

Het perfecte klimaat in uw behuizing

Basisbeginselen

White Paper 311

Februari 2016

Door: Edgar Hoogakker
Product Manager Klimatisering

Elektrische installaties worden steeds compacter en het aantal schakelingen per volume-eenheid neemt toe met als gevolg hogere warmteontwikkeling per volume-eenheid. Een constante temperatuur is de beste voorwaarde voor een lange levensduur en een hoge betrouwbaarheid van alle elektronische componenten. Vooral bij een compleet vol gemonteerde behuizing is het belangrijk dat er voldoende koele lucht langs de componenten stroomt. Om dit zo efficiënt en verantwoord mogelijk te realiseren zijn er diverse mogelijkheden, maar om tot een juiste keuze te komen is inzicht noodzakelijk. Deze White Paper licht de grondbeginselen van schakelkastklimaatbeheersing toe.

Samenvatting

Een veilige omgeving voor gevoelige elektronische apparatuur is in elke branche en bij elk proces van groot belang. Toch ontbreekt vaak de aandacht voor een goede behuizing voor besturingssystemen. En dat kan vervelende consequenties hebben: een schakelpaneel dat te warm wordt kan alles plat leggen. In dit White Paper leggen we uit wat de basisbeginselen zijn om voor het perfecte klimaat in de behuizing van de gevoelige elektronische apparatuur te zorgen.

Het belang van een goede behuizing ontgaat geen enkele branche. Zoals de behuizing in de foodsector reinigbaar moet zijn, is voor de panelen in datacenters betrouwbaarheid - continuïteit - van het grootste belang. Maar voor elke branche geldt dat de gevoelige apparatuur in deze kasten steeds compacter wordt. Met name dankzij nanotechnologie zijn de componenten steeds kleiner en steeds sneller geworden. Dat is natuurlijk mooi, maar dit heeft ook een nadeel: op een kleiner oppervlakte ontstaat meer warmte, waardoor het risico op storingen toeneemt.

Tevens zijn er strengere normeringen die voorschrijven waaraan deze installaties moeten voldoen. Eén van deze ziet toe op de temperatuurhuishouding. Per 1 november 2014 is de NEN EN IEC 61 439 van kracht: elk schakelpaneel dat een stroomverdeling bevat, moet aan temperatuurnormen voldoen. Afhankelijk van de stroomhoogte is vooraf een berekening of een test vereist. Is zo'n berekening of test niet uitgevoerd en gaat er iets mis, dan heeft dat niet alleen praktische consequenties. Het kan bijvoorbeeld ook problemen opleveren bij aansprakelijkheid- en verzekeringskwesties.

Anticiperen

Bij het ontwerp van de schakelkast is het al belangrijk om van tevoren goed na te denken over de plaats waar de behuizing terecht komt. Het vermijden van plaatsen waar het extra warm wordt lijkt een logisch, maar in de praktijk gaat het nog wel eens fout. Anticipeer ook op mogelijke uitbreiding. Is er voldoende ruimte om ook de extra aansturing op verantwoorde wijze onder te brengen. Maar het belangrijkste is en blijft: is de temperatuur op orde? Is koeling van de schakelkast noodzakelijk?

Want een constante temperatuur is de beste voorwaarde voor een lange levensduur en een hoge betrouwbaarheid van alle elektronische componenten. Vooral bij een vol gemonteerde behuizing is het belangrijk dat er voldoende koele lucht langs de componenten stroomt. Om dit zo efficiënt en verantwoord mogelijk te realiseren zijn er verschillende mogelijkheden. Voor een juiste keuze is kennis van en inzicht in de grondbeginselen van schakelkastklimaatbeheersing van groot belang. Deze grondbeginselen zullen we daarom hieronder stap voor stap toelichten.

Inhoudsopgave

• Samenvatting	2
• Warmteoverdracht	3
• Basisbegrippen - grootheden	3
• Berekening effectief kastoppervlak	4
• Wijze van opstelling	4
• Dimensionering	5
• Conclusie	8
• Bronnen	8

Warmteoverdracht

Warmte-overdracht vindt plaats op drie manieren: door straling, geleiding en convectie.

Straling: warmteoverdracht via straling ontstaat door elektromagnetische golven.

Een voorbeeld hiervan is de zonne-energie die de aarde bereikt en opwarmt.

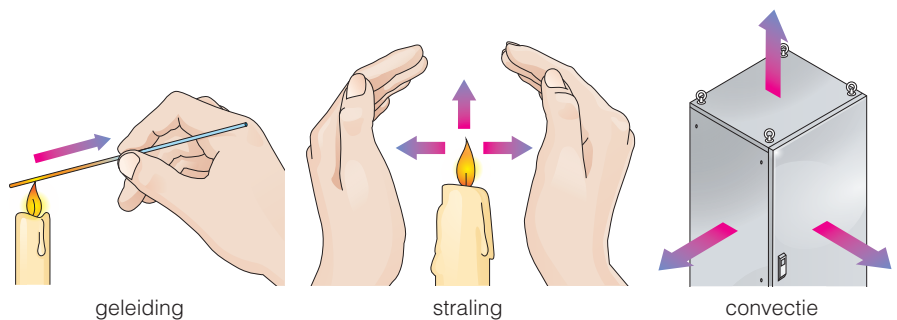
Geleiding: warmte kan ook worden overgedragen door geleiding tussen materialen, bijvoorbeeld een processor gekoeld met een koellichaam.

Convectie: waarbij we convectie kunnen verdelen in natuurlijke en geforceerde convectie. Bij natuurlijke convectie wordt de warmte van een behuizing afgegeven aan de omgeving als gevolg van een temperatuurverschil tussen de behuizing en de omgeving.

Bij geforceerde convectie is er ook sprake van een luchtstroom die de warmteoverdracht versnelt.

De meeste oplossingen zijn een combinatie van methoden, bijvoorbeeld een processor wordt gekoeld met een koellichaam (geleiding) maar is ook voorzien van een ventilator (geforceerde convectie). Om echter ook bij hoge omgevingstemperaturen een optimale bedrijfstemperatuur in de behuizing te kunnen waarborgen, zijn er diverse oplossingen.

De meest gebruikte koelmethode voor kasten, in volgorde van toenemende kosten zijn: natuurlijke koeling (convectie), ventilatoren, lucht/lucht-warmtewisselaars, lucht/water-warmtewisselaar en koelaggregaten.



Basisbegrippen grootheden

P_t = totaal vermogensverlies in de behuizing [W]

P_c = convectie: door het kastoppervlak afgegeven getransporteerde warmte [W]

P_c > 0: uitstraling ($T_i > T_u$)

P_c < 0: instraling ($T_i < T_u$)

P_n = noodzakelijk koelvermogen [W]

P_v = noodzakelijke verwarmingscapaciteit van een kastverwarming [W]

P_a = af te voeren vermogensverlies (ventilator)

Q_w = specifieke warmtecapaciteit van een warmtewisselaar [W/K]

V = noodzakelijke volumestroom van een ventilator [m³/h]

T_i = gewenste temperatuur in de behuizing [°C]

T_u = omgevingstemperatuur van de behuizing [°C]

ΔT = $T_i - T_u$ = Max. toelaatbaar temperatuurverschil [K]

k = warmtedoorgangscoefficiënt [W/m²K] voor plaatstaal $k = 5,5$ W/m²K

A = effectieve kastoppervlak [m²]

Berekening effectief kastoppervlak

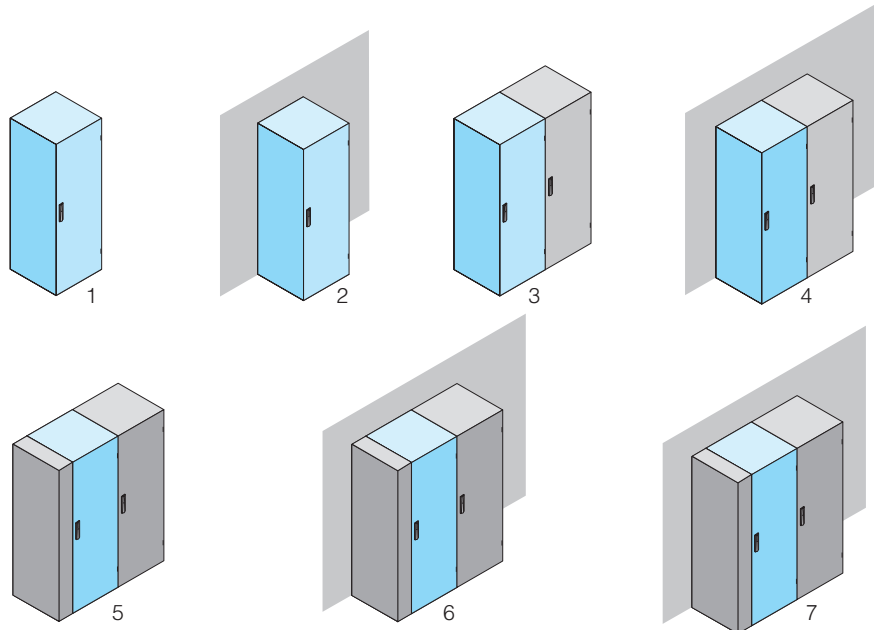
Wijze van opstelling volgens IEC 60 890

Voordat we gaan beginnen met het berekenen van de benodigde koeling/verwarming heeft het effectieve kastoppervlak A nog enige toelichting. De warmte die de kast transporteert, is namelijk niet alleen afhankelijk van het werkelijke oppervlak; doorslaggevend is ook de wijze van opstelling van de kast. Een aan alle zijden vrijstaande kast kan meer warmte transporteren dan een kast die tegen een wand of in een nis is geplaatst. Daarom zijn er nauwkeurige voorschriften waarmee u het effectieve kastoppervlak afhankelijk van de wijze van opstelling kunt berekenen. De formules voor het berekenen van A zijn vastgelegd in de IEC 60 890.

- 1 enkele kast - vrijstaand
- 2 enkele kast - wandopstelling
- 3 begin- of eindkast - vrijstaand
- 4 begin- of eindkast - wandopstelling
- 5 tussenkast - vrijstaand
- 6 tussenkast - wandopstelling
- 7 tussenkast - wandopstelling | afgedekt vlak

Formules voor het berekenen van A (m²)

- 1 $A = 1,8 \times H \times (B+D) + 1,4 \times B \times D$
- 2 $A = 1,4 \times B \times (H+D) + 1,8 \times D \times H$
- 3 $A = 1,4 \times D \times (H+B) + 1,8 \times B \times H$
- 4 $A = 1,4 \times H \times (B+D) + 1,4 \times B \times D$
- 5 $A = 1,8 \times B \times H + 1,4 \times B \times D + D \times H$
- 6 $A = 1,4 \times B \times (H+D) + D \times H$
- 7 $A = 1,4 \times B \times H + 0,7 \times B \times D + D \times H$ Dimensionering



Eigen convectie

Eigen convectie is de goedkoopste manier van koelen omdat je hiervoor geen componenten hoeft aan te schaffen. Bij eigen convectie wordt de warmte door de kast naar buiten getransporteerd. Voorwaarde hiervoor is dat de omgevingstemperatuur lager is dan de temperatuur in de kast. Als de omgevingstemperatuur hoger is dan de temperatuur in de kast is er sprake van instraling waarbij er dus extra warmte in de kast komt. De eigen convectie of instraling kunt u als volgt berekenen:

$$P_c = k \times A \times \Delta T$$

Het af te voeren vermogensverlies is dan het totale vermogensverlies van de componenten in de behuizing minus de eigen convectie.

$$P_a = P_t - P_c$$

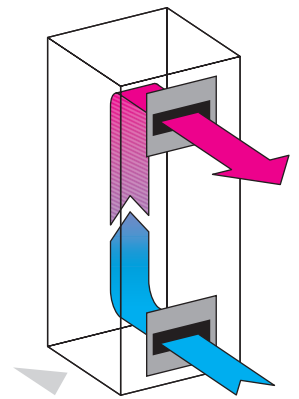
Ventilator

De ventilator is de meest toegepaste methode van koelen van een behuizing.

Bij het gebruik van een ventilator wordt de omgevingslucht door een filtermat direct de behuizing ingeblazen en zal zo zeer effectief de componenten koelen. De luchtuitrede vindt plaats met een ventilatierooster. Wel dient men erop te letten dat de aangezogen lucht geen verontreinigingen bevat die de elektronica of koperrail kan aantasten.

Bij een af te voeren vermogensverlies P_a , kan de benodigde capaciteit van een ventilator als volgt worden berekend:

$\frac{V}{\Delta T} = f \times P_a$	$f = 3,1 \text{ m}^3$ bij $h = (0 \text{ tot } 100)$
	$f = 3,2 \text{ m}^3$ bij $h = (100 \text{ tot } 250)$
	$f = 3,3 \text{ m}^3$ bij $h = (250 \text{ tot } 500)$
	$f = 3,4 \text{ m}^3$ bij $h = (500 \text{ tot } 750)$
	$f = 3,5 \text{ m}^3$ bij $h = (750 \text{ tot } 1000)$
	$h = \text{hoogte boven NAP [m]}$

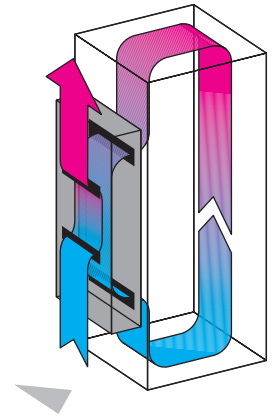


Richtlijnen voor de praktijk

- De omgevingstemperatuur dient lager te zijn dan de gewenste kasttemperatuur (ca. 5K).
- De volumestroom is afhankelijk van de hoogte boven NAP [m] zie tabel.
- De montage van ventilatoren aan de kast is afhankelijk van de indeling in de kast.
- De ventilator en het ventilatierooster dienen zo te worden geplaatst dat de luchtaanzuigopening zich aan de onderzijde en de luchtuitblaasopening zich aan de bovenzijde bevindt.
- De luchtstroming kan zowel blazend als zuigend geschieden.

Lucht/lucht-warmtewisselaar

Bij omgevingstemperaturen die lager zijn dan de gewenste temperaturen in de kast, zijn lucht/lucht-warmtewisselaars nuttig. Vooral wanneer de omgevingslucht stof, olie en agressieve stoffen bevat die in geen geval in de kast mogen komen is de lucht/lucht-warmtewisselaar met zijn gescheiden binnen- en buitencircuit de ideale oplossing. De capaciteit van een lucht/lucht-warmtewisselaar is afhankelijk van het temperatuurverschil van de lucht in de behuizing en de omgeving, en wordt daarom uitgedrukt in W/K. De benodigde capaciteit van een lucht/lucht-warmtewisselaar kan als volgt worden berekend:



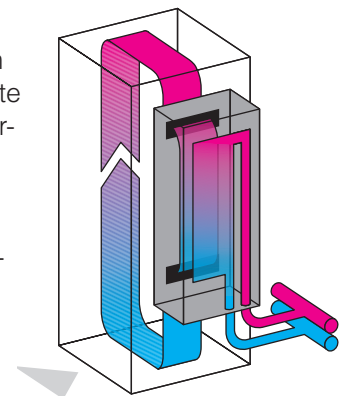
$$Q_w = \frac{P_t - P_c}{\Delta T}$$

Richtlijnen voor de praktijk

- De omgevingstemperatuur dient lager te zijn dan de gewenste kasttemperatuur (ca. 7K)

Lucht/water-warmtewisselaar

Lucht/water-warmtewisselaars bieden warmte-technisch de meest effectieve mogelijkheid om in de kleinste ruimten maximale koelprestaties te leveren. Zeker wanneer er al een koelwatervoorziening aanwezig is zal de lucht/water-warmtewisselaar een goede keuze zijn. De benodigde capaciteit van een lucht/water-warmtewisselaar kan als volgt worden berekend:



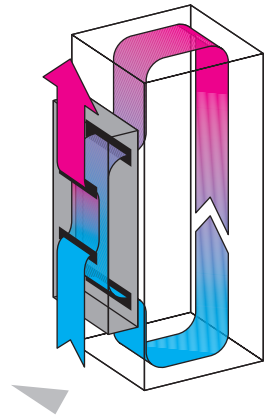
$$P_n = P_t - P_c$$

Richtlijnen voor de praktijk

- Gebruik is ook mogelijk bij omgevingstemperaturen tot +70 °C.
- Lucht/water-warmtewisselaars zijn vooral geschikt voor vervuilde omgevingen.
- Een koelwatersysteem dient aanwezig te zijn.
- Minimaal onderhoud omdat er geen extern luchtcircuit is, dus geen vervuiling van filtermatten en er geen contact is met omgevingslucht.
- Warmtewisselaars voor dak- en wandmontage, ook met alle watervoerende delen uitgevoerd in roestvaststaal (1.4571).
- De berekening komt overeen met die van een koelaggregaat.

Koelaggregaat

Overall waar optimale bedrijfstemperaturen in een kast, ook bij hoge omgevingstemperaturen, zijn vereist, is een koelaggregaat de juiste oplossing. Zelfs het afkoelen van de lucht in de kast tot onder de omgevingstemperatuur is mogelijk. De luchttechnisch gunstig geplaatste lucht aanzuig- en lucht-inblaasopeningen in het interne en externe circuit waarborgen een optimale luchtstroming in de kast. De benodigde capaciteit van een koelaggregaat kan als volgt worden berekend:



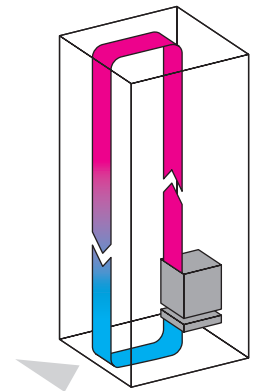
$$P_n = P_t - P_c$$

Richtlijnen voor de praktijk

- Het aggregaat dient alleen te werken met gesloten deur.
- De kast dient rondom te zijn afgedicht IP 54.
- Kastbinnentemperatuur niet lager dan nodig instellen i.v.m. energieverspilling.

Verwarming

Soms komt het voor dat de omgeving dusdanig afkoelt dat de behuizing verwarmd moet worden om de gevoelige elektronica te beschermen. De benodigde capaciteit van de verwarming kan als volgt worden berekend, waarbij T_i = de gewenste behuizingstemperatuur en T_u = de minimale omgevingstemperatuur:



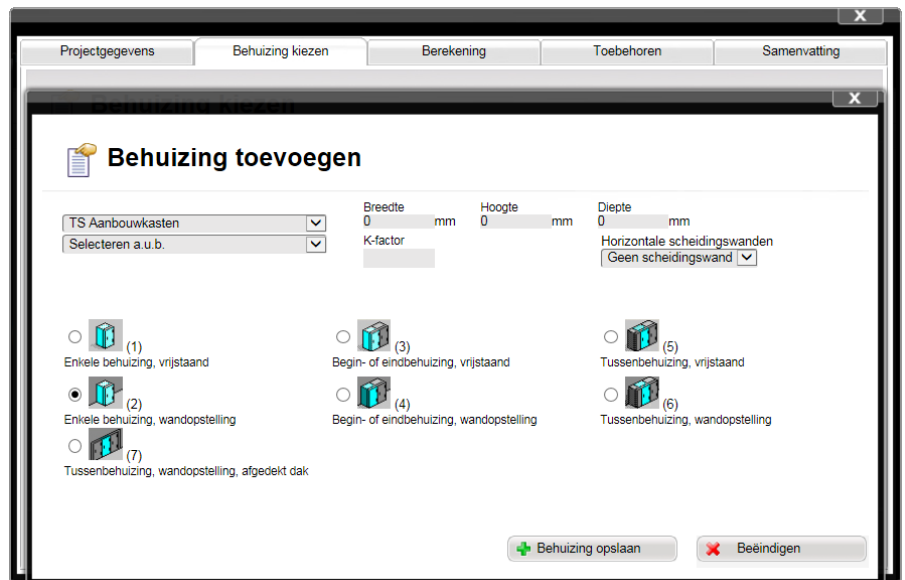
$$P_v = k \times A \times \Delta T$$

Richtlijnen voor de praktijk

- De verwarmingen dienen zoveel mogelijk onder de te beschermen componenten te worden geplaatst, omdat de verwarmde lucht opstijgt waardoor de componenten indirect worden verwarmd.
- In grotere kasten wordt een gelijkmatige warmteverdeling het best bereikt door de inbouw van meerdere verwarmingselementen met een kleiner vermogen.
- Om een exacte temperatuurregeling resp. luchtvochtigheid in de kast te garanderen, dient de thermostaat SK 3110.000 of de hygrostaat SK 3118.000 te worden toegepast.
Alle formules zijn in overeenstemming met de normen VDE 0660 deel 507 en de DIN 3168 voor schakelkastkoelaggregaten.

Software

U kunt natuurlijk alles uitrekenen met de hierboven beschreven formules, maar er bestaat ook software waarmee u eenvoudig en snel de benodigde hoeveelheid koeling of verwarming kunt berekenen. Zo biedt Rittal het software programma Therm waarmee u in een paar eenvoudige stappen de juiste koeloplossing selecteert.



Conclusie

Om de betrouwbaarheid en levensduur van uw installatie te kunnen garanderen dient te worden nagedacht of de ontwikkelde warmte uit de behuizing afgevoerd moet worden. Dit kan op verschillende manieren, waaronder: natuurlijke convectie, ventilatoren, lucht/water-warmtewarmte-wisselaars, lucht/water-warmtewisselaar, en koelaggregaten. Bij de keuze is het belangrijk eerst te kijken met welke factoren u rekening moet houden zoals: is er koelwater aanwezig of bevat de lucht schadelijke stoffen?

Bronnen

- Gottfried Klingberg. (1996). Schaltschrank- und Gehäuseklimatisierung in der Praxis mit EMV, Teil II. Düsseldorf: Mahling Werbung.
- Projektierungshandbuch Schaltschrank-Entwärmung. München (2008): Süddeutscher Verlag onpact GmbH.

Rittal B.V.
Hengelder 56 · Postbus 246 · 6900 AE ZEVENAAR
Tel.: (0316) 59 16 60 · Fax: (0316) 52 51 45
E-mail: sales@rittal.nl · www.rittal.nl

Voor meer informatie met betrekking tot dit onderwerp:
Edgar Hoogakker · Product Manager Klimatisering · E-mail: ehoogakker@rittal.nl

FRIEDHELM LOH GROUP

