

## EIGEN CONCEPT VAN RONDSPANT.NL

**W**aar vroeger gekromde spanten alleen opgebouwd konden worden op traditionele wijze of met behulp van gekromde gelamineerde spanten, is er sinds enige tijd een nieuw concept op de markt: gekromde daken van Rondspant.nl in Dokkum. Chiel Visser, de man achter Rondspant, ontwikkelde het concept. CNC-gestuurde machines frezen gekromde stukken plaatmateriaal, met aan weerszijden grote vingerlassen, die vervolgens aan elkaar worden verlijmd.

# WEG VRIJ VOOR GEKROMDE DAKEN





Rieten kap bij een villawoning in Bloemendaal.

Gekromde daken leveren haast een sprookjesachtig beeld op; dankzij hun sierlijke en moderne uitstraling hebben ze een opvallend karakter. Vroeger waren gekromde daken weggelegd voor de meer bijzondere projecten, maar tegenwoordig zijn de daken ook in de woningbouw te zien. Dit is niet alleen puur voor de esthetica. De daken hebben namelijk ook een praktisch voordeel, want vanwege de kromming is er binnenshuis extra ruimte.

Diverse woningen in Nederland zijn inmiddels voorzien van een gekromd dak volgens het principe van Rondspant.nl. In diverse uiteenlopende projecten worden deze daken toegepast: van moderne villa's tot sociale huurbouw. In Gorinchem is onlangs een hele nieuwbouwwijk opgetrokken met gekromde daken. Ook in Assendelft, onderdeel van de gemeente Zaanstad, is een hele nieuwbouwwijk uitgevoerd met ronde daken bestaande uit spanten van Rondspant.nl. Op Foto 1 zijn de aaneengeschakelde woningen te zien.

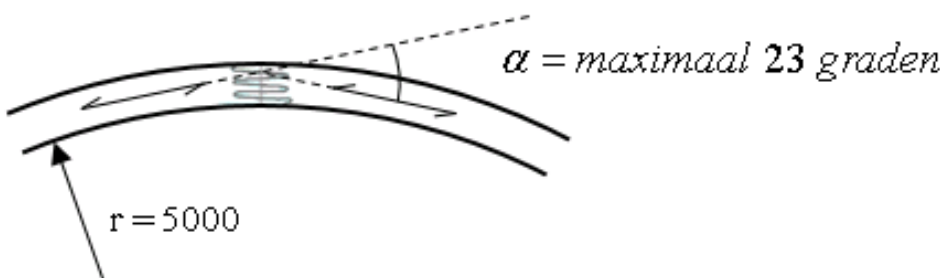
Dat de architect veel keuzevrijheid heeft in het ontwerp, toont de villa in Bloemendaal aan, afgebeeld op Foto 2. Hier is gekozen voor een rieten kapconstructie, waarbij meerdere gekromde elementen elkaar snijden en de kap over meerdere verdiepingen loopt.

**TRIPLEX SPANTEN** Het bedrijf Rondspant.nl produceert spanten uit triplex van de houtsoorten vuren en grenen, waarbij het triplex evenwijdig aan het vlak wordt belast. De spanten worden gefreesd uit platen door een CNC-freesmachine, die zijn werk met een hoge mate van nauwkeurigheid doet. Het voordeel ten opzichte van traditionele gekromde gelamineerde liggers, is dat deze methode minder arbeidsintensief is en daarmee kostenbesparend.

Omdat de triplexplaten in een beperkte afmeting worden geproduceerd, is het noodzakelijk om de spanten in delen te vervaardigen en die vervolgens aan elkaar te verbinden. Er wordt gebruikt gemaakt van een verbinding ontwikkeld door Chiel Visser genaamd de 'grote vingerlas', die is weergegeven in Foto 3.

Omdat niet bekend is in welke mate de sterkte en stijfheid afnemen ten gevolge van deze verbinding, is SHR benaderd voor de bepaling van de constructieve eigenschappen van de gekromde spanten. Om de constructieve eigenschappen in kaart te brengen, werden meerdere proeven uitgevoerd in het laboratorium van SHR op een speciaal hiervoor ontworpen proefopstelling.

SHR onderzocht drie varianten triplexplaat met elk een dikte van 30 mm:



**Figuur 1:** Waar twee grenen elementen met een grote vingerlas worden verbonden, is de onderlinge vezelhoek  $\alpha$  maximaal 23 graden. Hiervoor is een minimale kromtestraal van 5.000 mm nodig.



**Boven de losse elementen, onder zijn ze verlijmd.**

\* 10-laags triplex van de houtsoort vuren met de opbouw: - | - | - | - | - | - | - | - | - | -

\* 15-laags triplex van de houtsoort vuren met de opbouw: - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -

\* 10-laags triplex van de houtsoort grenen met de opbouw: - | - - - - - | -

(- betekent dat de vezelrichting evenwijdig is aan de overspanning; bij | is de vezelrichting haaks op de overspanning)

**ONDERZOEK SHR** De gekromde spanten zijn op de holle zijde belast om het dichtbuigend moment te bepalen - en op de bolle zijde om het openbuigend moment te bepalen. Ter referentie zijn tevens proeven uitgevoerd op rechte liggers van het betreffende plaatmateriaal.

Voor de vurenhouten liggers is gekozen om met de meest ongunstige kleinste kromtestraal  $R = 3.000$  mm te beproeven. De grenen liggers zijn beproefd met een kromtestraal  $R = 5.000$  mm oftewel een kleinere kromming van de ligger. Kleinere kromtestralen blijken in de praktijk weinig voor te komen. In het ontwerp dient rekening gehouden te worden met de grootte van de kromtestraal: hoe kleiner de kromtestraal, hoe groter de trekspanning loodrecht op de vezel.

Voor de vuren liggers is uitgegaan van de meest ongunstige aansluiting: onder een hoek van 90 graden, waardoor de stukken op willekeurige wijze uit de plaat kunnen worden gefreesd. Voor de grenen liggers is een maximale vezelhoek van  $\alpha = 23$  graden aangehouden.

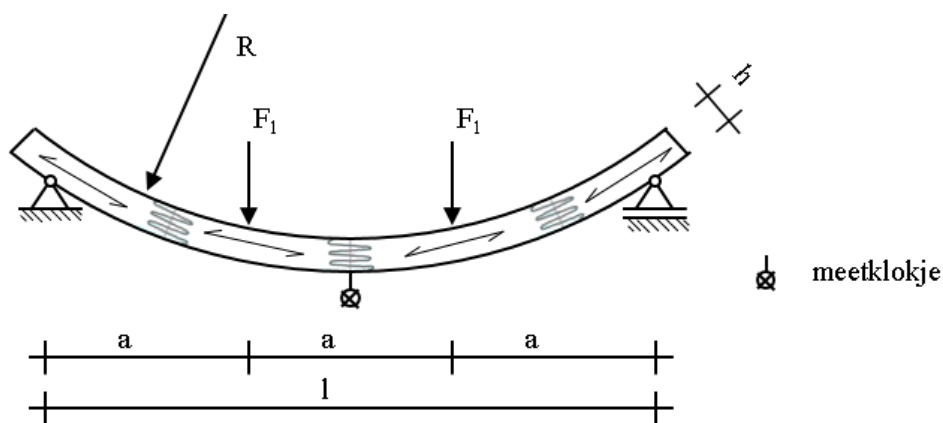
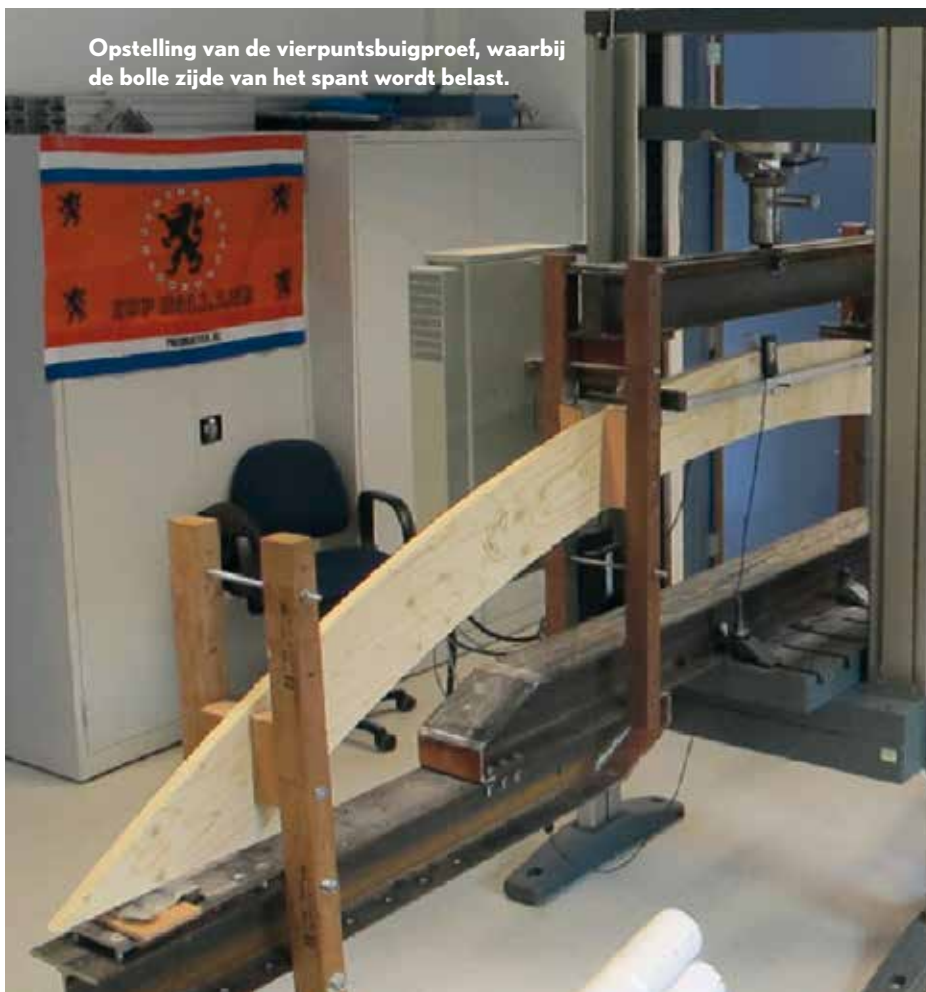
De capaciteit van de spanten is bepaald met behulp van een vierpuntsbuigproef volgens NEN-EN 408. Met behulp van het constante moment tussen de puntlasten bepaalde SHR de buigstijfheid van de doorsnede. De vingerlas is geplaatst tussen de puntlasten. Met behulp van de maximale belasting is de buigsterkte van de vingerlas bepaald.

Het karakteristieke opneembaar buigend moment is vertaald naar een karakteristieke buigspanning ( $f_{m,k}$ ) voor de betreffende doorsnede. De trekspanning loodrecht op de vezel wordt opgenomen door de lagen in dwarsrichting. In geen van de gevallen is deze maatgevend gebleken.

De resultaten van deze proeven, uitgedrukt in de karakteristieke buigsterkte ( $f_{m,k}$ ) en buigingsmodulus ( $E_{0,mean}$ ), staan weergegeven in Tabel 1.

**BUIGSTERKTE** De karakteristieke buigsterkte varieert voor de vurentriplexplaat tussen de 11,8 en 16,5 N/mm<sup>2</sup>. Dat is logischerwijs lager dan massief vurenhout met sterkteklasse C24, aan-

Opstelling van de vierpuntsbuigproef, waarbij de bolle zijde van het spant wordt belast.



Figuur 2: Mechanicaschema van de vierpuntsbuigproef, waarbij de holle zijde wordt belast.

gezien de lagen kruislings zijn verlijmd. De dwarse lagen, met de vezelrichting haaks op de overspanning, worden loodrecht op de vezel belast met een laag aandeel in het opnemen van het buigend moment tot gevolg. Aangesloten onder een vezelhoek van 90 graden scoort de 15-laagse vurenplaat beter dan de 10-laagse vurenplaat: deze heeft relatief meer lagen in de goede richting.

Het 10-laagse grenentriplex heeft eigenschappen waarbij de buigsterkte vergelijkbaar is met sterkteklasse C18 ( $f_{m,k} = 18,9 \text{ N/mm}^2$ ) en qua buigstijfheid sterkteklasse C14 evenaart ( $E_{0,mean} = 7.456 \text{ N/mm}^2$ ). Dit zijn vanzelfsprekend betere eigenschappen dan de variant met vurentriplex, aangezien het merendeel van de lagen evenwijdig aan de overspanning loopt. De twee dwarse lagen voorkomen het werken in de dikterichting, zorgen voor de vormstabiliteit en ze nemen de trekspanningen loodrecht op de vezel op als gevolg van de kromming in de ligger.

**UITDAGENDERE VORMEN** Als gevolg van de steeds hogere isolatie-eisen die gelden voor daken ( $R_c = 6,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  volgens het Bouwbesluit) wordt het isolatiepakket in de daken in toenemende mate dikker, met een grotere spoorhoogte tot gevolg. In veel van de gevallen is het mogelijk om projecten met gebogen daken te realiseren met behulp van de spanten van Rondspant.nl. Het zorgvuldig afstemmen van de eigenschappen van Rondspant.nl, zoals gepresenteerd in dit artikel, met de toepassing in de praktijksituatie luidt hier het advies.

Ook kunnen met de spanten van Rondspant.nl nog uitdagendere vormen worden ontworpen, denk bijvoorbeeld aan dubbel gekromde daken of andere afwijkende vormen. Kortom, het toepassen van plaatmateriaal belast in het vlak en bewerkt met CNC-freesmachines is een interessante techniek met veelbelovende ontwikkelingen.

Auteurs: ir. W.H. (Wim) de Groot, projectleider SHR, en ir. T.W.C. (Thomas) Houben, SHR ■

	laagopbouw	$f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{0,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
vuren 10-laags triplex*	—   —   — —   —   —	11,8	5.011
vuren 15-laags triplex*	—   —   —   —   —   —   —   —   —	16,5	5.578
grenen 10-laags triplex**	—   — — — — — —   —	18,9	7.456

Tabel 1: Eigenschappen plaatmateriaal voorzien van de 'grote vingerlas' gemaakt door Rondspant.nl.