

LEERWERKBOEK NIVEAU 3&4

Constructie 1



TOUCHTECH



Constructie 1



Over ThiemeMeulenhoff

ThiemeMeulenhoff ontwikkelt zich van educatieve uitgeverij tot een learning design company. We brengen content, leerontwerp en technologie samen. Met onze groeiende expertise, ervaring en leeroplossingen zijn we een partner voor scholen bij het vernieuwen en verbeteren van onderwijs. Zo kunnen we samen beter recht doen aan de verschillen tussen lerenden en scholen en ervoor zorgen dat leren steeds persoonlijker, effectiever en efficiënter wordt.

Samen leren vernieuwen.

www.thiememeulenhoff.nl

ISBN 978 90 06 14097 2

1e druk, 1e oplage, 2021

© ThiemeMeulenhoff, Amersfoort, 2021

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j° het Besluit van 23 augustus 1985, Stbl. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie (PRO), Postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp (www.stichting-pro.nl). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet) dient men zich tot de uitgever te wenden. Voor meer informatie over het gebruik van muziek, film en het maken van kopieën in het onderwijs zie www.auteursrechtenonderwijs.nl.

De uitgever heeft ernaar gestreefd de auteursrechten te regelen volgens de wettelijke bepalingen. Degenen die desondanks menen zekere rechten te kunnen doen gelden, kunnen zich alsnog tot de uitgever wenden.

Deze uitgave is volledig CO₂-neutraal geproduceerd.
Het voor deze uitgave gebruikte papier is voorzien van het FSC®-keurmerk. Dit betekent dat de bosbouw op een verantwoorde wijze heeft plaatsgevonden.

Inhoudsopgave

1	CON02 Staalconstructies	7
	Introductie	8
	Theorie	9
	Kernvragen	9
	Soorten staalconstructies	9
	Benodigde kennis	10
	Ontwikkelingen	12
	Bedrijfshallen	12
	Bouwbesluit, Eurocodes en productnormen	14
	Opbouw staalconstructies	16
	Windverband	22
	Software en automatisering	25
	Samenvatting	27
	Video	27
	Begrippen	28
	Theorieopdrachten	29
	Opdrachten uit de praktijk	32
	Evaluatie en reflectie	39
	Checklist	39
	Zelftoets	39
2	CON01 Staalprofielen	45
	Introductie	46
	Theorie	47
	Kernvragen	47
	Staalsoorten	47
	Stalen profielen	49
	Warmgewalst profielstaal	51
	Koud- en warmgevormde profielen	58
	Aanduiding, handelslengten en normoverzicht	61
	Samenvatting	64
	Video	65
	Begrippen	66
	Theorieopdrachten	67
	Opdrachten uit de praktijk	69
	Evaluatie en reflectie	72
	Checklist	72
	Zelftoets	72

3	CON05 Samenstellen en ontbinden van krachten	75
	Introductie	76
	Theorie	77
	Kernvragen	77
	Krachten	77
	Krachten bepalen: grafische methode	77
	Krachten bepalen: analytische methode	80
	Ontbinden van krachten	81
	Samenvatting	84
	Video	85
	Begrippen	85
	Theorieopdrachten	86
	Opdrachten uit de praktijk	87
	Evaluatie en reflectie	96
	Checklist	96
	Zelftoets	96
4	CON06 Evenwicht van krachten en momenten	101
	Introductie	102
	Theorie	103
	Kernvragen	103
	Grafische methode	103
	Analytische methode	112
	Evenwichtsvoorwaarden en steunpuntreacties	117
	Samenvatting	119
	Video	120
	Begrippen	121
	Theorieopdrachten	122
	Opdrachten uit de praktijk	123
	Evaluatie en reflectie	133
	Checklist	133
	Zelftoets	133
5	CON07 Belasting en spanning in constructies	137
	Introductie	138
	Theorie	139
	Kernvragen	139
	Belastingen	139
	Trekkkrachten	139
	Drukkkrachten	143
	Profielen	147
	Statische en dynamische belasting	150
	Toelaatbare belasting	152
	Rek en krimp	155
	Samenvatting	157
	Video	158
	Begrippen	158
	Theorieopdrachten	159
	Opdrachten uit de praktijk	161
	Evaluatie en reflectie	165
	Checklist	165
	Zelftoets	165

6	CON03 Hoofddraagconstructies	169
	Introductie	170
	Theorie	171
	Kernvragen	171
	Programma van eisen en bedrijfsactiviteiten	171
	Keuze hoofddraagconstructie	172
	Verschillende constructietypen hoofddraagconstructies	172
	Wateraccumulatie	176
	Samenvatting	181
	Video	183
	Begrippen	183
	Theorieopdrachten	184
	Opdrachten uit de praktijk	186
	Evaluatie en reflectie	191
	Checklist	191
	Zelftoets	191
7	CON08 Hoofdliggers	195
	Introductie	196
	Theorie	197
	Kernvragen	197
	Hoofdliggers	197
	Typen liggers	199
	Samenvatting	207
	Video	208
	Begrippen	208
	Theorieopdrachten	210
	Opdrachten uit de praktijk	211
	Evaluatie en reflectie	213
	Checklist	213
	Zelftoets	213
8	CON09 Hoofdliggers, kolommen en verankering	217
	Introductie	218
	Theorie	219
	Kernvragen	219
	Berekening staalconstructie	219
	Bevestiging hoofdliggers	219
	Vakwerkliggers	225
	Ruimtevakwerken	231
	Kolommen en verankering	232
	Samenvatting	240
	Video	242
	Begrippen	243
	Theorieopdrachten	245
	Opdrachten uit de praktijk	246
	Evaluatie en reflectie	251
	Checklist	251
	Zelftoets	251

9 CON04 Dak- en gevelsystemen	255
Introductie	256
Theorie	257
Kernvragen	257
Dakbedekking en gevelbekleding	257
Soorten dakbedekkingen	257
Soorten gevelbekledingen	264
Constructie dak en gevel	268
Windverbanden in dak en gevel	274
Samenvatting	281
Video	284
Begrippen	284
Theorieopdrachten	286
Opdrachten uit de praktijk	287
Evaluatie en reflectie	291
Checklist	291
Zelftoets	291
10 CON10 Vloerconstructies en kraanbanen	295
Introductie	296
Theorie	297
Kernvragen	297
Vloerconstructies	297
Ligger-ligger- en ligger-kolomverbindingen	309
Kraanbaanliggers	310
Samenvatting	315
Video	318
Begrippen	318
Theorieopdrachten	320
Opdrachten uit de praktijk	322
Evaluatie en reflectie	325
Checklist	325
Zelftoets	325
Register	329

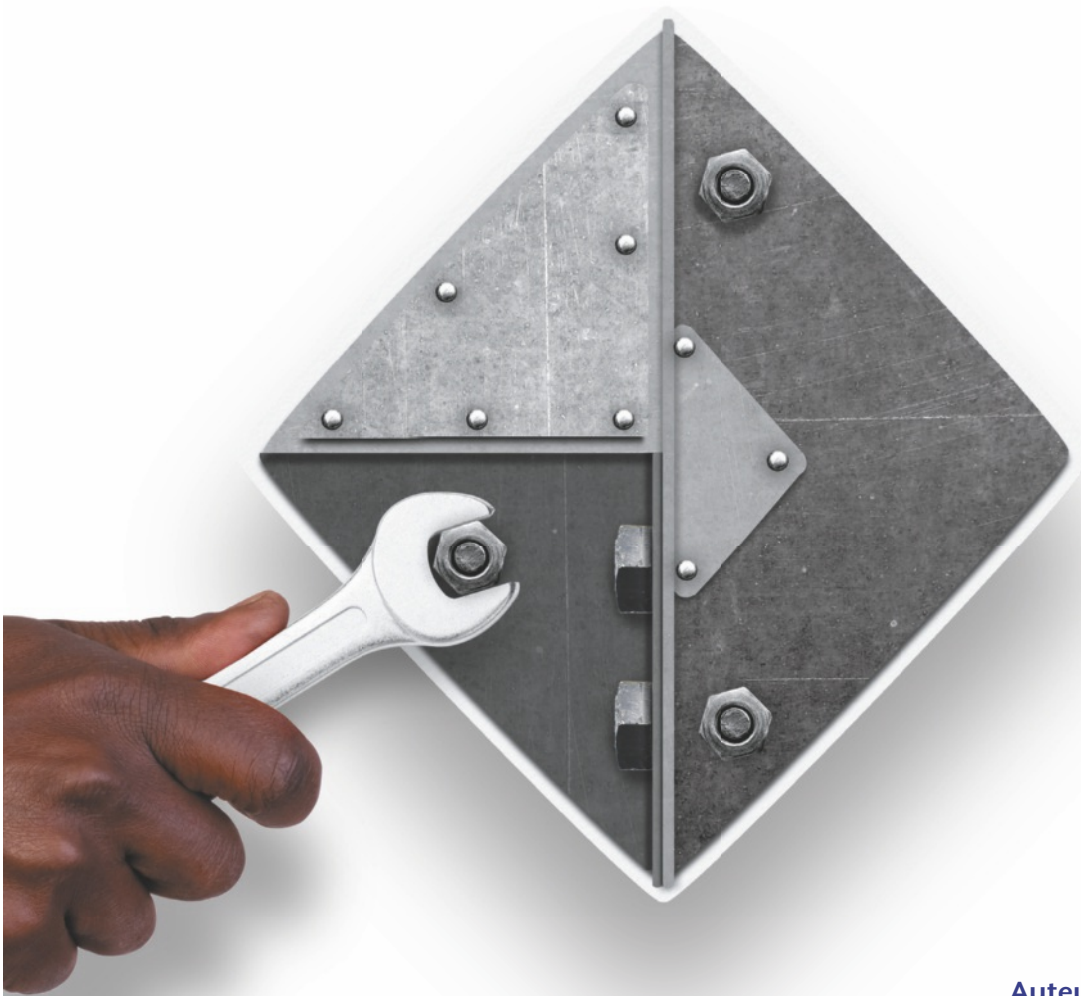
1

CON02

Staalconstructies



TOUCHTECH



Auteur
J.H. Jonkeren

Eindredactie
J. Gerrits

v1.1

ThiemeMeulenhoff

Introductie

Ingestort tribunedak

Gebouwen en constructies moeten veilig zijn en mogen niet instorten. Toch gebeurt dit af en toe, bijvoorbeeld door weersomstandigheden, aardbevingen of menselijke fouten. Bij menselijke fouten kun je bijvoorbeeld denken aan ontwerpfouten, productiefouten, montagefouten, gebruik van verkeerde staalsoorten, te zware belasting op een vloer, slecht onderhoud en fraude. Als een gebouw of constructie instort, kunnen er mensen overlijden en er is altijd financiële schade. Het is dus erg belangrijk dat de veiligheid tijdens de bouw wordt geborgd en dat het gebouw veilig kan worden gebruikt.



Figuur 1 Tijdens de montage ingestort tribunedak van Stadion de Grolsch Veste in Enschede (Bron: Vincent Jannink ANPfoto)

Oriënterende vragen

- Welke weersomstandigheden kunnen ervoor zorgen dat een gebouw geheel of gedeeltelijk instort?
- Wat denk je dat wordt bedoeld met het staalskelet van een constructie?

Theorie

Kernvragen

- Wat zijn de voor- en nadelen van de toepassing van een staalconstructie ten opzichte van een betonconstructie?
- Wat is het voordeel van de toepassing van Europese normen ten opzichte van de Nederlandse normen (NEN)?
- Wat is het raamwerk van een staalconstructie?
- Hoe zorg je ervoor dat een gebouw niet te veel vervormt door windbelasting?
- Wat zijn de voordelen van de toepassing van computerprogramma's bij het ontwerpen en produceren van een staalconstructie?
- Welke kennis moet bij een staalconstructiebedrijf aanwezig zijn om verantwoord een staalconstructie te kunnen produceren?

Soorten staalconstructies

Er zijn verschillende soorten staalconstructies. Je kunt hierbij denken aan allerlei gebouwen, zoals stations, kantoren, musea, huizen en bedrijfshallen, maar ook aan hoogspanningsmasten, sluisdeuren, bruggen, transportinstallaties, booreilanden, kranen en kunstobjecten.



Figuur 2 De Twee Zwanen in Schagerbrug, brug over het kanaal Stolpen-Schagen-Kolhorn (Bron: J.H. Jonkeren)



Figuur 3 Perronoverkapping station Sloterdijk in Amsterdam (Bron: Shutterstock)

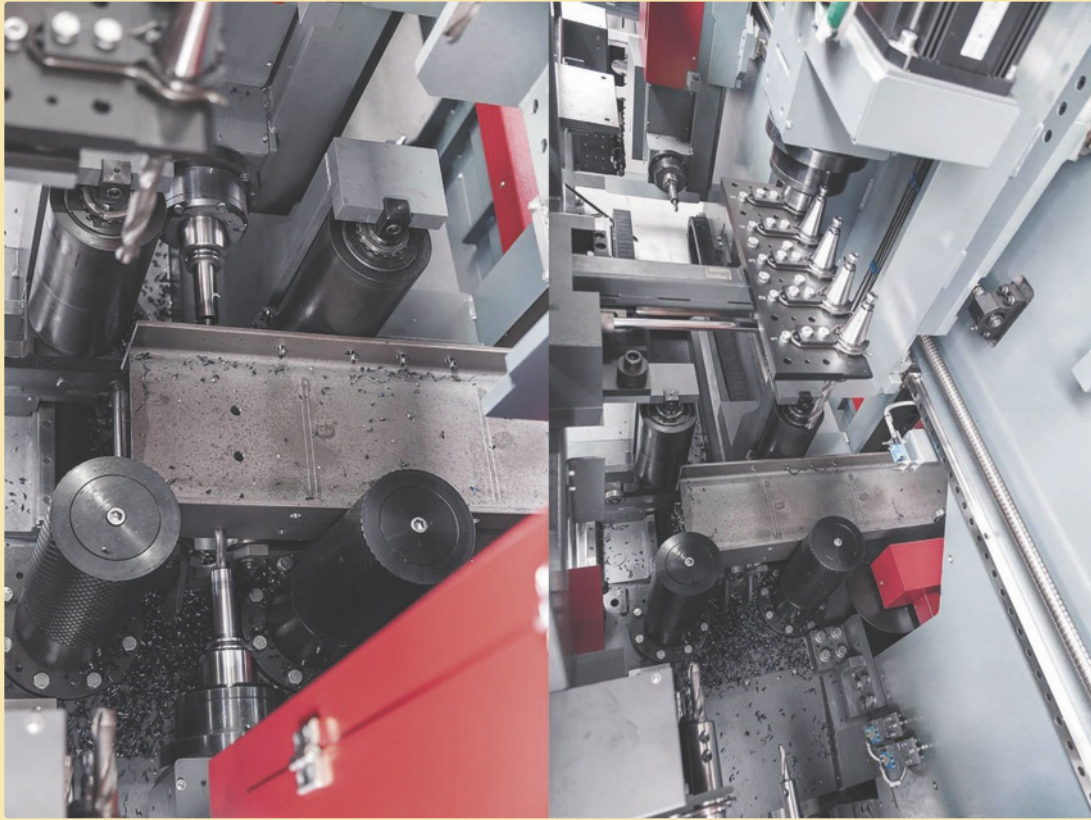
Deze constructies worden gemaakt van profiel-, strip- of platstaal, uit vierkante, rechthoekige en ronde buis of uit koudgevormde profielen. Elke constructie heeft specifieke kenmerken en problemen. In de uitleg hierna gaat het over bedrijfshallen.

Benodigde kennis

Om als staalconstructiebedrijf een veilige constructie te kunnen maken, moet je van verschillende onderwerpen vakkennis hebben. Zo moet de constructeur kunnen bepalen wat de belastingen mogen zijn op de staalconstructie. Daarvoor moet hij weten welke normen en voorschriften van toepassing zijn. Met behulp van een mechanicamodel en moderne computerprogramma's bepaalt hij de krachtenverdeling en vervormingen die het gevolg zijn van deze belastingen. Vervolgens berekent hij aan de hand van een sterkteberekening de soort en afmetingen van de profielen voor de liggers en kolommen. Hierna kunnen de andere afdelingen aan het werk. De tekenaar maakt met behulp van een computertekenprogramma de werktekeningen, de inkoper bestelt de benodigde profielen, bouten en moeren en de werkvoorbereider kan de programma's schrijven voor de computergestuurde boormachines in de boor-zaagstraat. In de boor-zaagstraat worden de profielen op lengte afgekort en de gaten geboord.

Praktijkvoorbeeld: Computergestuurde boormachine

Met een computergestuurde boormachine als onderdeel van een boor-zaagstraat kun je tegelijkertijd gaten boren in de flenzen en het lijf van een staalprofiel.



Figuur 4 Computergestuurde boormachine als onderdeel van een boor-zaagstraat (Bron: Voortman.net)

Ook de medewerkers van de werkplaats kunnen nu aan het werk. Zij moeten weten hoe de onderdelen aan elkaar moeten worden gelast.

Nadat de onderdelen gefabriceerd zijn, worden ze voorzien van een verflaag om te voorkomen dat de constructie gaat roesten. Soms wordt brandwerende verf aangebracht zodat bij brand de aanwezige mensen voldoende tijd hebben om het gebouw te verlaten.

Tot slot worden de onderdelen getransporteerd naar de bouwplaats en gaat de montageploeg de constructie monteren.

Samenvattend kun je zeggen dat je kennis moet hebben van normen en voorschriften, mechanica, sterkteleer, constructieleer, tekenprogramma's, materialenkennis, lastechnieken, brandwerendheid, conservering en montage van staalconstructies. Een heleboel kennis dus! Zonder deze kennis kun je geen goede en veilige constructie ontwerpen.

Ontwikkelingen

Door standaardisatie van bouwelementen is het al heel lang mogelijk om snel constructies te bouwen. Het Crystal Palace in Londen bijvoorbeeld, werd in 1851 in zeven maanden gebouwd. Het bestaat uit 3300 kolommen en 2224 vakwerkliggers.



Figuur 5 Het Crystal Palace in Londen (Bron: Shutterstock)

Ook grote hoogten en overspanningen zijn al lang mogelijk. Denk aan de Eiffeltoren (1889, 300 m) en The Empire State Building in New York (1931, 381 m). Maar er zijn veel nieuwe ontwikkelingen in de staalbouw in de laatste decennia. Computers maken het mogelijk om complexe constructies te berekenen. Er worden hoogwaardige staalsoorten gebruikt, waardoor er lichter kan worden geconstrueerd. Ook worden buis- en koudgevormde profielen steeds meer toegepast. Daarnaast heeft men meer inzicht gekregen in het gedrag van constructies bij brand en samenwerkende staal-betonconstructies voor vloeren. Tot slot heeft de conservering van staalconstructies (bescherming tegen roest) een grote ontwikkeling doorgemaakt.

Bedrijfshallen

Bedrijfshallen zijn er in vele soorten en maten, bijvoorbeeld sporthallen, stadions, zwembaden, musea, distributiecentra en werkplaatsen. Vaak bestaat een bedrijfshal uit één bouwlaag. De lengte en breedte van de hal zijn groot in verhouding tot de hoogte. De kolomafstanden en de **overspanning** zijn afhankelijk van het soort gebouw en het daarbij behorende programma van eisen.

Praktijkvoorbeeld: Grote afstanden tussen de kolommen van de dragende constructie

Op de foto van figuur 6a is het gebouw van het Nationaal Militair Museum in Soesterberg te zien. Het dak heeft een oppervlak van 250×110 m en vrije overspanningen van 40 tot 85 m met uitkragingen van 15 m aan de gevel van het gebouw. Hierdoor zijn er weinig obstakels in de ruimte. Aan het dak kunnen de vliegtuigen worden opgehangen (zie figuur 6b).



Figuur 6a Overzichtsfoto (Bron: Shutterstock)



Figuur 6b Interieurfoto met vliegtuig opgehangen aan de dakconstructie (Bron: Anne Reitsma Fotografie)

Afhankelijk van de functie van de hal kunnen de bouwsnelheid, thermische isolatie, geluidsisolatie of transparantie invloed hebben op de keuze van de draagconstructie. Tegenwoordig heeft 80 tot 90% van alle bedrijfshallen een draagconstructie van staal.

De voordelen van een staalconstructie ten opzichte van een betonconstructie zijn de volgende:

- Je kunt met stalen profielen ingewikkelde constructievormen maken, zoals gebogen liggers.
- Machinaal vervaardigde onderdelen zijn met eenvoudige boutverbindingen te monteren.
- De onderdelen kunnen in de werkplaats worden samengesteld tot grote afmetingen met grote maatnauwkeurigheid. Hierdoor kun je snel monteren waardoor de bouw-tijd korter wordt en het gebouw snel in gebruik kan worden genomen.
- Een staalconstructie heeft in vergelijking tot beton een laag eigen gewicht. De funde-ring kan hierdoor lichter worden en de transportkosten zijn lager.
- Het is een duurzame oplossing. Je kunt de onderdelen demonteren en op een andere locatie opnieuw gebruiken of volledig recyclen.

De nadelen van een staalconstructie zijn:

- De geringe weerstand van de constructie tegen corrosie; het verwijderen en voorkomen van corrosie brengt namelijk kosten met zich mee.
- De geringe brandwerendheid; boven de 400 °C verliest staal zijn sterkte en daardoor zijn dragend vermogen.

Bouwbesluit, Eurocodes en productnormen

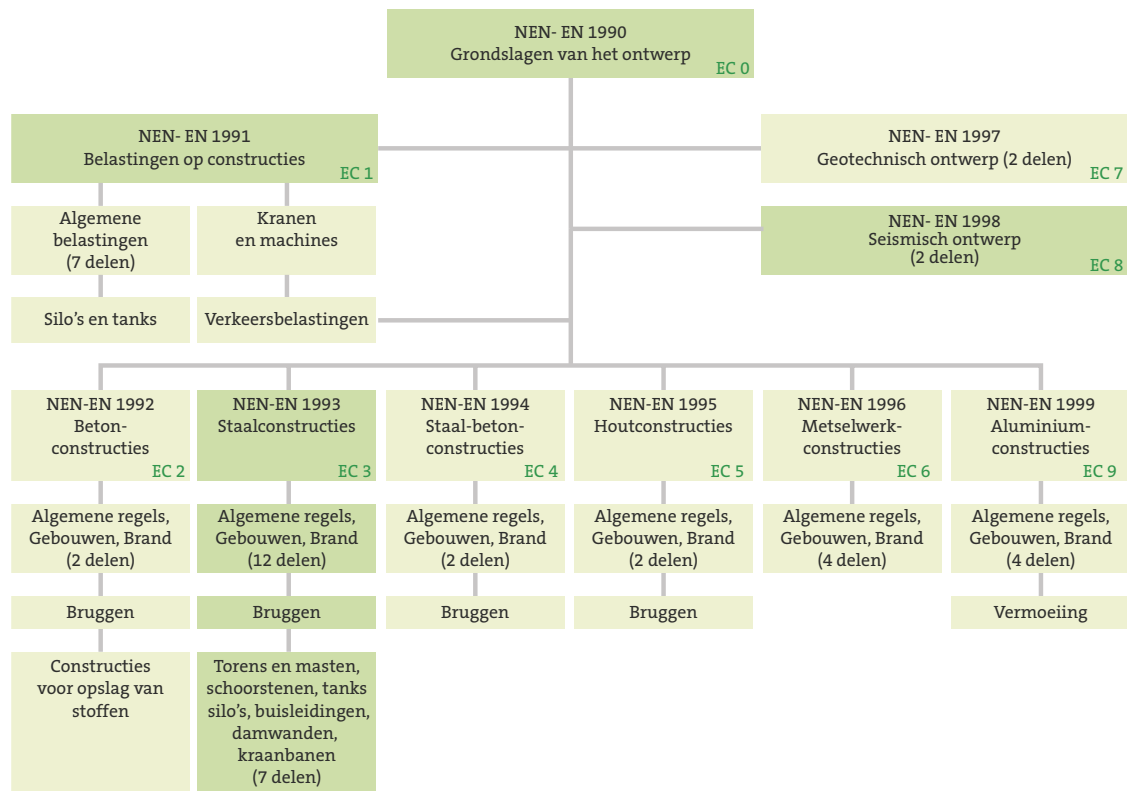
Voor elk bouwwerk is een vergunning nodig. Om een vergunning te krijgen, moet worden voldaan aan regels en normen die zijn vastgelegd in het Bouwbesluit. Voor staalconstructies eist het Bouwbesluit dat ze voldoen aan de Eurocodes.

De Eurocodes zijn opgesteld door de Europese Commissie voor Normalisatie in Brussel waar 27 Europese landen bij zijn aangesloten. In 2010 zijn deze normen van kracht geworden. Met de Europese normen wordt de constructieve veiligheid van bouwwerken getoetst.

De Eurocode (EC) bestaat uit tien delen (zie figuur 7).

In Nederland worden de normen uitgegeven door het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN). Omdat de Eurocodes van oorsprong Europese Normen (EN) zijn, kun je ze herkennen aan de codering 'NEN-EN'. NEN-EN 1990 (EC0), NEN-EN 1991 (EC1), NEN-EN 1997 (EC7) en NEN-EN 1998 (EC8) zijn op alle bouwconstructies van toepassing, dus ook op constructies van beton en hout. Het ontwerp en de berekening van staalconstructies zijn geregeld in NEN-EN 1993 met daaraan gekoppeld nog twaalf algemene delen. Voor civieltechnische werken (bijvoorbeeld stalen bruggen, torens en silo's) zijn er nog acht delen van toepassing (zie figuur 7).

In de Eurocodes wordt soms ook verwezen naar Nationale bijlagen met voor het betreffende land specifieke situaties. Zo is er bijvoorbeeld een Nationale bijlage waarin voor Nederland de windbelasting op een constructie is vastgelegd. Ook de sneeuwbelasting is voor Nederland anders dan voor bijvoorbeeld Oostenrijk.



Figuur 7 Structuur normenreeks Eurocodes (Bron: NEN-EN 1990 (nl), Nederlands Normalisatie Instituut, © Tiekstramedia)

Omdat de Eurocodes gelden voor veel Europese landen zijn er geen technische handelsbelemmeringen tussen deze landen. Bij het opstellen van contracten en offertes voor bouwwerken kan ernaar worden verwezen, omdat iedereen dezelfde manier gebruikt voor het noteren van de sterkte-eigenschappen van producten. Bovendien bevorderen de codes de arbeidsmigratie en kunnen de kosten voor scholing worden beperkt.

De NEN-EN 1993, die wordt gebruikt voor het ontwerpen en berekenen van staalconstructies, moet in combinatie met NEN-EN 1090 worden gebruikt voor het vervaardigen van staalconstructies. Hierin staat bijvoorbeeld beschreven op welke wijze de montage moet plaatsvinden, hoe je de constructie moet beschermen tegen corrosie en aan welke kwaliteitseisen het laswerk moet voldoen.

Naast de hiervoor genoemde normen zijn ook nog productnormen van toepassing. Dit zijn bestaande Euro- en ISO-normen voor bijvoorbeeld constructiestaal, platte en geprofileerde producten, bouten, moeren en ringen en laselektroden.

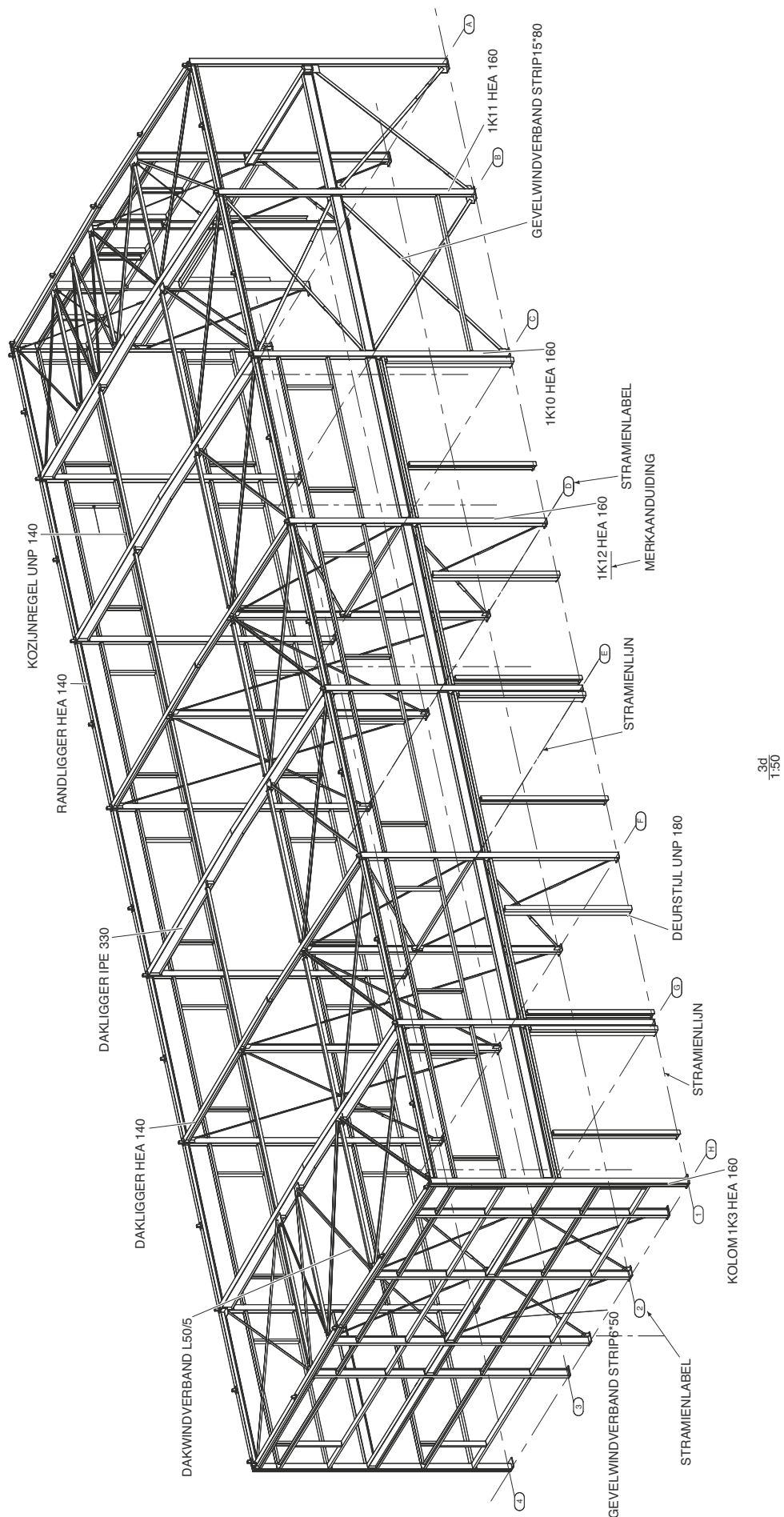
Opbouw staalconstructies

Een staalconstructie van een gebouw (het **staalskelet**) bestaat uit een aantal onderdelen, zoals het dak, de wanden of gevels, de vloeren en eventueel aanwezige kraanbaanliggers. In figuur 8 zie je een overzichtstekening van een eenvoudige staalconstructie met een aantal van deze onderdelen. De constructie is opgebouwd uit verschillende soorten profielen. Deze worden aan elkaar gelast of met bouten en moeren met elkaar verbonden en vormen als geheel het staalskelet. De bouwkundige onderdelen, zoals de dakbedekking, de wandbekleding en de kozijnen, worden aan de staalconstructie bevestigd.

Welke profielen je toepast en wat de benodigde afmetingen zijn van deze profielen is afhankelijk van:

- de afmetingen van het gebouw;
- het soort gebouw (opslag, kantoor, fabriek);
- de soort dakbedekking;
- de soort verdiepingsvloer (hout, beton);
- de regio waar het gebouw wordt gebouwd (aan de kust of in het binnenland).

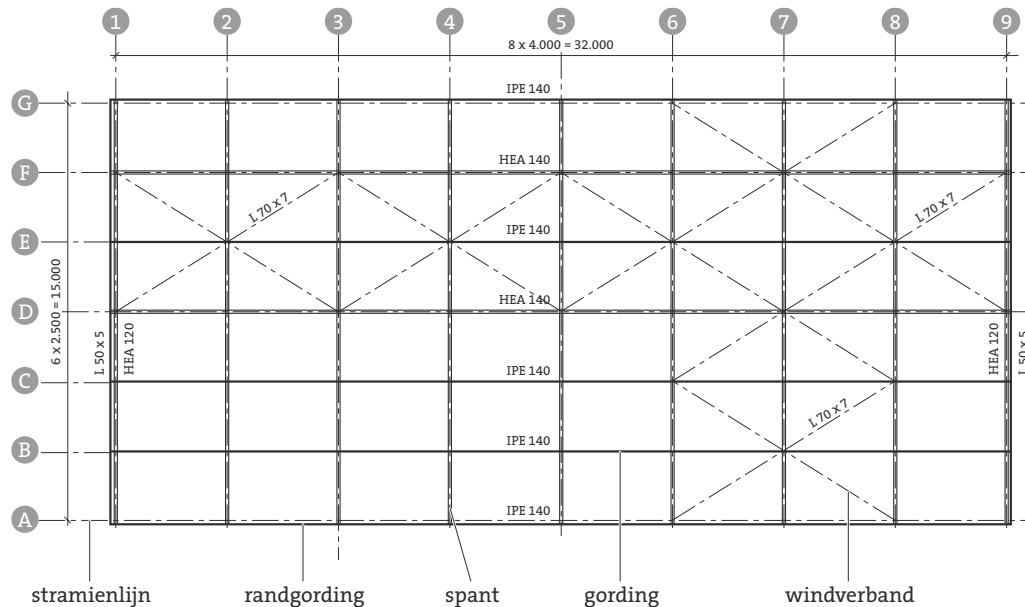
Door de wandbekleding en de dakbedekking zie je aan de buitenkant meestal weinig meer van het staalskelet. In sommige gebouwen kun je de constructie aan de binnenkant nog wel zien (bijvoorbeeld in een fabriekshal). In kantoorgebouwen zie je de constructie over het algemeen niet. Deze wordt weggewerkt, bijvoorbeeld achter metselwerk of boven het plafond.



Figuur 8 Overzichtstekening staalconstructie (Bron: Vic Obdam Staalbouw B.V., © Tiekstramedia)

Stramienlijnen

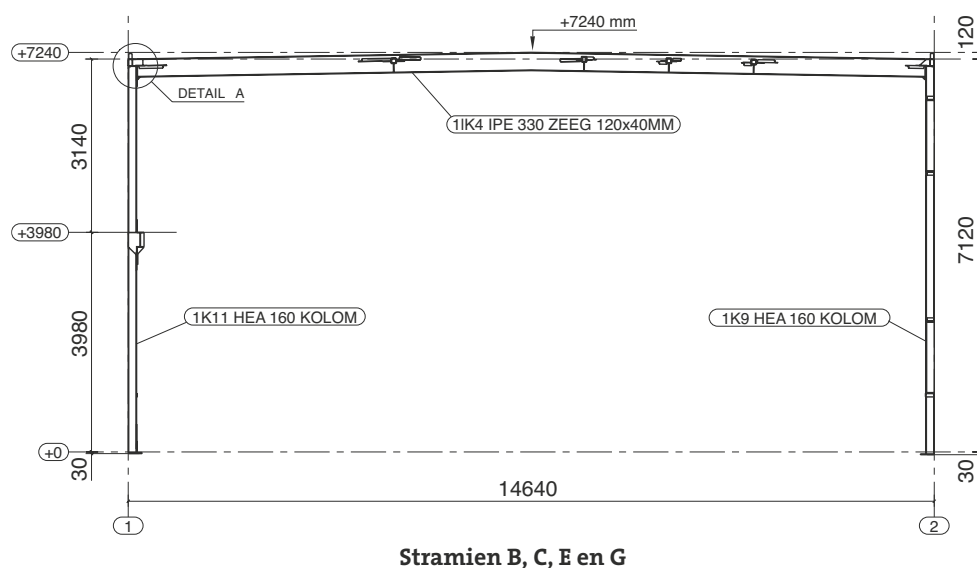
Om de plaats van de verschillende constructieonderdelen op een plattegrond van een bouwkundige tekening aan te geven, worden **stramienlijnen** toegepast. Deze vormen een assenstelsel, vaak met de oorsprong in de linkeronderhoek van de tekening. De stramienlijnen worden voorzien van een cirkel met daarin horizontaal van links naar rechts een cijfer en verticaal van beneden naar boven een letter. Dit zijn de stramienlabels. Meestal is de stramienlijn ook de hartlijn van een constructieonderdeel, bijvoorbeeld in figuur 9 de gording op stramien D, het spant op stramien 7 of de kolom op stramien G7. Het is een hulpmiddel ter oriëntatie, het maakt de communicatie gemakkelijker en het voorkomt misverstanden.



Figuur 9 Stramienlijnen in het dakvlak van een bedrijfshal (Bron: J.H. Jonkeren, © Tiekstramedia)

Peil

Bij bouwkundige constructies en dus ook voor staalconstructies wordt vooraf een nulniveau of **peil** gekozen. Vaak is dit de bovenkant van de begane-grondvloer. Alle hoogtematen van de staalconstructies worden in een doorsnede of een gevelaanzicht aangegeven met een symbool met daarin de plus- of minmaat ten opzichte van het peil (zie figuur 10).



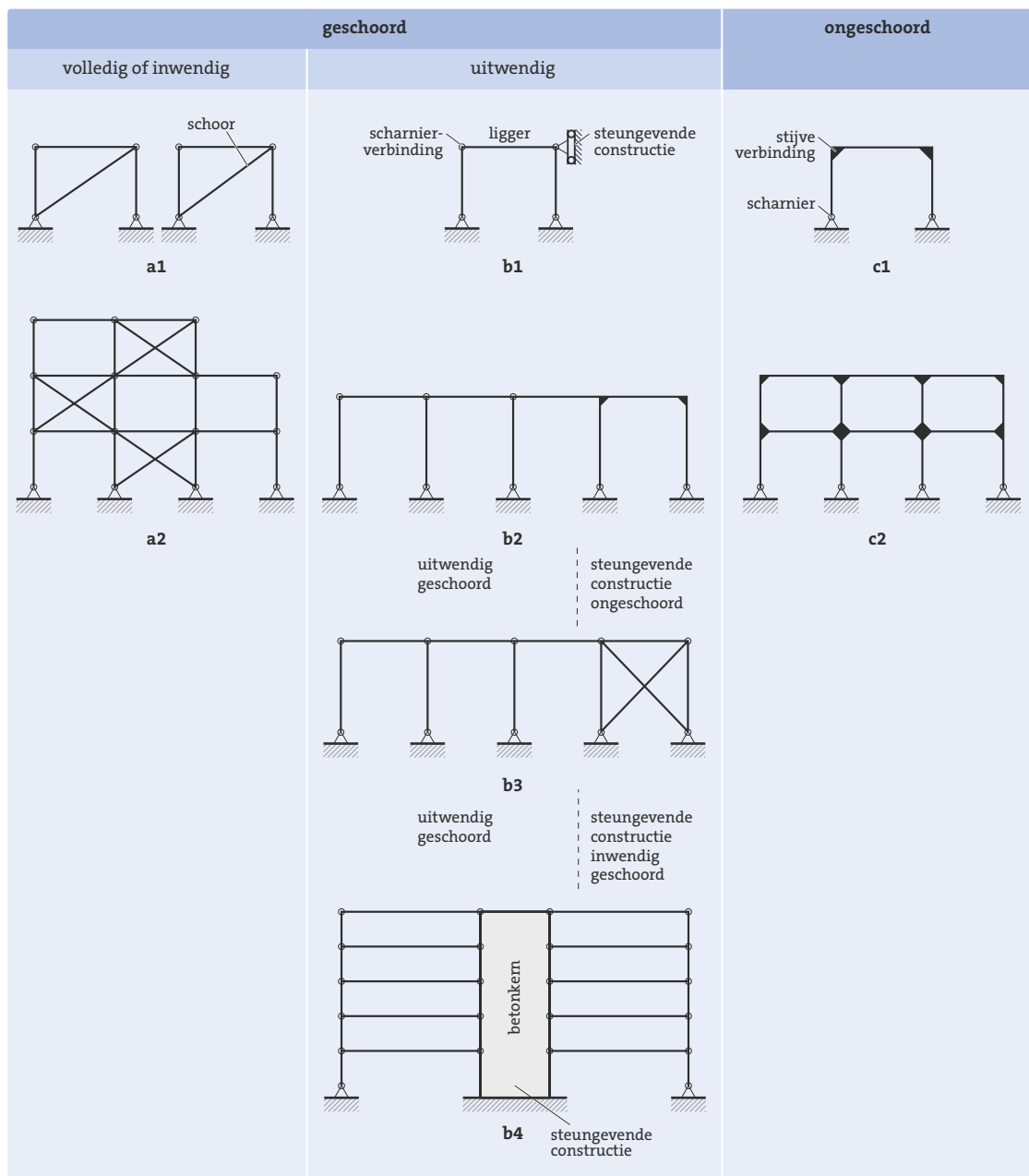
Figuur 10 Raamwerk met peil en plus-/minmaten (Bron: Vic Obdam Staalbouw B.V., © Tiekstramedia)

Raamwerken

Een **raamwerk** is de hoofddraagconstructie van een bouwwerk en is vaak opgebouwd uit rechthoeken. Deze rechthoeken bestaan uit een combinatie van kolommen, een spant of dakligger en eventuele vloerliggers. In figuur 8 bestaat de hoofddraagconstructie op de stramienlijnen B, C, E en G uit een IPE 330 voor de dakligger en HEA 160 voor de kolommen. Zie ook figuur 10.

Een gebouw vervormt door de horizontale belastingen die op het gebouw werken (bijvoorbeeld de wind). Als deze vervormingen te groot worden, kunnen deuren gaan klemmen, scheidingswanden scheuren en vloeren of daken te veel doorbuigen. Om deze vervormingen binnen toelaatbare grenzen te houden, breng je in een staalconstructie **stabiliteitsvoorzieningen** aan. Dit kunnen bijvoorbeeld diagonalen zijn, ook wel **schoren** genoemd. Maar het kunnen ook stijve verbindingen zijn.

Raamwerken die uit kolommen en liggers bestaan, kun je onderverdelen in geschoorde raamwerken en ongeschoorde raamwerken. Zie figuur 11.



Figuur 11 Indeling geschoorde en ongeschoorde raamwerken (Bron: J.H. Jonkeren, © Tiekstramedia)

Bij de inwendig geschoorde raamwerken zorgen diagonaalstaven voor de stabiliteit (zie a1 en a2 in figuur 11). Bij uitwendig geschoorde raamwerken is er een steungevende constructie aanwezig die voor de stabiliteit van de rest van de constructie zorgt (zie b1 tot en met b4). Dit kan een windverband in het dak zijn of een raamwerk met stijve verbindingen. Deze steungevende constructie kan op zichzelf ongeschoord (b2) of geschoord zijn (b3). Ook een betonkern (b4) mag je als steun zien. Het trappenhuis en de liften kunnen eventueel in de betonkern worden geplaatst. In figuur 8 zijn de raamwerken op stramien B, C, E en G uitwendig geschoord door het dakwindverband.

De raamwerken op stramien A, D, F en H zijn inwendig geschoord. Via de schoren wordt de horizontale windbelasting uit het dakwindverband afgevoerd naar de fundering. In c1 en c2 is sprake van ongeschoorde raamwerken. Het verschil tussen geschoorde en ongeschoorde raamwerken is meestal te zien aan de profielafmetingen van de kolommen, liggers en verbindingen. De profielen en de verbindingen van het geschoorde raamwerk hebben kleinere afmetingen en minder bouten en dat beïnvloedt het uiterlijk van de constructie. In een geschoord raamwerk voldoen eenvoudige scharnierverbindingen, terwijl je bij een ongeschoord raamwerk (c1 en c2) stijve verbindingen moet gebruiken. Een raamwerk als in c1 wordt ook wel portaal genoemd.

Praktijkvoorbeeld: Geschoorde en ongeschoorde constructies

In figuur 12a zie je een verbinding van een kolom en een doorlopende ligger in een geschoorde constructie. De profielen zijn licht wat betreft afmetingen en het aantal bouten om de ligger en de kolom te verbinden is klein. Dit wordt in de praktijk beschouwd als een scharnierverbinding. In figuur 12b zie je een stijve kolomliggerverbinding in een ongeschoorde constructie. Aan de ligger is een dikke kopplaat gelast en aan de onderkant een versterking. Er zijn 12 bouten gebruikt om de ligger aan de kolom te bevestigen. Dit is een stijve verbinding.

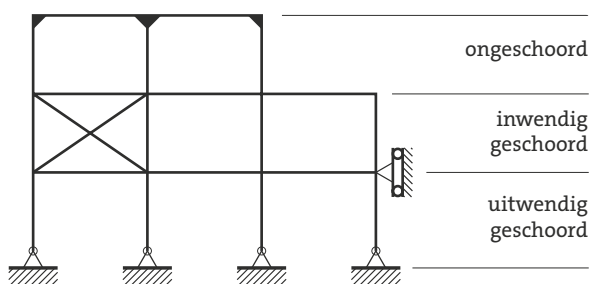


Figuur 12a Kolom-liggerverbindingen, scharnierverbinding (Bron: J.H. Jonkeren)



Figuur 12b Kolom-liggerverbindingen, stijve verbinding (Bron: Bouwen met Staal)

Behalve de hiervoor genoemde mogelijkheden is er ook nog een mengvorm mogelijk, zoals in figuur 13 is gegeven.



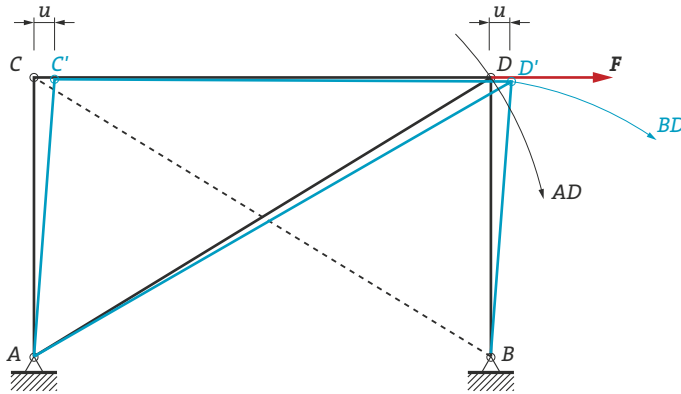
Figuur 13 Mengvorm van stabiliteitsvoorzieningen (Bron: J.H. Jonkeren, © Tiekstramedia)

Windverband

Windverbanden zijn belangrijke onderdelen van een gebouw. Je mag ze dus tijdens een verbouwing niet zomaar verwijderen of weglaten.

Werking windverband

In volledig geschoorde constructies wordt de stabiliteit verkregen door diagonaalstaven, zoals in figuur 14 te zien is.



Figuur 14 Werking windverband (Bron: J.H. Jonkeren, © Tiekstramedia)

Knooppunten A, B, C en D zijn scharnierverbindingen. Door kracht F zal dit raamwerk zonder diagonaalstaaf AD naar rechts willen verplaatsen en niet stabiel zijn. Daarom worden schoren aangebracht die voorkomen dat het raamwerk omvalt en ervoor zorgen dat de vervorming u binnen de toelaatbare grenzen blijft. Door de kracht F zou knooppunt D van staaf BD willen scharnieren om punt B en naar rechts willen verplaatsen. Punt D van staaf AD zou willen scharnieren om punt A en naar beneden willen verplaatsen. Je ziet dat de beide scharniercirkels uit elkaar gaan lopen. Dit wordt in de praktijk tegengegaan doordat de staven AD en BD in punt D aan elkaar verbonden zijn. Dit principe van vormvaste driehoeken wordt veel gebruikt in de techniek. In vakwerkspannten, hoogspanningsmasten en bouwkransen zie je dit ook veel toegepast.

Staaf AD wordt op trek belast, omdat deze staaf voorkomt dat punt D te veel naar rechts verplaatst. Hiervoor zou je eventueel ook een kabel kunnen gebruiken. Als je voor staaf BC, die gestippeld is getekend, ook een kabel zou gebruiken, dan zou bij verplaatsing u van het raamwerk naar rechts, onder invloed van kracht F , kabel BC slap gaan hangen en geen kracht opnemen. De stabiliteit wordt dus helemaal verkregen door kabel AD. Werkt de kracht F naar links, omdat bijvoorbeeld de wind van richting verandert, dan moet kabel BC voor de stabiliteit zorgen en doet kabel AD niets. In staalconstructies worden in plaats van kabels voor deze diagonalen vaak ronde staven, strip- of platstaal gebruikt waarbij ervan uitgegaan wordt dat alleen de op trek belaste staaf voor de stabiliteit zorgt.

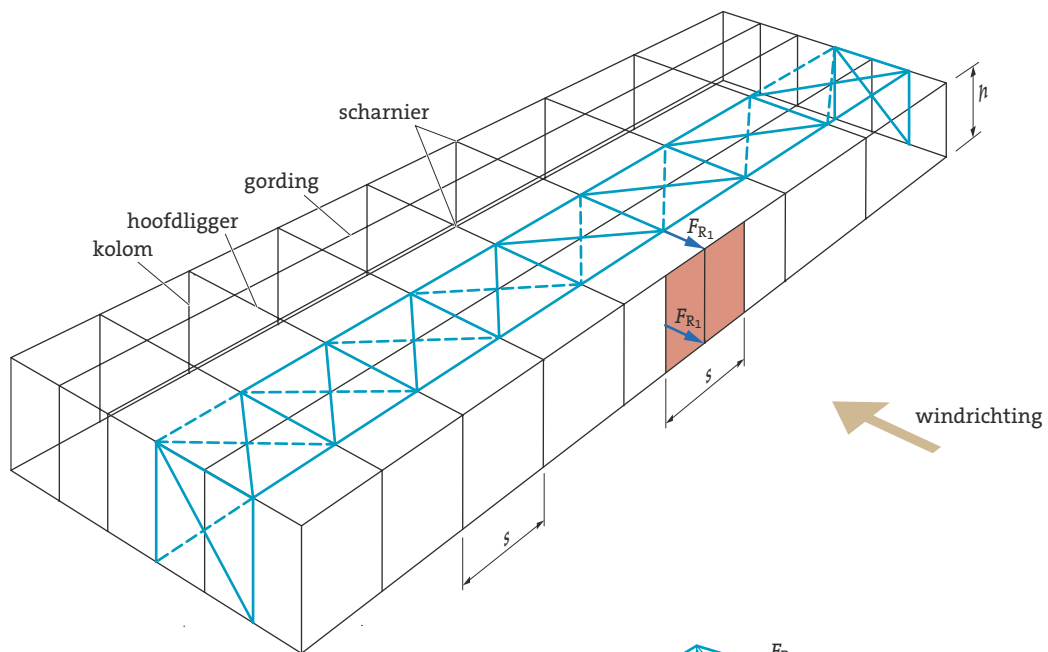
Praktijkvoorbeeld: Kruisvormige windverbanden

Bij bedrijfshallen worden de schoren meestal in de gevel aangebracht op plaatsen waar geen ramen zitten. In figuur 15 zie je dat in de rechtergevel. In de andere gevel zijn kleine ramen aangebracht maar zodanig dat de schoren niet voor het raam langs lopen.

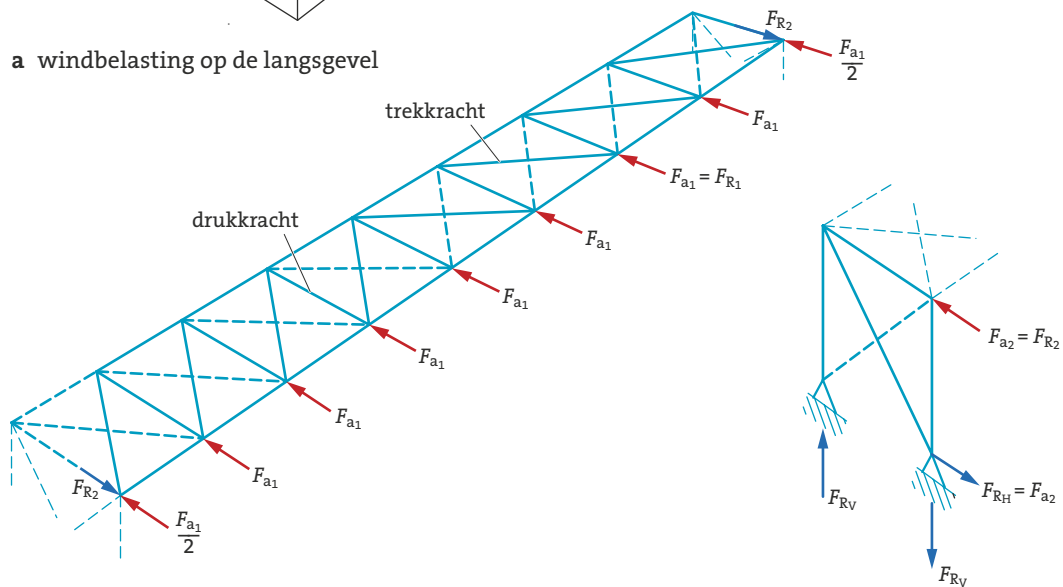


Figuur 15 Kruisvormige windverbanden in de gevels (Bron: HDK)

In figuur 16a zijn de kolommen aan de onderkant aan de fundering en aan de bovenkant aan de hoofdligger scharnierend bevestigd. De kolom neemt de op het rode oppervlak werkende windbelasting op. Hierdoor ontstaan actie- en reactiekrachten. Aan de onderkant wordt de reactiekracht F_{R1} overgedragen aan de fundering. De bovenste reactiekracht F_{R1} wordt als actiekracht F_{a1} overgedragen aan de dakligger van het raamwerk. De dakliggers zijn via de koppelbalken – in dit geval de gordingen – aan elkaar gekoppeld. In de vakken die zo ontstaan, zijn de windverbandstaven diagonaal aangebracht. Het geheel vormt een vakwerkligger (zie figuur 16b). De gestippelde staven nemen de krachten op als de windrichting omkeert. De vakwerkligger geeft in de kopgevels zijn reactiekracht F_{R2} ($= 8 \times F_{a1}/2$) door als actiekracht F_{a2} aan het windverband in de kopgevel. Dit windverband bestaat uit de twee kolommen en de diagonaalstaven en voert deze kracht af naar de fundering (zie figuur 16c). Zo wordt de windbelasting op de bovenste helft van de langsgevel via het windverband in het dak en in de kopgevels afgevoerd naar de fundering van de kopgevels.



a windbelasting op de langsgevel



b krachtenspel windverband dakvlak

c krachtenspel windverband kopgevel

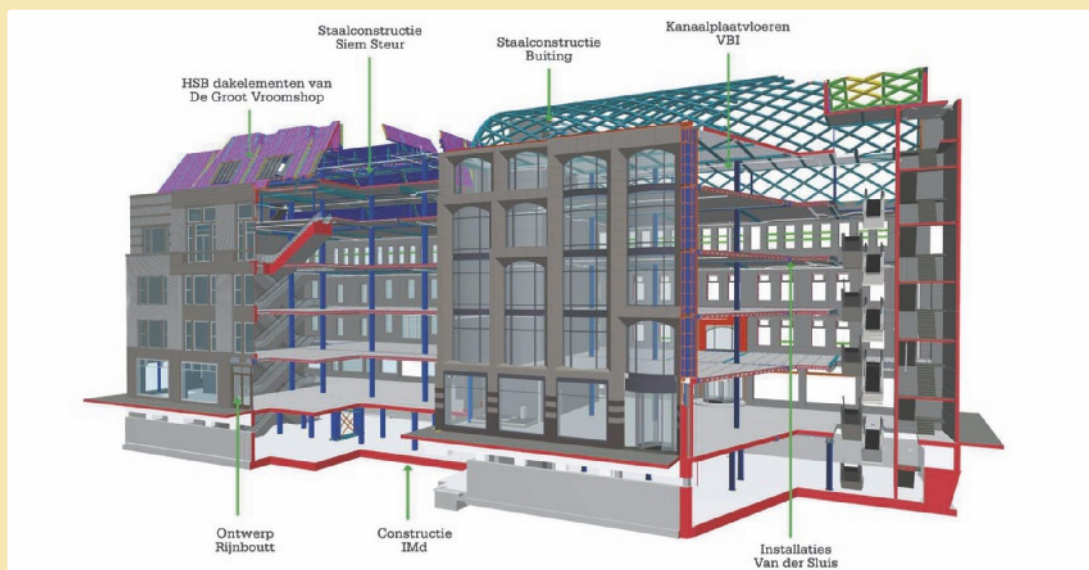
Figuur 16 Werking windverband bedrijfshal (Bron: J.H. Jonkeren, © Tiekstramedia)

Software en automatisering

In de bouw wordt steeds vaker gewerkt met een BouwInformatieModel (BIM), een digitaal 3D-model van een constructie waarin alle bouwpartners hun informatie verwerken. Niet alleen het staalconstructiebedrijf, maar bijvoorbeeld ook de leverancier van de dak- en gevelbeplating en de installateur. Door alle informatie in één model te plaatsen, ontstaat een betere samenwerking tussen de verschillende bouwpartners. Bovendien worden fouten voorkomen, de bouwtijd wordt verkort en de bouwkosten worden gereduceerd omdat alle informatie voor iedereen toegankelijk is.

Praktijkvoorbeeld: BouwInformatiemodel (BIM)

In figuur 17 zie je een BIM van een gebouw met daarin in verschillende kleuren aangegeven de inbreng van de verschillende bouwpartners.



Figuur 17 BIM met daarin aangegeven de verschillende bouwpartners (Bron: Rijnboutt.nl)

In figuur 18 zie je links een onderdeel van het BIM. De oranje onderdelen zijn de luchtleidingen, de blauwe bijvoorbeeld vloeistofleidingen en in bruin de staalconstructie.



Figuur 18 BIM en hoe het er in de praktijk uit komt te zien (Bron: Lanmarservices.com)

Staalconstructiebedrijven werken vaak met een **3D-CAD-systeem** dat gekoppeld is aan het BIM. Voor een staalconstructiebedrijf betekent dit dat van het ontwerp tot de montage de geometrie van het gebouw, profieieigenschappen, tijdelijke veiligheidsvoorzieningen tijdens de bouw, verbindingstypen en materialen in het systeem zijn opgenomen. Als er iets verandert aan de constructie worden alle productietekeningen automatisch aangepast. Het 3D-model geeft inzicht in de ruimtelijke vorm van de constructie. De constructeur kan bijvoorbeeld zien waar knelpunten kunnen (gaan) ontstaan bij de verbindingen.

TouchTech – Techniek die je raakt

Dit boek is onderdeel van TouchTech, een complete modulaire methode voor mbo Techniek niveau 3 en 4. Dit standaardboek is opgebouwd uit een aantal opeenvolgende modules van één vakgebied. TouchTech is in boekvorm, als boek OpMaat en digitaal beschikbaar. TouchTech heeft een breed aanbod van circa 400 modules voor de vele vakgebieden in de elektrotechniek, werktuigkunde en mechatronica.

Het leerwerkboek Constructie 1 omvat tien modules over constructiewerken. Deze modules geven de theoretische basis voor staalconstructies, dak- en gevelsystemen, hoofdliggers en vloersystemen. Ook is er aandacht voor het samenstellen/ontbinden van krachten en voor evenwicht van krachten en momenten.

Learning by doing

De serie TouchTech helpt de verbinding te maken tussen theorie en praktijk. Elke module start met kernvragen (leerdoelen), zodat je weet wat je gaat leren. Binnen elke module wordt beknopte theorie gekoppeld aan praktijkvoorbeelden. Na de theorie volgen korte verwerkings- en toepassingsopdrachten om de lesstof eigen te maken en de relatie met de praktijk te leggen.

Anytime/anywhere

Met deze nieuwe serie is de benodigde theorie anytime/anywhere beschikbaar. De theorie is beschikbaar in modules op onderwerp, zodat je eenvoudig kunt beschikken over alleen de theorie die je op dat moment nodig hebt tijdens lessen, praktijkopdrachten en projecten.

Bewezen didactiek

De didactische opbouw van elke module is gebaseerd op het zesleerfasenmodel: na een introductie vanuit de praktijk volgt de theorie, verduidelijkt met praktijkvoorbeelden. In het tweede deel ga je aan de slag met verwerkingsvragen, toepassingsvragen en tenslotte met de evaluatie en reflectie.

Diversiteit aan leermiddelen

TouchTech is leverbaar op papier of digitaal in een volgorde die jij wilt. De opzichzelfstaande modules zijn samen te stellen tot maatwerkreaders, maar ook als standaardboek (leerwerkboek) met vaste volgorde per vakgebied te bestellen. Digitaal is de methode als licentie beschikbaar voor scholen, waarbij zelf een curriculum samengesteld kan worden uit het brede aanbod van modules.

TouchTech bevat modules die onder andere geschikt zijn voor de kwalificaties:

- Middenkader Engineering
- Elektrotechnische installaties
- Mechatronica
- Human Technology
- Werktuigkundige installaties

Auteurs:

J.H. Jonkeren
G. Siemens

Eindredactie:

J. Gerrits
H. Hebels



9 789006 140972