

Fancoil-units: ontwerp en selectie

ir. C. Kalkman en ing. H.M. Bruggema, Adviesbureau Peutz

Summary

Bij de selectie van een fancoil-unit moet rekening worden gehouden met diverse aspecten, zoals de koel- en / of verwarmingscapaciteit, de luchtopbrengst en de geluidproductie. In situaties, waarin de fancoil-unit in een verblijfsruimte wordt gemonteerd, kan in de gerede toestand met name de geluidafstraling van het systeem aanleiding geven tot klachten.

De geluidafstraling kan worden beperkt door akoestische voorzieningen aan de zuig- en perszijde van de unit. Dergelijke voorzieningen hebben, vanwege de toegenomen opvoerhoogte van de ventilatoren, echter een negatief effect op de capaciteit en luchtopbrengst van de unit. Daarnaast is het effect van de voorzieningen beperkt omdat, vanwege de toegenomen opvoerhoogte, de geluidproductie van de ventilatoren toeneemt.

In het artikel wordt ingegaan op alle genoemde aspecten en op de onderlinge samenhang hiervan.

1. Inleiding

De fancoil-unit (ventilatorconvector) is geen nieuw product, maar er lijkt hernieuwde belangstelling voor te bestaan. Wellicht mede door de toename van het glasoppervlak in gevels waardoor hoge koellasten moeten worden weggekoeld. Door de verbetering van de eigenschappen van beglazing is het voor architecten steeds aantrekkelijker grote glasvlakken toe te passen. Vanwege de lage U-waarde neemt het risico van koudeval namelijk af en zijn grotere glasoppervlakken zonder ondersteunende verwarming mogelijk.

Door de toename van het glasoppervlak neemt echter ook de zonbelasting toe. Het grote koelvermogen dat hierdoor moet worden toegevoerd kan veelal niet meer met bijvoorbeeld koelconvectoren of all-air systemen worden geleverd. Vanwege de grote luchtdebieten die over de koelbatterij van een fancoilunit kunnen worden verplaatst is het koelvermogen van een fancoil-unit wezenlijk hoger dan van een koelconvector. Daarnaast is de prijs van fancoil-units gunstiger dan van klimaatplafonds.

In dit artikel wordt ingegaan op een aantal relevante aspecten bij het ontwerpen van installaties met fancoil-units (FCU's). Na een kort informatief gedeelte wordt ingegaan op de eigenschappen van fancoil-units en hoe worden deze bepaald. Vervolgens wordt ingegaan op de vertaling van de ontwerpgegevens naar het concrete projectontwerp. Het artikel besluit met conclusies en aanbevelingen.

2. Wat is een fancoil-unit (FCU) ?

Een fancoil-unit of FCU, in goed Nederlands een ventilatorconvector, bestaat minimaal uit de volgende componenten (zie figuur 1):

- een plaatstalen omkasting waarin zijn opgenomen:
- een ventilator of enkele ventilatoren, elk voorzien van een eigen of een gemeenschappelijke motor;
- een koelbatterij, met eventueel een condensopvang- en afvoervoorziening en / of een verwarmingsbatterij;
- een luchtfilter.

Door de ventilator wordt via het filter lucht uit de ruimte aangezogen, gekoeld (en eventueel enigszins ontvochtigd) of verwarmd en weer aan de ruimte toegevoerd.



Figuur 1: diverse onderdelen fancoil-unit

Daarnaast zijn, bijvoorbeeld wanneer de fancoil-unit boven een verlaagd plafond wordt geplaatst, de volgende uitbreidingen mogelijk:

- een luchtverdeelplenum waarop flexibele slangen worden aangesloten welke worden verbonden met luchttoevoerroosters;
- een luchtaanzuigplenum waarop, of direct een aanzuigrooster is gemonteerd, of één of meer retourroosters met flexibele (akoestische) slangen worden aangesloten waarmee lucht uit de ruimte wordt aangezogen;
- een toevoerkanaal waarmee (verse) ventilatielucht wordt gemengd bij de recirculatielucht.

2.1. Typen en eigenschappen

Met betrekking tot de eigenschappen van fancoil-units worden de volgende aspecten onderscheiden:

Plaatsing van de units

- plafondunits gemonteerd boven het verlaagde plafond;
- gevelunits, vrijstaand of opgenomen in een gevelomkasting.

Een speciale uitvoering van een plafondunit is de zogenaamde hotelunit, waarbij het luchtinblaasrooster direct op de unit is gemonteerd.

Toevoer van verse ventilatielucht (primaire lucht)

- toevoer van geconditioneerde ventilatielucht vanuit een centrale luchtbehandelingsinstallatie;
- directe toevoer van onbehandelde buitenlucht, met name bij gevelunits;
- recirculatie-units, waarbij geen sprake is van verse luchttoevoer.

Koelsysteem

- waterkoeling waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen:
 - lage temperatuur koeling, koeltraject bijvoorbeeld 6/12 °C
 - hoge temperatuur koeling, koeltraject bijvoorbeeld 15/18 °C
- directe koeling via een (multi-)splitsysteem.

Verwarmingssysteem

Hierbij zijn is een vergelijkbare indeling mogelijk als met betrekking tot het koelsysteem.

Ventilatorregeling

De toegepaste ventilatoren zijn veelal voorzien van 6 à 7 verschillende aansluitmogelijkheden waarmee het toerental kan worden gekozen. Meestal kunnen door middel van een schakelaar door de ruimtegebruiker 2 tot 4 ventilatorstanden worden gekozen. Met een elektronische regeling kan deze keuze ook automatisch, afhankelijk van de ruimtetemperatuur worden gemaakt.

Temperatuurregeling

De temperatuurregeling kan bestaan uit een open / dicht regeling of een modulerende regeling. Daar vaak sprake is van aanzienlijke koelvermogens verdient een modulerende regeling sterk de voorkeur om het risico op comfortklachten te minimaliseren. Zoals genoemd kan bij meer geavanceerde regelaars het toerental van de ventilator worden geschakeld door de regelaar.

2.2. Keuzeaspecten fancoil-units.

Bij de keuze voor een fancoil-unit zijn met name de volgende eigenschappen van belang:

Water als energiedrager

Alleen de benodigde verse (primaire) lucht wordt met het centrale luchtbehandelingsysteem toegevoerd. De rest van het benodigde koel- en / of verwarmingsvermogen wordt door middel van water naar de ruimte gevoerd. Dit betekent dat, in vergelijking met conventionele all-air systemen veel minder lucht naar de ruimte hoeft te worden gebracht. Dit heeft tot gevolg dat kleinere kanalen en kleinere schachten kunnen worden toegepast. Hierdoor wordt (verhuurbare) ruimte bespaard en kunnen lagere verdiepingshoogten worden gebruikt. Deze voordelen zijn vooral van belang bij renovatieprojecten en hoogbouw.

Koel- en verwarmingsvermogen

Doordat veel lucht over de koel- en verwarmingsbatterijen kan worden verplaatst kunnen grote vermogens aan een ruimte worden toegevoerd, bij relatief geringe installatieafmetingen. Het comfort dat in de ruimte wordt gerealiseerd wordt met name bepaald door het aantal en de uitvoering van de luchttoevoerroosters.

Inbouwhoogte

De inbouwhoogte van fancoil-units bedraagt gemiddeld circa 250 mm, hetgeen relatief laag te noemen is. Hierdoor is, in vergelijking met all-air systemen, een minder hoog plafondplenum benodigd. Dit aspect is met name gunstig in hoogbouwprojecten vanwege de beperkte bruto verdiepingshoogte.

Flexibiliteit

Wanneer fancoil-units worden toegepast kunnen deze veelal alle afzonderlijk worden geregeld, waarmee maximale flexibiliteit wordt bewerkstelligd. Dit is met name in hotels een reden om te kiezen voor fancoil-units (één unit per kamer).

2.3. Mogelijke beperkingen bij de toepassing van fancoil-units

Naast de genoemde voordelen moet bij het ontwerp terdege rekening worden gehouden met de volgende aandachtspunten die, mits niet voldoende of tijdig onderkent, wezenlijke beperkingen kunnen opleveren:

Geluidaspecten:

Fancoil-units worden veelal gemonteerd boven het verlaagde plafond van de ruimte waarvoor ze zijn bedoeld, zie figuur 2. Dit betekent dat de geluidproductie van de (ventilatoren van de) units direct in de kantoorvertrekken aan de orde is, hetgeen uit akoestisch oogpunt ongunstig is.

Onderhoud

Er dient onderhoud gepleegd te worden aan de ventilatoren, de filters dienen te worden vervangen en de koel- en verwarmingsbatterijen moeten gereinigd



Figuur 2: onderaanzicht fancoil-unit voor het sluiten van het verlaagde plafond

worden. Het feit dat de units meestal in de vertrekken zelf worden gemonteerd betekent dat werkzaamheden voor onderhoud en het verhelpen van storingen in het vertrek moeten worden verricht. Naast het feit dat dit arbeidsintensief is, brengt het openen en sluiten van het verlaagde plafond ook mogelijke schade aan dit plafond met zich mee.

Condensvorming

Bij bepaalde condities kan er in zomerbedrijf condensvorming optreden. Er kan gekozen worden voor dauwpuntsbeveiligingen (centraal of decentraal) of voor condensafvoeraansluitingen per unit. In het eerste geval wordt het koelvermogen beperkt, in het tweede geval zal een leidingsysteem moeten worden aangelegd om het condenswater te verzamelen en af te voeren. Worden geen condenspompen voorzien dan zullen de condensafvoerleidingen op afschot moeten worden aangebracht, hetgeen de benodigde ruimte in de plafonds zal vragen.

Bovendien dient aandacht te worden geschonken aan het voorkomen van stankoverlast.

Beperkte opvoerhoogte

De opvoerhoogte van de ventilatoren is veelal beperkt. Dit heeft de volgende consequenties:

- het debiet van de fancoil-unit is sterk afhankelijk van het op de unit aangesloten kanaalwerk (geluiddempers, akoestische slangen en roosters);
- bij aansluiting van meerdere roosters op het uitblaasplenum dient er voldoende overdruk aanwezig te zijn om regelkleppen toe te passen met een zekere autoriteit. Anders is het debiet per rooster sterk afhankelijk van de lengte van de toegepaste flexibele akoestische slang en de situering van deze slang;
- indien één fancoil-unit wordt toegepast ten behoeve van twee of meer ruimten kan het hiervoor genoemde aspect significante gevolgen hebben voor het ventilatiedebiet, en daarmee het koel- en verwarmingsvermogen, per vertrek.

Recirculatielucht

Het toepassen van één fancoil-unit ten behoeve van meerdere ruimten heeft nog een belangrijk nadeel, namelijk dat de recirculatielucht uit de aangesloten ruimten wordt verdeeld over deze ruimten. Dit laatste kan bijvoorbeeld ongewenst zijn indien het toegestaan is om in de ruimte te roken.

Elektrische energie

Iedere ventilator gebruikt voortdurend elektrische energie en produceert warmte die met het systeem wordt weggekoeld.

3. Belangrijke aspecten bij selectie van fancoil-units

3.1. Koel- en verwarmingscapaciteit, condensvorming

Het benodigde koelvermogen in een vertrek wordt normaliter bepaald door de interne warmtebelasting ten gevolge van personen, apparatuur en verlichting en de externe belasting ten gevolge van zoninstraling en transmissie. Het koelvermogen kan door middel van een koellastberekening of eventueel door middel van een dynamische (TO-) berekening worden bepaald. Bij de dimensionering van de (koel-)capaciteit van een fancoil-unit zijn de volgende specifieke aandachtspunten aanwezig:

Koelvermogen, latent en voelbaar

Indien sprake is van een laag-temperatuurtraject (6/12) zal tijdens het koelen vocht aan de recirculatielucht worden onttrokken. Op warme vochtige dagen kan hiervan ook sprake zijn als gebruik wordt gemaakt van een hoog-temperatuurtraject (16/18). Dit kan een positieve bijdrage leveren aan de comfortbeleving op warme dagen. Bij de dimensionering van de koelbatterij en de

waterhoeveelheid dient rekening te worden gehouden met de extra energie die op deze wijze aan de ruimte wordt onttrokken.

Het gecondenseerde vocht dient op een adequate wijze te worden afgevoerd om vervuiling in de unit te voorkomen. Wordt een condenswaterset niet mogelijk of acceptabel geacht, dan dient een condensbeveiliging te worden gerealiseerd, zoals gebruikelijk bij bijvoorbeeld koelplafonds. Voor een meer uitgebreide behandeling hiervan wordt verwezen naar ISSO-publicatie 48.

Het afgegeven koelvermogen wordt bepaald door de dimensionering van de batterij, de watercondities, de temperatuur van de lucht over de batterij en de hoeveelheid lucht (zie paragraaf 3.2).

Recirculatie

Veelal wordt lucht aan de ruimte onttrokken via de verlichtingsarmaturen. Bij fancoil-units is sprake van een hoge luchthoeveelheid welke in veel gevallen niet of slechts deels via de armaturen kan worden afgezogen.

De eventuele reductie van warmteafgifte van de armaturen moet zorgvuldig worden bepaald. De warmte die via de recirculatielucht aan de armaturen wordt onttrokken dient vervolgens namelijk door de koelbatterij van de unit te worden weggekoeld.

Ventilatorvermogen

Het elektrisch vermogen van de ventilatoren wordt in de recirculatielucht afgegeven en dient eveneens te worden weggekoeld.

3.2. *Luchtopbrengst, luchtverdeling en luchtkwaliteit*

De totale luchtverplaatsing door de fancoil-unit bestaat uit:

- de primaire (verse) luchthoeveelheid, welke bepalend is voor de luchtkwaliteit in een ruimte;
- secundaire luchthoeveelheid, welke bepalend is voor het extra koelvermogen.

De totale luchthoeveelheid is bepalend voor het ruimtecomfort, de luchtverdeling in en de doorspoeling van het vertrek. De hoeveelheid secundaire lucht wordt bepaald door de selectie van de fancoil-unit in relatie met de diverse weerstanden in het systeem. Het is van belang bij de selectie na te gaan onder welke omstandigheden de door leveranciers weergegeven eigenschappen zijn bepaald, zie ook paragraaf 4.1.

Voorkomen moet worden dat bijvoorbeeld door het aanbrengen van geluiddempende voorzieningen, een luchtverdeelplenum, of slangen en luchttoevoerroosters, een zo grote systeemweerstand ontstaat, dat de luchtopbrengst te laag wordt en daarmee ook onvoldoende vermogen wordt geleverd. Bij een constante wateraanvoertemperatuur en waterhoeveelheid kan bij een gelijke ruimtetemperatuur het halveren van de luchthoeveelheid resulteren in een afname van het koelvermogen met ruim 25%.

Ook de primaire luchthoeveelheid kan de prestatie van de ventilator en daarmee de secundaire luchtopbrengst beïnvloeden. Immers door het toevoeren van primaire lucht neemt de stroomsnelheid en derhalve de weerstand toe. In Tabel 1 is een voorbeeld gegeven van metingen aan de luchtopbrengst van een fancoil-unit bij verschillende ventilatorstanden. Op de unit was een luchtverdeelplenum gemonteerd waarop via flexibele slangen twee luchttoevoerroosters waren aangesloten en een primair luchttoevoerkanaal.

De luchtopbrengst is gemeten door het vooraf nauwkeurig bepalen van de druk / debiet-relatie van de luchttoevoerroosters. Zo kan luchtopbrengst van de fancoil-unit onder praktijkomstandigheden worden

bepaald, zonder dat extra weerstanden in het systeem worden gebracht, welke de luchtopbrengst kunnen beïnvloeden.

De metingen zijn uitgevoerd met en zonder primaire luchthoeveelheid. Ook is de voordruk in het luchtverdeelpenum gemeten.

Stand ventilator		1		2		3	
a. luchthoeveelheid rooster 1	[m ³ /h]	240	147	335	265	400	335
b. luchthoeveelheid rooster 2	[m ³ /h]	230	162	350	248	365	305
c. luchthoeveelheid rooster 1+2	[m ³ /h]	470	309	685	513	765	640
d. luchthoeveelheid primair	[m ³ /h]	240	-	240	-	240	-
e. berekende hoeveelheid secundair (c-d)	[m ³ /h]	230	309	445	513	525	640
f. opgegeven hoeveelheid secundair	[m ³ /h]	400	400	590	590	780	780
g. verschil (e-f)	[m ³ /h]	-170	-91	-145	-77	-255	-140
h. verschil (e/f)	[%]	-43	-23	-25	-13	-33	-18
i. voordruk aansluitplenum	[Pa]	17	10	33	20	46	31

Tabel 1: resultaten diverse debietmetingen fancoil-unit

Uit de metingen wordt geconcludeerd:

- de secundaire luchthoeveelheid (recirculatielucht) wordt aanmerkelijk beïnvloed door het toevoeren van primaire lucht;
- de luchtopbrengst blijft aanzienlijk achter bij de opgave van de leverancier. De in de documentatie verstrekte informatie had betrekking op een "kale" unit, zonder luchtverdeelpenum;
- er is sprake van enige asymmetrie in de luchtverdeling over de roosters

Voor de plaats van de het toevoeren van primaire lucht zijn twee posities mogelijk:

Aan de recirculatiezijde van de unit (voor de batterij)

De nadelen hiervan zijn:

- schone ventilatielucht wordt over de (vervulde) koelbatterij gevoerd;
- de warme recirculatielucht wordt gemengd met gekoelde verse lucht voordat deze door de koelbatterij stroomt, zodat niet het optimale waterzijdige vermogen wordt onttrokken.

In het luchtverdeelpenum (na de batterij en de ventilatoren)

Veelal wordt de primaire lucht zijdelings aangesloten op het luchtverdeelpenum. Dit kan leiden tot asymmetrie in de luchtverdeling over de roosters. Het gebruik van één fancoil-unit voor meerdere vertrekken kan hierdoor leiden tot een onvoldoende verse lucht in een vertrek.

Voor het balanceren van de luchthoeveelheden over de inblaasroosters kan het toepassen van inregelkleppen noodzakelijk zijn, vooral als sprake is van asymmetrie in de aansluitslangen. Goede ervaringen zijn opgedaan met diafragmakleppen, waarmee tijdens het inregelen een zeer goede indicatie van de luchthoeveelheid kan worden verkregen

Voor het aanzuigen van de secundaire lucht zijn verschillende mogelijkheden aanwezig:

- direct vanuit het plenum, waarbij moet worden zorggedragen voor voldoende openingen in de verlichtingsarmaturen of in het plafond;
- via een in het plafond en de unit geïntegreerd rooster;
- via door middel van flexibele (akoestische) slangen aangesloten roosters. Hierbij kan sprake zijn van een wezenlijke toename van de systeemweerstand.

In alle gevallen dient rekening te worden gehouden met akoestische aspecten.

3.3. Ruimtecomfort

Of in de ruimte een behaaglijk binnenklimaat ontstaat, is afhankelijk van vele aspecten. Ingegaan wordt op temperatuur en lichtsnelheid.

Ruimtetemperatuur

Het niveau van de ruimtetemperatuur wordt bepaald door het beschikbare vermogen. Bij de beleving van het thermisch comfort is niet alleen de hoogte van de temperatuur van belang, maar ook de gelijkmatigheid. Daarom dient sprake te zijn van een gelijkmatige temperatuurverdeling in het vertrek (horizontaal en verticaal) en van slechts langzame temperatuurvariaties in de tijd. De regelinstallatie zal adequaat moeten kunnen reageren en geen snelle variaties mogen veroorzaken, daarom verdient een modulerende regeling sterk de voorkeur en dient het schakelen van ventilatietrappen niet te fors te gebeuren.

Lichtsnelheid

De lichtsnelheid in het vertrek wordt onder andere bepaald door het luchttoevoerrooster, de luchthoeveelheid en het temperatuurverschil tussen de inblaaslucht en de leefzone. Bij het ervaren van tochtverschijnselen is echter ook de turbulentie (snelheidsvariatie) en de temperatuur(variatie) van belang.

Snelle veranderingen in uitblaaspatroon en lichtsnelheid moeten worden voorkomen.

Daar fancoil-units veelal worden toegepast bij hoge koellasten ($> 60 \text{ W/m}^2$) is een zorgvuldige selectie van roosters noodzakelijk. Aandachtspunten zijn:

- een gelijkmatige verdeling van de lucht over het vloeroppervlak;
- een rooster dat niet gevoelig is voor variatie in inblaashoeveelheid (ventilatorstappen) en inblaas temperatuur;
- hoog-inducerende roosters met een instelbaar uitblaaspatroon in verschillende richtingen bieden goede mogelijkheden.

3.4. Geluid

Fancoil-units worden in de eerste plaats geselecteerd op capaciteit en luchtopbrengst. Bij een zorgvuldige selectie van de unit moet echter ook worden gekeken naar de geluidproductie. De geluidproductie van een fancoil-unit moet, zeker wanneer deze in de verblijfsruimte wordt gemonteerd, op een verantwoorde wijze worden beoordeeld. Indien dit laatste gebeurt en eventueel passende maatregelen worden getroffen zullen geluidhinderklachten kunnen worden vermeden.

De geluidproductie van een fancoil-unit is in de eerste plaats afkomstig van de ventilatoren in de unit. Een fancoil-unit straalt via een drietal overdrachtswegen geluid af, te weten via de luchtaanzuigopening, de uitblaasopening en de omkasting van de unit.

Zolang de aanzuigopening en de uitblaasopening ongedempt zijn,

geluidvermogen (L_w): de geluidenergie die door een geluidbron per tijdseenheid wordt uitgezonden, het geluidvermogen is een producteigenschap en is niet direct meetbaar. De geluiddruk is wel meetbaar

effectieve geluiddruk: de wortel uit het gemiddelde kwadraat van de geluiddrukken in een bepaald tijdsinterval:

$$p_{eff} = \sqrt{p^2}$$

geluiddrukkniveau (L_p): de effectieve geluiddruk varieert tussen $2 \cdot 10^{-5}$ Pa en 200 Pa (factor 10^7).

Om eenvoudiger te kunnen rekenen is gekozen voor een logaritmische schaal:

$$L_p = 20 \cdot \log \left(\frac{p_{eff}}{p_0} \right)$$

waarin: $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (gehoordrempel)

zal normaliter de totale geluidproductie van de unit voornamelijk zijn bepaald door deze twee overdrachtswegen. De geluidafstraling van de omkastings gaat veelal pas een rol spelen als de geluidafstraling via de beide openingen op enigerlei wijze is beperkt.

Aangezien de geluidproductie van een fancoil-unit wordt bepaald door de ventilatoren is deze afhankelijk van het werkpunt van de ventilator. In Tabel 2 is de geluidproductie van een willekeurige ventilatorconvectoren weergegeven per overdrachtsweg.

	stand I	stand II	stand III	stand IV
aanzuigopening	57 dB(A)	60 dB(A)	62 dB(A)	64 dB(A)
uitblaasopening	59 dB(A)	62 dB(A)	65 dB(A)	67 dB(A)
omkastings	48 dB(A)	50 dB(A)	53 dB(A)	55 dB(A)
debiet	535 m ³ /h	735 m ³ /h	880 m ³ /h	985 m ³ /h

Tabel 2: opgave geluidproductie afzonderlijke overdrachtswegen, geluidvermogen in dB(A)

In Tabel 2 is de geluidproductie van de fancoil-unit opgegeven, uitgedrukt in geluidvermogen per overdrachtsweg. In figuur 3 zijn de geluidvermogens voor stand II frequentie-afhankelijk weergegeven. Om op verantwoorde wijze de geluidproductie van een fancoil-unit te kunnen beoordelen zijn deze geluidvermogens essentieel. Veel leveranciers kiezen er echter voor om geen geluidvermogens, maar geluiddrukniveaus op te geven. Indien daarbij is opgegeven welke aanname is gedaan om het geluiddruk niveau te bepalen, bijvoorbeeld de aangenomen ruimtedemping of de nagalmtijd en de afmetingen van de ruimte, kunnen de geluiddruk niveaus alsnog worden omgerekend naar geluidvermogens.

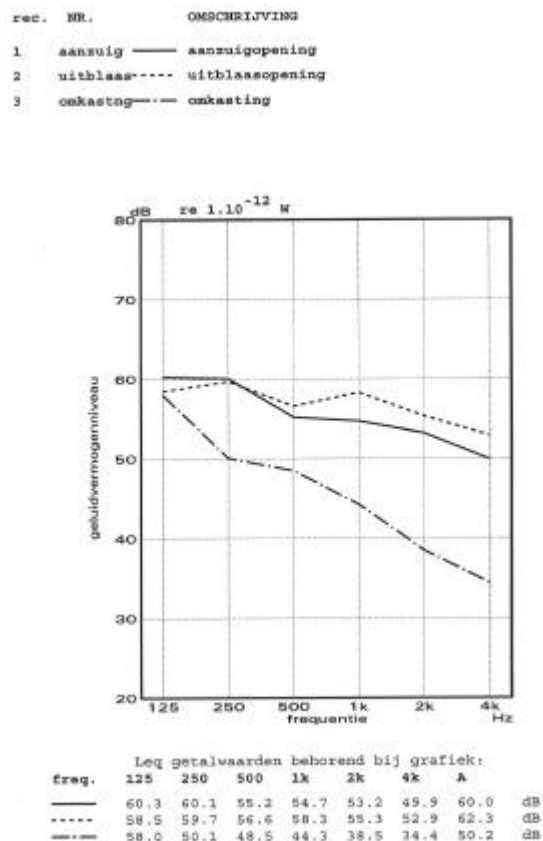
In paragraaf 5 wordt door middel van een voorbeeld toegelicht hoe, op basis van geluidvermogens, het te verwachten geluiddruk niveau in een ruimte kan worden berekend.

Uit de tabel (en figuur 3) blijkt voorts dat de geluidproductie van de aanzuigopening steeds 2 à 3 dB(A) lager is dan van de uitblaasopening. Dit verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de ventilatoren in dit geval de lucht over de koelbatterij trekken, zoals overigens veelal het geval is. In dit geval wordt de geluidafstraling via de aanzuigopening beperkt door de geluiddemping van de koelbatterij.

Het door de omkastings uitgestraalde geluidvermogen is veelal 10 tot 15 dB(A) lager dan het ongedempte geluidvermogen uit de aanzuig- en uitblaasopening.

Bij de geluidproductie van de ventilatoren moet voorts rekening gehouden worden met het feit dat deze toe kan nemen met de stijgende levensduur van de unit.

geluidvermogens van de drie afzonderlijke overdrachtswegen



Figuur 3: frequentie afhankelijke weergave geluidvermogens

4. Selectie van fancoil-units in de praktijk

4.1. Specificaties leveranciers

Luchtopbrengst en vermogen

De opgave van producteigenschappen verschilt van leverancier tot leverancier. Globaal is de volgende indeling te maken:

- gegevens van alleen een kale unit, soms zelfs zonder filter. De invloed van het aansluiten van inblaas en recirculatioerosters kan niet worden bepaald;
- gegevens waarbij de luchtopbrengst en capaciteit worden gegeven bij verschillende drukverschillen over de unit. Op deze wijze kan wel een inschatting worden gemaakt van de invloeden van roosters en dergelijke. Wil deze opgave zinvol zijn dan dienen de gegevens te worden verstrekt bij drukken van minimaal 50 en 100 Pa!

Fancoil-units kunnen worden getest volgens verschillende normen en voorschriften:

- NEN EN 1397:1999;
- Eurovent 6/3 1996.

Bij deze normen is sprake van het testen van met name "kale units". De resultaten zijn bruikbaar voor het onderling vergelijken van units, maar minder geschikt voor ontwerpselecties.

Geluidaspecten

In paragraaf 3.4 is reeds aangegeven welke gegevens benodigd zijn om vooraf een verantwoorde akoestische beoordeling uit te voeren aan een fancoil-unit, namelijk de afzonderlijke geluidproductie van de aanzuigopening, de uitblaasopening en de omkasting. Juist in het afzonderlijke ligt veelal het probleem, omdat veel leveranciers geluidgegevens opgeven welke zijn bepaald door de complete unit vrij aanzuigend en vrij uitblazend in een ruimte op te stellen. Bij een dergelijke meetopstelling wordt de geluidproductie van alle eerder genoemde overdrachtswegen gezamenlijk gemeten.

Dit hoeft nog geen probleem te zijn als de geluidproductie voldoende laag is. In dat geval kan gekozen worden voor een "worst case"-benadering, waarbij er bijvoorbeeld vanuit wordt gegaan dat de opgegeven geluidproductie geldt voor zowel de aanzuigopening als de uitblaasopening afzonderlijk en voor de omkasting een 10 dB(A) lagere geluidproductie wordt aangehouden. Wanneer met deze aannames een voldoende laag geluidniveau wordt berekend, zie paragraaf 5, zijn in principe geen afzonderlijke opgaven benodigd.

In de praktijk zal met de hiervoor omschreven "worst case"-benadering nagenoeg altijd een te hoog geluidniveau worden berekend.

4.2. Meetgegevens laboratorium Peutz

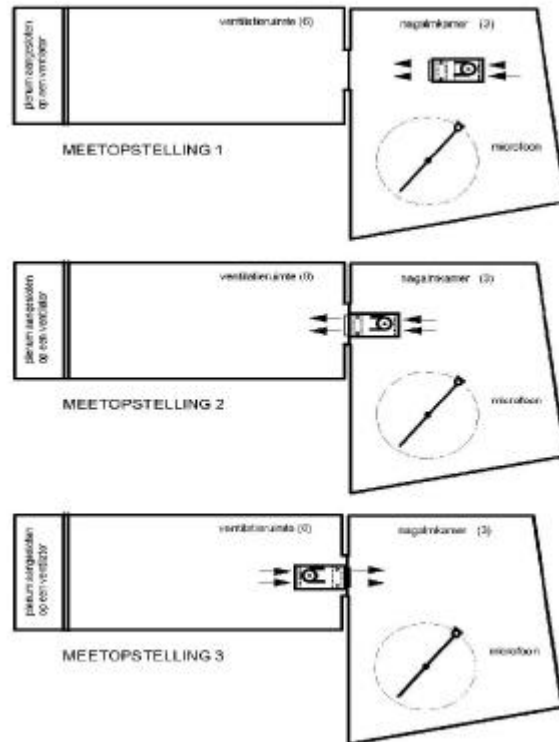
In het laboratorium van Adviesbureau Peutz zijn metingen gedaan aan verschillende fancoil-units voor wat betreft de geluidproductie, luchtopbrengst en capaciteiten.

Geluid

De metingen van de geluidproductie worden verricht in de nagalmkamer van het akoestisch laboratorium. De geluidproductie van de fancoil-units wordt gemeten volgens de normen ISO 3741: 1999 en ISO 5135: 1997.

De metingen van de geluidproductie worden verricht in de nagalmkamer van het akoestisch laboratorium. Bij deze metingen worden de units steeds zo in de ruimte gemonteerd dat de afzonderlijke geluidproducties van de bepalende overdrachtswegen kunnen worden vastgesteld, zie figuur 4. Meetopstelling 1 wordt toegepast om de totale geluidproductie van de unit vast te stellen. Deze kan bijvoorbeeld worden vergeleken met de opgave van de leverancier en tevens dienen om te bepalen in hoeverre de afzonderlijke bijdragen, indien gesommeerd, leiden tot deze totale geluidproductie.

Om de geluidafstraling van de omkasting te meten, wordt meetopstelling 2 tweemaal gemeten; eenmaal zoals aangegeven in de figuur en eenmaal in een verschoven positie, waarbij de unit volledig in de ventilatieruimte is gemonteerd. Bij de laatste meting wordt alleen de aanzuigopening gemeten en uit het verschil van de beide metingen kan de geluidafstraling van de omkasting worden berekend.



Figuur 4: gebruikte meetopstellingen ter bepaling geluidafstraling diverse

De geluidmetingen aan de verschillende overdrachtswegen zijn in overeenstemming met de norm Eurovent 8/2 - 1992.

Bij recente geluidmetingen in de nagalmkamer van adviesbureau Peutz is het akoestisch effect onderzocht van een aantal geluiddempende opties. De resultaten hiervan zijn samengevat in Tabel 3. Het gaat in dit geval om geluidmetingen waarbij de unit vrij aanzuigend en uitblazend is gemeten (meetopstelling 1), in een drietal varianten.

stand	alleen aanzuigfilter gemonteerd	aanzuigfilter en aanzuigdemper gemonteerd	aanzuigfilter, aanzuigdemper en geluiddempende plenumbox gemonteerd
I	43,1 dB(A)	41,5 dB(A)	39,7 dB(A)
II	48,2 dB(A)	46,7 dB(A)	44,4 dB(A)
III	54,5 dB(A)	52,7 dB(A)	49,1 dB(A)
IV	59,1 dB(A)	57,2 dB(A)	52,6 dB(A)

Tabel 3: gemeten akoestisch effect diverse voorzieningen

Uit Tabel 3 blijkt dat de geluiddempende voorzieningen op zich een gunstig effect hebben op de geluidproductie; effecten van circa 2 tot 6 dB(A) zijn goed haalbaar.

De voorzieningen hebben echter ook een negatief effect op de luchtopbrengst van de units. Bij een afnemende luchtopbrengst zal ook de capaciteit van de unit terug lopen.

In Tabel 4 zijn enkele meetresultaten samengevat voor een fancoil-unit in meetopstelling 2, zie figuur 4. Hierbij dient te worden toegevoegd dat in deze specifieke situatie aan de perszijde van de unit regelkleppen zijn aangebracht waarmee de drukval over de unit in stappen is opgevoerd.

Meetopstelling	druk uitblaasplenum	debiet	geluidvermogen [L_{wA}]
2; zuigzijdig + afstraling omkasting (regelkleppen aan perszijde)	8,1 Pa	390 m ³ /h	39,5 dB(A)
	10,7 Pa	365 m ³ /h	41,0 dB(A)
	14,1 Pa	345 m ³ /h	41,0 dB(A)
	24,0 Pa	300 m ³ /h	44,5 dB(A)

Tabel 4: samenvatting diverse meetresultaten fancoil-unit

Uit Tabel 4 valt op te maken dat bij een toenemende statische druk (van 8 naar 24 Pa) in het uitblaasplenum het totaaldebiet van de unit afneemt tot circa 80%. De geluidproductie van de unit neemt hierbij met circa 5 dB(A) toe.

Met deze conclusies in het achterhoofd dient Tabel 3 opnieuw te worden beschouwd. Zoals gezegd in de toelichting bij de tabel neemt bij toepassing van geluiddempende voorzieningen de luchtopbrengst van de unit af ten gevolge van de extra benodigde opvoerhoogte van de ventilatoren. Uit Tabel 4 blijkt dat bij een toenemende opvoerhoogte over de ventilatoren de geluidproductie toeneemt. Dit betekent dat het effect van de aangebrachte akoestische voorzieningen naar verwachting beter is dan het gevonden verschil, maar dat dit effect deels teniet wordt gedaan door de extra geluidproductie van de ventilatoren.

Met dit effect dient terdege rekening te worden gehouden bij de 'akoestische' selectie van een fancoil-unit in de praktijk.

Een andere belangrijk aspect hierbij is de te verwachten geluidniveaureductie van het verlaagd plafond, waarboven de unit wordt gemonteerd.

Luchtopbrengst en vermogen

Bij deze bepalingen wordt gebruik gemaakt van klimaatkamerfaciliteiten. Het doel van het onderzoek is met name om na te gaan hoe het systeem onder praktijkomstandigheden zal functioneren.

Meestal worden complete systemen getest inclusief aanzuigrooster, aanzuigplenum, luchtverdeelpenum met primaire luchttoevoer, flexibele slangen en inblaasroosters.

Zoals reeds is aangegeven is het bepalen van de luchtopbrengst van een fancoil-unit een kritische bezigheid, daar door de karakteristiek van de ventilator geringe weerstandverschillen een wezenlijke invloed kunnen hebben op de luchtopbrengst. Dat betekent enerzijds dat het aanbeveling verdient om de luchtopbrengst en het vermogen onder praktijkomstandigheden te bepalen, anderzijds mag het meten van de luchtopbrengst de systeemweerstand niet beïnvloeden.

Hiervoor zijn de volgende mogelijkheden voor handen:

- het compensatiemeetprincipe; hierbij wordt door de unit lucht uit een meetkamer gezogen waardoor onderdruk in deze meetkamer ontstaat. Het drukcompensatie ventilatiesysteem

compenseert deze luchtstroming zodanig dat de druk in de meetkamer 0 Pa wordt. Hierbij wordt het luchtdebiet dat via het compensatiesysteem wordt toegevoerd gemeten.

- het gebruiken van de luchttoevoerroosters als meetorgaan door het vooraf zorgvuldig bepalen van de druk / debiet-relatie van deze roosters.

De laatste methode is in het algemeen goed bruikbaar.

Vervolgens worden onder praktijkcondities, met betrekking tot luchttemperatuur, watertemperatuur, ruimtetemperatuur en dergelijke, de eigenschappen van het systeem bepaald.

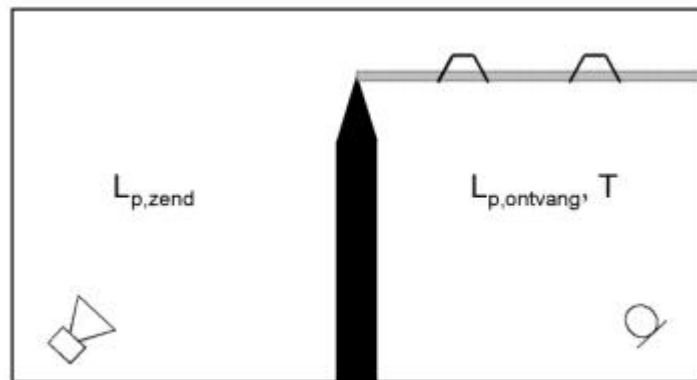
Bijkomend voordeel is dat gelijktijdig ook het inblaaspatroon en het ruimtecomfort kunnen worden onderzocht.

5. Akoestische Rekenmethode

In het akoestisch laboratorium worden ook diverse geluidisolatiemetingen verricht, waaronder metingen aan de overlangsgeluidisolatie.

De overlangsgeluidisolatie tussen twee (kantoor-)vertrekken is de geluidniveaureductie via de aan beiden zijden van de scheidingswand aanwezige verlaagde plafonds.

Om de geluidvermogenreductie van een verlaagd plafond te bepalen, inclusief armaturen, wordt een extra geluidisolatiemeting verricht in de situatie dat de helft van het verlaagde plafond aanwezig is, zie figuur 5.



Figuur 5: meetopstelling geluidvermogenreductie verlaagd plafond (inclusief armaturen en dergelijke)

De geluidvermogenreductie van een verlaagd plafond, welke benodigd is voor de akoestische beoordeling van fancoil-units, kan in dit geval als volgt worden bepaald ($S_{opening}$ is de opening boven de scheidingswand):

$$L_{w,zend} = L_{p,zend} - 6 + 10 \log(S_{opening})$$

$$L_{w,ontvang} = L_{p,ontvang} - 10 \log\left(\frac{4}{A}\right)$$

geluidvermogenreductie: $D_{plafond} = L_{w,zend} - L_{w,ontvang}$

Op deze wijze is voor een groot aantal verschillende plafondtypen, inclusief armaturen en dergelijke, de geluidvermogenreductie bepaald. In Tabel 5 is voor een tweetal veel voorkomende plafonds deze geluidvermogenreductie gegeven.

plafondtype	overlangs- isolatie D _{ncw} [dB]	geluidvermogenreductie in dB					
		125	250	500	1000	2000	4000
- zachte mineraalwol tegels (< 4 kg/m ²)	20 dB	3	5	6	8	10	10
- harde mineraalvezel tegels (< 8 kg/m ²) met ongedempte lichtarmaturen	35 dB	8	10	12	16	20	20
- zware plafondpanelen (< 8 kg/m ²) + mineraalwoloplage op de panelen + suskappen over de armaturen	45 dB	10	15	21	30	34	35

Tabel 5: te hanteren geluidvermogenreducties verlaagde plafonds (inclusief armaturen)

Op basis van de in figuur 3 gegeven frequentie-afhankelijke geluidvermogens is hieronder een voorbeeld berekening gemaakt voor het te verwachten geluidniveau in een kantoorvertrek. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de fancoil-unit is gemonteerd boven het verlaagde plafond en zuigt vrij aan uit het plafondplenum
- de fancoil-unit is perszijdig met flexibele akoestische slangen (ø 125 mm, lengte 1000 mm) aangesloten op plafondroosters
- het verlaagd plafond is een hard mineraalvezel plafond (variant 2, Tabel 5)
- de ruimtedemping in het kantoorvertrek is 8 dB (in iedere frequentieband)
- in het kantoorvertrek moet worden voldaan aan 35 dB(A).

Omschrijving		frequentie						A
		125	250	500	1000	2000	4000	
geluidvermogen aanzuigopening	Lw	60	60	55	55	53	50	60
geluidvermogen omkasting	Lw	58	50	48	44	39	34	50
gesommeerd geluidvermogen	Lw	62	60	56	55	53	50	60
geluidvermogenreductie plafond	D	-8	-10	-12	-16	-20	-20	
geluidvermogen in kantoorvertrek	Lw	54	50	44	39	33	30	47
ruimtedemping	D	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
geluidrukniveaubijdrage in vertrek	Lp	46	42	36	31	25	22	39
Stel: koelissendemper aan de aanzuigzijde van de unit								
invoegverlies koelissendemper	D	-4	-5	-8	-13	-15	-11	
geluidvermogen aanzuigopening	Lw	56	55	47	42	38	39	50
geluidvermogen omkasting	Lw	58	50	48	44	39	34	50
gesommeerd geluidvermogen	Lw	60	56	51	46	42	40	53
geluidvermogenreductie plafond	D	-8	-10	-12	-16	-20	-20	
geluidvermogen in kantoorvertrek	Lw	52	46	39	30	22	20	42
ruimtedemping	D	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
geluidrukniveaubijdrage in vertrek	Lp1	44	38	31	22	14	12	34
geluidvermogen uitblaasopening	Lw	59	60	57	58	55	53	62
flexibele akoestische slang (1000 mm)	D	-12	-20	-21	-24	-28	-20	
eindreflectie rooster	D	-13	-7	-3	0	0	0	
geluidvermogen in kantoorvertrek	Lw	34	33	33	34	27	33	38
ruimtedemping	D	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
geluidrukniveaubijdrage in vertrek	Lp2	26	25	25	26	19	25	30
gesommeerd geluidrukniveau	Lp1+Lp2	44	38	32	27	20	25	35

Toelichting:

Het boven het plafond uitgestraalde geluidvermogen wordt bepaald door de aanzuigopening en de omkasting. Het gesommeerde geluidvermogeniveau ten gevolge van deze twee overdrachtswegen bedraagt 60 dB(A). Op basis van dit geluidvermogen, de geluidvermogenreductie van het verlaagde plafond en de ruimtedemping wordt een geluidniveaubijdrage van 39 dB(A) berekend. Hiermee wordt niet voldaan aan de geluideis van 35 dB(A).

Wanneer zuigzijdig een koelissendemper wordt opgenomen, neemt het geluidvermogen aan de aanzuigopening af tot 50 dB(A). De totale geluidproductie boven het verlaagde plafond bedraagt in dit geval 53 dB(A) en de geluidniveaubijdrage in het kantoorvertrek 34 dB(A).

Ten gevolge van de uitblaasopening wordt een geluidniveaubijdrage van 30 dB(A) berekend. Het gesommeerde geluidrukniveau in het kantoorvertrek ten gevolge van de fancoil-unit bedraagt 35 dB(A). Hiermee wordt juist voldaan aan de geluideis.

Bij de hiervoor gepresenteerde berekening zijn de volgende opmerkingen te maken:

- Er is gerekend met akoestische voorzieningen aan de zuig- en perszijde van de fancoil-unit. Hierdoor zal de drukval over de unit toegenomen zijn. Tabel 4 laat zien dat een toename van de druk over de unit naast een afname van de luchtopbrengst ook een toename van de geluidproductie tot gevolg heeft. Dit betekent dat de berekende 35 dB(A) in de praktijk naar alle waarschijnlijkheid zal worden overschreden.

- Uit de berekening blijkt dat bij stand II van de unit reeds relatief ingrijpende akoestische voorzieningen benodigd zijn. Hiervoor is geconstateerd dat met deze voorzieningen naar verwachting niet kan worden voldaan aan de geluidseis van 35 dB(A); bij hogere ventilatorstanden zal derhalve zeker niet kunnen worden voldaan.
- De aan te brengen akoestische voorzieningen beperken de luchtopbrengst van de unit en daarmee ook de capaciteit.

De hiervoor omschreven akoestische problemen kunnen veelal worden beperkt door te kiezen voor een groter type fancoil-unit, welke naar verwachting een lagere geluidproductie zal bezitten bij dezelfde luchtopbrengst, vanwege het lagere toerental van de ventilatoren.

6. Conclusies en aanbevelingen bij selectie fancoil-units

6.1. Selectie

Geconcludeerd wordt dat bij de selectie van fancoil-units vooraf de beschikbare ontwerpgegevens, zowel met betrekking tot luchtopbrengst, geluid als capaciteit kritisch moeten worden beoordeeld. Hierbij dient eerst een afschatting van de drukval in het systeem te worden gemaakt en vervolgens moet rekening worden gehouden met het feit dat bijvoorbeeld aanvullende akoestische voorzieningen zorgen voor:

- een lagere luchtopbrengst van de fancoil-unit;
- een lagere koel- en / of verwarmingscapaciteit;
- een hogere geluidproductie door de ventilator en een daardoor minder effectieve verlaging van het afgestraalde geluid.

In het ideale geval zal de selectie van een fancoil-unit een iteratief proces zijn. Hierbij zal op basis van de benodigde capaciteit een fancoil-unit worden geselecteerd. Nagegaan moet worden wat het effect van eventuele flexibele slangen en roosters is op de capaciteit, luchtopbrengst en geluidproductie. Voor de unit in deze configuratie zal, in de nominale ventilatorstand, een geluidberekening worden gemaakt. Indien hieruit blijkt dat aanvullende akoestische voorzieningen benodigd zijn, dient ook hiervan het effect op de capaciteit, luchtopbrengst en geluidproductie te worden vastgesteld.

De hiervoor omschreven selectiemethode is alleen mogelijk als van de desbetreffende fancoil-unit de specificaties bekend zijn bij verschillende opvoerhoogten van de ventilatoren. Er is een aantal fabrikanten dat de luchtopbrengst en capaciteit opgeeft als functie van de opvoerhoogte. Voor de geluidproductie is dit nog niet het geval.

Om in dergelijke gevallen toch een verantwoorde selectie te maken verdient het de voorkeur om te kiezen voor een proefkamer- of laboratoriumonderzoek vooraf.

6.2. Aanzet concept garantieverklaring

Om in de praktijk de hiervoor genoemde knelpunten te omzeilen verdient het de voorkeur om vooraf de leverancier een garantieverklaring te laten ondertekenen. Hierin dient de leverancier te garanderen dat de door hem te leveren fancoil-unit, in de voor het project specifieke omstandigheden, voldoet aan de gestelde eisen voor wat betreft:

- koel- en verwarmingsvermogen;
- luchtopbrengst;
- geluiddrukkniveau in de ruimte.

Om dit te kunnen garanderen dient de leverancier informatie te worden verstrekt ten aanzien van de wijze van montage van de units, het op de units aangesloten kanaalwerk (geluiddempers, slangen en roosters), de opbouw van het verlaagde plafond, de te verwachten ruimtedemping van het kantoorvertrek en dergelijke.

Een dergelijke concept garantieverklaring zou de volgende opzet kunnen hebben:

De leverancier, de fa. garandeert dat de fancoil-unit van, in de praktijk gemeten, tenminste zal voldoen aan de volgende criteria:

- koelvermogen .. W, bij .. l/h aanvoer gekoeld water van .. °C en een ruimtetemperatuur van 25 °C;
- verwarmingsvermogen .. W, bij .. l/h aanvoer warm water van .. °C en een ruimtetemperatuur van 21°C;
- luchtopbrengst ... m³/h, waarvan ... m³/h verse lucht;
- geluiddrukkniveau in de ruimte ... dB(A) in het midden van de ruimte op 1,5 m hoogte.

Aan de hiervoor genoemde criteria dient gelijktijdig te kunnen worden voldaan, met uitzondering van het koel- en verwarmingsvermogen. Voor wat betreft de ruimte-akoestiek dient te worden uitgegaan van de na te streven nagalmtijd van .. seconde.

De fancoil-unit wordt boven een verlaagd plafond van het fabrikaat ..., type ... gemonteerd. In het verlaagd plafond zijn verlichtingsarmaturen opgenomen van het fabrikaat ..., type ... met afmetingen L x B x H = .. x .. x .. mm². Deze armaturen zijn wel / niet voorzien van ventilatie-openingen / suskappen.

Perszijdig wordt op de fancoil-unit aangesloten met .. akoestische slangen van het fabrikaat ..., type ... met een lengte van .. mm. De slangen sluiten aan op roosters van het fabrikaat ..., type ...
Alle roosters dienen een gelijke hoeveelheid lucht in te blazen. De luchtopbrengst per rooster mag maximaal ..% afwijken van het ontwerpdebiet.

Zuigzijdig wordt niets aangesloten op de fancoil-unit, dat wil zeggen dat de unit vrij aanzuigt uit het plafondplenum.

Indien uit, door de leverancier op te stellen, berekeningen blijkt dat aanvullende akoestische voorzieningen noodzakelijk zijn, dient ook met deze voorzieningen aan alle genoemde criteria te kunnen worden voldaan.

De leverancier verklaart alle benodigde werktuigbouwkundige tekeningen ter inzage te hebben ontvangen en volledig bekend te zijn met de omringende constructies en materialen.

De leverancier verklaart de geconstateerde gebreken aan de fancoil-unit terstond kosteloos te herstellen, aanvullende voorzieningen te treffen en / of de desbetreffende onderdelen te vervangen.

Alle schade en kosten van voorzieningen, direct of indirect, voortvloeiend uit het niet voldoen aan