



Vlaanderen
is omgeving

CODE VAN GOEDE PRAKTIJK

Geluid van buitenunits van residentiële
lucht-lucht (airco) en lucht-water
warmtepompen

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgeving.vlaanderen.be



Frixis

VVSG Vereniging van
Vlaamse Steden
en Gemeenten



DEPARTEMENT
OMGEVING

VLAAMS
ENERGIE- &
KLIMAATAGENTSCHAP



EW Buildwise



INTRO

Deze code van goede praktijk moet installateurs en gebruikers helpen om een optimaal geluidscmfort te creëren voor eigenaars en omwonenden van zowel bestaande als nieuwe warmtepompen en airco's met een buitenunit. In de meeste gevallen gaat het dan over lucht-lucht (airco) en lucht-water warmtepompen.

Door de verschuiving naar duurzame energiebronnen en de toename van warmtepompsystemen als efficiënte verwarmings- en koeloplossingen, is het belangrijk om hun impact op het omgevingsgeluid zorgvuldig te overwegen. Daarbij zijn er de laatste jaren ook heel wat buitenunits voor lucht-lucht en lucht-water warmtepompen geïnstalleerd in Vlaanderen.

Deze code van goede praktijk¹ vertrekt van een toegankelijke toelichting van de basisprincipes geluid die achtergrond bieden bij de mogelijke maatregelen die het geluidscmfort verbeteren (**hoofdstuk 1. Basisprincipes geluid**).

In **hoofdstuk 2** wordt op basis van de bestaande wetgeving een **voorstel van richtlijnen en criteria** gegeven voor de beoordeling van het geluid van buitenunits van warmtepompen en airco's.

Hoofdstuk 3. Een optimale installatie voor een optimaal comfort reikt een methodologie aan voor installateurs om tot een goede installatie te komen. Hierbij wordt rekening gehouden met de richtlijnen zoals aangegeven in hoofdstuk 2 van deze code van goede praktijk.

In **hoofdstuk 4 Oplossingen bij bestaande installaties** komen methodes aan bod om bij bestaande installaties het geluidscmfort te verbeteren.

Tot slot worden de aangehaalde principes en methodes toegelicht aan de hand van enkele voorbeelden in **hoofdstuk 5. Casestudies**.

Deze code van goede praktijk kwam tot stand door een samenwerking tussen volgende instanties:

- het Departement Omgeving,
- het Vlaams Energie- en Klimaatagentschap (VEKA),
- de Vereniging van Vlaamse Steden en Gemeenten (VVSG),
- Buildwise, het innovatiecentrum van de bouwsector,
- Frixis, de Belgische Vereniging voor Koude en Luchtbehandeling,
- Climafed, de Belgische federatie voor klimaattechnologieën,
- Bouwunie, de organisatie voor zelfstandigen en kmo's in de bouw in Vlaanderen,
- Techlink, de Belgische beroepsfederatie van fabrikanten, distributeurs, installateurs en bedrijven in installatietechnieken,
- het Warmtepompplatform van de Organisatie Duurzame Energie (ODE)

Dit document is een levend document en bovenliggende partners doen het nodige om steeds de laatste inzichten op het vlak van akoestiek en warmtepomptechnologie te verwerken om het geluidscmfort voor eigenaars en omwonenden te verbeteren.

¹ Code van goede praktijk: een geheel van geschreven en publiek toegankelijke regels over de bouw, plaatsing, de aansluiting, het gebruik en het onderhoud van buitenunits van lucht-lucht en lucht-water warmtepompen met het oog op omgevingsgeluid met inbegrip van de toepasselijke productnormen en de algemeen aanvaarde regels van goed vakmanschap. Deze tekst is geen wet of vervangt geen wet, is niet afdwingbaar tenzij specifiek naar verwezen. Lokale overheden kunnen elementen uit de code van goede praktijk in overweging nemen bij de uitvoering van de hun toegewezen taken, maar zijn hiertoe niet verplicht. De beslissing om dit al dan niet te doen komt hen toe.

Naast dit document is ook de leidraad 'Omgevingsaspecten bij warmtepompen en airco-installaties' beschikbaar. Die gaat in op omgevingsaspecten bij gebruik aan en bij woningen, en geeft een antwoord op de voornaamste vragen over de regelgeving rond vergunningsplicht en geluidshinder.

Publicatiedatum: september 2024

INHOUDSTAFEL

1	Basisprincipes geluid.....	6
1.1	Contactgeluid en luchtgeluid	6
1.2	Geluidsvermogen vs geluidsdruk	6
1.3	Van geluidsvermogen naar geluidsdruk	8
1.3.1	Afstandsverzwakking	8
1.3.2	Reflectie en absorptie	9
1.3.3	Afscherming	11
1.4	Tonaal geluid	12
1.5	Combinatie van verschillende bronnen	13
2	Geluidsvoorwaarden voor warmtepompen.....	14
3	Een optimale installatie voor een optimaal geluidcomfort.....	16
3.1	Keuze van de warmtepomp of airco	16
3.1.1	Type warmtepomp of airco	16
3.1.2	Dimensionering	17
3.1.3	Geluidsvermogen	17
3.2	Positionering en oriëntatie	18
3.3	Beheersen van contactgeluid	18
3.4	Ondersteunende rekentool en studies	20
3.5	Communicatie met de eindklant & stappen ter voorbereiding van de installatie	20
4	Oplossingen bij bestaande installaties.....	21
4.1	Controleer de warmtepomp op een goede installatie en werking	21
4.2	Verhogen van de absorptie, afschermen of toevoegen van een akoestische omkasting	21
4.3	Herplaatsen van de buitenunit	22
5	Case studies.....	23
5.1	Case 1: een vrijstaande woning	29
5.2	Case 2: een halfopen bebouwing	32
5.3	Case 3: een rijwoning op beperkte perceelbreedte (5 m)	34
5.4	Case 4: rijwoningen	36
5.5	Case 5: een woning met buitenunit op het dak	38
5.6	Case 6: buitenunits op een appartementsgebouw van 3 verdiepingen	41

1 BASISPRINCIPES GELUID

1.1 CONTACTGELUID EN LUCHTGELUID

Geluid is niet zomaar geluid. Hierbij worden verschillende begrippen gehanteerd.

Contactgeluid ontstaat wanneer objecten trillen en deze trillingen zich door vaste materialen, zoals muren, vloeren en buizen, verspreiden. Bij een buitenunit van een warmtepomp of airco kunnen contactgeluiden optreden door trillingen veroorzaakt door de werking van de compressor, ventilatoren of andere bewegende onderdelen van het systeem. Deze trillingen worden door de structuur van het gebouw overgedragen. Ze kunnen hoorbaar zijn als geluid aan de andere kant van de wand, of de vloer.

Luchtgeluid verspreidt zich door de lucht en wordt waargenomen wanneer geluidsgolven zich direct door de lucht verplaatsen. Bij een buitenunit van een warmtepomp of airco kan luchtgeluid ontstaan door de luchtstroom die wordt gegenereerd door de ventilatoren van de warmtepomp en de afstraling van de trillingen van de omkasting.

Een voorbeeld

Stel je voor dat een buitenunit is geïnstalleerd op een plat dak van een uitbouw. Als de compressor begint te trillen, kunnen die trillingen zich door het plat dak verspreiden en hoorbaar zijn in aangrenzende kamers. Dit is contactgeluid.

De ventilatoren van de buitenunit draaien en brengen ook lucht in beweging en produceren dus ook geluid. Dit is luchtgeluid.

1.2 GELUIDSVERMOGEN VS GELUIDSDRUK

Daarnaast bestaat ook nog een verschil tussen het **geluidsvermogen** (L_w) en het **geluidsdruk** (L_p).

Het **geluidsvermogen** is de hoeveelheid geluid die een toestel produceert. Dit is eigen aan het toestel onder een bepaalde werkingsconditie. Waar het toestel wordt geplaatst, is hier niet van belang. Het geproduceerde geluid zal zich vanaf het toestel naar de omgeving verspreiden en daar resulteren in een bepaalde geluidsdruk.

De **geluidsdruk** is het resulterende geluid van het toestel op een bepaalde plaats. De geluidsdruk is dus afhankelijk van de omgeving, bijvoorbeeld de afstand tot het toestel en de aanwezigheid van afscherpende constructies. Hoe groter de afstand tot het toestel en/of hoe meer afscherming, hoe lager de geluidsdruk. De geluidsdruk op een bepaald punt is ook telkens een resultaat van alle mogelijke geluidsbronnen in de omgeving. Ter illustratie, wanneer je vlak bij een luidspreker staat, dan ervaar je ook meer geluidsdruk dan wanneer je verder af staat. Bij bijvoorbeeld zware basgeluiden kan je dat niet alleen horen, maar voel je deze druk zelfs.

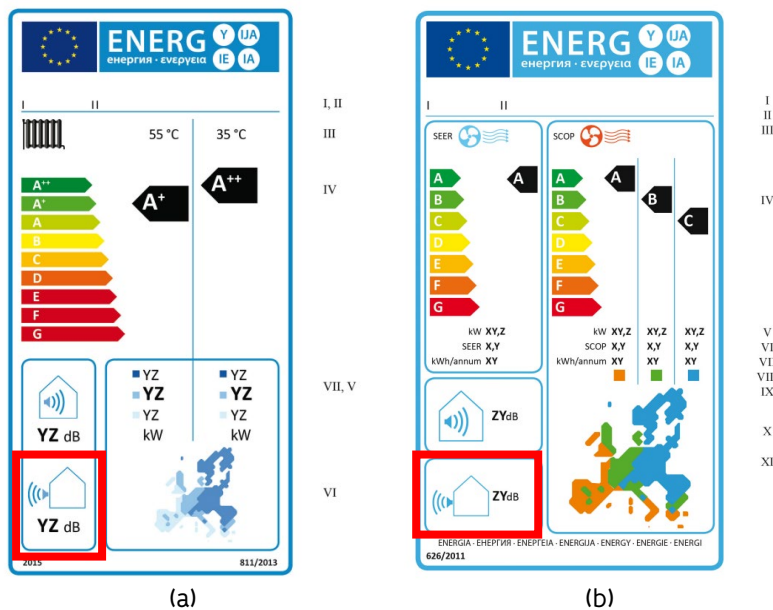
Geluid nemen we waar met onze oren die de akoestische golven in de lucht voelen, we ervaren dus de **geluidsdruk**. Comfort zal bijgevolg onder andere een resultaat zijn van een goede selectie van de buitenunit van de warmtepomp en de locatie waar deze geplaatst wordt. De plaatsing van deze buitenunit en in het bijzonder het geluidsvermogen is dan ook zéér belangrijk. Een

buitenunit met een hoger geluidsvermogen zal bijvoorbeeld op een grotere afstand moeten geplaatst worden of beter afgeschermd moeten worden om de geluidsdruk op de evaluatieplaats te verlagen.

Het **geluidsvermogen** van een buitenunit is de bepalende waarde als je met rekentools werkt om het resulterende geluidsdrukniveau op een bepaalde afstand te berekenen. Bij een warmtepomp of airco die correct gedimensioneerd werd, zal het geluidsvermogen van de buitenunit bij normale werking weinig verschillen van het geluidsvermogen weergegeven op het Ecolabel, bepaald volgens NBN EN 12102-1 (zie Figuur 1(a) voor lucht-water warmtepompen en in Figuur 1(b) voor lucht-lucht warmtepompen). In dit geval kan je deze waarde nemen om je berekeningen uit te voeren.

Als er geen warmteverliesberekening voor de warmtepomp is gemaakt en er geen zekerheid is over de optimale werking van de buitenunit, raden we aan om voor de berekeningen het maximale geluidsvermogen te gebruiken. De meeste fabrikanten geven dit maximaal geluidsvermogen mee in de handleiding. Wanneer dit niet duidelijk is aangegeven in de technische fiches, reken je best een 5 dB hogere waarde² in dan de waarde vermeld op het Ecolabel.

In sommige gevallen worden ook indicatief resulterende geluidsdrukken weergegeven op 1 of 3 meter, al dan niet gemeten in een 'vrij veld', let dus op dat je ook deze niet gebruikt als geluidsvermogen wanneer je werkt met de fiches uit **hoofdstuk 5: Case Studies**.



Figuur 1: Illustratie van een Ecodesign label voor lucht-water en water-water warmtepompen³ (a) en lucht-lucht warmtepompen⁴ (b). Het geluidsvermogen van de buitenunit van de warmtepomp of airco is aangeduid met een rood kader.

² Gebaseerd op volgende richtwaarden vermeld in de literatuur: ErP-waarde ongeveer **6 dB** lager dan seizoensgemiddelde waarde (F. Bessac, 2.3 Seasonal Sound Power Level Air-to-Water Heat Pump, Annex 51 Acoustic Signatures of Heat Pumps - Final Report, 2020.) ErP-waarde ongeveer **4 dB** lager dan gemeten vermogen in situ (Acoustic Noise Measurements of Air Source Heat Pumps (EE0214), UK Department of Energy and Climate Change, 2011) 'Normale' werking (= ErP?) typisch **tot 5 dB** lager dan maximale werking (C. Reichl, 7.1 Educational material, guides & guidelines, Annex 51 Acoustic Signatures of Heat Pumps - Final Report, 2021.)

³ Volledige Ecodesign en Ecolabelling wetgeving voor lucht-water warmtepompen terug te vinden op: <https://www.eceee.org/ecodesign/products/boilers/>

⁴ Volledige Ecodesign en Ecolabelling wetgeving voor lucht-lucht warmtepompen terug te vinden op: <https://www.eceee.org/ecodesign/products/airco-ventilation/>

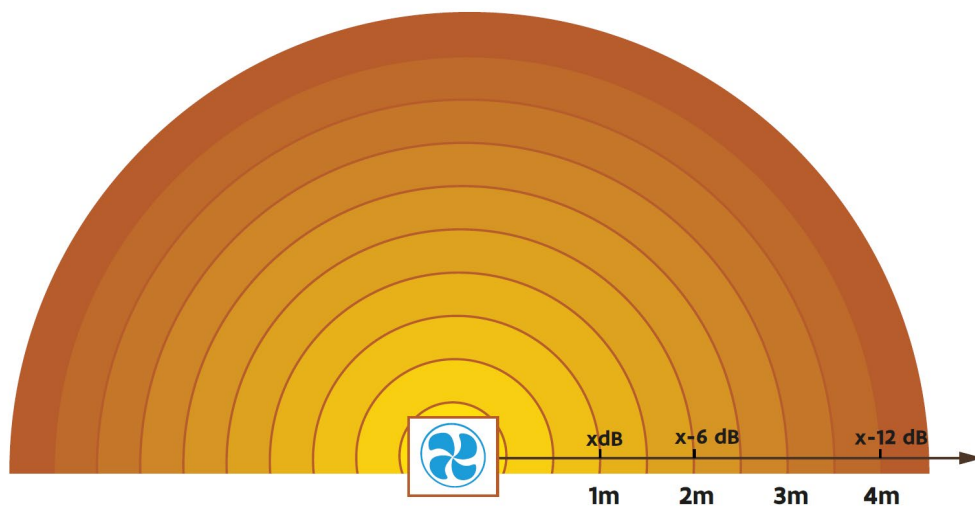
Tip: Zorg ervoor dat je geen appels met peren vergelijkt. Controleer steeds bij de selectie van de buitenunit of je geluidsvermogens met geluidsvermogens vergelijkt en geluidsdrukken met geluidsdrukken op dezelfde afstand onder dezelfde condities (werkingspunt, maximale waarden of deellastwaarden, ...). Niet elke fabrikant meet onder dezelfde omstandigheden Binnen één merk kan je de verschillende types wel onderling vergelijken. Gebruik altijd de geluidsvermogeniveaus bij gebruik van de fiches in deel 5 of een rekentool.

1.3 VAN GELUIDSVERMOGEN NAAR GELUIDSDRUK

Om op basis van het geluidsvermogen van een toestel een inschatting te maken van de resulterende geluidsdruk op een bepaalde plaats moet je rekening houden met afstandsverzwakking, reflectie, absorptie en afscherming.

1.3.1 Afstandsverzwakking

Tussen de geluidsbron en de ontvanger neemt de geluidsdruk af. Hoe verder de ontvanger van de bron af staat, hoe lager het waargenomen geluid is. Doordat het geluid zich uitbreidt in alle richtingen, wordt de geluidsenergie steeds minder. Het geluid wordt als het ware 'verdund'.



Figuur 2: Illustratie van de principes bij afstandsverzwakking. De geluidsdruk neemt met ongeveer 6 dB af voor elke verdubbeling van de afstand tot de buitenunit.

Vuistregel: bij één enkele buitenunit neemt de geluidsdruk met ongeveer 6 dB af voor elke verdubbeling van de afstand tot de buitenunit. Als de geluidsdruk veroorzaakt door een buitenunit op 4 m bijvoorbeeld 40 dB bedraagt, zal deze op 8 m nog ongeveer 34 dB bedragen. Let op, dicht bij een geluidbron (1 tot 2x de afmeting van de warmtepomp) zal het geluidsniveau de bovenstaande vuistregel niet volgen. De daling van het geluid (afstandsverzwakking) is dan beperkter.

1.3.2 Reflectie en absorptie

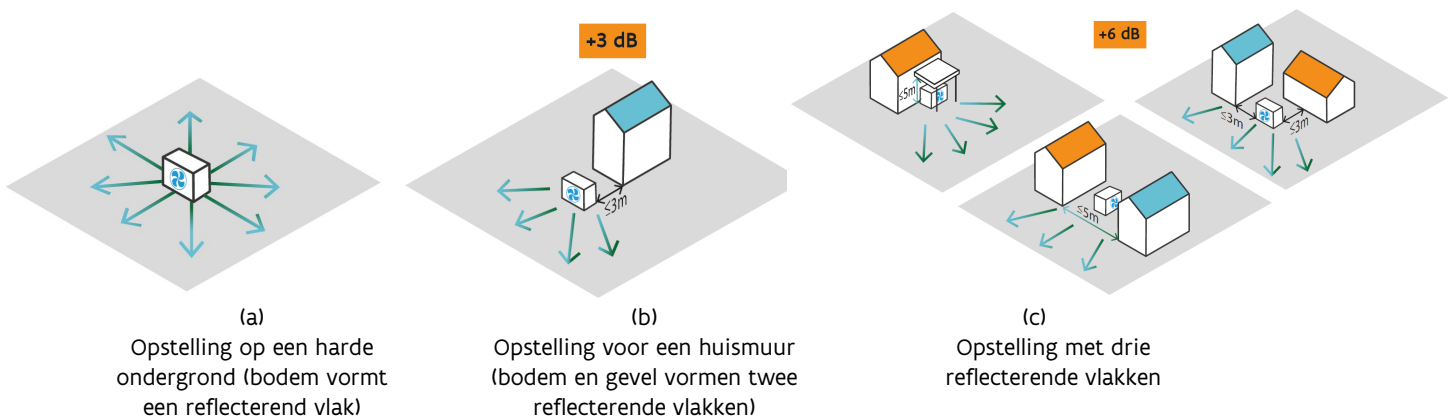
Geluidsreflectie is het weerkaatsen van (een deel van) het geluid wat resulteert in een hoger geluidsdrukniveau in een bepaalde richting.

Geluidsabsorptie heeft het tegenovergestelde effect, (een deel van) het geluid wordt niet weerkaatst maar wordt omgezet in warmte. Dit geluid verdwijnt dus als het ware.

Akoestisch 'harde' oppervlakken, zoals een terrasvloer, een harde ondergrond, muur of een dak zullen geluid eerder reflecteren. Akoestisch 'zachte' oppervlakken, zoals gras, zullen geluid eerder absorberen.

Geluid van de buitenunit zal zich normaal gezien in alle richtingen gelijkmatig verspreiden. Dit is niet meer het geval als reflecterende oppervlakken zoals muren en vloeren aanwezig zijn. Voor buitenunits zijn altijd reflecterende oppervlakken in de buurt omdat ze niet vrij in de lucht kunnen zweven. Met andere woorden, is de buitenunit langs een of meerdere kanten omgeven door een harde ondergrond, muur of een dak, dan zal het geluid zich door reflectie concentreren in bepaalde richtingen.

De meest voorkomende situaties voor buitenunits zijn weergegeven in Figuur 3. Hoe minder reflecterende oppervlakken in de buurt van de buitenunit, hoe lager de geluidsdruk. Zo zal bij een opstelling volgens (b) de geluidsdruk 3 dB hoger zijn dan bij opstelling (a) en bij opstelling (c) 6 dB ten opzichte van optie (a).

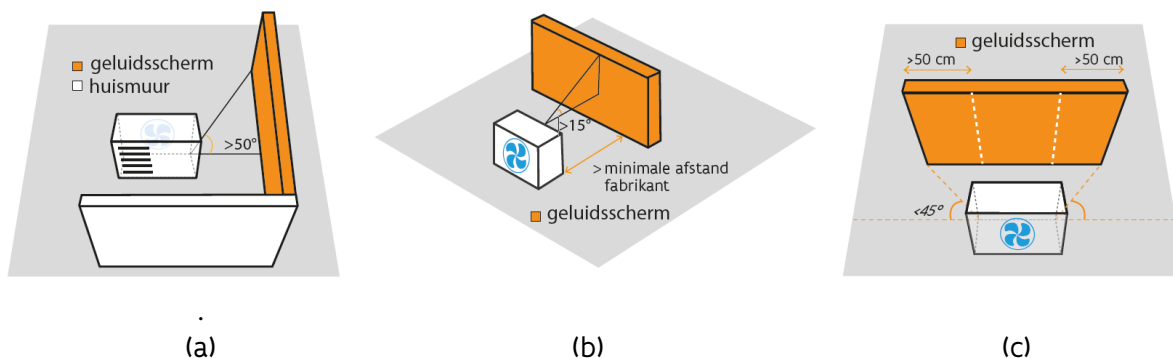


Figuur 3 Opstellingen van buitenunits en de bijhorende reflecties van geluid, (a) een buitenunit zonder obstakels in de buurt maar wel op een harde bodem, (b) een buitenunit geplaatst bij een gevel op een harde bodem, (c) een buitenunit geplaatst bij 2 gevels of een gevel en een afdak op een harde bodem. Dit is een theoretische benadering.

Rekening houdend met het aantal aanwezige reflecterende oppervlakken kan ook een inschatting gemaakt worden van het geluidsdrukniveau op 1 m van het toestel ($L_{p,1m}$) op basis van het geluidsvermogen (L_w) van het toestel. Op basis van de vuistregel voor afstandsverzwakking (-6 dB per verdubbeling van afstand) kan hiermee het geluidsdrukniveau op grotere afstanden ingeschat worden.

Aantal reflecterende oppervlakken	1	2	3
$L_{p,1m} =$	$L_w - 8 \text{ dB}$	$L_w - 5 \text{ dB}$	$L_w - 2 \text{ dB}$

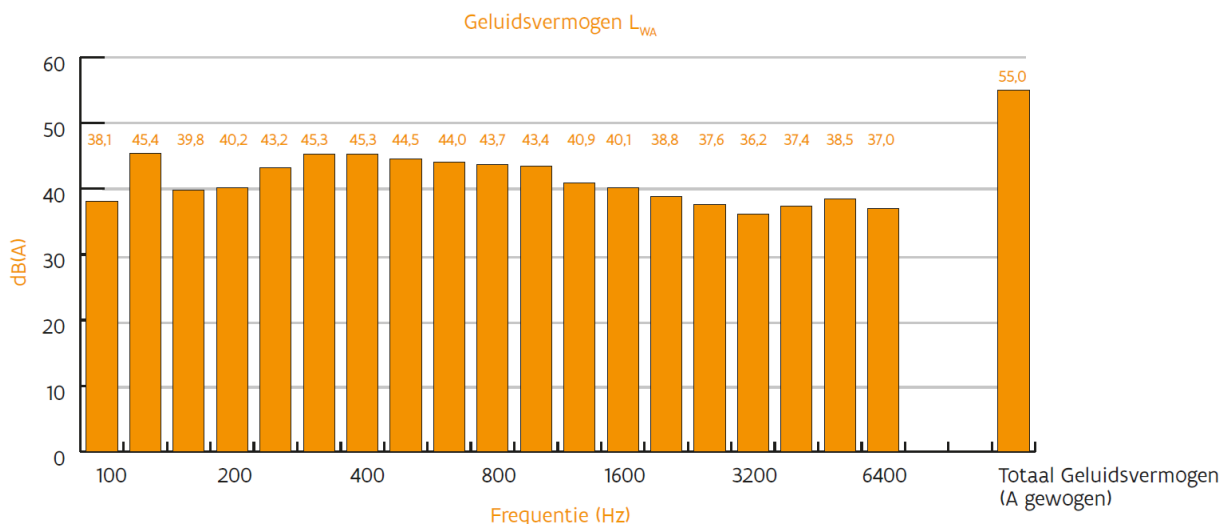
In Figuur 5 zijn enkele richtlijnen opgenomen. Om geluidsslekken te voorkomen, is het bij afscherming noodzakelijk om de wand goed te doen aansluiten op de vloer en de gevel.



Figuur 5: Richtlijnen voor afscherming door wanden met betrekking tot hoogte, lengte en positie van de wand. Door de combinatie met absorberende eigenschappen aan de zijde van de warmtepomp kan ook de reflectie op het eigen perceel of naar de andere richting beperkt worden.

1.4 TONAAAL GELUID

Het is mogelijk dat een buitenunit tonaal geluid veroorzaakt. Tonaal geluid is geluid dat één of meer zuivere tonen bevat. Dit wordt dan bijvoorbeeld ervaren als een gebrom of fluittoon. Tonaal geluid wordt als vervelender ervaren dan geluid zonder tonale component. Tonaal geluid kan bijvoorbeeld optreden bij een bepaald toerental van de ventilator of compressor.



Figuur 6: Abstracte voorstelling van de frequentieverdeling van het geluidsvermogen van een warmtepomp met een tonale component bij een frequentie van 125 Hz.

1.5 COMBINATIE VAN VERSCHILLENDE BRONNEN

Wanneer er meer dan twee buitenunits aanwezig zijn, wordt het geluidsdrukniveau op een specifieke plaats bepaald door de resulterende geluidsdruk niveaus van beide toestellen op die plaats op te tellen. Wanneer twee toestellen dicht⁷ bij elkaar staan kan je ze als 1 geluidsbron beschouwen en de geluidsvermogens van de twee bronnen optellen. Deze situatie is illustratief weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3. Let op, geluidsdruk niveaus en geluidsvermogen niveaus werken logaritmisch.

! **Tip:** Het geluidsdrukniveau is niet afkomstig van één bron maar het resultaat van alle bronnen in de buurt. Bij twee buitenunits met hetzelfde geluidsvermogen die dicht bij elkaar staan, kan het resulterende geluidsdrukniveau van één buitenunit verhoogd worden met 3 dB om het totale geluidsdrukniveau te bekomen. Bij toestellen met een verschillend geluidsvermogen of bij specifieke opstellingen moet je voor de verschillende toestellen het geluidsdrukniveau bepalen op één plaats (bv. de perceelsgrens) en ze vervolgens logaritmisch optellen.

Totale geluidsdruk bij 2 buitenunits die dicht bij elkaar staan wordt bepaald door:	
Bij een verschil in geluidsvermogen van 0 of 1 dB	Geluidsdruk t.g.v. het luidste toestel + 3 dB
Bij een verschil in geluidsvermogen van 2 of 3 dB	Geluidsdruk t.g.v. het luidste toestel + 2 dB
Bij een verschil in geluidsvermogen tussen 4 en 9 dB	Geluidsdruk t.g.v. het luidste toestel + 1 dB
Bij een verschil in geluidsvermogen van minstens 10 dB	Geluidsdruk t.g.v. het luidste toestel + 0 dB

Tabel 2: Resulterende geluidsdruk ten gevolge van twee dicht bij elkaar opgestelde buitenunits met verschillende geluidsvermogens.

Totale geluidsdruk bij meerdere buitenunits met eenzelfde geluidsvermogen die dicht bij elkaar staan ⁸ :	
Bij 2 buitenunits	Geluidsdruk t.g.v. één toestel + 3 dB
Bij 3 buitenunits	Geluidsdruk t.g.v. één toestel + 5 dB
Bij 4 buitenunits	Geluidsdruk t.g.v. één toestel + 6 dB
Bij 5 buitenunits	Geluidsdruk t.g.v. één toestel + 7 dB
Bij 6 buitenunits	Geluidsdruk t.g.v. één toestel + 8 dB

Tabel 3: Resulterende geluidsdruk ten gevolge van meerdere dicht bij elkaar opgestelde buitenunits met hetzelfde geluidsvermogen.

⁷ Wat als 'dicht bij elkaar' beschouwd moet worden, is afhankelijk van de afstand waarop je het geluidsdrukniveau wilt bepalen ten opzichte van de verschillende buitenunits. Wanneer je het geluidsdrukniveau wilt bepalen op ca 10 m afstand mogen de buitenunits maximaal 2 m uit elkaar staan om nog als één geluidsbron beschouwd te kunnen worden. Wanneer die afstand kleiner is, zullen ook de buitenunits dichter bij elkaar moeten staan om nog als één bron beschouwd te worden.

⁸ Op voldoende grote afstand van de groep buitenunits, zodat deze als een enkele, equivalente geluidsbron kunnen beschouwd worden.

3 EEN OPTIMALE INSTALLATIE VOOR EEN OPTIMAAL GELUIDSCOMFORT

In dit hoofdstuk vind je een overzicht van de stappen en maatregelen die belangrijk zijn voor de optimale installatie van de buitenunit van een warmtepomp of airco. Ze zijn van toepassing op alle installaties, maar zeker te gebruiken voor nieuwe installaties. Maatregelen specifiek voor bestaande installaties of in het geval dat na plaatsing toch een te hoge geluidsdruk, tonaal geluid wordt vastgesteld of hinder wordt ervaren, zijn opgenomen in hoofdstuk 4.

3.1 KEUZE VAN DE WARMTEPOMP OF AIRCO

3.1.1 Type warmtepomp of airco

De keuze van het type warmtepomp of airco¹³ is niet alleen afhankelijk van de geluidsvoorwaarden, maar ook van de eigenheid van de woning en het budget van de eigenaar.

Sommige warmtepompen werken de nood aan een buitenunit, en dus ook het geluid ervan, weg. Bijvoorbeeld geothermische warmtepompen, of warmtepompen die de warmte en koude uit ventilatielucht of circulatielucht halen of warmtepompen die PVT-panelen (zonnepanelen die opwekking van elektriciteit, PV, en warmte, T, combineren) als warmtebron gebruiken. Als een dergelijke installatie past binnen de woning, het budget en de warmtevraag, kan ze een oplossing bieden wanneer het plaatsen van een buitenunit vanwege geluidsvoorwaarden moeilijk is.

Voor de meest voorkomende warmtepompen en airco's is een buitenunit echter noodzakelijk. De meest voorkomende warmtepompen zijn lucht-water in monoblock of split-uitvoering en lucht-lucht warmtepompen in split-uitvoering.

In praktijk wordt de afstand tussen buitenunit en de woning beperkt door de maximale lengte van de koelmiddelleidingen. In de installatiehandleidingen van de fabrikant staan de voorschriften om de maximale afstanden tussen binnen- en buitenunit en andere voorwaarden te bepalen.

! **Aandachtspunt:** Deze code van goede praktijk is ondergeschikt aan de installatiehandleiding van de fabrikant die altijd moet worden gevolgd.

Ter illustratie is een voorbeeld uit een installatiehandleiding opgenomen in Figuur 7.

¹³ Voor een volledig overzicht van alle types warmtepompen verwijzen we naar: [Types warmtepompen | Vlaanderen.be](https://www.vlaanderen.be/Types-warmtepompen)

De plaatsing van de buitenunit houdt ook enkele technische beperkingen in. Zo moet je bij de [modelnaam] bijvoorbeeld rekening houden met een maximaal hoogteverschil en maximale enkelvoudige lengte van de koudemiddelleidingen. Zo mag de buitenunit zich niet meer dan [afstand] meter hoger en [afstand] meter ver van de binnenunit bevinden. Dit geldt als de buitenunit zich hoger of op dezelfde hoogte van de binnenunit bevindt. Als de buitenunit zich lager dan de binnenunit bevindt, is het maximale hoogteverschil [afstand] meter en de maximale lengte [afstand] meter. Goed om te weten: bij de [modelnaam] split geldt ook een minimale lengte van [afstand] meter.

Figuur 7: Extract uit de installatievoorschriften rond de maximale afstand tussen buiten-en binnenuit van een lucht-water split warmtepomp. Deze afbeelding is ter illustratie, de specifieke afstanden en richtlijnen zijn type, fabrikant en modelafhankelijk.

3.1.2 Dimensionering

Het is belangrijk om een warmtepomp of airco te kiezen die correct gedimensioneerd is in functie van de warmte/koudevraag van de woning.

Een installatie die ondergedimensioneerd is zal harder moeten draaien om aan de warmte- of koudevraag te voldoen. Dit resulteert veelal in een hoger geluidsvermogeniveau. Een installatie die daarentegen overgedimensioneerd is, zal regelmatig aan- en uitspringen. Het opstarten van een buitenunit geeft ook een hoger geluidsvermogen. Bovendien valt deze variatie in geluidsniveau harder op.

Om een warmtepomp of airco correct te dimensioneren, is een warmteverliesberekening nodig.

3.1.3 Geluidsvermogen

Het geluidsvermogen van de buitenunit (zie hoofdstuk 1) is een belangrijke factor bij de keuze van een warmtepomp of airco. Hoe hoger het geluidsvermogen van het toestel, hoe moeilijker het wordt om de wettelijke geluidsvoorwaarden of de geluidsvoorwaarden uit hoofdstuk 2 te halen.

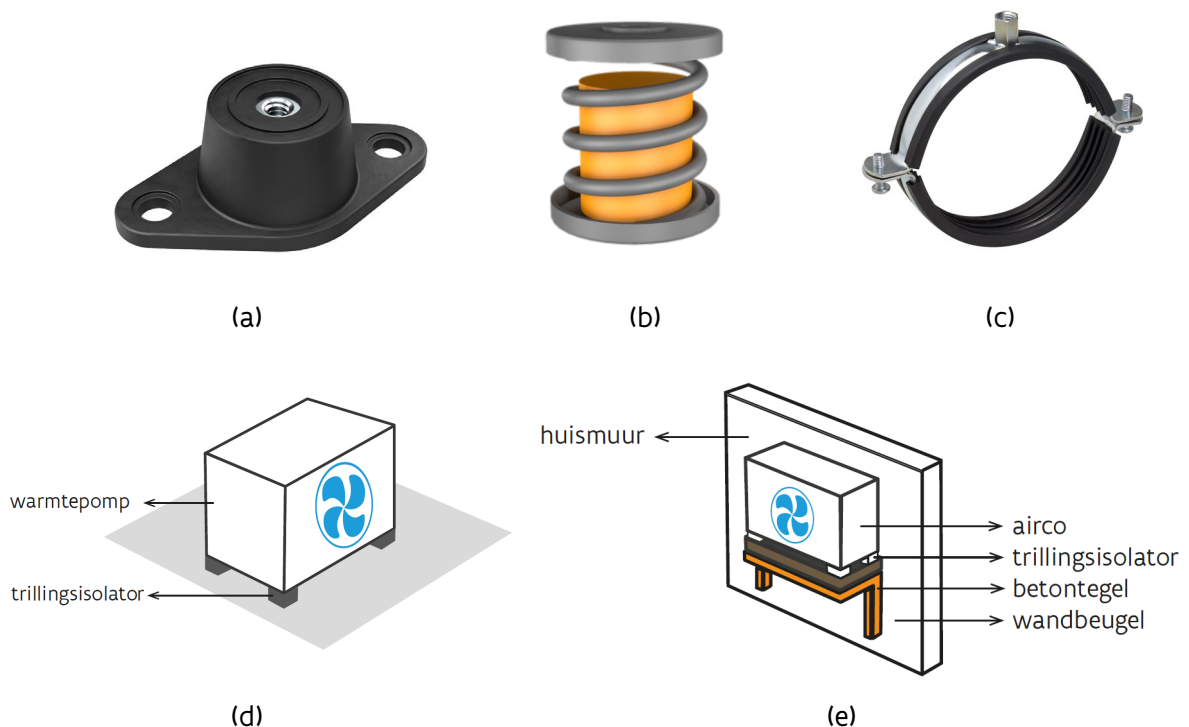
Let op, 's nachts zijn de geluidsvoorwaarden strenger. Daarom is een warmtepomp of airco met een stille nachtmodus een belangrijk pluspunt. Deze zorgt er immers voor dat het geluidsvermogeniveau 's nachts stiller is dan overdag. In veel gevallen vermindert het geluidsvermogeniveau van de buitenunit in stille nachtmodus met 5 dB of meer.

Stel dat de geluidsvoorwaarden uit hoofdstuk 2 van toepassing zijn. Dan is de geluidsvoorwaarde 's nachts 5 dB lager dan overdag, nl. een geluidsdrukniveau van 40 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ in plaats van 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$. Als de stille nachtmodus het geluidsvermogen met minstens 5 dB verlaagt, wordt aan deze geluidsvoorwaarde voldaan. Uiteraard enkel als het toestel ook aan de geluidsvoorwaarde voor overdag voldoet.

Als het echter niet mogelijk is om een stille nachtmodus toe te passen, bijvoorbeeld als de buitenunit hier niet mee is uitgerust, zal de geluidsvoorwaarde voor de nacht bepalend zijn voor het geluidsvermogen van de buitenunit. In de dit geval zal het maximaal geluidsniveau van de buitenunit overdag ook maar maximaal 40 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ mogen bedragen aangezien het anders niet mogelijk is de geluidsvoorwaarde voor de nacht te halen. Ook als de stille nachtmodus het geluidsvermogen met minder dan 5 dB verlaagt, is de voorwaarde voor de nacht bepalend voor de keuze van het geluidsvermogen van de warmtepomp of airco.

gewicht van de buitenunit in elke hoek. Het totale draagvermogen moet ook minimum gelijk zijn aan het gewicht van de buitenunit.¹⁴

3. Plaats de buitenunit op volle grond (Figuur 8, d). Als dit niet mogelijk is en de buitenunit aan de muur moet worden bevestigd met wandbeugels, plaats dan een betontegel onder de dempers (Figuur 8, d). Bespreek dit best wel met de fabrikant.
4. Houd ermee rekening dat verbindingen via leidingen ook trillingen kunnen doorgeven, zowel naar de constructie als naar leidingen binnen. Maak dus steeds gebruik van muurverbindingen die trillingen isoleren (bv. hangers met rubber coating, zie Figuur 8, c), en een flexibel verbidingsstuk in de leidingen tussen de buitenunit en de woning. Vermijd hierbij bevestigingen aan lichte constructies om resonantie te voorkomen. Vermijd ook hard contact tussen leidingen en structuur bij doorvoeren door muren en plafonds.



Figuur 8: Trillingsvrij opstellen van een buitenunit met blokken (a¹⁵), (b¹⁶) en (d) en akoestische wandbeugels voor leidingen die trillingen beperken (c). De opstelling met wandbeugels en massatoevoeging via een betontegel is weergegeven in (e).

Waar contactgeluid kan beperkt worden door een **goede installatie** volgens bovenstaande principes **en de installatiehandleiding van de fabrikant**, is het beperken van luchtgeluid minder eenvoudig. Hierbij is vooral een goede keuze van de positie van de buitenunit van belang (zie hoger). Ook kunnen geluidsabsorberende materialen en structurele aanpassingen nodig zijn om het luchtgeluid te beheersen, zoals wanden of een omkasting (zie verder in **hoofdstuk 4**).

Tip: Kies steeds voor een trillingvrije opstelling om contactgeluid te beperken. Dit kan zowel op blokken als met de correcte wandbeugels die trillingen beperken. Hierbij is het van belang dat de trillingsisolatie aan een voldoende zware sokkel is bevestigd.

¹⁴ Zie ook Buildwise artikel 2019/05.02: <https://www.buildwise.be/nl/publicaties/buildwise-artikels/2019-05.02/>

¹⁵ Bron: vibrasystems

¹⁶ Bron: Getzner Werkstoffe

4 OPLOSSINGEN BIJ BESTAANDE INSTALLATIES

Welke maatregelen kan je toepassen als de warmtepomp al geplaatst is en er problemen optreden op geluidsgevoelige plaatsen (slaapkamerramen, terras, perceelsgrens,...)?

4.1 CONTROLEER DE WARMTEPOMP OP EEN GOEDE INSTALLATIE EN WERKING

De opgegeven geluidsvermogens van fabrikanten gaan uit van een goede werking van de installatie. Het is mogelijk dat geluidshinder ontstaat ten gevolge van een slechte werking of een defect, een minder nauwkeurige installatie of het gebrek aan onderhoud. Veel problemen kunnen dus opgelost worden aan de hand van volgende controles:

1. Controleer of de juiste stappen werden genomen om contactgeluid te beperken (zie sectie 3.3).
2. Onderhoud het toestel regelmatig. Voor zowel lucht-water als lucht-lucht warmtepompen moet de warmtewisselaar buiten op regelmatige basis gereinigd worden, mag de ventilator niet beschadigd zijn,...
3. Bij lucht-water systemen kan piekvermogen vermeden worden door een voldoende groot buffervat te voorzien. Hierdoor kan het systeem warmte bufferen en de warmtepomp vaker op een laag toerental draaien. Ook bij lucht-lucht systemen kan het een oplossing zijn om naar de regeling te kijken om vol vermogen op ongunstige tijdstippen te vermijden.

Tot slot is het op heel wat modellen mogelijk om een stille nachtmodus toe te passen. Hierbij wordt het vermogen beperkt tijdens de periodes waarin het wenselijk is om ook het geluid te beperken.

! **Tip:** voorzie onderhoud aan de toestellen volgens de voorschriften van de fabrikant.

4.2 VERHOGEN VAN DE ABSORPTIE, AFSCHERMEN OF TOEVOEGEN VAN EEN AKOESTISCHE OMKASTING

Op basis van uitgebreide praktijkstudies in Annex 51¹⁹ blijkt dat het in vele gevallen mogelijk is om het luchtgeluid naar omwonenden te beperken door afscherming (zie 1.3.3) of absorberende panelen (zie 1.3.2) te plaatsen. Slechts in beperkte gevallen moet een akoestische omkasting aangebracht worden. In hoofdstuk 1 is meer informatie te vinden over het toevoegen van absorptie en afscherming.

Een akoestische omkasting plaatsen rond de buitenunit kan een oplossing zijn om het luchtgeluid te beperken (Figuur 9). Dit is echter geen eenvoudige maatregel en om voldoende luchtdebiet over de buitenunit te blijven garanderen moet voor de juiste omkasting gekozen worden. Je moet ook de correcte keuze van omkasting maken om dichtvriezen van de

¹⁹ Annex 51 – Acoustic Signatures of Heat Pumps, Final Report – Part 13 – 7.1 Educational material, guides & guidelines. Christoph Reichl, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, Austria. [Home - Annex 51 \(heatpumpingtechnologies.org\)](http://Home-Annex51.heatpumpingtechnologies.org)







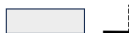

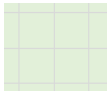
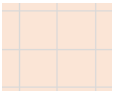
5 CASE STUDIES

In dit hoofdstuk worden enkele situaties besproken waarbij het een uitdaging kan zijn om aan de geluidsvoorwaarden voor het geluidsdrukkniveau in hoofdstuk 2 te voldoen. Dit is voornamelijk het geval op kleine percelen. Daar is het immers moeilijk om voldoende afstand te creëren tot aan de verblijfsruimten zoals het terras, slaapkamers en woonkamer van zowel eigenaar als omwonenden. Aan de hand van de principes uit deze code van goede praktijk worden hieronder enkele oplossingen voorgesteld.

Voor elke case wordt het maximale geluidsvermogeniveau L_{WA} van de buitenunit weergegeven voor verschillende posities van de buitenunit met behulp van figuren waarop een schematische plattegrond van de situatie is weergegeven. De legende in Tabel 5 verduidelijkt de betekenis van de symbolen gebruikt in de schema's. Met behulp van deze schema's kan je nagaan of aan de geluidsvoorwaarde van 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ op de perceelsgrens overdag uit hoofdstuk 2 is voldaan.

Let op, 's nachts is de geluidsvoorwaarde 5 dB strenger, namelijk 40 dB(A) $L_{Aeq,1min}$. Het geluidsvermogeniveau van de buitenunit mag 's nachts dus niet hoger zijn dan de **waarden aangegeven in de schema's verminderd met 5 dB**. In de schema's wordt uitgegaan van een installatie met afzonderlijke instelling voor de nacht (stille nachtmodus). In veel gevallen vermindert het geluidsvermogeniveau van de buitenunit in stille nachtmodus met 5 dB of meer, waardoor de voorwaarde van 45 dB(A) overdag bepalend is bij toepassing van een stille nachtmodus. De tabellen in de schema's zijn op basis hiervan samengesteld. Controleer wel steeds of de stille nachtmodus effectief zorgt voor de nodige daling zodat de geluidsvoorwaarde 's nachts gerespecteerd wordt!

Als het niet mogelijk is om een afzonderlijke instelling voor de nacht toe te passen (stille nachtmodus), bijvoorbeeld als de buitenunit hier niet mee is uitgerust, zal de geluidsvoorwaarde voor de nacht echter bepalend zijn. Met andere woorden: de gebruikte waarden in de schema's moeten met 5 dB verminderd worden.

Legende cases code van goede praktijk			
	buitenunit met A-gewogen geluidsvermogen L_{WA}		perceelsgrens
	woning		afsluiting met hoogte 1.8 m, oppervlaktemassa $\geq 10 \text{ kg/m}^2$ en geheel gesloten
	opengaand raam		geluidsabsorberend oppervlak ($\alpha > 0,6$)
	balkon		punt waar het geluid geëvalueerd wordt (standaard op perceelsgrens of naburig perceel op 1,5 m hoogte)
	zone waar maximaal toegelaten $L_{WA} \geq 65 \text{ dB}$ om te voldoen aan de geluidsvoorwaarde van 45 dB(A) op de perceelsgrens overdag		zone waar maximaal toegelaten $L_{WA} < 55 \text{ dB}$ om te voldoen aan de geluidsvoorwaarde van 45 dB(A) op de perceelsgrens overdag. Hiervoor zijn zeer stille toestellen nodig.

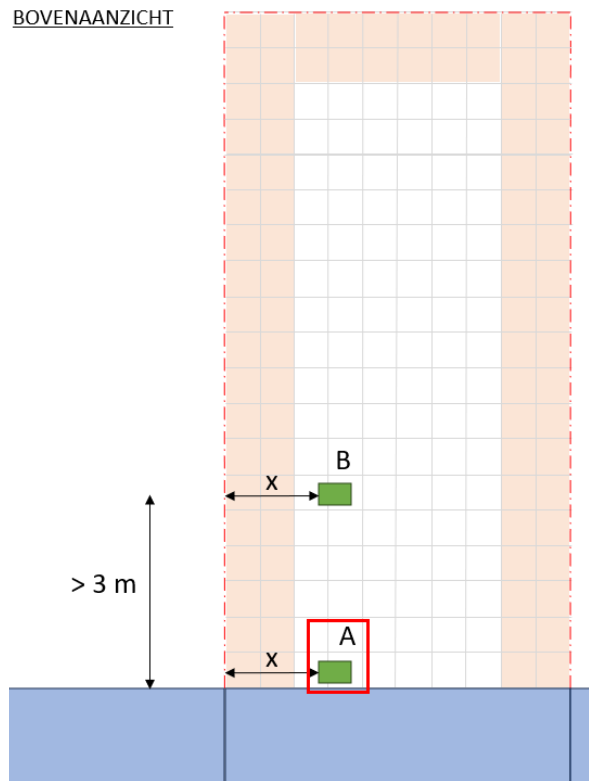
Tabel 5: Legende bij de fiches van de casestudies over de positionering van de buitenunit.

Voorbeeld 2

Een rijwoning met een perceelbreedte van 8 m wordt uitgerust met een warmtepomp voor de verwarming van de woning. De buitenunit van de warmtepomp heeft een geluidsvermogeniveau van 62 dB(A). Een afzonderlijke instelling voor de nacht wordt toegepast. In deze stille nachtmodus is het geluidsvermogeniveau 56 dB(A). Waar kan de warmtepomp geplaatst worden zodat voldaan is aan de geluidsvoorwaarden uit hoofdstuk 2?

Deze situatie stemt overeen met case 4 (zie 5.4). Wanneer de buitenunit tegen de achtergevel wordt geplaatst, moet de afstand van de buitenunit tot de dichtstbijzijnde perceelsgrens minstens 4,5 m bedragen (situatie (a), warmtepomp A). Dit is echter niet mogelijk op het perceel met breedte 8 m.

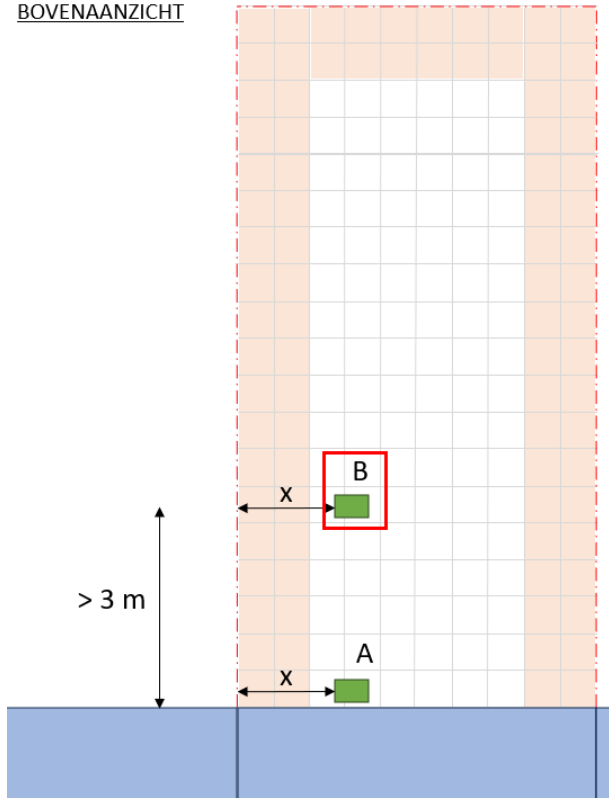
BOVENAANZICHT



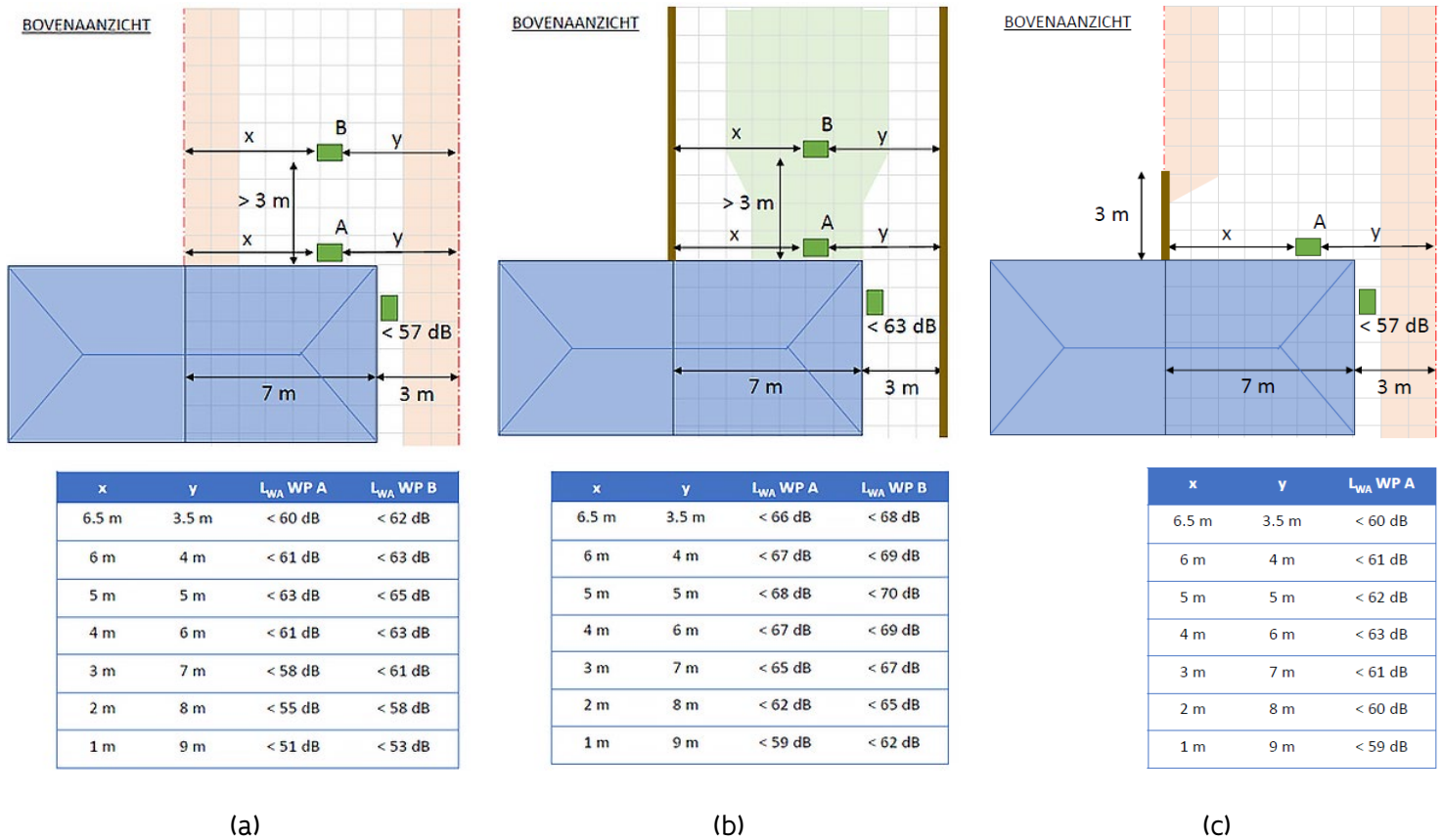
x	L _{WA} WP A	L _{WA} WP B
1 m	< 51 dB	< 53 dB
1.5 m	< 53 dB	< 55 dB
2 m	< 55 dB	< 58 dB
2.5 m	< 57 dB	< 59 dB
3 m	< 58 dB	< 61 dB
3.5 m	< 60 dB	< 62 dB
4 m	< 61 dB	< 63 dB
4.5 m	< 62 dB	< 64 dB
5 m	< 63 dB	< 65 dB

Een mogelijke oplossing is het plaatsen van de buitenunit in de tuin in het midden van het perceel (op 3.5 m van de perceelsgrenzen) op minstens 3 m van de gevel, zodat reflectie op de gevel wordt vermeden (situatie (a), warmtepomp B).

BOVENAANZICHT

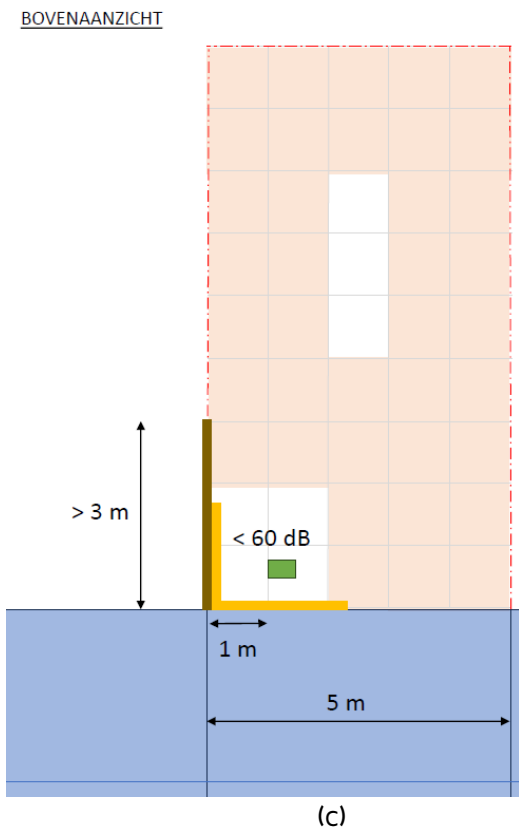
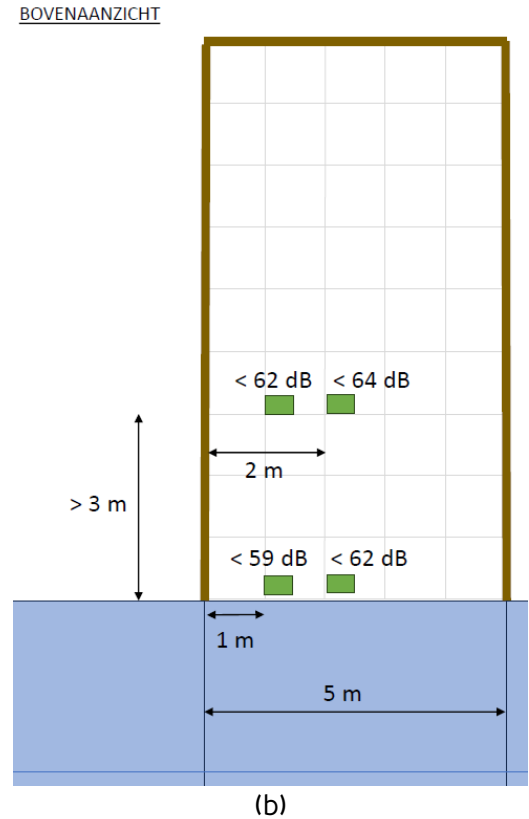
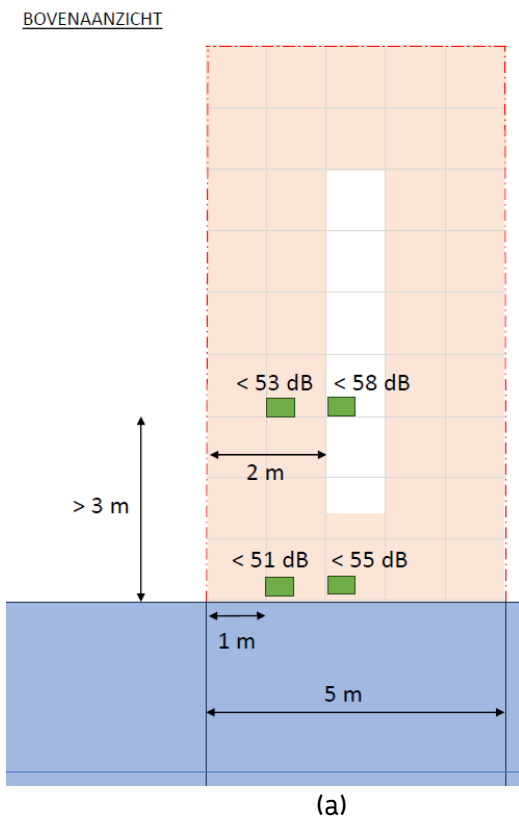


x	L _{WA} WP A	L _{WA} WP B
1 m	< 51 dB	< 53 dB
1.5 m	< 53 dB	< 55 dB
2 m	< 55 dB	< 58 dB
2.5 m	< 57 dB	< 59 dB
3 m	< 58 dB	< 61 dB
3.5 m	< 60 dB	< 62 dB
4 m	< 61 dB	< 63 dB
4.5 m	< 62 dB	< 64 dB
5 m	< 63 dB	< 65 dB



Figuur 13: Maximale geluidsvermogeniveaus van de buitenunit voor diverse posities in de tuin (positie A en B) om te voldoen aan de vooropgestelde geluidsvoorwaarde van 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ overdag ter hoogte van de perceelsgrens. x is de afstand tot de linker perceelsgrens, y is de afstand tot de rechter perceelsgrens. De geluidsbron wordt verondersteld op 0,75 m (2/3 van de hoogte van de unit) en de geluidsdruk werd geëvalueerd op de perceelsgrens op 1,5 m hoogte. In situatie (a) zijn geen afsluitingen tussen de tuinen die een voldoende massa hebben om te zorgen voor afscherming. In situatie (b) is een volledig gesloten afsluiting met hoogte 1,8 m²⁷ en oppervlaktemassa $\geq 10\text{kg/m}^2$ rondom de volledige tuin, in situatie (c) is een volledig gesloten afsluiting met lengte 3m, hoogte 1,8m en oppervlaktemassa $\geq 10\text{kg/m}^2$ tussen de twee halfopen bebouwingen. Daarnaast wordt voor de 3 situaties ook het maximale geluidsvermogeniveau weergegeven voor een buitenunit geplaatst bij de zijgevel op 3 m van de perceelsgrens.

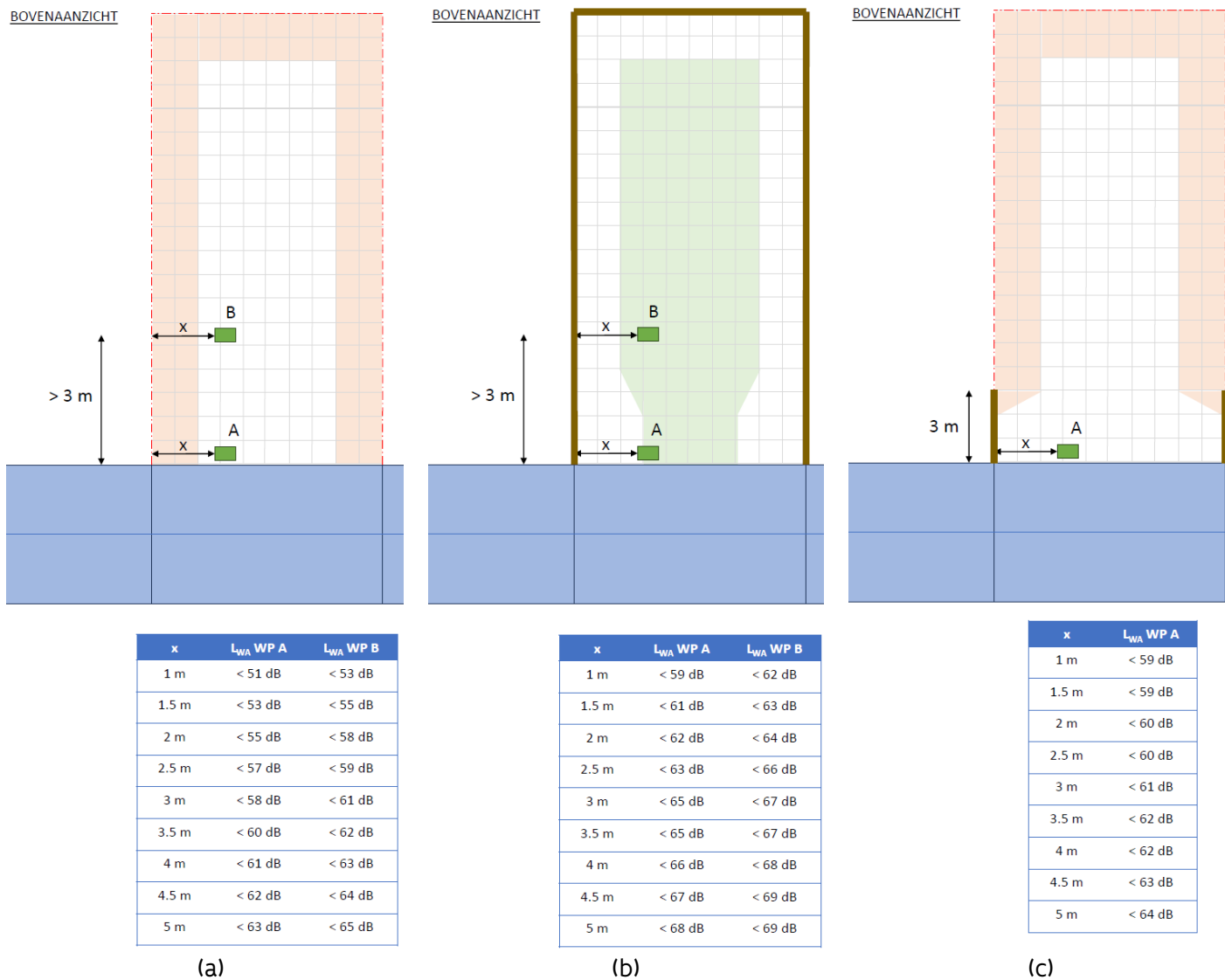
²⁷ De nodige hoogte is onder andere afhankelijk van de hoogte van de buitenunit. In de cases wordt de geluidsbron verondersteld op 0,75 m (dit is 2/3 van de hoogte van de buitenunit). Indien de geluidsbron zich lager bevindt, zal het afschermingseffect groter zijn. Indien de geluidsbron zich hoger bevindt, zal de afsluiting hoger moeten zijn om het geluid evenveel af te schermen.



Figuur 14: Maximale geluidsvermogeniveaus van de buitenunit voor diverse posities in de tuin³¹ om te voldoen aan de vooropgestelde geluidsvoorwaarde 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ overdag ter hoogte van de perceelsgrens. De geluidsbron wordt verondersteld op 0,75 m (2/3 van de hoogte van de unit) en de geluidsdruk werd geëvalueerd op de perceelsgrens op 1,5 m hoogte. In situatie (a) zijn geen afsluitingen tussen de tuinen die een voldoende massa hebben om te zorgen voor afscherming. In situatie (b) is een volledig gesloten afsluiting met hoogte 1,8 m en oppervlaktemassa $\geq 10 \text{ kg/m}^2$ rondom de volledige tuin³² en in situatie (c) is een volledig gesloten een afsluiting met lengte 3 m, hoogte 1,8 m en oppervlaktemassa $\geq 10 \text{ kg/m}^2$ en een absorberend materiaal met $\alpha > 0.6$.

³¹ Houd steeds rekening met de installatiehandleiding van de warmtepomp, met name de beperkingen voor de lengte van de koelmiddelleidingen.

³² De nodige hoogte is onder andere afhankelijk van de hoogte van de buitenunit. In de cases wordt de geluidsbron verondersteld op 0,75 m (dit is 2/3 van de hoogte van de buitenunit). Indien de geluidsbron zich lager bevindt, zal het afschermingseffect groter zijn. Indien de geluidsbron zich hoger bevindt, zal de afsluiting hoger moeten zijn om het geluid evenveel af te schermen.



Figuur 15: Maximale geluidsvermogensniveaus van de buitenunit voor diverse posities in de achtertuin (positie A en B³⁵) om te voldoen aan de vooropgestelde geluidsvoorwaarde 45 dB(A) L_{Aeq,1min} overdag. x is de kleinste afstand tot de dichtstbijzijnde perceelsgrens. De geluidsbron wordt verondersteld op 0,75 m (2/3 van de hoogte van de unit) en de geluidsdruk werd geëvalueerd op de perceelsgrens op 1,5 m hoogte. In situatie (a) zijn geen afsluitingen tussen de tuinen die een voldoende massa hebben om te zorgen voor afscherming. In situatie (b) is een volledig gesloten afsluiting met hoogte 1,8 m en oppervlaktemassa $\geq 10 \text{ kg/m}^2$ rondom de volledige tuin³⁶ en in situatie (c) zijn volledig gesloten afsluitingen met lengte 3 m, hoogte 1,8 m en oppervlaktemassa $\geq 10 \text{ kg/m}^2$

³⁵ Houd steeds rekening met de installatiehandleiding van de warmtepomp, met name de beperkingen voor de lengte van de koelmiddelleidingen.

³⁶ De nodige hoogte is onder andere afhankelijk van de hoogte van de buitenunit. In de cases wordt de geluidsbron verondersteld op 0,75 m (2/3 van de hoogte van de buitenunit). Indien de geluidsbron zich lager bevindt, zal het afschermingseffect groter zijn. Indien de geluidsbron zich hoger bevindt, zal de afsluiting hoger moeten zijn om het geluid evenveel af te schermen.

5.5 CASE 5: EEN WONING MET BUITENUNIT OP HET DAK

Een woning wordt uitgerust met een warmtepomp voor de verwarming van de woning. De buitenunit wordt geplaatst op het plat dak van de aanbouw achteraan de woning. Deze case geeft aan wat het maximaal toegelaten geluidsvermogeniveau van de buitenunit overdag mag zijn om te voldoen aan de geluidsvoorwaarde van 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ op de perceelsgrens. 's Nachts is de geluidsvoorwaarde 5 dB strenger. Het geluidsvermogeniveau van de buitenunit mag 's nachts niet hoger zijn dan de aangegeven waarden verminderd met 5 dB.

Het kan aangewezen zijn om de buitenunit in de voortuin te plaatsen omdat het geluid van de warmtepomp bij drukere wegen niet zal opvallen of gemaskeerd wordt door het andere, reeds aanwezige omgevingsgeluid. Bovendien zijn in veel gevallen de verblijfs- en slaapruintes van omwonenden en eigenaar ook van de straatzijde afgewend. Houd wel rekening met eventuele lokale stedenbouwkundige voorschriften die hier beperkingen opleggen, bijvoorbeeld in het geval van bouwkundig erfgoed.

Voor het plaatsen van een buitenunit op minder dan 2 m van de perceelsgrens of bevestigd aan de voorgevel moet altijd een omgevingsvergunning aangevraagd worden. Voor een warmtepomp geplaatst op het dak is een omgevingsvergunning nodig indien deze meer dan 3 m boven de nok van het dak uitsteekt.

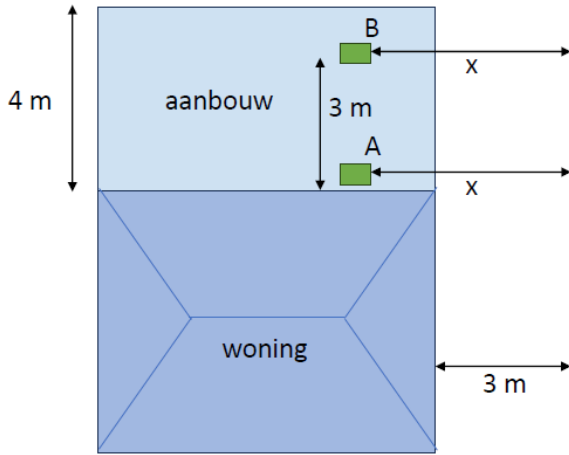
Figuur 16 en Figuur 17 geven de maximale geluidsvermogeniveaus weer voor verschillende posities van de buitenunit op het dak voor een vrijstaande woning en een rijwoning. In situaties in Figuur 16f wordt de geluidsdruk op de perceelsgrens op 1,5 m hoogte en in de achtertuin van de burens geëvalueerd. Je plaatst de buitenunit best zo ver mogelijk van de perceelsgrenzen³⁷. De dakrand zorgt voor een gedeeltelijke afscherming van het geluid. Als een dakopstand aanwezig is, zal het geluid nog extra afgeschermd worden. Je houdt bij de plaatsing best ook rekening met het geluid ter hoogte van opengaande ramen van naburige woningen op de verdieping. In de situaties in Figuur 17 worden de maximale geluidsvermogeniveaus weergegeven in functie van de afstand tot het dichtstbijzijnde opengaande raam dat niet afgeschermd wordt.

Bij de installatie op het dak is een correcte trillingsontkoppelde opstelling noodzakelijk (zie 3.3). Volg hierbij de installatiehandleiding van de fabrikant. Zonder trillingsisolatie kan het dak eenvoudig mee trillen en extra geluid afstralen, zowel naar de eigen woning binnen als naar buiten toe. Bij lichte daken is het aangeraden om de buitenunit op een verzwaarde sokkel te plaatsen.

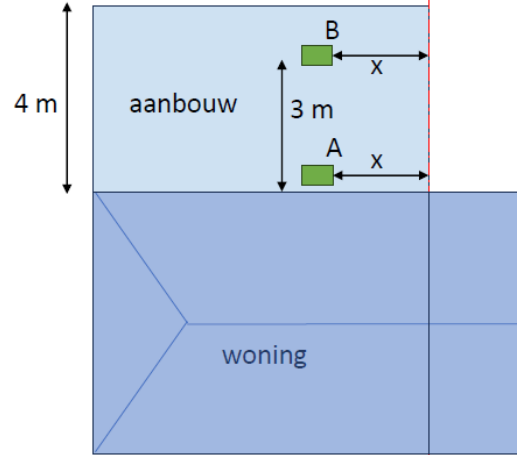
Hoewel geen geluidsvoorwaarden van toepassing zijn voor het geluid op het eigen perceel, plaats je de buitenunit best zo ver mogelijk van geluidsgevoelige plaatsen van de eigen woning (opengaande ramen van slaapkamers, ventilatieroosters in ramen, terras...).

³⁷ De geschetste situatie toont enkel de perceelsgrens rechts. Je moet ook rekening houden met de andere perceelsgrenzen (links en achteraan) indien de afstand van de buitenunit tot deze perceelsgrenzen kleiner is dan de afstand tot de perceelsgrens rechts.

BOVENAANZICHT



BOVENAANZICHT



x	L_{WA} WP A	L_{WA} WP B
3.5 m	< 60 dB	< 63 dB
4 m	< 62 dB	< 65 dB
5 m	< 65 dB	< 68 dB
6 m	< 68 dB	< 70 dB
7 m	< 71 dB	< 71 dB
8 m	< 72 dB	< 71 dB

(a)

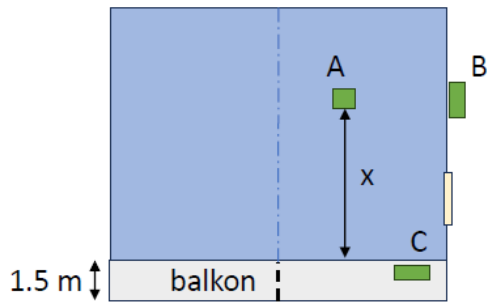
x	L_{WA} WP A	L_{WA} WP B
1 m	< 60 dB	< 62 dB
2 m	< 65 dB	< 66 dB
3 m	< 67 dB	< 67 dB
4 m	< 70 dB	< 68 dB
5 m	< 72 dB	< 69 dB

(b)

Figuur 16 Maximale geluidsvermogeniveaus van de buitenunit voor diverse posities op het dak van een aanbouw³⁸ om te voldoen aan de vooropgestelde geluidsvoorwaarde 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ overdag. x is de kleinste afstand van de buitenunit tot de dichtstbijzijnde perceelsgrens. De geluidsbron werd verondersteld op een hoogte van 3,75 m (de hoogte van het plat dak van de aanbouw plus 2/3 van de hoogte van de unit). De geluidsdruk werd geëvalueerd op het naburige perceel op 1,5 m hoogte.

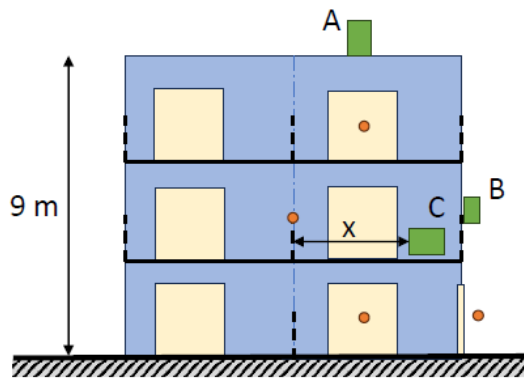
³⁸ Houd steeds rekening met de installatiehandleiding van de warmtepomp, met name de beperkingen voor de lengte van de koelmiddelleidingen.

BOVENAANZICHT

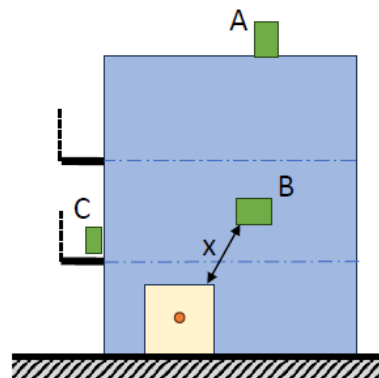


x	L_{WA} WP A	L_{WA} WP B	L_{WA} WP C
2 m	< 72 dB	< 56 dB	< 54 dB
3 m	< 75 dB	< 59 dB	< 57 dB
4 m	< 77 dB	< 62 dB	< 60 dB
5 m	< 79 dB	< 63 dB	< 61 dB
6 m	< 80 dB	< 65 dB	< 63 dB

VOORAANZICHT



RECHTERZIJAANZICHT



Figuur 19: Maximale geluidsvermogeniveaus van de buitenunit van het appartement op de eerste verdieping voor een plaatsing op het dak (A), aan de gevel (B) of op het balkon (uit beton of massief hout) van het appartement (C) om te voldoen aan de vooropgestelde geluidsvoorwaarde 45 dB(A) $L_{Aeq,1min}$ overdag. De geluidsdruk werd geëvalueerd voor de opengaande ramen en terrassen van de naburige appartementen. x is de afstand van de buitenunit tot het dichtstbijzijnde opengaande raam of een terras waar je kan verblijven.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys

Departement Omgeving

Postadres: Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel

www.omgeving.vlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving,

Afdeling Beleidsontwikkeling en Juridische Ondersteuning (BJO)

Postadres: Koning Albert II-laan 15 bus 547, 1210 Brussel

bj.o.omgeving@vlaanderen.be

Foto cover

Shutterstock

Depotnummer

D/2024/3241/335

Publicatiedatum

september 2024

