



Kostenbewust Bouwen met Staal



Inhoud

Vooraf	3
Kostenbewust bouwen met staal	4
Bouwkundig Programma van Eisen	7
Gevelontwerpen	8
Constructief Programma van Eisen	9
Vergelijking ruwbouwkosten	10
Voordelen van de staalconstructie	12
Constructief ontwerp in beton	16
Constructief ontwerp in staal	17

Deze brochure geeft opdrachtgevers, ontwerpers, bouwadviseurs en bouwkosten-deskundigen informatie over de kosten van een stalen draagconstructie voor twee- en drielaagse kantoorgebouwen.

Voor een standaard drielaags kantoorgebouw presenteert de brochure twee vergelijkbare ontwerpen van een betonnen en van een stalen draagconstructie. Bij beide ontwerpen zijn de ruwbouwkosten onderling vergeleken.

Colofon

Samenstelling: Harry Evers, IDCS bv, Hoofddorp, en Ralph Hamerlinck en Arend Dolsma, Bouwen met Staal, Rotterdam.

Vormgeving en grafische productie: Schelkers communicatie, Rotterdam

Uitgave: © Bouwen met Staal, Rotterdam, april 2003



Groothandelsgebouw A-4.194

Stationsplein 45

Postbus 29075

NL - 3001 GB Rotterdam

tel. +31(0) 10 411 50 70

fax +31(0) 10 412 12 21

e-mail info@bouwenmetstaal.nl

internet www.bouwenmetstaal.nl

Vooraf

Staal, beton, steen en hout. In de huidige ontwerp- en bouwpraktijk komen deze vier materialen meestal in aanmerking voor de draagconstructie van gebouwen. Staal is al enige jaren het favoriete materiaal voor de draagconstructie van utiliteitsgebouwen met twee of drie lagen; zoals bedrijfs- en kantoorgebouwen. Vaak omdat een staalconstructie – juist voor deze categorie gebouwen – het meest economische alternatief blijkt. Hierbij maakt één pluspunt van het bouwen met staal doorgaans het onderscheid. De kosten van materiaal, (pre)fabricage, montage, eventuele conservering, en aanvullende brandwerende voorzieningen van de staalconstructie zijn relatief gering. Het resultaat: lagere kosten per vierkante meter vloeroppervlak.

Foto: Hans Moolenaar, Den Haag



Foto: Harry Noback, Deventer



Een staalskelet: een logische draagconstructie voor twee- en drielaagse kantoor- en bedrijfsgebouwen.

[1] Kantoorvilla's Capelle a/d IJssel (2002).

Architectuur: Bureau voor Stedebouw en Architectuur Wim de Bruijn.

[2] Bedrijfsgebouw Potgieter, Heino (2002).

Architectuur: Architectuurstudio SITEC, Zwolle.

[3] Kantoorgebouw Goldewijk, Eibergen.

Architectuur: Architectenbureau Rob Klein Goldewijk, Eibergen

[4] Kantoor met showroom Pon Mobiel, Leusden.

Architectuur: Jacobs Architecten, Eindhoven.

[5] Kantoor Janssen Staalbouw, Horst.

Architectuur: Architectenburo Vissers, Eindhoven.

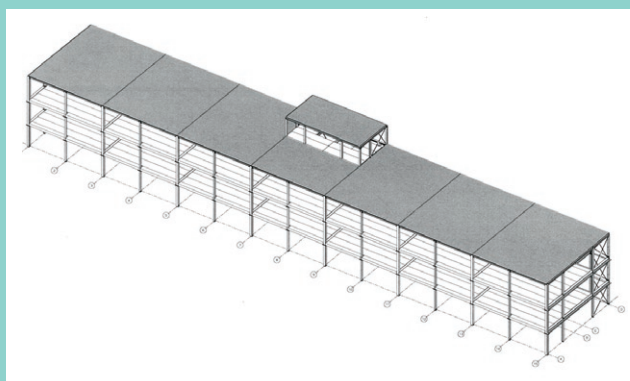
KOSTENBEWUST BOUWEN MET STAAL

BLIK OP KOSTEN Andere kostenvoordelen van een staalconstructie komen aan het licht bij een meer brede, integrale kostenbenadering. Hierbij worden de kosten van de draagconstructie (skelet, vloeren en dak) gezien in relatie tot de totale directe bouwkosten van het gebouw, inclusief fundering, gevel, binnenwanden en installatietechniek. Daarnaast wordt gekeken naar de invloed van de constructie op de indirecte bouwkosten – zoals bouwplaatskosten, huur van hulpconstructies en transportmiddelen – én de kosten van het gebouw in de gebruiksfase voor eigenaren en maatschappij; bijvoorbeeld onderhoud en milieubelasting.

Door aan de hand van het (voorlopig) constructief ontwerp met een ruime blik te kijken naar eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van een staalconstructie komen bekende en minder bekende kostenfactoren én kostenvoordelen in hun onderlinge samenhang naar voren.

Een voorbeeld. Een stalen draagconstructie heeft een geringer eigen gewicht. Hierdoor is te besparen op kosten van de fundering maar óók op transport, bouw materieel en hulpconstructies.

Een tweede voorbeeld. Door een skeletvormige stalen draagconstructie ontstaan vrij indeelbare en aanpasbare plattegronden. Tijdens ontwerp, bouw, gebruik én na dertig jaar zijn veranderingen aan het gebouw – van afbouw, inbouw en installaties – eenvoudig en tegen relatief geringe kosten door te voeren. Bovendien wordt zo de economische levensduur van het gebouw verlengd. En dat leidt tot een belangrijke reductie van kosten voor het milieu: niet eenvoudig in harde Euro's uit te drukken.



Het standaard drielaags kantoorgebouw: referentiemodel voor de kostenvergelijking tussen staal en prefab beton.

DE KOSTEN VAN STAALCONSTRUCTIES Toch hangt de materiaalkeuze voor de draagconstructie van twee- en drielaagse gebouwen in de praktijk vooral (en soms uitsluitend) af van de ruwbouwkosten van de verschillende materialen. Voor een afgewogen, gefundeerde keuze is informatie over deze kosten onontbeerlijk. Soms is de beschikbare kosteninformatie over betonconstructies gedetailleerder en betrouwbaarder dan de informatie over staal. In enkele gevallen valt hierdoor de keuze op beton. Soms misschien wel onterecht.

Daarom geeft deze brochure de ruwbouwkosten van een stalen draagconstructie voor een 'standaard' drielaags kantoorgebouw: een praktisch referentiemodel, ontworpen door Jacobs Architecten.

De ruwbouwkosten omvatten de kosten van het skelet, vloeren, dak, conservering en brandwerende bekleding, exclusief fundering. Deze kosten worden vergeleken met die van een draagconstructie in prefab beton. Hiertoe hebben gerenommeerde ingenieursbureaus twee overeenkomstige constructief ontwerpen gemaakt. In beide ontwerpen bestaat de vloer uit betonnen kanaalplaten; de meest gebruikelijke vloer bij utiliteitsbouw tot en met drie lagen. Het dak is in beide varianten van staal. Erkende toeleveranciers hebben de ontwerpen van prijzen voorzien.

VOORDELEN VAN INTEGRATIE Het constructieconcept 'staalskelet met geïntegreerde stalen liggers' kent diverse – soms onvermoede – economische pluspunten. Bij dit concept zitten de liggers óf geheel in de vloerconstructie óf alleen de platte onderflens van de ligger komt onder de vloer uit. Een opbrengst van deze bouwkundige integratie is een lagere hoogte van de vloerconstructie en



Geïntegreerde stalen liggers met kanaalplaatvloeren en staalplaat-betonvloeren.

daarmee de optie van een lagere (bruto) verdiepinghoogte. Hierdoor zijn bijvoorbeeld meer verdiepingen binnen de gegeven bouwhoogte mogelijk, zoals bij kantoorgebouw Opus in Roosendaal. Binnen de maximale bouwhoogte van 12 m zijn tóch vier bouwlagen gemaakt door toepassing van de Infra+-vloer. De vloerconstructie is slechts 0,4 m hoog bij een vrije overspanning van 9 m.



*Kantoorgebouw
Opus, Roosendaal.
Architectuur:
Snelder Vola Petit
Architecten,
Maastricht.*

De prefab Infra+-vloer bestaat uit een betonnen onderplaat met gedeeltelijk ingestorte stalen IPE-liggers. Leidingen en kabels lopen ín de vloer; in beide richtingen: tussen de liggers en door de sparingen in de liggers. De leidingenintegratie heeft pluspunten in diverse 'levensfasen' van een gebouw. Bijvoorbeeld:

- ▶ Bij het bouwkundig indelen zitten de installaties niet in de weg;
- ▶ Tijdens ruw- en afbouw kan de installateur op elk moment – onafhankelijk van bouwwerkzaamheden – de leidingen in de vloer aanbrengen;
- ▶ In de gebruiksfase zijn de leidingen via openingen in de afdekplaten altijd eenvoudig bereikbaar voor installatietechnische wijzigingen, bijvoorbeeld vanwege het herindelen van het gebouw voor ander gebruik of een andere functie.

OOK VOORDELIG: HOGERE UTILITEITSBOUW MET STAAL Voor twee- en drielaagse utiliteitsgebouwen én éénlaagse gebouwen, zoals hallen en loodsen, is staal een vanzelfsprekend materiaal voor de draagconstructie. De hogere utiliteitsbouw – ‘verdiepingbouw’ van vier lagen of meer – is het domein van beton. Vooralsnog, want de toepassingen van staal worden steeds talrijker. Sinds begin jaren ‘90 is de stalen draagconstructie binnen de verdiepingbouw bezig met een opmars. Een belangrijke impuls geeft de toenemende vraag van opdrachtgevers naar flexibele gebouwen: vrij indeelbaar en aanpasbaar aan andere gebruiksvormen en functies. Staalskeletbouw met lichte stalen vloeren is dan een verantwoorde keuze voor ‘return on investment’ op langere termijn: latere gebouwwijzigingen zijn mogelijk zónder diepgaande investeringen. Op kortere termijn wordt de investering vooral terugverdiend door de hoge bouwsnelheid van staalskeletbouw, onder meer dankzij prefabricage, maatvastheid en het geringe gewicht van de elementen. Een hoge bouwsnelheid betekent een kortere bouwtijd met diverse kostenvoordelen.

Naarmate de gebouwhoogte toeneemt, gaat reductie van constructiegewicht zwaarder wegen. Het geringe gewicht van een stalen draagconstructie vertaalt zich direct in belangrijke besparingen op de fundering. Vooral bij toepassing van geïntegreerde liggers gaat de gewichtsreductie samen met een geringe constructiehoogte. Hierdoor is bij hogere gebouwen te besparen op kosten van gevelconstructies. Bij hogere gebouwen is het onderwerp ‘brandwerendheid van de staalconstructie’ niet langer een heet hangijzer. Voor de hoofdconstructie van utiliteitsgebouwen waarin niet wordt overnacht, is in het Bouwbesluit 2003 de brandwerendheidseis van 90 minuten geschrapt. Hierdoor wordt het economischer om ook hogere gebouwen – zoals kantoren – in staal uit te voeren. De extra investeringen in brandwerende voorzieningen zijn namelijk niet meer nodig. Om te voldoen aan de eis van 60 minuten – dezelfde eis die al jaren geldt voor twee- en drielaagse gebouwen – zijn er diverse, kostenefficiënte mogelijkheden om de staalconstructie brandwerend te maken. Zowel bij bouwkundig integratie van het staal als bij staal in het zicht. De conclusies in deze brochure over de prijs van een staalconstructie voor twee- en drielaagse kantoorgebouwen gelden daarom in toenemende mate ook voor hogere kantoorgebouwen tot 70 m.



Foto: Hans Moolenaar, Den Haag

De 135 m hoge Rembrandt-toren in Amsterdam (oplevering: 1995) is het eerste gebouw in Nederland bóven 100 m met een staalskelet en staalplaat-betonvloeren. Voornaamste argumenten om voor staal te kiezen: hoge bouwsnelheid, een beperkt eigen gewicht en een geringe constructiehoogte. Architectuur: ZZ+P Architecten, Amsterdam.



Foto: Studio George Terberg, IJsselstein

Het hoofdkantoor van Hoesch Bouwsystemen in Veenendaal (oplevering: 1999) telt drie bouwvolumes in één staalskelet met kanaalplaatvloeren. Voornaamste argumenten om voor staal te kiezen: hoge bouwsnelheid, beheersbaar bouwproces en een opvallende verschijningsvorm, compleet met ‘zwevend’ bouwdeel. Architectuur: Architectenburo Bronsvort, Nieuwegein.

BOUWKUNDIG PROGRAMMA VAN EISEN



Jacobs Architecten gaf het standaard kantoorgebouw vier verschillende verschijningsvormen. Bij elk vorm is de gebouwopzet hetzelfde.

Het standaard kantoorgebouw heeft de gebruikelijke beukmaat van 12,6 m en een gevelstramienmaat van 5,4 m. Het gebouw is veertien stramienen lang en meet 75,6 m. Het totaal bruto vloeroppervlak bedraagt zo'n 2850 m²; de drie bouwlagen zijn elk ca. 950 m². Elke bouwlaag is apart te verhuren. Door de centraal geplaatste entree is één bouwlaag ook aan twee gebruikers aan te bieden. Het gebouw leent zich voor meerdere functies.

De skeletvormige gebouwstructuur biedt een optimale indelingsvrijheid van plattegronden en gevels op een standaardmaat van 1,8 m. Tweeënveertig stramienen lopen in lengterichting en zeven in dwarsrichting van het gebouw. Gekozen is voor een indeling als cellenkantoor. Maar ook andere, meer eigentijdse kantoorconcepten zijn in het gebouw toepasbaar. De 5,4 m diepe kantoren liggen aan beide langsgevels en de middengangzone is 1,8 m breed. Hierdoor zijn de middenkolommen op te nemen in de gangwand. Bij hart op hart afstanden van 10,8 m, blijft het aantal inpandige kolommen beperkt tot zes op de begane grond en zes op de eerste verdieping. De tweede verdieping heeft geen inpandige kolommen.

Bij een bruto verdiepingshoogte van 3400 mm bedraagt de vrije verdiepingshoogte 2700 mm. Constructie- en afwerkvloer nemen gezamenlijk slechts maximaal 380 mm in beslag. Hierdoor blijft 320 mm over voor plafond en installaties.

GEVELONTWERPEN



Door variaties in opbouw en materiaalgebruik van de gevels, oogt het standaard gebouw níet standaard.

Voor het standaard kantoor heeft Jacobs Architecten vier verschillende gevels ontworpen. Uitgangspunt bij de ontwerpen is een gevelstramienmaat van 5,4 m en een vrije indeelbaarheid op een (standaard) stramien van 1,8 m.

Het viertal ontwerpen staat model voor het scala aan geveltypen en gevelmaterialen, dat is toe te passen dankzij de skeletvormige gebouwstructuur. Bij een stalen draagconstructie ligt een meer transparante gevel – geënt op het constructiemateriaal – wellicht het meest voor de hand. Maar in een staalconstructie past ook een meer traditionele, ‘dichte’ gevel van baksteen of beton, al of niet in gecombineerd met ‘open’ materialen als glas, aluminium en staal.

Het constructief ontwerp van de stalen draagconstructie in deze brochure voorziet in consoles voor bevestiging van de gevel aan de kolom. In het betonontwerp zijn nog geen extra voorzieningen voor gevelmontage opgenomen. Deze voorzieningen brengen extra kosten met zich mee.

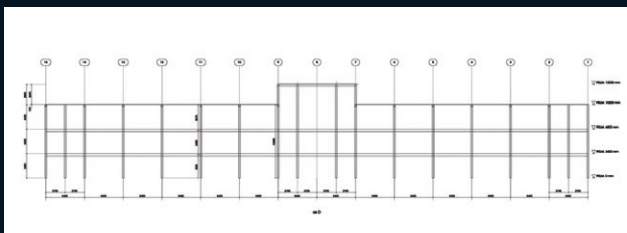
CONSTRUCTIEF PROGRAMMA VAN EISEN

Voor het berekenen van de constructies is gebruik gemaakt van de TGB 1990: 1997. Voor het betonontwerp is de normenserie NEN 6720 gehanteerd. De staalconstructie is berekend met de NEN 6770 (Staalconstructies – Algemeen), 6771 (Staalconstructies – Stabiliteit), 6772 (Staalconstructies – Verbindingen), en 6072 (Staalconstructies – Brand).

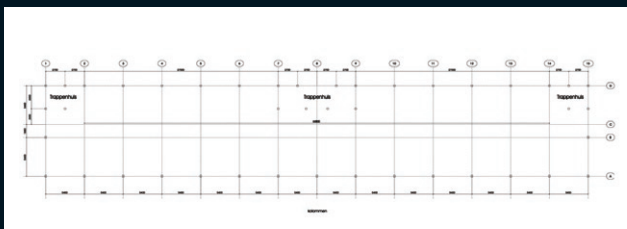
De belastingen en toelaatbare vervormingen zijn bepaald met de NEN 6702 (Belastingen en vervormingen). Daarbij is veiligheidsklasse 3 aangehouden: voor gebouwen waar een relatief kleine kans op falen van de constructie is toegestaan. De referentieperiode is vijftig jaar. Dat is de periode waarin de constructie betrouwbaar en bruikbaar moet blijven. Windbelastingen zijn bepaald volgens gebied II, bebouwd.

Voor het dak is uitgegaan van een licht stalen dak met isolatie. Het uitgangspunt voor de verdiepingvloeren is een kanaalplaatvloer van 320 mm dik met een 60 mm dikke afwerkvloer, voor 10,8 m overspanning in langsrichting óf 12,6 m in dwarsrichting. Voor de vloer van de dakopbouw – met een overspanning van 2,7 m – dient 150 mm kanaalplaat met 70 mm afwerklaag. De tussenwanden zijn lichte metal stud scheidingswanden.

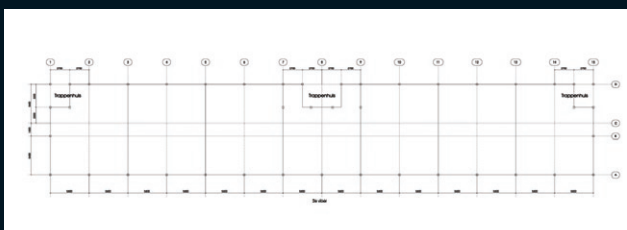
Belastingen	Permanente belasting (inclusief lichte scheidingswanden)	Veranderlijke belasting
Dak	0,4 kN/m ²	volgens NEN 6702
Verdiepingvloer	6,7 kN/m ²	3,0 kN/m ²
Vloer dakopbouw	4,0 kN/m ²	5,0 kN/m ²
Gevel	4,5 kN/m ²	



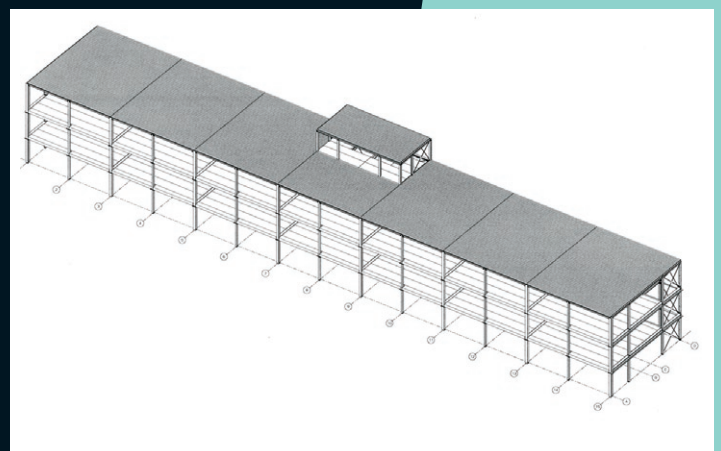
Langsaanzicht



Plattegrond kolommen/begane grond



Plattegrond verdiepingvloer



3D perspectief draagconstructie

VERGELIJKING RUWBOUWKOSTEN

De prijzen van een draagconstructie in prefab beton en in staal zijn gebaseerd op offertes van marktpartijen. Peildatum van de verstrekte informatie is januari 2003. De prijzen betreffen de ruwbouw van het standaard kantoor. Hieronder vallen het leveren en monteren van skelet, vloeren en dak. Ook zijn bedragen opgenomen voor het constructief ontwerp en engineering. Niet meegerekend zijn de fundering, bouwkundige onderdelen, zoals gevels en binnenwanden, en installatietechniek.

BETONSKELET De prijs van de prefab betonconstructie komt voort uit een offerte van een grote prefab betonleverancier. De offerte is opgesteld op basis van het constructief ontwerp, dat op zijn beurt berust op het bouwkundig en constructief programma van eisen. De betonprijzen zijn inclusief stel- en hijsvoorzieningen, schroefhulzen, gains en stekankers voor de hoofddraagconstructie.

STAALSKELET De prijs van de staalconstructie is het gemiddelde van tien offertes bij staalconstructiebedrijven. Voor de offertes is gebruikt gemaakt van het constructief ontwerp, eveneens geënt op het bouwkundig en constructief programma van eisen. Bij het vaststellen van de gemiddelde prijs zijn de hoogste en laagste aanbieding buiten beschouwing gelaten. De staalconstructieprijs omvat fabricage, conservering, transport, montage en engineering van de hoofddraagconstructie. Ook zijn de bevestigingsmiddelen voor het staalskelet – ankers en stelmallen – meeberekend. Daarnaast is een aparte prijs gegeven voor het brandwerend bekleden van de kolommen. De geïntegreerde stalen liggers voldoen zonder brandwerende bekleding aan de brandwerendheids-eis van 60 minuten voor de hoofddraagconstructie.

VLOEREN De begane grondvloer (960 m²) is in beide ontwerpen hetzelfde en daarom hetzelfde geprijsd. De verdiepingvloeren (in totaal 1.800 m²) zijn kanaalplaatvloeren. De prijzen hiervan zijn verstrekt door een grote kanaalplaatlevancier. De leveringskosten zijn voor beide ontwerpen gelijk. De kosten voor het leggen vallen bij het betonontwerp lager uit door het gebruik van langere platen. Hierdoor zijn minder elementen nodig. Bij het betonontwerp staan ook de kosten vermeld voor het verankeren van de platen aan de constructie en voor het aanstorten om zo een horizontale schijf te krijgen. Bij het staalontwerp werkt de vloer niet als horizontale schijf. Hierdoor blijven de kosten van de verdiepingvloeren beperkt tot het vullen van de langsvogen en bij de liggeropleggingen. De vulkosten zijn beperkte meerkosten bij de afwerkvloer. Het vullen gebeurt namelijk tijdens het aanbrengen van deze vloer en dient onder meer voor de akoestiek. De voegvullingen spelen een beperkte constructieve rol.

DAK In beide ontwerpen bestaat de bovenste laag van het gebouw uit een staalconstructie met stalen dakopbouw en staaldak (960 m²). Voor deze constructie zijn dezelfde kosten voor levering en montage aangehouden. In het staalontwerp zijn de constructies van dakvlak en -opbouw meeberekend. In het betonontwerp zijn deze constructies als aparte posten opgevoerd.

CONSTRUCTEUR Bij het staalontwerp geldt een hogere vergoeding voor de constructeur, vanwege de engineering. Bij de prefab betonconstructie wordt de engineering verzorgd door de leverancier.

KOSTEN PER M² BVO

	Totale ruwbouwkosten (in €)	Kosten per m ² (in €)
Betonontwerp	342.000	120
Staalontwerp	281.000	99
Conclusie: het staalontwerp is 22% goedkoper.		

Staalontwerp					Betonontwerp				
Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheids-prijs	Prijs	Prijs/m ² bvo	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheids-prijs	Prijs	Prijs/m ² bvo
Staaldak – levering	960 m ²	7.500			Staaldak – levering	960 m ²		7.500	
Staaldak – montage	960 m ²	4.500			Staaldak – montage	960 m ²		4.500	
<i>Staaldak – subtotaal</i>	<i>960 m²</i>	<i>12,50</i>	<i>12.000</i>	<i>4,21</i>	<i>Staaldak – subtotaal</i>	<i>960 m²</i>	<i>12,50</i>	<i>12.000</i>	<i>4,21</i>
Staalskelet	101.250 kg	1,07	108.000	37,89	Betonskelet BG+1e verd.			150.000	52,63
inclusief montage					inclusief montage				
					Staalconstructie dakvlak	12.000 kg	0,75	9.000	3,16
Brandwerende	183 m ¹	35,00	6.400	2,25	Staalconstructie dak-	3.000 kg	1,50	4.500	1,58
kolombekleding					opbouw				
<i>Draagconstructie –</i>			<i>114.400</i>	<i>40,14</i>	<i>Draagconstructie –</i>			<i>163.500</i>	<i>57,37</i>
<i>subtotaal</i>					<i>subtotaal</i>				
Kanaalplaat	1.800 m ²	40,00	72.000	25,26	Kanaalplaat	1.800 m ²	40,00	72.000	25,26
verdiepingen – levering					verdiepingen – levering				
Kanaalplaat	1.800 m ²	7,33	13.200	4,63	Kanaalplaat	1.800 m ²	5,55	10.000	3,51
verdiepingen – leggen					verdiepingen – leggen				
Vullen voegen		2,50	4.500	1,58	Verankeringen en	1.800 m ²	13,00	23.400	8,21
(meerkosten					aanstortingen				
afwerkvloer)									
<i>Verdiepingsvloeren –</i>		<i>49,83</i>	<i>89.700</i>	<i>31,47</i>	<i>Verdiepingsvloeren –</i>		<i>58,55</i>	<i>105.400</i>	<i>36,98</i>
<i>subtotaal</i>					<i>subtotaal</i>				
<i>Begane grond vloer –</i>	<i>960 m²</i>	<i>48,00</i>	<i>46.000</i>	<i>16,14</i>	<i>Begane grond vloer –</i>	<i>960 m²</i>	<i>48,00</i>	<i>46.000</i>	<i>16,14</i>

Kosten ruwbouw standaard kantoor in staal en prefab beton (in euro's)

subtotaal

subtotaal

Constructeur –

15.000

Constructeur –

19.000

6,67

subtotaal

subtotaal

Totaal staalontwerp

281.100

98,63

Totaal betonontwerp

341.900

119,96

RUWBOUWKOSTEN IN PERSPECTIEF Afhankelijk van de verkozen constructie – in beton of in staal – komen de kosten van ruwbouw (exclusief fundering) van het standaard drielaags kantoorgebouw uit op € 99 of € 120 per m² bvo. In het DACE Prijzenboekje, 2002, staan de richtprijzen voor de totale (directe) bouwkosten van zo'n kantoorgebouw: van € 915 tot € 1475 per m², afhankelijk van de beoogde representativiteit (esthetica) van het kantoorgebouw. De ruwbouwkosten bedragen hiermee slechts 7 tot 13% van de totale bouwkosten. Veel grotere aandelen in de totale bouwkosten hebben de gevelbouw, binnenafbouw en installatietechniek. Door bij de materiaalkeuze voor de constructie óók te kijken naar effecten van de materiaaltoepassing op deze andere kostencomponenten (een meer integrale benadering van kosten), kunnen aanzienlijke kostenverschillen en -voordelen aan het licht komen. Bij een maatvast staalskelet zijn de kostenbesparingen op de gevelconstructie en gevelmontage bijvoorbeeld een veelvoud van de verschillen in

ruwbouwkosten tussen de verschillende constructies. Een staalskelet met geïntegreerde liggers voorkomt obstakels onder de vloer en zorgt zo voor een forse besparing op installatiekosten. In gebruikelijke bouworganisatievormen (zoals aanbesteding op basis van bestek- en tekeningen) zijn deze integrale kostenvoordelen niet altijd zichtbaar voor de opdrachtgever.



Foto's: Roos Aldershoff, Amsterdam

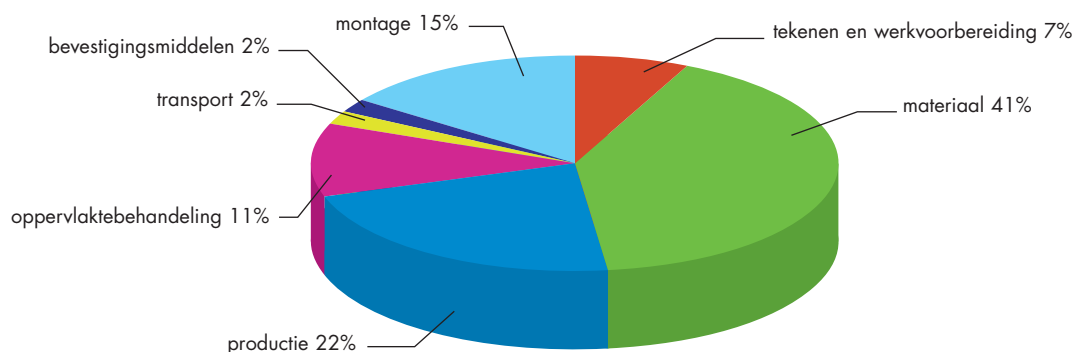


Breitnercenter, Amsterdam in aanbouw (2002).

De gevelelementen zijn met de kraan ingehesen en van binnenuit gemonteerd. Een snelle en kostenbesparende bouwwijze dankzij de maatvasten stalen draagconstructie.

Architectuur: Skidmore Owings Merrill, Londen.

RUWBOUWKOSTEN STAALCONSTRUCTIE IN PERSPECTIEF Vele factoren hebben invloed op de ruwbouwkosten van een staalconstructie. In het constructief ontwerp besparen op het aantal kilo's staal voor de constructie ('ontwerpen op kilo's') brengt niet altijd de meest gunstige prijs met zich mee. Belangrijker voor de prijs zijn de keuze van (eenvoudige) verbindingen en een beperkt aantal constructie elementen. Deze keuzes hebben grote invloed op kosten van fabricage en montage. Verder hebben de keuzes van profielen, staal-soorten en oppervlaktebehandeling hun uitwerking op de kosten. Bij dit staalontwerp van het standaard kantoorgebouw zijn de prijzen optimaal dankzij diverse kostenbewuste keuzes.



Kostenopbouw van het staalskelet van het standaard kantoorgebouw.

VOORDELEN VAN DE STAALCONSTRUCTIE

Lagere (ruwbouw)kosten van fabricage, transport en montage. Dat is – zo blijkt uit de kostenvergelijking in deze brochure – een belangrijk kostenvoordeel van de staalconstructie. Maar de staalconstructie biedt uitzicht op meer en andere kostenbesparingen; inherent aan de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van het 'bouwproduct staal'. Verschillende kostenbesparingen zijn mogelijk in verschillende 'levensfasen' van het gebouw: tijdens ruwbouw, afbouw, gebruik én hergebruik. Bovendien hangen deze besparingen vaak met elkaar samen óf vloeien uit elkaar voort. Een integrale, vooruitziende blik op kosten van een constructie kan daarom heel wat opbrengsten genereren. Enkele economische pluspunten van de staalconstructie op een rij.



Foto's: Willem van Capellen, Krimpen a/d IJssel

KORTE BOUWTIJD De staalconstructie kan één tot twee maanden eerder voltooid zijn dan de betonconstructie. Dat resulteert in zo'n 10% besparing op tijdsgebonden bouwplaatskosten. De (ruw)bouwtijd van de staalconstructie – vanaf fundering tot en met dak – bedraagt vijf weken; inclusief brandwerend bekleden. Dat is twee weken korter dan de betonconstructie. Extra tijdwinst is er in het 'voortraject'. Fabricage en montage van de staalconstructie gaat enkele weken sneller dan van de betonvariant. En bij een goede afstemming op de afbouw verloopt de gevelmontage vlotter dankzij de maatvastheid van de staalconstructie.

BOUWEN IS ASSEMBLEREN Het leeuwendeel van de ruwbouwkosten bestaat uit uitvoeringskosten; dat is zo bij elke constructie. Bij de staalconstructie zijn de montagekosten lager en daarmee de totale ruwbouwkosten, dankzij de verdergaande prefabricage van de constructiedelen onder geconditioneerde omstandigheden. Wat overblijft, is een snelle, droge assemblage op de bouwplaats. De directe en indirecte besparingen op montagekosten zijn legio: minder uren, minder reiskosten, geen oponthoud door onwerkbaar weer, minder transport, beperkte kraaninzet en geen dure hulpconstructies zoals steigers en bekistingen.

LICHT GEWICHT De staalconstructie heeft een geringer eigen gewicht. Hierdoor is te volstaan met een lichtere fundering. Bij het standaard drielaags kantoor bedraagt de besparing op funderingskosten 10–15%. Uiteraard heeft het lichte gewicht van staal ook een positieve uitwerking op de transport- en montagekosten. Staal is bovendien in het voordeel bij het bouwen op slechte ondergronden of op kleinschalige locaties, door de combinatie van gering gewicht en handzaam formaat van de constructiedelen.

LEIDINGENINTEGRATIE Leidingenintegratie is een treffend voorbeeld van integraal op kosten besparen. Door de geïntegreerde stalen liggers is een lagere verdiepinghoogte mogelijk. Hierdoor zijn meer verdiepingen binnen dezelfde bouwhoogte te bouwen. De opbrengst: zo'n 10% meer netto vloeroppervlak (voor verkoop of verhuur). Van deze optie wordt vooral bij hogere gebouwen gebruik gemaakt vanwege het relatief grote kostenvoordeel.

Een lagere verdiepinghoogte resulteert óók in minder gebouwwolume. Hierdoor hoeft minder te worden verwarmd en gekoeld. Het energieverbruik – een belangrijke postenkost in de gebruiksfase van het gebouw – valt hierdoor lager uit. Bij gelijkblijvende verdiepinghoogte is zo'n 1–3% te besparen op totale bouwkosten (incl. afbouw, inbouw en installaties). De installatiekosten vallen lager uit dan bij een constructie zonder geïntegreerde liggers, dankzij de vlakke onderzijde van de vloer. Hierdoor kan de installateur ongehinderd de kanalen en leidingen leggen. In een latere fase (bijvoorbeeld bij herindelen voor ander gebruik) zijn aanpassingen van de installatie eenvoudiger en daarmee goedkoper.



FUNCTIONELE FLEXIBILITEIT De staalconstructie leent zich voor meerdere gebruikers en meerdere functies. Afbouw (gevels) en inbouw (binnenwanden) van de constructie is uitvoerbaar in alle denkbare materialen. Door de strategisch geplaatste entree/trappenhuis en slechts zes, slanke inpandige kolommen per bouwlaag is de plattegrond van het standaard kantoor geheel vrij indeelbaar. Zelfs nèt voor de oplevering is de indeling nog te wijzigen zónder de bouw te vertragen en de bouwkosten te verhogen. Ook de kanaalplaten zijn op elk gewenst moment te verwijderen, bijvoorbeeld voor het maken van vides of een extra trap tussen de verdiepingen. Dat kan, omdat de kanaalplaatvloeren geen integraal onderdeel zijn van de hoofdconstructie: ze werken niet als stijve schijf. Kortom: bij een staalconstructie kan het 'klant-ontkoppelpunt' verschuiven naar de laatste fase van het bouwproces.

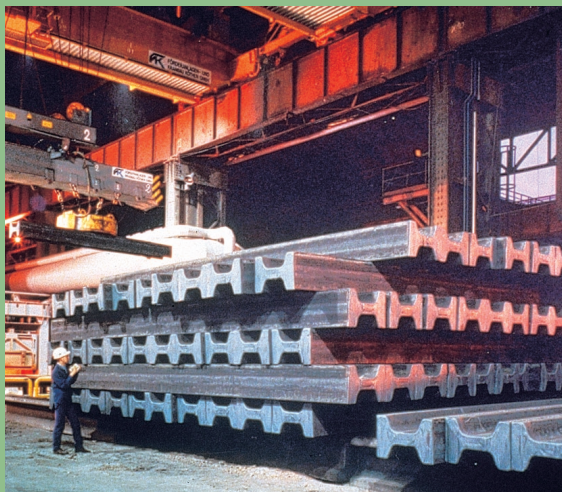
AANPASBAARHEID

De staalconstructie is ontworpen op veranderingen, óók in de toekomst. Veranderingen aan gevels, wanden en installaties tijdens ontwerp- of bouwfase zijn eveneens op een kostenefficiënte manier uit te voeren na twintig of dertig jaar gebruik. Het gebouw is zonder grote investeringen voor te bereiden op nieuw gebruik of nieuwe functies. Hierdoor wordt de economische levensduur van het gebouw verlengd. En dat bespaart de samenleving de nodige kosten voor het milieu.



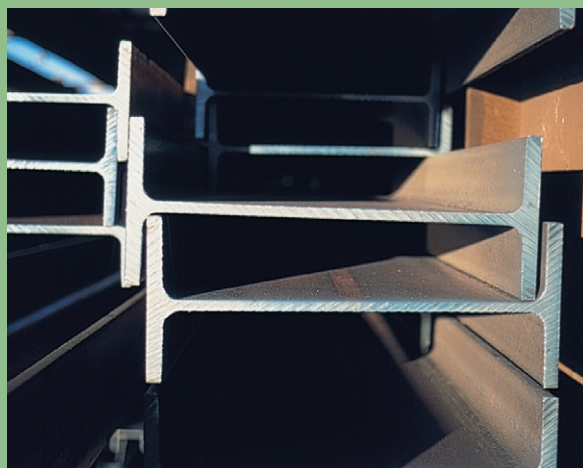
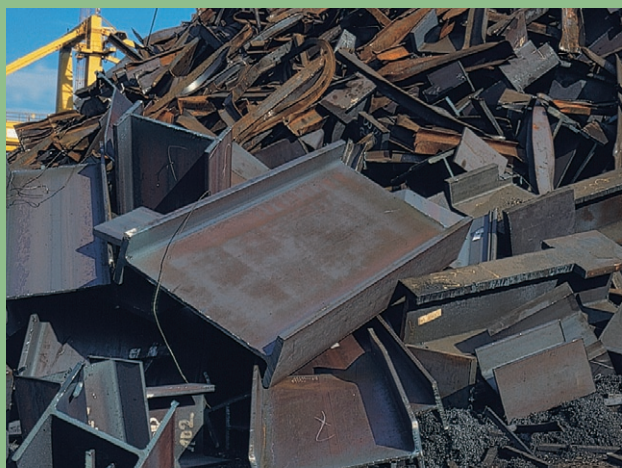
DUURZAAM BOUWEN

Staal is – samen met hout – het meest vriendelijk voor het milieu. Staal dankt zijn gunstige milieuprofiel aan sterke punten als materiaalarm bouwen, weinig bouwafval, materiaalrecycling, hergebruik van bouwdeelen én aanpasbaarheid van gebouwen. Dit profiel wordt duidelijk zicht-



baar in computerprogramma's als Eco-Quantum en Greencalc. Deze programma's bepalen de milieubelasting van bouwmaterialen aan de hand van de levenscyclus van gebouwen (LCA). De milieubelastingindicator van Greencalc geeft bijvoorbeeld aan dat stalen liggers en kolommen het milieu met een factor 2 tot 3 meer ontzien dan betonnen balken en kolommen. Een stalen dak geeft 1/3 van de milieubelasting van een dak van cellenbeton en 1/4 van een dak van kanaalplaten.

Bouwen met staal is – per definitie – demontabel bouwen. Een stalen ligger – bijvoorbeeld – is eenvoudig te verwijderen en na enkele bewerkingen (afkorten, gaten boren, plaat aanlassen) opnieuw te gebruiken als ligger in een andere staalconstructie. Op dit moment wordt zo'n 50% van het balkstaal als bouwproduct hergebruikt. Het andere deel en andere stalen bouwdeelen worden ingezet bij de productie van nieuw staal. Voor bouwconstructies, vliegtuigen, schepen, auto's en blikjes.



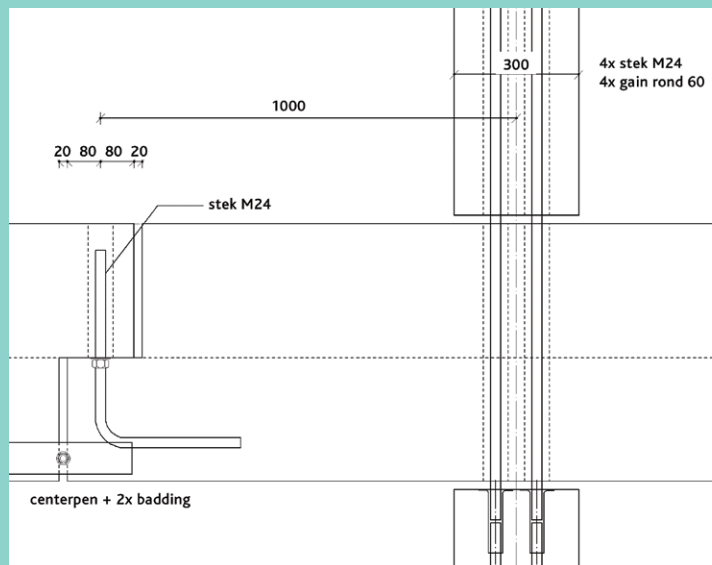
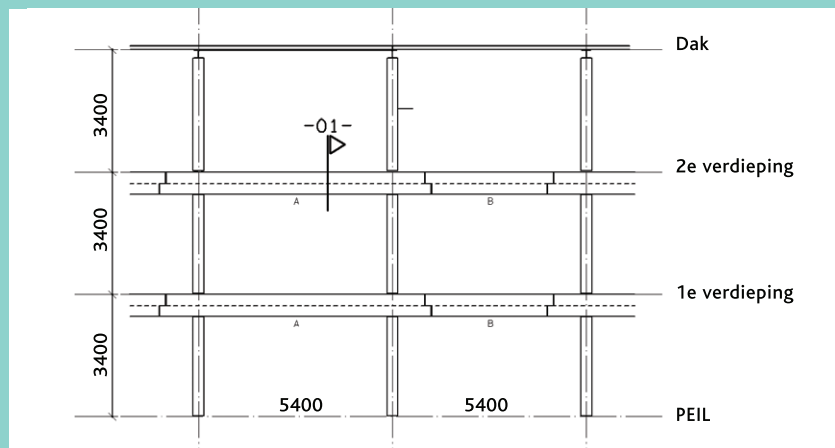
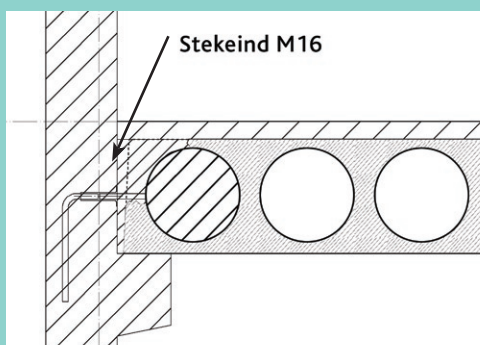
MATERIAALRECYCLING Meer dan 95% van het gebruikte staal in de wereld wordt als materiaal hergebruikt. Door het schroot om te smelten in de hoogovens, ontstaat nieuw staal met gelijke en soms betere eigenschappen dan het oorspronkelijke product. Van 'down cycling' is geen sprake: alle soorten constructiestaal zijn een onbeperkt aantal malen te recyclen zónder verlies van materiaaleigenschappen en sterkte. Een groot deel van alle constructiestaal – waaronder meer dan 80% van het balkstaal – wordt al gemaakt uit schroot. Van bouwconstructies, vliegtuigen, schepen, auto's en blikjes.

CONSTRUCTIEF ONTWERP IN BETON

OPZET Aan de hand van de TGB Beton (de normenserie NEN 6720) is voor het standaard drielaags kantoorgebouw een betonskelet ontworpen van kolommen (300x250 mm) en liggers (640 mm hoog; 200/400 mm breed) in de langsgevels.

De 320 mm dikke kanaalplaatvloeren overspannen 12,6 m van gevel naar gevel, ondersteund door de gevelliggers met tot 400 mm verbrede opleggingen. De kolommen zijn toegerust met 170 kg wapening per m³; de liggers met 210 kg per m³. De betonkwaliteit is B45, milieuklasse 2, grindbeton.

VERBINDINGEN Elke kolom wordt met één stek Ø 24 in een te injecteren gain Ø 60 doorverbonden. De liggers – uitgevoerd als gerberliggers – worden doorgekoppeld met een stek Ø 24. Per kanaalplaat zijn twee stekeinden M16 in de kopsleuven aangebracht en verbonden aan de wapening van de liggers.



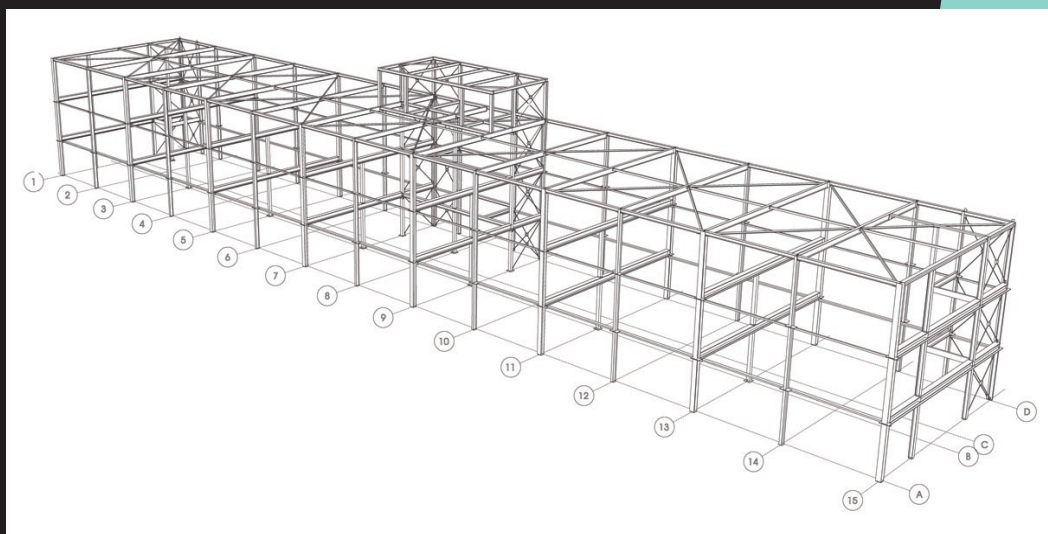
STABILITEIT De constructie is een in langsrichting ongeschoord en in dwarsrichting geschoord raamwerk. In dwarsrichting wordt de stabiliteit ontleend aan vier schijven: betonnen wandelementen van 200 mm dik, met 90 kg wapening per m³. De stabiliteit in langsrichting komt uit de portaalwerking van het betonskelet, met stijve, aangegoten knopen. Daarnaast spelen de vloeren een rol. Als (horizontale) stijve schijf brengen ze de krachten door wind en uit scheefstand over op de stabiliteitsschijven en portalen. De kanaalplaatvloer is uitgevoerd als schijf door een verankering (wapening in kopsleuven en hamerkopsparringen) en aanstorting met beton. De vloer is hierdoor een integraal onderdeel van de hoofd draagconstructie.

BRANDWERENDHEID Het skelet en de kanaalplaten voldoen – bij toereikende betondekking – aan de brandwerendheidseis van 60 minuten voor de hoofd draagconstructie.

DAK De tweede verdieping en het dak zijn ontworpen in staal. Een beschrijving staat onder 'Constructief ontwerp in staal'.

CONSTRUCTIEF ONTWERP IN STAAL

OPZET De berekeningen zijn gemaakt met de NEN 6770, 6771 en 6072. Verder is van toepassing de NEN-ENV 1090-1: 1997 (Het vervaardigen van staalconstructies – deel 1: Algemene regels en regels voor gebouwen). De kolommen in gevel zijn vloerdragende HE280A-profielen en niet-vloerdragende IPE-

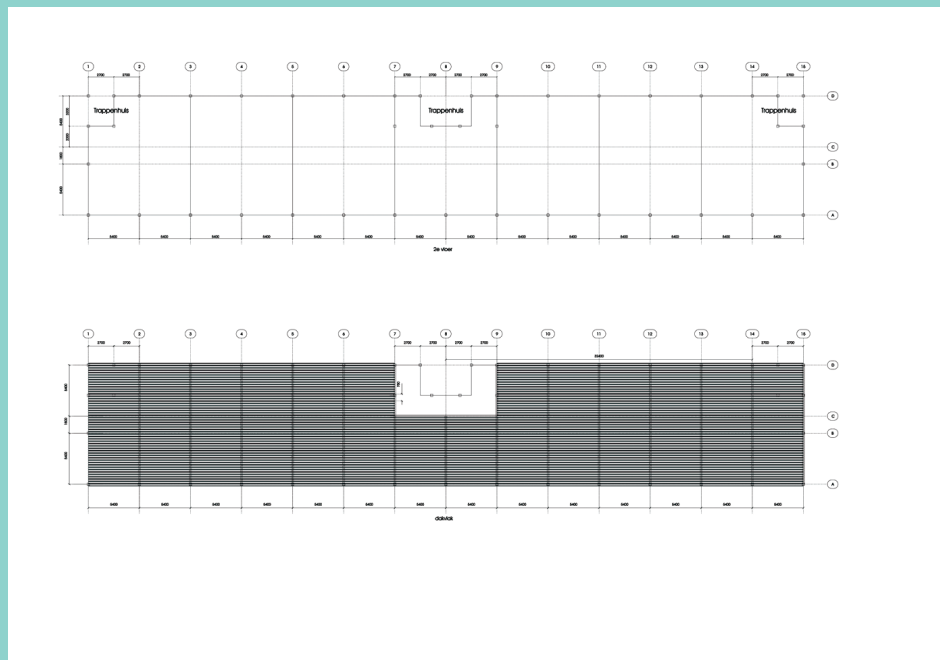


270 profielen. Met een lengte van 10,5 m zijn deze kolommen doorgaand over de drie bouwlagen uitgevoerd. Ze staan op een stramien van 5,4 m en zijn voor de gevelmontage onderling gekoppeld door UNP200 gevelliggers. In het gebouw staan verdiepinghoge kolommen van HE220A profielen – zes op de begane grond en zes op de eerste verdieping – op een stramien van 10,8 m. Op de tweede verdieping blijven inpandige kolommen achterwege. Tussen deze inpandige kolommen en de gevelkolommen zorgen geïntegreerde liggers voor de overspanning van 5,4/7,2 m in dwarsrichting van het gebouw. De geïntegreerde liggers zijn van het type SFB (HE320B) met een ondergelaste plaat van 15 mm dik en 500 mm breed. Hierop liggen de 320 mm dikke kanaalplaten met een overspanning van 10,8 m in langsrichting van het gebouw. Als onderdelen van de hoofdconstructie zijn alle kolommen van staalkwaliteit S235JRG2 (vloeigrens 235 N/mm²) en de geïntegreerde liggers zijn van staalkwaliteit S355J2G3 (vloeigrens 355 N/mm²).

VERBINDINGEN Alle verbindingen zijn eenvoudige, scharnierende verbindingen; óók de verbinding van de kolomvoet in de fundering. Momentvaste verbindingen – bewerkelijk en daardoor duurder – blijven achterwege. Bij het bepalen van de verbindingdetails en bij het tekenen is het aantal verschillende bewerkingen per profiel (boren, ponsen, stellen/hechten/lassen) tot een minimum teruggebracht. Hierdoor wordt aanzienlijk bespaard op kosten van productie en intern transport. De gebruikte bouten hebben kwaliteit 8.8 volgens ISO 898-1 en -2. De ankers bezitten kwaliteit 4.6. Lassen hebben een minimale keeldoorsnede van 4 mm.

STABILITEIT De staalconstructie is een geschoord raamwerk (in langs- en dwarsrichting). Op de hoeken en bij de centrale entree/trappenhuis (de kern) staan in totaal vier dwars- en vier langsstabiliteitsbokken. Windbelastingen en belastingen door scheefstand gaan via de kolommen direct naar de fundering én naar het dak. Het dak – uitgevoerd met verbanden – brengt de krachten over op de stabiliteitsbokken. Bij deze constructie hoeft de kanaalplaatvloer niet te fungeren als (horizontale) schijf. Verankeren en aanstorten van de kanaalplaten onderling en aan de staalconstructie is niet nodig. Alleen de voegen vullen (voor akoestische doeleinden) en

daarna de afwerkvloer aanbrengen. De uitvoering is hiermee een stuk eenvoudiger en dat resulteert in tijd-winst en kostenbesparing. Bovendien is een staalskelet met kanaalplaatvloeren een aanpasbare constructie. De kanaalplaten zijn op elk moment uit te nemen voor bijvoorbeeld een vide of verplaatsing van het trappenhuis. Dat kan nog in de laatste uitvoeringsfase en zelfs in de gebruiksfase, zoals bij renovaties.

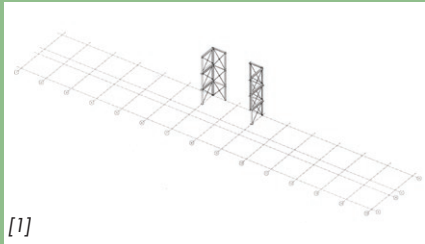


CONSERVERING De staalconstructie is toegepast in een (verwarmd) binnenmilieu. Daarom blijft conservering achterwege; zoals gebruikelijk in Engeland en de Verenigde Staten. Om corrosie tijdens de bouw te voorkomen, is de staalconstructie SA 2,5 gestraald en bedekt met een 40 μ eenlaagse zinkfosfaat primer.

BRANDWERENDHEID De draagconstructie voldoet aan de brandwerendheidseis van 60 minuten door de kolommen te bekleden met een harde brandwerende plaat van gips, vermiculiet of calciumsilicaat. De geïntegreerde SFB-liggers zijn 60 minuten brandwerend zónder bekleding. Bij brand schermt het omhullende beton van de kanaalplaatvloer de stalen ligger namelijk af tegen de hitte. De besparing op brandwerende bekleding van de geïntegreerde liggers resulteert in een aanzienlijke besparing op totale kosten voor brandwerende voorzieningen bij een staalconstructie. Deze kostenpost heeft hierdoor nog maar geringe invloed op de kosten van de constructie. En dat maakt het bouwen met staal – uit kosten oogpunt – nog interessanter. De gevelliggers hoeven niet te voldoen aan 60 minuten brandwerendheid: ze maken geen deel van de hoofdconstructie. Een andere besparing op brandwerende voorzieningen – mogelijk bij dit ontwerp – is het opnemen van de gevelkolommen in het binnenspouwblad. Vanwege de gewenste vrijheid in gevelkeuze is deze vorm van bouwkundige integratie niet toegepast.

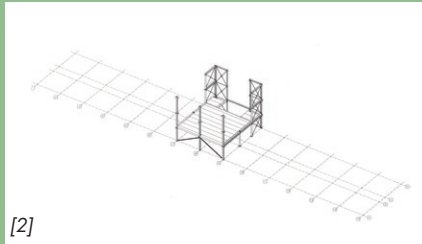
DAK Het dak bestaat uit dakliggers die 5,4 m h.o.h. liggen en van gevel tot gevel overspannen. Op de liggers rusten staalplaten met plaatlengten van 11 m. Ze overspannen twee velden van 5,4 m in langs-richting van het gebouw. De dakplaten zijn van het type SAB met een profielhoogte van 106 mm en staalkerndikte van 0,75 mm. Ze werken als kipsteun. De berekening hiervoor is uitgevoerd volgens de richtlijn RSPS 1980. De platen zijn in elk golf bevestigd aan de dakliggers met schroeven ($\varnothing$ 6,3 mm met ring $\varnothing$ 16 mm) of schietnagels ($\varnothing$ 4,5 mm met ring $\varnothing$ 14 mm). Op dezelfde manier zijn de langs-zijden van de platen op de randliggers vastgezet; op een onderlinge afstand van 300 mm. Onderling zijn de platen bij de langsnaden bevestigd met blindklinknagels $\varnothing$ 3,2 mm of schroeven $\varnothing$ 4,2 mm; eveneens 300 mm h.o.h.

BOUWMETHODE De staalconstructie wordt geprefabriceerd in volledige onderdelen voor een eenvoudige en tijdsbesparende assemblage op de bouwplaats. Ook de acht forse stabiliteitsbokken (10,2 m hoog, 2,7 of 3,0 m breed en 220 mm dik) gaan in één stuk op transport.



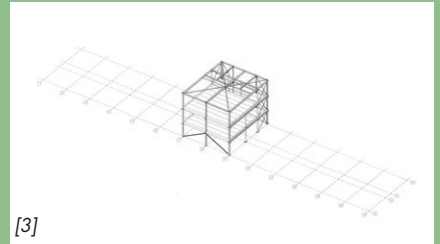
[1]

[1] De montage van de staalconstructie start met de stabiliteitsbokken van de kern (het centrale trapenhuis). Hierin komen direct de prefab trappen en kanaalplaatvloeren.



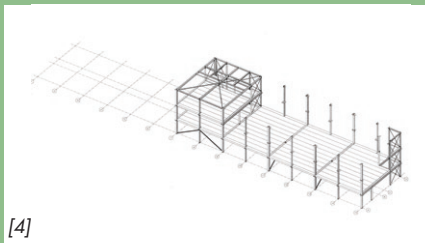
[2]

[2] Na uitbouw in dwarsrichting van het gebouw.....



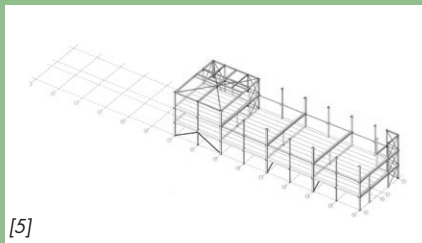
[3]

[3].....ontstaat een drielaags blokje: 10,8 m breed en stabiel in beide richtingen. Hierdoor is nu in langsrichting uit te bouwen....

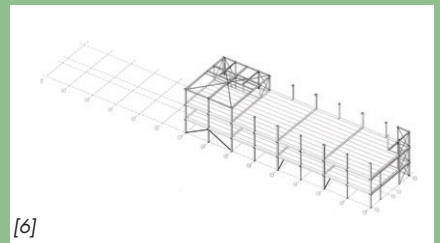


[4]

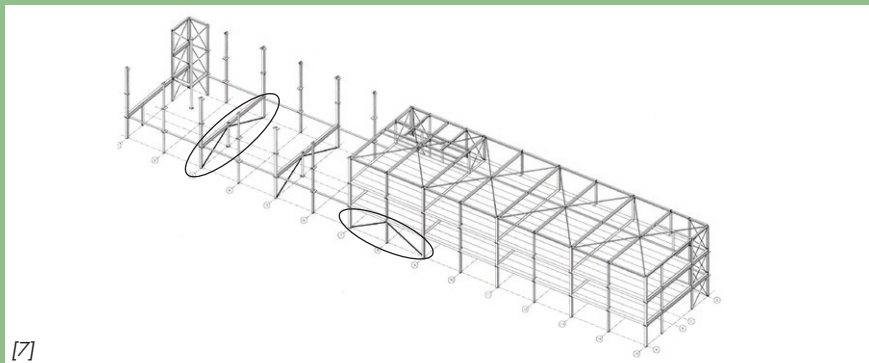
[4 t/m 6]met de gevelkolommen direct over drie bouwlagen, en per bouwlaag de (gevel)randliggers, de inpandige kolommen, de geïntegreerde liggers en de kanaalplaten.



[5]

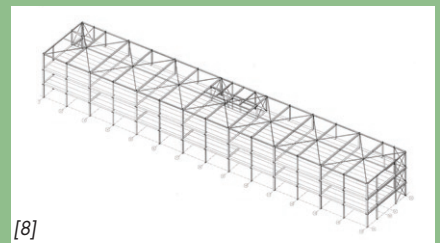


[6]



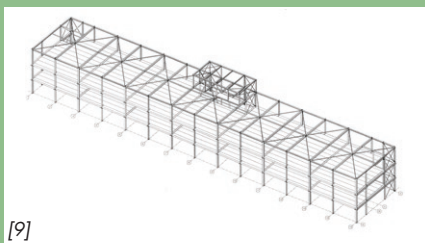
[7]

[7] Voor de dwarsstabiliteit tijdens de bouw wordt gezorgd door de geïntegreerde liggers – om de twee stamien – vanaf hun middensteunpunt op de tweede bouwlaag af te schoren op de voeten van de gevelkolommen. Datzelfde gebeurt bij de randligger aan de overzijde van de centrale kern. De tijdelijke stabiliteitsschoren maken plaats voor definitieve stabiliteit....



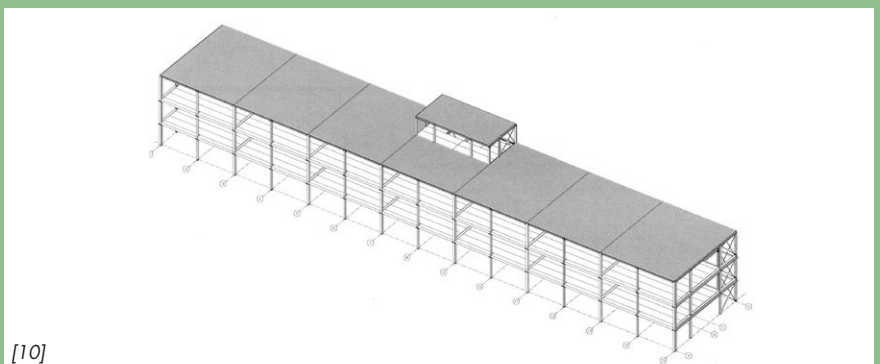
[8]

[8] na het aanbrengen van de dakliggers en -verbanden.



[9]

[9] De complete dakopbouw – voorgemonteerd op de begane grond – komt met één hijsbeweging op zijn plaats. Afsluitend volgt



[10]

[10]het inhijsen, met de hand uitleggen en monteren van dakplaten.



bouwen met
sticil:

Groothandelsgebouw A-4.194

Stationsplein 45

Postbus 29075

NL - 3001 GB Rotterdam

tel. +31(0) 10 411 50 70

fax +31(0) 10 412 12 21

e-mail info@bouwenmetstaal.nl

internet www.bouwenmetstaal.nl