

Klimaatplafonds en koelconvectoren in 2005

ing. Harry Bruggema

Tien jaar geleden waren klimaatplafonds en koelconvectoren nog een vrij onbekend fenomeen. Sindsdien is er veel veranderd. Anno 2005 is het interessant om een overzicht te geven van de actuele stand van zaken op het gebied van producten, beschikbare kennis en nieuwe regelgeving.

Het in november 1994 verschenen artikel in V&V had als titel 'Klimaat-plafonds: eigenschappen, mogelijkheden en beperkingen' [1]. Het artikel was de neerslag van een onderzoek dat door Peutz in samenwerking met een aantal leveranciers was uitgevoerd en mede gebaseerd op in het laboratorium van Peutz uitgevoerd proefkameronderzoek. Er was toen sprake van



1. Voorbeeld van vrijhangende strekmetaal koelplafondeilanden.



2. Voorbeeld van geactiveerde strekmetaalelementen ingelegd in een systeemplafond.

producten die in de markt weinig bekendheid genoten, hoewel de principes voor een deel al jarenlang bekend waren en ook werden toegepast. Er was onduidelijkheid over het type product, de toepasbaarheid en het realiseerbare koelvermogen.

In de loop der jaren is er het nodige veranderd. In november 1995 organiseerde de TVVL de jaarlijks KT-dag met als thema 'Koelplafonds - een zinvolle trend?' [2]. De producten raakten bekend in de markt en de toepassing werd breder. In 1998 verscheen Ippo-publicatie 48: 'Klimaatplafonds/koelconvectoren - richtlijnen voor ontwerp en uitvoering' [3]. Hierin is een uitgebreide beschrijving van de diverse principes en producten weergegeven, alsmede ontwerpregels, beoordelingsmethoden en checklists voor het ontwerp- en uitvoeringsproces. Er is ook een uitgebreide samenvatting van de publicatie beschikbaar [4]. In oktober 2000 verscheen in V&V een productoverzicht van zowel klimaatplafonds als koelconvectoren.

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de actuele stand van zaken. Hierbij worden de klimaatplafonds en de koelconvectoren afzonderlijk besproken en wordt ingegaan op beschikbare producten, ontwikkelingen in de markt en beschikbare normen en richtlijnen. Kennis van de basisprincipes van de producten wordt bekend verondersteld of kan worden ontleend aan de genoemde literatuur.

KLIMAATPLAFONDS

Er zijn twee hoofduitvoeringen klimaatplafonds, te weten lucht- of watergekoeld. Hoewel er enkele aanbieders zijn die luchtgekoelde plafonds op de markt brengen, is het aantal toepassingen beperkt. Bij de overige -watergekoelde- systemen is ten opzichte van Ippo-publicatie 48 te constateren dat twee typen de markt domineren:

- het type met ingelijmde warmte-overdracht lamellen, waarbij de watervoerende koperen buizen in de aluminium lamellen worden geperst, of met kunststofstrips worden geklemd;
- inlegsysteem; watervoerende koperen buizen op een strekmetaal drager, kunststofmatten of ingelegde koellamellen.

Daarnaast is er meer aandacht voor systemen waarbij het convectieve aandeel wordt vergroot. Voor een deel wordt hierbij

gebruik gemaakt van buizenregisters voorzien van koellamellen. Een andere toepassing is het klimaatplafond waarbij de, oorspronkelijk als inlegelementen ontwikkelde, strekmetaaldragers worden gebruikt als vrijhangend koelelement (afbeelding 1), worden ingelegd in systeemplafonds (afbeelding 2) of worden geïntegreerd in plafondcassettes.

Bij onderzoek aan een vrijhangend systeem is een koelvermogen gemeten van circa 80 W/m^2 bij een temperatuurverschil van 8 K tussen ruimte- en gemiddelde watertemperatuur. Als de elementen worden ingelegd in een systeemplafond en ervoor wordt gezorgd dat een wezenlijke circulatie via openingen in het plafond over de koelelementen kan ontstaan, kan het koelvermogen toenemen tot circa 140 W/m^2 element bij een temperatuurverschil van 8,5 K tussen ruimte- en gemiddelde watertemperatuur. Doordat zowel het totale koelvermogen als het convectieve aandeel wezenlijk kunnen toenemen, moet aandacht worden geschonken aan de in de ruimte optredende luchtsnelheden.

Ook zijn verschillende projecten gerealiseerd waarbij sprake is van plafondeilanden, bijvoorbeeld in combinatie met hybride ventilatie (afbeelding 3) en [5].

Het integreren van watervoerende elementen ten behoeve van verwarmen en/of koelen in gipsplafonds wordt hier als laatste toepassing genoemd. Hiervoor zijn diverse systemen op de markt met grote verschillen in uitvoering. Zo kan het klimaat-element vrij ambachtelijk worden aangebracht op een, om akoestische redenen geperforeerde gipsplaat en daarna met stuc worden afgewerkt (afbeelding 4), maar er zijn ook speciale plafondelementen op de markt waarin de watervoerende buizen zijn geïntegreerd en waarop alleen een dunne afwerklaag moet worden aangebracht.

Marktoverzicht

Van de vier grootste spelers in de markt zijn over de periode 2000-2004 de gerealiseerde m^2 geïnventariseerd. Hierbij is niet uitgegaan van het oppervlak geactiveerde panelen, maar van het vloeroppervlak dat door een klimaatplafond wordt geklimatiseerd. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 5. Uit de afbeelding blijkt dat over de afgelopen periode jaarlijks tussen 120.000 en 180.000 m^2 plafonds zijn gerealiseerd, met een duidelijke piek in 2003. Het grootste deel is gerealiseerd in kantoorgebouwen van banken, verzekeraars en de overheid. Maar ook in de gezondheidszorg zijn verschillende projecten uitgevoerd. Toepassing in projecten van ontwikkelaars is er niet of nauwelijks.

Regelgeving

De in 1998 verschenen Isso-publicatie 48 is een ontwerprichtlijn voor het ontwerpen en uitvoeren van installaties met koel-



3. Voorbeeld van geactiveerd plafondeiland met hybride ventilatie.

of klimaatplafonds. In de richtlijn wordt voor het bepalen van het koelvermogen verwezen naar DIN 4715 en Nordtest method NT vvs 078. In 2004 verscheen bij NEN in Delft NEN-EN 14240 [6]. Deze Europese norm sluit voor een groot deel aan bij de hierboven genoemde voorschriften. De norm is bedoeld voor het geven van een standaard laboratoriummeetmethode waarmee producten onderling kunnen worden vergeleken. De norm beperkt zich tot koelen. Er worden hoge eisen gesteld aan de wijze van meten, de energiebalans van de ruimte en de norm geeft een berekeningsmethode voor de onnauwkeurigheid van metingen.

Volgens de norm moet eerst de nominale waterhoeveelheid worden bepaald: de waterhoeveelheid die resulteert in een waterzijdig temperatuurverschil van 2 K bij een verschil tussen de ruimtetemperatuur en de gemiddelde watertemperatuur van 8 K. Vervolgens wordt bij deze waterhoeveelheid het koelvermogen gemeten bij drie waarden van het verschil tussen de gemiddelde watertemperatuur en de ruimtetemperatuur. De nominale koelcapaciteit van het plafond kan worden weergegeven in een kengetal dat wordt bepaald bij een verschil tussen de ruimtetemperatuur en de gemiddelde watertemperatuur van 8 K. Dit is een voor gebruikssituaties realistischer verschil dan het oorspronkelijk in DIN 4715 genoemde verschil van 10 K. Hierdoor zijn de kengetallen beter bruikbaar in het ontwerp voor de Nederlandse situatie waarbij, uitgaande van een ruimtetemperatuur van $25 \text{ }^\circ\text{C}$, het temperatuurverschil tussen de ruimte- en de gemiddelde watertemperatuur ($16/18 \text{ }^\circ\text{C}$) ook $25 - 17 = 8 \text{ K}$ bedraagt. Daarbij moet rekening worden gehouden met de verhouding tussen het werkelijk actieve oppervlak van het plafond en het totale plafondoppervlak tijdens de test.

Ervaringen

In de afgelopen jaren zijn diverse projecten bij oplevering door middel van infrarood thermografie gecontroleerd. Bij deze controles komen veel gebreken aan het licht. Bij steekproefsgewijze controle functioneert soms 50 procent van het oppervlak niet goed! Hierbij zijn de volgende zaken vastgesteld.

De meeste gebreken hebben te maken met het watervoerend systeem, zoals foutieve regelingen of geblokkeerde regelafsluiters, te weinig water, onbalans of lucht in het systeem, een verwisselde aanvoer en retour of te veel of te weinig actieve panelen.



4. Het aanbrengen van een kunststofkoelmat op een gipsplaat.

Incidenteel werden afwijkingen in de plafondpanelen zelf geconstateerd (afbeelding 6). Deze eventuele afwijkingen in de plafondelementen zijn systeem- en leverancierafhankelijk.

Er wordt blijkbaar slecht of onvoldoende vaak ingeregeld en dat er niet of nauwelijks tijdens een vooroplevering wordt gecontroleerd. De meeste problemen bevinden zich niet in de plafondelementen, maar in het watersysteem. Installateurs en inregelbedrijven moeten ervan zijn doordrongen hoe belangrijk een goede waterzijdige inregeling van een klimaatplafond is: de juiste waterhoeveelheid en temperatuur, goed functionerende regelaars en een zorgvuldige ontluftung (dit laatste vraagt om voorzieningen!). Een onafhankelijke controle, met kennis van de plafondsysteem en ervaring met het interpreteren van de beelden is noodzakelijk. Het verrichten van een thermografische controle door het inregelbedrijf (zelfcontrole) is behulpzaam voor de vooroplevering, maar kan niet als een onafhankelijke controle op het juist functioneren van het systeem worden beschouwd. Het verdient aanbeveling de controle na enige jaren te herhalen.

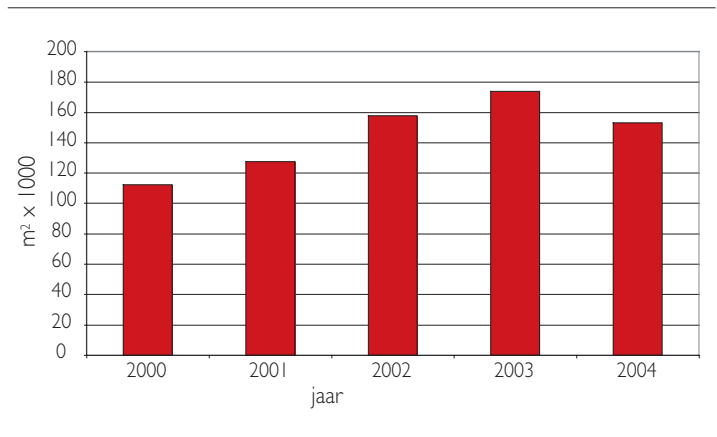
Conclusies klimaatplafonds

Klimaatplafonds hebben bewezen niet een tijdelijk product te zijn maar hebben een duurzame positie in de markt veroverd. Het merendeel van de projecten in Nederland wordt uitgevoerd door vier aanbieders met twee activeringsprincipes.

Op basis van opleveringcontroles wordt geconcludeerd dat er meer aandacht moet worden geschonken aan de uitvoering en inregeling van het watersysteem.

KOELCONVECTOREN

Er heerst in de markt nogal wat verwarring in benamingen: koelconvectoren, koelplafondunit, plafondinductie-rooster of plafondinductie-unit. Wie deze verschillende benamingen leest, heeft op het eerste gezicht niet het idee dat het om vrijwel identieke producten gaat: actieve plafondconvectoren waarmee kan worden geventileerd en gekoeld en in vele gevallen ook verwarmd. Daarnaast zijn er de passieve convectoren, waarmee alleen kan worden gekoeld. Er is een grote verscheidenheid aan producten beschikbaar die echter voor een groot deel sterk op elkaar lijken.



5. Geïnstalleerde m² klimaatplafonds 2000-2004.

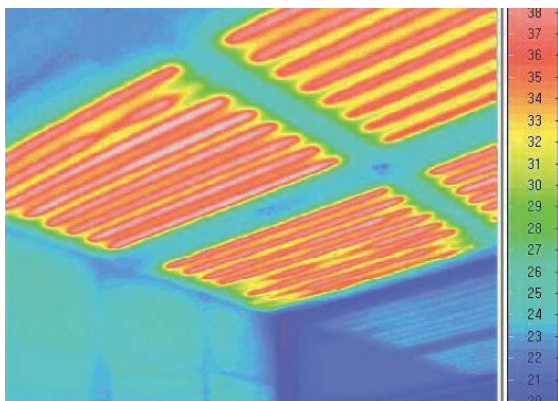
Waarneembare trends bij de standaard koelconvectoren zijn:

- het overgrote deel van de units zijn actieve convectoren;
- compacte units, passend in een 300 mm plafondmaat met een lage inbouwhoogte;
- gestante nozzles in plaats van losse uitwisselbare nozzles (compact, kostenbesparing);
- niet alleen koelen, maar ook verwarmen, waarbij er tot nu toe slechts één leverancier is die aanpassingen aan de units heeft ontwikkeld om de warme lucht beter in de leefzone te laten indringen;
- de units worden veelal als gesloten unit geleverd, waarbij de te induceren lucht onder de unit vanuit de ruimte wordt aangezogen en niet, zoals bij de passieve units vanuit het plafondplenum;
- neerklapbare onderzijde in verband met reiniging.

Bij de leveranciers zijn er duidelijke verschillen in benadering van de marktwensen. Een deel van de leveranciers concentreert zich op een standaardproduct dat wordt geleverd in een beperkt aantal lengten en uitvoeringen. Andere zijn ook gericht op het invullen van specifieke wensen van de klant.

Specifieke uitvoeringen zijn onder andere enkelzijdig uitblazende units voor montage tegen een wand en vrijhangende units. Ook kan de integratie van verlichting door middel van compacte TL5-armaturen en in bepaalde gevallen ook luidsprekers op specifieke wens plaatshebben, de 'multi service beam' (afbeelding 7). De units kunnen inmiddels ook als vierkante of ronde units, passend in een 0,6 x 0,6 m plafondmaat worden geleverd of worden voorzien van een condensabsorberende coating op de koellamellen. Deze coating heeft overigens wel een reducerende invloed op het koelvermogen. Door de inbouw van lucht volumeregelaars, luchtverdelingschoepen en by-pass openingen kan voor bepaalde ruimten meer lucht worden toegevoerd, zonder dat het waterzijdig koelvermogen, het circulatievoud en de geluidproductie wezenlijk veranderen. Een andere gebruiksmogelijkheid zijn 'dummies' die als afzuigstelsel worden gebruikt.

De beschikbare documentatie van de belangrijkste fabrikanten geeft de benodigde informatie over koel- en verwarmingsvermogen, luchtwerp, luchtsnelheden, voordruk, benodigde waterhoeveelheid enzovoorts. Vooral van de te verwachten luchtsnelheden in de ruimte moeten de gegevens voorzichtig worden



6. Verwarmingsplafond met een plaatselijk slecht contact en te korte warmteoverdrachtprofielen.

gehanteerd. Als deze gegevens onder isotherme omstandigheden zijn gemeten, zijn ze voor de beoordeling niet bruikbaar.

Ook de gevolgen van enkele productaanpassingen verdienen aandacht bij selectie en beoordeling.

Door versmalling van de units en wijziging van het type nozzles wordt het luchtuitblaasp patroon kritischer. De lucht blijft moeilijker aan het plafond 'kleven', wat eerder tot hoge luchtsnelheden in de ruimte kan leiden. Door het gebruik van gestante (vaste) nozzles neemt de flexibiliteit van de units af. Het snel uitwisselen van nozzles bij het wijzigen van de luchthoeveelheid wordt bemoeilijkt of is niet mogelijk.

Alle leveranciers verstrekken ook gegevens met betrekking tot verwarmen. Dit zijn echter de vermogens die door de batterij kunnen worden overgedragen aan de gerecirculeerde lucht. Dat betekent nog niet dat de warme lucht ook daadwerkelijk de leefzone binnendringt en zorgt voor een gelijkmatige temperatuurverdeling. Vaak worden units geselecteerd op de zomersituatie: voldoende koelvermogen en een goed ruimtecomfort (niet te hoge luchtsnelheden) in de leefzone. Dit conflicteert met de behoefte aan hogere inblaasnelheden in de winter voor voldoende doorspoeling bij verwarmen. Daarom is een hoog inductievoud van belang, zodat het koel- en verwarmingsvermogen kan worden overgedragen aan uit de ruimte gerecirculeerde lucht en met een zo klein mogelijk temperatuurverschil in de ruimte wordt ingeblazen. Als de inblaastemperatuur te hoog is, zal een groot deel van de warmte direct worden afgezogen en ontstaat een te hoge verticale temperatuurgradiënt. Het aanbrengen van een regelklep, waarmee de richting van de lucht afhankelijk van de bedrijfssituatie, kan worden gestuurd is een interessante ontwikkeling.

Marktoverzicht

De markt van de koelconvectoren is meer in beweging dan de markt van klimaatplafonds. Het aantal aanbieders varieert, waarbij de markt wordt gedomineerd door vier grote aanbieders en een aantal kleinere. Op basis van de gegevens van zes aanbieders is een inventarisatie gemaakt over de periode 2000-2004. De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 8. Ondanks de moeilijke markt is er de laatste jaren sprake van een toename van het aantal afgezette units. Wordt uitgegaan van 1 unit per circa 10 m² plafondoppervlak dan kan, na ver-



7. 'Multi service beam': actieve convector met integratie van verlichting, geluid enzovoort.

gelijking met afbeelding 5, worden geconstateerd dat in 2002 het aantal m² vloeroppervlak dat werd geconditioneerd door convectoren, nauwelijks groter was dan het oppervlak met klimaatplafonds. De laatste jaren is de toename van de convectoren echter aanzienlijk, terwijl bij de klimaatplafonds een daling optrad. Opvallend is de trend dat in de afgelopen vijf jaar het marktaandeel van in Nederland geproduceerde units wezenlijk is toegenomen ten opzichte van geïmporteerde producten.

Regelgeving

Niet alleen voor klimaatplafonds maar ook voor convectoren wordt gewerkt aan internationale regelgeving. Voor zowel de passieve als de actieve convectoren zullen normen verschijnen, zo mogelijk nog in 2005 [7 en 8]. Zoals uit de titels van de normen blijkt, zal het hierbij gaan om koelbedrijf. In hoeverre er voor de actieve convectoren ook nog een verwarmingsnorm gaat komen, is bij het schrijven van dit artikel niet bekend.

De testmethoden sluiten voor een groot deel aan bij de opzet van de testmethode van de plafonds in NEN-EN 14240. Dit normblad is ook nodig om de andere normen te kunnen gebruiken. Als referentietemperatuur wordt niet de ruimtemtemperatuur gehanteerd, maar de luchtintredetemperatuur op de koelbatterij (air on coil temperature). De capaciteitsmeting wordt uitgevoerd bij de nominale waterhoeveelheid en de helft hiervan. De resultaten worden omgerekend naar een kengetal, de specifieke koelcapaciteit: het koelvermogen van de unit per meter actieve lengte onder de nominale condities. Hierbij geldt de nominale waterhoeveelheid en een verschil tussen luchtintredetemperatuur en gemiddelde watertemperatuur van 8 K.

Zowel de passieve als de actieve units worden vrijhangend beproefd. Om kortsluiting bij de actieve units te voorkomen, mag een kleine plafondstrook worden aangebracht zodat enige worp wordt verkregen. Ook de invloed van de primaire luchthoeveelheid op het vermogen moet worden onderzocht. Hierbij moet de luchthoeveelheid zodanig worden gevarieerd dat bij de nominale waterhoeveelheid het koelvermogen 80 procent respectievelijk 120 procent van het nominale vermogen bedraagt.

Ervaringen

Er is inmiddels een groot aantal installaties opgeleverd. In een aantal situaties is sprake geweest van comfortklachten. Deze klachten treden vooral op in de volgende situaties.

Bij passieve units treden klachten op als de units worden gecombineerd met geïntegreerde luchttoevoer. Op basis van verschillende proefkameronderzoeken is geconcludeerd dat dit moet worden voorkomen. Enkele projecten zijn of worden aangepast.

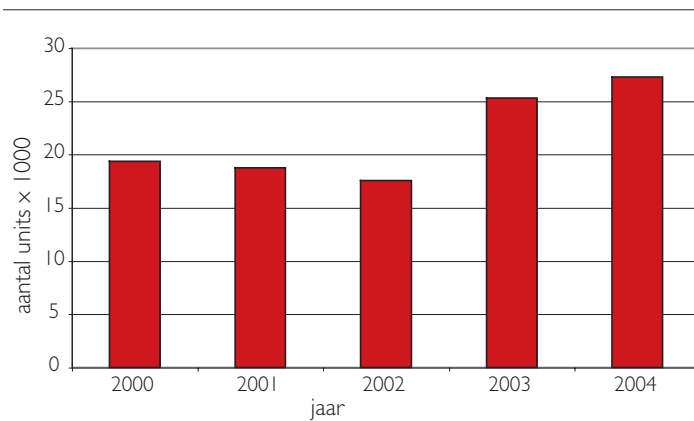
Bij actieve units kunnen klachten optreden als er meerdere rijen units in grote vertrekken worden toegepast. De luchtstralen van de units ontmoeten elkaar en dalen naar de leefzone. In deze dalzone kunnen klachten ontstaan, waarbij niet altijd sprake hoeft te zijn van meetbaar hoge luchtsnelheden. De dalende stroming is namelijk niet constant, maar wordt bepaald door het momentaan geleverde koelvermogen en eventuele thermische stromingen (denk bijvoorbeeld aan door de zon bestraalde lichtwering) in de ruimte. De klagers ervaren zo nu en dan een koele luchtstroming, die eventueel aan gangbare eisen met betrekking tot 'draught rating' kan voldoen, maar desondanks als hinderlijk wordt ervaren.

Ook bij installaties met convectoren worden gebreken bij het inregelen geconstateerd. Een goede controle op het inregelen is het meten van de nozzledruk op een aantal plaatsen in de unit of op door de fabrikant opgegeven referentiepunten.

Daarnaast kunnen specifieke plafonduitvoeringen voor beperkingen zorgen. In afbeelding 9 is een (proefkamer)situatie weer-



9. Proefkamer met een lange open actieve unit in gebogen plafondstrook.



8. Het aantal geïnstalleerde koelconvectoren in de periode 2000–2004.

gegeven voor een project met een gebogen plafondeiland waarin een lange open actieve convector was geplaatst. De convector was niet over de gehele lengte geactiveerd. De uitblaasopeningen staken juist onder het plafond uit. Gevreesd werd voor een te gering coanda-effect, ook door de grove structuur van het plafond. Dat bleek niet het geval. Wel werd geconstateerd dat door de geringe diepte van het vertrek er versturende invloeden waren van de wanden en gevel. Door het optimaliseren van de uitblaasopeningen en de actieve lengte van de convector is het ruimtecomfort aanzienlijk verbeterd.

Conclusies convectoren

Ook plafondconvectoren hebben zich een duurzame positie in de markt weten te verwerven. Het merendeel van de in Nederland gerealiseerde projecten wordt uitgevoerd door zes aanbieders. De druk op de markt is groot waardoor mogelijk te weinig technische ondersteuning kan worden geboden. Zeker een actieve plafondconvector is een product dat zorgvuldig moet worden geselecteerd, waarbij rekening wordt gehouden met de specifieke toepassingsfactoren als vermogen, gewenst comfortniveau, ruimteafmeting, plafonduitvoering en koelen/verwarmen.

Literatuur

- [1] Bruggema H.M., *Klimaatplafonds: eigenschappen, mogelijkheden en beperkingen*. *Verwarming & Ventilatie* nr. 11 1994.
- [2] Bruggema H.M., *Klimaatplafonds: inventarisatie, onderzoek en toepassingen*. *TWV-magazine* nr. 3 1996.
- [3] *ISSO-publicatie 48 Klimaatplafonds/koelconvectoren*, Rotterdam 1998.
- [4] Bruggema H.M. en Veerman J., *ISSO-publicatie 48: Klimaatplafonds en koelconvectoren*. *TWV-magazine* nr. 4 1999; idem *Verwarming & Ventilatie* oktober 2000.
- [5] Bruggema H.M., *Klimaatkameronderzoek aan hybride ventilatiesystemen*, *TWV-magazine* nr. 9, 2001.
- [6] *NEN-EN 14240: 2004 Ventilatie van gebouwen – koelplafonds - beproeven en capaciteit*; Delft 2004.
- [7] *pr EN 14518 Ventilation for buildings – chilled beams – Testing and rating of passive chilled beams*.
- [8] *pr EN 15116 Ventilation for buildings – chilled beams – Testing and rating of active chilled beams*.

Auteur ing. Harry Bruggema, Peutz bv, Mook.