

TENT GELEIDE

Verdiepinggebouwen met een staalskelet zijn in Nederland inmiddels een vertrouwd beeld geworden. De afgelopen tien jaar heeft het bouwen met staal voor utiliteitsgebouwen van twee tot zes bouwlagen zelfs een grote vlucht genomen.

De keuze van de draagconstructie voor een verdiepinggebouw maakt steeds vaker deel uit van een afwegingsproces, waarbij naast de materialen en de technieken voor de constructies ook bijvoorbeeld de afbouw, de installaties en de toekomstige flexibiliteit zijn betrokken. Voor een dergelijke integrale ontwerpaanpak is, zeker voor grootschalige projecten, een compleet ontwerpsteam nodig van opdrachtgever, architect, constructeur, bouwfysicus, installateur en bouwer. Bij veel van deze partijen ontbreekt het nog vaak aan actuele kennis om in staal te kunnen ontwerpen en te bouwen.

Dit boek is vooral bedoeld om de kennis toegankelijk te maken die in de Nederlandse praktijk is opgedaan met staalskeletbouw. Deze informatie kunnen architecten en constructeurs gebruiken in hun dagelijkse ontwerpwerkzaamheden. Ze krijgen zo ook een beter inzicht in de technische en financiële consequenties van hun keuze voor staal.

Het eerste deel van dit boek gaat in op de belangrijkste ontwerpaspecten die samenhangen met het toepassen van een staalconstructie, zoals de keuze van de vloerconstructie, detailleren, brandveiligheid, conserveren en duurzaam bouwen. De twee bijlagen verschaffen beknopte informatie over de verschillende staalsoorten en op welke wijze een staalconstructie wordt gefabriceerd.

In het tweede deel van dit boek worden dertien recente Nederlandse projecten met een staalconstructie beschreven. Van elk project licht de ontwerper, via een interview, toe welke overwegingen en argumenten hebben geleid tot de keuze voor een staalskelet. De gekozen projecten geven een representatief beeld van projecten waarin de staalconstructie een rol speelde in het architectonische en/of bouwkundige ontwerp.

De eerste ideeën en de opzet van het boek kwamen tot stand door inbreng van de volgende architecten:

P.N.M. Blonk	Erick van Egeraat associated architects
mw. S. van den Brink	Architectenbureau ir. Marlies Rohmer
D.D. de Gunst	Hans van Heeswijk architect
R.A.J. van Houten	Cepezed
E. Keijzer	Dynamo Architecten
E.M. Kolpa	Lofvers van Bergen Kolpa Architecten
H. Kooij	Atelier Bouwkunde Rotterdam
M. Prins	Studio Seven
R. Top	Zwarts & Jansma Architecten
M.J. Verburg	Verburg Hoogendijk Architecten
P.J. Walraad	EGM Architecten
mw. A. Willemen	De Architecten Cie

De conceptteksten voor de acht hoofdstukken en de twee bijlagen zijn samengesteld door W.H. Verburg (Adviesbureau voor Bouwmarketing) en bewerkt door I. ter Borch (Archispecials.com). De teksten van de voorbeeldprojecten, inclusief interviews met de ontwerpers, zijn geschreven door K. Peterse (Pansa Bouwjournalistiek). De eindredactie van het gehele boek berustte bij C.H. van Eldik (Bouwen met Staal).

De ontwikkeling en uitgave van het boek is mede mogelijk gemaakt dankzij een financiële bijdrage van Arcelor Sections en van Peine Träger.

Zoetermeer
februari 2005



VOORWOORD

Elk bouw materiaal heeft zo zijn eigen charme en je vindt allerlei associaties bij belangrijke materialen terug in ons dagelijks spraakgebruik. Denk daarbij aan uitdrukkingen zoals 'Wie is van hout?' en 'Een man van staal' tot in de verslagen van de Tweede Kamer toe, waar een fractievoorzitter recent verklaarde dat 'de minister van Binnenlandse Zaken soms wat betonnerig overkomt ...'.

Naast de toegepaste mechanica behoorde de studie van de materialen hout, staal en beton lange tijd tot de verplichte vakonderdelen in de Delftse architectuuropleiding. Tijdens mijn eigen studietijd in de zeventiger jaren van de vorige eeuw was die verplichting voor alle drie materialen al vervallen; je hoefde er nog maar één te volgen en ik koos voor staal. Eenvoudige berekeningen rond stijfheid, sterkte en dimensionering, naast de detaillering van stalen kolommen en liggers, waren het tastbare resultaat. De opgedane kennis hielp me bij het zelf berekenen en tekenen van ondersteunende staalconstructies binnen de bescheiden verbouwingen die ik in de eerste jaren van mijn architectenpraktijk mocht ontwerpen.

Pas bij mijn eerste grote nieuwbouwproject, de 11.000 m² grote uitbreiding van het ministerie van Verkeer & Waterstaat in Den Haag, maakte ik aan den lijve kennis met het construeren als apart specialisme. Mijn ontwerpideeën werden door adviseur Ger van Went voorzien van constructieve en bouwtechnische suggesties, waarbij van mij als architect én voorzitter van het ontwerpteam telkens keuzes werden verwacht. De opgedane ervaring – samen met de inmiddels ontwikkelde gevoeligheid voor het krachtenspel, vooral beïnvloed door de onnavolgbare lessen van Dick Dicke, de toenmalige hoogleraar Toegepaste Mechanica – maakten dat die keuzes ook verantwoord tot stand kwamen.

Daarom is het juist nu – in een periode dat 'verdieping' van de technische vakken in het hoger beroepsonderwijs en aan de universiteit onder druk staat – zo nuttig dat *Bouwen met Staal* deze publicatie heeft uitgegeven. Dit boek biedt architecten en andere bouwkundigen (en diegenen die daartoe worden

opgeleid) een bijkans compleet overzicht van alle aspecten die bij verdiepingbouw in staal aan de orde komen, geïllustreerd aan de hand van eigentijdse en hoogwaardige architectonische voorbeelden.

Als voorzitter van de Bond van Nederlandse Architecten (BNA) ben ik uiteraard opgetogen over het hoofdstuk *Duurzaam bouwen*, waarin ons standpunt over vitale architectuur zo uitgebreid de aandacht krijgt. Het is inderdaad van wezenlijk belang dat, na een periode waarin het thema 'architectonische kwaliteit' vooral werd gekenmerkt door de gebruikswaarde en de culturele waarde, nu ook de toekomstwaarde van gebouwen meer aandacht krijgt. De mogelijkheden van staal zijn wat dat betreft groot, tot aan de uiteindelijke demontage van gebouwen toe.

Dat de Nederlandse staalbouw een uitstekende naam heeft in het buitenland, mocht ik nog kortgeleden ervaren bij een bezoek aan het spectaculaire 180 m hoge kantoorgebouw voor SwissRe in hartje Londen (naar ontwerp van architectenbureau Foster and Partners). Toen de projectleider daar hoorde dat wij uit Nederland kwamen, kon hij niet nalaten te vertellen dat 'zonder de hoge graad van perfectie in productie kwaliteit, toleranties en just-in-time logistiek van de Nederlandse staalbouwer het gebouw nooit op tijd gereed was gekomen ...'.

Nu ontstaat ook architectonische kwaliteit natuurlijk zelden door toeval; het is immer het resultaat van een proces dat naast inventiviteit en vakkennis veel energie en liefde vraagt. En dat is wat mij betreft tevens te zien aan dit bijzondere boek, waarmee ik u dan ook veel studie- en leesgenoegeen toewens!

ir. Kees van der Hoeven
voorzitter Bond van Nederlandse Architecten

VOORWOORD 5**1 VERDIEPINGBOUW** 10

1.1	Staalskeletbouw in Nederland	11
1.2	Kiezen voor een staalskelet	12
1.2.1	Tijdwinst bij de bouwvoorbereiding	12
1.2.2	Tijdwinst bij de uitvoering	13
1.2.3	Tijdwinst door weersafhankelijkheid	13
1.2.4	Gewichtsbesparing	13
1.2.5	Funciescheiding	14
1.2.6	Duurzaamheid en flexibiliteit	14
1.2.7	Bijzondere constructieve mogelijkheden	15
1.3	Kiezen met de juiste argumenten	15
1.3.1	Kosten	15
1.3.2	Brandveiligheid	16
1.3.3	Bouwfysisch gedrag	17

**2 DRAAGCONSTRUCTIE** 18

2.1	Keuze van het vloersysteem	19
2.2	Vloerconstructie	20
2.2.1	Kanaalplaatvloeren	22
2.2.2	Hoge staalplaat-betonvloeren	26
2.2.3	Lage staalplaat-betonvloeren	29
2.2.4	Intra+-vloeren	34
2.3	Kolommen	35
2.3.1	Brandwerendheid	35
2.4	Stabiliteitsconstructie	36
2.5	Ontwikkelingen	36
2.5.1	Staalframevloeren	36
2.5.2	Additiv Decke	38
2.5.3	Staggered-trussysteem	38

**3 GEVEL** 40

3.1	Vliesgevel	41
3.2	Sandwichpanelen	44
3.3	Plaatmateriaal	46
3.4	Metselwerk	48
3.5	Prefab beton	50

**4 DETAILLEREN** 52

4.1	Wie ontwerpt de constructiedetails?	53
4.1.1	Wel of geen principedetails?	53
4.2	Detailleren van een staalconstructie	54
4.2.1	Bepaal het ontwerpprincipes	54
4.2.2	Bepaal welke details relevant zijn	54
4.2.3	Bepaal het aantal afwijkende details	56
4.2.4	Stem de detaillering af op de klimaatklasse	56
4.2.5	Houd rekening met toleranties	57
4.2.6	Houd rekening met de fabricage	58
4.2.7	Bepaal het aantal bouttypen en plaatdikten	58
4.2.8	Houd rekening met de montage	60
4.3	Kwaliteitsbeheersing en communicatie	61





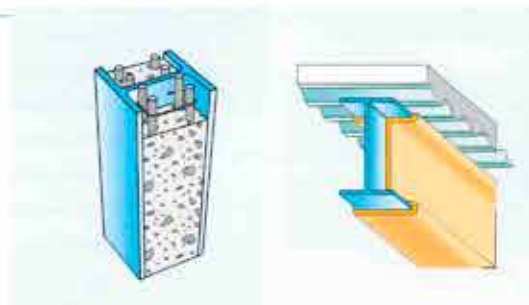
5 BOUWFYSICA 62

5.1	Integraal ontwerpen	63
5.1.1	Comfortabel klimaat versus duurzaamheid	63
5.1.2	Integraal ontwerpen	63
5.1.3	Integraal gebouw- en installatieconcept	63
5.2	Staalskeletbouw en integraal concept	64
5.2.1	Geluidisolatie	64
5.2.2	Relatie massa en energieverbruik	67
5.2.3	Trillingen	68
5.3	Praktijkvoorbeelden	68
5.3.1	Kantoorgebouw Cepezed, Delft	68
5.3.2	Centre for Human Drug Research, Leiden	70
5.3.3	Kantoorgebouw Columbus, Schiphol	71
5.3.4	Kantoorgebouw Kennemerplein, Haarlem	72
5.3.5	Kantoorgebouw ING, Amsterdam	73
5.3.6	InHolland Hogeschool, Rotterdam	74
5.3.7	Albus Grand Hotel, Amsterdam	75



6 BRANDVEILIGHEID 76

6.1	Prestatie-eisen Bouwbesluit	77
6.1.1	Woongebouwen	78
6.1.2	Utiliteitsgebouwen	78
6.1.3	Reductie van de eisen	79
6.2	Brand en gedrag van staal bij brand	79
6.2.1	Staal als constructiemateriaal	80
6.2.2	Staal als afbouw materiaal	80
6.3	Brandveilige oplossingen	80
6.3.1	Vroegtijdige blussing	80
6.3.2	Bouwkundige maatregelen	80
6.4	Projecten en gekozen oplossingen	83
6.4.1	Woongebouwen	83
6.4.2	Logiesgebouwen	84
6.4.3	Onderwijsgebouwen	84
6.4.4	Gebouwen voor de gezondheidszorg	86
6.4.5	Kantoorgebouwen	86
6.4.6	Industriegebouwen	88



7 CONSERVEREN 90

7.1	Verf en verfsystemen	92
7.1.1	Wat is verf	92
7.1.2	Verfsoorten	92
7.1.3	Ondergrond	94
7.1.4	Applicatiemethoden	96
7.1.5	Wel of niet verven?	97
7.1.6	Keuze van het verfsysteem	98
7.2	Thermisch verzinken	100
7.3	Conserveringsbestek	101
7.4	Garanties	101



8 DUURZAAM BOUWEN 102

8.1	Ruimte in de tijd	103
8.1.1	Gebruik het huidige gebouw en kies niet voor nieuwbouw	103
8.1.2	Gebruik een gebouw tijdelijk	104
8.1.3	Gebruik een tijdelijk gebouw	104
8.1.4	Geef de gebruiker goede documentatie	105
8.2	Tijd in de ruimte	107
8.2.1	Waarborg flexibiliteit	107
8.2.2	Geef gebouwen overmaat	107
8.2.3	Maak demontage op systeem- en componentniveau mogelijk	107
8.2.4	Bevorder prefabricage	108
8.3	Tijd en ruimte	108
8.3.1	Ontwerp geïntegreerd	108
8.3.2	Stimuleer innovatie	108
8.3.3	Leer systematisch	108

**A STAALSOORTEN** 110

A.1	Naamgeving	111
A.2	Staalsoorten	111
A.2.1	Constructiestaal	111
A.2.2	Gietstaal	112
A.2.3	Roestvast staal	112
A.2.4	Weervast staal	113
A.2.5	Gietijzer	114
A.3	Eigenschappen	114
A.3.1	Mechanische eigenschappen	114
A.3.2	Productietechnische eigenschappen	114
A.3.3	Fysische eigenschappen	115
A.3.4	Chemische eigenschappen	116
A.4	Kiezen	116
A.5	Besteksomschrijving	117

**B FABRICAGE** 118

B.1	Van constructief ontwerp naar werktekening	119
B.2	Technieken voor bewerken en vervormen	121
B.3	Van plaat tot ligger of kolom	121
B.3.1	Coderen	121
B.3.2	Platen snijden	121
B.3.3	Vorbewerken lasnaad	121
B.3.4	Rolbuigen	121
B.3.5	Zetten	121
B.3.6	Samenbouwen en aflassen	122
B.3.7	Afwerken en conserveren	122
B.4	Van walsprofiel tot ligger of kolom	122
B.4.1	Ravelen	123
B.4.2	Buigwalsen	124
B.4.3	Montage	124
B.5	Van buis tot kolom of vakwerk	124
B.5.1	Verbindingen aan buizen	125



C VOORBEELDPROJECTEN

Kantoorgebouw Hobone, Veenendaal

126

128



Kantoorgebouw Columbus, Schiphol

134



Kantoorgebouw Da Vinci, Zwolle

140



Kantoorgebouw Total Support, Eindhoven

146

Kantoorgebouw ING, Amsterdam

152



Kantoorgebouw Kennedy-toren, Eindhoven

158

Bestuursgebouw De Lens, Nieuwegein

164



Stadhuis, Alphen aan den Rijn

170

Woning Nieuwe Herengracht, Amsterdam

176



Albus Grand Hotel, Amsterdam

182



Hogeschool voor Muziek en Dans, Rotterdam

188



InHolland Hogeschool, Rotterdam

194



Bedrijfsgebouw Silverforum, Eindhoven

200



ILLUSTRATIEVERANTWOORDING

207