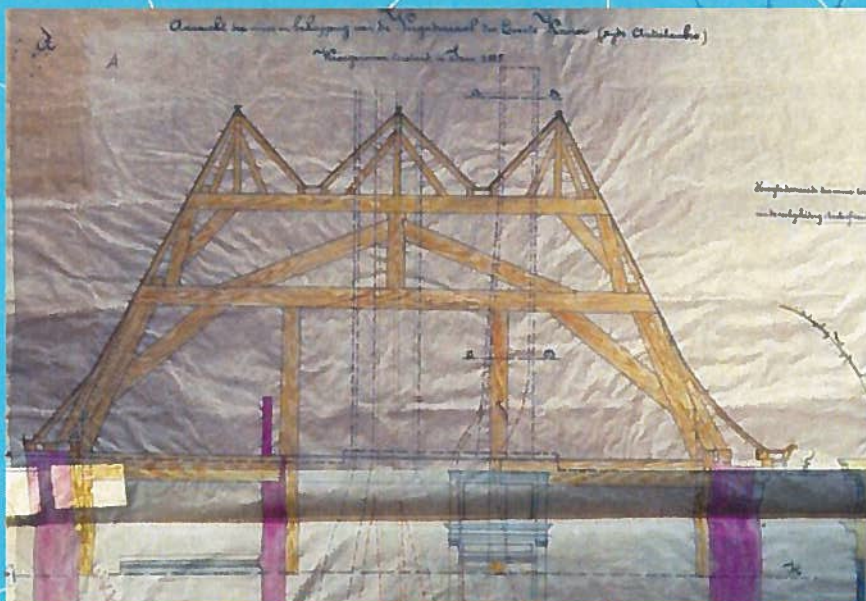
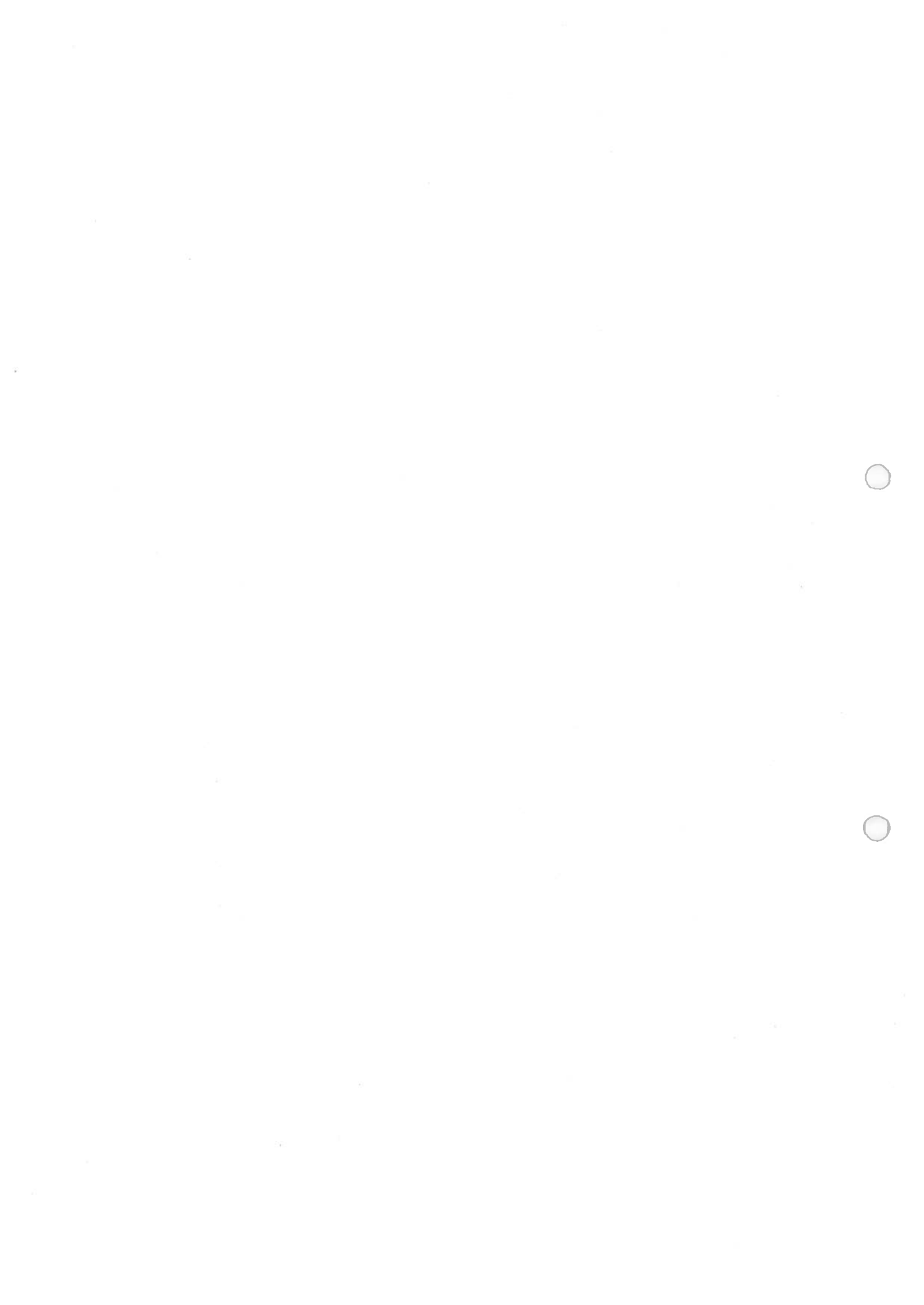


Onderzoek casco Binnenhof 's-Gravenhage

Aanvullende berekening kapconstructie plenaire zaal Eerste Kamer





Projectgegevens

Project Onderzoek casco Binnenhof 's-Gravenhage

Onderdeel Aanvullende berekening kapconstructie plenaire zaal Eerste Kamer

Code 14011IG

Datum 11 september 2015

Samengesteld door [REDACTED]
Afgestemd met [REDACTED]
Betrokkenen [REDACTED]
Projectleider [REDACTED]
Adviseur [REDACTED]

Opdrachtgever Rijksvastgoedbedrijf (RVB)

Eindverantwoording ABT bv
Delftechpark 12
Postbus 458 2600 AL Delft

Geautoriseerd door [REDACTED]

Paraaf



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	7
2.	Bestaande constructie	7
2.1.	Algemeen	7
2.2.	Werkbezoeken	8
2.3.	Hoofdspanten	14
2.3.1.	Geometrie en doorsnede-gegevens	16
2.3.2.	Staalconstructie	17
2.3.3.	Afdracht verticale belastingen	17
2.3.4.	Afdracht horizontaal (wind)belasting	18
2.4.	Tussenspanten	19
3.	Uitgangspunten	20
3.1.	Normen	20
3.2.	Rekenprogramma's	20
3.3.	Materialen en kwaliteiten	20
3.4.	Veiligheidscoëfficiënten en belastingcombinaties	21
4.	Berekeningen	23
4.1.	Algemeen	23
4.2.	Berekening – tussenspan	24
4.2.1.	Belastingen	24
4.2.2.	Reactie krachten	24
4.3.	Berekening – hoofdspant model 1	25
4.3.1.	Belastingen	26
4.3.2.	Toelichting/ conclusie uitkomsten	28
4.4.	Berekening 2 - hoofdspant model 2	30
4.5.	Overzicht berekeningsresultaten	31
4.5.1.	Controle hoofddoorsnedes	31
4.5.2.	Controle details	32
5.	Conclusie en aanbevelingen	33
5.1.	Samenvatting	33
5.2.	Conclusie	33
5.3.	Aanbevelingen	33
6.	Bijlage 1- Rapportage onderzoek houtkwaliteit	34
7.	Bijlage 2	35
7.1.	Stichting Hout research Journaal 27- scheuren in hout	35
7.2.	Houtwijzer bouwen- Sterktegegevens van hout	36
8.	Bijlage 3- Resultaten berekeningen	37
8.1.	Hoofdspant (model 2)	37
8.2.	Tussenspanten	38
9.	Bijlage 4- Controle hoofddoorsnedes	39
10.	Bijlage 5- Detailberekeningen	40

1. Inleiding

In maart 2015 is door ABT, voor het Rijksvastgoedbedrijf, het casco-onderzoek voor het binnenhof uitgevoerd. Deze rapportage is vastgelegd in "Casco Onderzoek Binnenhof" (d.d. 20 maart 2015).

Voor de plenaire vergaderzaal van de Eerste kamer der Staten-Generaal geeft de houten kap uit de 17^e eeuw en de gewelfconstructie reden tot zorg. Gezien de bijzondere opbouw en de onbekende krachtswerking van de constructie en mede gevoed door zichtbare vervormingen en eerder aangebrachte versterkingen. Deze zorg werd versterkt door de aangetroffen schade.

Uit de inventarisatie van de beschikbare gegevens en een uitputtende opname ter plaatse, blijkt de oorspronkelijke kapconstructie al verscheidene malen te zijn aangepast met het oogmerk deze te versterken. Al met al is er sprake van een samengestelde hybride complexe constructieve opbouw die een grote uitdaging vormt om deze te doorgronden, en zodanig te systematiseren dat deze qua sterkte, stijfheid en daarmee veiligheid berekend kon worden. Extra moeilijkheid daarbij vormt het organische karakter van het constructiemateriaal: hout. Een natuurproduct met z'n specifieke eigenschappen en toleranties dat plaatselijk door invloeden van insecten en/of schimmels gedeeltelijk is aangetast.

Vandaar dat een expertteam is samengesteld, bestaande uit renovatiespecialisten van ABT, om, in nauwe afstemming met de deskundigen van het Rijksvastgoedbedrijf, dit onderzoek uit te voeren. Gaandeweg zijn er verschillende scenario's bepaald en zijn de tussentijdse resultaten getoetst met als doel een navolgbare berekening op te stellen. De gehele bestaande kapconstructie (inclusief vijvergevel) wordt getoetst aan het benodigde minimale veiligheidsniveau voor bestaande bouw, te weten het afkeurniveau.

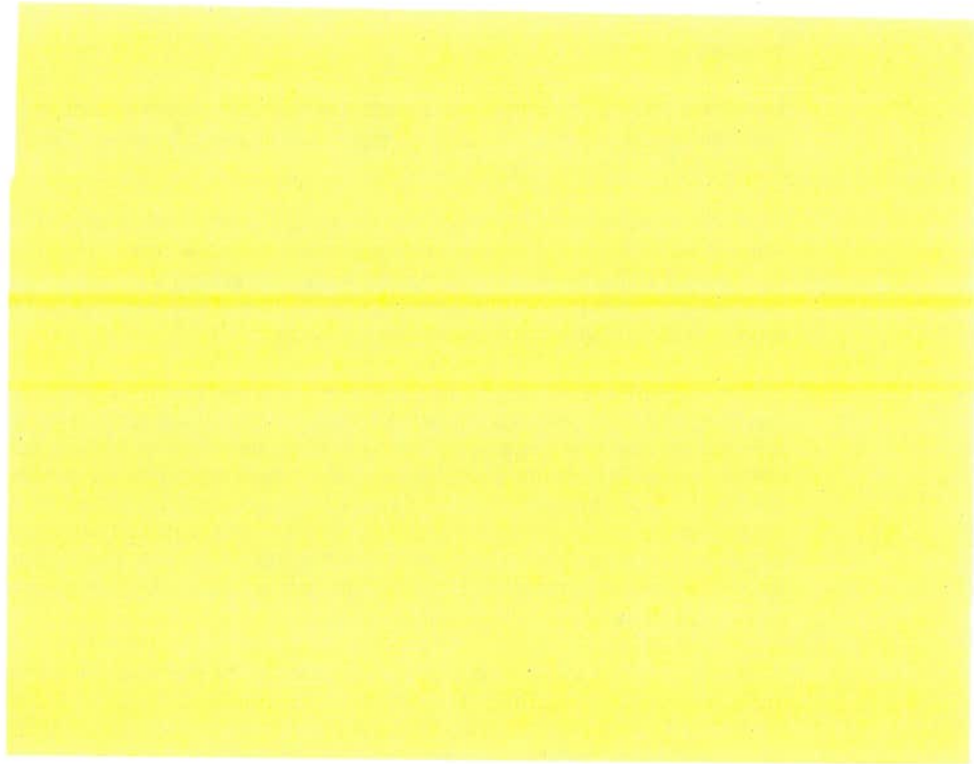
2. Bestaande constructie

2.1. Algemeen

Dit deel van de huisvesting van de eerste kamer dateert uit circa 1650. De vergaderzaal van de staten van Holland en west-Friesland is in 1848 in gebruik genomen als vergaderzaal door de eerste kamer ^[1].

De houten kapconstructie van de plenaire zaal bestaat uit een draagsysteem met 6 hoofdspanten, genummerd I, II, III, IV, V en VI. De spanten overspannen o.a. de plenaire zaal. Aan de hofvijver-zijde worden de spanten gedragen door metselwerk penanten en aan de binnenhof-zijde door een dragende wand. Deze wand wordt gesteund door het naastgelegen trappenhuis en de gangen.

¹ Het Haagse Binnenhof. Acht eeuwen centrum van de macht



Figuur 1, hoofdspanen

2.2. Werkbezoeken

In de periode februari 2015 tot en met juli 2015 zijn 8 werkbezoeken aan de houten kapconstructie gebracht.

De werkbezoeken 1, 2 en 3 zijn tevens uitgevoerd in het kader van het vorige casco onderzoek.

Werkbezoek 1	13-02-2015	archief onderzoek gemeente archief Den Haag
Werkbezoek 2	17-02-2015	opname kapconstructie- vlieringgebint
Werkbezoek 3	20-02-2015	opname kapconstructie- spantbeen zoldergebint
Werkbezoek 4	05-03-2015	vervolgopname spantbeen met endoscoop (camera)
Werkbezoek 5	19-03-2015	opname houtkwaliteit (m.b.t. aantasting- Nedon)
Werkbezoek 6	02-04-2015	opname specialist houtconstructies- eerste bezoek
Werkbezoek 7	18-05-2015	opname specialist houtconstructies- nader onderzoek
Werkbezoek 8	04-06-2015	opname tussenspanen en zoldergebint

Bij de werkbezoeken 4 en 8 is de zoldervloer deels gedemonteerd om de onderliggende constructie te kunnen onderzoeken. Omdat de werkruimte zeer beperkt is, was het onderzoek beperkt tot het maken van foto's en maatvoering van bereikbare constructie-elementen.

De aansluiting van het spantbeen op de muurplaat/ penant is onvoldoende waargenomen.

Nader onderzoek is mogelijk na demonteren van de zoldervloer en/of dak.

Enkele besprekingen (22-05-2015 en 25-06-2015) met het Rijksvastgoed Bedrijf, Lüning en ABT hebben plaatsgevonden om de constructie te overleggen.

In de fotoserie zijn de bevindingen weergegeven.

Fotoserie:



Opmerking(en):

De doorsneden van de tussenspanten zijn opgemeten bij de kopse kant van het plafond ter plaatse van spant II. De verbindingen zijn gesloten (aangetroffen zijn 1 of 2 pennen), wat aangeeft dat de werking nog voldoet.

Hoofdspant (spantbeen)

Tussenspant (spantbeen)

Bevestiging stalen kruis.
Stalen beugel met verbindingen door en door.

Sporen en dakbeschoot

Stalen stang verticaal langs het spantbeen. De constructieve werking is gelijk aan de boven aansluiting.

Foto 1- spant V- spantbeen hofvijver zijde- onderaansluiting staalconstructie



Opmerking(en):

De oplegging van het spantbeen is niet waargenomen. Er is tevergeefs met een endoscoop getracht de oplegging in beeld te brengen.

Aangezien de oplegging van het spantbeen zich aan de binnenzijde van het metselwerk penant bevindt en er geen vocht (veel droog stof aanwezig. Hierdoor dient aandacht te zijn voor de brandveiligheid) is waargenomen, is de verwachtingen dat de oplegging droog en zonder wateraantasting is.

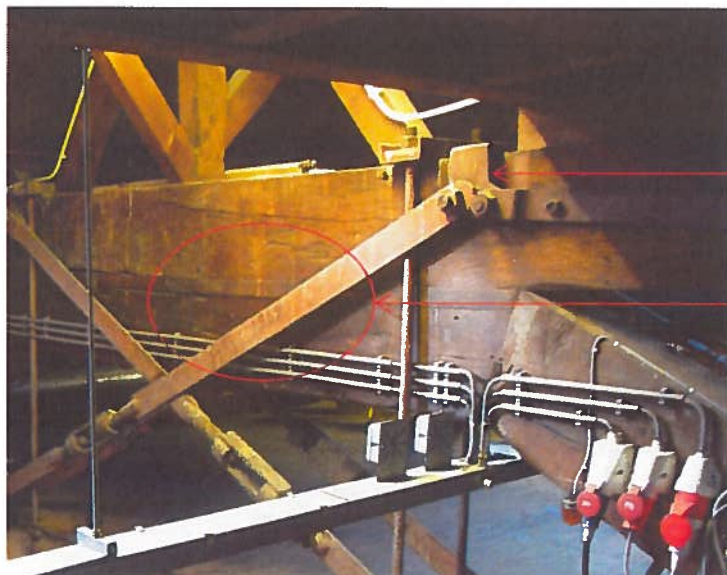
Houten beplating tegen tussenspanten

Hoofdspant (spantbeen)

Gootbalk (onder de muurplaat)

Muurplaat (rand muurplaat)

Foto 2- spant V- spantbeen hofvijver zijde- bij muurplaat



Boven aansluiting
staalconstructie

1962

Foto 3- spant IV



Vervorming van vliering-dekbalk
Opname 25 mei 2015
spant III 8,5 cm
spant IV 9 cm
spant V 9,5 cm
spant VI 3,5 cm

Wartel van staalconstructie

Foto 4- spant III- vervorming dekbalk

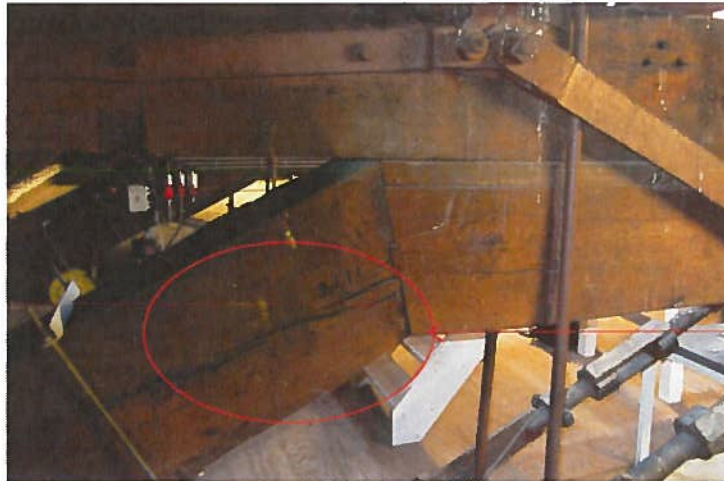


Foto 5- Spant III

Scheurvorming, geen doorgaande scheur naar de kern van de doorsnede.

De aanwezige scheurvorming in de houten dekbalen heeft geen negatieve invloed op de doorsnede capaciteit, zie bijlage 7.1.

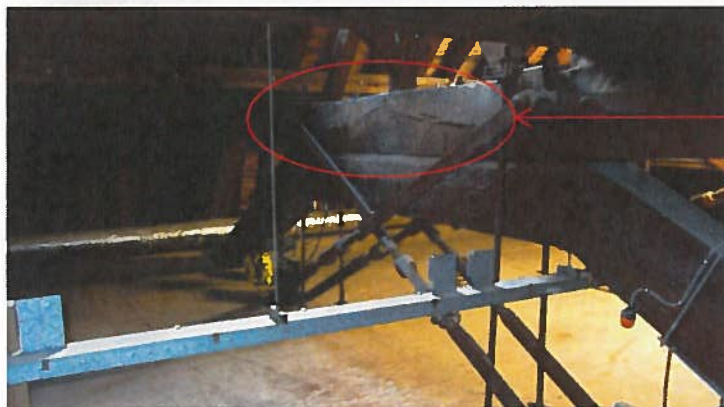


Foto 6- spant V

Scheurvorming, geen doorgaande scheur naar de kern van de doorsnede.



Foto 7- spant V

Oude hout aantasting

1000

1000

1000

1000



Bezijken van de hoekverbinding. Representatief voor alle overige hoeken

Het bezijken van de hoekverbindingen en daarbij het torderen van de vlering dekbalken is waarschijnlijk het gevolg van krimpen van het hout.

Aangezien er geen gevolgschade zichtbaar is in het vleringspant, is het bezijken van de hoekverbindingen en het torderen van de dekbalk niet het gevolg van zware (externe) belasting.

Foto 8- Spant V- hoekverbinding spantbeen met dekbalk



Spie verbinding (smeedijzer)

Verticale verbinding naast de houtverbinding

Bezijken van de hoekverbinding. In een eerder periode heeft reparatie plaatsgevonden. De balk is verdraaid (getordeerd), waarbij deze zijde open staat.

Stalen strip is aangebracht (vierkante nagels, waarschijnlijk vooroorlogs smeedijzer).

Foto 9- Spant III



Foto 10 buitenzijde gevel (hofvijver)

Vervormingen (maximaal) van de gevel ter plaatse van dakrand.

Alleen visuele waarneming. Er zijn geen metingen uitgevoerd (gevel is niet/ moeilijk bereikbaar).

In nader onderzoek metingen verrichten om de vervorming op te nemen en te observeren



Foto 11- buitenzijde gevel (hofvijver)

Scheefstand nauwelijks zichtbaar vanaf balkon hofvijver en in de plenaire zaal

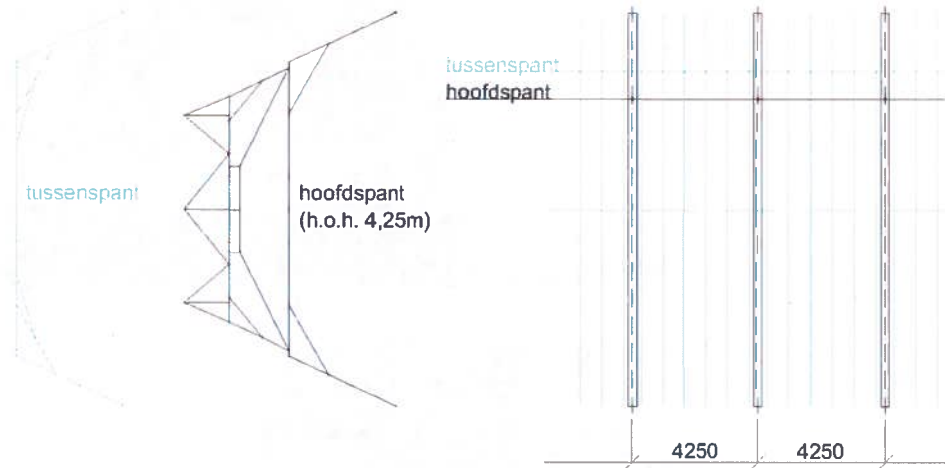


Foto 12- plenaire zaal- binnenzijde gevel (hofvijver)

2.3.

Hoofdspanten

De houten kapconstructie bestaat uit hoofd- en tussenspanten. De hoofdspanten (paragraaf 2.3) staan hart op hart 4.25m. Tussen de hoofdspanten zijn enkele tussenspanten (paragraaf 2.4) .



Figuur 2

In het hoofdsant (III, IV, V en VI) zijn resten van de verbinding met een makelaar zichtbaar. Het is te verwachten dat de spanten in een eerdere periode tevens een makelaar hebben gehad. Ook ter ondersteuning van de zolderdekbalk is het te verwachten dat hier een makelaar aanwezig is geweest.



Penverbinding met de makelaar

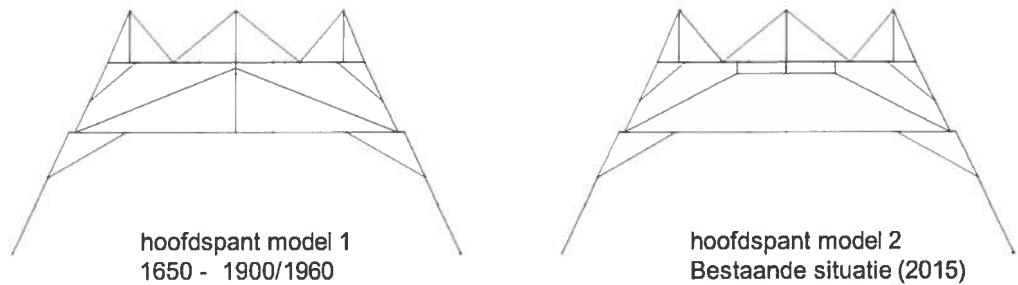
Foto 13

Het is uit het gemeente archief (Haags gemeente archief) en rijksarchiefgegevens (RVB archief) niet te achterhalen hoe en wanneer de spanten zijn aangepast en gewijzigd.

Op spant IV staat het jaartal 1962 aangegeven op de staalconstructie. Mogelijk is dit de periode waarin de staalconstructie is aangebracht en/of de houtconstructie is aangepast.

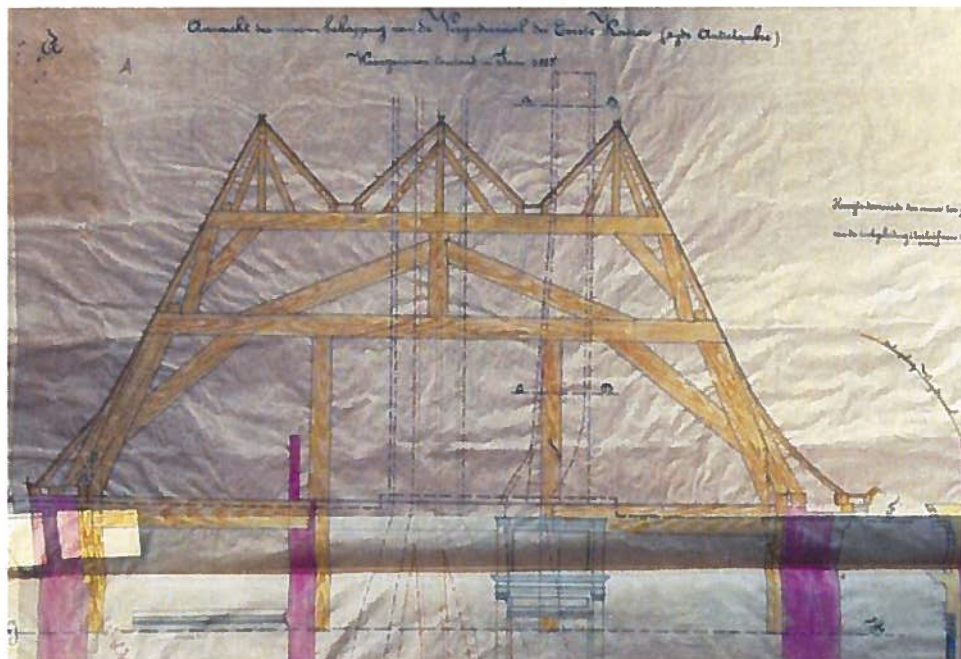
Aan de hand van de werkbezoeken en overleggen met het Rijksvastgoedbedrijf en adviesbureau Lüning is voor het hoofdspant (III, IV, V en VI) vastgesteld dat twee spantconstructies zijn toegepast.

Model 1: hoofdspant met schoren en makelaar periode 1650 – 1900/ 1960
 Model 2: hoofdspant met drukboog en staalconstructie periode 1900 / 1960–heden



Figuur 3

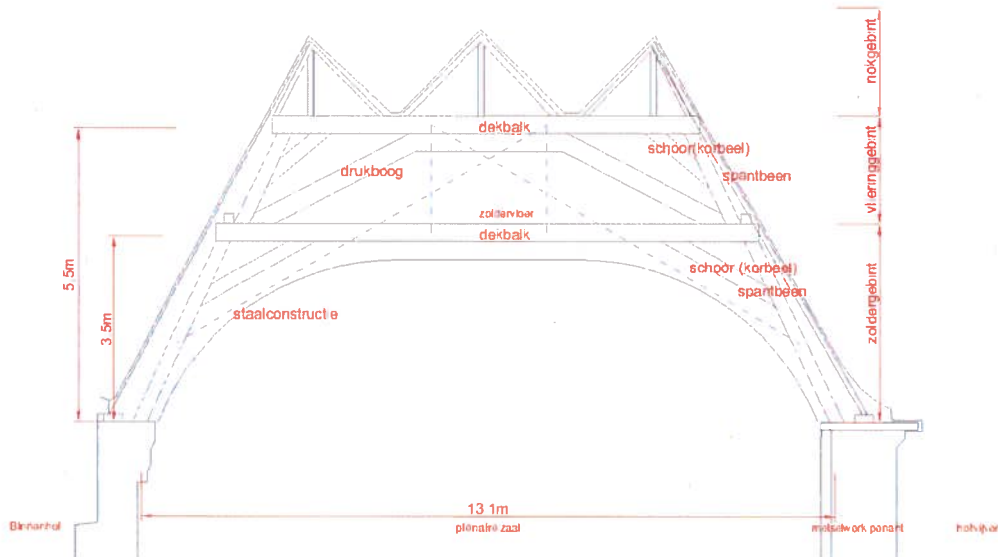
Het bestaande spant II (het spant boven de achterwand van de plenaire zaal) heeft een makelaar. Onder de zolderdekbalk zijn twee ondersteuning (stijlen/ kolommen) aanwezig.



Figuur 4, spant II- figuur uit "demarcatierapport binnenhofcomplex" d.d. 06-12-2011

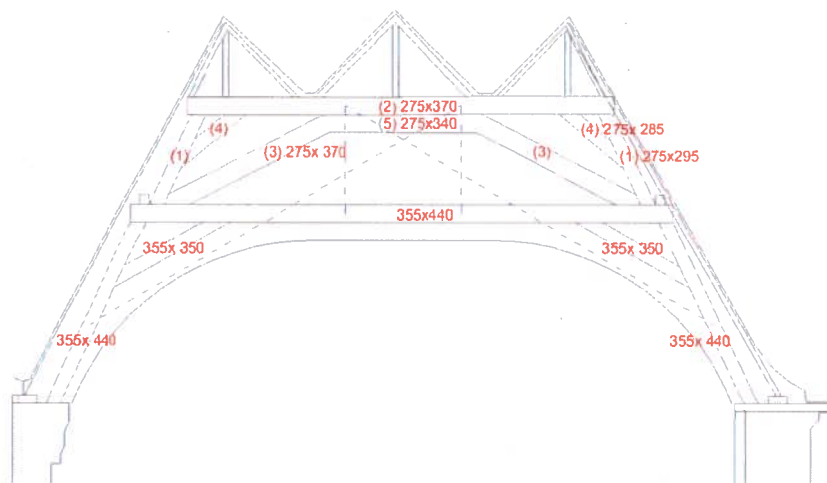
2.3.1. Geometrie en doorsnede-gegevens

De houten kapconstructie heeft een theoretische overspanning van circa 13,1m. De hoogte bedraagt 3,5m tot de zoldervloer en 5,5m tot de vliering.



Figuur 5, model 2

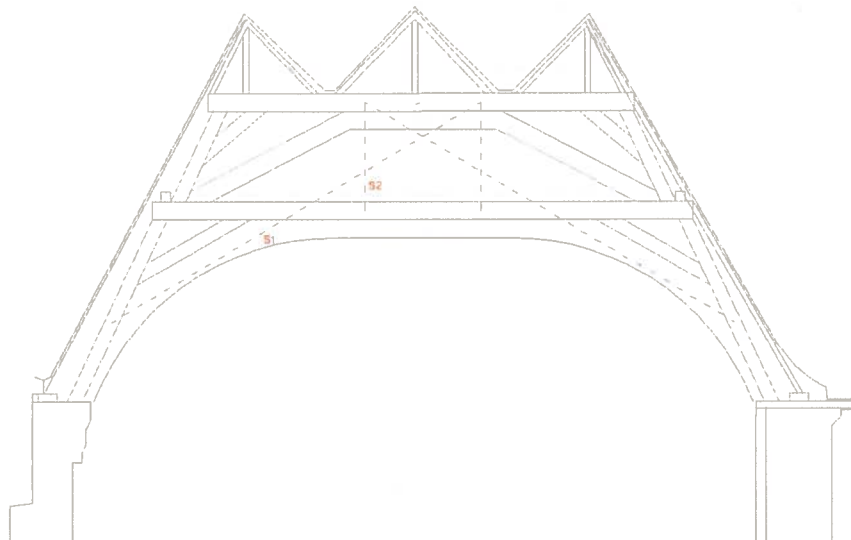
De doorsnede gegevens zijn op basis van de metingen van het vlieringgebint bij het werkbezoek op 17 februari 2015. Voor de doorsnede gegevens van het zoldergebint is het werkbezoek op 4 juni 2015 uitgevoerd. De doorsnede gegevens van het zoldergebint zijn fors groter dan bij het vlieringgebint.



Figuur 6, model 2 hout doorsnede

2.3.2. *Staalconstructie*

Op spant IV is op de staalconstructie het jaartal 1962 aangegeven, zie Foto 3. De staalconstructie zal waarschijnlijk aangebracht zijn in 1962. Waarbij het materiaal mogelijk smeedijzer is.



Figuur 7

Kruis : 2x2 strippen 100x11mm (s1) met wartels, zie Foto 4.
Ophangstaven : 2x2 massief rond 35mm (s2)

2.3.3. *Afdracht verticale belastingen*

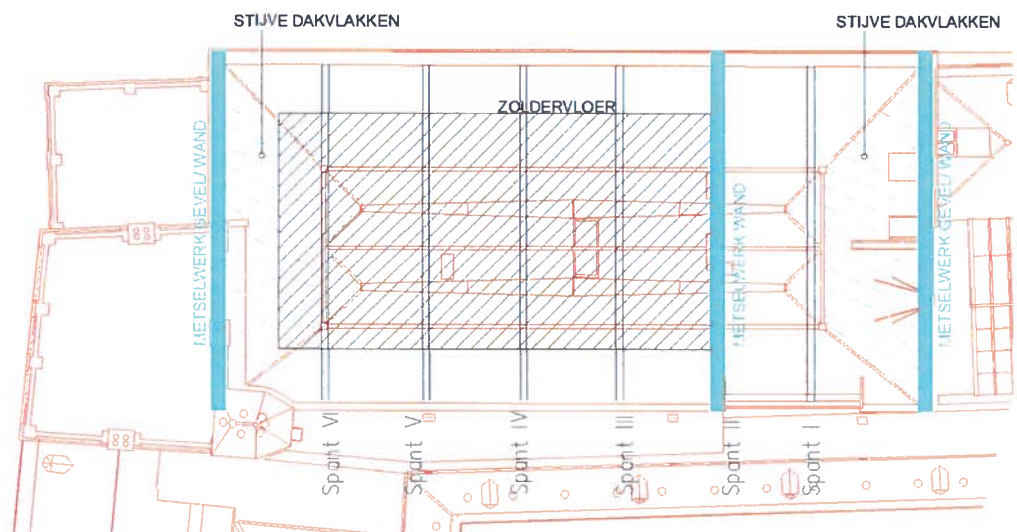
De hoofdspanten dragen de verticale belastingen af, zoals het eigen gewicht van het dak, de zolder met het plafond, en de sneeuwbelasting.

Sneeuwbelasting wordt op de kap opgevangen tussen de driehoekvormingen dakvormen. Het nokgebint zal de belasting afdragen naar het vliergebint.

2.3.4. *Afdracht horizontaal (wind)belasting*

Voor de windbelasting loodrecht op de langsgevel werken de stijve en gesloten dakvlakken (sporenkap met dakbeschot: houten planken $t=24\text{mm}$ en sporen $10\times 9\text{cm}$ h.o.h. $40,5\text{cm}$) bij spant I en VI als stijve schijven. De zoldervloer werkt als horizontale schijf (multiplex platen $2\times t=18\text{mm}$, volledig geschroefd). De windbelastingen zal vanuit het dak (stijve dakvlakken en de zoldervloer) afgedragen worden naar de metselwerk wand (spant II) en overige gevels. Uiteindelijk dragen de gevels en wanden de belasting af naar de fundering.

In paragraaf 3.4 wordt de windbelasting gekwantificeerd voor het hoofdspant.



Figuur 8- windbelastingafdracht voor wind-loodrecht

Voor de windbelasting loodrecht op de dwarsgevel zal de sporenkap en de diverse schoren (evenwijdig aan de langsgevel) zorgen voor een schijfwerking van het dakvlak. In deze windrichting werken tevens de stijve dakvlakken bij spant I en VI.

2.4. *Tussenspanten*

De tussenspanten, bestaande uit spantbeen, korbeel en dekbalk, hebben een afmeting van 120x 170mm (de maatvoering is waargenomen aan de zijde van de kopse kant van het plafond ter plaatse van spant II).

De tussenspanten direct naast het hoofdspant hebben de afmeting 140x215mm (Deze maatvoering is opgenomen ter plaatse van spant V).

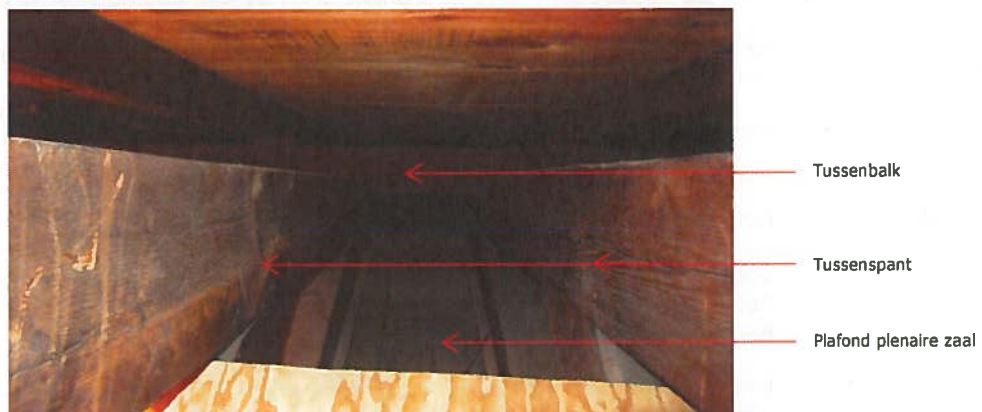


Foto 14

De overspanning (13,1m) en de hoogte (3,5m) komt overeen met de overige spanten, ziet tevens Figuur 5.

De tussenspanten dragen de verticaal belastingen vanuit het eigen gewicht zoldervloer, spant en plafond.

De tussenspanten hebben een horizontale (spant)reactie op de metselwerk gevel. Deze krachten worden in het rekenmodel voor het hoofdspant meegenomen.

3. Uitgangspunten

3.1. Normen

De volgende normen (inclusief nationale bijlage) zijn gebruikt:

NEN-EN 1990	grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1	algemene belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1995-1-1	ontwerp en berekening houtconstructies:
	algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1996-1-1	ontwerp en berekening van constructies van
metselwerk:	
	algemene regels en regels voor gebouwen
NEN 8700	Beoordeling van constructieve veiligheid van bestaande bouwwerken bij verbouw en afkeuren- Grondslagen

3.2. Rekenprogramma's

Voor de berekening is gebruik gemaakt van de volgende rekensoftware:
Technosoft Liggers
Rstab

Met behulp van Rstab zijn de doorsnede krachten en vervormingen bij de kapconstructie bepaald.
Aan de hand van Excel sheets (Qec) zijn de hout- doorsnede gecontroleerd.

3.3. Materialen en kwaliteiten

De onderstaande materialen zijn toegepast voor de constructieve berekeningen. De gehanteerde materiaaleigenschappen zijn gebaseerd op ervaringsgetallen (*) of literatuur studie (**). Om de materiaal eigenschappen exact vast te stellen is nader uitgebreid (destructief) onderzoek benodigd. De gehanteerde materiaal eigenschappen zijn conservatief aangehouden, als veilige aannamen.

Constructiehout

Houtsoort	Europees eikenhout		
Klimaatklasse	I (droog)		
Sterkteklasse	D30		[2] (*)/ (**)
Duurzaamheidsklasse	IV		

E	=	10.000	N/mm ²
δ	=	550	kg/m ³

De scheurvormingen in de houtenbalken heeft geen negatieve invloed op de doorsnede (**, zie Bijlage 2- Stichting Hout research Journaal 27- scheuren in hout)/ Voor de controle berekeningen wordt de volledige doorsnede aangehouden.

Metselwerk

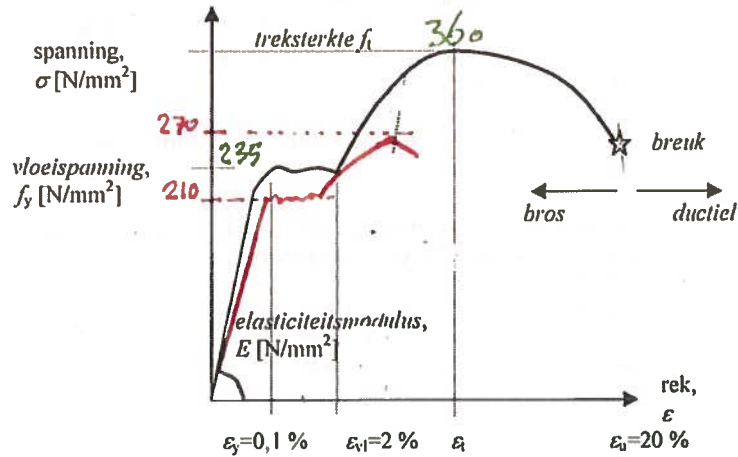
f _{rep}	=	2,55	N/mm ²	
E _L	=	1000x 2,55 = 2550	N/mm ²	[3] (**)
δ	=	1600- 2000	kg/m ³	
δ _{aangehouden}	=	1850	kg/m ³	(*)

² Houtwijzer bouw- STERKTEGEGEVENS VAN HOUT (zie bijlage)

³ CUR aanbeveling 82 en Handboek Funderingsherstel.

Staal

E	=	210.000	N/mm ²
δ	=	7850	kg/m ³



Figuur 9- spanning rek diagram staal (S235) en smeedijzer

S235	Vloegrens	235 N/mm ²	
	Trekgrens	360 N/mm ²	
Smeedijzer/ Welijzer	Vloegrens	210 N/mm ²	[4] (**)
	Trekgrens	270 N/mm ²	

3.4. *Veiligheidscoëfficiënten en belastingcombinaties*

De (hoofddraag)constructie van dit gebouw dient (minimaal) te worden berekend volgens gevolgklasse CC2 als beschreven in NEN-EN 1990 Tabel B1. Voor bestaande bouw met afkeurniveau geldt een restlevensduur 1 jaar en een referentieperiode 15 jaar (NEN 8700).

Veiligheidsfactoren uiterste grenstoestand:

Blijvende belasting (G)	$g_g = 0,9/1,10$ of $1,20$
Veranderlijke belasting (Q)	$g_q = 1,15$
Veranderlijke windbelasting (W)	$g_w = 1,3$

Volgens de Eurocode dienen diverse ontwerpsituaties te worden beschouwd. De aan te houden veiligheidsfactoren zijn afhankelijk van de te beschouwen uiterste grenstoestand en combinatie.

⁴ "bruggen in Nederland 1800 -1940" deel I (blz 122).

$$\begin{array}{l} 1 \quad 1,20 G + 1,15 y_0 Q + 1,15 y_0 Q_i \\ 2 \quad 1,10 G + 1,15 Q + 1,15 y_0 Q_i \\ 3 \quad 1,10 G + 1,15 y_0 Q + 1,15 y_0 Q_i + 1,30 W \end{array}$$

G = blijvende belasting

Q = overheersende veranderlijke belasting

Q_i = overige veranderlijke belastingen

W = wind

y₀ = 0,0 voor alle veranderlijke belastingen.

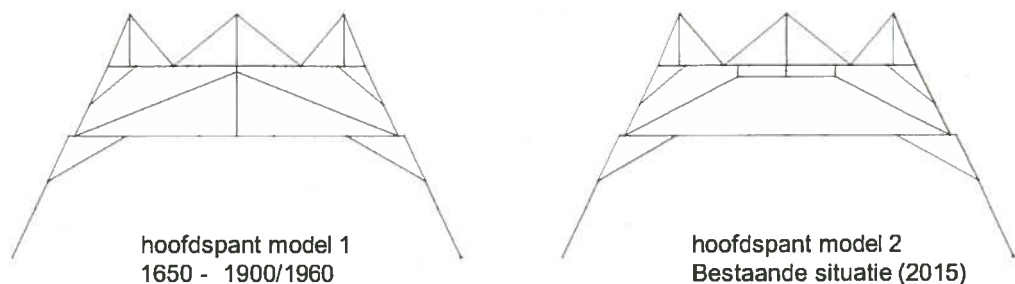
Hieronder zijn de belangrijkste combinaties waarop de betreffende constructies getoetst zullen worden, weergegeven:

$$\begin{array}{l} \text{BC 1} \quad 1,20 G \\ \text{BC 2} \quad 1,10 G + 1,15 Q_{\text{veranderlijk}} \\ \text{BC 3} \quad 1,10 G + 1,15 Q_{\text{sneeuw}} \\ \text{BC 4} \quad 1,10 G + 1,30 W \end{array}$$

4. Berekeningen

4.1. Algemeen

Voor het hoofdspant zijn twee modellen berekend met de verticaal belastingen, geometrie en kwaliteiten. Na uitgebreid onderzoek van de bestaande constructie is de schematisering gekozen.



Figuur 10, hoofdspant

Model 1 betreft het oorspronkelijke model.

In het model wordt onderzocht of de waargenomen vervormingen en bezweken verbindingen te verklaren zijn.

Model 2 betreft het model met de huidige geometrie.

De controle berekening voor het afkeurniveau zal op model 2 worden uitgevoerd.

Voor het rekenmodel is uitgegaan van een conservatieve schematisatie. Het metselwerkpenant is als pendelstaaf opgenomen in de berekening.

Het gevelpenant levert in dit bezwijkmechanisme geen horizontaal belasting. Dit resulteert in de grootste vervorming en grootste doorsnede krachten van het hoofdspant.

Bij (horizontale) weerstand van het metselwerk penant worden de spanningen en de vervormingen minder groot.

Voor de hoekverbinding in het vlieringgebint is uit werkbezoek gebleken dat deze verbindingen bezweken zijn. In model 2 zal deze verbinding voor het huidige spant niet aanwezig zijn.

De schematisering van de modellen is gedaan op basis van de hart-/ systeemlijnen, waarmee de staafkrachten en vervormingen worden berekend. Controle van de staaf doorsneden is uitgevoerd met de staafkrachten.

Voor de detailberekeningen wordt de geringe excentriciteit en de invloed van de aansluitdetails in rekening gebracht.

Voor de controle op verbouwniveau dient onderzoek te worden uitgevoerd naar het metselwerkpenant (o.a. materiaaleigenschap, massief of holle doorsnede en scheurvorming).

In het onderzoek afkeuren zijn er onderzoeken uitgevoerd naar de geometrie en de houtdoorsneden en de algemene staat (kwaliteit) van de kapconstructie

De eventuele aanpassingen aan de constructie, installaties en/of belastingen dienen meegenomen te worden bij de controle van het verbouwniveau.

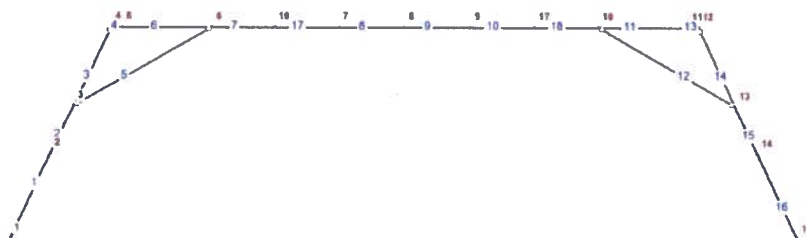
Voor de tussenspanten is de berekening uitgevoerd met het eigen gewicht en de veranderlijke belastingen.



Figuur 11, tussenspant

4.2. Berekening – tussenspant

Om de krachten op het hoofdspant te kunnen vaststellen is het tussenspant berekend. De horizontale (spant)krachten worden als externe belasting bij het model van het hoofdspant aangehouden.



Figuur 12, tussenspant model

4.2.1. Belastingen

Voor de vloerbelasting op de het tussenspant is aangehouden 650mm (h.o.h. 600 / 700mm) werkende (vloer)breedte.

Rustende belastingen

Houten vloer en balken	0,20	
Plafondafwerking	0,20	
Aanwezige installaties	0,10	
	0,50 kN/m ² x 0,65m =	0,32 kN/m

Veranderlijke belastingen

Q) Vloerbelastingen	1,00 kN/m ² x 0,65m =	0,65 kN/m'
		(ψ = 0,0)

(*) De vloer/ ruimte is moeilijk bereikbaar en het vloeroppervlakte is niet bruikbaar voor normaal gebruik i.v.m. obstakels (niet bruikbaar voor opslag, kantoor o.i.d).

4.2.2. Reactie krachten

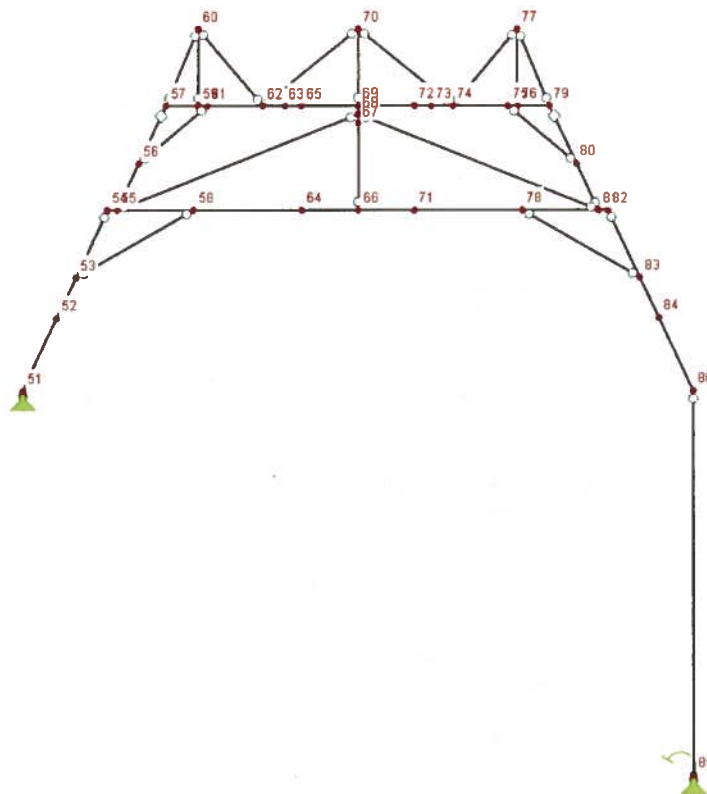
In de bijlage 8.2 zijn de resultaten van de berekening weergegeven, onderdeel "KNOPEN- REACTIEKRACHTEN".

R_{x;BG1 kp1/15} = 2,30 kN per oplegging

R_{x;BG2 kp 1/15} = 2,30 kN per oplegging

4.3. *Berekening – hoofdspant model 1*

Het model betreft het spant met makelaar en diagonalen.
 In de bestaande situatie is de verbinding tussen spantbeen en dekbalk op vlieringniveau bij de spanten III, IV, V en VI volledig of nagenoeg bezweken (zie Foto 8).



Figuur 13, hoofdspant model 1

De resultaten van de berekening zijn in paragraaf 4.3.2 toegelicht.

4.3.1. *Belastingen*

De hoofdspanten h.o.h. circa 4,25m
 waarbij ter plaatse van het hoofdspant aan beide zijde een tussenspant aanwezig is.

Voor de vloerbelasting op de het hoofdspant is aangehouden 500mm werkende (vloer)breedte.

Rustende belastingen

G_{1.1}) Sporenkap met leibekleding $0,95 \text{ kN/m}^2 \times 4,25\text{m} = 4,05 \text{ kN/m}'$

(*) Aangehouden belasting $0,95 \text{ kN/m}^2$ (circa $q = 0,65 + 0,48 + 0,80 \text{ kN/m}^2$)
 Pannendak met dakbeschot en gordingen $0,65 \text{ kN/m}^2$
 dakpannen $0,48 \text{ kN/m}^2$
 leibekleding $0,80 \text{ kN/m}^2$

Houten vloer en balken $0,30$
 Plafondafwerking $0,20$
 Aanwezige installaties $0,10$
 $0,60 \text{ kN/m}^2 \times 0,50\text{m} = 0,30 \text{ kN/m}$

G_{1.2}) Vanuit de tussenspanten zie paragraaf 4.2.2. $6 \times 2,30 \text{ kN (horizontaal)} = 13,80 \text{ kN}$

Veranderlijke belastingen

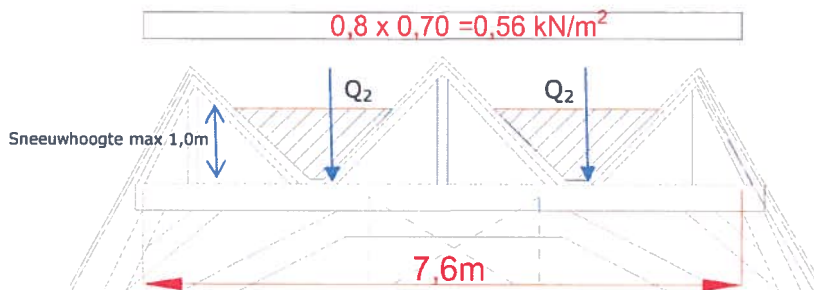
Q_{1.1}) Vloerbelastingen $1,00 \text{ kN/m}^2 \times 0,50\text{m} = 0,50 \text{ kN/m}'$
 ($\psi = 0,0$)

(*) De ruimte is moeilijk bereikbaar en het vloeroppervlakte is niet bruikbaar voor normaal gebruik i.v.m. obstakels (niet bruikbaar voor opslag, kantoor o.i.d). De maximale belasting is $1,00 \text{ kN/m}^2$ aangehouden.

Q_{1.2}) Vanuit de tussenspanten zie paragraaf 4.2.2. $6 \times 2,30 \text{ kN (horizontaal)} = 13,80 \text{ kN}$
 ($\psi = 0,0$)

Q₂) Sneeuwbelasting $10,00 \text{ kN}$
 ($\psi = 0,0$)

(*) De aangehouden coëfficiënten volgens eurocode 1991-1-3 $\mu_{\text{max}} = 1,6$, $\mu_{\text{min}} = 0,0$ en $\alpha = 60^\circ$
 $l = 7,60\text{m} \rightarrow F_{\text{sn,dak,gem.}} = 1,60/2 \text{ cop} \times 0,70 \text{ kN/m}^2 \times 4,25\text{m} \times 7,60\text{m} = 18,10 \text{ kN}$
 $F_{\text{sn}} = 9,1 \text{ kN} \approx$ aangehouden $10,00 \text{ kN}$ (met $\psi = 0,0$).
 Dit komt overeen met circa 100cm sneeuw $\delta_{\text{sn}} = 2,00 \text{ kN/m}^2$



Figuur 14, sneeuwbelasting

Q₃) Windbelastingen

11,40 kN
(ψ = 0,0)

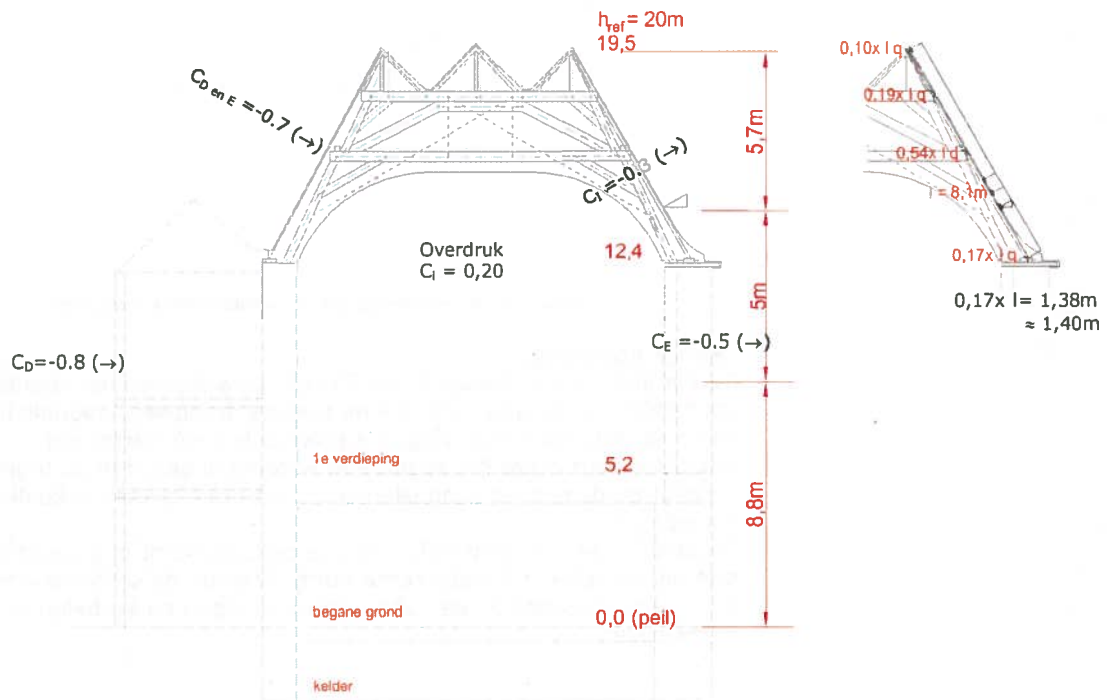
(*) $F_w = C_s C_d \times C_f \times q(z) \times A_{ref} = 2,30 \text{ kN/m}$
 $C_s C_d = 0,85$
 $C_f = -0,50 \text{ (max.)} - 0,20 = -0,70$
 $q(z) = 0,90 \text{ kN/m (} h_{ref} = 20\text{m)}$
 $A_{ref} = 4,25 \text{ m}^2$

Vanuit de gevelpenant naar houten spantconstructie

$L_{penant} = 3,60\text{m}$

$L_{sporendak} = 1,40\text{m}$ (sporen worden ondersteund bij penant, zolder, vliering en nok)
 $5,00 \text{ m} \rightarrow (0,85 \times 0,70 \times 0,90) \text{ kN/m}^2 \times 4,25 \times 5,00 \text{ m} = 11,38 \text{ kN} (\rightarrow)$

De overdruk wordt voor het geheel door gelijke krachten aan beide zijde nul; de krachten zijn in evenwicht. Bij de situatie waarbij een gedeelte van de constructie wordt beschouwd is rekening gehouden met de overdruk. Deze kracht zal uiteindelijk via het spant evenwicht moeten gaan maken met de reactie (t.g.v. overdruk) aan de oplegging aan de andere zijde.

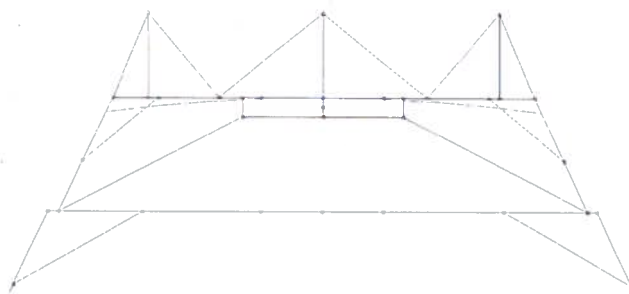


Figuur 15, schematische weergave van de doorsnede

4.3.2. *Toelichting/ conclusie uitkomsten*

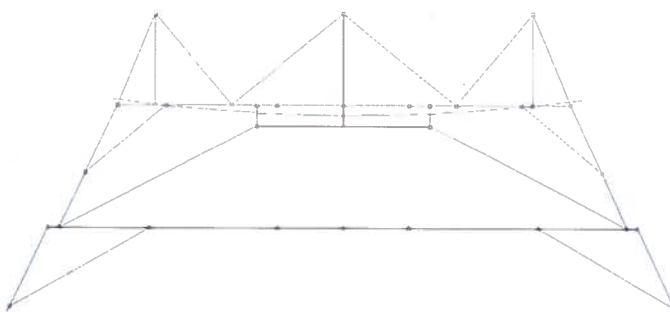
Indien in model 1 de knopen 57 en 79 zijn bezweken, ontstaat een instabiel systeem. De dekbalk van de vliering rust in het midden enkel op de makelaar. Een stabiel systeem kan worden gemaakt door de aanwezig momentcapaciteit van de verbindingen of door de tweede draagweg, of combinatie van beide.

- Momentcapaciteit tussen makelaar/ diagonalen en de dekbalk:
 Door de forse afmetingen is enige momentcapaciteit aanwezig, waarbij in de houtverbinding aan de rand van de houtdoorsnede druk aanwezig is en in het centrum van de stiften trek.
 De dekbalk kraagt uit in deze situatie over knoop 69. Het hierbij behorende vervormingspatroon van de dekbalk komt niet overeen met het visueel geconstateerde patroon (maximale vervorming in het midden van de balk).



Figuur 16, vervormingslijn (schematische weergave)

- Tweede draagweg.
 De verbindingen in knoop 57 en 79 zijn bezweken en het spantbeen kan geen normaalkrachten opnemen. Via de tweede draagweg, middels het dakbeschot en de sporen, worden geringe dwarskrachten overgedragen.
 Geconstateerd is dat het spantbeen volledig opgesloten zit tegen en tussen het beschot en de sporen aangezien er geen ruimte tussen dekbalk en dakbeschot aanwezig is.
 De berekende vervormingslijn van de dekbalk komt in deze situatie overeen met de werkelijk geconstateerde vorm. Waarbij de schijfwerking van het schuine dakbeschot en de sporen incl gordingen en korbelen in de langsrichting meewerken.



Figuur 17, vervormingslijn (schematische weergave)

De berekende vervormingen van de dekbalk bedragen circa 8,5mm (globaal) en 1.5mm (lokaal) bij een E-modulus = 10.000 N/mm²; conservatieve aanname. Rekening houdend met kruip van het hout is een vervorming van circa 17mm te verwachten. De doorbuiging is minder dan de werkelijk gemeten doorbuigingen.

De werkelijke gemeten doorbuiging van de dekbalk (werkbezoek 25 mei 2015- zie Foto 4) bedraagt:

Spant III	85 mm
Spant IV	90 mm
Spant V	95 mm
Spant VI	35 mm

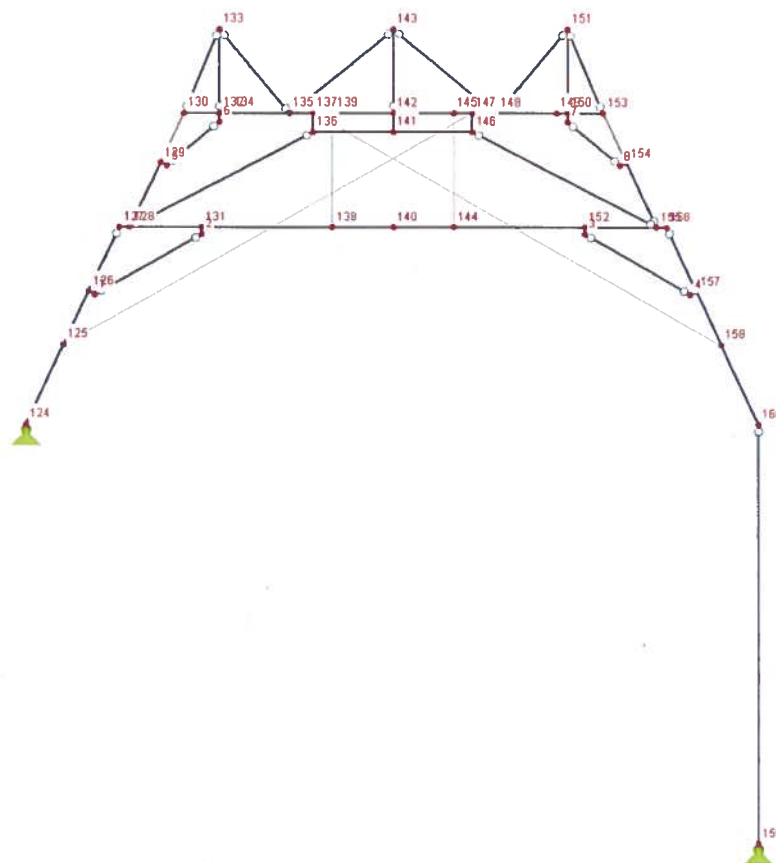
Spant VI is het eindspant met een kleinere belastingbreedte.

Ter indicatie is de theoretische belasting bepaald voor de zakking van 90mm, waarbij 45mm vanuit kruip afkomstig is. De fictieve optredende belasting bedraagt $F = 296$ kN (puntlast in het midden van het spant). Deze berekende vervormingen en bijbehorende krachten geven geen aanleiding tot het bezwijken van knoop 57 en 79.

Het bezwijken van de verbindingen is mogelijk te verklaren door het torderen van de balk door krimpen en/ of door de relatief grote vervorming van de dekbalk tussen de knopen 61 en 75.

4.4. *Berekening 2 - hoofdspant model 2*

Het model betreft het bestaande spant (III, IV, V en VI) met staalconstructie en drukboog. De belastingen zijn gelijk met de belastingen voor model 1.



Figuur 18- model 2

In de bijlage 8.1 zijn de resultaten van de berekening weergegeven.

Bij het vlieringgebint is de verbinding tussen de dekbalk en de spantbenen volledig uitgeschakeld. In het rekenmodel is het bovenste gedeelte van de spantbenen als "dummy" in gevoerd. Het metselwerk penant is als pendel; conservatieve bezwijkmechanisme.

In het model ontstaat een situatie waarbij zich in de schoren drukkrachten ontwikkelen. In de stalen onderdelen ontstaan trekkrachten.

De zolder-dekbalk wordt belast op trek; door de spatkrachten vanuit het vlieringgebint.

De berekening is weergegeven in `Bijlage 3- Resultaten berekening`.

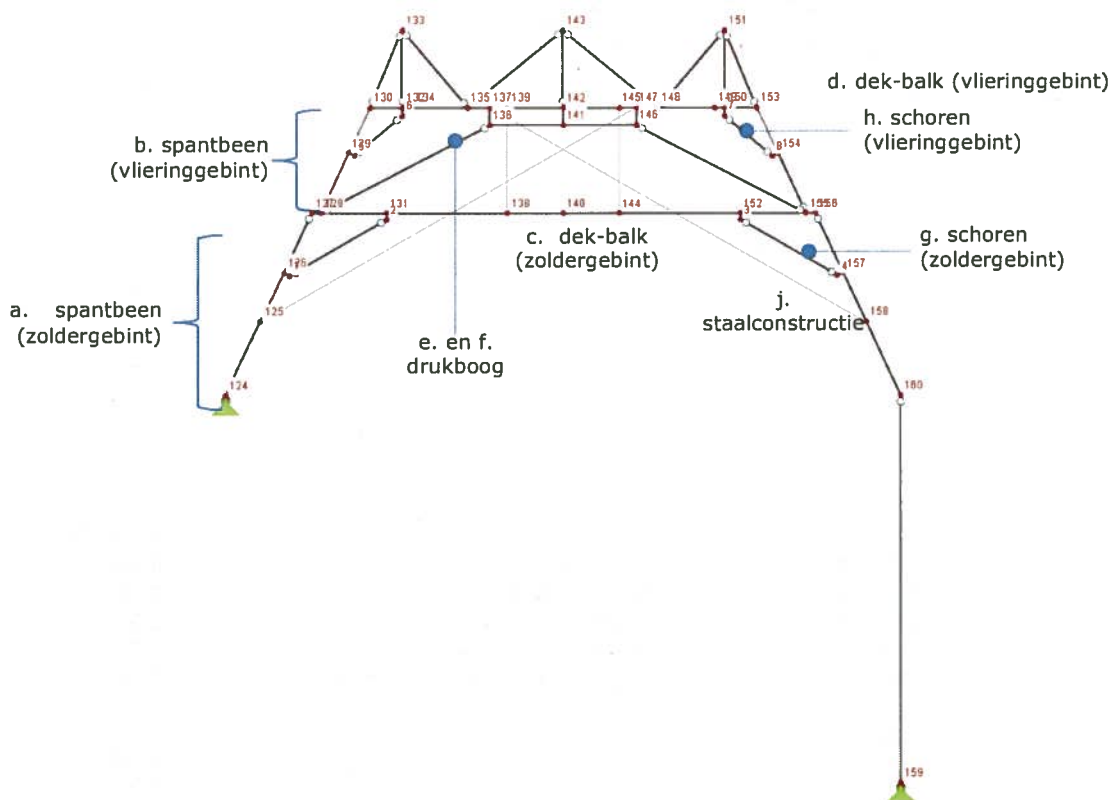
Een separate raamwerkberekening met voorspankracht in de stalen kruisconstructie laat zien dat de gehele constructie opgestuwd wordt. De spantbenen worden naar binnen getrokken en de dekbalken worden omhoog geduwd. De grote vervorming van de bovenste dekbalk kan (theoretisch) niet zijn veroorzaakt door het opspannen van de stalen strippen.

4.5. Overzicht berekeningsresultaten

4.5.1. Controle hoofddoorsnedes

Voor de houtdoorsnedes worden per onderdeel de maatgevende doorsnede krachten (rekenwaarde) getoetst aan het afkeurniveau conform NEN 8700 en NEN 1995 houtconstructies.

In onderstaande figuur zijn de verschillende onderdelen benoemd (a tot en met k).



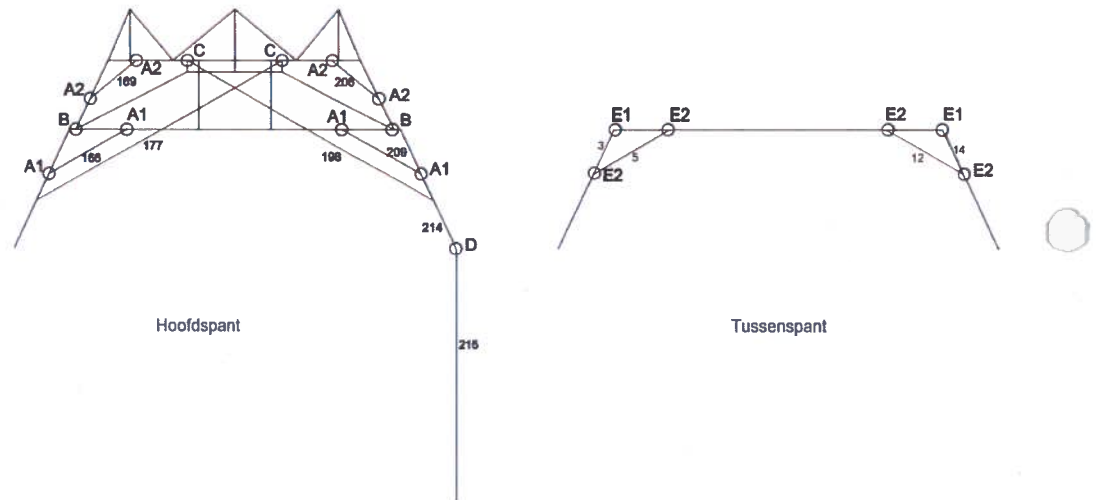
Figuur 19

onderdeel	Doorsnede	berekening met unity check	
spantbeen	355x 440	a - 0,40	
	275x 295		b - 0,01
dek-balk	355x 440	c - 0,31	
	275x 370		d - 0,61
drukboog schoren	275x 340	e - 0,18	
drukboog horizontaal	275x 370		f - 0,12
Schoren	355x 350	g - 0,08	
	275x 285		h - 0,01
stalen kruis	2x 100x 11	144.6 kN	j - 0,35
Ophang staaf	2x D=35mm	21.0 kN	k - 0,06

In `bijlage 4- controle hoofddoorsnedes` staan de berekeningen weergegeven. De constructie voldoet volgens NEN 8700, bestaande bouw- afkeurniveau, indien de unity check < 1,0. Voor de getoetste onderdelen zijn de unity checks < 1,0.

4.5.2. Controle details

Voor de details worden de maatgevende doorsnede krachten (rekenwaarde) getoetst aan het afkeurniveau conform NEN 8700 en NEN 1995 houtconstructies. In onderstaande figuur zijn de verschillende onderdelen benoemd (A tot en met E).



Figuur 20

onderdeel		unity check
Detail A1	Korbelen zoldergebint	0,56
Detail A2	Korbelen vleringgebint	0,02
Detail B	Drukboog onderaansluiting	0,91
Detail C	Drukboog bovenaansluiting	0,72
Detail D	Spantbeen - voetaansluiting	0,78
Tussenspananten:		
Detail E1	Hoek spantbeen en dekbalk	0,28
Detail E2	korbeel	0,44

In `Bijlage 5- Detailberekeningen` staan de berekeningen weergegeven.

De details voldoen volgens NEN 8700, bestaande bouw- afkeurniveau indien de unity check < 1,0. Voor de getoetste details zijn de unity checks < 1,0.

Voor het verbouwniveau zijn uiteindelijk nieuwe controle berekeningen benodigd om de unity checks exact vast te kunnen te stellen. Hierbij dient er rekening gehouden te worden met de wijzigingen van de belastingen, de bestaande geometrie en schematisatie, en de bestaande materialen. Ter indicatie zijn de unity checks voor verbouw berekend op basis van verhoudingen van de veiligheidsfactoren. Dit geeft een zeer globale indruk van het verbouwniveau.

De unity check bedraagt circa 1,0 (detail B is kritisch).

$$\begin{aligned} \text{Detail B} \quad F_g \times 1.10 + F_q \times 1.15 &= 243 \text{ kN (afkeurniveau)} \\ F_g \times 1.15 + F_q \times 1.30 &= 258 \text{ kN (verbouwniveau)} \end{aligned}$$

Toename van rekenwaarde bedraagt $\approx 7\%$.

Unity check bedraagt $\approx 1.07 \times 0,91 = \approx 0,98$

Voor detail C en D zal unity check circa 0,90 bedragen.

5. Conclusie en aanbevelingen

5.1. *Samenvatting*

In dit hoofdstuk wordt teruggekeken naar de resultaten van de controle op het afkeurniveau van de houten kapconstructie van de plenaire zaal van de Eerste Kamer. Voor een aantal specifieke onderdelen verwijzen we naar de volgende pagina's:

- omschrijving van de kapconstructie (blz 7 - 19);
- omschrijving van de berekening (blz 23 - 30);
- resultaten en unity checks (blz 31 - 32).

Met betrekking tot het toetsen van constructies zijn er in Nederland drie veiligheidsniveaus:

- nieuwbouwniveau : hier worden nieuwe gebouwen op geconstrueerd;
- verbouwniveau : te renoveren gebouwen worden op dit niveau getoetst;
- afkeurniveau : als aan dit niveau wordt voldaan dan voldoet de constructie aan het minimum veiligheidsniveau en is de constructie veilig (maar is frequente monitoring noodzakelijk);

Indien de veiligheid van een bouwwerk onder het minimum voor afkeuren ligt, is er per direct aanpassing verplicht, of is er een acuut gebruiksverbod vanwege onveiligheid.

5.2. *Conclusie*

Op basis van diverse rekenkundige scenario's is het aannemelijk dat de constructie, qua sterkte en stijfheid, voldoet aan het wettelijk minimum niveau (= afkeurniveau) van constructieve veiligheid als geëist volgens het Bouwbesluit. Hierbij is rekening gehouden met de sterkte-reserves van de diverse onderdelen en de interactieve krachtswerking door de verschillende samenwerkende draagsystemen. Daarnaast wordt vastgesteld dat de constructie al sinds lange tijd stabiel is en geen nieuwe zettingen vertoont.

Door de diverse aannames die in de formules van de sterkteberekeningen worden toegepast, is het niet volledig gelukt aan te tonen dat de houten kapconstructie ook op rekenkundige basis voldoet aan het minimumniveau.

Een en ander is berekend volgens de NEN 8700: "*Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren*".

De kapconstructie moet minimaal 1 maal per jaar gecontroleerd worden op goed functioneren. Bij de komende renovatie dient de constructie minimaal gebracht te worden op het veiligheidsniveau verbouw.

5.3. *Aanbevelingen*

Aanbevolen wordt om een monitoringsplan voor de kap op te stellen en hierin de volgende onderdelen op te nemen:

- het aanbrengen van rekstrookjes om de vervormingen van de verbindingen te kunnen meten en bewaken;
- het aanbrengen van meetboutjes om de absolute vervormingen te kunnen meten en bewaken;
- het beheersen van de voortgang van de houtaantasting;
- het bewaking van de relatieve vochtigheid van de ruimte;
- het maken van uitgebreide fotorapportages waarin de scheurvorming van de verbindingen wordt vastgelegd.

Bij de komende renovatie is het van groot belang de volgende werkzaamheden uit te laten voeren:

- de aangehouden schematisatie en materiaaleigenschappen controleren met de werkelijkheid, het is mogelijk dat hier geringe verschillen in aanwezig zijn;
- het inspecteren van de aansluiting van het houten spantbeen met de metselwerkgevel op goed functioneren daar dit een essentiële verbinding is;
- onderzoeken of het mogelijk is inspectieluiken aan te brengen;
- inmeten van de vervormingen van de metselwerk gevel, en het controleren op scheurvorming van de penanten aan binnen- en buitenzijde van de gevel. Tevens de kwaliteit van het moedermateriaal onderzoeken;
- onderzoeken of het verstandig en haalbaar is het veiligheidsniveau van de kap op te waarderen tot het nieuwbouwniveau.

6. Bijlage 1- Rapportage onderzoek houtkwaliteit

Rapportage Nedon (dd. 25 maart 2015)

ABT bv

Postbus 458
2600 AL DELFT

Nedon Adviesburo BV

De Pol 39
9321 VB Peize
telefoon 050-3121212
E-mal info@zwaminspectie.nl
website www.zwaminspectie.nl

BTW nr. NL813396475B01

Bank: NL22.INGB.0684.8366.96

Datum 25 maart 2015
Betreft: Rapportage 1503-7910
Kap boven de plenaire zaal 1^{ste} kamer

Voorbeeld van het pand.



Geachte [REDACTED]

Op uw verzoek is door ondergetekende een inspectie uitgevoerd op 19-03-2014 in bovengenoemde kap.

Het doel van de inspectie:

1. Voorinspectie uit te voeren met betrekking tot de 6 spanten
2. Eventuele aantastingen aan te geven;
3. Indien nodig met de D.D.D. de homogeniteit van het hout te bepalen
4. Advies te geven na aanleiding van de inspectiegegevens.

De kap boven de plenaire zaal is geïnspecteerd.

Opmerking:

- Niet genoemde ruimten zijn niet geïnspecteerd en maken geen deel uit van deze rapportage.

Bevindingen:

Spant 1

Het spant (foto 1) vertoont geen noemenswaardige vervormingen welke veroorzaakt kunnen worden door houtaantastende schimmels. Op het hout zijn oude lekkage sporen zichtbaar.

De houtvochtwaarden zijn vastgesteld op; 8,9% tot 11,2%

De klank van het hout na kloppen op het hout is hoog. D.w.z dat het hout goed is.



Foto 1.

Spant 2

Ter plaatse van de linker goot (gerekend met het gezicht naar de trap) is een donkere verkleuring (foto 2) als gevolg van lekkage ontstaan. Het hout was tijdens de inspectie droog. Er zijn metingen verricht om het vochtpercentage in het hout vast te kunnen stellen. De volgende waarden zijn gemeten:

12,1% 13,2% 12,8% 12,2%



Foto 2.

Ondanks de verkleuring is er geen aantasting zichtbaar.
Ondanks de verkleuring is de klank van het hout hoog. D.w.z dat het hout goed is.
Er zijn geen bijzonderheden vastgesteld.

Spant 3

In het spant links (foto 3) zijn uitvliegopeningen van de kleine houtworm (*Anobium punctatum*) aangetroffen. Onder de linker goot is aantasting veroorzaakt door houtaantastende schimmels (zwam) aangetroffen als gevolg van lekkage in het verleden. Tevens zijn er aan beide zijden van het spant uitvliegopeningen van de Bonte Knaagkever (*Xestobium rufilosum*) aangetroffen.



Foto 3.



Foto 4.

Door zetting (foto 4) is er ruimte ontstaan tussen de verbindingen. De droogtescheuren lopen niet door en door.



Foto 5.

Onder het spant rechts (foto 5) is oud nestmateriaal aangetroffen van duiven. Er zijn geen mogelijkheden aangetroffen waar duiven binnen kunnen komen.



Foto 6.

Onder het ijzeren profiel (foto 6) is aantasting veroorzaakt door houtaantastende schimmels (cellulose vernietigende schimmel) aangetroffen. Er is geen activiteit vastgesteld.

De houtvochtwaarden zijn gemeten en deze zijn vastgesteld op; 11,8% 9,8% 8,6%

Spant 4

In de verbindingen zijn uitvliegopeningen en boorgangen van houtworm aangetroffen. Links is een scheur in het spant aanwezig, (foto 6) en een mechanische beschadiging onder de goot links.



Foto 6

Door zetting komt het hout van elkaar.

Er zijn metingen verricht. De houtvochtwaarden zijn vastgesteld op; 11,2% 12,4% 11,8%

Spant 5

In het spant is onder de goot rechts (foto 7) aantasting veroorzaakt door houtaantastende schimmels en bonte knaagkever aangetroffen. In 2002 zijn hier om de uitvliegopeningen met krijt cirkels om gezet. Nu zijn er meer uitvliegopeningen van de bonte knaagkever aangetroffen, dit kan duiden op activiteit van de bonte knaagkever.



Foto 7.



Foto 8.

Op foto 8 de cirkels waar in 2002 uitvliegopeningen waren aangetroffen. Het spant is hier verzwakt en de klank is dof. D.w.z. dat er waarschijnlijk een aantasting in zit.

In het tussenstuk is (foto 9) houtwormaantasting vastgesteld.



Foto 9.

Spant 6

Onder de goot rechts zijn uitvliegopeningen van de bonte knaagkever aangetroffen. Ook is de schuine schoor naar de nok zichtbaar aangetast door houtworm en houtaantastende schimmels.



Foto 10.

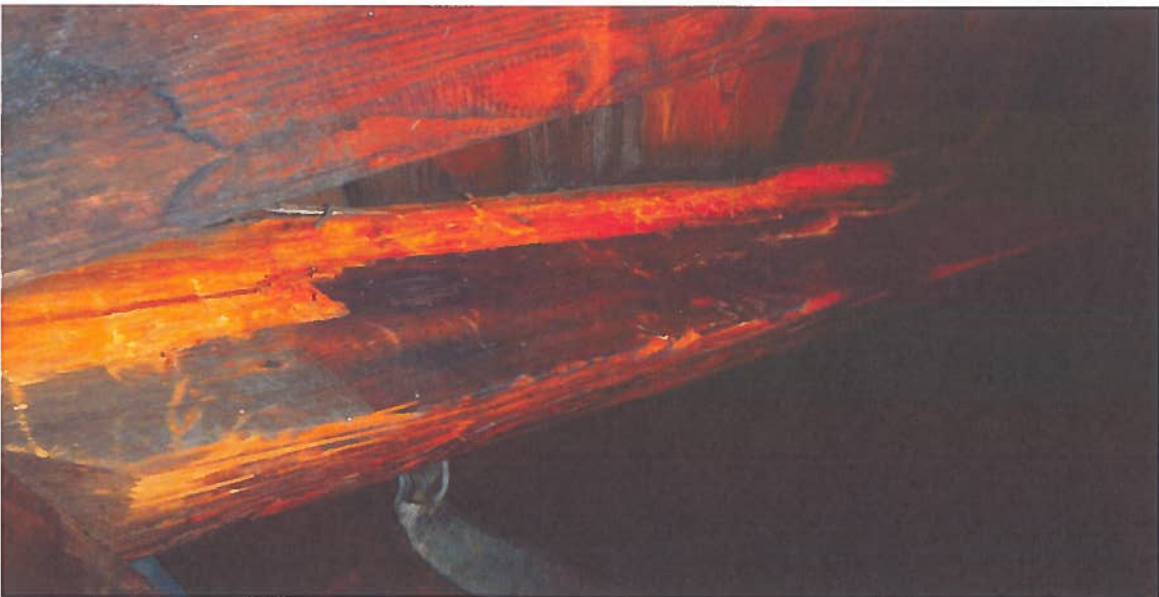


Foto 11.

Er zijn metingen verricht. De houtvochtwaarden zijn laag. (8,8 tot 12,8%)

Opmerking:

Gezien de aangetroffen schade is het mogelijk dat er meer schade wordt vastgesteld na het open halen van het hout. Om vast te stellen hoe de sterkte van het hout is kan met een DDD de homogeniteit van het hout worden bepaald.

Wij kunnen niet zoals met u ter plaatse is besproken, aangeven welke kwaliteit het hout nu bezit.

Het hout kan daar waar de verbindingen open staan worden verstevigd, dit is in het verleden ook al eens uitgevoerd met ijzeren ankers. Verzwakte houten delen kunnen middels een liplasverbinding worden versterkt.

Conclusie / advies:

Door de mogelijke activiteit van houtborende insecten wordt geadviseerd om de gehele kap te inspecteren. Zoals de situatie nu is aangetroffen, zal er tijdens de werkzaamheden geboord kunnen worden in het hout om mogelijke verzwakte delen aan te kunnen geven. Indien er in het hout levende larven van de bonte knaagkever worden aangetroffen zal een behandeling tegen bonte knaagkever door middel van injectiewerk uitgevoerd moeten worden.

Hiervoor worden gaten geboord aan de bovenzijde van het hout waarna het hout met een bestrijdingsmiddel (zoals hieronder is aangegeven) kan worden geïnjecteerd op lage druk.

Onderstaandemiddelen kunnen worden toegepast.

Bestrijdingsmiddel tegen houtaantastende schimmels:

Aidol® Pro 100SL

Toelatingsnummer: 11940N

Wolsit® KD10

Toelatingsnummer: 11727N

*of gelijkwaardig.

Bestrijdingsmiddel tegen houtborende insecten:

Aidol® Anti -Insect SL

Toelatingsnummer: 11475N

* of gelijkwaardig.

Veiligheidsaanbevelingen:

Tijdens toepassing van de bestrijdingsmiddelen dient contact met de huid en inademing te worden voorkomen. Daartoe dienen een masker, handschoenen en beschermende kleding gedragen te worden. Een openstaand luik en/of een openliggende vloer markeren.

Mochten er naar aanleiding van deze rapportage nog vragen zijn, dan kunt u te allen tijde contact opnemen met NEDON, [REDACTED]

Hoogachtend,
NEDON ADVIESBURO B.V.

[REDACTED]
Inspecteur.

Bezoek onze website. www.zwaminspectie.nl

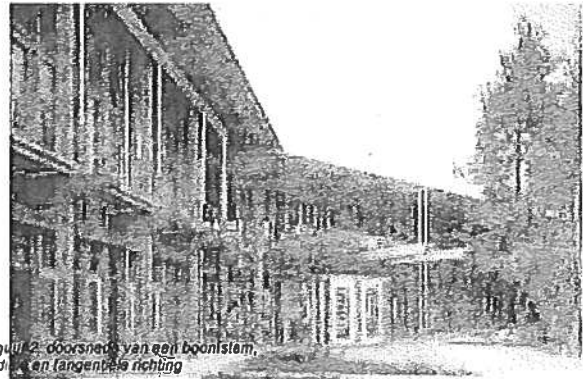
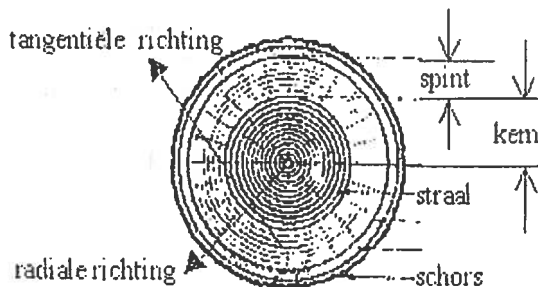
7. Bijlage 2**7.1. Stichting Hout research Journaal 27- scheuren in hout**

SHR Journaal

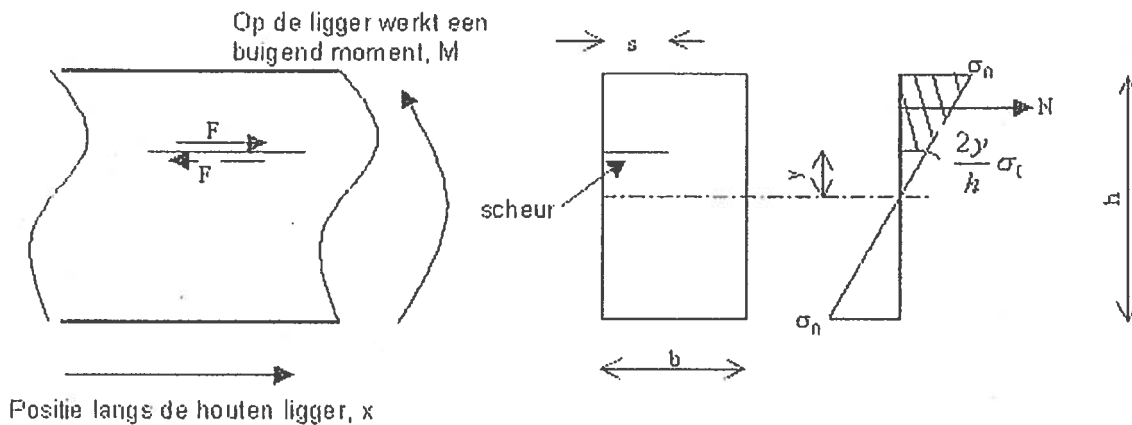
Nummer 27, juni 2004

Scheuren in hout - vaak niet onveilig

In veel toegepast hout zijn scheuren over de lengte van het hout te vinden. Daarbij ontstaat soms het gevoel van onveiligheid, vooral als de houten delen duidelijk constructief worden ingezet. Nu kunnen scheuren in bepaalde gevallen houten elementen zo verzwakken dat er inderdaad een onveilige situatie ontstaat, dit is echter meestal niet het geval. Scheurvorming heeft zijn oorsprong in het krimpgedrag van hout. De zogenaamde anisotrope opbouw van hout heeft tot gevolg dat het krimpgedrag in radiale en tangentiële richting, zie figuur 2, niet overeenkomen waardoor trekspanningen loodrecht op de houtvezel ontstaan. Loodrecht op de houtvezel is de zwakste richting van hout waardoor het hout scheurt



Scheuren verminderen de samenhang in het houten element hetgeen bij buiging en/of dwarskracht eerder tot een niet acceptabele verzwakking leidt dan bij op druk belaste elementen (kolommen). Scheuren in op buiging belaste liggers worden geanalyseerd aan de hand van figuur 3.



Figuur 3 Scheur met diepte s in een op buiging belaste ligger

In de gescheurde doorsnede is slechts de breedte ($b-s$) over om de langsschuifkracht F over te brengen. Indien deze gereduceerde doorsnede niet in staat is deze langsschuifkracht over te brengen gaat de samenhang in de doorsnede verloren hetgeen bezwijken tot gevolg heeft. De langsschuifkracht F is uit te rekenen als de verandering in de kracht N in lengterichting van de ligger (in x -richting).

Voor verschillende belastingsgevallen kan de maximaal toelaatbare scheurdiepte geanalyseerd worden. Als dat gebeurt dan valt op dat er zeer diepe scheuren in verhouding tot de liggerbreedte nodig zijn alvorens bezwijken optreedt. Bijvoorbeeld bij een ligger op 2 steunpunten met een verdeelde belasting. Daar kan de scheur tot wel de helft van de breedte aanwezig zijn. Indien de ligger op twee steunpunten wordt belast met uitsluitend een puntlast en op identieke wijze wordt geanalyseerd, mag de scheurdiepte zelfs driekwart van de breedte bedragen.

Algehele conclusie: scheurvorming in liggers leidt niet snel tot veiligheidsproblemen.

7.2. *Houtwijzer bouwen- Sterktegegevens van hout*

Dag

Dinsdag

Aankomst

STERKTEGEGEVENS VAN HOUT



STERKTEKLASSEN VOOR GEZAAGD EN GELAMINEERD HOUT

Hout is een veel gebruikt materiaal voor constructieve doeleinden. Als hout wordt gebruikt voor bouwkundige constructies moet er conform de geldende regelgeving aan gerekend worden. In de EU en Nederland wordt hiervoor de Eurocode gebruikt (*NEN-EN 1995 1-1 Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies*). De bij de berekeningen te gebruiken Europese sterkteklassen worden weergegeven volgens EN 338 (*NEN-EN 338 : Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen -*).

Voor naaldhout worden de sterkteklassen aangeduid met de letter C. Voor loofhout wordt de letter D gebruikt. Deze letteraanduiding wordt gevolgd door een getal voor de karakteristieke waarden voor de relevante sterkte-eigenschappen. In totaal worden twaalf verschillende klassen voor gezaagd naaldhout onderscheiden en acht voor gezaagd loofhout.

Voor gelamineerd hout is een soortgelijke indeling in sterkteklassen gemaakt. Deze klassen zijn conform EN 14080 (*NEN-EN 14080 : Houtconstructies - Gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout -*). Gelamineerd hout is herkenbaar aan de afkorting GL. Voor gelamineerd hout zijn er zeven klassen. Er is een onderscheid gemaakt tussen homogeen (GL h) en gecombineerd (GL c) gelamineerd hout.

Karakteristieke waarden

De getallen genoemd in de tabellen 1. en 2. zijn de karakteristieke waarden die van belang zijn voor de berekening van het presteren van houten delen in constructies. Bij de berekening van constructies corrigeert men de karakteristieke waarden voor factoren als het klimaat in de toepassing en de belastingduur. De weergegeven afkortingen hebben de volgende betekenis;

$f_{m,k}$	buigsterkte evenwijdig aan de vezel;
$E_{0,mean}$	elasticiteitsmodulus evenwijdig aan de vezel;
ρ_{mean}	gemiddelde volumieke massa;
ρ_k	volumieke massa in de uiterste grenstoestand;
$f_{t,0,k}$	treksterkte evenwijdig aan de vezel;
$f_{t,90,k}$	treksterkte loodrecht op de vezel;
$f_{c,0,k}$	druksterkte evenwijdig aan de vezel;
$f_{c,90,k}$	druksterkte loodrecht op de vezel;
$f_{v,0,k}$	schuifsterkte;
$E_{0,05}$	elasticiteitsmodulus evenwijdig aan de vezel in de uiterste grenstoestand;
$E_{90,mean}$	elasticiteitsmodulus loodrecht op de vezel;
G_{mean}	afschuifmodulus;
$G_{0,05}$	afschuifmodulus in de uiterste grenstoestand;

Opmerking: voor berekeningen in met de Eurocode hout (EN 1995-1-1) is voor stabiliteitsberekeningen de afschuifmodulus in de uiterste grenstoestand benodigd. Deze mag aangehouden worden als $1/16$ van de elasticiteitsmodulus evenwijdig aan de vezel in de uiterste grenstoestand: $G_{0,05} = E_{0,05}/16$.



Foto 1. Op sterkte gesorteerd naaldhout met handaanduiding

Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd naaldhout													
Elgenschap	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	Eenheid
$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	N/mm ²
$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	kN/mm ²
ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	kg/m ³
ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	kg/m ³
$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	N/mm ²
$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	N/mm ²
$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	N/mm ²
$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	N/mm ²
$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	kN/mm ²
$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	kN/mm ²
G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	kN/mm ²
$G_{0,05}$	0,29	0,34	0,38	0,40	0,42	0,46	0,48	0,50	0,54	0,59	0,63	0,67	kN/mm ²

Tabel 1. Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd naaldhout

Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd loofhout									
Eigenschap	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70	Eenheid
$f_{m,k}$	18	24	30	35	40	50	60	70	N/mm ²
$E_{o,mean}$	9,5	10	11	12	13	14	17	20	kN/mm ²
ρ_{mean}	570	580	640	650	660	750	840	1080	kg/m ³
ρ_k	475	485	530	540	550	620	700	900	kg/m ³
$f_{t,o,k}$	11	14	18	21	24	30	36	42	N/mm ²
$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	N/mm ²
$f_{c,o,k}$	18	21	23	25	26	29	32	34	N/mm ²
$f_{c,90,k}$	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5	N/mm ²
$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0	N/mm ²
$E_{o,05}$	8,0	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8	kN/mm ²
$E_{90,mean}$	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33	kN/mm ²
G_{mean}	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25	kN/mm ²
$G_{o,05}$	0,50	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,89	1,05	kN/mm ²

Tabel 2. Karakteristieke eigenschappen en sterkteklassen van gezaagd loofhout

Bepaling van sterkteklassen

Hout kan visueel of met behulp van een machine op sterkte worden gesorteerd:

Machinaal sorteren

Door een machinale beproeving kan hout snel en effectief in een sterkteklasse worden ingedeeld. De benodigde apparatuur is echter prijzig, zodat vooral bulkproducten aan deze machinale test worden onderworpen. Machinaal gesorteerd hout is herkenbaar aan de markering M op het hout.

TRAE H  13
34578  C18 M DG

Fig. 1. C 18 M: Machinaal op sterkte gesorteerd

Visueel sorteren

Bij visueel sorteren bekijkt een gediplomeerde sorteerder elk deel afzonderlijk en beoordeelt deze op zichtbare houtdefecten. De belangrijkste onderscheidende kenmerken hierbij zijn het draadverloop, scheurvorming en de 'noestigheid'. Bij visueel gesorteerd hout kan men de gebruikte sorteernorm terugvinden in het CE-merk.

SAWMILL  01234 13
T2-C24 NEN 5499  DRY GRADED
SCa1

Fig. 2. Visueel op sterkte gesorteerd met sorteernorm vermeld (NEN 5499)

Toewijzing van sterkteklassen aan sorteringsklassen

Het verband tussen een bepaalde sorteerklassen en de bijbehorende sterkteklasse is gebaseerd op uitgebreid onderzoek. EN 14081 (NEN-EN 14081: *Houtconstructies - op sterkte gesorteerd hout met rechthoekige doorsnede* -) is hierbij leidend.

Aanvullende gegevens over de machinale sorteerwijzen zijn in de delen 2 en 3 van EN 14081 te vinden. Op dit moment wordt machinale sterktesortering vooral toegepast voor de naaldhoutsoorten vuren en grenen. Door middel van machinale sortering kunnen deze houtsoorten ook in sterkteklassen boven de C30 worden ingedeeld, terwijl met visuele sortering maximaal tot C30 kan worden gegaan.

De relatie tussen visuele sorteerwijzen en de sterkteklassen is beschreven in EN 1912 (NEN-EN 1912: *Sterkteklassen - Toewijzing van visuele sorteringsklassen en houtsoorten* -). Belangrijk voor een betrouwbare bepaling zijn de sorteerwijze, de sorteerklassen, de houtsoort en de herkomst. Een veelgebruikte sorteernorm voor loofhout is de Nederlandse NEN 5493 (NEN-EN 5493 - *Kwaliteitseisen voor loofhout in grond-, weg- en waterbouwkundige werken en andere constructieve*

toepassingen -). Een veel gebruikte sorteernorm voor naaldhout is NEN 5499 (NEN-EN 5499 - Kwaliteitseisen voor visueel gesorteerd naaldhout voor constructieve toepassingen -). Deze is gebaseerd op de Zweedse INSTA. Genoemde normen zijn verkrijgbaar via NEN te Delft.

In tabel 3. is een samenvatting van sterkteklassen van de belangrijkste loofhoutsoorten gegeven. Een uitgebreid overzicht hiervan is terug te vinden in EN 1912. Genoemd zijn: de sterkteklasse, de sorteerklassen, de handelsbenaming en de wetenschappelijke benaming van de houtsoort en het herkomstgebied waarvoor de sterkteklasse is aangetoond.

Tabel 4. geeft een overzicht van sterktegegevens die gebaseerd zijn op grootschalig Frans-Nederlands onderzoek: 'Tropical hardwood species to be included in EN 1912 according to the simplified method – Report TG1/0211/06, TU Delft, 2011'. De resultaten zijn met een grote veiligheidsmarge bepaald. De gevonden waarden zijn daardoor aan de lage kant, maar wel geldig voor herkomstgebieden ter grootte van een continent. De onderstaande sterkteklassen zijn te gebruiken in zowel Nederland als de overige Europese lidstaten. De gegevens zijn echter nog niet opgenomen in EN 1912.

Sterkteklassen van loofhout (volgens EN 1912)					
Sterkte		Sortering	Handelsnaam	Wetenschappelijke benaming	Herkomst
C	22	DIN 4074 LS10 & better	Populier	Populus nigra	Duitsland
D	24	UNI 11035 S	Tamme Kastanje	Castanea sativa	Italië
D	24	NEN 5493 C3 STH	Basralocus / Angélique	Dicorynia quianensis	Suriname
D	30	DIN 4074 LS10	Europees Eiken	Quercus petraea / robur	Duitsland
D	30	DIN 4074 LS10 & better	Esdoorn	Acer pseudoplatanus	Duitsland
D	35	DIN 4074 LS10 & better	Beuken	Fagus sylvatica	Duitsland
D	35	BS 5756 TH1	Wit Essen	Fraxinus americana	USA
D	35	NF B 52-001 HS ST1	Jaboty	Erisma uncinatum	Frans Guyana
D	40	BS 5756 TH1	Amerikaans Rood Eiken	Quercus rubra	USA
D	40	DIN 4074 LS13	Beuken	Fagus sylvatica	Duitsland
D	40	NEN 5493 C3 STH	Tali / Missanda	Erythrophlum ivorense / suaveolens	Kameroen
D	40	NEN 5493 C3 STH	Okan / Denya	Cyclocodiscus gabunensis	Kongo Braz. en Kameroen
D	40	DIN 4074 LS10 & better	Essen	Fraxinus excelsior	Duitsland
D	40	NF B 52-001 HS ST1	Basralocus / Angélique	Dicorynia quianensis	FransGuyana
D	40	NF B 52-001 HS ST1	Gronfolo / Andioquera	Qualea / Ruizterania spec. div.	FransGuyana
D	40	NF B 52-001 HS ST1	Alimiao	Newtonia suaveolens	FransGuyana
D	40	UNE 56-546 MEF	Eucalyptus	Eucalyptus globulus	Spanje
D	40	BS 5756 HS	Iroko	Milicia excelsa / regia	Afrika
D	40	BS 5756 HS	Jarrah	Eucalyptus marginata	West Australië
D	40	BS 5756 HS	Sapeli	Entandrophragma cylindricum	Centraal en West Afrika
D	40	BS 5756 HS	Teak	Tectona grandis	Zuid-oost Azië
D	50	NEN 5493 C3 STH	Surinaams Groenhart	Ocotea rodiaei	Suriname
D	50	NF B 52-001 HS R	Ipé / Lapacho	Tabebuia spec. div.	Zuid Amerika
D	50	NEN 5493 C3 STH	Angelim Vermelho	Dinizia excelsa	Brazilië
D	50	NEN 5493 C3 STH	Massaranduba	Manilkara bidentata	Brazilië
D	50	NEN 5493 C3 STH / BS 5756 HS	Balau / Bankirai	Shorea glauca / maxwelliana	Zuid-oost Azië
D	50	BS 5756 HS	Bilinga / Opepe	Naudea diderrichii	West Afrika
D	50	BS 5756 HS	Merbau	Intsia bijuga / palembanica	Zuid-oost Azië
D	50	BS 5756 TH1	Amerikaans Wit Eiken	Quercus alba	USA
D	50	BS 5756 HS	Keruing	Dipterocarpus spec. div.	Zuid-oost Azië
D	50	BS 5756 HS	Karri (niet plantage)	Eucalyptus diversicolor	West Australië
D	60	NEN 5493 C3 STH	Cumarú	Dipteryx odorata	Brazilië
D	60	BS 5756 HS	Kapur	Dryobalanops spec. div.	Zuid-oost Azië
D	60	BS 5756 HS	Kempas	Koompassia malaccensis	Zuid-oost Azië
D	70	NEN 5493 C3 STH / BS 5756 HS	Azobé / Ekki	Lophira alata	West Afrika
D	70	BS 5756 HS	Demarara Groenhart	Ocotea rodiaei	Guyana

Tabel 3. Samenvatting van sterkteklassen van de belangrijkste loofhoutsoorten

Sterkteklassen van loofhout (volgens Frans/Nederlands onderzoek)				
Sterkte	Sortering	Handelsnaam	Wetenschappelijke benaming	Herkomst
D 18	NEN 5493 C3 STH	Bomanga	Brachystegia spec. div.	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Cerejeira	Amburanacea arenensis	Zuid Amerika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Copaiba	Copaifera spec. div.	Zuid Amerika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Ekoune	Coelocaryon preussii	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Faro	Daniellia spec. div.	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Fraké / Limba	Terminalia superba	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Ilomba	Pycnanthus angolensis	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Kedongdong	Canarium spec. div. / Dacryodes spec. div.	Zuid-oost Azië
D 18	NEN 5493 C3 STH	Mayapis	Shorea palosapis	Zuid-oost Azië
D 18	NEN 5493 C3 STH	Mogno	Swietenia humilis / macrophylla	Zuid Amerika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Osoko / Sorro	Scyphocephalum mannii	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Quaruba	Vochysia spec. div.	Zuid Amerika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Tiama	Entandrophragma angolense / congoense / excelsum	Afrika
D 18	NEN 5493 C3 STH	Tornillo	Cedrelinga catenaeformis	Zuid Amerika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Acajou Cailcedrat	Khaya senegalensis	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Akossika	Scottelia spec. div.	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Andoung	Monopetalanthus spec. div.	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Bossé	Guarea cedrata / laurentii / thompsonii	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Cardeiro	Scleronema micranthum / praecox	Zuid Amerika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Dabema	Piptadeniastrum africanum	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Iatandza	Albizia ferruginea	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Iroko	Milicia excelsa / regia	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Jaboty	Erismia uncinatum	Zuid Amerika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Red Lauan	Shorea negrosensis / polysperma	Zuid-oost Azië
D 24	NEN 5493 C3 STH	Louro Vermehlo	Sextonia rubra	Zuid Amerika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Makoré	Tieghemella africana / heckelii	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Naga	Brachystegia spec. div.	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Bilinga / Opepe	Nauclea diderrichii	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Ozigo	Dacryodes buettneri	Afrika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Tachi	Sclerobium spec. div.	Zuid Amerika
D 24	NEN 5493 C3 STH	Teak	Tectona grandis	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Andiroba	Carapa guianensis / procera	Zuid Amerika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Bete	Mansonia altissima	Afrika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Bintangor / Jacareuba	Calophyllum spec. div.	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Cupiuba / Kopie	Goupia glabra	Zuid Amerika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Diana / Celtis d' Afrique	Celtis spec. div.	Afrika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Guariuba	Clarisia racemosa	Zuid Amerika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Kanda	Beilschmiedia spec. div.	Afrika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Kelat	Syzygium spec. div.	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Keruing	Dipterocarpus spec. div.	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Gronfolo / Mandioquera	Qualea spec. div. / Ruizterania spec. div.	Zuid Amerika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Matakki / Manil	Symphonia globulifera / gabunensis	Zuid Amerika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Mengkulang	Tarrietia javanica / simplicifolia	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Merbau	Intsia bijuga / palembanica	Zuid-oost Azië
D 30	NEN 5493 C3 STH	Niangon	Tarretia densiflora et utilis	Afrika
D 30	NEN 5493 C3 STH	Oboto	Mammea africana	Afrika

Tabel 4. Sterktegegevens uit Frans/Nederlands onderzoek (lees verder op pagina 6)

Sterkteklassen van loofhout (volgens Frans/Nederlands onderzoek)					
D	30	NEN 5493 C3 STH	Padoek	Pterocarpus soyauxii	Afrika
D	30	NEN 5493 C3 STH	Piquiarana	Caryocar glabrum	Zuid Amerika
D	30	NEN 5493 C3 STH	Sapeli	Entandrophragma cylindricum	Afrika
D	30	NEN 5493 C3 STH	Tatajuba	Bagassa quianensis	Zuid Amerika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Afzelia / Doussie	Afzelia bellavar gracilior / africana / bipindensis / pachyloba	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Angelim	Hymenolobium spec. div.	Zuid Amerika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Awoura	Julbernardia pellegriniana	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Basralocus / Angélique	Dicorynia quianensis	Zuid Amerika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Itaúba	Mezilaurus itaúba	Zuid Amerika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Longhi / Aniegré	Gambeya spec. div.	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Tali / Missanda	Erythrophlum ivorense / suaveolens	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Mukulungu	Autranelia congolensis / congolensis	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Okan / Denya	Cylocodiscus gabunensis	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Ovengkol	Guibourtia ehie	Afrika
D	35	NEN 5493 C3 STH	Wallaba / Wapa	Eperua spec. div.	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Angelim Vermehlo	Dinizia excelsa	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Aracanga	Aspidosperma spec. div.	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Bubinga	Guibourtia demeusei / tessmannii / pellegriniana	Afrika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Cumaru	Dipteryx odorata	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Azobé / Ekki	Lophira alata	Afrika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Ipé / Lapacho	Tabebuia spec. div.	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Jatoba / Courbaril	Hymenaea spec. div.	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Limbali	Gilbertiodendron spec. div.	Afrika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Mora	Mora spec. div.	Zuid Amerika
D	40	NEN 5493 C3 STH	Niové	Staudtia stipitata / gabonensis / kamerunensis	Afrika
D	50	NEN 5493 C3 STH	Massaranduba	Manilkara bidentata / huberi	Zuid Amerika

Tabel 4. Sterktegegevens uit Frans/Nederlands onderzoek (vervolg van pagina 5)

In tabel 5. is een samenvatting van sterkteklassen van de belangrijkste naaldhoutsoorten gegeven. Een uitgebreid overzicht hiervan is terug te vinden in EN 1912. Om de keuzemogelijkheden te vergroten is daar waar mogelijk ook een alternatieve sorteerwijze gegeven.

Sterkteklassen van naaldhout						
Sterkte	Sortering	Alternatief	Handelsnaam	Wetenschappelijke naam	Herkomst	
C	14	NEN 5499 To	INSTA 142 To	Europees grenen / Pine	Pinus sylvestris	N-NO Europa
C	14	NEN 5499 To	INSTA 142 To	Europees vuren / Spruce	Picea abies	N-NO Europa
C	14	NEN 5499 To	INSTA 142 To	Europees lariks / Larch	Larix decidua	N-NO Europa
C	14	NEN 5499 To	INSTA 142 To	Europees dennen / Fir	Abies alba	N-NO Europa
C	14	NEN 5499 To		Europees douglas	Pseudotsuga menziesii	N-NO Europa
C	14	BS 4978 GS	NLGA J&P No 1&2 / SLF No1&2	Westem red cedar	Thuja plicata	Canada
C	14	BS 4978 GS	NLGA J&P No 1&2 / SLF No1&2	Sitka spruce	Picea sitchensis	Canada
C	14	BS 4978 GS		Western white wood		USA
C	14	NLGA LF Const / Stud		Douglas fir-Larch		Canada / USA
C	14	NLGA LF Const / Stud		Hem-Fir		Canada / USA
C	14	NLGA LF Const / Stud		S-P-F		Canada / USA
C	16	BS 4978 GS		Paraná pine	Araucaria angustifolia	Brazil

Tabel 5. Sterkteklassen van naaldhout (lees verder op pagina 7)

Sterkteklassen van naaldhout						
C	16	BS 4978 GS		Redwood	Pinus sylvestris	C-NO Europa
C	16	BS 4978 GS		European white wood		C-NO Europa
C	16	BS 4978 GS	NLGA J&P No 1&2 / SLF No 1&2	S-P-F		Canada / USA
C	16	BS 4978 GS	NLGA J&P No 1&2 / SLF No 1&2	Hem-Fir		Canada / USA
C	16	BS 4978 GS	NLGA J&P No 1&2 / SLF No 1&2	Douglas fir-Larch		Canada / USA
C	16	DIN 4074 S7 / S7K		Fir	Abies alba	C-NO Europa
C	16	DIN 4074 S7 / S7K		Larch	Larix decidua	C-NO Europa
C	16	DIN 4074 S7 / S7K		Douglas fir	Pseudotsuga menziesii	Duitsland / Oostenrijk
C	18	NEN 5499 T1	INSTA 142 T1	Europees grenen / Pine	Pinus sylvestris	N-NO Europa
C	18	NEN 5499 T1	INSTA 142 T1	Europees vuren / Spruce	Picea abies	N-NO Europa
C	18	NEN 5499 T1	INSTA 142 T1	Europees lariks / Larch	Larix decidua	N-NO Europa
C	18	NEN 5499 T1	INSTA 142 T1	Europees dennen / Fir	Abies alba	N-NO Europa
C	18	NEN 5499 T1		Europees douglas	Pseudotsuga menziesii	N-NO Europa
C	18	DIN 4074 S7 / S7K		Pine	Pinus sylvestris	C-NO Europa
C	18	DIN 4074 S7 / S7K		Spruce	Picea abies	C-NO Europa
C	18	BS 4978 SS	NLGA J&P Sel / SLF Sel	Western red cedar	Thuja plicata	Canada
C	18	BS 4978 SS	NLGA J&P Sel / SLF Sel	Sitka spruce	Picea sitchensis	Canada
C	18	BS 4978 SS		Western white wood		USA
C	18	BS 4978 GS		Southern pine		USA
C	24	NEN 5499 T2	INSTA 142 T2	Europees grenen / Pine	Pinus sylvestris	N-NO Europa
C	24	NEN 5499 T2	INSTA 142 T2	Europees vuren / Spruce	Picea abies	N-NO Europa
C	24	NEN 5499 T2	INSTA 142 T2	Europees lariks / Larch	Larix decidua	N-NO Europa
C	24	NEN 5499 T2	INSTA 142 T2	Europees dennen / Fir	Abies alba	N-NO Europa
C	24	NEN 5499 T2		Europees douglas	Pseudotsuga menziesii	N-NO Europa
C	24	DIN 4074 S10 / K		Pine	Pinus sylvestris	C-NO Europa
C	24	DIN 4074 S10 / K		Spruce	Picea abies	C-NO Europa
C	24	DIN 4074 S10 / K		Larch	Larix decidua	C-NO Europa
C	24	DIN 4074 S10 / K		Fir	Abies alba	C-NO Europa
C	24	DIN 4074 S10 / K		Douglas fir	Pseudotsuga menziesii	Duitsland / Oostenrijk
C	24	BS 4978 SS		Paraná pine	Araucaria angustifolia	Brazil
C	24	BS 4978 SS		Redwood	Pinus sylvestris	C-NO Europa
C	24	BS 4978 SS		European white wood		C-NO Europa
C	24	BS 4978 SS	NLGA J&P Sel / SLF Sel	S-P-F		Canada / USA
C	24	BS 4978 SS	NLGA J&P Sel / SLF Sel	Hem-Fir		Canada / USA
C	24	BS 4978 SS	NLGA J&P Sel / SLF Sel	Douglas fir-Larch		Canada / USA
C	24	BS 4978 SS		Southern pine		USA
C	30	NEN 5499 T3	INSTA 142 T3	Europees grenen / Pine	Pinus sylvestris	N-NO Europa
C	30	NEN 5499 T3	INSTA 142 T3	Europees vuren / Spruce	Picea abies	N-NO Europa
C	30	NEN 5499 T3	INSTA 142 T3	Europees lariks / Larch	Larix decidua	N-NO Europa
C	30	NEN 5499 T3	INSTA 142 T3	Europees dennen / Fir	Abies alba	N-NO Europa
C	30	NEN 5499 T3		Europees douglas	Pseudotsuga menziesii	N-NO Europa
C	30	DIN 4074 S13 / K		Pine	Pinus sylvestris	C-NO Europa
C	30	DIN 4074 S13 / K		Spruce	Picea abies	C-NO Europa
C	30	DIN 4074 S13 / K		Larch	Larix decidua	C-NO Europa
C	30	DIN 4074 S13 / K		Fir	Abies alba	C-NO Europa
C	35	DIN 4074 S13 / K		Douglas fir	Pseudotsuga menziesii	Duitsland / Oostenrijk

Tabel 5. Sterkteklassen van naaldhout (vervolg van pagina 6)



Foto 2. Hardhout constructie

COLOFON

Deze brochure is een uitgave van Centrum Hout en de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen (VVNH), beide te Almere, en tot stand gekomen met medewerking van de sectiebesturen Naaldhout en Hardhout en Ir. G.J.P. Ravenshorst, Delft University of Technology, Timber Structures and Wood Technology.

Centrum Hout
Westeinde 8
1334 BK Almere
Postbus 1380
1300 BJ Almere
Tel. 036 5329821
Fax 036 5329571
Internet: www.centrum-hout.nl
E-mail: info@centrum-hout.nl



Meer informatie

Heeft u vragen over hout, houtproducten of houttoepassingen, neem dan contact op met Centrum Hout

Dit kan via de Houtinformatielijn 0900 - 5329946 (15 cpm) of per mail via: houtinformatie@centrum-hout.nl.

Informatie is ook te vinden op:

houtinfo.nl: over bos & hout, hout, houtproducten en toepassingen, inclusief balkenschuif.

houtdatabase.nl: over duurzaam geproduceerd hout, duurzaam inkopen en gecertificeerde leveranciers.

Foto's

Coverfoto: Naaldhout constructie - Sportcomplex Nieuw Zuilen Utrecht, Koenis en Koppert Architecten, IJsselstein

Foto 1: Op sterkte gesorteerd naaldhout met handelsaanduiding sterkteklasse - Centrum Hout, Almere

Foto 2: Hardhout constructie - Houten boogbrug Frederikssund Denemarken, Wijma, Kampen

Disclaimer

Centrum Hout en de bovengenoemden hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het opstellen van de weergegeven informatie, maar zijn niet verantwoordelijk voor het juist zijn ervan. De geboden informatie is niet bedoeld als vervanging van deskundig advies. Wanneer u zonder nader advies of verificatie van de geboden informatie gebruik maakt, dan doet u dat voor eigen rekening en risico. Centrum Hout of bovengenoemden aanvaarden terzake geen enkele aansprakelijkheid.

Deze brochure wordt u aangeboden door: