopen van station Amsterdam Zuid. In dit gebouw, ook wel Django Building genoemd, bevinden zich 108 huurappartementen van verschillende groottes. Onder het gebouw is een garage gesitueerd die in verbinding staat met een nog te bouwen gebouw die voor dit gebouw komt te staan. Het gebouw krijgt een totale hoogte van 34 meter dit is vanaf maaiveld gerekend. Op figuur 5.1 en 5.2 zijn impressies van het gebouw weergegeven.



Figuur 5.1 impressie Django Building



Figuur 5.2 impressie Django Building

Het gebouw is momenteel in opleveringsfase, na verwachting zijn alle appartementen eind mei opgeleverd en klaar om bewoond te worden.

Projectomschrijving:	Django Building;
Functie:	Woonfunctie, 108 appartementen;
Locatie:	Gustav Mahlerlaan, te Amsterdam;
Ontwikkeling:	Bouwfonds ontwikkeling, ERA contour en Prospect Zuidas
Architect:	KCAP Architects & Planners te Rotterdam.

## 5.1 Analyse project

Om een goed beeld te krijgen van het project en om de berekeningen goed uit te kunnen voeren dient er een analyse gemaakt te worden van het gebouw.

Bij het project dat hierboven besproken is, zijn er van zes woningen en vier types de geluidmetingen en berekeningen verricht. Dit zijn type A, B, E en F

### 5.1.1 Vloer en plafond

De vloer en het plafond van de woningen bestaan uit een breedplaatvloeren, hierin zijn de leidingen en ventilatiekanalen opgenomen. De totale dikte van de vloer met zwevende dekvloer bedraagt 340 mm. De vrije hoogte in de appartementen is 2960 mm. Het plafond van de woningen zijn afgewerkt met een stuc laag. Deze laag heeft een geluidabsorberende werking en zal van invloed zijn op de nagalmtijd in de ruimte.

### 5.1.2 Binnenwanden

De binnenwanden in de appartementen zijn allen opgetrokken uit metal stud bouw met een totale dikte van 100 mm, gipsplaat - metal stud - gipsplaat (12,5-75-12,5 mm). Dit heeft totaal een gewicht van ca. 21 kg/m<sup>2</sup>. Gyproc scheidingswand MS 100/1.75.1. In de spouw van de metal stud is geen isolatie aangebracht.

### 5.1.3 Binnendeuren

De binnendeuren naar de verblijfruimtes toe zijn allen stompe deuren en hebben rondom een kierdichting. De deuren in de types A, E en F naar de technische ruimte toe bestaan uit 2 delen. Het deel rechts valt in het linkse deel. In type B en E is een enkele deur toegepast, bij deze deuren zijn ook rondom kierdichtingen geplaatst. De kierdichting rondom de deuren is toegepast om ervoor te zorgen dat geluid zoveel mogelijk in de ruimte wordt gehouden. Onder alle binnendeuren zijn overstroomvoorzieningen aanwezig in de vorm van een spleet met een hoogte van ca. 25 mm, waardoor het effect van de kierdichting grotendeels teniet gedaan zijn.

### 5.1.4 Ruimtes en af- en toevoer ventielen

In tabel 5.1 is weergegeven welke verblijfruimtes er aanwezig zijn in de verschillende soorten type woningen.

Tabel 5.1: Aanwezig verblijfsruimten

Type woning	Woonkamer	Slaapkamer 1	Slaapkamer 2	Slaapkamer 3
<b>A</b>	X	X	X	-
<b>B</b>	X	X	X	X
<b>E</b>	X	X	X	X
<b>F</b>	X	X	X	-

X = aanwezig

- = niet aanwezig

In elke verblijfsruimtes zijn er aanvoerventielen aanwezig. In type A en type F zijn er ook toevoerventielen toegepast in de gang.

De afvoerventielen zijn in de volgende ruimtes gesitueerd:

- Badkamer;
- Keuken;
- Toilet;
- Technische ruimte.

De aanvoerventielen zijn op voldoende afstand geplaatst van de afvoerventielen. Hierdoor is er een vrije indeelbaarheid mogelijk in de woning. Het is dus mogelijk om in de toekomst wanden weg te halen zonder dat er problemen ontstaan dat verse lucht gelijk weer wordt afgezogen.

### 5.1.5 Scheiding technische ruimte

De technische ruimte grenst aan verschillende soorten ruimtes. In tabel 5.2 is te zien waar de technische ruimtes aan grenzen.

Tabel 5.2: Technische ruimte

Technische ruimte scheid aan ruimtes	Slaapkamer	Woonkamer	Toilet	Badkamer
Type A1	-	-	X	X
Type B2	-	X	X	-
Types E	-	X	-	X
Types F	-	X	-	-

De WTW units zouden bij voorkeur aan een zware wand gemonteerd moeten worden. In tabel 5.3 is weergegeven aan wat voor soort wanden de WTW units zijn opgehangen.

Tabel 5.4: Soort wand waar de WTW unit aan gemonteerd is

Type woningen	Metal stud wand	Beton wand
Type A1	-	X
Type B2	-	X
Types E	X	-
Types F	-	X

De WTW units die aan een metal stud wand zijn gemonteerd brengen deze wand waarschijnlijk in trilling, dit heeft weer invloed op het geluid. In de voorschriften die in ISSO 62<sup>5</sup> staan, wordt er geadviseerd om een ventilatiesysteem aan een wand met een gewicht van  $\geq 200 \text{ kg/m}^2$  te monteren

---

<sup>5</sup> In deze publicatie staat informatie die nodig is bij het ontwerpen, het gebruik en het onderhoud van gebalanceerde ventilatiesystemen.

## Hoofdstuk 6: Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten behandeld die zowel gemeten als berekend zijn. Eerst worden de ventilatiedebieten behandeld vervolgens de geluidmetingen waarna de bouwkundige overdracht wordt behandeld en als laatste de geluidoverdracht door de kanalen volgens ISSO 24.

### 6.1 Debietmetingen

Vooraf aan de geluidmetingen zijn de debieten gemeten van alle toe- en afvoer punten. In tabel 6.1 is te zien hoe groot het verblijfsgebied is van elk type appartement en de daarbij de berekende eis van het Bouwbesluit in  $\text{dm}^3/\text{s}$ . In de twee kolommen daarnaast wordt weergegeven welke debieten er gemeten zijn. In de types A1, B2, F4 en F5 is er aangenomen dat in de technische ruimte wordt afgezogen wat op tekening is vermeld. Dit is aangenomen omdat deze ventielen niet te meten waren met de apparatuur die voorhandig was, in bijlage 5 is een dergelijk ventiel te zien. In de laatste kolom staat of het systeem in balans is.

Tabel 6.1: grootte verblijfsgebied en gemeten debiet

Type appartement	Verblijfsgebied $\text{m}^2$	Bouwbesluiteis ventilatie $\text{dm}^3/\text{s}$	Gemeten toevoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Gemeten afvoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Balans?
Type A1	73.5	66.2	78.3	71.3	nee
Type B2	64.5	58.1	79.4	71.8	nee
Type E4	78.6	70.7	88.3	83.9	ja
Type E6	78.6	70.7	81.1	64.5	nee
Type F4	63.0	56.7	86.2	82.1	ja
Type F5	63.0	56.7	89.4	89.0	ja

Uit tabel 6.1 blijkt dat de helft van de woningen niet in balans is, hierdoor kan er niet gemeten worden volgens de norm. Tevens is te zien dat er bij alle woningen een overcapaciteit ten opzichte van de minimum eisen zijn van het Bouwbesluit 2003. Dit is niet erg, het verschil moet alleen niet te groot worden, dit kan storend worden voor de bewoner (tocht) en komt het geluidniveau niet ten goede. Tevens is te zien dat er bij Type F4 en F5 een overcapaciteit van ca.  $30 \text{ dm}^3/\text{s}$  is, er is gekeken of in stand 2 ook werd voldaan aan het Bouwbesluit. Echter is dit niet het geval en is het installatiegeluidniveau gemeten in stand 3.

Doordat er in enkele woningen geen balans was en veelal een overcapaciteit, is er een gesprek met de hoofduitvoerder geweest waarbij deze resultaten werden gepresenteerd. Hierbij is gevraagd of er aan de ventielen gedraaid mocht worden om zo een balans te creëren. Dit mocht echter niet aangezien dit de verantwoordelijkheid is van de installateur.

Doordat deze waarden veelal te hoog uitvallen en niet in balans zijn moet er kritische naar de resultaten gekeken worden. In bijlage 4 zijn de debieten terug te vinden van elk ventiel.

## 6.2 Geluidmetingen

Doordat er een aantal systemen niet in balans waren moest besloten worden of deze woningen mee genomen moesten worden het onderzoek. Er is voor gekozen om deze woningen wel mee te nemen in dit onderzoek, vooral omdat in de woningbouw slecht wordt ingeregeld en dit geval dus de hedendaagse praktijk is. Deze ervaring is ook terug te zien in het rapport wat Adviesburo Nieman in 2007 heeft gepubliceerd in opdracht van VROM. Er dient wel met een kritische blik naar de resultaten gekeken worden, omdat de resultaten hierdoor misschien ongunstiger kunnen uitkomen.

Bij alle appartement is er in elk verblijfsruimte gemeten. Deze metingen zijn verwerkt in twee reken sheets die volgens NEN 5077:2001 en volgens de nieuwe NEN 5077:2006 zijn opgezet. In de tabellen 6.2 en 6.3 zijn de resultaten te zien voor zowel A-gewogen installatiegeluidrukniveau als het karakteristieke A-gewogen installatiegeluidrukniveau.

**Tabel 6.2: Resultaten A-gewogen installatiegeluidrukniveau ( $L_{i;aj}$ )**

Ruimte	Type A1 dB (A)		Type B2 dB (A)		Type E4 dB (A)		Type E6 dB (A)		Type F4 dB (A)		Type F5 dB (A)	
	2001	2006	2001	2006	2001	2006	2001	2006	2001	2006	2001	2006
<b>NEN 5077</b>												
<b>Woonkamer</b>	33.6	34.0	32.1	32.1	40.0	41.0	37.1	37.1	36.1	36.5	37.4	38.5
<b>Slaapkamer 1</b>	32.8	32.8	31.9	33.1	35.8	35.9	38.1	42.0	36.5	36.6	34.2	34.5
<b>Slaapkamer 2</b>	38.0	39.3	31.0	31.0	45.6	45.8	31.3	31.4	34.9	35.0	35.0	35.3
<b>Slaapkamer 3</b>	-	-	30.4	30.4	38.3	38.4	37.4	37.4	-	-	-	-

Bij alle woningen zijn de waarden hoger dan de gestelde eisen in het bestek, deze eisen zijn vermeld in tabel 4.1. Doordat er in NEN 5077:2006 in meer frequentiebanden gemeten dient te worden valt bij deze norm de waarden over het algemeen hoger uit. Hoogfrequent komt het veel voor dat het achtergrondniveau te dicht bij de installatieniveau ligt. Het achtergrondniveau dient zoals vermeld in hoofdstuk 4, paragraaf 4.2 minimaal 3 dB lager liggen dan het te meten geluid. Dit wordt niet altijd gehaald, deze octaafbanden zijn daarom in de berekening bij buiten beschouwing gehouden.

**Tabel 6.3: Resultaten karakteristiek A-gewogen installatiegeluid ( $L_{iak}$ )**

Type appartement	Berekende $L_{iak}$ NEN 5077:2001	Berekende $L_{iak}$ NEN 5077:2006	Voldoet aan Bouwbesluit 2010? 30 dB (A)
<b>Type A1</b>	39 dB(A)	40 dB(A)	Voldoet niet
<b>Type B2</b>	36 dB(A)	36 dB(A)	Voldoet niet
<b>Type E4</b>	45 dB(A)	46 dB(A)	Voldoet niet
<b>Type E6</b>	42 dB(A)	42 dB(A)	Voldoet niet
<b>Type F4</b>	40 dB(A)	41 dB(A)	Voldoet niet
<b>Type F6</b>	41 dB(A)	42 dB(A)	Voldoet niet

Uit tabel 6.2 en 6.3 blijkt dat de waarden die zijn berekend uit de metingen hoger zijn dan de eis die in het nieuwe Bouwbesluit 2010 komt. Doordat er in de meeste woningen een overcapaciteit is en/of niet balans is zou er niet gemeten mogen worden. Echter zijn de waarden die gehaald zijn dusdanig hoog dat de verwachting is, als de overcapaciteit en de onbalans verholpen zijn, de eis alsnog niet gehaald wordt.

#### 6.2.1 Tussenconclusie

Het verschil tussen de twee NEN normen is vrijwel te verwaarlozen. Indien de resultaten wel veel van elkaar verschillen, dit komt in twee gevallen voor bij B2 en E6, is dit te verklaren doordat er in meer en minder octaafbanden is gemeten en gerekend. Hierdoor kan er geconcludeerd worden dat er indien er gemeten en berekend wordt volgens NEN 5077:2006, er een ongunstiger resultaat uitkomt.

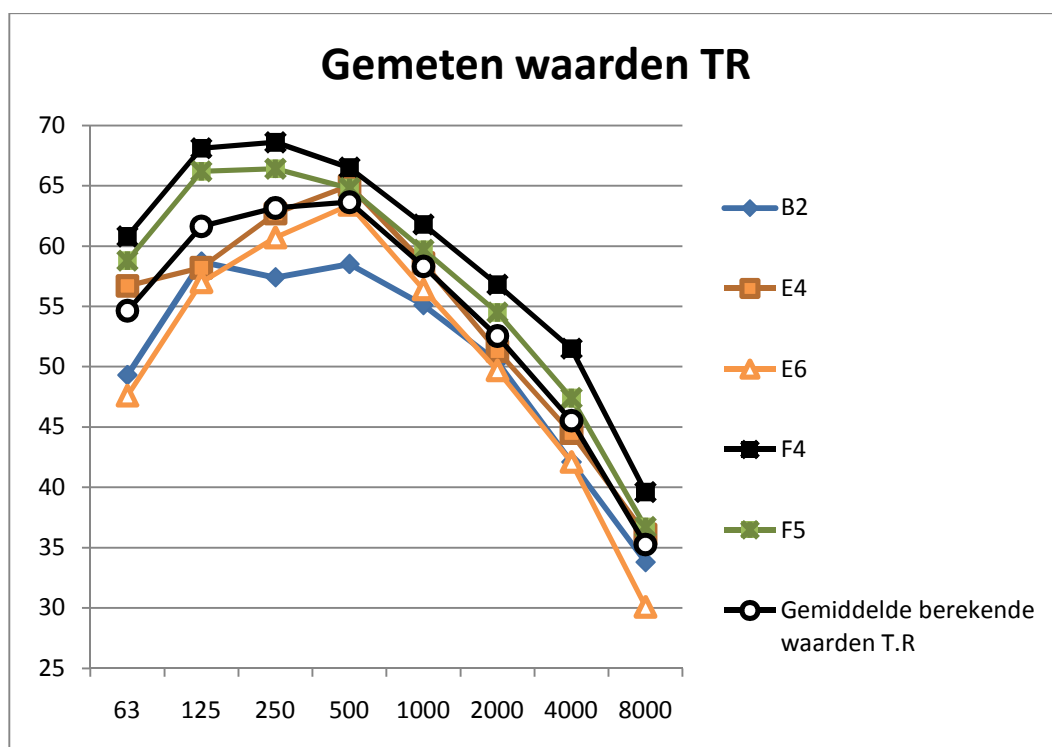
In bijlage 4 zijn de uitwerkingen van de metingen weergegeven.

### 6.3 Bouwkundige overdracht

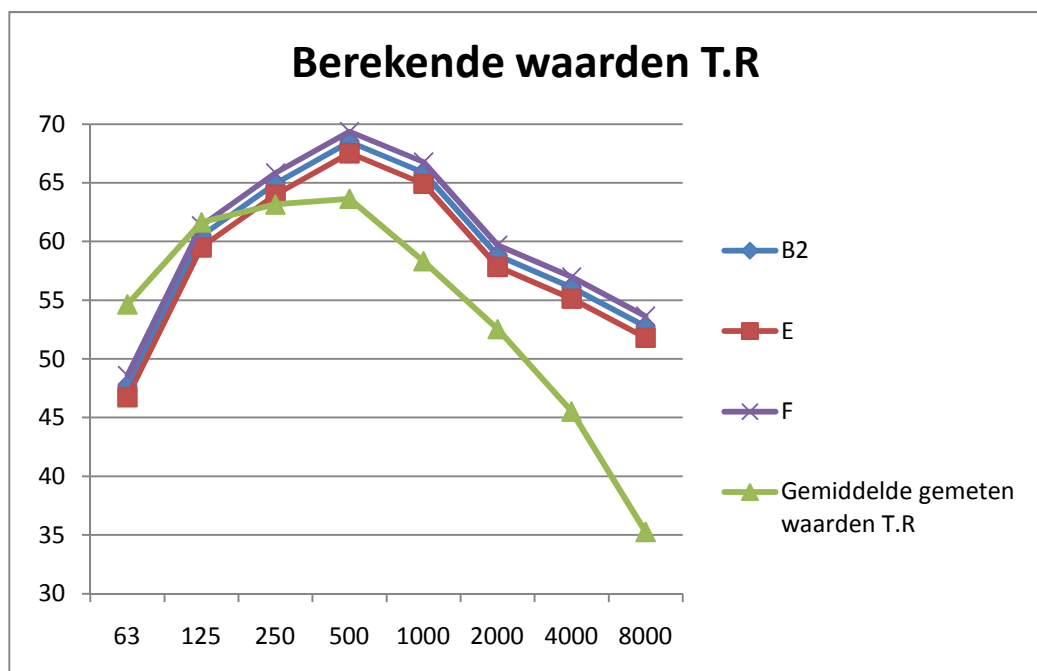
Voor het type B2, types E en types F is de bouwkundige overdracht van de technische ruimte naar de woonkamer toe berekend. Er is berekend hoeveel geluid er direct door de wand heen gaat vanuit de technische ruimte en er is berekend hoeveel geluid er door de scheidende deur met de gang heen komt. Het geluidniveau in de technische ruimte is berekend met documentatie van de toegepaste elementen. Ook zijn er geluidmetingen verricht in de technische ruimte en de gang, deze kunnen we vergelijken met de theoretische berekende waarden. De isolatiewaarden van de wand en de deuren zijn berekend.

In grafiek 6.1 zijn de gemeten geluidniveaus weergegeven in de technische ruimte en in grafiek 6.2 zijn de berekende geluidniveaus weergegeven in de technische ruimte.

Grafiek 6.1: Gemeten waarden technische ruimte



Grafiek 6.2: Gemeten waarden technische ruimte



Uit de bovenstaande grafieken is te zien dat het verloop van de gemeten waarden in de technische ruimte veel grilliger verloopt dan bij de berekende waarde. Ook is te zien dat de berekende waarden hoger ligt dan de gemeten waarden. Voor de berekening van de bronniveaus in de technische ruimtes zijn aannames gedaan. Alle technische ruimtes zijn kaal en van harde materialen, hierdoor is er maar weinig geluidabsorptie. Daarom is er aangenomen dat de muren en vloeren dezelfde absorptiecoëfficiënt hebben. De absorptiecoëfficiënt is gesteld op 0,03.

In tabel 6.4 zijn de resultaten weergegeven van de directe overdrachtsweg vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe.

**Tabel 6.4: Resultaten bouwkundige overdracht metal stud wand . Technische ruimte → woonkamer.**

Type woning	Scheiding metal stud T.R → WK met gemeten bronniveau dB(A)	Scheiding metal stud T.R → WK met berekende bronniveau dB(A)
<b>Type B2</b>	24.3	34.7
<b>Type E4</b>	31.2	35.0
<b>Type E6</b>	29.4	35.0
<b>Type F4</b>	30.2	32.2
<b>Type F5</b>	28.4	32.2

Bij deze resultaten is te zien dat de bijdrage van het geluid door de wand hoog is bij zowel de berekende als het gemeten bronniveau. Dit is dus van invloed op het karakteristiek A-gewogen installatiegeluid. Doordat dit van invloed is moet er gekeken worden wat er bouwkundig veranderd kan worden om ervoor te zorgen dat de geluidsbijdrage minder wordt. Er zou bijvoorbeeld voor gekozen kunnen worden om een kalkzandsteenmuur toe te passen in plaats van een metal stud wand.

In tabel 6.5 is te zien wat de bouwkundige overdracht is als er een kalkzandsteenmuur wordt toegepast van 100 mm dik. Deze waarden zijn zowel voor de gemeten bronniveau in de technische ruimte als voor de theoretische berekende bronniveau berekend.

**Tabel 6.5: Resultaten bouwkundige overdracht kalkzandsteen wand. Technische ruimte → woonkamer.**

Type woning	Scheiding met kalkzandsteen T.R → WK met gemeten bronniveau dB(A)	Scheiding met kalkzandsteen T.R → WK met berekende bronniveau dB(A)
<b>Type B2</b>	18.9	27.0
<b>Type E4</b>	27.2	27.3
<b>Type E6</b>	25.4	27.3
<b>Type F4</b>	24.6	24.5
<b>Type F5</b>	22.9	24.5

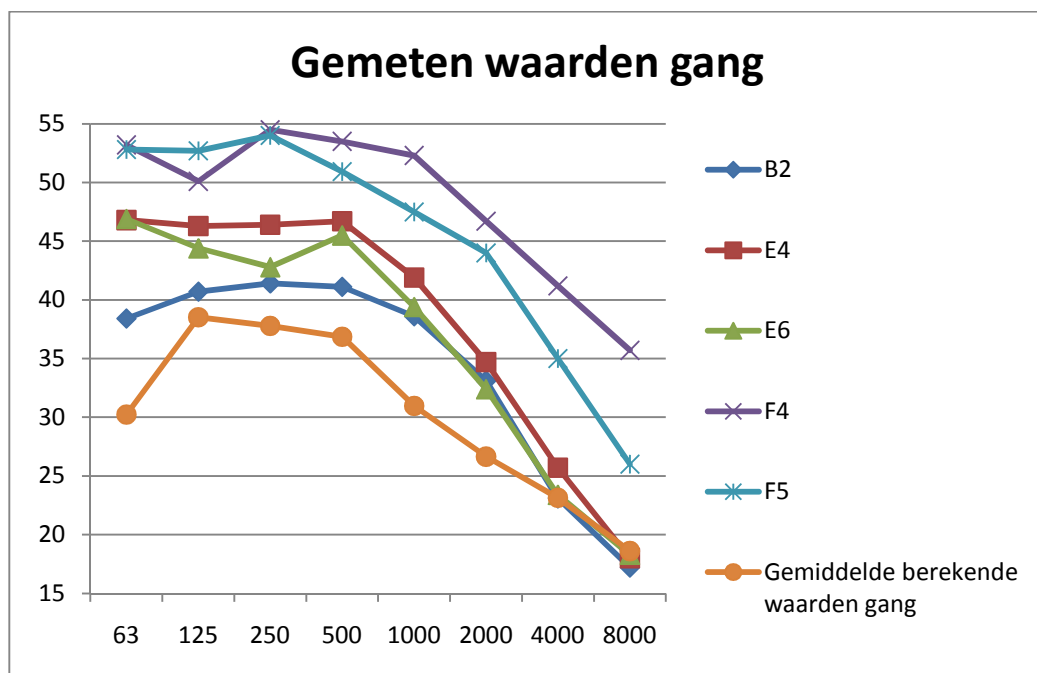
In het theoretische model wordt gebruik gemaakt van de referentienagalmtijd (0,5 sec.) en met de gemeten bronniveau wordt de gemeten nagalmtijd gebruikt. Uit de grafieken 6.1 en 6.2 bleek dat de berekende geluidsniveaus in de technische ruimte hoger lag dan de gemeten geluidsniveaus. Echter is te zien in tabel 6.4 en 6.5 dat de bouwkundige bijdrages bij elkaar liggen. Dit komt omdat de correctiefactor van de nagalmtijd een grote invloed heeft hierop. Hoe hoger de nagalmtijd hoe lager de correctiefactor is.

### 6.3.1 Tussenconclusie

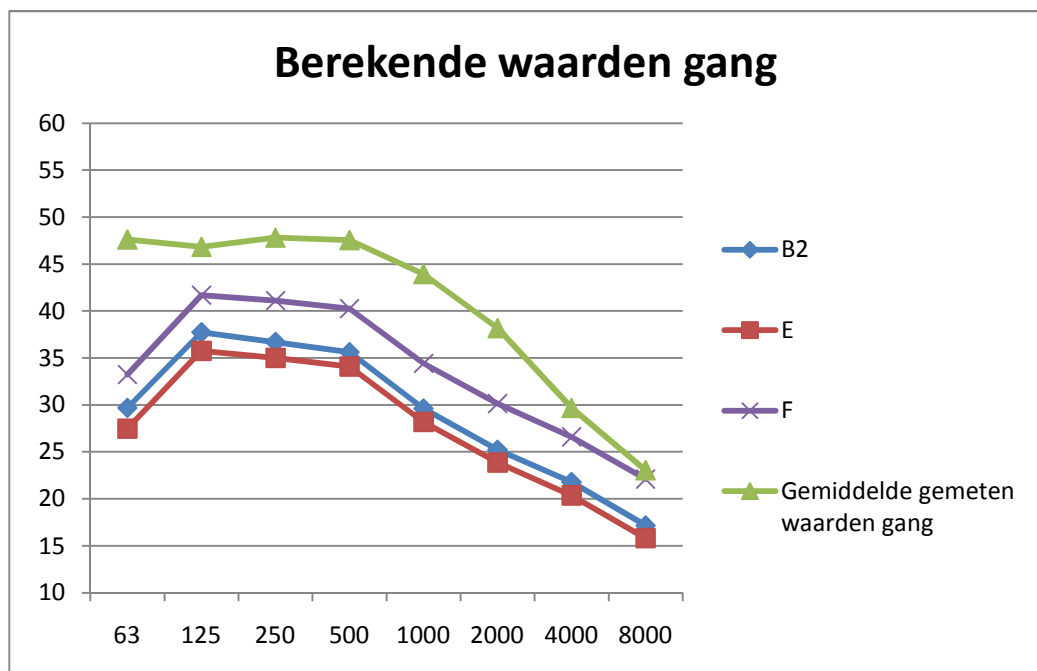
In tabel 6.5 is duidelijk te zien dat als men kalkzandsteen toepast in plaats van metal stud de bijdrage van de directe weg minder wordt. Uit deze resultaten blijkt dat er indien een technische ruimte naast een verblijfsruimte ligt er beter een wand van  $\geq 150 \text{ kg/m}^2$  (bijvoorbeeld kalkzandsteen) toegepast kan worden. Hierdoor wordt geluidoverdracht via de directe weg veel kleiner.

In grafiek 6.3 zijn de gemeten geluidniveaus weergegeven in de gang en in grafiek 6.4 zijn de berekende geluidniveaus weergegeven in de gang.

Grafiek 6.3: Gemeten waarden in de gang



Grafiek 6.4: Berekende waarden in de gang



Uit de bovenstaande grafieken 6.3 en 6.4 is te zien dat het verloop van de gemeten waarden in de gang hoger ligt dan de berekende waarden. Dit is te verklaren doordat er bij de gemeten geluidniveaus alle overdrachtswegen van het geluid gemeten is. Ook de nagalmtijd in de gang is hoog wat ook een grote invloed heeft zoals al eerder vermeld.

In tabel 6.6 zijn de resultaten weergegeven van het omloopgeluid vanuit de gang naar de woonkamer toe.

**Tabel 6.6: Resultaten bouwkundige overdracht metal stud wand. Gang → woonkamer.**

Type woning	Scheiding metal stud gang → WK gemeten bronniveau dB(A)	Scheiding metal stud gang → WK berekende bronniveau dB(A)
<b>Type B2</b>	24.2	18.3
<b>Type E4</b>	28.5	16.1
<b>Type E6</b>	21.3	16.1
<b>Type F4</b>	38.9	23.5
<b>Type F5</b>	35.9	23.5

De in tabel 6.6 weergegeven geluidbijdrage door middel van omloopgeluid zijn voor de gemeten bronniveaus hoog. Dit kan een grote invloed hebben op het totale geluidsniveau in de verblijfsruimte.

Er zijn ook berekening uitgevoerd waarbij de wand tussen gang en woonkamer ook is uitgevoerd in kalkzandsteen. Hierbij is maximaal een winst van 3 dB(A) te halen. Dit komt grotendeels door de spleet onder de deur die als overstroomvoorziening dient. Hieruit wordt geconcludeerd dat de spleet onder de deur een grote factor is in het omloopgeluid.

### 6.3.2 Tussenconclusie

Het omloopgeluid blijft nagenoeg gelijk als men in plaats van metal stud kalkzandsteen gebruikt als scheiding met de gang. Dit is te verklaren door de overstroomvoorzieningen onder de deuren die de geluidwering van de wand verlagen. Daarom moet er gekeken worden of het omloopgeluid gereduceerd kan worden. Dit kan door middel van het toepassen van een dorpel of een valdorpel ten plaatse van de technische ruimte. Indien dit toegepast wordt dient er wel gekeken te worden naar de balans van de woning. Er kan gebruik gemaakt worden van een rooster in de deur of een toevoer punt in de technische ruimte.

De grootte van de installatieruimtes lijkt geen invloed te hebben op het geluidniveau op het bronniveau. Doordat bijvoorbeeld in type F het kanalsysteem zodanig lang is, zie bijlage 7, moet het systeem een veel hogere weerstand overbruggen. Dit heeft weer van invloed op de instellingen van benodigde toerental die het systeem moet draaien, hoe hoger het toerental hoe hoger het geluidniveau wordt.

## 6.4 Overdracht door de kanalen

De overdracht door de kanalen heen, is voor alle type woningen bepaald volgens ISSO 24. In tabel 6.7 is weergegeven wat de bijdrage van het geluid door de kanalen in de verblijfruimtes is.

Tabel 6.7: geluidoverdracht door de kanalen

Type woning	Woonkamer $L_{i;a;j}$ dB(A)	Slaapkamer 1 $L_{i;a;j}$ dB(A)	Slaapkamer 2 $L_{i;a;j}$ dB(A)	Slaapkamer 3 $L_{i;a;j}$ dB(A)	$L_{i;a;k}$ dB(A)
Type A1	28.9	28.5	28.4	-	33
Type B2	28.9	31.1	29.1	28.3	34
Type E	27.6	32.9	26.4	28.3	33
Type F	27.6	34.1	37.5	-	36

Uit tabel 6.7 blijkt dat de geluidoverdracht via de kanalen erg hoog is, in alle gevallen voldoen deze waarden niet aan de vermelde eisen die in tabel 4.1 van hoofdstuk 4 staan. Dit kan komen doordat er een akoestische slang in plaats van een geluiddemper is toegepast. Als men geluiddempers toepast zal het geluid in de verblijfruimtes lager uitvallen. De uitwerking van de geluidoverdracht door de kanalen zijn te vinden in bijlage 4, de installatietekeningen zijn in bijlage 7 terug te vinden.

Ook het kanalsysteem, zoals al gezegd in paragraaf 6.3.2, is in sommige type woningen erg lang, hierdoor wordt er veel meer geluid geproduceerd in de kanalen zelf.

## 6.5 Theoretische benadering versus praktijkmeting

In deze paragraaf wordt de theoretische benadering vergeleken met de praktijkmeting, dit is gedaan voor alle type woningen vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe.

In tabel 6.8 en tabel 6.9 zijn de resultaten te vinden. In tabel 6.8 is uitgegaan van het berekende bronniveau en in tabel 6.9 is voor de directe geluid en het omloopgeluid uitgegaan van de gemeten waarden.

In deze tabellen zijn alle geluidbijdrage te vinden naar de woonkamer toe. Uiteindelijk komt hier een totaal uit en deze wordt vergeleken met de praktijkmeting.

**Tabel 6.8: Theoretische benadering met berekende bronniveau versus praktijkmeting**

Type	Direct geluidoverdracht via de wand metal stud	Indirect geluidoverdracht, omloopgeluid	Kanalen systeem berekend WK ISO 24	Totaal berekend <sup>6</sup> $L_{i,A,j}$	Totaal gemeten $L_{i,A,j}$ , zie tabel 6.2	Verschil
<b>B2</b>	34.7	18.3	28.9	35.8	32.1	3.7
<b>E4</b>	35.0	16.1	27.6	35.8	40.0	-4.2
<b>E6</b>	35.0	16.1	27.6	35.8	37.1	-1.3
<b>F4</b>	32.2	23.5	27.6	33.9	36.1	-2.2
<b>F5</b>	32.2	23.5	27.6	33.9	37.4	-3.5

In tabel 6.8 is te zien dat de theoretische benadering en de praktijkmetingen bij sommige type woningen dicht bij elkaar ligt en de bij sommige type woningen niet. Bij 4 van de 5 woningen komt de theoretische benadering gunstiger uit dan de praktijkmeting. Bij 1 van de 5 woningen komt de theoretische benadering hoger uit dan de praktijkmetingen. Er is vooral te zien dat de bijdrage van de directe weg en de geluidoverdracht via de kanalen groot zijn en het totale geluidniveau bepalen.

De verschillen kunnen te maken hebben met de aannames, zoals het bronniveau van de WTW en de geluidisolatiewaarde van de wanden, die zijn aangenomen voor het theoretische model.

**Tabel 6.9: Theoretische benadering met gemeten bronniveau versus praktijkmeting**

Type	Direct geluidoverdracht via de wand metal stud	Indirect geluidoverdracht, omloopgeluid	Kanalen systeem berekend WK ISO 24	Totaal berekend $L_{i,A,j}$	Totaal gemeten $L_{i,A,j}$ , zie tabel 6.2	Verschil
<b>B2</b>	24.3	24.2	28.9	31.2	32.1	-0.9
<b>E4</b>	31.2	28.5	27.6	34.2	40	-5.8
<b>E6</b>	29.4	21.3	27.6	32.0	37.1	-5.1
<b>F4</b>	30.2	38.9	27.6	39.7	36.1	3.6
<b>F5</b>	28.4	35.9	27.6	37.1	37.4	-0.3

In tabel 6.9 is te zien dat het omloopgeluid in 4 van de 5 gevallen een grote bijdrage heeft op het geluidniveau. Dit in tegenstelling tot wat er bij tabel 6.8 geconcludeerd wordt met de berekende bronniveaus. Vooral bij type F is de bijdrage via het omloopgeluid aanzienlijk, een verklaring hiervoor is dat er een toevoerpunt in de gang is geplaatst en dus automatisch meer geluid meet.

Hierbij is de theoretische benadering met de gemeten geluidniveau gunstiger bij 4 van de 5 woningen dan het gemeten niveau.

### 6.5.1 Tussenconclusie

Er kan geconcludeerd worden dat er met het theoretische model een goede benadering uitgerekend kan worden. Echter moet men in het achterhoofd houden dat er in de bouw elementen anders

<sup>6</sup> Dit wordt opgeteld aan de hand van de volgende formule uitgerekend

$$L_{i,A,j,tot} = 10 \log \left( 10^{L_{i1}/10} + 10^{L_{i2}/10} + 10^{L_{i3}/10} + \dots \right)$$

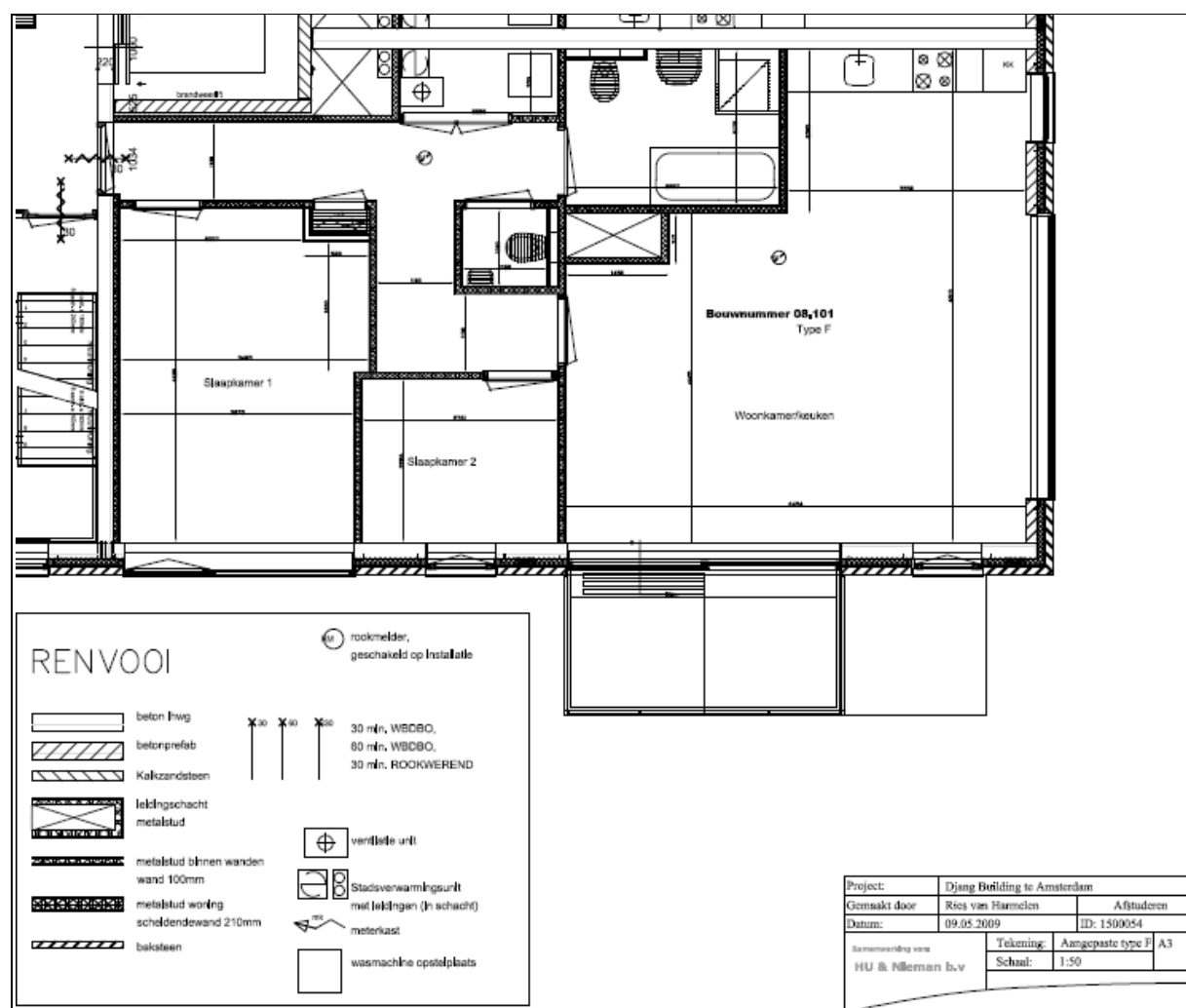
worden gemonteerd/geplaatst dan wordt voorgeschreven. Daarom dienen er in de praktijk altijd controle metingen te worden uitgevoerd.

Ook moet er gekeken worden naar het kanalsysteem, deze moet veel efficiënter ontworpen worden. Er kan voor gekozen worden om voor elke verblijfsruimte een apart kanaal te leggen. Hierdoor hoeft het systeem minder weerstand te overbruggen, waardoor het systeem op een lager toerental hoeft te draaien. Dit heeft weer gevolg op het totale geluidniveau dat het systeem maakt

## 6.6 Maatregelen toegepast

In deze paragraaf worden enkele maatregelen toegepast voor één van de woningen. Er is gekozen om woning type F aan te passen. Er is gekozen om de plattegrond aan te passen zodat er geen directe geluidoverdracht vanuit de technische ruimte naar een verblijfsruimte zal zijn. Tevens is er voor gekozen om een onderdorpel te plaatsen zodat er het geluid zo veel mogelijk in de technische ruimte blijft

In figuur 6.1 is een alternatieve indeling van type F getekend, waarbij de technische ruimte niet aan een verblijfsruimte grenst.



Figuur 6.1: Veranderde indeling type F

In figuur 6.1 is een andere indeling getekend van woningtype F. De badkamer is verplaatst zodat deze naast de technische ruimte komt. De schacht is ook mee verhuisd met de badkamer. Doordat de technische ruimte niet meer naast de woonkamer gesitueerd is, is de directe geluidoverdracht niet meer aanwezig. Het omloopgeluid is nog wel aanwezig, bij de deuren van de technische ruimte is een onderdorpel geplaatst zodat er geen kier meer aanwezig is. In het kanalsysteem is een geluiddemper toegepast. Hiervoor is aangenomen dat hierdoor 3dB minder geluid door het systeem in de woonkamer komt.

In tabel 6.10 zijn de resultaten te zien met toepassing van deze maatregelen.

**Tabel 6.10: resultaten aanpassingen**

Omloopgeluid met aanpassing, in dB(A)	Overdracht door de kanalen met demper	Berekende geluidniveau woonkamer met de aanpassingen dB(A)	Berekende geluidniveau woonkamer zonder aanpassingen in dB(A)	Verschil in dB(A)
7.8	24.6	24.7	33.9	9.2

In tabel 6.10 is te zien dat het toepassen van deze aanpassingen van grote invloed zijn op het geluidniveau in de woonkamer. Echter moet er nog wel gekeken worden naar het kanalsysteem. Deze heeft alsnog een grote bijdrage zoals te zien is in tabel 6.4. Indien hier ook nog een grote winst gehaald kan worden, dan zal het totale niveau nog verder dalen.

De uitwerking van deze resultaten en de berekende bronniveaus zijn terug te vinden in bijlage 4. In bijlage 7 zijn de bouwkundige tekeningen op schaal te vinden

## Hoofdstuk 7: Conclusies

Uit het onderzoek is gebleken dat er nog veel fout gaat bij het gebruik van een gebalanceerd ventilatiesysteem. Er dient in de ontwerpfase van een gebouw al rekening gehouden te worden met de situering van de technische ruimte, tevens dient een adviseur eerder in het ontwerpproces te worden ingeschakeld. Hierdoor kan het kanalsysteem worden doorgerekend en kunnen er vroegtijdig berekeningen worden uitgevoerd volgens ISSO 24.

Enkele conclusies op een rij:

- 50% van de woningen zijn niet in balans bij dit project;
- Geen één woning in dit project voldoet aan de Bouwbesluit 2010 eis m.b.t. het installatiegeluid;
- NEN 5077:2006 is ongunstiger voor het eindresultaat.

Het is lastig vast te stellen welke overdrachtsweg bepalend is op het totale geluidniveau in een verblijfsruimte. Het is vaak een combinatie van de drie overdrachtswegen, daarom dienen alle overdrachtswegen zo goed mogelijk aangepakt te worden om aan het Bouwbesluit 2010 te gaan voldoen. Men moet gaan denken aan aparte kanalen naar verblijfsruimte toe, hierdoor hoeft de WTW-unit minder hard te werken wat weer een lager geluidniveau als gevolg heeft.

In paragraaf 7.1 zijn er ontwerp richtlijnen opgesteld, als deze worden toegepast in de woningbouw zal er in de toekomst minder overlast zijn van geluid ten gevolge van een gebalanceerd ventilatiesysteem. Er is echter nog een lange weg te gaan om dit probleem helemaal te verhelpen.

### 7.1 Ontwerp richtlijnen

- gebruik van geluiddempers in het kanalsysteem, hierdoor kan het geluid aanzienlijk worden verlaagd bij de toe- en afvoer roosters;
- voor elke verblijfsruimte een apart kanaal leggen, hierdoor hoeft de WTW-unit een lagere weerstand te overbruggen wat weer een lager toerental als gevolg heeft;
- zorg ervoor dat de technische ruimte niet aan een verblijfsruimte grenst, hiervoor dient er in een vroeg stadium gekeken worden naar de situering van de schachten en de technische ruimte. De indeling van het appartement is namelijk hierdoor beperkt;
- gebruik voor de binnenwanden van de technische ruimte wanden met een gewicht van  $\geq 150 \text{ kg/m}^2$ , bijvoorbeeld 100 mm kalkzandsteen. Deze hebben een hoger geluidisolatie;
- zorg voor een hoge geluidabsorptie in de technische ruimte, dit kan doormiddel van bijvoorbeeld heraklit platen tegen het plafond aan te brengen, hierdoor zal het bronniveau in de ruimte dalen en zal de directe weg en het omloopgeluid ook dalen;
- indien er een lucht afvoerpunt in de technische ruimte aanwezig is, hier ook een toevoerpunt plaatsen. Hierdoor kan er een onderdorpel of valdorpel geplaatst worden zodat de technische ruimte wordt afgesloten. Hierdoor zal het omloopgeluid aanzienlijk lager worden;
- indien er geen toevoerpunt geplaatst kan worden, alsnog een onderdorpel of valdorpel plaatsen en een overstroomrooster in de deur plaatsen. Hierdoor blijft systeem in balans;
- voor elke verblijfsruimte een aparte kanalen streng leggen, hierdoor hoeft het systeem minder weerstand te overbruggen wat weer minder geluid tot gevolg heeft.

## Nawoord

Met dit onderzoek heb ik erg veel geleerd op het gebied van geluid, ik heb geleerd hoe geluid en hoe ventilatiedebieten gemeten dienen te worden. Ook ben ik nu bekend met de verschillende eisen die daarbij komen kijken en hoe de metingen uitgewerkt dienen te worden. Al met al was dit een leerzaam onderwerp waarbij ik later nog veel aan zal hebben.

Het begin van het onderzoek verliep stroef, er was nog niet helemaal duidelijk wat er verwacht werd en wat voor soort product er geleverd kon worden. Uiteindelijk is dit na overleg met de begeleiders bekend geworden en werd het onderzoek wat specifiek.

In het plan van aanpak stond dat er ook onderzoek gedaan zal worden naar de verschillende soorten toevoer- en afvoerventielen, helaas is dit niet gelukt doordat er weinig tijd was. Het is zeker de moeite waard om hier nog aandacht aan te besteden en te onderzoeken welke mogelijkheden hierin zijn.

Persoonlijk vindt ik dat, als men een nieuw huis koopt van bijvoorbeeld 300.00 euro, men ook kwaliteit mag verwachten. Er dient een prettige leefomgeving gecreëerd te worden. Hierbij hoort dus ook geen overlast van een dergelijk ventilatiesysteem. Daarom zal er in de toekomst nog veel moeten gebeuren om het installatiegeluid naar een acceptabel niveau te krijgen.

### **Geleverd product**

Persoonlijk ben ik tevreden met het product dat is geleverd. Er is meer inzicht verkregen in waar de probleem zich bevinden en welke oplossingsmogelijkheden er momenteel mogelijk zijn. De ontwerp richtlijnen die zijn opgesteld zijn erg handig voor zowel een adviseur als voor een architect. Als men dit lijstje gaat gebruiken kan dit al een hoop ellende schelen.

## Begrippen en symbolen

### **Akoestische slang**

Voorziening opgenomen in een ventilatiesysteem die geluid dempt maar ook geluid afstraalt

### **Capaciteit**

De volumestroom die met een bepaalde ventilatievoorziening moet kunnen worden gerealiseerd.

### **dB(A)**

Decibel, A-gewogen.

### **Debiet**

De hoeveelheid lucht dat per tijdseenheid wordt toe- of afgevoerd.

### **Dorpel**

Drempel, vooral toegepast bij voordeuren.

### **Flowfinder**

Een compenserende volumestroommeter waarmee nauwkeurig de grootte van de luchtstroom via een toe- of afvoerventiel bepaald.

### **Frequentie**

Aantal trillingen per seconde uitgedrukt in Hz.

### **Gebalanceerde ventilatie**

Gecontroleerd mechanisch toevoer en afvoer van ventilatielucht, waarbij evenveel wordt afgevoerd als aangevoerd.

### **Geluiddemper**

Voorziening opgenomen in een luchtkanaal om ventilatorgeluid te reduceren.

### **Inregelen**

Het instellen van de ventielen zodat er voldoende toe- en afgevoerd wordt comfort bouwbesluit.

### **$L_{i,A;K}$**

Karakteristiek A-gewogen installatiegeluid berekend over een verblijfsgebied.

### **$L_{i,A;j}$**

Karakteristiek A-gewogen installatiegeluid berekend over een verblijfsruimte.

### **Mechanische ventilatie**

Mechanische ventilatie toe- en afvoer ten gevolge van een WTW-unit.

### **Overstroomvoorziening**

Voorziening voor het toe- of afvoeren van een ventilatiestroom tussen ruimte, zonder dat sprake is van directe toe- of afvoer naar buiten.

### **Valdorpel**

Dit is een deurafsluiter die zich in de onderzijde van de deur bevindt: door een mechanisme komt de valdorpel automatisch naar beneden als de deur dichtgaat en komt omhoog als de deur geopend wordt.

**Ventilatiedebiet**

Het totale volume aan ventilatielucht.

**Verblijfsgebied**

Een verblijfsgebied is een gedeelte van een gebruiksfunctie (bv. wonen) met ten minste één verblijfsruimte, bestaande uit een of meer op dezelfde bouwlaag gelegen aan elkaar grenzende ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.

**Verblijfsruimte**

Een verblijfsruimte in een "woonfunctie" moet bestemd zijn voor het verblijven van mensen. Voorbeelden zijn woonkamer, slaapkamer, keuken, kantoor; niet: een garage, berging, een verkeersruimte.

**Vrije indeelbaarheid**

Principe uit het Bouwbesluit 2003. De eisen worden zodanig gesteld dat er zo min mogelijk grenzen worden gesteld aan de indeling en het gebruik van verblijfsgebieden.

**Warmteterugwinning**

Warmte winning uit de warmte van ventilatie afvoerlucht.

**WTW**

Warmterugwinning.

## Bronnenlijst

### Internet

*Bouwbesluit online*. Opgeroepen op Februari 2010, van <http://www.bouwbesluitonline.nl>

*Ekbouwadvies*. Opgehaald van <http://www.ekbouwadvies.nl>

Engel, J. v. (2007). *Eindrapportage Woonkwaliteit Binnenmilieu in nieuwbouwwoningen*. Opgeroepen in Februari 2010, van <http://www.vrom.nl/get.asp?file=docs/publicaties/7559.pdf&dn=7559&b=vrom>

*Royaal zuid*. (sd). Opgeroepen op April 2010, van <http://www.royaalzuid.nl>

*Stichting waarborgfonds koopwoningen*. Opgeroepen in Februari 2010, van <http://www.Swk.nl>

*Woningborg groep*. Opgeroepen in Februari 2010, van <http://www.woningborg.nl>

*Uneto-VNI*. Opgeroepen op Maart 2010, van <http://www.uneto-vni.nl/>

*Garantie instituut woningbouw*. Opgeroepen in Februari 2010, van <http://www.giw.nl>

*Intechks K&S* Opgeroepen in Februari 2010, van <http://www.intechks.nl>

### Literatuur

ISSO. (2009). *ISSO kleintje Ventilatie*. Rotterdam: ISSO.

Nederlandse Normalisatie-instituut. (1999). NEN 1070 Geluidwering in gebouwen - specificatie en beoordeling van de kwaliteit

Nederlandse Normalisatie-instituut. (2001). NEN 5077:2001 Geluidwering in gebouwen - bepalingsmethode voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidwering van de scheidingconstructie en geluidniveaus veroorzaakt door installaties.

Nederlandse Normalisatie-instituut. (2006). NEN 5077:2006 Geluidwering in gebouwen - bepalingsmethode voor de grootheden voor de geluidwering van uitwendige scheidingsconstructie, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd

ISSO. (1990). ISSO publicatie 24 Installatiegeluid.

ISSO. ISSO publicatie 62 kwaliteitseisen gebalanceerde ventilatie in woningen.

International standard. (2004). ISO 16302 Acoustics - Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings - Engineering method

Tennekes, I. M. (2006). *Geluid van luchtbehandelingsinstallaties*. Den Haag: SDU uitgevers.

Valk, i. H. (2007). *Praktijkgids Bouwbesluit Ventilatie*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

## Bijlagen index

<b>Bijlage 1</b>	Technische gegevens
<b>Bijlage 2</b>	Balansen appartementen
<b>Bijlage 3</b>	NEN 5077
<b>Bijlage 4</b>	Resultaten
<b>Bijlage 5</b>	Foto's
<b>Bijlage 6</b>	GIW en totstandkoming installatiegeluid eis
<b>Bijlage 7</b>	Bouwkundige tekeningen en installatie tekeningen

## Bijlage 1 Technische gegevens

### Warmteterugwinapparaat WHR 930

#### Belangrijke kenmerken

- EPC-winst tot 0,28
- Hoog thermisch rendement
- Standaard voorzien van 100% bypass
- Luchtcapaciteit 380m³/h - 150Pa
- Flexibele filterinstelling
- Standaard met vorstvrij voorziening
- Met onderhoudsinstructie voor bewoner
- Verkrijgbaar in radiografische uitvoering: WHR 930 RF
- Leverbaar met schakelaar met filter- en storingsindicatie
- Gratis filterset voor bewoners



#### WHR 930

Stand	Instelling	Capaciteit	Druk	Opgenomen	Opgenomen	Cos	Geluidsniveau		Gewicht
	percentage	Qv	P st	vermogen	stroom		Afvoer dB(A)	Toevoer dB(A)	
	%	m³/h	Pa	Wel	A	(-)	dB(A)	dB(A)	kg
WHR 930									
(1)	15	40	4	10	0.08	0.50	34	32	37
(2)	30	100	20	17	0.13	0.57	37	45	
(3)	40	140	40	27	0.21	0.56	43	53	
(4)	50	180	65	44	0.35	0.55	47	59	
(5)	60	225	100	70	0.55	0.55	52	64	
(6)	70	260	140	105	0.81	0.56	54	68	
(7)	80	300	175	145	1.00	0.58	57	71	
(8)	90	325	215	196	1.42	0.60	59	74	
(9)	100	350	240	243	1.77	0.60	61	75	

#### Toevoergeluid

Ventilator		Geluidsvermogen dB ref. 10 <sup>-12</sup> W						
Type	Stand	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
WHR 930	1	46	35	23	11	4	5	13
WHR 930	2	56	50	41	34	23	13	13
WHR 930	3	60	60	50	44	35	26	12
WHR 930	4	66	65	56	51	43	35	22
WHR 930	5	71	69	62	56	49	42	30
WHR 930	6	75	71	66	61	54	47	35
WHR 930	7	77	74	69	64	58	52	40
WHR 930	8	78	76	72	68	61	55	43
WHR 930	9	79	76	74	69	62	57	45

# **LEVERINGSPROGRAMMA** **PANFLEX LUCHTTECHNISCHE PRODUCTEN** **Master Iso Aks — Akoestisch geïsoleerde slang**

Artikelnummer

380.....

Omschrijving

Panflex Master Iso Aks



**Flexibel luchttransportkanaal**

versie: Master Iso Aks

**Invoegverlies Master Iso Aks**

Lengte : 1 meter

## **Opbouw**

Een binnenslang van Non-Woven akoestisch materiaal gemonteerd in een stalen spiraal met daaromheen glaswol van 25 mm dikte en een buitenhoes van gewapend aluminium.

## **Temperatuur**

-25°C tot +90°C.

## **Lengte**

Master Iso Aks wordt geproduceerd op lengte van 10 meter en verpakt in een doos. Tevens kan de Master Iso Aks op maat worden afgetaped (zie Master Iso Aks demper).

## **Eigenschappen**

Hoge demping over een breed frequentiespectrum, in het bijzonder van de hoge tonen. De Non-Woven binnenslang voorkomt dat glaswoldeeltjes in de luchtstroom terecht komen, hetgeen bijdraagt aan een goed leefmilieu.

## **Toepassing**

Het transporteren van lucht waarbij de trillingen gedempt moeten worden. Wordt veel toegepast tussen spirobuis en roosters. Geschikt voor aansluiting op spiropijp. U Bevestigt de slang met een wormschroefklem of bundelband en daarna aftapen. U mag deze slang toepassen als luchtkanaal volgens het bouwbesluit. De toegepaste materialen zijn niet gemakkelijk ontvlambaar.

Inwendige diameter	Frequentie in Herz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ø 80 mm	12	33	38	36	40	42
Ø 100 mm	11	30	36	34	37	43
Ø 125 mm	19	32	30	28	35	40
Ø 150 mm	18	30	28	28	35	32
Ø 200 mm	17	26	25	25	38	21
Ø 250 mm	28	22	18	20	27	16
Ø 315 mm	26	19	17	19	20	14
Ø 400 mm *	22	12	11	13	10	8

\* dempingswaarden bepaald door middel van extrapolatie.

## Bijlage 2 Balansen appartementen

Voor appartement type B2 is al een balans beschreven, deze is te zien in Hoofdstuk 4 in paragraaf 4.1 balansen opstellen. In deze bijlage worden de overige types behandeld.

### Type A1:

Verblijfsruimte	Minimale toevoer
Woonkamer/keuken = 50.3 m <sup>2</sup>	$50.3 \times 0.7 = 35.21 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 1 = 11.69 m <sup>2</sup>	$11.69 \times 0.7 = 8.33 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 2 = 11.55 m <sup>2</sup>	$11.55 \times 0.7 = 8.1 \text{ dm}^3/\text{s}$
<b>Totaal: 73.54 m<sup>2</sup></b>	<b>51.63 dm<sup>3</sup>/s</b>
Verblijfsgebied 1 = 73.54 m <sup>2</sup>	$73.54 \times 0.9 = 66.2 \text{ dm}^3/\text{s}$
Extra toevoeren in een VR:	$66.2 - 51.63 = 14.6 \text{ dm}^3/\text{s}$

Het verblijfsgebied is maatgevend, hierdoor moet er meer toegevoerd worden in de verblijfsruimtes, de voorkeur gaat uit naar de woonkamer/keuken.

Ruimtes minimale afvoer	Afvoer
Keuken	21 dm <sup>3</sup> /s
Toilet	7 dm <sup>3</sup> /s
Badkamer	14 dm <sup>3</sup> /s
<b>Totaal:</b>	<b>43 dm<sup>3</sup>/s</b>
Extra afvoeren:	$66.2 - 43 = 23.2 \text{ dm}^3/\text{s}$

Ook in dit appartement is er voor gekozen om in de technische ruimte een afvoer te plaatsen. Deze zal een debiet van 14 dm<sup>3</sup>/s krijgen de rest zal in de keuken afgevoerd worden. In dit appartement is er ook voor gekozen om in de gang een toevoer ventiel te plaatsen.

### Type E4:

Verblijfsruimte	Minimale toevoer
Woonkamer/keuken = 51.7 m <sup>2</sup>	$51.7 \times 0.7 = 36.2 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 1 = 12.43 m <sup>2</sup>	$12.43 \times 0.7 = 8.7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 2 = 6.6 m <sup>2</sup>	$6.6 \times 0.7 = 4.62 = 7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 3 = 7.9 m <sup>2</sup>	$7.9 \times 0.7 = 5.53 = 7 \text{ dm}^3/\text{s}$
<b>Totaal:</b>	<b>58.9 dm<sup>3</sup>/s</b>
Verblijfsgebied 1 = 78.63 m <sup>2</sup>	$78.63 \times 0.9 = 70.7 \text{ dm}^3/\text{s}$
Extra toevoeren in een VR:	$70.7 - 58.9 = 11.8 \text{ dm}^3/\text{s}$

Het verblijfsgebied is maatgevend, hierdoor moet er meer toegevoerd worden in de verblijfsruimtes, de voorkeur gaat uit naar de woonkamer/keuken.

Ruimtes minimale afvoer	Afvoer
Keuken	21 dm <sup>3</sup> /s
Toilet	7 dm <sup>3</sup> /s
Badkamer	14 dm <sup>3</sup> /s
<b>Totaal:</b>	<b>43 dm<sup>3</sup>/s</b>
Extra afvoeren:	$70.7 - 43 = 27.7 \text{ dm}^3/\text{s}$

In de technische ruimte is een afvoer geplaatst deze zal een debiet van 14 dm<sup>3</sup>/s afvoeren, de rest zal in de keuken en badkamer worden afgevoerd. In de woonkamer/keuken zal er meer worden toegevoerd.

#### Type F4 en F5:

Verblijfsruimte	Minimale toevoer
Woonkamer/keuken = 44.6 m <sup>2</sup>	$44.6 \times 0.7 = 31.22 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 1 = 12.63 m <sup>2</sup>	$12.63 \times 0.7 = 8.84 \text{ dm}^3/\text{s}$
Slaapkamer 2 = 5.8 m <sup>2</sup>	$5.8 \times 0.7 = 4.06 = 7 \text{ dm}^3/\text{s}$
<b>Totaal:</b>	<b>44.12 dm<sup>3</sup>/s</b>
Verblijfsgebied 1 = 63 m <sup>2</sup>	$63 \times 0.9 = 57 \text{ dm}^3/\text{s}$
Extra toevoeren in een VR:	$57 - 44.12 = 12.88$

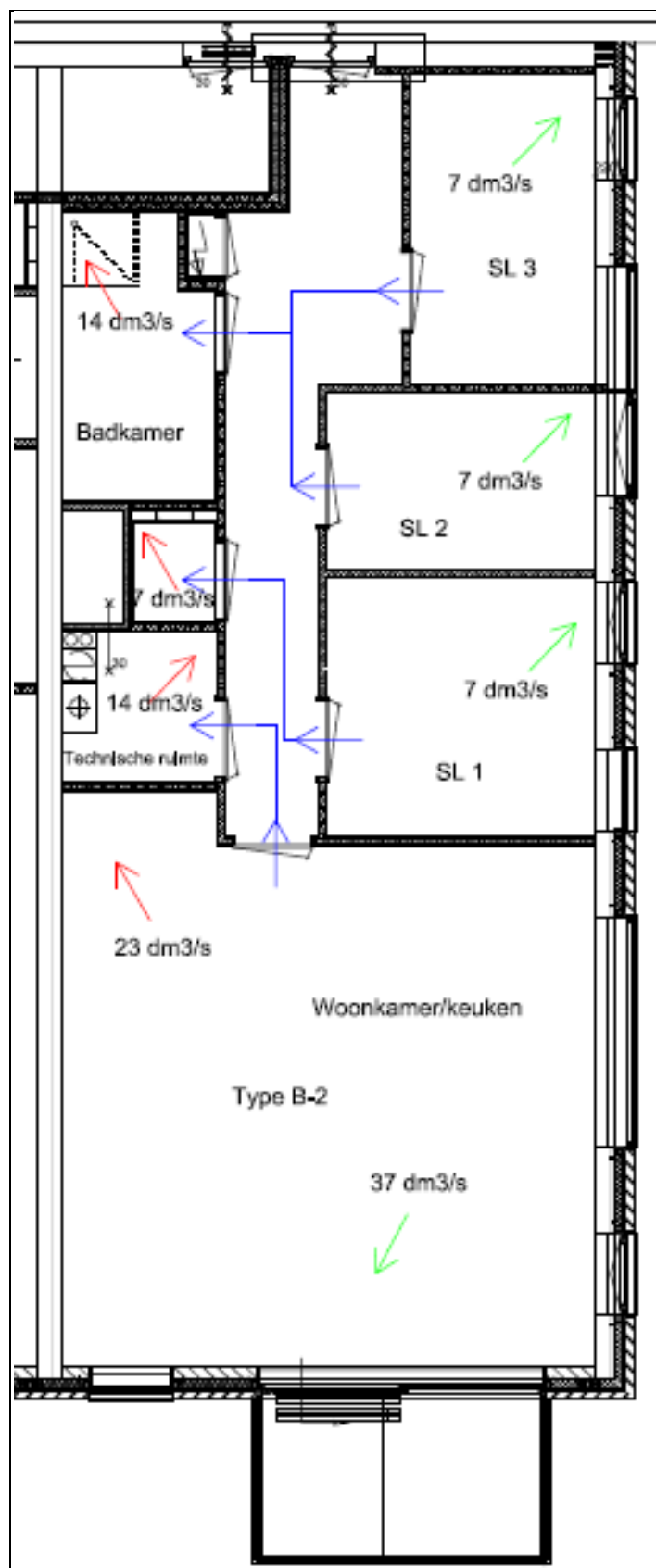
Ruimtes minimale afvoer	Afvoer
Keuken	21 dm <sup>3</sup> /s
Toilet	7 dm <sup>3</sup> /s
Badkamer	14 dm <sup>3</sup> /s
<b>Totaal:</b>	<b>43 dm<sup>3</sup>/s</b>
Extra afvoeren:	$57 - 43 = 14 \text{ dm}^3/\text{s}$

Ook in dit appartement is er voor gekozen om in de technische ruimte een afvoer te plaatsen. Deze zal een debiet van 14 dm<sup>3</sup>/s krijgen. In dit appartement is er voor gekozen om in de gang een toevoer ventiel te plaatsen die 9 dm<sup>3</sup>/s toevoert.

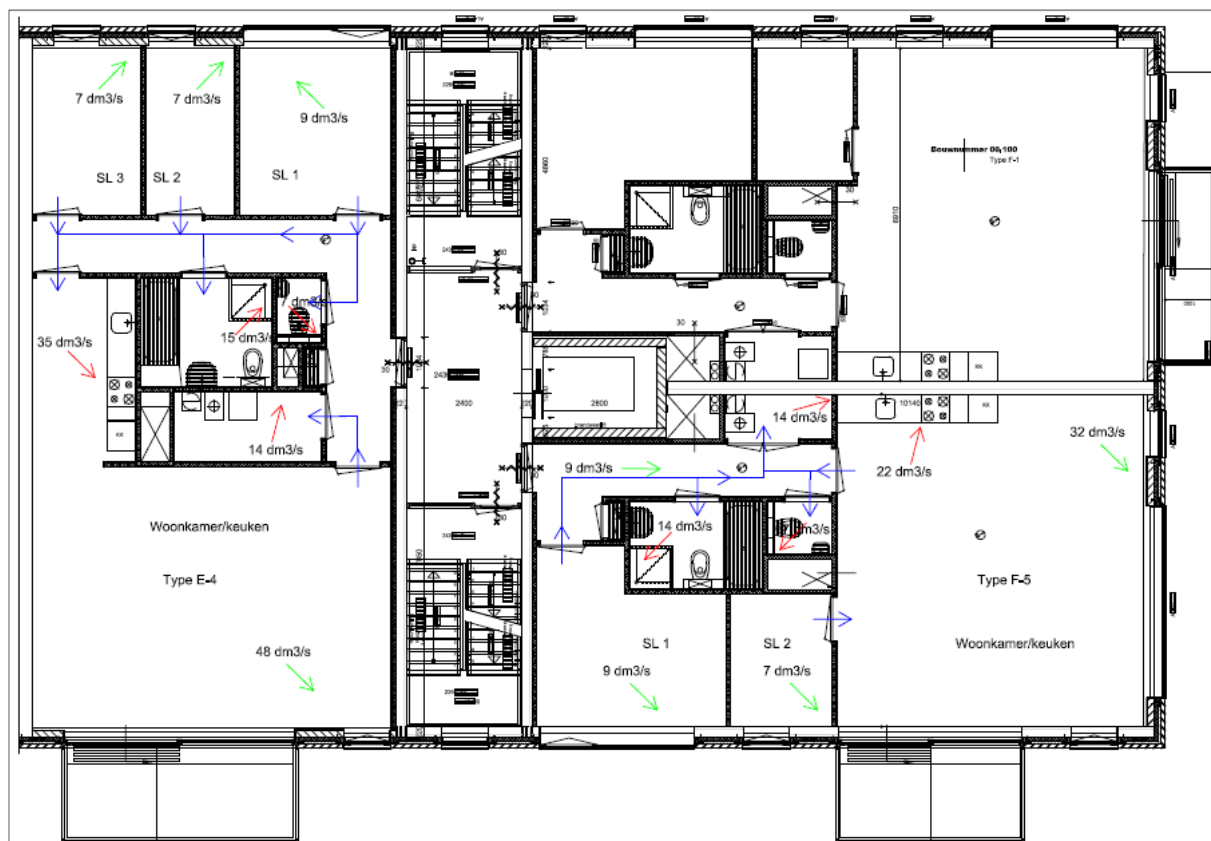


- Rood = Afvoer
- Groen = toevoer
- Blauw = overstroomvoorziening

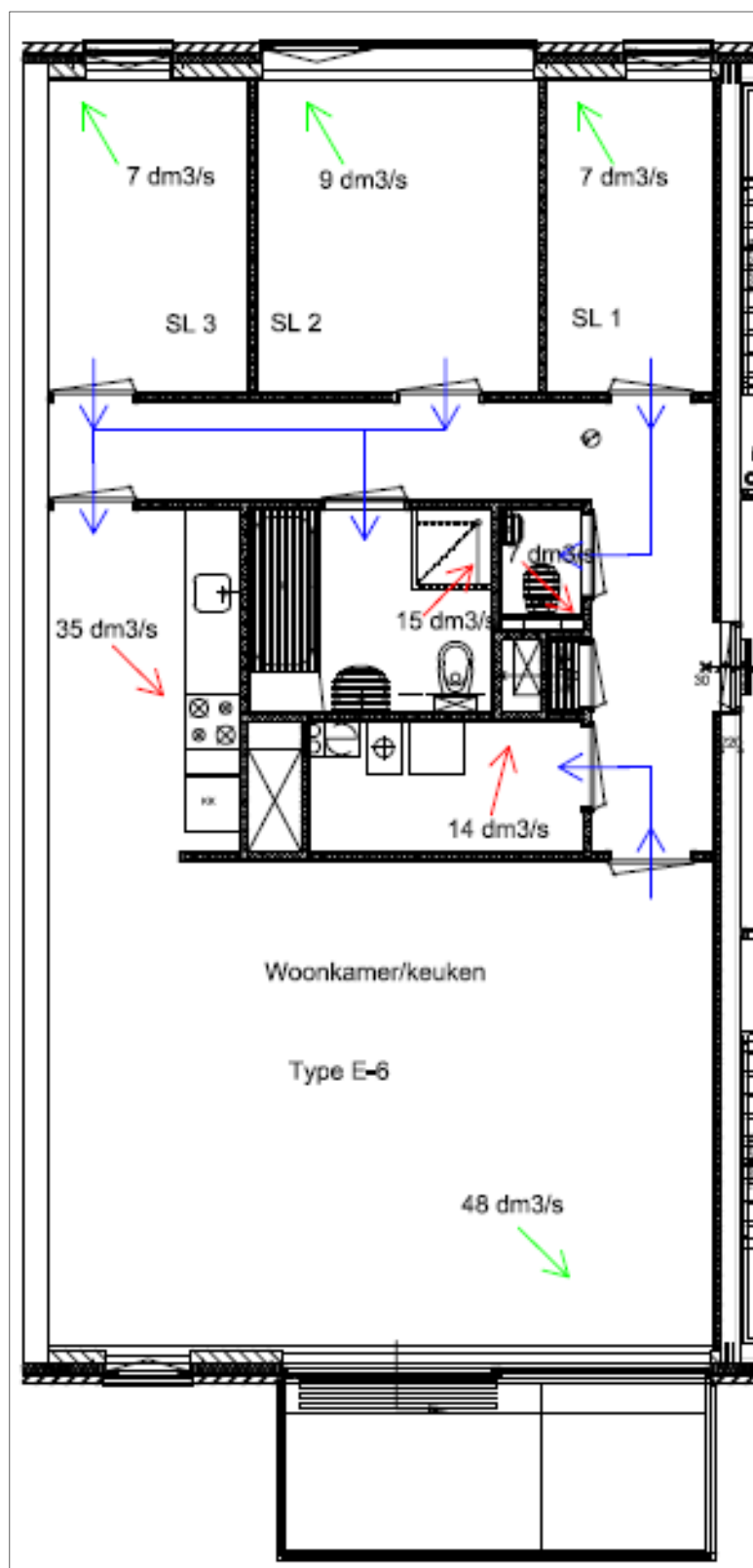
Figuur 2.1: Balans Type A1



Figuur 2.2: Balans Type B2



Figuur 2.3: Balans Type E4 en Type F4/F5



Figuur 2.4: Balans Type E6

### Bijlage 3: NEN 5077

Voor dit onderzoek is deze NEN norm van groot belang. In deze Norm staat gedetailleerd beschreven hoe er gemeten dient te worden en hoe er verder gerekend wordt.

In het nieuwe Bouwbesluit 2010 worden ook verwijzingen naar nieuwere NEN normen gemaakt. Één daarvan is de NEN 5077:2001, hiervoor komt nieuwere versie voor in de plaats, namelijk de NEN 5077:2006. Deze nieuwe NEN norm verwijst op zijn beurt weer naar andere NEN normen of ISO publicaties. Voor het meten en berekenen van installatiegeluid wordt er verwezen naar NEN en ISO 16032:2004. In deze bijlage wordt er beschreven welke eisen er zijn om te mogen meten en hoe er verder gerekend dient te worden.

#### 3.1 Regels voor het meten

Er zijn verschillende soorten regels om te mogen meten. deze worden in deze paragraaf genoemd.

Voor het meten van het installatiegeluid van een ventilatiesysteem zijn er enkele eisen gesteld, hieronder zijn deze eisen die uit NEN 5077:2001 komen uitgelegd. Er dienen verschillende soorten metingen verricht te worden:

- nagalmtijd ontvangstruimte;
- stoorgeluid;
- installatiegeluid.

De woningen dienen een ventilatiebalans te hebben, als er een balans is dan werkt het systeem optimaal.

Het aantal meetposities hangt af van het vloeroppervlak van de ruimte, in onderstaand tabel 6.1 is te zien hoe vaak er gemeten dient te worden bij een bepaalde grootte van de verblijfsruimte. In dit tabel moet er worden gekeken in de kolom 'bij 1 bronpositie'.

**Tabel 3.1: Minimale aantal meetposities**

Vloeroppervlakte in m <sup>2</sup>		Minimaal vereist aantal meetposities	
Groter dan	Tot en met	Bij 1 bronpositie	Bij 2 bronposities
-	4	1	1
4	12	2	2
12	30	3	2
30	50	4	3
50	-	5	4

Het is belangrijk bij de meetposities, dat er gemeten wordt op een afstand van minstens een halve meter van omliggende constructies en in de ruimte aanwezige personen om zodoende niet teveel reflecterend geluid op te vangen. In tabel 3.2 zijn deze eisen weergegeven.

Tabel 3.2: Minimale afstand obstakels

Aard van het obstakel	Minimaal aan te houden afstand m
Voornaamste geluidafstralende constructie	1
Geluidbron	1
Begrenzingsen van de ruimte	0,5 <sup>a</sup>
Personen in de ruimte	0,5
Objecten met een oppervlak groter dan 0,5 m <sup>2</sup>	0,5
Overige meetposities	1
<sup>a</sup> Bij ruimten met een netto- vloeroppervlakte kleiner dan 4 m <sup>2</sup> geldt een minimum waarde van 0,4 m	

Ten aanzien van de meetruimte zijn er ook eisen, hieronder een opsomming van deze eisen:

- Gedurende alle metingen die voor de bepaling van een grootheid worden verricht moet de geluidabsorptie in de desbetreffende ruimte binnen 5% gelijk blijven;
- De stoorgeluidrukniveaus in de ruimte moeten voldoen aan de eisen die voortvloeien uit 10.1;
- De geluidmetingen moeten worden verricht bij een zodanige instelling van het ventilatiesysteem dat aan de voorgeschreven eisen met betrekking tot de capaciteit is voldaan. De voorgeschreven capaciteit is als de minimumvoorschrift neergelegd in het Bouwbesluit.

In paragraaf 10.1 van NEN 5077:2001 is een schema weergegeven, deze is te zien in figuur 3.1. Dit schema gaat over het stoorgeluid, hier wordt gesproken over fluctuerend<sup>7</sup> en een constant karakter van het stoorgeluid. Bij het meten van het installatiegeluid wordt er vanuit gegaan dat dit een constant karakter heeft. Dit is aangenomen omdat in de norm staat dat er bij een fluctuerend geluid het stoorgeluid minimaal 10 dB lager moet zijn als het te meten geluid. Aangezien er bij installatiegeluid hele lage geluidrukniveaus aanwezig zijn, is dit praktisch niet mogelijk. Bij een constant geluid moet het stoorgeluid minimaal 3 dB zijn.

In het nieuwe Bouwbesluit worden er verwijzingen naar nieuwere NEN normen gemaakt. Één daarvan is de NEN 5077:2001, hiervoor komt nieuwere versie voor in de plaats, namelijk de NEN 5077:2006. Deze nieuwe NEN norm verwijst op zijn beurt weer naar andere NEN normen of ISO publicaties. Voor het meten en berekenen van installatiegeluid wordt er verwezen naar NEN en ISO 16032:2004. De grootste verandering die hierbij in acht wordt genomen is dat er in meer frequentiebanden gemeten moet worden. Er dient in de frequentiebanden 63 t/m 8000 Hz gemeten en gerekend worden. Tevens dient ongeveer 30 seconden te meten om het gemiddelde geluidniveau te meten.

<sup>7</sup> Geluid waarvan het niveau voortdurende en in belangrijke mate varieert.

Om erachter te komen of deze veranderingen in de NEN norm van invloed heeft is er op deze 2 manieren gemeten en berekend.

### 3.2 Berekenen karakteristiek A-gewogen installatiegeluid

Voor het uitrekenen van het  $L_{la;k}$  heeft men de volgende gegevens nodig:

- gemeten geluidniveaus per octaafband;
- gemeten nagalmtijden per octaafband;
- gemeten achtergrondgeluid;
- volume ontvangstruimte;
- referentie nagalmtijd, 0,5 sec voor woningbouw.

Bij deze berekening van het A-gewogen installatiegeluid moet eerst in octaafbanden gerekend worden. Volgens NEN 5077:2001 moet er gerekend worden in de octaafbanden 125-2000 Hz, volgens NEN 5077:2006 moet er in de octaafbanden 63-8000 Hz gerekend worden.

Als al deze gegevens bekend zijn kan doormiddel van een aantal stappen het karakteristiek A-gewogen installatiegeluid berekend worden. Hieronder is in het kort per stap beschreven hoe dit berekend wordt.

1. Bereken het gemiddelde geluidniveau per octaafband doormiddel van formule 1 en bereken het gemiddelde basisstoorniveau per octaafband van de ruimte doormiddel van formule 2.

$$L_{mea;m} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n 10^{L_{mea}/10} \right) \quad (1)$$

$$L_{bas;m} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n 10^{L_{bas}/10} \right) \quad (2)$$

- $L_{mea;m}$  = de over de ruimte gemiddelde meetwaarde van het geluidrukniveau bepaald in octaafbanden;
- $L_{bas;m}$  = het gemiddelde basisstoorniveau, bepaald in octaafbanden.

2. Bereken het gemiddelde geluidniveau per octaafband gecorrigeerd met het gemiddelde basisstoorniveau van de ruimte met formule 3.

$$L_{mea;m;c} = 10 \log \left( 10^{L_{mea;m}/10} - 10^{L_{bas;m}/10} \right) \quad (3)$$

- $L_{mea;m;c}$  = de gecorrigeerde over de ruimte gemiddelde waarde van het geluidrukniveau bepaald in octaafbanden.

3. Corrigeer het gemiddelde geluidniveau per octaafband met de nagalmtijd en de referentienagalmtijd met formule 4. Hierdoor krijg je het genormeerde installatiegeluidrukniveau per octaafband.

$$L_{I; nT; i} = L_{\text{mea}; m; c} - 10 \log \frac{T}{T_o} \quad (4)$$

- $L_{I; nT; i}$  = genormeerd installatiegeluidrukniveau, bepaald in octaafbanden.
4. Vervolgens dient de A-weging opgeteld te worden bij het genormeerde installatiegeluidrukniveau door per octaafband. Hierdoor verkrijgt men het A-gewogen installatiegeluidrukniveau per octaafband  $L_{I; A; i}$ . De A-weging is in tabel 3.3 weergegeven.
- $L_{I; A; i}$  = A-gewogen installatiegeluidrukniveau per octaafband

**Tabel 3.3: A-weging**

Octaafband Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A-weging	-26.2	-16.2	-8.7	-3.2	0.0	1.2	1	-1.1

5. Doormiddel van het logaritmisch optellen van de waarden die zijn verkregen wordt het A-gewogen installatiegeluidrukniveau per ruimte (  $L_{I; A; i}$  ) verkregen. Dit dient men te doen met formule 5.

$$L_{I; A; j} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n 10^{L_{I; A; i} / 10} \right) \quad (5)$$

- $L_{I; A; j}$  = A-gewogen installatiegeluidrukniveau in een verblijfsruimte
6. Indien het verblijfsgebied uit één ruimte bestaat dient de formule 6 toegepast te worden, als het verblijfsgebied uit meerder ruimtes bestaat moet formule 7 gebruikt worden.

$$L_{I; A; k} = L_{I; A; j} + \log \frac{V}{V_o} \quad (6)$$

$$L_{I; A; K} = 10 \log \left( \sum_{j=1}^n \frac{V_j}{V_{tot}} 10^{L_{I; A; j} / 10} \right) + 5 \log \frac{V_{tot}}{V_o} \quad (7)$$

- $L_{I; A; K}$  = karakteristiek A-gewogen installatiegeluidrukniveau;
- $V_j$  = volume verblijfsruimte ontvangruimte;
- $V_{tot}$  = volume totale verblijfsgebied ontvangruimte;
- $V_o$  = referentie volume ontvangruimte 25 m<sup>2</sup>.

Het karakteristiek A-gewogen installatiegeluid dient afgerond te worden op het dichtstbijzijnde gehele getal. Indien het niet afgeronde getal op een halve eenheid eindigt, moet dit worden afgerond op het dichtstbijzijnde even getal.

### 3.3 Debieten meten

Aan de hand van een flowfinder kan het debiet per ventiel gemeten worden. Op figuur 3.1 is een flowfinder te zien. De flowfinder dient op het te meten ventiel geplaatst te worden, vervolgens moet er met de draaiknop gedraaid worden totdat de wijzer aangeeft dat de nuldruk is bereikt (de zogenaamde nuldrukcompensatiemethode). Er zit een ventilator in de flowfinder die de weerstand compenseert waardoor de te meten volumestroom niet beïnvloed wordt door de meting zelf en je dus meet wat je wilt weten.



Figuur 3.2: Flowfinder

## Bijlage 4: Resultaten

### 4.1 Gemeten debieten

De debieten in onderstaande tabellen zijn allen gemeten in stand 3 van het systeem. Deze stand is door de opdrachtgever van de installateur vastgesteld als de Bouwbesluit eis. Voor Type A, B en F is aangenomen dat er in de technische ruimte  $14 \text{ dm}^3/\text{s}$  afgevoerd wordt, bij deze type woningen kon niet gemeten worden doordat het ventiel niet in het plafond gesitueerd is. Dit is cursief aangegeven.

Tabel 4.1: Gemeten waarden ventielen type A1

Type A1	Toevoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Afvoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Balans?
Woonkamer	13.3	-	
	15.0	-	
	13.9	-	
Slaapkamer 1	12.8	-	
Slaapkamer 2	13.9	-	
Gang	9.4	-	
Keuken	-	31.7	
Wc	-	10.6	
Badkamer	-	15.0	
Technische ruimte	-	<i>14.0</i>	
Totaal	78.3	71.3	Nee

Tabel 4.2: Gemeten waarden ventielen type B2

Type B2	Toevoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Afvoer $\text{dm}^3/\text{s}$	Balans?
Woonkamer	14.4	-	
	15.6	-	
	13.3	-	
Slaapkamer 1	13.9	-	
Slaapkamer 2	8.3	-	
Slaapkamer 3	13.9	-	
Keuken	-	35.6	
Wc	-	8.3	
Badkamer	-	13.9	
Technische ruimte	-	<i>14.0</i>	
Totaal	65.5	71.8	Nee

Tabel 4.3: Gemeten waarden ventielen type E4

E4	Toevoer dm <sup>3</sup> /s	Afvoer dm <sup>3</sup> /s	Balans?
Woonkamer	16.1	-	
	15.0	-	
	13.9	-	
Slaapkamer 1	15.8	-	
Slaapkamer 2	15.8	-	
Slaapkamer 3	11.7	-	
Keuken	-	40.0	
Wc	-	11.7	
Badkamer	-	13.9	
Technische ruimte	-	18.3	
Totaal	88.3	83.9	Ja

Tabel 4.4: Gemeten waarden ventielen type E6

E6	Toevoer dm <sup>3</sup> /s	Afvoer dm <sup>3</sup> /s	Balans?
Woonkamer	13.3	-	
	13.6	-	
	13.9	-	
Slaapkamer 1	11.7	-	
Slaapkamer 2	15.0	-	
Slaapkamer 3	13.6	-	
Keuken	-	25.6	
Wc	-	9.7	
Badkamer	-	15.3	
Technische ruimte	-	13.9	
Totaal	81.1	64.5	Nee

Tabel 4.5: Gemeten waarden ventielen type F4

Type F4	Toevoer	Afvoer	Balans?
Woonkamer	14.4	-	
	12.5	-	
	13.9	-	
Slaapkamer 1	14.4	-	
Slaapkamer 2	9.4	-	
Gang	14.4	-	
gang 2	7.2	-	
Keuken	-	37.5	
Wc	-	10.6	
Badkamer	-	20.0	
Technische ruimte	-	14.0	
Totaal	86.2	82.1	Ja

Tabel 4.6: Gemeten waarden ventielen type F5

F5	Toevoer dm <sup>3</sup> /s	Afvoer dm <sup>3</sup> /s	Balans?
Woonkamer	12.8	-	
	12.8	-	
	11.1	-	
Slaapkamer 1	15.0	-	
Slaapkamer 2	8.3	-	
Gang	15.0	-	
	14.4	-	
Keuken	-	41.7	
Wc	-	11.1	
Badkamer	-	22.2	
Technische ruimte	-	14.0	
Totaal	89.4	89	Ja

#### 4.2 Rekensheets karakteristiek A-gewogen installatiegeluid

In deze paragraaf zijn de meetresultaten te zien en de berekening voor het uiteindelijke resultaat. Indien het achtergrondniveau minder dan 3 dB onder het installatieniveau ligt, dan wordt de desbetreffende octaafband niet meegenomen in de berekening en gemarkeerd en zijn de cijfers rood gemaakt. Hoe het  $L_{l;a,k}$  uitgerekend wordt is uitgelegd in bijlage 3 paragraaf 3.2.

### 4.3 Bouwkundige overdracht

Hieronder worden de uitwerkingen van de bouwkundige overdracht per appartement weergegeven. Eerst worden de sheets met de gemeten bronniveaus weergegeven en vervolgens die met de berekende bronniveaus.

Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
WTW	53	51,4	49,1	51,5	50	49,1	48	47	
	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
	26,8	35,2	40,4	48,3	50	50,3	49	45,9	56,1
WTW-pers	72,7	76,6	73,5	69,4	64,4	57,7	51,7	39,5	
demping	7	7	7	5	6	12	16	16	
	65,7	69,6	66,5	64,4	58,4	45,7	35,7	23,5	
	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
	39,5	53,4	57,8	61,2	58,4	46,9	36,7	22,4	64,6
WTW-zuig	67,7	62,6	61	57	45,9	41,5	33,2	23,1	
demping	7	7	7	5	6	12	16	16	
	60,7	55,6	54	52	39,9	29,5	17,2	7,1	
	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
	34,5	39,4	45,3	48,8	39,9	30,7	18,2	6	51,2
Totaal	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	65,4

Figuur

#### 4.1: berekende bronniveau in de technische ruimte

#### 4.3.1 Woningtype B2

#### Gemeten waarden

B2 Vanuit TR naar Woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	49,3	58,7	57,4	58,5	55,1	50,4	42,1	33,8	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	23,1	42,5	48,7	55,3	55,1	51,6	43,1	32,7	59,6
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$Lp = Lp_{techn. R.} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VG [s]	1,7	2,1	2,1	2,2	2,2	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VG [dB(A)]	5,8	20,1	18,4	18,5	12,7	5,9	0,7	-16,6	24,3 dB(A)

Figuur 4.2: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

B2 Vanuit TR naar Woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	49,3	58,7	57,4	58,5	55,1	50,4	42,1	33,8	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	23,1	42,5	48,7	55,3	55,1	51,6	43,1	32,7	59,6
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VG [s]	1,7	2,1	2,1	2,2	2,2	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VG [dB(A)]	-13,0	5,5	13,6	15,9	9,7	4,1	-5,4	-16,8	18,9 dB(A)

Figuur 4.3: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

B2 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	38,4	40,7	41,4	41,1	38,6	33,1	23,1	17,2	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	12,2	24,5	32,7	37,9	38,6	34,3	24,1	16,1	42,7
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	12,0	14,0	15,1	15,4	15,6	15,5	15,5	15,5	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,7	2,1	2,1	2,2	2,2	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-3,8	7,4	14,5	19,5	20,1	15,3	4,3	-4,7	24,2 dB(A)

Figuur 4.4: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

B2 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	38,4	40,7	41,4	41,1	38,6	33,1	23,1	17,2	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	12,2	24,5	32,7	37,9	38,6	34,3	24,1	16,1	42,7
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	13,8	14,6	15,2	15,5	15,6	15,5	15,5	15,5	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,7	2,1	2,1	2,2	2,2	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-5,6	6,8	14,4	19,5	20,1	15,3	4,3	-4,7	24,2 dB(A)

Figuur 4.5: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

## Berekende waarden

B2 Vanuit TR naar de gang									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	
absorptie A m2	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
Totaal	47,7	60,5	65,0	68,5	65,9	58,8	56,1	52,8	72,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en gang									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	
Deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Totaal [dB]	14,4	19,1	24,6	29,2	32,6	29,9	30,7	32,0	
Volume gang [m <sup>3</sup> ]	36,56				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	29,7	37,7	36,7	35,6	29,6	25,2	21,8	17,2	42,2 dB(A)

Figuur 4.6: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de gang toe met metal stud

B2 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	
absorptie A m2	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
Totaal	47,7	60,5	65,0	68,5	65,9	58,8	56,1	52,8	72,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	25,1	31,8	28,4	25,3	17,0	7,3	8,6	-0,7	34,7 dB(A)

Figuur 4.7: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

B2 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	
absorptie A m2	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
Totaal	47,7	60,5	65,0	68,5	65,9	58,8	56,1	52,8	72,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	6,3	17,2	23,6	22,6	14,0	5,5	2,5	-0,9	27,0 dB(A)

Figuur 4.8: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

B2 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
berekende niveau gang	29,7	37,7	36,7	35,6	29,6	25,2	21,8	17,2	
Totaal	29,7	37,7	36,7	35,6	29,6	25,2	21,8	17,2	42,2
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	12,0	14,0	15,1	15,4	15,6	15,5	15,5	15,5	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p\text{ techn. R}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	8,3	14,4	12,2	10,8	4,7	0,4	-3,1	-7,7	18,3 dB(A)

Figuur 4.9: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

B2 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
berekende niveau gang	29,7	37,7	36,7	35,6	29,6	25,2	21,8	17,2	
Totaal	29,7	37,7	36,7	35,6	29,6	25,2	21,8	17,2	42,2
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	4,578	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	13,8	14,6	15,2	15,5	15,6	15,5	15,5	15,5	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	118,7				$L_p = L_{p\text{ techn. R}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	6,5	13,7	12,1	10,8	4,7	0,4	-3,1	-7,7	17,9 dB(A)

Figuur 4.10: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

### 4.3.2 Woningtype E4

#### Gemeten waarden

E4 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	56,7	58,2	62,7	65	58,6	51,3	44,5	36,1	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	30,5	42	54	61,8	58,6	52,5	45,5	35	64,3
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	2,1	2,9	2,9	3,1	3,1	2,3	1,8	1,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	15,4	22,3	26,4	27,8	18,9	8,9	4,9	-12,4	31,2 dB(A)

Figuur 4.11: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

E4 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	56,7	58,2	62,7	65	58,6	51,3	44,5	36,1	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	30,5	42	54	61,8	58,6	52,5	45,5	35	64,3
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	2,1	2,9	2,9	3,1	3,1	2,3	1,8	1,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-3,4	7,7	21,5	25,2	15,9	7,1	-1,2	-12,6	27,2 dB(A)

Figuur 4.12: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

E4 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	46,8	46,3	46,4	46,7	41,9	34,7	25,7	18	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	20,6	30,1	37,7	43,5	41,9	35,9	26,7	16,9	46,9
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	11,4	13,0	13,9	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	2,5	12,0	19,4	25,3	23,4	16,9	6,9	-3,7	28,5 dB(A)

Figuur 4.13: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

E4 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	46,8	46,3	46,4	46,7	41,9	34,7	25,7	18	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	20,6	30,1	37,7	43,5	41,9	35,9	26,7	16,9	46,9
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	12,7	13,4	13,9	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	1,2	11,6	19,3	25,3	23,4	16,9	6,9	-3,7	28,5 dB(A)

Figuur 4.14: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

## Berekende waarde, gelden ook voor woningtype E6

E4 en E6 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	
absorptie A m2	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Totaal	46,7	59,5	64,0	67,5	64,9	57,8	55,1	51,8	71,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$L_p = L_{p \text{ techn. R}} - R_{wand} + 10 \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	25,4	32,2	28,7	25,6	17,3	7,6	9,0	-0,3	35,0 dB(A)

Figuur 4.15: bouwkundige overdracht E4 en E6 vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

E4 en E6 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	
absorptie A m2	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Totaal	46,7	59,5	64,0	67,5	64,9	57,8	55,1	51,8	71,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$L_p = L_{p \text{ techn. R}} - R_{wand} + 10 \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	6,7	17,6	23,9	23,0	14,3	5,8	2,8	-0,5	27,3 dB(A)

Figuur 4.16: bouwkundige overdracht E4 en E6 vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

E4 en E6 Vanuit TR naar de gang									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4	
absorptie A m2	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Totaal	46,7	59,5	64,0	67,5	64,9	57,8	55,1	51,8	71,2
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	
Deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	4,3925	4,3925	4,3925	4,3925	4,3925	4,3925	4,3925	4,3925	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Totaal [dB]	14,5	19,0	24,2	28,6	31,9	29,2	30,0	31,2	
Volume gang [m <sup>3</sup> ]	39,85				$L_p = L_{p \text{ techn. R}} - R_{wand} + 10 \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	27,5	35,7	35,0	34,1	28,2	23,9	20,4	15,8	40,4 dB(A)

Figuur 4.17: bouwkundige overdracht E4 en E6 vanuit de technische ruimte naar de gang toe met metal stud

E4 en E6 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau gang	27,5	35,7	35,0	34,1	28,2	23,9	20,4	15,8	
Totaal	27,5	35,7	35,0	34,1	28,2	23,9	20,4	15,8	40,4
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	11,4	13,0	13,9	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	5,2	11,9	10,2	9,0	3,1	-1,2	-4,7	-9,3	16,1 dB(A)

Figuur 4.18: bouwkundige overdracht E4 en E6 vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

E4 en E6 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
berekende niveau gang	27,5	35,7	35,0	34,1	28,2	23,9	20,4	15,8	
Totaal	27,473249	35,749387	35,003627	34,073413	28,190186	23,868436	20,361891	15,822044	40,4
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	12,7	13,4	13,9	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	3,9	11,4	10,2	9,0	3,1	-1,2	-4,7	-9,3	15,8 dB(A)

Figuur 4.18: bouwkundige overdracht E4 en E6 vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

### 4.3.3 Woningtype E6

#### Gemeten waarden

E6 Vanuit TR naar Woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	47,6	57	60,7	63,4	56,4	49,7	42,1	30,1	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	21,4	40,8	52	60,2	56,4	50,9	43,1	29	62,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Kier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	2,1	2,9	2,9	3,1	3,1	2,3	1,8	1,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	6,3	21,1	24,4	26,2	16,7	7,3	2,5	-18,4	29,4 dB(A)

Figuur 4.19: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

E6 Vanuit TR naar Woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	47,6	57	60,7	63,4	56,4	49,7	42,1	30,1	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	21,4	40,8	52	60,2	56,4	50,9	43,1	29	62,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Kier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	2,1	2,9	2,9	3,1	3,1	2,3	1,8	1,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-12,4	6,5	19,6	23,6	13,8	5,5	-3,6	-18,5	25,4 dB(A)

Figuur 4.20: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

E6 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
gemeten niveau gang	46,9	44,4	42,8	45,5	39,4	32,4	23,4	18,3	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	20,7	28,2	34,1	42,3	39,4	33,6	24,4	17,2	45,0
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	13,5	16,4	18,6	19,5	19,8	19,6	19,7	19,8	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	0,5	6,7	11,0	18,7	15,3	9,1	-0,9	-9,0	21,3 dB(A)

Figuur 4.21: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

E6 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
gemeten niveau gang	46,9	44,4	42,8	45,5	39,4	32,4	23,4	18,3	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	20,7	28,2	34,1	42,3	39,4	33,6	24,4	17,2	45,0
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	3,993	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	15,8	17,4	18,8	19,6	19,9	19,6	19,7	19,8	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	147				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-1,8	5,7	10,9	18,7	15,3	9,1	-0,9	-9,0	21,2 dB(A)

Figuur 4.21: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

#### 4.3.4 Woningtype F4

##### Gemeten waarden

F4 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	60,8	68,1	68,6	66,5	61,8	56,8	51,5	39,6	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	34,6	51,9	59,9	63,3	61,8	58	52,5	38,5	67,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,4	1,8	2,1	2,2	2,3	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	13,0	25,4	26,2	23,1	16,1	8,9	6,7	-14,2	30,2 dB(A)

Figuur 4.22: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

F4 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	60,8	68,1	68,6	66,5	61,8	56,8	51,5	39,6	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	34,6	51,9	59,9	63,3	61,8	58	52,5	38,5	67,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,4	1,8	2,1	2,2	2,3	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-5,7	10,8	21,4	20,5	13,1	7,1	0,6	-14,4	24,6 dB(A)

Figuur 4.23: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

F4 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	53,2	50,1	54,5	53,5	52,3	46,7	41,2	35,7	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	27	33,9	45,8	50,3	52,3	47,9	42,2	34,6	56,0
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	10,3	11,4	11,9	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn. R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,4	1,8	2,1	2,2	2,3	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	9,9	16,8	28,8	33,3	35,4	30,2	23,8	15,2	38,9 dB(A)

Figuur 4.24: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

F4 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	53,2	50,1	54,5	53,5	52,3	46,7	41,2	35,7	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	27	33,9	45,8	50,3	52,3	47,9	42,2	34,6	56,0
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	11,0	11,6	12,0	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p\text{ techn. R.}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,4	1,8	2,1	2,2	2,3	1,9	1,6	1,3	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	9,2	16,6	28,7	33,3	35,4	30,2	23,8	15,2	38,9 dB(A)

Figuur 4.25: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

## Berekende waarden, gelden ook voor woningtype F5

F4 en F5 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	
absorptie A m2	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Totaal	48,6	61,4	65,8	69,4	66,8	59,7	57,0	53,6	73,1
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p\text{ techn. R.}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	22,5	29,3	25,9	22,7	14,5	4,8	6,1	-3,2	32,2 dB(A)

Figuur 4.26: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

F4 en F5 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	
absorptie A m2	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Totaal	48,6	61,4	65,8	69,4	66,8	59,7	57,0	53,6	73,1
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p\text{ techn. R.}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	3,8	14,7	21,1	20,1	11,5	3,0	0,0	-3,4	24,5 dB(A)

Figuur 4.27: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

F4 en F5 Vanuit TR naar de gang									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	
absorptie A m2	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Totaal	48,6	61,4	65,8	69,4	66,8	59,7	57,0	53,6	73,1
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
Deur	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Kier	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Totaal [dB]	14,5	18,9	23,9	28,3	31,5	28,7	29,5	30,7	
Volume gang [m <sup>3</sup> ]	23,91				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	33,2	41,7	41,1	40,3	34,4	30,1	26,6	22,1	46,5 dB(A)

Figuur 4.28: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de gang toe met metal stud

F4 en F5 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau gang	33,24	41,67	41,10	40,25	34,43	30,14	26,60	22,10	
Totaal	33,2	41,7	41,1	40,3	34,4	30,1	26,6	22,1	46,5
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	10,3	11,4	11,9	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	11,6	19,0	17,8	16,8	10,9	6,7	3,1	-1,4	23,5 dB(A)

Figuur 4.29: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

F4 en F5 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau gang	33,24	41,67	41,10	40,25	34,43	30,14	26,60	22,10	
Totaal	33,2	41,7	41,1	40,3	34,4	30,1	26,6	22,1	46,5
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	11,0	11,6	12,0	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	10,9	18,8	17,8	16,8	10,9	6,7	3,1	-1,4	23,3 dB(A)

Figuur 4.30: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

### 4.3.5 Woningtype F5

#### Gemeten waarden

F5 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	58,8	66,2	66,4	64,8	59,7	54,5	47,4	36,7	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	32,6	50	57,7	61,6	59,7	55,7	48,4	35,6	65,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	14,0	20,0	27,9	34,6	40,2	42,9	38,8	44,8	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn, R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S/V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	10,7	23,8	24,2	21,8	14,0	6,8	2,9	-16,8	28,4 dB(A)

Figuur 4.31: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met metal stud

F5 Vanuit TR naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau TR	58,8	66,2	66,4	64,8	59,7	54,5	47,4	36,7	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	32,6	50	57,7	61,6	59,7	55,7	48,4	35,6	65,5
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Kierterm	45	45	45	45	45	45	45	45	
Totaal [dB]	32,7	34,6	32,7	37,2	43,2	44,7	44,9	45,0	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn, R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S/V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	-8,0	9,2	19,4	19,2	11,0	5,0	-3,3	-16,9	22,9 dB(A)

Figuur 4.32: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

F5 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	52,8	52,7	54	50,936	47,5	44	35	26	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	26,6	36,5	45,3	47,736	47,5	45,2	36	24,9	52,8
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	10,3	11,4	11,9	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	132,1				$Lp = Lp_{techn, R} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S/V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	9,1	19,6	28,5	31,1	30,6	27,8	17,8	5,9	35,9 dB(A)

Figuur 4.33: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met metal stud

F5 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Gemeten niveau gang	52,8	52,7	54	50,936	47,5	44	35	26	
A-weging	-26,2	-16,2	-8,7	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Totaal	26,6	36,5	45,3	47,736	47,5	45,2	36	24,9	52,8
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	3,254	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Kalkzandsteen 100 mm	33	35	33	38	48	56	64	66	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	11,0	11,6	12,0	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	
Volume VG [m <sup>3</sup> ]	132,1				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	1,3	1,9	2,2	2,4	2,3	2	1,7	1,4	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	8,4	19,4	28,4	31,1	30,6	27,8	17,8	5,9	35,9 dB(A)

Figuur 4.34: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe met kalkzandsteen

#### 4.3.6 Woningtype F4 aangepast

F4 en F5 Vanuit TR naar de gang									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau TR	40,9	53,6	58,1	61,6	59,0	52,0	49,3	45,9	
alpha	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
Oppervlakte	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	
absorptie A m2	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	
Totaal	48,6	61,4	65,8	69,4	66,8	59,7	57,0	53,6	73,1
Bepaling R-waarde wand tussen T.R. en VR									
Oppervlak wand [m <sup>2</sup> ]	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
Deur	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	6,586	6,586	6,586	6,586	6,586	6,586	6,586	6,586	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Kierterm	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	20,0	35,0	
Deur	15	18	22	26	29	26	27	28	
Totaal [dB]	17,2	23,2	31,2	38,2	45,2	50,0	42,4	59,9	
Volume gang [m <sup>3</sup> ]	32,49				$L_p = L_{p_{techn. R}} - R_{wand} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau gang [dB(A)]	29,2	36,0	32,5	29,0	19,4	7,5	12,5	-8,4	38,7 dB(A)

Figuur 4.35: bouwkundige overdracht vanuit de technische ruimte naar de gang toe

F4 en F5 Vanuit de gang naar woonkamer									
Bron	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	Totaal
Berekende niveau gang	29,2	36,0	32,5	29,0	19,4	7,5	12,5	-8,4	
Totaal	29,2	36,0	32,5	29,0	19,4	7,5	12,5	-8,4	38,7
Bepaling R-waarde wand tussen gang en VR									
Oppervlakte wand	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Oppervlakte deur	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	
Kier	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	
Totale oppervlakte [m <sup>2</sup> ]	3,256	3,256	3,256	3,256	3,256	3,256	3,256	3,256	
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
100 mm metal stud	14	20	28	35	42	47	40	58	
Deur	18	20	24	28	29	30	34	38	
Kier	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kierterm	25	25	25	25	25	25	25	25	
Totaal [dB]	16,1	20,0	25,1	29,4	30,7	31,8	35,1	39,1	
Volume VR [m <sup>3</sup> ]	107,75				$L_p = L_{p\text{ techn. R}} - R_{\text{wand}} + 10 \cdot \log 6 \cdot T \cdot S / V$				
Nagalmtijd VR [s]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Geluidsniveau VR [dB(A)]	2,6	5,5	-3,0	-10,8	-21,8	-34,7	-33,1	-58,0	7,8 dB(A)

**Figuur 4.36: bouwkundige overdracht vanuit de gang naar de woonkamer toe**

#### 4.4 Overdracht door de kanalen

Bij het invoeren van de kanalen in de rekensheet zijn soms andere groottes van kanalen gekozen. Dit omdat in de database nog niet alle soorten en maten zijn opgenomen en ook omdat nog voor elke maat gegevens bekend zijn. Daarom is ervoor gekozen om steeds de dichtstbijzijnde maten te kiezen om een zo goed mogelijk beeld te krijgen.



Figuur 5.1: Ventiel die niet gemeten kan worden met de voorhanden apparatuur



Figuur 5.2: Django Building



Figuur 5.3: Technische ruimte, de stork air WHR 930

## Bijlage 6      GIW en totstandkoming installatiegeluid eis

Het garantie instituut woningbouw (GIW) werd in 1975 opgericht als doel om de kwaliteit van nieuwbouwwoningen te verbeteren en om te zorgen dat het vertrouwen tussen kopers en bouwondernemers te vergroten. Hiervoor heeft het GIW speciale regelgeving samen met de bouwondernemingen en consumenten organisaties opgesteld.

Doordat kopers woningen kopen met GIW garantie is men verzekerd van kwaliteit en hoeft men niet bang te zijn dat er iets mis gaat in de bouw. Als er bijvoorbeeld een bouwondernemer, die verbonden is aan het GIW, failliet gaat hoeft men niet bang te zijn dat er meer betaald dient te worden om het huis af te laten bouwen, dit is verzekerd door het GIW. Het GIW richt zich voornamelijk op de bouwtechnische voorwaarde waar een huis aan moet voldoen, ze hebben extra eisen gesteld boven op die van het Bouwbesluit 2003. Enkele van deze eisen komen terug in het nieuwe Bouwbesluit 2010 die na verwachting in september 2011 uitkomt.

Na het invoeren van het Bouwbesluit in 1992, waarbij geen wettelijke eis meer was voor het installatiegeluid binnen de woning maar alleen naar de burenlucht toe, kreeg Woningborg veel klachten van kopers met betrekking tot geluid van hun eigen installatie. Doordat Woningborg, die aangesloten is bij het GIW, streeft naar een goede prijs-kwaliteitverhouding, werd de technische Commissie van het GIW ingeschakeld om voor dit probleem misschien aanvullende eisen op te stellen. De weg om een eis hiervoor op te stellen was door te verwijzen naar NEN 1070 waarbij klasse 3 in acht werd genomen, dit staat gelijk aan geluidniveau van 30 dB(A) in een verblijfsruimte, gehouden dient te worden. Deze aanvullende GIW eisen zijn sinds 1 januari 2007 van kracht gegaan.

Deze eis heeft het Bouwbesluit overgenomen nadat er veel klachten waren over het installatiegeluid. De eis die het GIW stelde gold voor een verblijfsruimte, in het Bouwbesluit 2010 geldt de eis over het verblijfsgebied, deze nieuwe eis is dus zwaarder dan die van het GIW.

## Bijlage 7 Bouwkundige tekeningen en installatie tekeningen