

Kantoorgebouw Kennemerplein,
Haarlem

Hybride draagconstructie heeft grote

Dit kantoorgebouw is zijn tijd vooruit: werknemers zonder vaste werkplek, een minimaal energieverbruik en een lage milieubelasting, een complexe binnenstedelijke locatie vlak achter het Haarlemse station, en een opmerkelijke architectuur. En dat alles voor een 'standaard'-prijs. De oplossing was een hybride draagconstructie, waarin beton en staal optimaal worden benut.

Dat kostte niet meer dan een standaard-oplossing, en die prijs zou nog omlaag kunnen als voorbereiding en uitvoering beter op elkaar worden afgestemd. Hoewel de draagconstructie licht is, is op slimme wijze toch genoeg warmte-accumulerend vermogen gevonden om een koelinstallatie overbodig te maken.



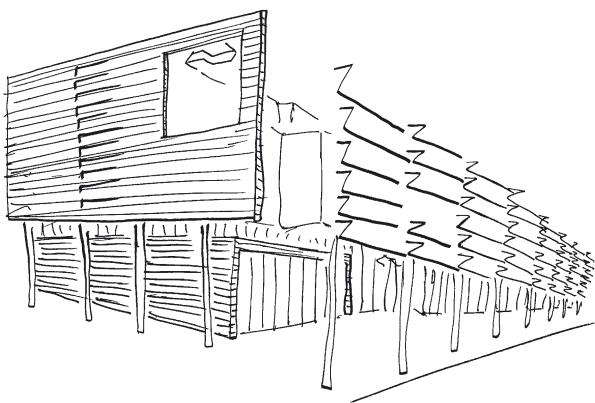
De opgave luidde 9000 vierkante meter kantoor te ontwerpen en te bouwen, vlak achter het Haarlemse station. Een ambitieus project, in verschillende opzichten.

De Directie Noordwest van de Rijksgebouwdienst (Rgd) wordt voor tenminste de eerste tien jaar de vaste huurder en kon zo een belangrijk stempel drukken op het programma van eisen. Dat wijkt sterk af van het gebruikelijke kantoor. In het kader van het project 'kantoorinnovatie' wordt het een 'dynamisch' kantoor, wat betekent dat de medewerkers geen eigen werkplek meer hebben. Bij aankomst reserveert men aan de balie een werkplek die het beste past bij de specifieke werkzaamheden van die dag. Zo zijn er losse zitjes voor overleg, leestafels, werkcoupés en kleine werkkamers. De werknemer heeft alleen een persoonlijke trolley ladenblok op wieltjes, postvak en draagbare telefoon. De gedachte hierachter is dat vaste werkplekken toch maar 30% van de tijd bezet zijn. Zodoende is flink te besparen op vierkante meters; voor dit project bescheiden begroot op 20%. Verder wilde de Rgd een uitgesproken milieuvriendelijk gebouw.

Ook opdrachtgever Nemeog, de gebouwontwikkelaar van NS Vastgoed, hechtte sterk aan een milieuvriendelijk gebouw, omdat zij ervaring wilde opdoen met duurzaam bouwen. Ook wilde Nemeog ervaring opdoen met het ontwikkelen van een complexe binnenstedelijke locatie. NS Vastgoed heeft veel van zulke locaties in bezit, die het graag te gelde maakt. Omdat het gebouw later mogelijk aan een andere gebruiker wordt verhuurd, moest het ook geschikt zijn voor een meer conventioneel gebruik en mocht het niet meer kosten dan een standaard-kantoor.

Ontwerp

De gevraagde vierkante meters zijn ondergebracht in een diep gebouw, dat zoveel mogelijk langs het station naar het oosten is geschoven. Daardoor bleef ruimte vrij voor een stationspleintje met bestaande, oude bomen. Dat zorgt voor de aansluiting tussen het station en het singelpark op de bolwerken, een ontwerp van Zocher uit het eind van de vorige eeuw. De massa van het nieuwe gebouw vormt een diagonaal tegenwicht voor de hoge stoomkap van het monumentale negentiende-eeuwse station. Onder



e potentie



Opdrachtgever en architect wilden een 'daglichtgebouw' met veel (blank) glas.

(Tekening: Zegelhaar & Omneskes, Amsterdam)

In aanbouw (januari 1977).

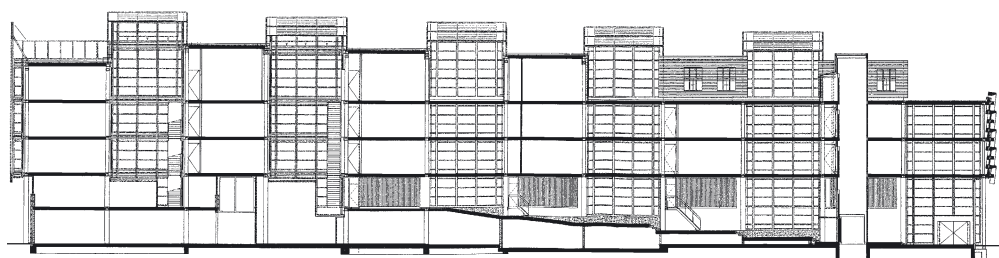


(Foto: United Photos de Boer, Haarlem)

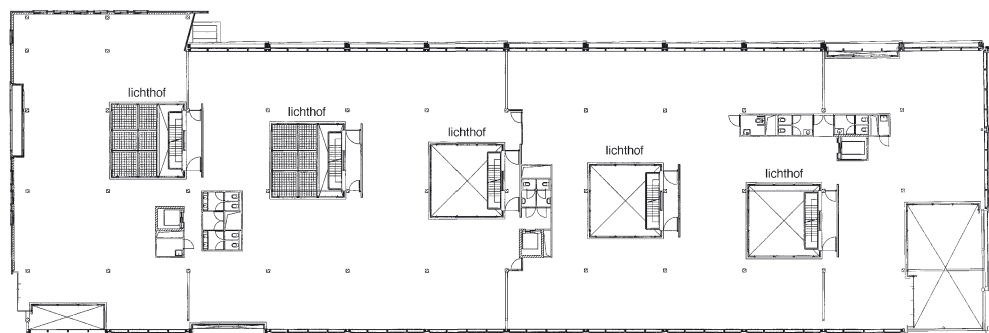
het gebouw door loopt een openbare passage naar het stationstunneltje.

Op de onderste twee bouwlagen bevinden zich voorzieningen, zoals vergaderzalen en de kantine. Via een landschap van terrassen en hellingbanen bereikt de bezoeker als vanzelf de eerste verdieping. De twee rechthoekige kantoorverdiepingen op de derde en vierde bouwlaag zijn vrij indeelbaar. Diagonaal geplaatste lichthoven, met elk een stijgpunt, brengen daglicht in de 25 m diepe vloeren. De vijfde bouwlaag bestaat uit een dakopbouw met een paviljoenachtig karakter die toegang biedt tot dakterrassen. De gevel rond de twee kantoorvloeren is uitgewerkt als een 'ruime jas' van geprefabriceerde betonnen elementen. Hierdoorheen valt veel daglicht, zonder directe zoninstraling, zodat blank glas kon worden toegepast. De elementen aan de zuidzijde staan schuin en hebben een overstekende horizontaal als bouwkundige zonwering. Aan de noordzijde zijn de horizontalen juist slank gehouden en zijn de vertikalen dieper gemaakt, zodat ze daglicht naar binnen weerkaatsen en 'spelen met strijklucht en strijkzicht' zoals Uytendaele, de architect, het omschrijft.

Kenmerkend zijn de 25 m diepe kantoorvloeren met diagonaal geplaatste lichthoven.



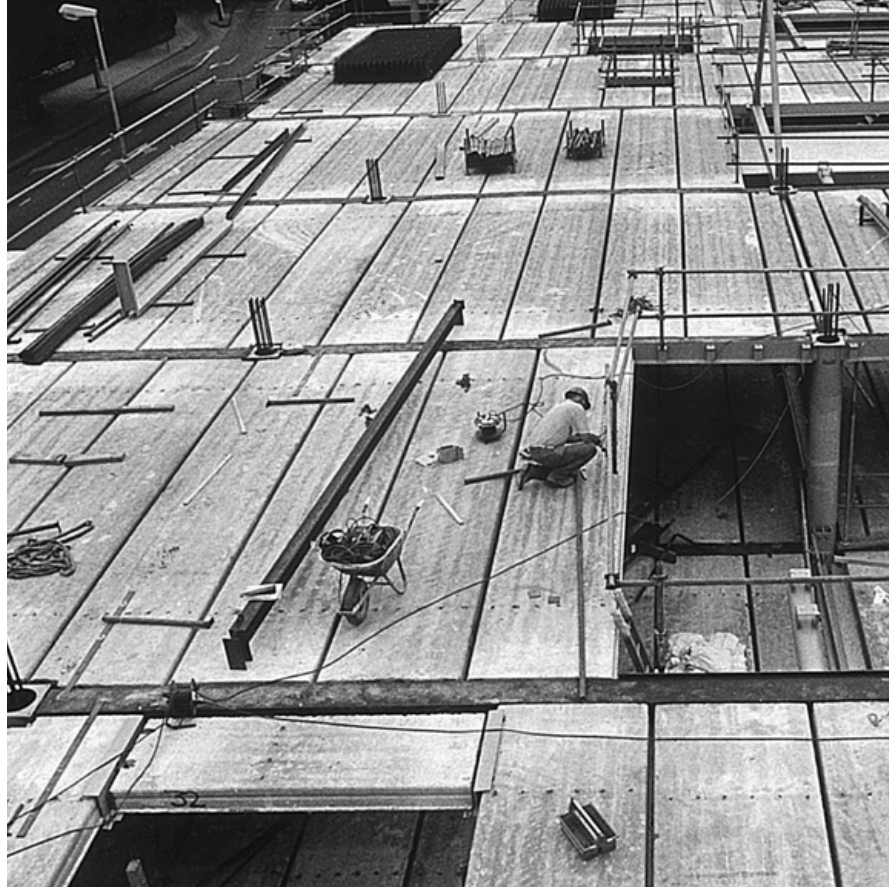
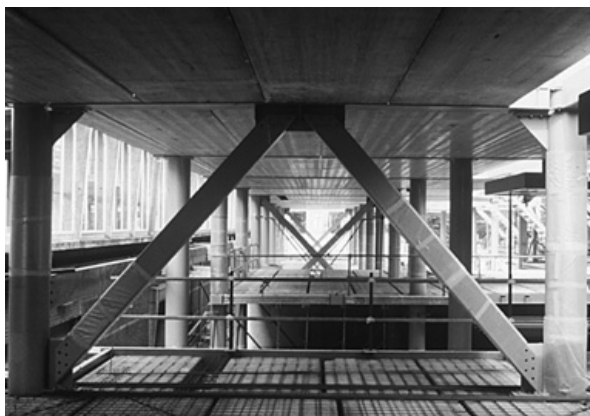
langsdoorsnede



plattegrond standaardverdieping

De lichthoven zijn gemaakt door enkele kanaalplaten weg te laten.

Brandwerende bekleding is (bijna) nergens nodig.



Beton en staal werken samen

Th.J.P. Janssen, *Heijckmann bouwadviesbureau, Huissen*

De belangrijkste randvoorwaarde voor het constructief ontwerp was dat het gebouw niet meer mocht kosten dan in totaal f 1.500 per vierkante meter, exclusief inrichting en btw. Daarvan was f 400 beschikbaar voor het casco inclusief de fundering. Een krap budget voor zo'n complex ontwerp, op een moeilijke locatie.

Ook de beschikbare tijd was krap. Voor de voorbereiding, van opdracht tot aanbesteding, was oorspronkelijk slechts negen maanden beschikbaar. De bouw had in juli 1995 moeten beginnen en zou in februari 1997 klaar moeten zijn; hiervan was twaalf weken gereserveerd voor de montage van de draagconstructie vanaf de begane-grondvloer.

Inmiddels is de opleverdatum onder druk komen te staan door verschillende vertragingen. De besteksfase startte later doordat de financiering niet op tijd rond was en door bestemmingsplan-procedures. De bouw moest ook wachten op de sanering van het bouwterrein.

Geen standaard-oplossing

Bij een doosvormig standaard-kantoorgebouw van 14,4 m diep is de keuze meestal snel gemaakt: een dragend, pefab betonnen binnenspouwblad met daartussen kanaalplaatvloeren en een of twee rijen kolommen in het midden. Voor dit gebouw voldeed deze stan-

daard-oplossing niet, terwijl het budget eigenlijk niet meer toeliet.

Een eerste belemmering voor de oplossing met dragende binnenspouwbladen was de gevel. De opdrachtgever en de architect wilden beslist een 'daglichtgebouw' en geen gesloten volume met gaten. De onderste twee bouwlagen, die een open karakter moesten krijgen, waren met dragende binnenspouwbladen niet te maken. De verschillende inspringsingen in het gevelvlak leenden zich tenslotte niet goed voor geprefabriceerde, dus in principe repeterende elementen.

De lichthoven, als gevolg van de diepte van het gebouw onmisbaar voor de daglichttoetreding, vormden de tweede belemmering. De tussenopleggingen voor de kanaalplaatvloeren zouden door de diagonale plaatsing van de lichthoven moeten verspringen, wat zo'n constructie tamelijk gecompliceerd en dus duurder maakt.

Die tussenopleggingen, in de vorm van balken op kolommen, waren ook moeilijk in de beschikbare constructiehoogte onder te brengen. Die was zeer beperkt door de maximale bouwhoogte: de vloer van de vierde verdieping mocht niet hoger liggen dan 13,0 m boven peil. Bij een grotere hoogte zou voor het hele gebouw een zwaardere eis aan de brandwerendheid gelden. Om leidingen

en balken elkaar te laten kruisen, was een verlaagde zone in het plafond nodig. Gezien het vrije gebruik van de kantoorvloeren was dat niet acceptabel voor de opdrachtgever en de architect. Alles bijeen leek een constructie met dragende betonnen binnenspouwbladen te leiden tot een onheldere structuur, die vaak ook duurder uitpakt dan voorzien. Dat was dus niet de oplossing.

Eenvoudig concept

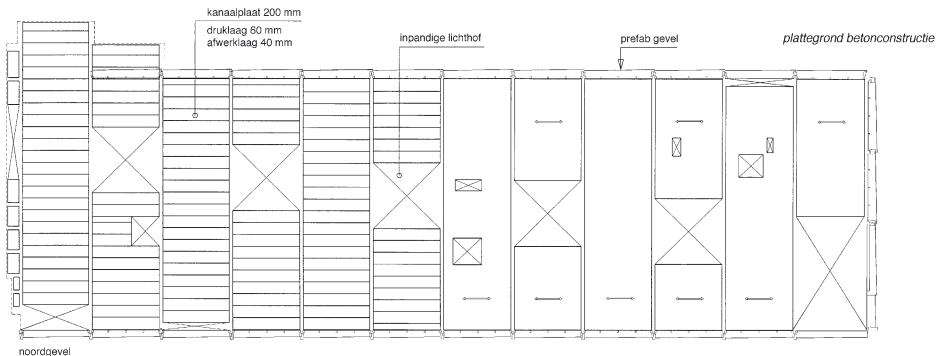
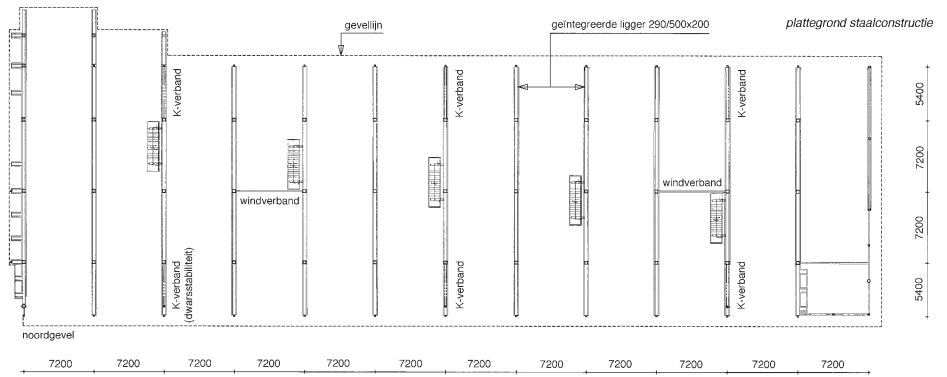
Nu was het ruimtelijk ontwerp van het gebouw in wezen tamelijk eenvoudig. Het was dus de kunst een even eenvoudig constructieprincipe te vinden, dat paste bij de architectonische opgave. De verscheidenheid aan vormen moest met minimale afwijkingen van het constructieprincipe zijn te maken.

Al snel kwamen we samen met de architect uit op een constructie, die we eerder en op veel kleinere schaal, met dezelfde architect, hadden toegepast bij een uitbreiding van het stadhuis in Landsmeer. De gedachte was de vloeren te maken van kanaalplaten: bij een overspanning van 7,2 m en een dikte van 200 mm veruit de goedkoopste vloer in de kantorenwereld. Die kanaalplaten liggen op stalen geïntegreerde liggers in dwarsrichting van de plattegrond. De liggers rusten op hun beurt op slanke, stalen kokerkolommen.

De lichthoven en inspringsingen in de gevel zijn dan te maken door eenvoudig enkele vloerplaten weg te laten. De kolommen en liggers blijven ook rond de lichthoven in het stramien. Deze vloeren hebben een zeer beperkte constructie-



(Foto: J.H. Vonk, Haarlem)



hoogte en zijn van onder vlak, zodat leidingen niet worden gehinderd. Om de kosten te drukken, is er voortdurend op gelet dat de gekozen materialen volledig worden benut. Zo zorgt de kanaalplaatvloer, in combinatie met de in het werk gestorte druklaag, tegelijk voor de koppeling tussen de stalen liggers. De gewapende druklaag vervangt tevens het stalen windverband dat normaal gesproken in de verdiepingvloeren wordt opgenomen. De gevelelementen overspannen de stramienmaat van 7,2 m en zorgen voor de samenhang van de gevel in lengterichting.

De vereiste brandwerendheid is met weinig extra kosten opgelost. De liggers zijn aan drie kanten omgeven door beton, zodat alleen aan de onderzijde een strook brandwerend materiaal nodig is. De stalen buiskolommen zijn met een vulling van gewapend beton brandwerend gemaakt.

Ook aan de gestelde milieudoelen voldoet dit type constructie goed. De gebruikte materialen worden goed benut en het staal is recyclebaar, zodat de bouw een minimaal beroep doet op schaarse grondstoffen. En de constructie is min of meer demontabel, wat hergebruik na afloop van de levensduur vergemakkelijkt.

Moeilijke keuze

De keuze leek gemakkelijk. We hadden berekend dat een casco volgens dit concept binnen het budget viel, maar daar was niet iedereen van overtuigd. In opdracht van Nemeog raamde het bouwkostenbureau BBN de kosten op basis van het voorlopig ontwerp op f 1.900

per vierkante meter. De forse overschrijding rekende men voor een belangrijk deel toe aan het casco.

Zo'n groot verschil kan ontstaan doordat in de onderliggende kostendragers (de regels van de elementenspecificatie) van de staalconstructie was uitgegaan van een zelfstandige staalconstructie, inclusief koppel- en windverbanden, die vervolgens wordt 'aangekleed' met een vulling van vloeren en gevels. Die laatste worden in feite niet volledig benut, zodat er functioneel gezien dus sprake is van dubbel materiaalgebruik en dus ook dubbele kosten.

Om de twijfel bij het bouwkostenbureau weg te nemen, zijn bij de uitwerking tot definitief ontwerp voor verschillende onderdelen offertes aangevraagd, maar dat overtuigde nog niet echt. Pas toen een staalconstructiebedrijf een prijsgarantie had afgegeven, begon men te geloven dat de voorgestelde constructie binnen het budget was te bouwen en konden andere varianten afvallen. Het bouwkostenbureau berekende vervolgens dat de prijs uit zou komen op f 1.730 per vierkante meter; de overschrijding die nu overbleef kwam vooral voor rekening van de gevelelementen en de ingewikkelde begane-grondvloer. Het casco zat op de taakstelling van f 400 per vierkante meter.

De opdrachtgever accepteerde het voorgestelde ontwerp. Na de aanbesteding kon iedereen opgelucht ademen: de prijs kwam uit op f 1.650 per vierkante meter, waarvan het casco met fundering minder dan f 400 uitmaakte. Een overwinning voor het hybride gebouw. In

hoeverre de aannemer opgelucht is blijven ademen, is vooralsnog onbekend.

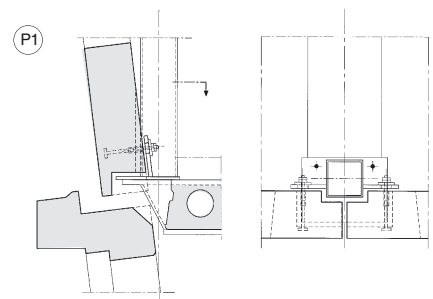
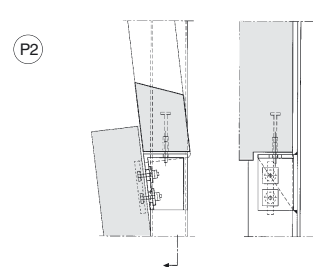
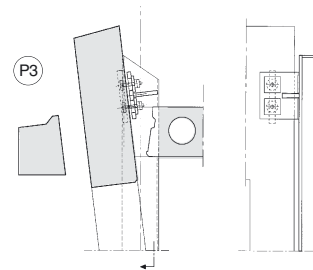
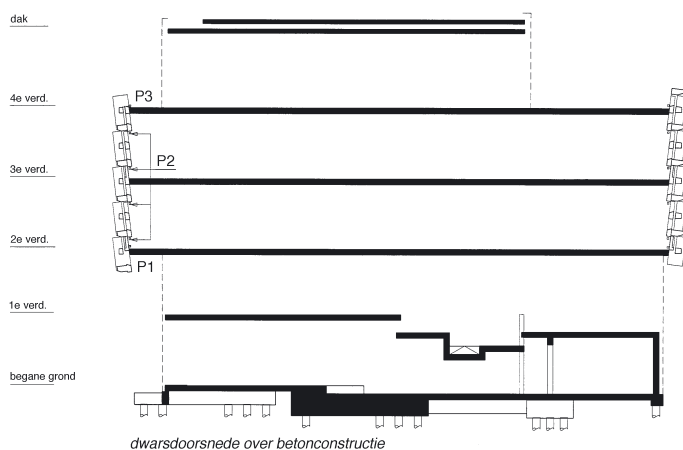
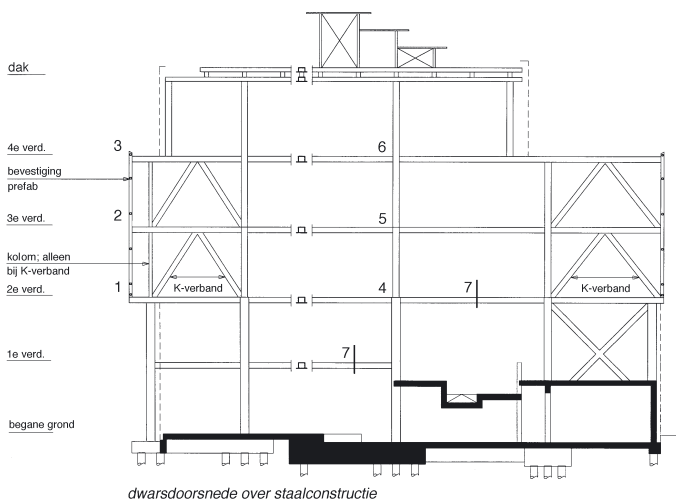
Geen dilatatie

De horizontale belastingen worden naar de fundering afgevoerd door twee stalen windverbanden in langsrichting en drie verbanden in dwarsrichting van het gebouw. Deze zijn vormgegeven als K-verbanden, zodat ze de vrije doorgang zo weinig mogelijk belemmeren.

De vloeren van de tweede, derde en vierde verdieping zijn uitgevoerd als schijf en voeren de horizontale belastingen af naar de verticale windverbanden. De dakvloer van de vierde verdieping ligt op verschillende hoogten. De horizontale belastingen op deze dakvloer worden via de kolommen naar de ondergelegen vloer afgevoerd, en van daar naar de windverbanden.

De vloeren werken als horizontale schijven en zijn niet gedilateerd. Voor een 90 m lang gebouw lijkt dat wellicht bijzonder, maar dilatatie in de draagconstructie bleken niet nodig. In langsdoorsnede gezien bestaat een vloer bijna geheel uit kanaalplaten, die nog maar weinig lengteverandering ondergaan. Ze zijn vóór de montage al verhard, zodat de meeste krimp en kruip dan al is opgetreden. Wat overblijft is de eindkruip van de vloerplaten en de lengteveranderingen door temperatuurschommelingen, die in een binnenklimaat beperkt blijven.

Nadat de kanaalplaten op de liggers zijn gelegd, is daaroverheen wapening aangebracht en een druklaag gestort. Bij het verharden krimpt de druklaag en introduceert zo een voorspanning ter plaatse



van de stalen liggers. Om scheurvorming door deze krimp te voorkomen, is extra wapening in de druklaag aangebracht.

De stabiliteitsverbanden in langsrichting moesten deze opgelegde vervorming door de eindkruip van de kanaalplaten en de krimp van de druklaag kunnen volgen en zijn daarom iets zwaarder gedimensioneerd. Om de opgelegde vervorming te beperken, zijn de verbanden naar het midden van het gebouw geplaatst. De verkorting door de voorspanning uit de druklaag bedraagt ongeveer 10 mm over de hele gebouwlengte; beide verbanden moesten dus enkele millimeters volgen. Alle kolommen kunnen de opgelegde vervorming zonder meer volgen, omdat de verbindingen in dwarsrichting buigslap zijn.

Dat een stalen gebouw van bijna 100 m lang zonder dilatatie toe kan, is geen bijzonderheid. Omdat staalconstructies niet krimpen en kruipen zijn daarmee tot 100 m ongedilateerde lengte nooit problemen opgetreden. Zolang de constructie geheel in het binnenklimaat staat, tenminste. Voor ter plaatse gestorte betonnen gebouwen is die afstand veel te groot, omdat daarin wel de volledige krimp en kruip optreedt. De huidige voorschriften voor gewapend beton-

nen gebouwen gaan uit van 40 tot 50 m zonder dilatatie; om scheurvorming in het inbouwpakket van woningen te voorkomen, worden betonnen woongebouwen al om de 35 m gedilateerd. Bij grotere lengten zijn maatregelen aan het inbouwpakket nodig.

De drie verbanden in dwarsrichting staan min of meer gelijkmatig verdeeld over de lengte van het gebouw. De horizontale vloerschijf is dus ook min of meer gelijkmatig opgelegd. Daardoor blijven de trekspanningen door windbelasting op de gevel klein; deze spanningen zijn gemakkelijk op te nemen door de wapening in de druklaag, zodat een aparte trekband niet nodig is. Het aanvankelijke idee was de druklaag direct af te vliedren, maar dat bleek niet uitvoerbaar. In bedrijfshallen kan dat, omdat het gebouw dan al bijna af is, maar hier moest het in de ruwbouwfase gebeuren. Op de druklaag van 60 mm kwam daarom nog een afwerklaag van 40 mm.

Weinig brandwerende bekleding

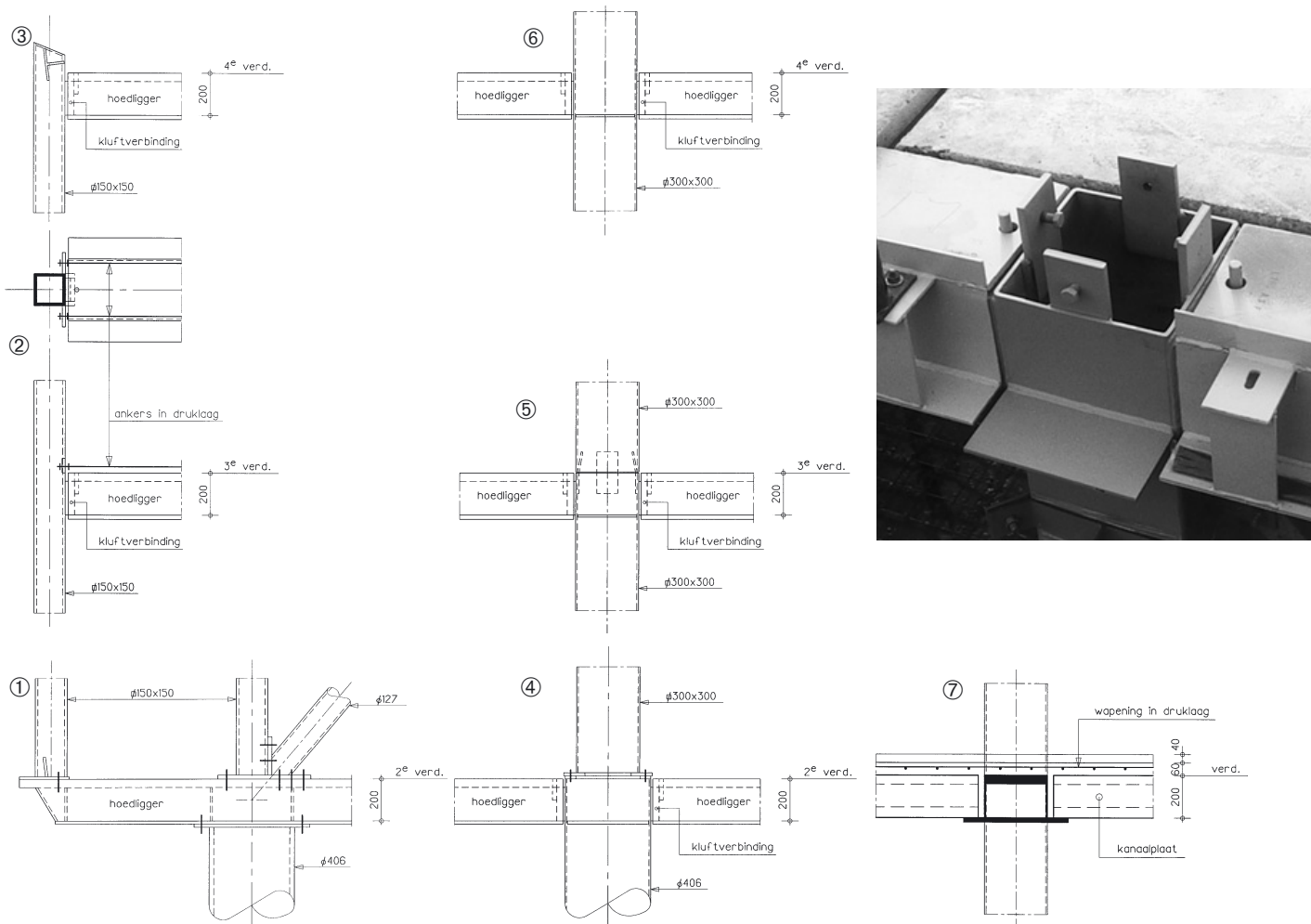
De vereiste brandwerendheid voor de verschillende onderdelen bedraagt 60 tot 90 minuten. Om de geïntegreerde liggers 90 minuten brandwerend te maken, voldoet de gebruikelijke oplossing van een bekleding van enkele centime-

ters op de onderflens; de rest van de doorsnede wordt omgeven door beton. Alle kolommen bestaan uit ronde of vierkante buis, gevuld met gewapend beton. Daarbij is ervan uitgegaan dat het beton de gehele (gereduceerde) belasting opneemt bij brand, en het beton en de stalen ommanteling samen de belastingen bij kamertemperatuur: staal en beton werken samen. Hier is voor gekozen om de wanddikte van de buizen te minimaliseren, wat kosten bespaart.

De stabiliteitsverbanden in langsrichting staan elk in een afzonderlijk brandcompartiment. Omdat brand volgens de voorschriften slechts in één compartiment tegelijk optreedt, blijft er altijd één windverband beschikbaar om de stabiliteit te waarborgen. Daarom hoeven deze verbanden niet brandwerend te worden bekleed.

In dwarsrichting staan drie verticale verbanden: twee in de beide brandcompartimenten en een precies op de scheiding. Dit laatste verband is 90 minuten brandwerend bekleed, zodat er bij brand altijd twee verbanden beschikbaar zijn.

Overigens hebben de stabiliteitsverbanden zelf al een brandwerendheid van ongeveer 30 minuten. Ze zijn overgedimensioneerd, zodat het tijd kost voordat de vloespanning is teruggelopen tot de



optredende rekenspanning. Verder heeft de kokervormige doorsnede een onbenutte reserve, die bij brand wordt aangesproken. Ten slotte zijn de kokers gevuld met droog zand, wat de warmte-accumulatie vergroot. Dat voorkomt trouwens ook het holle geluid, als men ertegenaan klopt.

Detailering

De kolommen over de onderste twee bouwlagen zijn rond en lopen over beide verdiepingen door. Daarboven zijn vierkante kokers toegepast van elk een verdieping hoog. Aan de ronde kolomvoeten mochten om architectonische redenen geen moeren of andere detaileringen zichtbaar zijn. Daarom is de verbinding ter plaatse van de fundering via de betonnen vulling gemaakt, met stekeinden. Tijdens de montage, toen het beton nog niet was aangebracht, is de kolom tijdelijk vastgezet met montageflenzen die naderhand zijn weggeslepen. Om de krachten uit de stalen ommanteling in de betonnen fundering in te voeren, is aan de onderzijde een ring gelast. Ter plaatse van de verdiepingen loopt de betonvulling met wapening door en zijn aangepaste constructies gemaakt om een en ander te kunnen monteren. Normale kop- en voetplaten

komen nergens in het zicht.

Niet alle kolommen staan recht boven elkaar. Omdat de betonnen gevel van de derde en vierde verdieping aan de noordgevel wat verder naar buiten staat, zijn ook de daarachter gelegen gevelkolommen uit het stramien geplaatst. Deze kolommen rusten op een overstek van de geïntegreerde liggers in de vloer van de tweede verdieping. De gevelkolommen dragen de vloeren van de derde en vierde verdieping en de gevelelementen. Ter plaatse van de drie windverbanden staat naast de verschoven gevelkolom een extra kolom om de windbelasting langs een rechte lijn via de ronde kolommen eronder naar de fundering te kunnen afvoeren.

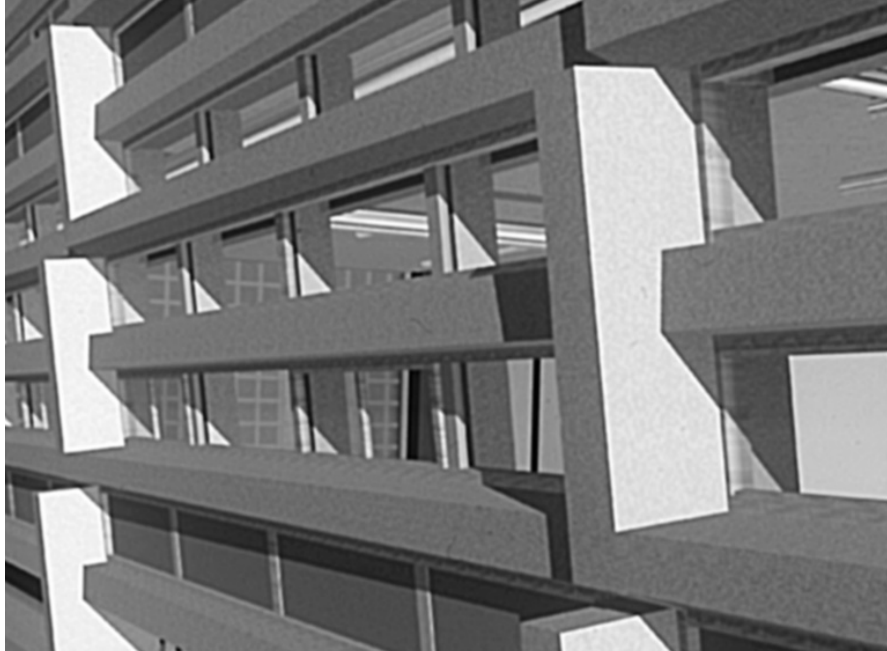
Uitvoering

De uitvoering verliep niet zo snel als voorzien. Eerst was er de grondsanerung die het begin van de bouw ophield, maar ook daarna is vertraging opgelopen. De uitvoerende partijen hadden alle consequenties van een hybride draagconstructie kennelijk nog niet goed in beeld, waardoor de montage vier weken langer duurde dan nodig was. Het probleem was de constructieve druklaag op de kanaalplaten, die voor de koppeling moest zorgen met de vertica-

le windverbanden. Deze druklaag was bij een betonsterkte van 15 N/mm^2 volledig operationeel: een waarde die in het voorjaar en de zomer binnen vier tot vijf dagen na het storten wordt bereikt. In het ontwerp was van deze sterkte gebruik gemaakt: tijdelijke verbanden waren niet nodig.

Deze verbanden zijn echter toch aangebracht, wat onnodig geld en tijd heeft gekost. Te snel heeft men de beoogde oplossing terzijde geschoven, omdat men de druklaag als storende factor in het montageproces zag. Als constructief ontwerpers hebben wij niet op tijd onderkend dat een andere weg werd ingeslagen. Bij een goede voorbereiding, dat wil zeggen met een goede communicatie, had dit probleem niet hoeven optreden. Daaruit is te leren dat met nieuwe technieken alleen voordeel is te halen als iedereen de tijd neemt om ontwerp en uitvoering volledig in elkaar te integreren. De praktijk wijst uit dat zoiets vantevoren vanuit het proces moet worden opgelegd.

De maatvastheid van de constructie voldeed aan de gestelde eisen. Daardoor kon de montage van de gevelelementen volgens planning verlopen. Alle elementen zijn rechtstreeks vanaf de vrachtwagen in het werk gebracht.



Koelinstallatie niet nodig

J. Bullens, N. Kunnen en E. van Rest, *Sweegers en De Bruijn, Den Bosch/Amsterdam*

De opdrachtgever, Nemeog, en de belangrijkste gebruiker, de Rijksgebouwendienst (Rgd), wilden een 'duurzaam' gebouw, en dat drukte een belangrijk stempel op het ontwerp. In dit kantoorgebouw treft men dan ook maatregelen aan, die in de meeste gebouwen (nog) niet voorkomen.

Vanuit het milieubeleid golden twee belangrijke doelstellingen. Ten eerste moest in het kader van 'integraal ketenbeheer' zuinig worden omgegaan met primaire grondstoffen, zijn minder milieubelastende productieprocessen toegepast, is de milieubelasting in de gebruiksfase zoveel mogelijk beperkt en wordt zuinig omgesprongen met water. Aan deze laatste eis bijvoorbeeld is voldaan door regenwater te gebruiken voor het doorspoelen van de toiletten.

Ten tweede moest het gebouw 'energie-extensief' zijn. Behalve de gebruikelijke maatregelen om het warmteverlies in de wintersituatie te beperken, is deze doelstelling verwezenlijkt door zonne-energie te gebruiken voor de warmwatervoorziening en, als belangrijkste maatregel, het overbodig maken van een koelinstallatie. Koelen kost veel energie en daar is dus ook veel winst te boeken. Op deze laatste maatregel spitst dit artikel zich toe.

Het begin

De ambities waren hoog, maar het gebouw moest wel voor een 'marktconforme' prijs worden gemaakt. Dat heeft een belangrijk voordeel. Alle betrokken partijen werden zo aangezet om alle mogelijkheden scherp te onderzoeken en samen te werken aan een

geïntegreerd ontwerp. Het budget was natuurlijk net iets te krap, maar er is een 'fijn getuned' gebouw uitgekomen.

De milieudoelen zijn bij aanvang van het ontwerpproces niet gekwantificeerd. De gevraagde prestaties aan het binnenklimaat lagen wel vast in een 'prestatiespecificatie'. In dit geval waren dat de basis-eisen die de (Rgd) voor elk gebouw stelt, zoals te openen ramen en een eis van maximale tempartuur-overschrijding in de zomersituatie. Overigens gelden de thermische eisen voor elke werkplek in het gebouw, of het nu aan de zuidgevel van een dakpaviljoen of op de begane grond aan de noordgevel is. Er zou iets voor te zeggen zijn, zeker in een gebouw zonder vaste werkplekken, om de thermische eisen enigszins te differentiëren. Dat zou de speelruimte in het ontwerp belangrijk vergroten.

Het aantal mensen en de benodigde apparatuur zoals pc's en kopieermachines lagen bij aanvang vast, maar niet de verdeling daarvan over de ruimte. Door het gebruik, met flexibele werkplekken, kan de interne warmteproductie daardoor lokaal sterk verschillen.

Overigens stelde Nemeog ook de eis dat het gebouw over bijvoorbeeld tien jaar als standaard-verhuurkantoor op de markt moest zijn te brengen. Het moest zich dus lenen voor een indeling in kamers en zonodig een aanpassing van de installatie. De bouwfysische berekeningen en het ontwerp van de installaties begonnen op het moment dat het gebouw ruimtelijk zijn vorm had gevonden. De plattegronden, met lichthoven, en het gevelbeeld met een horizontale

geleding en veel blank glas, lagen toen vast. Ook het concept voor de draagconstructie was toen een vast uitgangspunt.

Optimaliseren en toetsen

De Rgd heeft beoordelingscriteria voor het binnenklimaat opgesteld die zijn afgeleid van het thermo-fysiologisch mensmodel volgens Fanger. Dit model dient in het normblad NEN-ISO 7730 als basis voor aanbevelingen voor het binnenklimaat in gebouwen.

Met dit model is te voorspellen of een gemiddeld persoon zich in een gegeven situatie thermisch behaaglijk zal voelen (pmv of predicted mean vote), en hoeveel mensen zich in diezelfde situatie niet behaaglijk voelen (predicted percentage of dissatisfied). Een eis aan de thermische behaaglijkheid is zodoende te formuleren als het aantal uren dat de pmv wordt over- dan wel onderschreden; omdat ook de mate van de over- of onderschrijding meetelt, spreekt men van gewogen temperatuur-overschrijdingsuren (of overschrijdings-weeguren; GTO-uren). De Rgd stelt een eis van 150 GTO-uren bij een arbeidstijd van 2000 uur per jaar in een gebouw met te openen ramen.

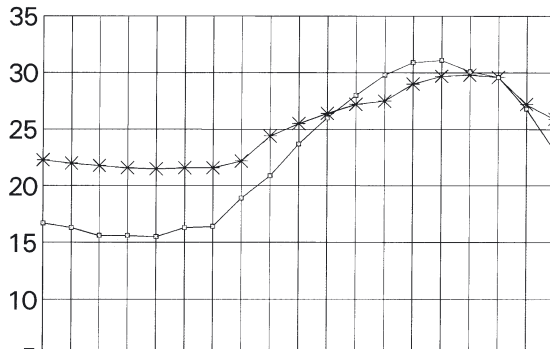
Alle invoergegevens worden in het dynamische model op uurbasis gerelateerd aan de klimaatgegevens per uur van het algemeen en internationaal erkend 'standaard referentiejaar'. Als resultaat geeft het rekenmodel aan hoe bijvoorbeeld de luchttemperaturen in de ruimte en de stralingstemperaturen van de wanden gedurende een vooraf ingestelde periode zullen zijn.

Door nu van elke te beschouwen (combinatie van) maatregelen en de hieraan verbonden relevante invoervariabelen een nieuwe berekening te maken, kan met de (ingebouwde) GTO-eis het effect



(Tekening: Zegelaar & Onnekas, Amsterdam)

Temperatuur



Door een systeemplafond weg te laten, is de massa van de vloer goed bruikbaar als warmtebuffer die pieken in de temperaturen afvlakt. Hier het temperatuurverloop op 27 augustus van het referentiejaar.

worden bestudeerd en de best haalbare combinatie van bouw, installaties en gebruik worden bepaald. Voor dit gebouw zijn ongeveer 75 verschillende varianten doorgerekend.

Mogelijkheden verkennen

Een gebouw met natuurlijke ventilatie komt het best tegemoet aan de vraag naar een minimum aan installaties. Maar natuurlijk ventileren betekent ramen open zetten en daardoor kan behalve verse lucht ook luchtverontreiniging en verkeerslawaai binnenkomen. Door de grote diepte van het gebouw was de middenzone ook moeilijk te ventileren. Een onaanvaardbare optie.

De eenvoudigste installatie die daarna in aanmerking komt, is mechanische ventilatie. Daarmee bleek het mogelijk aan alle eisen te voldoen. De keuze voor een installatie zonder koeling betekende wel dat alle zeilen moesten worden bijgezet om in de zomersituatie niet teveel overschrijdingsuren te krijgen. De interne warmtelast (door personen en apparatuur) mocht in eerste instantie niet hoger worden dan 35 W/m^2 (met alle randvoorwaarden later zelfs verlaagd tot circa 30 W/m^2), door de ramen mag niet teveel zonnewarmte binnenkomen, en de massa van de constructie moet goed beschikbaar zijn om tijdelijk warmte in op te kunnen slaan, zodat die een dempende werking heeft op pieken (en dalen) in de luchttemperatuur. In de eerste verkenningen is nagegaan of energiewinst was te boeken door de luchttoevoer via de lichthoven te laten lopen. Zo zou de lucht worden voorverwarmd door de zonnewarmte die door het glazen dak binnenkomt. Om brandtechnische redenen was dit echter geen haalbare optie omdat beperkingen worden opgelegd voor de vlamoverslag tussen de verdiepingen via een lichthof.

Vervolgens is nagegaan of de lichthoven als uitblaaskanaal konden dienen. Ook dat ging niet. Doordat de deuren naar de trappehuizen in de lichthoven regelmatig opengaan en de ramen op de werkvloeren open kunnen, zou de luchtstrooming moeilijk zijn te beheersen. Uiteindelijk is besloten de lichthoven alleen te gebruiken als traphal/serre, zonder directe relatie met het ventilatiesysteem.

Daarmee ontstond weer een ander probleem: omdat de lichthoven bovendaks geheel beglaasd zijn, bestaat het risico dat de temperatuur bovenin de lichthoven hoog oploopt.

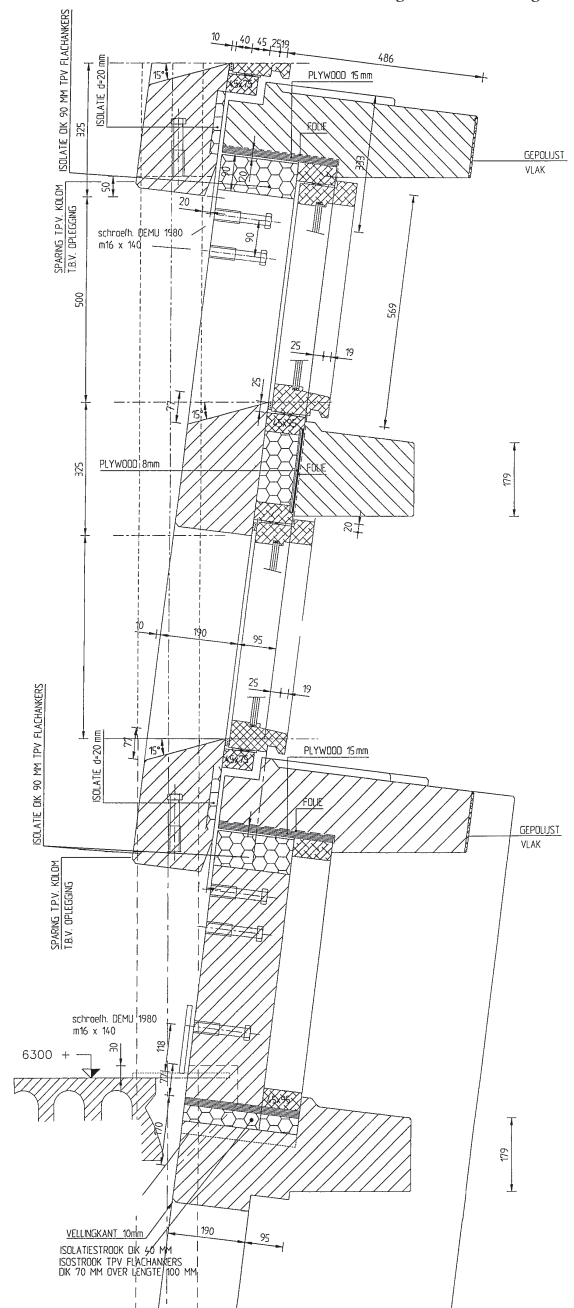
Daarom zijn de lichthoven bovenin, aan de noord- en zuidzijde, voorzien van regelbare ventilatieopeningen. Om te voorkomen dat de zon via doorstraling de temperatuur op de werkvloeren te veel laat oplopen, is aan de zuidzijde tegen de bovendakse glasgevels van de lichthoven een luifel aangebracht. Deze luifel neemt het directe zonlicht boven een installingshoek van 45° weg. Aan de west- en oostzijde kregen de bovendakse gevels aan de buitenzijde louveres, die instraling door het directe hoge zonlicht beperken.

Themische massa

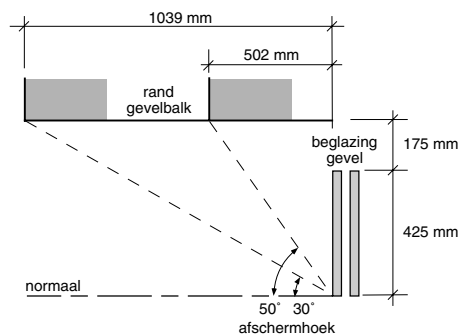
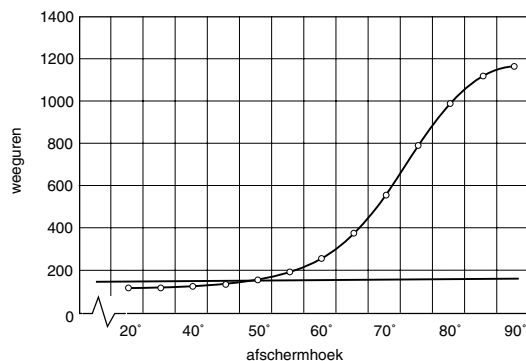
Het is een 'licht' gebouw, dat wil zeggen dat de draagconstructie relatief weinig massa heeft. Maar nog altijd genoeg om te dienen als warmtebuffer, die de pieken en dalen in de luchttemperatuur afvlakt. Voorwaarde daarvoor is dat deze massa goed bereikbaar is. Om te beginnen is de massa vergroot door het binnenspouwblad van beton te maken en steenachtige scheidingswanden te kiezen met een zo hoog mogelijke soortelijke massa.

De meeste massa zit in de vloeren, en die zijn bereikbaar gemaakt door open

Bouwkundige doorsnede zuidgevel.



Studie naar de optimale afschermhoek door de bouwkundige zonwering aan de zuidgevel. De gekozen hoek van ongeveer 50° beperkt het aantal overschrijdingsuren tot 180 per jaar. Tijdens deze studie was over een aantal maatregelen nog geen besluit genomen; hieruit moesten de resterende 30 uren komen.



plafonds. Doordat een gesloten plafond-systeem ontbreekt, zijn de noodzakelijke geluidabsorberende materialen verwerkt in baffles of plafondeilanden. Dat lijkt een kostenbesparing op te leveren, maar dat is niet zo. Een gesloten plafond-systeem is relatief goedkoop en er bestaan veel uitgekende werkmethode voor het ophangen, in tegenstelling tot baffles of eilanden. De installaties blijven grotendeels in het zicht en moeten er ook netjes uitzien.

Bepalend voor de effectiviteit van de massa is de combinatie van soortelijk gewicht, dikte, soortelijke warmte en warmtegeleidingscoëfficiënt. Zo heeft bijvoorbeeld een staalplaat van 10 mm als scheidingswand geen effectieve positieve invloed, ondanks het grote soortelijke gewicht. Dat komt door de grote warmtegeleidingscoëfficiënt van staal, waardoor de warmte weliswaar snel indringt maar even snel weer wordt afgestaan; er vindt geen echte buffering plaats. Materialen zoals beton en met name schone kalkzandsteen/baksteen hebben wat dat betreft een betere combinatie van materiaaleigenschappen. Overigens zijn alleen de buitenste centimeters van het oppervlak effectief; dieper gelegen materiaal doet in de warmte-accumulatie nauwelijks mee.

Ventilatiesysteem

Door de warmte-accumulatie verschuift in de zomersituatie de piek in de luchttemperatuur naar de avond. Om die opgeslagen warmte af te voeren, wordt het gebouw 's nachts gespoeld met buitenlucht, als die tenminste voldoende koud is. Indien mogelijk wordt de constructie zover afgekoeld, dat de luchttemperatuur 's ochtends tegen de toegestane ondergrens zit, zodat de bovengrens zo laat mogelijk op de dag of zelfs in het geheel niet wordt bereikt. Een 'voorwaardelijke schakeling' regelt de nachtventilatie: als de buitenlucht 's zomers te warm is, wordt (evenals in de winter) niet geventileerd. Het ventilatiesysteem is gebalanceerd: er

wordt evenveel lucht aangevoerd als afgezogen. De warmte uit de afgezogen lucht wordt 's winters via een warmtewisselaar gebruikt voor (voor)verwarming van de aangevoerde lucht. De aan- en afvoerkanalen zijn gedimensioneerd op een vast en vereist debiet van 5 m³ lucht/m² vloeroppervlak.

Al in een vroeg stadium van het ontwerpproces is het verloop van de leidingen in detail bepaald. Kruisende leidingen zijn zo veel mogelijk voorkomen, omdat ze in het zicht zitten en de hoogte beperkt was.

Gevel

Een belangrijke voorwaarde om bij dit gebouw zonder koelinstallatie toe te kunnen, is dat directe zoninstraling zoveel mogelijk wordt voorkomen. Zonwerend glas voldoet in dit opzicht minder goed dan effectieve zonweringen en zou ook niet de gewenste transparantie opleveren. Samen met het beoogde gevelbeeld met blank glas leidde dit tot het gekozen concept van betonelementen met bouwkundige zonweringen in de vorm van overstek aan de zuidzijde. Aan de noordzijde zijn die 'op hun kop' gezet, zodat ze daar extra licht naar binnen kaatsen.

Op basis van simulaties is voor het overstek een afschermhoek van 55° (ten opzichte van de horizontaal) gekozen. Een kleinere hoek zou nauwelijks meer effect hebben en de gevel constructief gecompliceerder maken. Uiteraard komt door zo'n zonwering ook minder warmte binnen op momenten dat die juist gewenst is. Maar het effect daarvan is veel kleiner, en voor de wintersituatie moet toch al een verwarmingsinstallatie aanwezig zijn. Om geen koelinstallatie te hoeven aanleggen, is de zonwering geoptimaliseerd voor de zomersituatie wanneer de zon veel hoger aan de hemel staat.

Mensen en apparatuur

Door beperking van de toetredende zonne-energie en de inzet van de warm-

te-accumulatie van de massa was grote winst geboekt, maar nog steeds was niet voldaan aan de gestelde eis. Ook de interne warmtelast moest nog omlaag. Op het laatst betekende dat 'zoeken in de marge', totdat de eisen net werden gehaald.

Een eenvoudige ingreep was de keuze voor 'groene' pc's die zichzelf uitschakelen als ze een tijdje buiten gebruik zijn. Momenteel is dat overigens min of meer een standaard voor alle pc's die op de markt zijn.

Niet beïnvloedbaar was het aantal personen in het gebouw, maar wel de plaats waar ze zitten. Het spreekt voor zich, dat de temperatuur eerder wordt overschreden als iedereen 's zomers aan de zuidgevel met een pc gaat zitten werken. Het is de bedoeling deze situatie in het gebruik te voorkomen; bij de inrichting is daar waar mogelijk op geanticipeerd. Hoe, en in hoeverre de werknemers zich in dit opzicht laten sturen, moet in de praktijk nog blijken. Deze 'maatregel' is eigenlijk een kwestie van mentaliteit, en die moet zich nog ontwikkelen.

Ook de warmtelast van de verlichting is zoveel mogelijk omlaag gebracht. Er zijn hoogfrequente verlichtingsarmaturen toegepast met de nieuwe TL5-techniek van Philips, die bij de geleverde lichtopbrengst minimaal energie verbruiken en dus weinig warmte produceren. Deze zijn daglichtafhankelijk geregeld: ze schakelen automatisch terug als er meer daglicht beschikbaar is. Ook hebben ze een aanwezigheidsschakeling, zodat het licht vanzelf uitgaat op een plek die niet in gebruik is.

Projectgegevens

Locatie Kennemerplein, Haarlem • Opdracht Nemeog, Utrecht • Architectuur Architectenbureau ir. Rudy Uytenga, Amsterdam • Constructief ontwerp Bouwadviesbureau Heickmann, Huissen • Adviseur installaties Sweegers en De Bruijn, Den Bosch/Amsterdam • Adviseur bouwkosten Bureau Bouwcoördinatie Nederland, Houten • Uitvoering Van Wijnen West, Dordrecht • Staalconstructie Flevo Staalbouw, Zwaag.