



Ir. R.J. (Roel) Ritsma

# Whitepaper Schakel- en Verdeel- inrichtingen

## Een goed thermisch ontwerp maken

**Kennisbanken.** Daarmee haalt u dé experts in huis.

[kennisbanken.nl/schakelenverdeel](https://kennisbanken.nl/schakelenverdeel)

**Installatie**  
*Journal*  
Onderdeel van **Cobouw**

## Inleiding

Een goed thermisch ontwerp houdt in dat wordt voldaan aan de basiseis, namelijk dat de temperaturen bij normale bedrijfsomstandigheden niet hoger worden dan maximaal volgens de norm toegestaan.

Een aantal aspecten speelt hierbij een belangrijke rol:

- De specificaties met betrekking tot de belastingen van de componenten in normaal bedrijf moeten duidelijk zijn gesteld.
- De ingebouwde (schakel)componenten zijn volgens de aanbevelingen van de fabrikant geplaatst en er moet op worden gelet dat de mogelijkheden voor de ingebouwde componenten om hun warmte aan de omgeving af te staan niet te veel worden belemmerd.
- De toegepaste doorsneden van de interne bedrading moeten correct worden gekozen.
- Door verificatie moet worden aangetoond dat de temperatuurstijgingen niet te groot zijn.

De basiseis is logisch en eenduidig: het mag niet warmer worden dan maximaal toegestaan. Om te zorgen dat hieraan wordt voldaan en dit ook aan te tonen, is een veel complexere aangelegenheid.

Meer informatie over dit onderwerp kunt u vinden op de Kennisbank Schakel- en Verdeelinrichtingen in [Naslag -> warmtehuishouding schakel- en verdeelsystemen](#).

## Toegestane temperaturen

De NEN/EN/IEC 61439-1 stelt in hoofdstuk 9.2 specifieke eisen aan de toegestane temperatuurstijgingen. Verwezen wordt naar tabel 6 in de norm. De in deze tabel aangegeven temperatuurstijgingen in K (maar hier mag ook voor gelezen worden temperatuurstijgingen in °C) zijn gerelateerd aan de omgevingstemperatuur buiten de omhulling. Volgens het voorschrift is dit de temperatuur op 1,5 meter afstand van de kast op de gemiddelde hoogte van de kast. Het voorschrift gaat standaard uit van een maximale omgevingstemperatuur van 35°C.

---

### Onderdelen van schakelinrichtingen

### Temperatuurverhoging K

Ingebouwde componenten

Volgens de bepalingen van de desbetreffende productnorm voor de afzonderlijke componenten of, volgens de aanwijzingen van de fabrikant, rekening houdend met de temperatuur van de schakelinrichting.

Met het begrip 'ingebouwde componenten' wordt bedoeld:

- conventionele schakel- en verdeelinrichtingen;
- elektronische delen van schakelinrichtingen (bijvoorbeeld gelijkrichtbrug, gedrukte schakeling);
- delen van de uitrusting (bijvoorbeeld regelweerstand, gestabiliseerd voedingsapparaat, rekenversterker).

---

Aansluitklemmen voor uitwendige geïsoleerde geleiders.

70

---

Rails en geleiders.

Begrensd door:

- de mechanische sterkte van het geleidermateriaal (maximaal 105 K);
  - de mogelijke beïnvloeding van naburige uitrusting;
  - de maximaal toelaatbare temperatuur van de isolerende materialen die met de geleider in aanraking zijn;
  - de invloed van de temperatuur van de geleider op de daarop aangesloten uitrusting;
  - voor insteekcontacten: de aard en oppervlaktebehandeling van het contactmateriaal.
-

---

Handbedieningsorganen van:

- metaal; 15
- isolatiemateriaal. 25

Voor handbedieningsorganen in het inwendige van een schakelinrichting die slechts na opening van de schakelinrichting toegankelijk zijn, bijvoorbeeld uittrekgrepen die niet regelmatig worden gebruikt, is een toename met 25 K op deze temperatuurverhogingsgrenzen toegelaten.

---

Aanraakbare uitwendige omhulsels en beplating:

- metalen oppervlakken; 30
- isolerende oppervlakken. 40

onder bepaalde voorwaarden is een verhoging van 10 K van deze waarden toegestaan.

---

Opstelling van steker- en stopcontacten per geval.

Bepaald door de begrenzing voor die componenten van de uitrusting waarvan zij deel uitmaken.

---

## Specificaties

Voor het thermisch gedrag van een schakel- en verdeelsysteem zijn met name van belang:

- De nominale stroom (InA) voor het gehele verdeelsysteem;
- De nominale stromen (Inc) voor de individuele stroomketens / circuits;
- De gelijktijdigheidfactor.

### Toegekende stroom van het schakel- en verdeelsysteem (InA)

De toegekende stroom van het schakel- en verdeelsysteem is de toegekende stromen van de voedende stroomketen(s) in het schakel- en verdeelsysteem. Praktisch gezegd is dit de maximale stroom die de hoofdschakelaar van het schakel- en verdeelsysteem kan voeren zonder dat de maximaal toegestane temperatuurstijgingen overschreden worden. Er moet op gewezen worden dat deze toegekende stroom lager kan zijn dan de toegekende stroom van de hoofdschakelaar (dat volgens de norm voor de desbetreffende schakelaar op het typeplaatje van de schakelaar staat vermeld) dat in het schakel- en verdeelsysteem is geïnstalleerd. Let wel dat het gaat om componenten in ingebouwde toestand: het is geen gegeven dat in ingebouwde toestand een component voor 100% van zijn nominale stroom belast kan worden. Bij verificatie door middel van berekening houdt het voorschrift hier ook rekening mee.

### Toegekende stroom van een stroomketen (Inc)

De toegekende stroom van een stroomketen (praktisch: een eindgroep) is de waarde van de stroom die onder normale bedrijfsomstandigheden door deze stroomketen kan worden gevoerd, zonder dat de maximaal toegestane temperatuurstijgingen overschreden worden. Ook hier geldt dat de toegekende stroom van een stroomketen lager kan zijn dan de toegekende stromen van de schakelaars, regelcomponenten of beveiligingen die in deze stroomketen zijn geïnstalleerd.

### De gelijktijdigheidfactor

In installaties is het, met het oog op de optredende verwarming en het dimensioneren van het railsysteem en de voeding, noodzakelijk te weten hoe groot de som van de stromen van de afgaande velden / groepen kan zijn. Het is zeer onwaarschijnlijk dat alle afgaande velden/groepen gelijktijdig voor 100% belast zullen zijn. In de praktijk wordt dan ook een reductiefactor toegepast, de zogenoemde gelijktijdigheidfactor. De definitie hiervan is:

$$\text{gelijktijdigheidfactor} = \frac{\sum \text{werkelijke stroom v/d groepen}}{\sum \text{maximale stroom v/d groepen}}$$

Indien de klant geen specifieke eisen ten aanzien van de gelijktijdigheidfactor stelt, hetgeen bij veel utiliteitsinstallaties het geval is, worden doorgaans de voorgeschreven 'veronderstelde belasting' (lees: 'gelijktijdigheidfactor') uit de oude NEN/EN/IEC 60439 of eerste editie van de NEN/EN/IEC 61439 aangehouden. Zie hiervoor de tabel hierna.

*Tabel – Values of assumed loading (oude versie)*

Number of main circuits	Assumed loading factor
2 and 3	0,9
4 and 5	0,8
6 to 9 inclusive	0,7
10 (and above)	0,6

Zoals in de tabel te zien is neemt de gelijktijdigheidfactor af naarmate er meer velden/groepen zijn. Dit is ook wel logisch: stel dat er maar 1 groep zou zijn, dan is het aannemelijk dat deze wel eens voor 100% van de nominale stroom belast wordt. Zijn er echter meer dan 10 groepen, dan kan er wel een groep tot 100% belast zijn, terwijl een andere groep helemaal geen stroom voert. Met andere woorden, het gemiddelde is veel lager dan 100%: volgens IEC dient 60% aangehouden te worden.

In de laatste editie van de NEN/EN/IEC 61439 is de bovenstaande tabel vervangen door een meer functionele:

*Tabel – Values of assumed loading (nieuwe versie)*

Type of load	Assumed loading factor
Electric	0,2
Motors ≤ 100kW	0,8
Motors > 100kW	1,0
Cable feeder	0,6

De gelijktijdigheidfactor is, zoals reeds aangegeven, van belang voor de verwarming binnen het verdeelsysteem en de dimensionering van de voeding en het railsysteem. Voor de verwarming binnen een kast geldt voor elke afgaande groep:

$$P_{\text{dissipatie groep}} = (I^2 \cdot R)_{\text{groep}}$$

Indien er meer dan 10 afgaande groepen aanwezig zijn, betekent dit met een gelijktijdigheidfactor van 0.6 dat voor de dissipatie geldt:

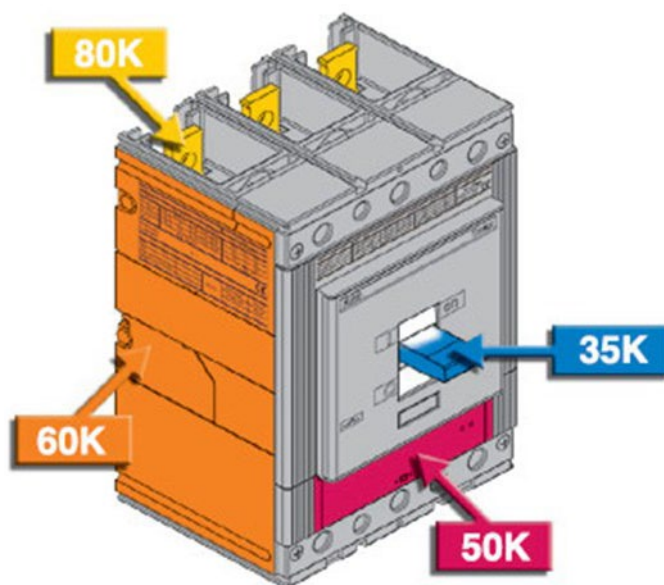
$$P_{\text{dissipatie groep}} = 0.36 (I_n^2 \cdot R)_{\text{groep}}$$

Ruwweg betekent dit dat de temperatuurstijgingen bij een gelijktijdigheidsfactor van 0,6 ca. 64% lager zijn dan bij een gelijktijdigheidsfactor van 1.

## Ingebouwde (schakel)componenten

Ten aanzien van de ingebouwde componenten wordt gesteld dat de temperatuurstijging niet hoger mag zijn dan wat door de fabrikant is opgegeven. Indien de fabrikant geen waarde opgeeft, dient de maximale waarde uit het productvoorschrift gehanteerd te worden.

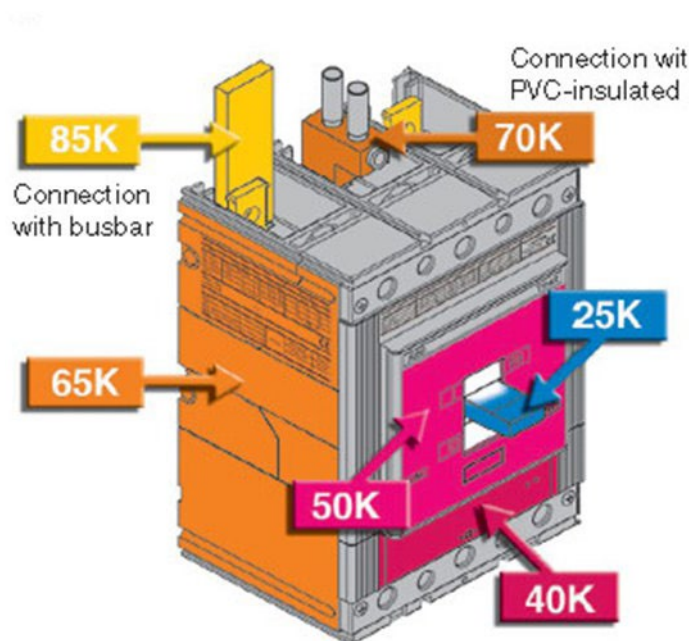
Aangezien de individuele productvoorschriften en het voorschrift voor verdeelsystemen niet met elkaar in lijn zijn, komen hieruit heel praktische problemen voort. Zo stelt NEN-EN-IEC 60947, het productvoorschrift voor industrieel schakelmateriaal (denk aan vermogenschakelaars, lastschakelaars en contactors/magneetschakelaars), dat de maximale temperatuurstijging op de terminals van de componenten 80K (bij een omgevingstemperatuur van 40°C) mag bedragen. Bij een omgevingstemperatuur van 40°C levert dit een absolute temperatuur van 120°C op. Dat is heel hoog.



*Toegestane temperatuurstijgingen volgens NEN/EN/IEC 60947 (omgevingstemperatuur van 40°C).*

De specificatie van de nominale stroom, die op het typeplaatje van de schakelaar staat, is een specificatie volgens het productvoorschrift van de component

Stel nu dat een dergelijk component in een verdeelsysteem wordt toegepast, dan moet de component moet aan de eisen voor toegestane temperatuurstijgingen volgens de NEN/EN/IEC 61439 voldaan worden. Bedenk hierbij dat de in de NEN/EN/IEC 61439 aangehouden omgevingstemperatuur 35°C bedraagt.



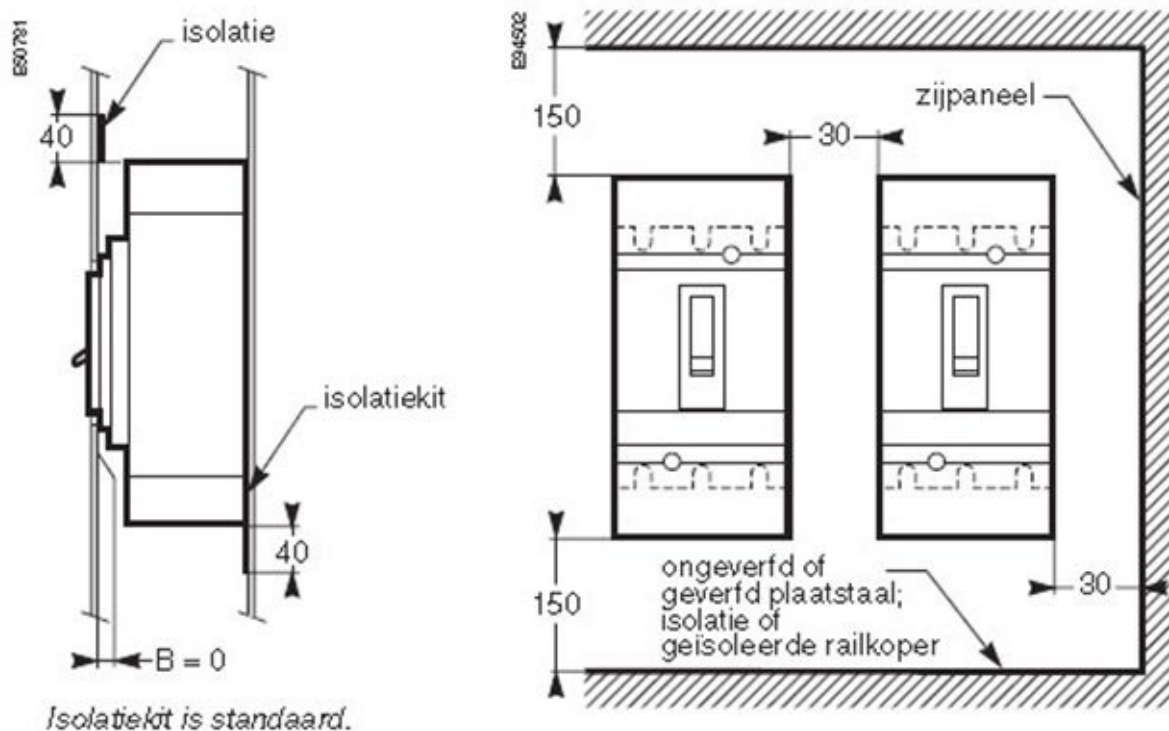
*Toegestane temperatuurstijgingen volgens NEN/EN/IEC 61439 (@ omgevingstemperatuur van 35°C).*

Daarbij komt het feit dat individuele componenten volgens hun productvoorschrift in 'open lucht' worden getoetst op hun thermisch gedrag. Zet je een dergelijke component in een behuizing (lees: in een verdeelsysteem) dan wordt de component als gevolg van de temperatuurstijging van de lucht binnen in het verdeelsysteem warmer dan bij een test in open lucht (buiten het verdeelsysteem). Deze achtergronden maken dat een vermogenschakelaar (maximale waarde van een frame-size) slechts met grote moeite met zijn nominale stroomwaarde kan worden toegepast binnen een verdeelsysteem. Veelal moet er worden ge-derate (belastingstroom verlagen).



## Fabrikant instructies bij inbouw van (schakel)componenten

De ingebouwde (schakel)componenten zijn volgens de aanbevelingen van de fabrikant geplaatst en er moet op gelet worden dat de mogelijkheden voor de ingebouwde componenten om hun warmte aan de omgeving af te staan niet te veel belemmerd worden. Naast warmte spelen bij de inbouwaanwijzingen ook isolatie-aspecten vaak een rol.



*Isolatiekit is standaard.*

Soms geven fabrikanten geen dwingende aanwijzingen, maar aanbevelingen, zoals in onderstaand voorbeeld voor het inbouwen van magneetschakelaars.

### Aanbevelingen bij het installeren van magneetschakelaars

- De bedrijfstemperatuur lager houden dan 40°C.
- Plaatsing van magneetschakelaars bij voorkeur onder de verdeler.
- Bij toepassing van meerdere magneetschakelaars naast elkaar, tussen elke magneetschakelaar een afstandsstuk LZ060 opnemen (in verband met warmtedissipatie).

Je zou dit kunnen vertalen als: 'het is wijs om dit te doen, maar niet in alle situaties noodzakelijk'. Dit geeft de complexiteit van de warmtehuishouding van schakel- en verdeelsystemen goed weer.

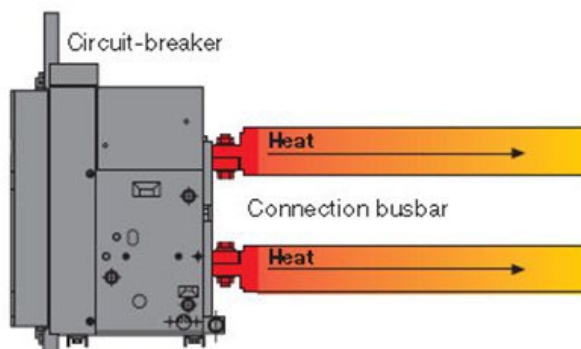
## Temperatuurverschillen

In schakel- en verdeelsystemen voeren ingebouwde (schakel)componenten, alsmede interne bedrading en eventueel aanwezige railsystemen, stroom. Hierdoor ontstaat dissipatie  $I^2R$ , oftewel warmte-ontwikkeling die leidt tot temperatuurstijgingen.

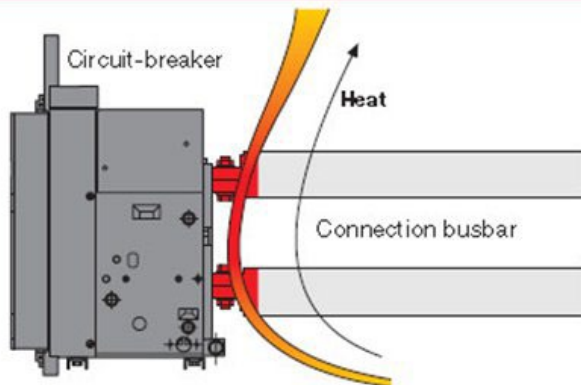
Als er temperatuurstijgingen optreden, vindt er ook koeling plaats. De 3 mechanismen voor koeling zijn:

- Geleiding;
- Convectie;
- Straling.

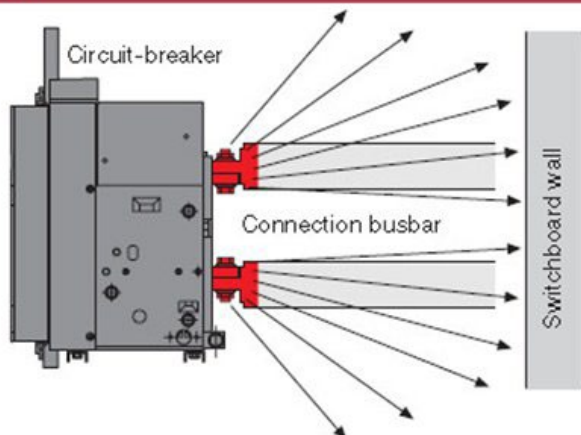
### Conduction



### Convection



### Radiation



De hoeveelheid warmte die door geleiding of convectie wordt afgevoerd, is recht evenredig met de aanwezige temperatuurverschillen. Dat betekent praktisch dat indien er tweemaal zo veel warmte moet worden afgevoerd, de temperatuurstijgingen ook tweemaal zo groot moeten zijn. Helaas voldoet straling niet aan deze regel (warmteafvoer is evenredig met de absolute temperatuur tot de macht vier). Indien straling echter verwaarloosd wordt, ontstaat er een praktische regel die veel inzicht kan verschaffen en in de praktijk ook goed voldoet:

Temperatuurstijging is recht evenredig met de stroom in het kwadraat.

**Voorbeeld:**

De belastingstroom wordt verhoogd van 50A naar 60A. De stroom neemt dus met een factor 1,2 toe. Dit betekent dat de temperatuurstijgingen met een factor 1,2 in het kwadraat (= 1,44) toenemen.

## Over de auteur

Het whitepaper Een goed thermisch ontwerp maken is opgesteld in nauw overleg met Ir. R.J. Ritsma. Ritsma is een van de experts van Kennisbank Schakel- en Verdeelinrichtingen.



**Ir. R.J. (Roel) Ritsma** is senior consultant en directielid bij de Entheq Technology Group. Deze groep bestaat uit een drietal bedrijven, Energieq, Etheq RCD en Etheq ES, die zich elk binnen een specifiek competentiegebied bezighouden met veiligheid en betrouwbaarheid van elektrische installaties.

Sinds 1996 is Ritsma lid en voorzitter van de NEC 17BD, de normcommissie die zich, naast industrieel schakelmateriaal (NEN/EN/IEC 60947), bezighoudt met de NEN/EN/IEC 61439. Hij is lid geweest van meerdere IEC-werkgroepen en heeft zich op IEC-niveau nadrukkelijk beziggehouden met de ontwikkeling van de NEN/EN/IEC 61439. Naast de voordrachten en cursussen die Ritsma vanuit zijn eigen bedrijf verzorgt, is hij vakdocent bij NEN voor schakel- en verdeelsystemen.

## Meer van dit soort informatie?

Neem dan een abonnement op Kennisbanken. Een abonnement op Kennisbanken kost u 945 euro per jaar. Dat is weinig geld voor wie de vele voordelen kent. Sneller werken. Lagere kosten. Hogere veiligheid. Duurzamere oplossingen. Meer tevreden klanten.

[Klik hier voor meer informatie over abonnementen](#) of bel 070 - 30 46 742.

## Geef uw mening over dit whitepaper op LinkedIn!

Via onze LinkedIn groep E-installatie horen wij graag wat u van dit whitepaper vindt. Heeft u er iets aan gehad? Zou u vaker van dit soort whitepapers gebruikmaken?

Bent u een expert in elektrotechnische installaties? Laat anderen zien welke kennis u in huis heeft. Praat met andere deskundigen over actuele onderwerpen waaronder inspectiefrequentie en inspectiemethoden op de LinkedIn groep E-installatie.

[Word lid en discussieer mee!](#)

## Meer weten?

Wilt u meer informatie over de Whitepapers of andere producten van Kennisbanken? Ga dan naar de website [www.kennisbanken.nl](http://www.kennisbanken.nl) of neem contact op via 070 - 30 46 742.

## Over Kennisbanken

Kennisbanken van Installatie Journaal geven u alle informatie over Power Quality, NEN 1010, NEN 3140, ATEX, Schakel- en Verdeelinrichtingen, Machineveiligheid en Duurzame Energie. Ze bieden een enorme schat aan praktische en actuele vakkennis. Oorzaken van en oplossingen voor technische problemen. Tijdsbesparende tools. Rekenmodules. Best practices. En lastige vragen kunt u altijd zonder extra kosten voorleggen aan de experts. Kennisbanken. Daarmee haalt u de experts in huis. Kennisbanken E-installatie helpen u uw werkzaamheden veiliger, sneller, tegen lagere kosten en met een hogere kwaliteit uit te voeren en dragen daardoor bij aan:

- Een positief ondernemingsresultaat;
- Verbeterde innovatiekracht;
- Een goede profilering van uw bedrijf;
- Behoud van noodzakelijke vakkennis.

## Kennisbanken. Collega's die al uw vragen beantwoorden



v.l.n.r.  
Ing. N.J. (Nico) Kluwen  
Ing. J.C. (Johan) Hettinga  
Ing. J.P. (Pascal) Plaisier  
Ing. G.A. (Gerdian) Jansen  
Prof. dr. ir. J.F.G. (Sjef) Cobben  
Ir. R.J. (Roel) Ritsma

**Kennisbanken.** Daarmee haalt u dé experts in huis.

## Colofon

### **Uitgever**

BIM Media  
Binckhorstlaan 403  
2516 BC Den Haag  
Postbus 16262  
2500 BG Den Haag  
Telefoon (070) 30 46 777  
[kb.e-installatie@bimmedia.nl](mailto:kb.e-installatie@bimmedia.nl)  
[www.bimmedia.nl](http://www.bimmedia.nl)  
[Routebeschrijving](#)

### **Uitgever**

Johan Schot

### **Verkoop**

Joop Kolkman  
070 - 30 46 742

### **Marketing**

Roel Kuik

### **Redactie**

Nanda van Dijk  
Davey Cobben

### **Vormgeving**

fdrie vormgevers

### **Bestellingen**

(070) 30 46 777  
[www.bimmedia.nl/service](http://www.bimmedia.nl/service)

© Niets uit deze uitgave mag zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever worden verveelvoudigd of gedupliceerd.