



Boom

# ROLOFF / MATEK MACHINEONDERDELEN

HERBERT WITTEL, DIETER JANNASCH,  
JOACHIM VOßIEK EN CHRISTIAN SPURA

TABELLENBOEK

6E DRUK

# ROLOFF/MATEK MACHINEONDERDELEN

Tabellenboek

De methode *Roloff/Matek Machineonderdelen* bestaat uit de volgende uitgaven:

- Theorieboek
- Tabellenboek

Herbert Wittel  
Dieter Jannasch  
Joachim Voßiek  
Christian Spura

**ROLOFF/MATEK  
MACHINEONDERDELEN**

Tabellenboek

6e druk

**Boom**

Oorspronkelijk verschenen als: *Roloff/Matek Maschinenelemente. Tabellenbuch*, 24 Auflage (2019).

Omslag basisontwerp: Dog & Pony, Amsterdam  
Omslagontwerp: DPS, Amsterdam  
Opmaak binnenwerk: Heymans-Vanhove, Gent  
Vertaling: Hapax Vertalers, Amsterdam

1e druk, 1993  
6e druk, 2021

First published in German under the title  
Roloff/Matek Maschinenelemente; Normung, Berechnung, Gestaltung  
by Herbert Wittel, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek and Christian Spura, edition: 24  
Copyright © Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature, 2019 \*  
This edition has been translated and published under licence from  
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, part of Springer Nature.  
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, part of Springer Nature takes no responsibility and  
shall not be made liable for the accuracy of the translation.  
© 2021 Boom uitgevers Amsterdam

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van (een) gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (art. 16 Auteurswet) kan men zich wenden tot de Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.stichting-pro.nl](http://www.stichting-pro.nl)).

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

ISBN 9789024428687  
NUR 173/929

[www.boomhogeronderwijs.nl](http://www.boomhogeronderwijs.nl)  
[www.rolloff-matekmachineonderdelen.nl](http://www.rolloff-matekmachineonderdelen.nl)

# Inhoud

1	Algemene grondbeginselen . . . . .	1
2	Toleranties, passingen en oppervlaktegesteldheid . . . . .	31
3	Sterkte en toelaatbare spanning . . . . .	44
4	Tribologie . . . . .	61
5	Lijm- en soldeerverbindingen . . . . .	68
6	Lasverbindingen . . . . .	78
7	Klinkverbindingen . . . . .	98
8	Schroefverbindingen . . . . .	105
9	Penverbindingen, spanbussen en borgelementen . . . . .	123
10	Veren . . . . .	128
11	Draagassen, aandrijfassen en astappen . . . . .	141
12	Onderdelen voor het verbinden van assen en navens . . . . .	147
13	Koppelingen en remmen . . . . .	155
14	Wentellagers . . . . .	160
15	Glijlagers . . . . .	172
16	Riemoverbrengingen . . . . .	186
17	Kettingoverbrengingen . . . . .	205
18	Pijpleidingen en toebehoren . . . . .	209
19	Afdichtingen . . . . .	219
20	Tandwielen en tandwieloverbrengingen (grondslagen) . . . . .	230
21	Uitwendige cilindrische tandwielen . . . . .	239
22	Kegeltandwielen en kegeltandwieloverbrengingen . . . . .	255
23	Schroefwiel- en wormoverbrengingen . . . . .	256
24	Planetaire overbrengingen . . . . .	261



# 1 Algemene grondbeginselen

**Tabel 1-1** Staalkeuze voor de algemene machinebouw

Sterktewaarden in  $\text{N}/\text{mm}^2$  voor de genormaliseerde afmeting  $d_N$

Vermoeingssterktewaarden volgens DIN 743-3<sup>1)2)</sup> (richtwaarden)

Elasticiteitsmodulus  $E = 210\,000 \text{ N}/\text{mm}^2$ , glijdingsmodulus  $G = 81\,000 \text{ N}/\text{mm}^2$

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	$R_{mN}$ min.	$R_{eN}$ $R_{p0,2N}$ min.	$\sigma_{dWN}$ ( $\sigma_{dZwN}$ )	$\sigma_{bWN}$ ( $\sigma_{bZwN}$ )	$\tau_{tWN}$ ( $\tau_{tZwN}$ )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
a) Ongeleerd constructiestaal, warmgewalst, volgens NEN EN 10025-2 leveringstoestand: +N of +AR  genormaliseerde afmeting $d_N = 16 \text{ mm}$									
S235JR S235J0 S235J2	1.0038 1.0114 1.0117	26	360	235	140 (235)	180 (280)	105 (165)	[1]	staalsoorten met waarden voor de kerfslag (bijv. J2: kerfslagarbeid 27J bij $-20^\circ\text{C}$ ) standaard materiaal in de machine- en staalbouw bij gemiddelde belasting; plaat-, staf- en profielmateriaal; goed te bewerken, geschiktheid voor het lassen neemt toe vanaf kwaliteitsgroep JR tot aan kwaliteitsgroep K2
S275JR S275J0 S275J2	1.0044 1.0143 1.0145	23	410	275	170 (275)	215 (330)	125 (190)	1,05	bij matige belasting; goed bewerkbaar en omvormbaar, goed te lassen; bijv. draag- en aandrijfassen, hefboomen, lasdelen;
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	1.0045 1.0553 1.0577 1.0596	22	470	355	205 (355)	255 (425)	150 (245)		standaard materiaal voor zwaar belaste draagconstructies in de staal-, kraan- en bruggebouw; hoge reksgrens, zeer goed te lassen; zwaar belaste lasdelen in de werktuigbouw
S450J0	1.0590	17	550	450	220 (400)	275 (505)	165 (310)		alleen voor lange producten (profielen, staven, buizen)
S185  E295  E335  E360	1.0035  1.0050  1.0060  1.0070	18  20  16  11	290  470  570  670	185  295  335  360	–  195 (295)  235 (335)  275 (360)	–  245 (355)  290 (400)  345 (430)	–  145 (205)  180 (230)  205 (250)	1,1   1,7	<b>staalsoorten zondere waarden voor de kerfslagarbeid</b> (producten van deze staalsoorten hebben geen CE markering)  minder belangrijke constructiedelen bij geringe belasting; geschikt voor druklassen; bijv. trappen en bordessen  goed bewerkbaar; meest toegepaste machineconstructiestaal bij gemiddelde belasting, geschikt voor druklassen; bijv. draag- en aandrijfassen, pennen  voor zwaarder belaste slijtvaste machineonderdelen, geschikt voor druklassen; bijv. aandrijfassen, rondsels, spindels  zeer zwaar belaste, slijtvaste machineonderdelen in natuurharde toestand, geschikt voor druklassen; bijv. nokken, walsrollen, matrijzen, besturingsonderdelen
b) Lasbaar fijnkorrelig constructiestaal, warmgewalst, volgens NEN EN 10025-3, -4 en -6 T3: normaalgeleed/normaliserend gewalst (N) T4: thermomechanisch gewalst (M) T6: met hogere reksgrens in veredelde toestand (Q)  genormaliseerde afmeting: $d_N = 16 \text{ mm}$									
S275N (NL) S275M (ML) S355N (NL) S355M (ML) S420N (NL) S420M (ML) S460N (NL) S460M (ML) S550Q (QL, QL1) S690Q (QL, QL1) S960Q (QL)	1.0490 1.8818 1.0545 1.8823 1.8902 1.8825 1.8901 1.8827 1.8904 1.8931 1.8941	24  22  19  17  16  14  10	370  470  520  550  640  770  980	275  355  420  460  550  690  960	150 (275)  190 (355)  210 (390)  215 (395)  255 (410)  305 (520)  390 (625)	185 (330)  235 (425)  260 (480)  270 (495)  320 (570)  385 (655)  490 (785)	110 (190)  140 (245)  155 (295)  160 (305)  190 (355)  230 (415)  290 (505)	1,8         2,0  2,2	voor zwaar belaste, gelaste constructiedelen bij omgevings- en lage temperaturen; voorverwarmen niet vereist, hoge lassnelheid mogelijk; bijv. kraan- en voertuigbouw, hogedrukleidingen en -vaten, brugdelen, sluisdeuren en machine- en installatiebouw.  Gegarandeerde kerfslagarbeid tot $-20^\circ\text{C}$ bij de kwaliteitsgroepen N, M en Q, tot $-50^\circ\text{C}$ bij NL en ML, $-40^\circ\text{C}$ bij QL en $-60^\circ\text{C}$ bij QL1.



Tabel 1-1 Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>dWN</sub> (σ <sub>dZwN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bZwN</sub> )	τ <sub>tWN</sub> (τ <sub>tZwN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
c) Veredelstaal, ongelegeerd volgens NEN EN 10083-2 en gelegeerd volgens NEN EN 10083-3, 1 in veredelde toestand (+QT) <sup>4)</sup> Geschikt voor vlam- en inductiehardten. 9 andere soorten onder f  genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									ongelegerde of gelegeerde machinebouwstaalsoorten die vanwege hun chemische samenstelling geschikt zijn om te harden en die in veredelde toestand hoge sterkte combineren met goede taaiheid; voor het lassen is voorverwarmen vereist	
C22E	1.1151	20	500	340	200 (340)	250 (405)	150 (235)	1,6	licht belaste delen met gelijkmatige structuur en goede oppervlaktekwaliteit; hefbomen, flenzen, schijven, aandrijfassen, drijfstanen; oppervlakteharding is mogelijk	gering belaste constructiedelen met kleine veredelingsdiameters (< 100 mm)
C40E C60E 28Mn6	1.1186 1.1221 1.1170	16 11 13	650 850 800	460 580 590	260 (460) 340 (570) 320 (540)	325 (550) 425 (695) 400 (680)	200 (320) 255 (400) 240 (410)	1,7	drijfwerkdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur; op slijtage belaste onderdelen; oppervlakteharding; drijfwerkassen, tandwielen, wielbanden, krukassen, krukappen	
38Cr2 34Cr4	1.7003 1.7033	14 12	800 900	550 700	320 (540) 360 (590)	400 (660) 450 (740)	240 (380) 270 (480)	1,7	hefbomen, aandrijfassen, pennen, tandwielen, schroeven, wormen, smeestukken	
25CrMo4 34CrMo4	1.7218 1.7220	12 11	900 1000	700 800	360 (590) 400 (640)	450 (740) 500 (800)	270 (480) 300 (525)		inlaatkleppen, aandrijfassen, freesdoorns, spiesen, krukassen, krukpenen, grote drijfwerkassen	zwaarder belaste constructiedelen met grotere veredelingsdiameters
34CrNiMo6 30CrNiMo8 36NiCrMo16 51CrV4	1.6582 1.6580 1.6773 1.8159	9 9 9 9	1200 1250 1250 1100	1000 1050 1050 900	480 (725) 500 (750) 500 (750) 440 (685)	600 (910) 625 (935) 625 (935) 550 (855)	360 (605) 375 (625) 375 (625) 330 (565)	2,4 2,7	zwaarst belaste constructiedelen in de voertuig- en machinebouw; grote drijfwerkassen, turbineotors, tandwielen	constructiedelen die zeer zwaar belast worden; grote veredelingsdiameters
d) Carboneerstaal volgens NEN EN 10084 in blindgeharde toestand (essentiële sterktewaarden) <sup>5)</sup>  genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									ongelegerd en gelegeerd machinebouwstaal met laag C-gehalte dat aan de oppervlakte gecarboneerd of gecarboneitreed en dan gehard wordt: voor vermoeiingsbestendige onderdelen met slijtvaste, harde oppervlakken; geschikt voor afbrandstuiklassen en smeltlassen	
C10E C15E	1.1121 1.1141	16 14	500 800	310 545	200 (310) 320 (540)	250 (370) 400 (655)	150 (215) 240 (380)	1,1	direct hardbare kleine onderdelen met minder sterk kernmateriaal; pennen, bussen, tappen, hefbomen, scharnieren, spindels	
17Cr3 28Cr4 16MnCr5	1.7016 1.7030 1.7131	11 10 10	800 900 1000	545 620 695	320 (540) 360 (590) 400 (640)	400 (655) 450 (740) 500 (800)	240 (380) 270 (430) 300 (480)	1,7	zwaar belaste onderdelen; kleinere tandwielen en aandrijfassen, pennen, nokkenassen, rollen, spindels, meetgereedschappen	
20MnCr5 20MoCr4	1.7147 1.7321	8 10	1200 900	850 620	480 (725) 360 (590)	600 (910) 450 (740)	360 (590) 270 (430)		direct hardbare onderdelen met sterk kernmateriaal; middelgrote tandwielen en assen in tandwielkasten en voertuigen	
22CrMoS3-5 20NiCrMo2-2	1.7333 1.6523	8 10	1100 1100	775 775	440 (685) 440 (685)	550 (855) 550 (855)	330 (535) 330 (535)		zwaar belaste aandrijfdelen met zeer hoge taaiheid; directe harding	
17CrNi6-6 18CrNiMo7-6	1.5918 1.6587	9 8	1200 1200	850 850	480 (725) 480 (725)	600 (910) 600 (910)	360 (590) 360 (590)	2,1	zwaarst belaste onderdelen; rondsels, nokken, aandrijfassen, kegel-kroonwielen, kettingschakels	
e) Nitreerstaal volgens NEN EN 10085 in veredelde toestand (+QT)  genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 100 mm									gelegeerd veredelstaal, dat door nitridevormers (Cr, Al, Mo, V) voor het nitreren en nitrocarbeneren bijzonder goed geschikt is; de zeer harde oppervlakteharding geeft de constructiedelen een hoge slijtvastheid, hoge vermoeiingssterkte, roestbestendigheid, hittebestendigheid en geringe neiging tot 'vreten'; weinig vervorming	
31CrMo12	1.8515	10	1030	835	410 (650)	515 (815)	310 (540)	2,6	op slijtage belaste onderdelen met een hoge zuiverheidsgraad en een dikte tot 250 mm; zware krukassen, kalenderwalsen, matrijs-gietwerk	
31CrMoV9	1.8519	9	1100	900	440 (685)	550 (855)	330 (565)		hittebestendige slijtdelen tot 100 mm dik; klepspindels, slijpmachinespindels	
33CrMoV12-9	1.8522	11	1150	950	460 (705)	575 (880)	345 (585)		op slijtage belaste onderdelen tot 250 mm dik; pennen, spindels	
34CrAlMo5-10	1.8507	14	800	600	320 (540)	400 (680)	240 (415)		kruijpvaste slijtdelen tot boven 450 °C en 70 mm dikte; delen van stoomarmaturen	
34CrAlNi7-10	1.8550	10	900	680	360 (590)	450 (740)	270 (470)		voor grote op slijtage belaste constructiedelen; zware pluñjers, zuigerstangen	

Tabel 1-1 Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>dWN</sub> (σ <sub>dZwN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bZwN</sub> )	τ <sub>WN</sub> (τ <sub>ZwN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden		
f) Staalsoorten voor vlam- en inductieharden volgens NEN EN 10083 in veredelde toestand (+QT) genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									Oppervlaktehardheid HRC min.	de staalsoorten zijn in het algemeen bestemd voor veredelde, vlam- of inductiegeharde machineonderdelen. Het staal wordt gehard door plaatselijke verhitting en afschrikken in de randzone, zonder dat dit invloed heeft op de sterkte en taaiheid van de kern.	
C35E	1.1181	17	630	430	250 (430)	315 (515)	190 (300)	48		licht belaste onderdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur	
C45E	1.1191	14	700	490	280 (490)	350 (590)	210 (340)	55		drijfwerkonderdelen met bijzonder gelijkmatige en zuivere structuur	
C50E	1.1206	13	750	520	300 (515)	375 (625)	225 (360)	56		drijfwerkonderdelen met een zeer gelijkmatige structuur, betere verspaanbaarheid	
C55E	1.1203	12	800	550	320 (540)	400 (660)	240 (380)	58		zuigerpennen, drijfwerk- en nokkenassen met een zeer gelijkmatige en zuivere structuur	
46Cr2	1.7006	12	900	650	360 (590)	450 (740)	270 (450)	54		kogelbouten, spieassen, achterassen	
37Cr4	1.7034	11	950	750	380 (615)	475 (770)	285 (500)	51			
41Cr4	1.7035	11	1000	800	400 (640)	500 (800)	300 (525)	53			
42CrMo4	1.7225	10	1100	900	440 (685)	550 (855)	330 (565)	53		voor grotere doorsneden bij machine- en voertuigbouw met grote kerfslagvastheid; aandrijfassen, spieassen	
50CrMo4	1.7228	9	1100	900	440 (685)	550 (855)	330 (565)	58			
g) Automatenstaal volgens NEN EN 10087 (Voor een betere verspanning wordt het staal ook geleverd met een toevoeging van lood (Pb).) genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									1,8	ongeleerd staal, goed verspaanbaar en gemakkelijke spaanbreuk door toevoeging van zwavel; loodgeleerde soorten geven hogere snijnelheden, dubbele standtijd en beter oppervlak; door hoog zwavel- en loodgehalte slechts beperkt lasbaar	
11SMn30	1.0715		380							niet geschikt voor warmtebehandeling; licht belaste, kleine onderdelen; pennen, assen, stiften, schroeven	
11SMn37	1.0736		380							1,9	geschikt voor oppervlakteharding; slijtvaste kleine onderdelen, assen, pennen, stiften, sterktewaarden in <b>onbehandelde toestand</b>
10S20	1.0721		360								
15SMn13	1.0725		430							2,0	direct hardend automatenstaal; grotere onderdelen met grote belasting; aandrijfassen, onderdelen met schroefdraad, spindels sterktewaarden in <b>veredelde toestand</b> (+QT)
35S20	1.0726	15	630	430	250 (430)	315 (515)	190 (300)				
36SMn14	1.0764	14	700	460	280 (460)	350 (550)	210 (320)				
38SMn28	1.0760	15	700	460	280 (460)	350 (550)	210 (320)				
44SMn28	1.0762	16	700	480	280 (480)	350 (575)	210 (330)				
46S20	1.0727	12	700	490	280 (490)	350 (590)	210 (340)				
h) Blank staal volgens NEN EN 10277-2, -3 in koudgetrokken toestand (+C) genormaliseerde afmeting d <sub>N</sub> = 16 mm									1,6	koudversteigd staafmateriaal met blank, glad oppervlak en grote maatnauwkeurigheid; vervaardigd door trekken, schillen en drukpolijsten en eventueel aanvullend slijpen	
S235JRC	1.0122	9	420	300	165 (300)	210 (360)	125 (210)			1,7	blank staal van constructiestaalsoorten; assen, pennen, stiften, bevestigings-elementen, opspanplaten, kostenefficiënte fabricage van machinedelen die geen verdere oppervlaktebehandeling behoeven
S355J2C	1.0579	7	580	450	230 (415)	290 (525)	175 (310)				
E295GC	1.0533	7	600	420	240 (420)	300 (505)	180 (290)				
E335GC	1.0543	6	680	480	270 (475)	340 (575)	205 (330)				
35S20	1.0726	7	590	400	235 (400)	295 (480)	175 (275)				
44SMn28	1.0762	5	710	530	285 (495)	355 (620)	210 (365)				
C10	1.0301	9	430	300	170 (300)	215 (360)	130 (210)			1,7	blank staal van carbonstaal; pennen, spindels, kleine onderdelen
C15	1.0401	8	480	340	190 (340)	240 (410)	145 (235)				
C35	1.0501	7	600	420	240 (420)	300 (505)	180 (290)			1,8	blank staal van veredelstaalsoorten; aandrijfassen, stangen, rails, hefboomen, drukstukken, grondplaten
C45	1.0503	6	710	500	285 (495)	355 (600)	210 (345)				
C60	1.0601	5	780	550	310 (530)	390 (660)	235 (380)				

**Tabel 1-1** Vervolg

afkorting	staalsoort materiaal- nummer	A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>eN</sub> R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>idWN</sub> (σ <sub>idZwN</sub> )	σ <sub>bWN</sub> (σ <sub>bZwN</sub> )	τ <sub>iWN</sub> (τ <sub>iZwN</sub> )	relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
i) Roestvrij staal (RVS) volgens NEN EN 10088-3 (halffabrikaten, stangen, profielen) Behandelingstoestand: ferritisch RVS: gegloeid (+A) martensitisch RVS: veredeld (+QT, bijv. QT700) austenitisch en austenitisch-ferritisch RVS: oplosgegloeid (+ AT) praktisch geen technologische grootte-invoeld									
X2CrMoTiS18-2	1.4523	15	430	280	170 (280)	215 (335)	130 (195)		zuurbestendige onderdelen in de textielindustrie
X6CrMoS17	1.4105	20	430	250	170 (250)	215 (300)	130 (175)		automatenstaal; pennen, bevestigingselementen
X6Cr13	1.4000	20	400	230	160 (230)	200 (275)	120 (160)		chipsdragers, bestek, interieurdelen
X6Cr17	1.4016	20	400	240	160 (240)	200 (285)	120 (165)		verbindingselementen, diepgetrokken vormdelen
X20Cr13	1.4021	13	700	500	280 (490)	350 (600)	210 (350)	3,2	armaturen, flenzen, veren, turbinedelen
X39CrMo17-1	1.4122	12	750	550	300 (515)	375 (645)	225 (380)		buizen, aandrijfassen, spindels, slijtdelen
X14CrMoS17	1.4104	12	650	500	260 (460)	325 (575)	195 (345)		automatenstaal; draaidelen, apparatenbouw
X12CrS13	1.4005	12	650	450	260 (450)	325 (540)	195 (310)		verbindingselementen, slijgereedschappen, op slijtage belaste onderdelen
X3CrNiMo13-4	1.4313	15	780	620	310 (530)	390 (665)	235 (425)	4,0	
X17CrNi16-2	1.4057	14	800	600	320 (540)	400 (680)	240 (415)		
X5CrNi18-10	1.4301	45	500	190	200	250	150		universele toepassing; de bouw, voertuigbouw, levensmiddelenindustrie
X8CrNiS18-9	1.4305	35	500	190	200	250	150		automatenstaal; machine- en verbindingselementen
X6CrNiTi18-10	1.4541	40	500	190	200	250	150	5,8	huishoudelijke artikelen, foto-industrie, sanitair
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	40	500	200	200	250	150		off-shore techniek, drukvaten, gelaste constructiedelen, draag- en aandrijfassen
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	40	580	280	230	290	175		
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	40	500	200	200	250	150		blekerijen, levensmiddelen-, olie- en verfindustrie
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	40	500	200	200	250	150	reservoirs (tankwagens) verwarmingsketels, kunsthar- en rubberindustrie	
<b>Alle austenitische soorten koud versterkt</b>									
treksterkeniveaus	C700 C800	20 12	700 800	350 500	280 (350) 320 (500)	350 (420) 400 (600)	210 (240) 240 (345)		
X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	25	650	450	260 (450)	325 (540)	195 (310)		constructiedelen voor hoge chemische en mechanische belasting; water- en afvalwatertechniek, offshore-techniek, cellulose- en chemische industrie, tankconstructies, centrifuges, transporttechniek
X2CrNiN23-4	1.4362	25	600	400	240 (400)	300 (480)	180 (275)		
X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	25	730	530	290 (500)	365 (630)	220 (365)		

1) vermoeiingssterkte volgens DIN 743-3; richtwaarden:  $\sigma_{bW} \approx 0,5 \cdot R_m$ ,  $\sigma_{idW} \approx 0,4 \cdot R_m$ ,  $\tau_{iW} \approx 0,3 \cdot R_m$ .

2) A breukrek;  $d_N$  referentieafmeting (diameter, dikte) van het halffabriekaat volgens de betreffende materiaalnorm;  $R_{mN}$  genormeerde waarde voor de treksterkte bij  $d_N$ ;  $R_{eN}$  genormeerde waarde van de rekgrens bij  $d_N$ ;  $R_{p0,2N}$  genormeerde waarde voor de 0,2 %-rekgrens;  $d_N$ ;  $\sigma_{idWN}$  wisselsterkte trek/druk bij  $d_N$ ;  $\sigma_{bWN}$  buigwisselsterkte bij  $d_N$ ;  $\tau_{iWN}$  torsiewisselsterkte bij  $d_N$ ;  $\sigma_{idZwN}$  zwelsterkte trek/druk bij  $d_N$ ;  $\sigma_{bZwN}$  buigzwelsterkte bij  $d_N$ ;  $\tau_{iZwN}$  torsiezwelsterkte bij  $d_N$ .  
 Voor de zwelsterkte geldt:  $\sigma_{Zw} = \frac{2 \cdot \sigma_W}{\psi_s + 1}$ . Deze wordt naar boven begrensd door de vloeigrenzen  $R_e$ ,  $\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e$  en  $\tau_{iF} = 1,2 \cdot R_e / \sqrt{3}$ . De vergelijking geldt voor trek/druk en buiging, maar ook voor torsie indien  $\sigma$  door  $\tau$  en  $\psi_s$  door  $\psi_t$  vervangen wordt. Bepaling van de middelspanningsgevoeligheid  $\psi$  m.b.v. vergelijking (3.19).

3) Deze kosten hebben betrekking op het volume en geven aan met hoeveel een bepaald materiaal (rondstaal van gemiddelde afmeting bij afname van 1000 kg vanaf fabriek) duurder is dan een gewalst rondstaal van S235JR. Bij afname van kleine hoeveelheden en afmetingen moet rekening worden gehouden met hogere kosten (zie ook VDI-richtlijn 2225-2).

4) Bij ongelegeerd veredelstaal bezitten de edelstaalsoorten met voorgeschreven maximaal zwavelgehalte (bijv. C45E) resp. voorgeschreven minimale en maximale waarden van het zwavelgehalte (bijv. C45R) en de bijbehorende kwaliteitsstaalsoorten (bijv. C45) gelijke sterkte-eigenschappen.

5) Sterkewaarden alleen ter informatie. NEN EN 10084 geeft in bijlage F alleen de minimale treksterkte na het veredelen weer.

**Tabel 1-2** IJzer-koolstof gietmaterialen  
Sterktewaarden in N/mm<sup>2</sup>

materiaalaanduiding		A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>bWN</sub>	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer							
a) Gietijzer met lamellengrafiert volgens NEN EN 1561 <sup>2)</sup> Trekvastheid als kenmerkende eigenschap								
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 20 mm								
EN-GJL-100	5.1100	0,8 tot 0,3	100	—	—	—	3	het meest gebruikte gietmateriaal met goed vormvul- lend vermogen; voor ingewikkelde en relatief dunwand- ige delen; bros, hoge druksterkte [ca. (3 ... 4) R <sub>m</sub> ], gunstige glijeigenschappen, grote in- wendige demping, niet kerfgevoelig, zeer goed ver- spaansbaar, beperkt lasbaar
EN-GJL-150	5.1200		150	—	70	78 tot 103		niet voor dragende elementen; bij bijzondere eisen be- treffende warmtegeleiding, demping en bewerkbaar- heid; constructie- en handelsgietijzer
EN-GJL-200	5.1300		200	—	90	88 tot 113		voor zwaarder belaste dunwandige delen; licht machi- negietwerk; behuizingen, staanders, stuurschijven
EN-GJL-250	5.1301		250	—	120	103 tot 118		gebruikelijke soorten in de machinebouw; gemiddeld machiniegietwerk; lagerblokken, hefboomen, riemschijven
EN-GJL-300	5.1302		300	—	140	108 tot 137		gedrukt en hittebestendig gietijzer (tot ca. 400 °C); cilinders, armaturen, pomphuisen
EN-GJL-350	5.1303		350	—	145	123 tot 143		voor zwaar belaste onderdelen; motorvoeten, lagerscha- len, remschijven
b) (Nodulair) gietijzer met kogelgrafiert volgens NEN EN 1563								
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 60 mm								
EN-GJS-350-22-LT	5.3100	22	350	220	180	169	<b>Ferrietsch tot perlietsch gietijzer</b> structuur overwegend ferriet, goed bewerkbaar, hoge taaiheid, geringe slijtvastheid, huizen voor pompen en tandwielkasten, astappen, voorasbruggen, afsluitklep- pen, zwenklagers (LT: voor lage temperatuur, RT: voor kamertemperatuur)	
EN-GJS-350-22-RT	5.3101	22	350	250				
EN-GJS-350-22	5.3102	22	350	220				
EN-GJS-400-18-LT	5.3103	18	400	240				
EN-GJS-400-18-RT	5.3104	15	400	250				
EN-GJS-400-18	5.3105	18	400	250				
EN-GJS-400-15	5.3106	15	400	250	174	4,5	samenstelling overwegend ferriet; goedkope soorten, centrifugaalgietwerk	
EN-GJS-450-10	5.3107	10	450	310				210
EN-GJS-500-7	5.3200	7	500	320				224
EN-GJS-600-3	5.3201	3	600	370				248
EN-GJS-700-2	5.3300	2	700	420				280
EN-GJS-800-2	5.3301	2	800	480				304
EN-GJS-900-2	5.3302	2	900	600	317	176	structuur perliet resp. warmtebehandeld martensiet; goede oppervlaktehardbaarheid en slijtvastheid; dik- wandige giestukken	
EN-GJS-450-18	5.3108	18	450	350	210			
EN-GJS-500-14	5.3109	14	500	400	224			
EN-GJS-600-10	5.3110	10	600	470	248	174	<b>Met mengkristal gehard ferrietsch gietijzer</b> hogere rekgrens en rek, minder variatie in hardheid, betere bewerkbaarheid	
c) Bainitisch gietijzer volgens NEN EN 1564								
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 60 mm								
EN-GJS-800-8	EN-JS1100	8	800	500	450	163	(7)	bainitisch gietijzer met kogelvormig grafiert ADI (Aus- tempered Ductile Iron) wordt vervaardigd door een veredelingsbehandeling van giestukken van GJS, er ontstaat een microstructuur van naaldvormig ferriet en restausteniet zonder carbiden; zeer sterk constructiemate- riale met hoge plasticiteit en taaiheid
EN-GJS-1000-5	EN-JS1110	5	1000	700	485	160		
EN-GJS-1200-2	EN-JS1120	2	1200	850	415	158		
EN-GJS-1400-1	EN-JS1130	1	1400	1100		156		
d) Gietijzer met vermiculair grafiert (volgens VDg-Merkblatt W 50)								
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): d <sub>N</sub> = 20 mm								
GJV-300		1,5	300	240	150	120 tot 160	(4)	gietijzer met wormvormig grafiert, waarvan de eigen- schappen tussen GJL en GJS liggen; hogere sterkte, taai- heid, stijfheid en betere bestendigheid tegen oxidatie en temperatuurschommelingen dan GJL; betere gietei- genschappen, bewerkbaarheid en dempingscapaciteit dan GJS
GJV-350		1,5	350	260	180			
GJV-400		1,0	400	300	200			
GJV-450		1,0	450	340	220			
GJV-500		0,5	500	380	250			

Tabel 1-2 Vervolg

materiaalaanduiding		A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>bWN</sub>	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
aanduiding	nummer								
e) Getemperd gietijzer volgens NEN EN 1562 <sup>3)</sup>								krijgt door gloeien staalachtige eigenschappen; voor stuksgewichten tot 100 kg in de seriefabricage zeer economisch produceerbaar, goed verspaanbaar, productie- en constructielassen mogelijk, geschikt voor oppervlakteharding, vaak concurrerend met GJS en smeedstukken	
genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk): $d_N = 15 \text{ mm}$									
EN-GJMW-350-4	5.4200	4	350	—	150	175 tot 195	5		<b>ontkolend gegloeid (wit) getemperd gietijzer voor dunwandige gietstukken (<math>\leq 8 \text{ mm}</math>)</b> voor licht belaste onderdelen, voordelig; beslagdelen, fittingen, schalmen van transportkettingen
EN-GJMW-360-12	5.4201	12	360	190	155				geschikt voor lassen waarop krachten werken; klep- en stuurhuizen, flenzen, gecombineerde constructies met gewalst staal
EN-GJMW-400-5	5.4202	5	400	220	170				standaard soort, goed lasbaar, voor dunwandige onderdelen; lagerhuizen, fittingen, steigerdelen, grepen, spiebevestigingen
EN-GJMW-450-7	5.4203	7	450	260	190				goed verspaanbaar, slagvast; armaturen voor pijpleidingen, draagklemmen, steiger- en bekistingsdelen, isolatorkappen, onderdelen voor voertuigen
EN-GJMW-550-4	5.4204	4	550	340	230				<b>niet-ontkolend gegloeid (zwart) getemperd gietijzer</b> voor drukdichte onderdelen; hydrauliekgieterwerk, stuurblokken, klephuizen
EN-GJMB-300-6	5.4100	6	300	—	130				goed verspaanbaar, taai; kettingschalmen, behuizingen, beslagdelen, fittingen, remdragers voor vrachtwagens, koppelingdelen, klemschoenen, steeksluutels
EN-GJMB-350-10	5.4101	10	350	200	150				alternatief voor smeedstukken, ideaal voor oppervlakteharding; voor krukassen, remdragers, behuizingen, nokkenassen, hefboomen, wielnaven, stuur- en schakelvorken
EN-GJMB-450-6	5.4205	6	450	270	190				hoge sterkte bij voldoende verspaanbaarheid, goed alternatief voor smeedstukken; voor zuigers, vorkkopen, drijfveren, schakelvorken, kroonwielen, apparaathouders
EN-GJMB-500-5	5.4206	5	500	300	210				
EN-GJMB-550-4	5.4207	4	550	340	230				
EN-GJMB-600-3	5.4208	3	600	390	250				
EN-GJMB-650-2	5.4300	2	650	430	265				
EN-GJMB-700-2	5.4301	2	700	530	285				
EN-GJMB-800-1	5.4302	1	800	600	320				
f) Austenitisch gietijzer volgens NEN EN 13835 (handelsnaam Ni-Resist)								veelzijdig toepasbaar hooggelegeerd gietmateriaal met 12 tot 36 % nikkelgehalte; de genormaliseerde soorten – twee met lamellen – en tien met kogelvormig grafiet – zijn goed giet- en bewerkbaar; al naar gelang de samenstelling en grafietvorming hebben ze een groot aantal vaak vereiste eigenschappen	
geen technologische grootte-invoel binnen het afmetingsgebied van de norm									
EN-GJLA-XNiCuCr15-6-2	EN-JL3011	2	170	—	75	85 tot 105	(6)		corrosiebestendig tegen alkaliën, verdunde zuren en zeewater, goede glijeigenschappen, geringe sterkte en taaiheid, hoge dempingscapaciteit, voordelig; voor zuigerveerhouders, licht mechanisch belaste constructie-elementen, loopbussen
EN-GJSA-XNiCr20-2	EN-JS3011	7 tot 20	370	210	160	112 tot 130			zoals GJLA-XNiCuCr15-6-2, maar betere mechanische eigenschappen; voor pompen, kleppen, compressoren, behuizingen voor centrifugaalcompressoren, niet-magnetiseerbare gietstukken
EN-GJSA-XNiSiCr35-5-2	EN-JS3061	10 tot 20	380	210	160	130 tot 150			zeer hitte- en temperatuurbestendig, bijzonder goed bestand tegen hamerslag, hoge warmtesterkte, lage uitzettingscoëfficiënt; voor bochtstukken van uitlaten, centrifugaalcompressoren en onderdelen van gasturbinebehuizingen
EN-GJSA-XNiCr30-3	EN-JS3081	7 tot 18	370	210	160	92 tot 105			grotere bestendigheid tegen corrosie, hitte en temperatuurwisselingen, magnetiseerbaar; toepassing als GJSA-XNiCr20-2, bij hogere eisen voor wat betreft de corrosiebestendigheid
EN-GJSA-XNiSiCr30-5-5	EN-JS3091	1 tot 4	390	240	160	90		grote bestendigheid tegen corrosie, hitte en temperatuurwisselingen, bijzonder goed bestand tegen hamerslag, zeer slijtbestendig, magnetiseerbaar; voor onderdelen met hogere eisen voor wat betreft de hitte- en slijtbestendigheid, onderdelen van ovens	

Tabel 1-2 Vervolg

materiaalaanduiding		A % min.	R <sub>mN</sub> min.	R <sub>p0,2N</sub> min.	σ <sub>bWN</sub>	E	relatieve materiaal- kosten <sup>1)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer					kN/mm <sup>2</sup>		
g) Gietstaal voor algemene toepassingen volgens NEN EN 10293 (Betekenis: +N → normaalgluieren, +QT of +QT1 of +QT2 → veredelen (harden in lucht vloeistof + temperen)) Genormaliseerde afmeting van het proefstuk (gelijkwaardige diameter van het ruwe gietstuk) d <sub>N</sub> = 100 mm Bij hooggelegeerde soorten geen grootte-Invloed.								direct in vormen gegoten staal, afhankelijk van tegepaste staalsoort en warmtebehandeling optimaal instelbare eigenschappen met betrekking tot sterkte, slijtage- en corrosiebestendigheid en gebruikstemperaturen, ideaal constructiemateriaal door uitstekende lasbaarheid, mechanische eigenschappen verregaand richtingsonafhankelijk.
GE 200 +N	1.0420	25	380	200	190	210	6	<b>onlegeerd gietstaal</b> (0,1 tot 0,5 % C), wordt bij temperaturen tussen -10 °C en +300 °C voor onderdelen gebruikt die blootgesteld worden aan gemiddelde belastingen: machineframes, hefboomen, tandwielen, zuigerstangen, remschijven
GS 200 +N	1.0449	25	380	200	190			
GE 240 +N	1.0456	22	450	240	225			
GS 240 +N	1.0455	22	450	240	225			
GE 300 +N	1.0558	18	520	300	260			
G17Mn5 +QT	1.1131	24	450	240	225	210	(8)	<b>laaggelegeerd gietstaal</b> in veredelde toestand; toepassing tot +300 °C voor dynamisch hoogbelaste onderdelen; productie- en constructieclassen mogelijk; tankransen, frames voor walsen, turbineonderdelen, scharnierstukken, klep-en schuifhuizen, offshore-elementen
G20Mn5 +QT	1.1120	22	500	300	250			
G28Mn6 +QT1	1.1165	14	600	450	300			
G10MnMoV6-3 +QT2	1.5410	18	500	380	250			
G26CrMo4 +QT2	1.7221	10	700	550	350			
G42CrMo4 +QT2	1.7231	10	850	700	425			
G35CrNiMo6-6 +QT2	1.6579	10	900	800	450			
G32NiCrMo8-5-4 +QT2	1.6570	10	1050	950	525			
G30NiCrMo14 +QT2	1.6771	7	1100	1000	550			
GX3CrNi13-4 +QT	1.6982	15	700	500	350			
GX4CrNi16-4 +QT1	1.4421	15	780	540	390			
GX4CrNi13-4 +QT2	1.4421	10	1000	830	500			
GX4CrNiMo16-5-1 +QT	1.4405	15	760	540	380			
GX23CrMoV12-1 +QT	1.4931	15	740	540	370			
h) Corrosiebestendig gietstaal volgens NEN EN 10283								heeft door een chroomgehalte van minstens 12 % een bijzondere bestendigheid tegen chemische invloeden; geleverd worden de martensitische soorten in veredelde (+QT) en de austenitische in afgeschrikte toestand (+AT)
geen technologische grootte-Invloed binnen de afmetingen van de norm								
GX12Cr12	1.4011	15	620	450	310	200	(9)	<b>martensitisch gietstaal</b> met verhoogde corrosieweerstand tegen zoet water zonder bijzondere eisen voor wat betreft de taatheid, niet geschikt voor het constructie- en onderhoudslas-sen; turbines, compressoren uitstekende sterkte-taaithouding, hoge weerstand tegen cavitatie/erosie, zeer goede lasbaarheid en taatheid; waterturbines, hoogvaste rotorbladen en pompwielen corrosiebestendig ook in choorhoudende media, verbeterde koud-taatheid; assen, loopwielen, pompen <b>austenitisch gietstaal</b> , goede bestendigheid, lasbaarheid en taatheid; corrosiebestendige gietstukken voor de chemische industrie; schoepen voor menginstallaties, beluchtingsrotors, pomponderdelen <b>volledig austenitisch gietstaal</b> , met verbeterde corrosiebestendigheid door hoger Mo- en Ni-gehalte; gietstukken met hoge bestendigheid tegen puntroestvorming, spleetcorrosie en interkristallijne corrosie; chemische processtechniek, afvoerwatertransport, milieubescherming <b>austenitisch-ferritisch gietstaal</b> (duplex-gietstaal), hoge rekgrens bij goede bestendigheid tegen puntroestvorming; voor door erosieslijtage en cavitatie belaste constructiedelen op het gebied van zeewater- en rookgasontzwapelingsinstallaties; pompen, schepsschroeven
GX7CrNiMo12-1	1.4008	15	590	440	295			
GX4CrNi13-4 (+QT1) (+QT2)	1.4317	15 12	760 900	550 830	380 450			
GX4CrNiMo16-5-1	1.4405	15	760	540	380			
GX4CrNiMo16-5-2	1.4411	15	760	540	380			
GX2CrNi19-11	1.4309	30	440	185	220			
GX5CrNiNb19-11	1.4552	25	440	175	220			
GXCrNiMo19-11-2	1.4408	30	440	185	220			
GX5CrNiMoNb19-11-2	1.4581	25	440	185	220			
GX2NiCrMo28-20-20	1.4458	30	430	165	215			
GX2NiCrMoCu25-20-5	1.4584	30	450	185	225			
GX2NiCrMoN25-20-5	1.4416	30	450	185	225			
GX2NiCrMoCuN25-20-6	1.4588	30	480	210	240			
GX6CrNiN26-7	1.4347	20	590	420	295			
GX2CrNiMoN25-7-3	1.4417	22	650	480	325			
GX2CrNiMoCuN25-6-3-3	1.4517	22	650	480	325			

<sup>1)</sup> Zie voetnoot 3 bij tabel 1-1.

Bij gietstukken gelden de aangegeven vergelijkingswaarden onder de volgende voorwaarden: holle gietstukken (met kern) met eenvoudige ribben en uitsparingen; seriegrootte ca. 50, stukgewicht 5 tot 10 kg.

<sup>2)</sup> De overige 6 soorten worden benoemd volgens de brinellhardheid: EN-GJL-HB 155, -HB 175, -HB 195, -HB 215, -HB 235, -HB 255.

<sup>3)</sup> Voor de soorten EN-GJMB-350-10, -450-6 en -650-2 is een minimale slagenergie vastgelegd (14J, 10J en 5J). De soort EN-GJMB-300-6 mag niet voor drukt toepassingen worden gebruikt.

**Tabel 1-3 Non-ferro metalen**  
Keuzetabel voor de algemene machinebouw  
sterktewaarden in N/mm<sup>2</sup> 1)

materiaalaanduiding		toestand <sup>d)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden	
aanduiding	nummer									
a) Koperlegeringen <sup>3)</sup>										
CuBe2	CW101C	R420	rondstaven	35	420	140	122	8	<p>1. Koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163</p> <p>voor de hoogste eisen op het gebied van hardheid, elasticiteit en slijtage, goed te solderen; optimale uithardingstijd; allerlei soorten veren, membranen, spanbanden, niet-magnetische constructiedelen, lagerstenen, worm- en rechte tandwielen, draadelen van klokken, spuitgiet-matrijzen, vonkveilige gereedschappen</p> <p>goed geleidingsvermogen, goed bestand tegen corrosie en slijtage, goede glijeigenschappen, hoge wissel- en kruip-bezwijksterkte, uithardbaar; voor zwaar belaste bussen, drukschijven en leibanen, wentellagerkooien, onderdelen voor elektrische leidingen, bevestigingsdelen in de scheepsbouw, draadkabels, hoogvaste schroeven</p> <p>hoog elektrisch geleidingsvermogen, hoge ont-hardingstemperatuur en kruip-bezwijksterkte, nauwelijks las- en soldeerbaar, zeer temperatuurbestendig, uithardbaar; coquilles voor het continugieten, stroomvoerende veren en contacten, elektroden voor weerstandslassen, extrusieprofielen</p>	
		R600	2 ... 80	10	600	480				
		R1150	25 ... 80	2	1150	1000				
CuNi2Si	CW111C	R450	4	10	450	390	143	8		
		R690	2 ... 80	10	690	570				
		R800	2 ... 30	10	800	780				
CuCr1Zr CuCr1	CW106C CW105C	R200	8 ... 80	30	200	60	120	8		
		R400	50 ... 80	12	400	310				
		R470	4 ... 25	7	470	380				
CuZn37	CW508L	R310	rondstaven	30	310	120	110	8		<p>2. koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12 163</p> <p>zeer goed koud vormbaar, goed soldeer- en lasbaar, corrosiebestendig tegen zoet water, polijstbaar; dieptrek-, druk- en stempeldelen, contactveren, schroeven, bladveren, radiatorbeugels</p> <p>goede glijeigenschappen ook bij hoge belastingen, koudomvormbaar, beperkt soldeer- en lasbaar; lagerbussen, glijelementen, geleidingen, matrijsmeedstukken</p> <p>gemiddelde sterkte, goed bestand tegen weersinvloeden, goed koud omvormbaar; glijlagers, glijelementen, extrusieprofielen</p> <p>gemiddelde sterkte, weersbestendig, goed soldeerbaar, koud en warm omvormbaar; apparatenbouw, algemene machinebouw, de bouw, armaturen, koelapparatuur</p>
		R370	2 ... 40	12	370	300				
		R440	2 ... 10	2	440	400				
CuZn31Si1	CW708R	R460	5 ... 40	22	460	250	109	8		
		R530	5 ... 14	12	530	330				
CuZn38Mn1Al	CW716R	R490	5 ... 40	18	490	210	93	8		
		R550	5 ... 14	10	550	280				
CuZn40Mn2Fe1	CW723R	R460	5 ... 40	20	460	270	100	8		
		R540	5 ... 14	8	540	320				
CuSn6	CW452K	R340	rondstaven	45	340	230	118	14	<p>3. Koper-zink-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163</p> <p>zeer goed koud omvormbaar, goed soldeer- en lasbaar, bestand tegen zeewater en industriële atmosferen; allerlei soorten veren, slang- en veerrollen, membranen, weef- en zeefdraad, tandwielen, bussen, onderdelen voor de chemische industrie</p> <p>zoals CuSn6, verhoogde slijt- en corrosiebestendigheid; dunwandige glijlagerbussen en glijjstenen, slaglijsten</p> <p>CuSn8P als lagermetaal voor geharde assen bij hoge, stotende belasting (bijv. Carobröns)</p>	
		R400	2 ... 40	26	400	250				
		R470	2 ... 12	15	470	350				
		R550	2 ... 6	8	550	500				
CuSn8 CuSn8P	CW453K CW459K	R390	2 ... 60	45	390	260	115	14		
		R450	2 ... 40	26	450	280				
		R550	2 ... 12	15	550	430				
		R620	2 ... 6	—	620	550				
CuZn36Pb3	CW603N	R360	rondstaven	20	360	180	102	7		<p>4. Koper-zink-lood-kneedlegeringen volgens NEN EN 12164</p> <p>zeer goed verspanbaar en warm omvormbaar; draadelen, die met de automaat gemaakt worden, dunwandige extrusieprofielen (bouwprofielen)</p> <p>hoge sterkte en slijtvastheid, goed bestand tegen atmosferische corrosie, ongevoelig voor oliecorrosie; constructie-elementen in de machinebouw, glijlagers, klepgeleiders, drijfwerkonderdelen, zuigerringen</p> <p>zeer goed verspanbaar, goed warm en beperkt koud omvormbaar, boor- en freeskwaliteit; onderdelen voor de precision engineering, de machine- en apparatenbouw</p>
		R340	6 ... 40	20	340	160				
		R400	2 ... 25	12	400	250				
		R480	2 ... 12	8	480	380				
CuZn37Mn3Al2 PbSi	CW713R	R540	6 ... 80	15	540	280	93	7		
		R590	6 ... 50	12	590	320				
		R620	15 ... 50	8	620	350				
CuZn39Pb2	CW612N	R380	6 ... 40	20	380	160	120	7		
		R360	40 ... 80	25	360	150				
		R410	2 ... 40	15	410	250				
		R490	6 ... 14	—	490	370				

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
CuAl10Fe3Mn2	CW306G	R590 R690	rondstaven 10 ... 80 10 ... 50	12	590	330			5. Koper-aluminium-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 hoge vervoegingssterkte ook bij hoge corrosiebelasting, goede corrosiebestendigheid, zeewaterbestendig, bestand tegen koolafzetting, erosie en cavitatie, warmvast; constructieonderdelen voor de chemische apparatenbouw, hamerslagbestendige onderdelen, schroeven, aandrijfassen, tandwielen, klepzittingen
				6	690	510			
CuAl10Ni5Fe4	CW307G	R680 R740	10 ... 80 10 ... 80	10 8	680 740	480 530	120	14	zoals CW306G; condensatorbodems, slijtdelen, hydraulische besturingsonderdelen, papierindustrie, aandrijfassen, schroeven, matrijsmeedstukken
CuAl11Fe6Ni6	CW308G	R750 R830	10 ... 80 10 ... 80	10 —	750 830	450 680			zoals CW306G; zwaar belaste constructiedelen: lageronderdelen, klepzittingen, drukplaten, slijtdelen
CuNi10Fe1Mn	CW352H	R280 R350	rondstaven 10 ... 80 2 ... 20	30	280	90	134		6. Koper-nikkel-kneedlegeringen volgens NEN EN 12163 uitstekende weerstand tegen erosie, cavitatie en corrosie, ongevoelig voor spanningsscheurcorrosie, geschikt tot puntroestvorming bij afzetting van vreemde stoffen, goed koud omvormbaar en soldeerbaar; pijpleidingen, remleidingen, platen en bodems voor warmtewisselaars, condensatoren, apparatenbouw, zoetwaterbereiders
				10	350	150			
CuNi30Mn1Fe	CW354H	R340 R420	10 ... 80 2 ... 20	30 14	340 420	120 180	152	18	zoals CW352H, maar nog beter bestand tegen erosiecorrosie; oliekoeler, ontziltingsinstallaties, scheepscondensatoren
CuNi12Zn24	CW430J	R380 R450 R540	2 ... 50 2 ... 40 2 ... 10	38	380	270	125		'nieuwzilver', goed bestand tegen atmosferische invloeden, organische verbindingen, neutrale en alkalische zoutoplossingen, zeer goed koud omvormbaar, soldeer- en polijstbaar; onderdelen voor optica en precision engineering, dieptrek- en stempeldelen, tafelapparatuur, contactveren, bouwwezen
				11	450	300			
				5	540	450			
CuSn10-C	CC480K	GS GM GC GZ		18	250	130	94 ... 98	13	7. Koper-tin-gietlegeringen volgens NEN EN 1982 (giet-tinbrons) bestand tegen corrosie, cavitatie en zeewater; zwaarbelaste en corrosiebestendige pomphuizen en armaturen, snelopende worm- en tandwielen met stootbelasting, klepzittingen
				10	270	160			
				10	280	170			
				10	280	160			
CuSn11Pb2-C	CC482K	GS GZ GC		5	240	130			goede slijtvastheid; hoogbelaste glijelementen, met belasting bewegende spindelmoeren, worm- en schroefwielkransen, glijlagers met hoge belastingspieken
				5	280	150			
				5	280	150			
CuSn12-C	CC483K	GS GM GC GZ		7	260	140			Standaardlegering met goede glij- en slijteigenschappen bij goede corrosiebestendigheid, uitstekende droogloopeigenschappen; bussen, glijelementen, glijlijsten, lagerschalen
				5	270	150			
				6	300	150			
				5	280	150			
CuSn12Ni2-C	CC484K	GS GZ GC		12	280	160			hogere 0,2 %-rekgrens en vervoegingssterkte, delamineren van metalen deeltjes aan de tandflanken van kegel- en wormwielen wordt voorkomen (pitting); snelopende worm- en schroefwielkransen, hoogbelaste pomp- en armatuuronderdelen, spindelmoeren
				8	300	180			
				10	300	180			
CuZn33Pb2-C	CC750S	GS, GZ		12	180	70	98		8. Koper-zink-gietlegeringen volgens NEN EN 1982 gunstig in prijs, goed verspaanbaar, slijp- en polijstbaar, gemiddeld geleidingsvermogen, goed bestand tegen aantasting door bedrijfswater; bij voorkeur voor zandgietdelen, gas- en waterarmaturen, behuizingen, constructiedelen
CuZn37Pb2Ni1AlFe-C	CC753S	GM		15	300	150	100		Voordelig coquilletgetwerk voor serie-producten; water-, sanitair- en verwarmingsinstallaties
CuZn33Pb2Si-C	CC751S	GP		5	400	280	105	11	sputgietlegering voor ontzinkingsbestendige gietstukken, bestand tegen chloorhoudend water
CuZn34Mn3Al2Fe1-C	CC764S	GS GM GZ		15	600	250	110		hoge sterkte en hardheid; voor statisch hoog belastbare constructiedelen, klep- en stuurdelen, kegels, passingen
				10	600	260			
				14	620	260			
CuZn37Al1-C	CC766S	GM		25	450	170	100		gemiddelde sterkte; constructie- en besturingsmateriaal in werktuigbouw en precision engineering, coquilletgetwerk voor machinebouw en elektrotechniek



Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	$R_m$ min.	$R_{p0,2}$ min.	$E$ kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
CuSn5Zn5Pb5-C	CC491K	GS	13	200	90	95	12	9. Koper-tin-zink-(lood-)gietlegeringen (rood messing) en koper-tin-lood-gietlegeringen (giet-tin-loodbrons) volgens NEN EN 1982	
		GM	6	220	110				
		GZ	13	250	110				
		GC	13	250	110				
CuSn7Zn4Pb7-C	CC493K	GS	15	230	120	120	14	basislegering, niet voor glijdoeleinden, zeer corrosiebestendig, goede sterkte-, bewerkings- en giet-eigenschappen; hoogwaardige kleppen, armaturen, waterpompbehuizingen, tandwielen, drukkichte gietstukken	
		GM	12	230	120				
		GC, GZ	12	260	120				
			12	260	130				
CuSn7Zn2Pb3-C	CC492K	GS	14	230	130	120	14	standaard glijmateriaal met uitstekende droogloopeigenschappen, gemiddelde sterkte en hardheid; glijlagers voor geharde en ongeharde aandrijfassen, glijplaten en -lijsten, drukwalsen, coating voor scheepsassen	
		GM	12	230	130				
		GZ	12	260	130				
		GC	12	270	130				
CuSn10Pb10-C	CC495K	GS	8	180	80	95	12	constructiemateriaal met hoge sterkte en rek, geringe wanddiktegevoeligheid en gasdoorlaatbaarheid, drukkicht	
		GM	3	220	110				
		GZ	6	220	110				
		GC	8	220	110				
CuSn5Pb20-C	CC497K	GS	5	150	70	120	14	zeer goede glij-eigenschappen, goede corrosiebestendigheid, goede slijtvastheid; glijlagers voor hoge vlaktedruk, hoog belastbare voertuiglagers en kalanderswalsen, lagers voor warmwalserijen	
		GC	7	180	90				
		GZ	6	170	80				
			6	170	80				
CuAl9-C	CC330G	GM	20	500	180	120	14	10. Koper-aluminium-gietlegeringen (giet-aluminiumbrons) volgens NEN EN 1982	
		GZ	15	450	160				
CuAl10Fe2-C	CC331G	GS	18	500	180	120	14	zeewaterbestendig en corrosiebestendig tegen zwavel- en azijnzuur; scheepsbouw, apparatenbouw, klepzittingen, armaturen, beitsinstallaties	
		GM	20	600	250				
		GZ	18	550	200				
		GC	15	550	200				
CuAl10Fe5Ni5-C	CC333G	GS	13	600	250	120	14	zeewater- en corrosiebestendig, slijtvast, sterkte-waarden weinig temperatuurafhankelijk, statisch en dynamisch hoog belastbaar, niet voor chloorhoudende media; schroefassen, tandkransen, wormwielen, stoomarmaturen, regelementen	
		GM	7	650	280				
		GZ	13	650	280				
		GC	13	650	280				
b) Aluminiumlegeringen									
$K_1 = 1$ voor alu-kneedleg. en voor alu-gietleg. alleen bij $d \leq 12$ mm $K_1 = 1,1 \cdot (d/7,5 \text{ mm})^{-0,2}$ voor alu-gietleg. bij $12 \text{ mm} < d < 150$ mm $K_1 = 0,6$ voor alu-gietleg. bij $d \geq 150$ mm genormaliseerde afmeting van de proefstaaf: $d_N = 12$ mm									
ENAW-(Al99,5)	ENAW-1050A	O/H111 H14 H18	plaatstaal	$\leq 50$	$> 20$	65	20	2,1	1. Aluminium en aluminiumlegeringen, niet uitgehard (NEN EN 485-2, 754-2, 755-2)
				$\leq 25$	2 ... 6	105	85		
				$\leq 3$	2	140	120		
ENAW-AlMn1Cu	ENAW-3003	O/H111 H14 H18	plaatstaal	$\leq 50$	$> 15$	95	35	2,1	goede corrosiebestendigheid, goed koud en warm omvormbaar, goed las- en soldeerbaar, slecht verspaanbaar, oppervlaktebescherming door anodiseren; apparaten, tanks, pijpleidingen voor levensmiddelen en drank, dieptrek-, druk- en plaatvormdelen, stroomrails, buitenleidingen, verpakkingen
				$\leq 25$	2 ... 5	145	125		
				$\leq 3$	2	190	170		
ENAW-AlMg5	ENAW-5019	F, H112 O, H111 H12, H22 H14, H24	rondstaven	$\leq 200$	14	250	110	2,5	hogere sterkte dan zuiver aluminium, goed alkali-bestendig, goed soldeer-, las- en koudomvormbaar, goede warmtesterte; dakbedekkingen, warmtewisselaars, kookgerei, grillpannen, sluitingen, blikdelen, voertuigopbouwen
				$\leq 80$	16	250	110		
				$\leq 40$	8	270	180		
				$\leq 25$	4	300	210		
ENAW-AlMg2Mn0,8	ENAW-5049	O, H111 H14 H18	plaatstaal	$\leq 100$	12 ... 18	190	80	2,3	verhoogd corrosiebestendig tegen zeewater, slecht soldeer- en lasbaar, goed koud omvormbaar; draaidelen voor bewerking op automaten, voornamelijk geanodiseerd en gekleurd of hardgeanodiseerd, schroeven, stiften, schroefnagels, draadproducten
				$\leq 25$	3 ... 5	240	190		
				$\leq 3$	2	290	250		

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	R <sub>m</sub> min.	R <sub>p0,2</sub> min.	E kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
ENAW-AlMg4,5 Mn0,7	ENAW-5083	O, H111 H14 H16	plaatstaal ≤50 ≤25 ≤4	≥11 2...4 2	275 340 360	125 280 300	70	2,1	eigenschappen van de reeks 5000, maar daarbij hoge chemische bestendigheid en lagetemperatuureigenschappen (tot 4 K), bedrijfstemperaturen tussen 80 en 200 °C bij gelijktijdige mechanische belasting vermijden; drukvaten, draagconstructies (ook zonder oppervlaktebescherming), zelfdragende opleggers en tankwagens, lasconstructies, pantserplaten, machineframes, luchtontledings- en gasverdichtingsinstallaties, methaantankers
ENAW-AlMg4	ENAW-5086	O, H111 H14 H18	plaatstaal ≤150 ≤25 ≤3	≥11 2...4 1	240 300 345	100 240 290		3	eigenschappen van de reeks 5000, niet geschikt voor langdurige temperaturen boven 65 °C, gevoelig voor interkristallijne corrosie en spannings-scheurcorrosie na ondeskundige warmtebehandeling; lasconstructies, machinebouw, scheepsbouw, apparaten, tanks, pijpleidingen voor levensmiddelen en drank
ENAW-AlMg3	ENAW-5754	O, H111 H14 H18	plaatstaal ≤100 ≤25 ≤3	≥12 3...5 2	190 240 290	80 190 250		3	eigenschappen en toepassing gelijk aan AlMg2Mn0,8
ENAW-AlCu4Pb MgMn	ENAW-2007	T3 T3 T351	rondstaven ≤30 30...80 ≤80	7 6 5	370 340 370	240 220 240		2,5	2. Aluminium-kneedlegeringen, uithardbaar (NEN EN 485-2, 754-2 en 755-2) automatenlegering, alleen in koud uitgeharde toestand leverbaar in de vorm van staven en buizen, niet lasbaar, geringe chemische bestendigheid en gering geleidingsvermogen; draai- en freesdelen
ENAW-AlCu4 SiMg	ENAW-2014	O, H111 T3 T4 T6	rondstaven ≤80 ≤80 ≤80 ≤80	10 8 12 8	<240 380 380 450	<125 290 220 380		2,5	in warm uitgeharde toestand voldoende corrosiebestendig, beperkt koud omvormbaar en verspaanbaar, niet geschikt voor lassen en anodische oxidatie; matris- en handsmeedstukken voor hoge belasting van hydraulische en pneumatische onderdelen, drijfstangen, schroeven, tandwielen, constructies in de machine-, vliegtuig- en hoogbouw
ENAW-AlMgSi	ENAW-6060	T4 T5 T6	profielen ≤25 ≤5 >5 ≤25 ≤3 >3 ≤25	16 8 8 8 8	120 160 140 215 195	60 120 100 160 150	70	3	de soorten van de reeks 6000 zijn koud en warm uithardbaar, lasbaar, corrosiebestendig en niet decoratief anodiseerbaar; de soort 6060 is bovendien bijzonder goed te extruderen, ook is uitharden na lassen mogelijk; profielen voor draagconstructies, kozijn-, deur-, afdek- en afsluitprofielen, rolluikstangen, verwarmingselementen, machinetafels, elektromotorhuizen, pneumatiek cilinders, opbouwen, containers, inrichtingen van schepen en railvoertuigen
ENAW-AlSi1MgMn	ENAW-6082	O, H111 T4 T5 T6 T6	profielen alle ≤25 ≤5 ≤5 >5 ≤25	14 14 8 8 10	<160 205 270 290 310	<110 110 230 250 260		3,2	zoals soort 6060, heeft de hoogste sterkte, taatheid en corrosiebestendigheid maar kan moeilijk worden geperst; profielen en smeedwerk voor draagconstructies, de voertuig- en machinebouw, plaatvormige delen, biervaten, schroeven, klinknagels
ENAW-AlZn4,5Mg1	ENAW-7020	T6	profielen ≤40	10	350	290		3,2	constructielegeringen van de reeks 7000 met de hoogste sterkte bij een geringe bestendigheid, goed koudomvormbaar in zachte toestand (O), hardt na het smellassen vanzelf uit, maar is kerf- en verouderingsgevoelig; profielen, buizen en platen voor gelaste draagconstructies in de machine-, vliegtuig- en hoogbouw
ENAC-AlCu4MgTi	ENAC-21000	S T4 K T4 L T4		5 8 5	300 320 300	200 200 220	72		3. Aluminium-gietlegeringen volgens NEN EN 1706 eenvoudige gietstukken met zeer hoge sterkte (warm uitgehard) of taatheid (koud uitgehard), goed verspaanbaar, beperkt lasbaar; als fijngietwerk (L) ook voor ingewikkelde dunwandige gietstukken voor de machine- en voertuigbouw
ENAC-AlSi7Mg0,3	ENAC-42100	S T6 K T6 L T6		2 4 3	230 290 260	190 210 200	73		voor gietstukken met gemiddelde tot grotere wanddikten, hoge sterkte en taatheid, corrosiebestendig, als fijngietwerk voornamelijk voor dunwandige gietstukken voor de vlieg- en voertuigbouw; uithardbaar; achteras-koppelstangen, remzadels, wiel-dragers

Tabel 1-3 Vervolg

materiaalaanduiding		toestand <sup>4)</sup>	dikte diam. mm	A % min.	$R_m$ min.	$R_{p0,2}$ min.	$E$ kN/mm <sup>2</sup>	relatieve materiaal-kosten <sup>2)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
aanduiding	nummer								
ENAC-AISI9Mg	ENAC-43300	S T6 K T6		2 4	230 290	190 210	75	3,5	voor ingewikkelde, dunwandige gietstukken met hoge sterkte, goede taaiheid en zeer goede weersbestendigheid, uithardbaar, goed las- en soldeerbaar, goed verspaanbaar; motorblokken, behuizingen voor aandrijvingen en omzetters
ENAC-AISI8Cu3	ENAC-46200	S F K F D F		1 1 1	150 170 240	90 100 140	75		voor ingewikkeld, dunwandig zand- en coquille-gietwerk, niet uithardbaar, zeer goed vulvermogen van de gietvorm, geringe neiging tot inwendige blaasjes of inzinkingen, goede warmtesterkte tot 200 °C, geringe taaiheid en bestendigheid, productielassen mogelijk (WIG); behuizingen voor de machine-, apparaten- en voertuigbouw
ENAC-AlMg5	ENAC-51300	S F K F L F		3 4 3	160 180 170	90 100 95	69		voor corrosiebestende gietstukken, ook voor belasting door zwak alkalische media en voor gietstukken met decoratief oppervlak, niet uithardbaar, zeer goed verspaanbaar, anodisch oxideerbaar; beslagdelen, huishoudapparaten, armaturen, machines voor de levensmiddelen- en drankindustrie, scheepsbouw
c) Magnesiumlegeringen									laagste dichtheid van alle metallische materialen bij gemiddelde sterkte, uitstekend verspaanbaar, kerfgevoelig, slagvast door lage E-modulus en geluidsendepend, bijzondere beschermingsmaatregelen tegen zelfontbranding (bij smelten, gieten, verspanen) en corrosie noodzakelijk, superlichtgewichtbouw door met vezels en deeltjes (bijv. SiC) versterkt composietmateriaal (MMC) te maken
MgMn2	3.5200.08	F20 F22	>2 <2	1,5 2	200 220	145 165			1. Magnesiumlegeringen volgens DIN 1729 en DIN 9715 corrosiebestendig, licht omvormbaar, goed lasbaar (WIG); plaatprofielen, voeringen, geperste delen, brandstoftanks
MgAl3Zn	3.5312.08	F20 F24 F27	– ≤10 –	1,5 10 8	200 240 270	145 155 155	43 ... 45		gemiddelde sterkte, omvormbaar, goede chemische bestendigheid, lasbaar; constructiedelen van gemiddelde mechanische belasting
MgAl6Zn	3.5612.08	F27	≤10	10	270	175			hoge sterkte, bestand tegen trillingen, beperkt lasbaar; carrosserie-onderdelen, lichte constructiedelen
MgAl8Zn	3.5812.08	F27 F29 F31	– ≤10 ≤10	8 10 6	270 290 310	195 205 215			zeer hoge sterkte, bestand tegen trillingen, niet lasbaar; voor constructiedelen die aan trillingen en stoten blootgesteld worden
EN-MCMgAl8Zn1	EN-MC 21110	S, K F S, K T4 D F		2 8 1...7	160 240 200 (250)	90 90 140 (170)		3	2. Magnesium-gietlegeringen volgens NEN EN 1753 goed giet- en lasbaar, goede glijeigenschappen, dynamisch belastbaar; constructiedelen die aan trillingen en stoten blootgesteld worden, behuizingen voor aandrijvingen en motoren, olieopvangbakken
EN-MCMgAl9Zn1	EN-MC 21120	S, K F S, K T4 S, K T6 D F		2 6 2 1...6	160 240 240 200 (260)	90/110 110/120 150 140 (170)	41 ... 45	3,5	goed giet- en lasbaar, hoge sterkte, dynamisch belastbaar; trillings- en stootbelaste onderdelen, vlieg- en voertuigbouw, armaturen

<sup>1)</sup> De mechanische en fysische eigenschappen van de materialen worden sterk beïnvloed door fluctuaties in de legeringssamenstelling en de materiaalstructuur. De aangegeven sterktewaarden zijn alleen voor bepaalde afmetingen gegarandeerd.

<sup>2)</sup> Zie ook voetnoot 3) bij tabel 1-1. De aangegeven relatieve materiaal-kosten gelden bij zandgietwerk tussen 1 en 5 kg, gemiddelde moeilijkheidsgraad, seriegrootte minstens 10 stuks; coquille- en spuitgietwerk tussen 0,25 en 0,5 kg, gemiddelde moeilijkheidsgraad, seriegrootte minstens 5000 stuks.

<sup>3)</sup> Verdere materiaalgegevens over koperlegeringen: zie hoofdstuk 15 Glijlagers, tabel 15-6.

<sup>4)</sup> Toestandsaanduidingen en gietprocédé:

sterkte bij Cu-leg.: bijv R600 → minimale treksterkte  $R_m = 600 \text{ N/mm}^2$ ;

gietprocédé bij Cu-leg.: GS zandgieten GM coquillegieten GZ centrifugaalgieten GC continugieten GP spuitgieten;

aluminium-kneedlegeringen, niet uithardbaar: O = zachtgegloeid; F = giettoestand; H111 = gegloeid met vervolgens geringe koudversteving; H12 = koud versterkt, 1/4-hard; H14 = koud versterkt, 1/2-hard; H16 = koud versterkt, 3/4-hard; H18 = koud versterkt, 4/4-hard; H22 = koud versterkt en teruggegloeid, 1/4-hard; H24 = koud versterkt en teruggegloeid, 1/2-hard;

aluminium-kneedlegeringen, uithardbaar: T3 = oplosgegloeid, koud omgevormd en koud verouderd; T351 = oplosgegloeid, door gecontroleerd rekken ontspannen en koud verouderd; T4 = oplosgegloeid en koud verouderd; T5 = afgeschrikt en warm verouderd; T6 = oplosgegloeid en geheel warm verouderd;

aluminium- en magnesium-gietlegeringen: S zandgieten K coquillegieten D spuitgieten L fijngieten;

sterkte bij magn.-kneedlegering: bijv. F22 →  $R_m = 10 \cdot 22 = 220 \text{ N/mm}^2$ .

Tabel 1-4 Kunststoffen

Selectie voor de algemene machinebouw

Sterktewaarden gelden bij kamertemperatuur in N/mm<sup>2</sup>

Algemene kenmerken: relatief geringe sterkte, geringe stijfheid door lage elasticiteitsmodulus, mechanische eigenschappen sterk tijd- en temperatuurafhankelijk, gering wamtegeleidingsvermogen, goede elektrische isolatie-eigenschappen; goede bestendigheid; groot aantal soorten

materiaal aanduiding handelsnaam	dichtheid $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	rek <sup>1)</sup> $\varepsilon_M$ ( $\varepsilon_B$ ) % min.	sterkte <sup>2)</sup> $\sigma_M$ ( $\sigma_{5W}$ ) min.	tijdrekspanning $\sigma_{1/1000}$ min.	elasticiteitsmodulus $E$ gemiddeld	gebruikstemperatuur continu °C		relatieve materiaal- kosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
						max.	min.		
a) Thermoplasten									kunnen zonder chemische verandering reversibel tot een plastische toestand worden verwarmd en vervolgens gemakkelijk vervormd; ze zijn smelbaar, lasbaar, zwellbaar en oplosbaar; naar gelang de moleculuurlordering zijn ze bros en glashelder (amorf) of troebel, taai en slagvast (semi-kristallijn)
polyethyleen PE-HD PE-LD Hostalen, Vestolen, Baylon	0,96 0,92	12 (400) 8 (600)	20 (16) 8	2 1	1000 300	80 60	-50 -50	0,6 (0,3) (0,25)	PE met hoge dichtheid (PE-HD) met hogere sterkte dan PE met lage dichtheid (PE-LD), hoge taatheid en scheurtek, zeer geringe wateropname, grote chem. bestendigheid; waterleidingen, fittingen, kratten, brandstoftanks, folies, afdichtingen, afvalbakken
polypropyleen PP (isotactisch) Novolen, Ultralen, Vestolen P	0,9	10 (800)	35 (20)	6	1200	100	0	0,6 (0,35)	gunstiger mechanische en thermische eigenschappen t.o.v. PE, geringe taatheid bij koude, neigt nauwelijks tot de vorming van spanningsscheuren; vormdelen met filmscharnieren, interieur van auto's, behuizingen van huishoudelijke apparatuur, schijnwerpers en pompen
polystyreen PS Vestron, Styron, Polystyrol	1,05	3	45 (20)	18	3300	60	-10	0,6 (0,35)	amorf structuur, glashelder; stijf, hard en bros; briljant oppervlak; hoge maatvastheid, zeer goede elektrische eigenschappen, neiging tot vorming van spanningsscheuren, geringe bestendigheid tegen organische producten; wegwerpverpakkingen, brillenglazen, tekengerei, bestek, vormdelen voor televisies
acrylonitril- butadien-styreen (ABS) Novodur, Terluran, Cyclocac	1,05	2 (20)	32 (15)	9	2300	75	-40		slagvast, krasvast, hoge vormvastheid en goed bestand tegen temperatuurschommelingen, goede chemische bestendigheid, niet weervast, galvaniseerbaar; behuizingen, meubelonderdelen en tanks van allerlei aard, interieurdelen voor vrachtwagens en vliegtuigen, veiligheidshelmen, sanitaironderdelen
polyvinylchloride hard PVC-U Hostalit, Mipolam, Trovidur	1,38	4 (10)	50	20	3000	65	-5		amorf structuur, doorschijnend tot transparant, stijf, hard, slaggevoelig bij koude, goede chemische bestendigheid, hoge dielektrische verliezen, moeilijk ontvlambaar; reservoirs in chemie en galvanotechniek, zuurbestendige onderdelen van behuizingen en apparaten, buizen, geluidsbandcassettes, vensterramen
polytetrafluor- ethyleen PTFE Hostaflon TF, Teflon, Fluon	2,15	10 (350)	12 (30)	1	410	250	-200	15,5	flexibel, sterke kruip, gering adhesievermogen, laagste wrijvingscoëfficiënt van alle vaste stoffen, nagenoeg universele chemische bestendigheid, zeer goed elektrisch isolerend, hoge thermostabiliteit, duur; antihechtcoatings, transportbanden (plakt niet), glijlagers, slangen, afdichtingen, plaatvormige steunvlakken, zuigerringen
polyoxymethyleen POM Delrin, Hostaform, Ultraform	1,41	8 (25)	65 (27)	12	2800	90	-60		taaihard, stijf, goede veereigenschappen, gunstig glij- en slijtgedrag, bestand tegen oplosmiddelen en chemicaliën, geen waterabsorptie, favoriet constructiemateriaal: glijlagers, behuizingen, beslag, klik- en veerelementen, tandwielen
polyamide PA66 Durethan A, Ultramid A, Minlon hoogste waarden: droog laagste waarden: geconditioneerd (vochtig)	1,13 1,14	5 (20) 15 (150)	80 55 (30)	7 6	2800 1600	100 100	-30 -30	2,2 (1,2)	PA-type met de hoogste hardheid, stijfheid, slijtvastheid en vormvastheid bij verwarming; mechanische eigenschappen, afmetingen van vormdelen en elektrische isolatie-eigenschappen hangen sterk af van het vochtgehalte, meestal is verrijken met water vereist (conditioneren), goede glij- en droogloopeigenschappen, bestand tegen brandstoffen en oliën; glijelementen, tandwielen, looprollen, behuizingen, kabels, lagerbussen, pluggen

Tabel 1-4 Vervolg

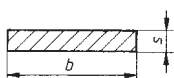
materiaal aanduiding handelsnaam	dichtheid $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	rek <sup>1)</sup>	sterkte <sup>2)</sup>	tijdrekspanning	elasticiteitsmodulus $E$ gemiddeld	gebruikstemperatuur continu °C		relatieve materiaalkosten <sup>3)</sup>	eigenschappen en toepassingsvoorbeelden
		$\epsilon_M$ ( $\epsilon_B$ ) % min.	$\sigma_M$ ( $\sigma_{SW}$ ) min.	$\sigma_{1/1000}$ min.		max.	min.		
b) Thermoharders (duroplasten)									polymeermaterialen met een fijnmazige ruimtelijke netstructuur die na de vormgeving (uitharden) alleen nog verspanend te bewerken zijn; niet smelbaar, niet lasbaar, niet oplosbaar en slechts zwak zwellbaar, worden meestal verwerkt met versterkingsmateriaal
fenolhars-hardweefsel DIN 7735 Hgw 2081 (vulmateriaal: katoenweefsel) Resofil, Resitex, Novotex	1,3	–	50 (25)		7000	110			hoge taatheid, sterkte, stijfheid en hardheid, niet bestand tegen sterke zuren en logen; mechanisch hoog belastbaar gelaagd en geperst materiaal voor tandwielen (geluids-arm), lagerbussen, glijbanen, looprollen, trekgereedschappen
polyesterhars UP DIN 16946 Typ 1110 Vestopal, Palatal	1,2	(0,6)	40		3500	100			hard, bros, transparant, meestal als giethars voor de fabricage van versterkte vormdelen, aangietmateriaal, coatings, deklagen
GFK-laminaten UP-hars – glasvezel-doek 55% – glas-rovingsweefsel 65% Alpolit, Leguval, Sonoglas	1,65 1,8	– (2)	250 (50) 650	50	16000 35000	100		6	zeer hoge sterkte, goede chemische bestendigheid, ook voor buitentoepassingen, goede elektrische isolatie-eigenschappen, doorschijnend, laden zich elektrostatisch op; laminaten voor constructiedelen die uit grote vlakken bestaan, zoals machinehuizen, carrosserieën, reservoirs, ventilatoren, pijpleidingen, lichtstraten
PUR-integraalhardschuim RIM-methode Baypreg, Elastopor, Elastolit	0,40 0,60	(7) (7)	8 18 (8)	3	350 600	100			goede mechanische stijfheid bij laag gewicht; behuizingen voor kopieer- en rekenmachines, meubels, winkleinrichtingen, carrosserie-onderdelen, schoenzolen
c) Elastomeren (synthetische rubbers)									laten zich reversibel oprekken tot minstens twee maal hun oorspronkelijke lengte, lage elasticiteitsmodulus, flexibel
thermoplastische polyurethaan-elastomeren TPU Typ 385 Desmopan, Caprolan, Cytor	1,20	(400)	35 (6)		50	80	– 60		hoge scheurrek, gunstig wrijvings- en slijtgedrag, hoge resistentie, goed dempingsvermogen; lagers, dempingselementen, membranen, tandriemen, afdichtingen, hartkleppen, infusieslangen, slangenpompen, koppelingselementen
acrylonitril-butadien-rubber (nitrilrubber) NBR Perbunan N, Europrene N, Butacril	1,0	(450)	6		50	100	– 30		bestand tegen olie, vetten en brandstoffen, verouderingsbestendig, slijtvast, weinig koudeflexibel, geringe gaspermeabiliteit; standaard afdichtmateriaal, O-ringen, groefringmanchetten, oliekeerringen, benzineslangen, membranen
ethyleen-propyleenrubber EPDM Buna AP, Vistalon, Keltan	0,86	(500)	4		200	120	– 50		goede weers-, ozon- en chemicaliënbestendigheid (behalve olie en brandstof), warmwaterbestendig (zeepsop), goed elektrisch isolerend; energie-absorberende uitwendige auto-onderdelen (spoilers, bumpers), afdichtingen, koelwaterslangen, kabelommantelingen
siliconenrubber MVQ Silopren, Silastic, Elastosil	1,25	(250)	1		200	180	– 80		moeilijk vochtig te maken, uitstekend bestand tegen warmte, koude, licht en ozon, zeer goed elektrisch isolerend, niet bestand tegen brandstof en waterdamp, fysiologisch zonder bezwaren; statische en dynamische afdichtingen, duurzaam elastische voegafdichtingen, gietmateriaal, transportbanden (niet klevende, resp. warme goederen), slangen

<sup>1)</sup> Rek bij de treksterkte. Waarden tussen haakjes () gelden voor de breukrek.

<sup>2)</sup> Maximale spanning (treksterkte) die een proefstuk tijdens een trekproef verdraagt. Waarden tussen haakjes () gelden voor de buigwielsterkte.

<sup>3)</sup> Zie voetnoot 3) bij tabel 1-1.

De relatieve materiaalkosten gelden voor gemiddelde afmetingen van kunststof halfabrikaten. De waarden tussen haakjes () omvatten slechts de zuivere materiaalkosten (granulaat).

**Tabel 1-5** Warmgewalste stalen platstaven voor algemene toepassing volgens NEN EN 10058

**Aanduiding** van een warmgewalste platte staaf van S235JR met breedte  $b = 60$  mm, dikte  $t = 12$  mm, en vaste lengte (F)  $L = 5000$  mm:  
 platstaaf EN 10 058 – 60 × 12 × 5000 F  
 staal EN 10025-S235JR

dikte  $t$ : 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60 80

breedte  $b$  en gebied van de bijbehorende diktes  $t$ :

**10** × 5; **12** × 5 6; **15** × 5 6 8 10; **16** × 5 6 8 10; **20** × 5 6 8 10 12 15; **25** × 5 6 8 10 12 15; **30** × 5 6 8 10 12 15 20;  
**35** × 5 6 8 10 12 15 20; **40** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30; **45** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30; **50** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30;  
**60** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40; **70** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40; **80** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60;  
**90** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60; **100** × 5 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60; **120** × 6 8 10 12 15 20 25 30  
 35 40 50 60; **150** × 6 8 10 12 15 20 25 30 35 40 50 60 80

**Lengtesoort:** fabriekslengte (M) 3000 tot 13000 mm; vaste lengte (F) 3000 tot 13000 mm ± 100 mm; exacte lengte (E) < 6000 mm ± 25 mm, ≥ 6000 mm tot 13000 mm ± 50 mm.

**Tabel 1-6** Rondstaven

soort (gebruikelijke uitvoering)	toelaatbare afwijking in mm	nominale diameter $d$ in mm
warmgewalste stalen rondstaven volgens NEN EN 10060	$\pm 0,4 : d = 10 \dots 15$ $\pm 0,5 : d = 16 \dots 25$ $\pm 0,6 : d = 26 \dots 35$ $\pm 0,8 : d = 36 \dots 50$ $\pm 1,0 : d = 52 \dots 80$ $\pm 1,3 : d = 85 \dots 100$ $\pm 1,5 : d = 105 \dots 120$ $\pm 2,0 : d = 125 \dots 160$ $\pm 2,5 : d = 165 \dots 200$ $\pm 3,0 : d = 220$ $\pm 4,0 : d = 250$	10 12 13 14 15 16 18 19 20 22 24 25 26 27 28 30 32 35 36 38 40 42 45 48 50 52 55 60 63 65 70 73 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 190 200 220 250
blanke rondstaven volgens NEN EN 10 278 <sup>1)</sup> eindtoestand: a) getrokken (+C) b) geschild (+SH) c) geslepen (+SL) d) gepolijst (+PL) surface quality classes 1-4 (NEN EN ISO 9443)	getrokken/geschild: h9 h10 h11 h12 geslepen/gepolijst: h6 h7 h8 h9 h10 h11 h12	niet vastgelegd

<sup>1)</sup> Vervanging voor DIN 668, DIN 670 en DIN 671: blank rondstaal, DIN 669: blanke stalen assen, DIN 59360 resp. DIN 59361: geslepen-gepolijst blank rondstaal.

Lengtesoort voor warmgewalste rondstaven: fabriekslengte (M) 3000 tot 13000 mm; vaste lengte (F) 3000 tot 13000 mm ± 100 mm; exacte lengte (E) < 6000 mm ± 25 mm, ≥ 6000 t/m 13000 mm ± 50 mm.

Lengtesoort voor blanke rondstaven: fabriekslengte 3000 tot 9000 mm ± 500 mm; voorraadlengte 3000 of 6000 mm + 200 mm; exacte lengte t/m 9000 mm ± 5 mm (kleinste maat).

**Aanduidingsvoorbeeld:** blanke rondstaaf volgens NEN EN 10278, diameter 40 mm, exacte lengte 2500 ± 10 mm, tolerantieveld h10, materiaalnorm NEN EN 10084, afkorting 16MnCr5, eindtoestand getrokken (+C), oppervlaktekwaliteitsklasse 3:

rond EN 10278 – 40h10 × 2500 ± 10;  
 EN 10084-16MnCr5 + C – klasse 3.

**Tabel 1-7** Platte producten van staal (selectie)

Platen en banden – mechanische eigenschappen en leveringsvoorwaarden

staalsoort afkorting	materiaal- nummer	A % min.	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>	$R_c$ $R_{p0.2}$ N/mm <sup>2</sup>	Leverbare oppervlaktegesteldheid en -vormgeving	grensmaatafwijkingen van de dikte
<b>Koudgewalste platte producten van zachte staalsoorten voor het koud vervormen volgens NEN EN 10130<sup>1)</sup></b>						
DC01	1.0330	28	270 ... 410	140 280	<b>oppervlaktegesteldheid A:</b> poriën, groeven en noppen toelaatbaar, zolang geschiktheid voor het vervormen en voor oppervlakteklagen niet nadelig wordt beïnvloed <b>oppervlaktegesteldheid B:</b> de beste plaatkant moet geschikt zijn voor kwaliteitslakken, de andere kant in ieder geval overeenkomen met oppervlaktegesteldheid A <b>oppervlakte-uitvoeringen</b> b: bijzonder glad ( $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$ ) g: glad ( $Ra \leq 0,9 \mu\text{m}$ ) m: mat ( $Ra = 0,6 \dots 1,9 \mu\text{m}$ ) r: ruw ( $Ra \geq 1,6 \mu\text{m}$ )	conform NEN EN 10131 afhankelijk van nominale dikte en nominale breedte ( $\pm 0,4 \dots \pm 0,17$ )
DC03	1.0347	34	270 ... 370	140 240		
DC04	1.0338	38	270 ... 350	140 210		
DC05	1.0312	40	270 ... 330	140 180		
DC06	1.0873	38	270 ... 350	120 170		
DC07	1.0898	44	250 ... 310	100 150		
<b>Warmgewalste platte producten van staalsoorten met hogere rekgrens in veredelde toestand volgens NEN EN 10025-6<sup>2)</sup></b>						
			( $3 \leq t \leq 50$ )	( $3 \leq t \leq 50$ )	voor de toelaatbare oppervlakte-onvolkomenheden en het bijwerken van oppervlaktefouten door slijpen of lassen geldt klasse A of B volgens EN 10163-1 en -2	zie EN 10029 klasse A
S460Q	1.8908	17	550 ... 720	460		
S500Q	1.8924	17	590 ... 770	500		
S550Q	1.8904	16	640 ... 820	550		
S620Q	1.8914	15	700 ... 890	620		
S690Q	1.8931	14	770 ... 940	690		
S890Q	1.8940	11	940 ... 1100	890		
S960Q	1.8941	10	980 ... 1150	960		

Leveringsvorm, aanwijzingen:

<sup>1)</sup> dikte: 0,35 ... 3,0 mm; plaatstaal, breedband, gesneden band of staven; levering vindt plaats in koud nagewalste toestand, geolied; **De kleinere  $R_c$ -waarde geldt voor constructiedoeleinden**; vrij van vloeifiguren: DC01: 3 maanden; DC03, DC04, DC05: 6 maanden; DC06 en DC07: onbegrensd; De mechanische eigenschappen zijn niet gegarandeerd bij DC01, en bij DC03 tot DC07 voor een termijn van zes maanden.

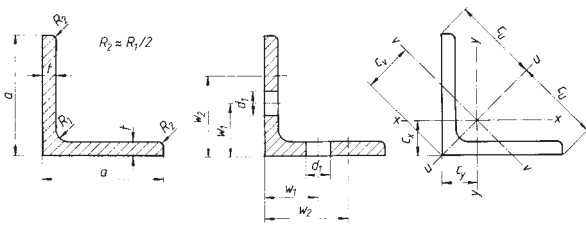
<sup>2)</sup> toepassing in nominale diktes van 3mm tot 150mm bij de soorten S460, S500, S550, S620 en S690, maximaal 100mm bij S890 en 50mm bij S960. In principe geschikt om te lassen.

Warmgewalst plaatstaal vanaf 3mm dikte en continu warmgewalste band, zie NEN EN 10029 en NEN EN 10051.

**Aanduidingsvoorbeeld**

Aanduiding van breedband van de staalsoort DC06 volgens EN 10130, oppervlaktegesteldheid B, oppervlakte-uitvoering mat (m):

plaatstaal EN 10130 – DC06 – B – m

**Tabel 1-8** Warmgewalst gelijkzijdig hoekprofiel van staal volgens EN 10056-1


**Aanduiding** van een warmgewalst gelijkzijdig hoekprofiel met beenlengte  $a = 80$  mm en beendikte  $t = 10$  mm:  
L EN 10056-1-80 × 80 × 10

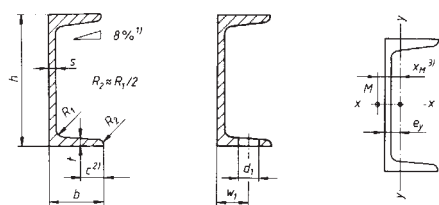
aanduiding	afmetingen			massa per meter $m'$ kg/m	doorsnede $A$ cm <sup>2</sup>	afstanden van de aslijnen			statische waarden voor de neutrale as							gaten en krasmaten volgens DIN 997			
	$a$ mm	$t$ mm	$R_1$ mm			$c_x = c_y$ cm	$c_u$ cm	$c_v$ cm	$I_x = I_y$ cm <sup>4</sup>	$I_k = I_y$ cm	$W_x = W_y$ cm <sup>3</sup>	$u - u$ cm <sup>4</sup>	$i_u$ cm	$I_v$ cm <sup>4</sup>	$i_v$ cm	$W_v$ cm <sup>3</sup>	$d_1$ max <sup>1)</sup> mm	$w_1$ mm	$w_2$ mm
20 × 20 × 3	20	3	3,5	0,882	1,12	0,598	1,41	0,846	0,392	0,59	0,279	0,618	0,742	0,165	0,383	0,195	4,3	12	
25 × 25 × 3	25	3	3,5	1,12	1,42	0,723	1,77	1,02	0,803	0,751	0,452	1,27	0,945	0,334	0,484	0,326	6,4	15	
25 × 25 × 4	25	4	3,5	1,45	1,85	0,762	1,77	1,08	1,02	0,741	0,586	1,61	0,931	0,430	0,482	0,399	6,4	15	
30 × 30 × 3	30	3	5	1,36	1,74	0,835	2,12	1,18	1,40	0,899	0,649	2,22	1,13	0,585	0,581	0,496	8,4	17	
30 × 30 × 4	30	4	5	1,78	2,27	0,878	2,12	1,24	1,80	0,892	0,850	2,85	1,12	0,754	0,577	0,607	8,4	17	
35 × 35 × 4	35	4	5	2,09	2,67	1,00	2,47	1,42	2,95	1,05	1,18	4,86	1,32	1,23	0,678	0,865	11	18	
40 × 40 × 4	40	4	6	2,42	3,08	1,12	2,83	1,58	4,47	1,21	1,55	7,09	1,52	1,86	0,777	1,17	11	22	
40 × 40 × 5	40	5	6	2,97	3,79	1,16	2,83	1,64	5,43	1,20	1,91	8,60	1,51	2,26	0,773	1,38	11	22	
45 × 45 × 4,5	45	4,5	7	3,06	3,90	1,25	3,18	1,78	7,14	1,35	2,20	11,4	1,71	2,94	0,870	1,65	13	25	
50 × 50 × 4	50	4	7	3,06	3,89	1,36	3,54	1,92	8,97	1,52	2,46	14,2	1,91	3,73	0,979	1,94	13	30	
50 × 50 × 5	50	5	7	3,77	4,80	1,40	3,54	1,99	11,0	1,51	3,05	17,4	1,90	4,55	0,973	2,29	13	30	
50 × 50 × 6	50	6	7	4,47	5,69	1,45	3,54	2,04	12,8	1,50	3,61	20,3	1,89	5,34	0,968	2,61	13	30	
60 × 60 × 5	60	5	8	4,57	5,82	1,64	4,24	2,32	19,4	1,82	4,45	30,7	2,30	8,03	1,17	3,46	17	35	
60 × 60 × 6	60	6	8	5,42	6,91	1,69	4,24	2,39	22,8	1,82	5,29	36,1	2,29	9,44	1,17	3,96	17	35	
60 × 60 × 8	60	8	8	7,09	9,03	1,77	4,24	2,50	29,2	1,80	6,89	46,1	2,26	12,2	1,16	4,86	17	35	
65 × 65 × 7	65	7	9	6,83	8,70	1,85	4,60	2,62	33,4	1,96	7,18	53,0	2,47	13,8	1,26	5,27	21	35	
70 × 70 × 6	70	6	9	6,38	8,13	1,93	4,95	2,73	36,9	2,13	7,27	58,5	2,68	15,3	1,37	5,60	21	40	
70 × 70 × 7	70	7	9	7,38	9,40	1,97	4,95	2,79	42,3	2,12	8,41	67,1	2,67	17,5	1,36	6,28	21	40	
75 × 75 × 6	75	6	9	6,85	8,73	2,05	5,30	2,90	45,8	2,29	8,41	72,7	2,89	18,9	1,47	6,53	23	40	
75 × 75 × 8	75	8	9	8,99	11,4	2,14	5,30	3,02	59,1	2,27	11,0	93,8	2,86	24,5	1,46	8,09	23	40	
80 × 80 × 8	80	8	10	9,63	12,3	2,26	5,66	3,19	72,2	2,43	12,6	115	3,06	29,9	1,56	9,37	23	45	
80 × 80 × 10	80	10	10	11,9	15,1	2,34	5,66	3,30	87,5	2,41	15,4	139	3,03	36,4	1,55	11,0	23	45	
90 × 90 × 7	90	7	11	9,61	12,2	2,45	6,36	3,47	92,6	2,75	14,1	147	3,46	38,3	1,77	11,0	25	50	
90 × 90 × 8	90	8	11	10,9	13,9	2,50	6,36	3,53	104	2,74	16,1	166	3,45	43,1	1,76	12,2	25	50	
90 × 90 × 9	90	9	11	12,2	15,5	2,54	6,36	3,59	116	2,73	17,9	184	3,44	47,9	1,76	13,3	25	50	
90 × 90 × 10	90	10	11	13,4	17,1	2,58	6,36	3,65	127	2,72	19,8	201	3,42	52,6	1,75	14,4	25	50	
100 × 100 × 8	100	8	12	12,2	15,5	2,74	7,07	3,87	145	3,06	19,9	230	3,85	59,9	1,96	15,5	25	55	
100 × 100 × 10	100	10	12	15,0	19,2	2,82	7,07	3,99	177	3,04	24,6	280	3,83	73,0	1,95	18,3	25	55	
100 × 100 × 12	100	12	12	17,8	22,7	2,90	7,07	4,11	207	3,02	29,1	328	3,80	85,7	1,94	20,9	25	55	
120 × 120 × 10	120	10	13	18,2	23,2	3,31	8,49	4,69	313	3,67	36,0	497	4,63	129	2,36	27,5	25	50	80
120 × 120 × 12	120	12	13	21,6	27,5	3,40	8,49	4,80	368	3,65	42,7	584	4,60	152	2,35	31,6	25	50	80
130 × 130 × 12	130	12	14	23,6	30,0	3,64	9,19	5,15	472	3,97	50,4	750	5,00	194	2,54	37,7	25	50	90
150 × 150 × 10	150	10	16	23,0	29,3	4,03	10,6	5,71	624	4,62	56,9	990	5,82	258	2,97	45,1	28	60	105
150 × 150 × 12	150	12	16	27,3	34,8	4,12	10,6	5,83	737	4,60	67,7	1170	5,80	303	2,95	52,0	28	60	105
150 × 150 × 15	150	15	16	33,8	43,0	4,25	10,6	6,01	898	4,57	83,5	1430	5,76	370	2,93	61,6	28	60	105
160 × 160 × 15	160	15	17	36,2	46,1	4,49	11,3	6,35	1100	4,88	95,6	1750	6,15	453	3,14	71,3	28	60	115
180 × 180 × 16	180	16	18	43,5	55,4	5,02	12,7	7,11	1680	5,51	130	2690	6,96	679	3,50	95,5	28	60	135
180 × 180 × 18	180	18	18	48,6	61,9	5,10	12,7	7,22	1870	5,49	145	2960	6,92	768	3,52	106	28	60	135
200 × 200 × 16	200	16	18	48,5	61,8	5,52	14,1	7,81	2340	6,16	162	3720	7,76	960	3,94	123	28	65	150
200 × 200 × 18	200	18	18	54,3	69,1	5,60	14,1	7,92	2600	6,13	181	4150	7,75	1050	3,90	133	28	65	150
200 × 200 × 20	200	20	18	59,9	76,3	5,68	14,1	8,04	2850	6,11	199	4530	7,70	1170	3,92	146	28	65	150
200 × 200 × 24	200	24	18	71,1	90,6	5,84	14,1	8,26	3330	6,06	235	5280	7,64	1380	3,90	167	28	70	150
250 × 250 × 28	250	28	18	104	133	7,24	17,7	10,2	7700	7,62	433	12200	9,61	3170	4,89	309	28	75	200
250 × 250 × 35	250	35	18	128	163	7,50	17,7	10,6	9260	7,54	529	14700	9,48	3860	4,87	364	28	80	200

<sup>1)</sup> Dezelfde krasmaten kunnen gebruikt worden bij klinknagels en schroeven met kleinere gatdiameters dan de hier aangegeven maximale waarden.





**Tabel 1-10** Warmgewalst U-profielstaal met hellende flensvlakken volgens DIN 1026-1



**Aanduiding** van een warmgewalst U-staal met hoogte  $h = 200$  mm van S235JR (materiaalnummer 1.0038):

U-profiel DIN 1026–U200–S235JR  
of U-profiel DIN 1026–U200–1.0038

**Bestelvoorbeeld:** 10 t warmgewalst U-staal met bovengenoemde norm-aanduiding, in vaste lengtes van 5500 mm:

10 t U-profiel DIN 1026–U200 × 5500–S235JR

**Handelslengtes:** 3 tot 15 m

symbool U	maten voor				door- sneede $A$ cm <sup>2</sup>	massa per meter $m'$ kg/m	voor de buigingsas						afstand van de as		flensgaten vol- gens DIN 997	
	$h$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$t = R_1$ mm			$x - x$			$y - y$			$y - y$		$d_1^{4)5)6)}$ max mm	$w_1$ mm
							$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$e_y$ cm	$x_M^{3)}$ cm		
30 × 15	30	15	4	4,5	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	0,52	0,74	4,3	10
30	30	33	5	7	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22	8,4	20
40 × 20	40	20	5	5,5	3,66	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	0,67	1,01	6,4	11
40	40	35	5	7	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32	8,4	20
50 × 25	50	25	5	6	4,92	3,86	16,8	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34	8,4	16
50	50	38	5	7	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47	11	20
60	60	30	6	6	6,46	5,07	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50	8,4	18
65	65	42	5,5	7,5	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,60	11	25
80	80	45	6	8	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67	13	25
100	100	50	6	8,5	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93	13	30
120	120	55	7	9	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03	17	30
140	140	60	7	10	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37	17	35
160	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56	21	35
180	180	70	8	11	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75	21	40
200	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	3,94	23	40
220	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20	23	45
240	240	85	9,5	13	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	29,6	2,42	2,23	4,39	25	45
260	260	90	10	14	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66	25	50
280	280	95	10	15	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02	25	50
300	300	100	10	16	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41	28	55
320	320	100	14	17,5	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	4,82	28	58
350	350	100	14	16	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45	28	58
380	380	102	13,5	16	80,4	63,1	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58	28	60
400	400	110	14	18	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	5,11	28	60

1)  $h > 300$  mm: 5 %.

2)  $h \leq 300$  mm:  $c = 0,5b$ ,  $h > 300$  mm:  $c = 0,5(b - s)$ .

3)  $x_M$  = afstand van het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  van de  $y$ - $y$ -as.

4) Voor hoogvaste schroeven (NEN EN 14399) geldt bij U120, U160, U200 en U240 de eerstvolgende kleinere gatdiameter.

5) In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters  $d_0$ : 4,2 6,3 10,5

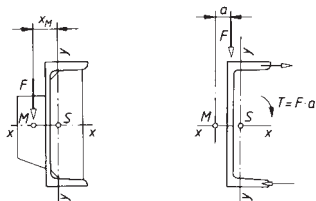
6) Voor klinknagels en schroeven met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten toegepast worden..

*Let op:* bij de loodrechte belasting van een UNP-balk (asymmetrisch profiel) geldt de spanningsvergelijking  $\sigma = M/W$  alleen wanneer

a) de werklijn van de belasting  $F$  door het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  gaat,

b) twee U-profielen  $\sqsubset$   $\sqsupset$  of  $\sqcap$   $\sqcup$  met dwarsverbinding tot een symmetrisch draagprofiel samengesteld worden.

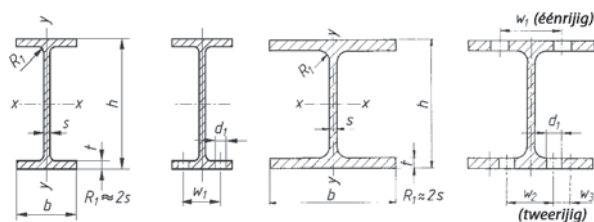
Gaat bij een afzonderlijk U-profiel de belasting niet door  $M$ , dan buigen de flenzen zijdelings uit (zie figuur) en treden extra buig- en torsiespanningen op.



juist krachtaan-  
grijpingspunt: in  $M$

ongunstige  
krachtaangrijping

UNP-profielen moeten in het schuifspanningsmiddelpunt  $M$  en, als dat niet mogelijk is, in het lijfvlak worden belast.

**Tabel 1-11** Warmgewalste I-balken volgens DIN 1025 (zie ook NEN EN 10 034) (selectie)


middelbrede I-balken met  
evenwijdige flensvlakken  
(IPE-reeks) volgens  
DIN 1025-5

brede I-balken met evenwijdige  
flensvlakken (IPB-reeks)  
DIN 1025-2

**Aanduiding** van een warmgewalste I-balk van S235JR-staal (materiaalnummer 1.0038) volgens NEN EN 10025 met symbool IPE300:

I-profiel DIN 1025 – S235JR – IPE300  
of I-profiel DIN 1025 – 1.0038 – IPE300

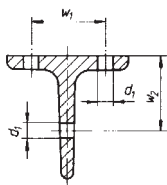
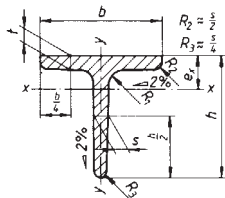
symbool	maten voor				doorsnede $A$ cm <sup>2</sup>	massa per meter $m'$ kg/m	voor de buigingsas						flensgaten volgens DIN 997			
	$h$ mm	$b$ mm	$s$ mm	$t$ mm			$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$d_1$ <sup>1)2)3)</sup> mm	$w_1$ mm	$w_2$ mm	$w_3$ mm
<b>IPE</b>	middelbrede I-balken (IPE-reeks) volgens DIN 1025-5															
80	80	46	3,8	5,2	7,64	6,0	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	6,4	26		
100	100	55	4,1	5,7	10,3	8,1	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	8,4	30		
120	120	64	4,4	6,3	13,2	10,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	8,4	36		
140	140	73	4,7	6,9	16,4	12,9	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	11	40		
160	160	82	5,0	7,4	20,1	15,8	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	13	44		
180	180	91	5,3	8,0	23,9	18,8	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	13	50		
200	200	100	5,6	8,5	28,5	22,4	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	13	56		
220	220	110	5,9	9,2	33,4	26,2	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	17	60		
240	240	120	6,2	9,8	39,1	30,7	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	17	68		
270	270	135	6,6	10,2	45,9	36,1	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	21 (17)	72		
300	300	150	7,1	10,7	53,8	42,2	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	23	80		
330	330	160	7,5	11,5	62,6	49,1	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	25 (23)	86		
360	360	170	8,0	12,7	72,7	57,1	16270	904	15,0	1040	123	3,79	25	90		
400	400	180	8,6	13,5	84,5	66,3	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	28 (25)	96		
450	450	190	9,4	14,6	98,8	77,6	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	28	106		
500	500	200	10,2	16,0	116	90,7	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	28	110		
550	550	210	11,1	17,2	134	106	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	28	120		
600	600	220	12,0	19,0	156	122	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	28	120		
<b>IPB</b>	brede I-balken (IPB-reeks) volgens DIN 1025-2															
100	100	100	6	10	26,0	20,4	450	89,9	4,16	167	33,5	2,53	13	56	–	
120	120	120	6,5	11	34,0	26,7	864	144	5,04	318	52,9	3,06	17	66	–	
140	140	140	7	12	43,0	33,7	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	21	76	–	
160	160	160	8	13	54,3	42,6	2490	311	6,78	889	111	4,05	23	86	–	
180	180	180	8,5	14	65,3	51,2	3830	426	7,66	1360	151	4,57	25	100	–	
200	200	200	9	15	78,1	61,3	5700	570	8,54	2000	200	5,07	25	110	–	
220	220	220	9,5	16	91,0	71,5	8090	736	9,43	2840	258	5,59	25	120	–	
240	240	240	10	17	106	83,2	11260	938	10,3	3920	327	6,08	25	96	35	
260	260	260	10	17,5	118	93,0	14920	1150	11,2	5130	395	6,58	25	106	40	
280	280	280	10,5	18	131	103	19270	1380	12,1	6590	471	7,09	25	110	45	
300	300	300	11	19	149	117	25170	1680	13,0	8560	571	7,58	28	120	45	
320	320	300	11,5	20,5	161	127	30820	1930	13,8	9240	616	7,57	28	120	45	
340	340	300	12	21,5	171	134	36660	2160	14,6	9690	646	7,53	28	120	45	
360	360	300	12,5	22,5	181	142	43190	2400	15,5	10140	676	7,49	28	120	45	
400	400	300	13,5	24	198	155	57680	2880	17,1	10820	721	7,40	28	120	45	
450	450	300	14	26	218	171	79890	3550	19,1	11720	781	7,33	28	120	45	
500	500	300	14,5	28	239	187	107200	4290	21,2	12620	842	7,27	28	120	45	
550	550	300	15	29	254	199	136700	4970	23,2	13080	872	7,17	28	120	45	
600	600	300	15,5	30	270	212	171000	5700	25,2	13530	902	7,08	28	120	45	

<sup>1)</sup> Waarden tussen ( ) gelden voor hoogwaardige schroeven NEN EN 14399.

<sup>2)</sup> In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters  $d_1$ : 6,3 10,5.

<sup>3)</sup> Voor klinknagels en schroeven met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten worden toegepast.

**Tabel 1-12** Warmgewalst gelijkbenig T-staal met afgeronde kanten en overgangen volgens NEN EN 10055



**Aanduiding** van een T-profiel met hoogte 80 mm van S235JR volgens NEN EN 10025:

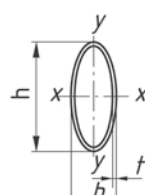
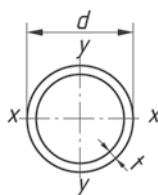
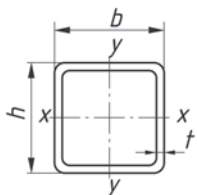
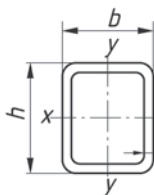
T-profiel EN 10055–T80  
staal EN 10025–S235JR

symbool T	maten voor		doorsnede A cm <sup>2</sup>	massa per meter m' kg/m	e <sub>x</sub> cm	voor de buigingsas						krasmaten volgens DIN 997		
	b = h	s = t = R <sub>1</sub>				x - x			y - y			d <sub>1</sub> <sup>1)2)</sup> max. mm	w <sub>1</sub> mm	w <sub>2</sub> mm
	mm	mm				I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm			
30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62	4,3	17	17
35	35	4,5	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73	4,3	19	19
40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	6,4	21	22
50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,60	2,42	1,03	6,4	30	30
60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24	8,4	34	35
70	70	8	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44	11	38	40
80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65	11	45	45
100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05	13	60	60
120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	3,51	178	29,7	2,45	17	70	70
140	140	15	39,9	31,3	3,80	660	64,7	4,07	330	47,2	2,88	21	80	75

- 1) In afwijking hiervan gelden volgens DIN 101 voor klinkverbindingen de volgende gatdiameters d<sub>0</sub>: 4,2 6,3 10,5.
- 2) Voor klinknagels en schroeven met kleinere dan de hier aangegeven maximale diameters kunnen dezelfde krasmaten toegepast worden.

**Tabel 1-13** Holle profielen, buizen

a) Warmgevoormde holle profielen voor de staalbouw van ongelegeerd en fijnkorrelig constructiestaal volgens NEN EN 10210-2 (standaard maten)



rechthoekige holle profielen    vierkante holle profielen    ronde holle profielen    elliptische holle profielen<sup>1)</sup>

nominale maat		wanddikte <sup>2)</sup>	doorsnede A cm <sup>2</sup>	massa per meter m' kg/m	oppervlakte-tragheidsmoment		weerstandsmoment		traagheidsstraal		torsie <sup>3)</sup>	
h mm	b mm	t mm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>
<b>holle profielen met rechthoekige doorsnede (selectie)</b>												
50	30	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,82	3,00	12,2	5,38	4,87	3,58	1,79	1,19	12,1	5,90
60	40	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3)	4,86	3,81	23,6	12,4	7,86	6,22	2,20	1,60	25,9	10,04
80	40	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	7,16	5,62	57,2	18,9	14,3	9,5	2,83	1,63	46,2	16,08
90	50	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	8,44	6,63	89,1	35,3	19,8	14,1	3,25	2,04	80,9	23,58
100	50	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,08	7,13	116	38,8	23,2	15,5	3,57	2,07	93,4	26,38
100	60	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,72	7,63	131	58,8	26,2	19,6	3,67	2,46	129	32,36
120	60	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	13,6	10,7	249	83,1	41,5	27,7	4,28	2,47	201	47,10
120	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	15,2	11,9	303	161	50,4	40,2	4,46	3,25	330	64,98
140	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	16,8	13,2	441	184	62,9	46,0	5,12	3,31	411	77
150	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	19,2	15,1	607	324	81,0	64,8	5,63	4,11	660	105
160	80	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	18,4	14,4	612	207	76,5	51,7	5,77	3,35	493	88
180	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	21,6	16,9	945	379	105	75,9	6,61	4,19	852	127
200	100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5 16,0)	23,2	18,2	1223	416	122	83	7,26	4,24	983	142
200	120	6,3 (8,0 10,0 12,5)	38,3	30,1	2065	929	207	155	7,34	4,92	2028	255
250	150	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	48,4	38,0	4143	1874	331	250	9,25	6,22	4054	413

Tabel 1-13 Vervolg

nominale maat mm	wanddikte <sup>2)</sup>	doorsnede	massa per meter	oppervlakte- traagheids- moment	weerstandsmoment	traagheids- straal	torsie <sup>3)</sup>	
	t mm	A cm <sup>2</sup>	m' kg/m	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>
<b>b</b>	<b>holle profielen met vierkante doorsnede (selectie)</b>							
40	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,82	3,00	8,8	4,4	1,52	14,0	6,41
50	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3)	4,86	3,81	18,0	7,21	1,93	28,4	10,6
60	2,6 (3,2 4,0 5,0 6,3 8,0)	5,90	4,63	32,2	10,7	2,34	50,2	15,7
70	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	8,4	6,63	62,3	17,8	2,72	97,6	26,1
80	3,2 (4,0 5,0 6,3 8,0)	9,72	7,63	95	23,7	3,13	148	34,9
90	4,0 (5,0 6,3 8,0)	13,6	10,7	166	37,0	3,50	260	54,2
100	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0)	15,2	11,9	232	46,4	3,91	361	68,2
120	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	22,7	17,8	498	83,0	4,68	777	122
140	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	26,7	21,0	807	115	5,50	1 253	170
150	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	28,7	22,6	1 002	134	5,90	1 550	197
160	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	30,7	24,1	1 225	153	6,31	1 892	226
180	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	34,7	27,3	1 765	196	7,13	2 718	290
200	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	38,7	30,4	2 445	245	7,95	3 756	362
220	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	53,4	41,9	4 049	368	8,71	6 240	544
250	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	61,0	47,9	6 014	481	9,93	9 238	712
260	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	63,5	49,9	6 788	522	10,3	10 420	773
300	6,3 (8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	74,0	57,8	10 550	703	12,0	16 140	1043
350	8,0 (10,0 12,5 14,2 16,0)	109	85,4	21 130	1207	13,9	32 380	1789
400	10,0 (12,5 14,2 16,0 20,0)	155	122	39 130	1956	15,9	60 090	2895
<b>d</b>	<b>holle profielen met cirkelvormige doorsnede (selectie)</b>							
21,3	2,3 (2,6 3,2)	1,37	1,08	0,629	0,590	0,677	1,26	1,18
26,9	2,3 (2,6 3,2)	1,78	1,40	1,36	1,01	0,874	2,71	2,02
33,7	2,6 (3,2 4,0)	2,54	1,99	3,09	1,84	1,10	6,19	3,67
42,4	2,6 (3,2 4,0)	3,25	2,55	6,46	3,05	1,41	12,9	6,10
48,3	2,6 (3,2 4,0 5,0)	3,73	2,93	9,78	4,05	1,62	19,6	8,10
60,3	2,6 (3,2 4,0 5,0)	4,71	3,70	19,7	6,52	2,04	39,3	13,0
76,1	2,6 (3,2 4,0 5,0)	6,00	4,71	40,6	10,7	2,60	81,2	21,3
88,9	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3)	8,62	6,76	79,2	17,8	3,03	158	35,6
101,6	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3 8,0 10,0)	9,89	7,77	120	23,6	3,48	240	47,2
114,3	3,2 (4,0 5,0 6,0 6,3 8,0 10,0)	11,2	8,77	172	30,2	3,93	345	60,4
139,7	4,0 (5,0 6,0 6,3 8,0 10,0 12,0 12,5)	17,1	13,4	393	56,2	4,80	786	112
168,3	4,0 (5,0 6,3 8,0 10,0 12,5)	20,6	16,2	697	82,8	5,81	1 394	166
177,8	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5)	27,1	21,3	1 014	114	6,11	2 028	228
193,7	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0)	29,6	23,3	1 320	136	6,67	2 640	273
219,1	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0)	33,6	26,4	1 928	176	7,57	3 856	352
244,5	5,0 (6,3 8,0 10,0 12,5 14,2 16,0 20,0 25,0)	37,6	29,5	2 699	221	8,47	5 397	441

<sup>1)</sup> Voor maten (120 × 60 tot 500 × 250) en statische waarden, zie het normblad

<sup>2)</sup> Statische waarden voor de kleinste wanddikte. Overige wanddiktes tussen ( ).

<sup>3)</sup> I<sub>t</sub> = torsietraagheidsmoment (torsietraagheidsconstante, polair traagheidsmoment bij buizen)  
W<sub>t</sub> = torsieweerstandsmoment (constante van de torsiemodulus)

**Tabel 1-13** Vervolg**Lengtesoort**

Handelslengte: 4000 tot 16000 mm met een lengteverschil van ten hoogste 2000 mm per orderregel. 10% van de geleverde profielen mag liggen onder de minimale lengte die voor de bestelde producten geldt maar tegelijkertijd niet korter zijn dan 75% ervan.

Vaste lengte: 4000 tot 16000 mm, grensmaatafwijking  $\pm 500$  mm

De overige lengtes bedragen 6 tot 12 m

Exacte lengte:  $2000 \text{ mm} \leq L \leq 6000 \text{ mm}$ , grensmaatafwijking  $+ 10/0$  mm

$L \geq 6000$  mm, grensmaatafwijkingen  $+ 15/0$  mm

**Materiaal**

Ongeleerd constructiestaal: S235JRH, S275JOH, S275J2H, S355JOH, S355J2H.

Fijnkorrelig constructiestaal: S275NLH, S275NLH, S355NLH, S460NH, S460NLH.

**Bestelvoorbeeld**

400 m warmgevormde rechthoekige holle profielen in de afmeting 140 mm  $\times$  80 mm en een wanddikte van 6,3 mm volgens NEN EN 10210, vervaardigd van de staalsoort S355JOH (JO: minimale waarde van de kerfslagarbeid 27J bij 0 °C, H: hol profiel), geleverd in handelslengtes met een keuringscertificaat 3.1.B volgens EN 10204:

400 m profielen – HFRHF – 140  $\times$  80  $\times$  6,3 – EN 10210 – S355JOH – handelslengte – EN 10204 – 3.1.B

b) Naadloze en gelaste stalen buizen voor algemene toepassingen volgens NEN EN 10220.

Er zijn voorkeursmaten voor de buitendiameter en wanddikte vastgelegd, evenals waarden voor de massa per lengte-eenheid in kg/m (zie normblad). Materiaal, grensmaatafwijkingen, etc. zijn te vinden in de toepassingsnormen.

De indeling van de buizen vindt plaats in drie verschillende reeksen buitendiameters en geprefereerde wanddiktes. Aanbevolen wordt om voor buizen die bestemd zijn als onderdeel van pijpleidingsystemen, een buitendiameter van reeks 1 te kiezen.

**Reeks 1: buitendiameters waarvoor alle appendages genormaliseerd zijn.**

Buitendiameters en wanddiktes van ... tot (in mm):

**10,2:** 0,5 ... 2,6; **13,5:** 0,5 ... 3,6; **17,2:** 0,5 ... 4,5; **21,3:** 0,5 ... 5,4; **26,9:** 0,5 ... 8; **33,7:** 0,5 ... 8,8; **42,4:** 0,5 ... 10; **48,3:** 0,6 ... 12,5; **60,3:** 0,6 ... 16; **76,1:** 0,8 ... 20; **88,9:** 0,8 ... 25; **114,3:** 1,2 ... 32; **139,7:** 1,6 ... 40; **168,3:** 1,6 ... 50; **219,1:** 1,8 ... 70; **273:** 2,0 ... 80; **323,9/355,6/406,4:** 2,6 ... 100; **457/508/610:** 3,2 ... 100; **711:** 4 ... 100; **813/914/1016:** 4 ... 65; **1067/1118/1219:** 5 ... 65; **1422:** 5,6 ... 65; **1626:** 6,3 ... 65; **1829:** 7,1 ... 65; **2032:** 8 ... 65; **2235:** 8,8 ... 65; **2540:** 10 ... 65.

Geprefereerde wanddiktes (in mm):

0,5 0,6 0,8 1 1,2 1,4 1,6 1,8 2 2,3 2,6 2,9 3,2 3,6 4 4,5 5,0 5,4 5,6

6,3 7,1 8 8,8 10 11 12,5 14,2 16 17,5 20 22,2 25 28 30 32 36 40 45 50 55 60 65 (70) (80) (90) (100)

Reeks 2: buitendiameters waarvoor niet alle onderdelen genormaliseerd zijn (in mm):

12 12,7 16 19 20 25 31,8 32 38 40 51 57 63,5 70 101,6 127 133 762 1168 1321 1524 1727 1930 2134 2337 2438

Reeks 3: buitendiameters waarvoor nauwelijks appendages bestaan (in mm):

14 18 22 25,4 30 35 44,5 54 73 82,5 108 141,3 152,4 159 177,8 193,7 244,5 559 660 864

Toewijzing van wanddiktes bij reeks 2 en 3 overeenkomstig als bij reeks 1

**Tabel 1-13** Vervolg

c) Stalen precisiebuizen, naadloos koudgetrokken buizen volgens NEN EN 10305-1 (selectie)

Voorkeurswaarden voor diameter en wanddikte komen overeen met de grijze vlakken.

De buizen worden gekenmerkt door nauwkeurig gedefinieerde grensmaatafwijkingen en een vastgelegde oppervlakterutheid. ( $D \leq 260$  mm:  $Ra \leq 4 \mu\text{m}$ ,  $D > 260$  mm:  $Ra \leq 6 \mu\text{m}$ .)

Maten in mm

Nominale buitendiameter $D^1)$ met grensmaat-afwijkingen	wanddikte $T^3)$																							
	1	1,2	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3,0	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	12	14	16		
	grensmaatafwijkingen voor nominale binnendiameter $d^2)$																							
10	±0,15						±0,25																	
12	±0,15						±0,25																	
14	±0,15						±0,25																	
15	±0,08		±0,15						±0,25															
16	±0,08		±0,15						±0,25															
18	±0,08				±0,15						±0,25													
20	±0,08				±0,15						±0,25													
22	±0,08				±0,15						±0,25													
25	±0,08						±0,15						±0,25											
26	±0,08						±0,15						±0,25											
28	±0,08						±0,15																	
30	±0,08						±0,15						±0,25											
32	±0,15																		±0,25					
35	±0,15																							
38	±0,15																							
40	±0,15																							
42	±0,20																							
45	±0,20																							
48	±0,20																							
50	±0,20																							
55	±0,25																							
60	±0,25																							
65	±0,30																							
70	±0,30																							
75	±0,35																							
80	±0,35																							
85	±0,40																							
90	±0,40																							
95	±0,45																							
100	±0,45																							
110	±0,50																							
120	±0,50																							
130	±0,70																							
140	±0,70																							
150	±0,80																							
160	±0,80																							

1) Totale diameterbereik tussen 4 en 380 mm. Grensmaatafwijkingen van diameters gelden voor leveringstoestand +C of +LC.

2) De buizen zijn bepaald volgens buitendiameter ( $D$ ) en binnendiameter ( $d$ ),  $d = D - 2T$ .

3) Grensmaatafwijkingen wanddiktes: ±10 % of ±0,1 mm. De grotere waarde geldt.

Leveringstoestand

trekblank/hard: +C, trekblank/zacht: +LC, trekblank en spanningsarm gegloeid: +SR, gegloeid: +A, normaalgegloeid: +N.

Tabel 1-13 Vervolg

**Buislengte**

lengtesoort	lengte $L$ in mm	grensmaten in mm
handelslengte	$\geq 3000$	
vaste lengte		$\pm 500$
exacte lengte	$500 < L \leq 2000$	0/+3
	$2000 < L \leq 5000$	0/+5
	$5000 < L \leq 8000$	0/+10
	$L \leq 500$ of $L > 8000$	zoals overeengekomen

**Materiaal:**

E215, E235, E355. Andere mogelijke staalsoorten: E255, E410, 26Mn5, C35E, C45E, 26Mo2, 25CrMo4, 42CrMo4, 10S10, 15S10, 18S10 en 37S10.

**Bestelvoorbeeld:**

180 m buizen met een buitendiameter  $D = 80$  mm en een binnendiameter  $ID = 74$  mm volgens EN 10305-1, gemaakt van de staalsoort E235 in normaalgegleoide toestand, geleverd in handelslengte met optie 19 (keuringscertificaat 3.1.B volgens EN 10204):

180 m buizen – 80 × d 74 – EN 10305-1 – E235 + N – handelslengte – optie 19

d) Naadloze stalen buizen voor drukbelasting van ongelegeerde staalsoorten volgens NEN EN 10216-1. De buizen worden conform NEN EN 10220 gekozen voorkeurswaarden naar buitendiameter  $D$  en wanddikte  $T$  vastgesteld.

**Reeks 1: buitendiameters waarvoor alle appendages genormaliseerd zijn**

Buitendiameters en wanddiktes van ... tot (in mm):

**10,2:** 1,6 ... 2,6; **13,5:** 1,8 ... 3,6; **17,2:** 1,8 ... 4,5; **21,3:** 2 ... 5; **26,9:** 2 ... 8; **33,7:** 2,3 ... 8,8; **42,4:** 2,6 ... 10; **48,3:** 2,6 ... 12,5; **60,3:** 2,9 ... 16; **76,1:** 2,9 ... 20; **88,9:** 3,2 ... 25; **114,3:** 3,6 ... 32; **139,7:** 4 ... 40; **168,3:** 4,5 ... 50; **219,1:** 6,3 ... 70; **273:** 6,3 ... 80; **323,9:** 7,1 ... 100; **355,6:** 8 ... 100; **406,4:** 8,8 ... 100; **457:** 10 ... 100; **508:** 11 ... 100; **610:** 12,5 ... 100; **711:** 25 ... 100.

Geprefereerde wanddiktes (in mm): 1,6 1,8 2 2,3 2,6 2,9 3,2 3,6 4,0 4,5 5,0 5,6 6,3 7,1 8,0 8,8 10,0 11,0 12,5 14,2 16 17,5 20 22,2 25 28 30 32 36 40 45 50 55 60 65 70 80 90 100

Reeks 2 en 3: zie voor buitendiameters NEN EN 10220, tabel 1-13b

Leveringstoestand: De buizen moeten of normaalgegleoid of normaliserend omgevormd worden geleverd.

**Grensmatafwijkingen**

buitendiameter $D$ mm	grensmaat-afwijkingen voor $D$	grensmaatafwijkingen voor $T$ bij een $T/D$ -verhouding van			
		$\leq 0,025$	$>0,025$ t/m 0,050	$>0,050$ t/m 0,10	$>0,10$
$D \leq 219,1$	$\pm 1\%$ of $\pm 0,5$ mm,	$\pm 12,5\%$ of $\pm 0,4$ mm, telkens geldt de grotere waarde			
$D > 219,1$	telkens geldt de grotere waarde	$\pm 20\%$	$\pm 15\%$	$\pm 12,5\%$	$\pm 10\%$

**Materiaal:**

P195TR1, P235TR1, P265TR1 in kwaliteit TR1 zonder vastgesteld Al-aandeel, zonder gedefinieerde waarden van de kerfslag en zonder specifieke keuring.

P195TR2, P235TR2, P265TR2 in kwaliteit TR2 met vastgesteld Al-aandeel, met gedefinieerde waarden van de kerfslag en met specifieke keuring.

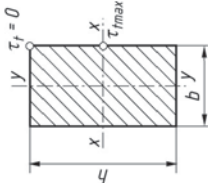
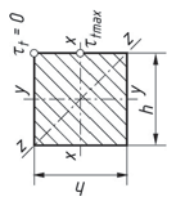
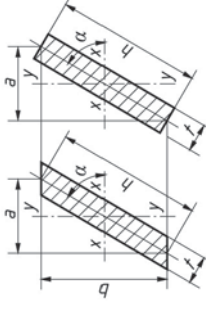
**Bestelvoorbeeld:**

40 t naadloos stalen buizen met een buitendiameter van 219,1 mm en een wanddikte van 8 mm volgens EN 10216-1, vervaardigd van de staalsoort P235TR2 in een exacte lengte van  $8000 + 15$  mm:

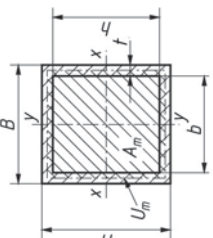
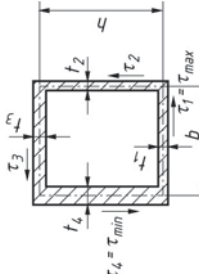
40 t buizen – 219,1 × 8 – EN 10216-1 – P235TR2 – optie 8: 8000 mm.



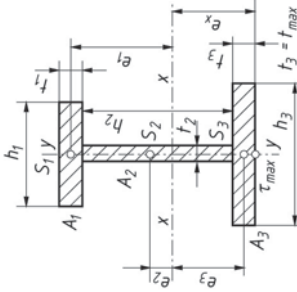
Tabel 1-14 Oppervlaktemomenten van 2e orde en weerstandsmomenten<sup>1)</sup>

doorsnede	buiging		torsie	
	oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsietraagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$
rechthoek 	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$	$I_t = c_1 \cdot h \cdot b^3$	$W_t = \frac{c_1}{c_2} \cdot h \cdot b^2$ waarbij $c_1 = \frac{1}{3} \left( 1 - \frac{0,63}{h/b} + \frac{0,052}{(h/b)^3} \right)$ $c_2 = 1 - \frac{0,65}{1 + (h/b)^3}$
vierkant 	$I_x = I_y = I_z = \frac{h^4}{12}$	$W_x = W_y = \frac{h^3}{6}$ $W_z = \frac{\sqrt{2} \cdot h^3}{12}$	$I_t = 0,141 \cdot h^4$	$W_t = 0,208 \cdot h^3$
smalle schuine rechthoek 	$I_x = \frac{t}{12} \cdot h \cdot b^2 = \frac{t}{12} h^3 \cdot \sin^2 \alpha$ $I_y = \frac{t}{12} \cdot h \cdot a^2 = \frac{t}{12} \cdot h^3 \cdot \cos^2 \alpha$		$I_t \approx \frac{1}{3} \cdot h \cdot t^3$	$W_t \approx \frac{1}{3} \cdot h \cdot t^2$

Tabel 1-14 Vervolg

doorsnede	buiging		torsie	
	oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsietraagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$
rechthoekige koker 1. wanddikte $t$ constant 	$I_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6H}$ $W_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{6B}$	2. formule van Bredt $I_t = 2 \cdot (A_a + A_i) \cdot t \cdot \frac{A_m}{U_m}$ $\approx 4 A_m^2 \cdot \frac{t}{U_m}$ <p><math>A_m</math> vlak dat door de profielmid-delijijn wordt omsloten  <math>U_m</math> lengte van de profielmiddel-lijn</p>	1. formule van Bredt $W_t \approx 2 \cdot A_m \cdot t$
2. wanddikte $t$ veranderlijk bijv. $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ 			$I_t = \frac{4 \cdot b^2 \cdot h^2}{b \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_3} \right) + h \left( \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_4} \right)}$	$W_{t \min} = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{\min}$ $W_{t \max} = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{\max}$

Tabel I-14 Vervolg

doorsnede	buiging		torsie	
	oppervlakte- traagheidsmoment $I_b$	weerstandsmoment $W_b$	torsietraagheidsmoment $I_t$	torsieweerstandsmoment $W_t$
samengestelde dunwandige doorsnedes 	$I = \sum I_i + \sum A_i \cdot e_i^2$ voorbeeld: $I_x = I_1 + I_2 + I_3 + A_1 \cdot e_1^2 + A_2 \cdot e_2^2 + A_3 \cdot e_3^2$	$W = \frac{I}{e}$	$I_t = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n h_i \cdot t_i^3$ voorbeeld: $I_t \approx \frac{1}{3} (h_1 \cdot t_1^3 + h_2 \cdot t_2^3 + h_3 \cdot t_3^3)$	$W_t = \frac{1}{3 \cdot t_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot t_i^3$

1) Oppervlakte- en weerstandsmomenten voor asdoorsnedes, zie tabel I-1-3. Oppervlakte- en weerstandsmomenten voor standaardprofielen, zie tabel I-8 tot tabel I-13.

**Tabel 1-15** Verhoudingen, afhankelijk van de lengtemaat, trappen en reeksen voor indeling in typen

kengroottheid	verhouding	trap	reeks
1. lengte $L$	$q_L = L_1/L_0$	$q_{r/p}$	Rr/p
2. oppervlak $A$	$q_A = A_1/A_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
3. volume $V$	$q_V = V_1/V_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
massa $m$	$q_m = m_1/m_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
4. dichtheid $\rho$	$q_\rho = \rho_1/\rho_0 = 1$	—	—
5. kracht $F$	$q_F = F_1/F_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
6. spanning $\sigma$	$q_\sigma = \sigma_1/\sigma_0 = 1$	—	—
druk $p$	$q_p = p_1/p_0 = 1$	—	—
7. tijd $t$	$q_t = t_1/t_0 = q_L$	$q_{r/p}$	Rr/p
8. snelheid $v$	$q_v = v_1/v_0 = 1$	—	—
9. versnelling $a$	$q_a = a_1/a_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (dalend)
toerental $n$	$q_n = n_1/n_0 = q_L^{-1}$	$q_{r/-p}$	Rr/-p (dalend)
10. hoekversnelling $\alpha$	$q_\alpha = \alpha_1/\alpha_0 = q_L^{-2}$	$q_{r/-2p}$	Rr/-2p (dalend)
11. vermogen $P$	$q_P = P_1/P_0 = q_L^2$	$q_{r/2p}$	Rr/2p
12. moment $M$ resp. $T$	$q_M = M_1/M_0 = q_L^3 = T_1/T_0$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
13. weerstandsmoment $W$ arbeid $W$	$q_W = W_1/W_0 = q_L^3$	$q_{r/3p}$	Rr/3p
14. oppervlaktetraagheidsmoment $I$	$q_I = I_1/I_0 = q_L^4$	$q_{r/4p}$	Rr/4p
15. massamoment van 2e orde $J$	$q_J = J_1/J_0 = q_L^5$	$q_{r/5p}$	Rr/5p

Roloff/Matek geldt al 50 jaar als een standaardwerk voor de werktuigbouw. De uitgaven staan bekend om de alomvattende informatie, actuele normen en heldere uitleg die hun functionaliteit voor interpretatie en berekening keer op keer bewijzen. Gebruikers, zowel in het onderwijs als het werkveld, noemen Roloff/Matek onmisbaar voor het berekenen van constructies. De uitvoering en up-to-date behandeling van machineonderdelen maakt het een compleet studieboek en een essentieel naslagwerk voor iedere ontwerper.

De methode bestaat uit een:

- Theorieboek
- Tabellenboek

Dit tabellenboek bevat een groot aantal tabellen, grafieken en schema's bij elk hoofdstuk in het theorieboek, dat de belangrijkste machineonderdelen beschrijft. De gebruiker vindt hier alle hulpmiddelen voor calculatie en constructie. De informatie wordt compact en overzichtelijk gepresenteerd.

De theorie is ingedeeld in 24 afzonderlijke hoofdstukken, die onafhankelijk van elkaar kunnen worden bestudeerd. Dit tabellenboek biedt ondersteuning bij de praktische toepassing van de theorie en bij het maken van eigen berekeningen.

Deze geactualiseerde zesde druk, gebaseerd op de vierentwintigste Duitse druk, is op diverse punten verbeterd. De wijzigingen in dit tabellenboek zijn vooral ingegeven door de aanpassing naar de huidige stand van zaken op het gebied van normering (NEN EN, NEN ISO, DIN). Dit is met name aan de orde in het hoofdstuk Lasverbindingen en het hoofdstuk Veren.

