

STERKTEGEGEVENS VAN HOUT



STERKTEKLASSEN VOOR GEZAAGD EN GELAMINEERD HOUT

Veel hout wordt toegepast in bouwkundige constructies, waarvoor berekeningen volgens de bouwvoorschriften nodig zijn. Voor het berekenen en maken van houtconstructies moet de sterkteklasse van het toe te passen hout bekend zijn. Met ingang van 2003 zijn in Nederland de Europese sterkteklassen volgens NEN-EN 338 (*Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen*) in gebruik. Een sterkteklasse wordt daarbij aangeduid met de letter C voor naaldhout en D voor loofhout, gevolgd door een getal (bijvoorbeeld C18). Dat getal komt overeen met de representatieve waarde voor de buigsterkte evenwijdig aan de vezel. In totaal worden 18 verschillende sterkteklassen onderscheiden. Ook voor gelamineerd hout is een indeling in sterkteklassen gemaakt. Deze klassen zijn vastgelegd in NEN-EN 1194 en NEN 6763 (*Gelamineerd hout - Producteigenschappen en bepalingsmethoden*). Hier wordt de lettercombinatie GL gebruikt. Voor gelamineerd hout zijn 8 klassen opgesteld, waarbij een opsplitsing is gemaakt voor 'homogeen' (h) en 'gecombineerd' (c) gelamineerd hout.

Representatieve waarden

De waarden genoemd in een sterkteklasse zijn zogenaamde representatieve waarden van de materiaaleigenschappen. Deze waarden vormen het vertrekpunt van de constructeur om de rekenwaarde van het materiaal te bepalen.

De representatieve waarde wordt daarbij gedeeld door een materiaalfactor en vervolgens vermenigvuldigd met modificatiefactoren voor klimaat, belastingduur en balkhoogte. De materiaalfactor is afhankelijk van toetsing plaatsvindt op de *uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand*. De *uiterste grenstoestand* is het moment waarop het hout bezwijkt. De *bruikbaarheidsgrenstoestand* is de grens tussen het gebied waar de constructie bruikbaar is en het gebied waar de constructie niet meer aan de functie-eisen kan voldoen, bijvoorbeeld door een te grote doorbuiging. In de onderstaande tabellen zijn de representatieve waarden vermeld. Hierbij gelden de volgende symbolen:

| | |
|-----------------------------|--|
| $f_{m;o;rep}$ | buigsterkte evenwijdig aan de vezel |
| $E_{o;ser;rep}$ | elasticiteitsmodulus evenwijdig aan de vezel in de bruikbaarheidsgrenstoestand |
| ρ_{rep} | volumieke massa |
| $f_{t;o;rep}$ | treksterkte evenwijdig aan de vezel |
| $f_{t;90;rep}$ | treksterkte loodrecht op de vezel |
| $f_{c;o;rep}$ | druksterkte evenwijdig aan de vezel |
| $f_{c;90;rep}$ | druksterkte loodrecht op de vezel |
| $f_{v;o;rep}$ | schuifsterkte |
| $E_{o;u;rep}$ | elasticiteitsmodulus evenwijdig aan de vezel in de uiterste grenstoestand |
| $E_{90;ser;rep; naaldhout}$ | elasticiteitsmodulus loodrecht op de vezel bij naaldhout |
| $E_{90;ser;rep; loofhout}$ | elasticiteitsmodulus loodrecht op de vezel bij loofhout |
| $G_{ser;rep}$ | afschuivingmodulus. |

Sterkteklassen met materiaaleigenschappen voor gezaagd populieren en naaldhout (NEN 6760)

| Eigenschap | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | Eenheid |
|-----------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| $f_{m;o;rep}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | N/mm ² |
| $E_{o;ser;rep}$ | 7000 | 8000 | 9000 | 9500 | 10000 | 11000 | 11500 | 12000 | 13000 | N/mm ² |
| ρ_{rep} | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | kg/m ³ |
| $f_{t;o;rep}$ | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | N/mm ² |
| $f_{t;90;rep}$ | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | N/mm ² |
| $f_{c;o;rep}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | N/mm ² |
| $f_{c;90;rep}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | N/mm ² |
| $f_{v;o;rep}$ | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | N/mm ² |
| $E_{o;u;rep}$ | 4700 | 5400 | 6000 | 6400 | 6700 | 7400 | 7700 | 8000 | 8700 | N/mm ² |
| $E_{90;ser;rep; naaldhout}$ | 230 | 270 | 300 | 320 | 330 | 370 | 380 | 400 | 430 | N/mm ² |
| $G_{ser;rep}$ | 440 | 500 | 560 | 590 | 630 | 690 | 720 | 750 | 810 | N/mm ² |

Sterkteklassen met materiaaleigenschappen voor gezaagd hout (NEN 6760)

| Eigenschap | D30 | D35 | D40 | D50 | D60 | D70 | Eenheid |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| $f_{m;o;rep}$ | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | N/mm ² |
| $E_{o;ser;rep}$ | 10000 | 10000 | 11000 | 14000 | 17000 | 20000 | N/mm ² |
| ρ_{rep} | 530 | 560 | 590 | 650 | 700 | 900 | kg/m ³ |
| $f_{t;o;rep}$ | 18 | 21 | 24 | 30 | 36 | 42 | N/mm ² |
| $f_{t;90;rep}$ | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | N/mm ² |
| $f_{c;o;rep}$ | 23 | 25 | 26 | 29 | 32 | 34 | N/mm ² |
| $f_{c;90;rep}$ | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,7 | 10,5 | 13,5 | N/mm ² |
| $f_{v;o;rep}$ | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,6 | 5,3 | 6,0 | N/mm ² |
| $E_{o;u;rep}$ | 8000 | 8700 | 9400 | 11800 | 14300 | 16800 | N/mm ² |
| $E_{90;ser;rep; loofhout}$ | 640 | 690 | 750 | 930 | 1130 | 1330 | N/mm ² |
| $G_{ser;rep}$ | 600 | 650 | 700 | 880 | 1060 | 1250 | N/mm ² |

Sterkteklassen met materiaaleigenschappen voor gelamineerd hout met homogene opbouw

| Eigenschap | GL 24h | GL 28h | GL 32h | GL 36h | Eenheid |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| $f_{gl;m;o;rep}$ | 24 | 28 | 32 | 36 | N/mm ² |
| $E_{gl;o;ser;rep}$ | 11600 | 12600 | 13700 | 14700 | N/mm ² |
| $\rho_{gl;rep}$ | 380 | 410 | 430 | 450 | kg/m ³ |
| $f_{gl;t;o;rep}$ | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 26 | N/mm ² |
| $f_{gl;t;90;rep}$ | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,6 | N/mm ² |
| $f_{gl;c;o;rep}$ | 24 | 26,5 | 29 | 31 | N/mm ² |
| $f_{gl;c;90;rep}$ | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | N/mm ² |
| $f_{gl;v;o;rep}$ | 2,7 | 3,2 | 3,8 | 4,3 | N/mm ² |
| $E_{gl;o;u;rep}$ | 9400 | 10200 | 11100 | 11900 | N/mm ² |
| $E_{gl;90;ser;rep}$ | 390 | 420 | 460 | 490 | N/mm ² |
| $G_{gl;ser;rep}$ | 720 | 780 | 850 | 910 | N/mm ² |

Indeling van hout in een sterkteklasse

| Relaties tussen visuele sorteringen en de sterkteklassen van houtsoorten | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Handelsnaam | Botanische naam | Herkomstgebied proefstukken | Sterkteklasse NEN 6760 | Kwaliteitsklasse / norm |
| Andira (sucupira vermelho) ¹⁾ | <i>Andira spp.</i> | Brazilië | D30 | Tropisch / NPR 5493 |
| Angelim vermelho ^{2) 5)} | <i>Dinizia excelsa</i> | Brazilië | D50 | Tropisch / NPR 5493 |
| Azobé ⁴⁾ | <i>Lophira alata</i> | West-Afrika | D70 | Tropisch / NPR 5493 |
| Bangkirai ³⁾ | <i>Shorea spp.</i> | Indonesië | D50 | Tropisch / NPR 5493 |
| Basralocus ²⁾ | <i>Dicorynia spp.</i> | Suriname | C22 | Tropisch / NPR 5493 |
| Bilinga ⁵⁾ | <i>Nauclea diderrichii</i> | West- en Centraal Afrika | D35 | Tropisch / NPR 5493 |
| Cumarú ²⁾ | <i>Dypteryx spp.</i> | Brazilië | D60 | Tropisch / NPR 5493 |
| Cupiuba (kopie) ¹⁾ | <i>Goupia glabra</i> | Brazilië | D35 | Tropisch / NPR 5493 |
| Douglas, Europees ²⁾ | <i>Pseudotsuga menziesii</i> | Europa | C22 | A/B / NEN 5468 |
| Douglas, Europees ²⁾ | <i>Pseudotsuga menziesii</i> | Europa | C18 | C / NEN 5468 |
| Eiken, Pools ²⁾ | <i>Quercus petraea</i> | Polen | C24 | Europees / NPR 5493 |
| Eiken, Midden-Europees ³⁾ | <i>Quercus petraea</i> | Midden-Europa | C20 | A/B / NEN 5477 |
| Gonçalo Alves (muiracatiara) ¹⁾ | <i>Astronium lecointei Ducke</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Grenen | <i>Pinus sylvestris</i> | Europa | C24 | A/B / NEN 5466 |
| Grenen | <i>Pinus sylvestris</i> | Europa | C18 | C / NEN 5466 |
| Groenhart ⁵⁾ | <i>Tabebuia spp.</i> | Guyana | D60 | Tropisch / NPR 5493 |
| Iroko | <i>Milicia excelsa</i> | Tropisch-Afrika | D40 | HS / BS 5756 |
| Itauba ¹⁾ | <i>Mizilaurus itauba</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Jarana ¹⁾ | <i>Lecythis spp.</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Jarra | <i>Eucalyptus marginata</i> | Australië | D40 | HS / BS 5756 |
| Karri, Australisch | <i>Eucalyptus diversicolor</i> | Australië | D50 | HS / BS 5756 |
| Karri, Zuid-Afrikaans ²⁾ | <i>Eucalyptus diversicolor</i> | Zuid-Afrika | D35 | Tropisch / NPR 5493 |
| Kempas | <i>Koompassia malaccensis</i> | Zuidoost-Azië | D60 | HS / BS 5756 |
| Lariks ³⁾ | <i>Larix spp.</i> | Europa | C24 | A/B / NEN 5466 |
| Lariks ³⁾ | <i>Larix spp.</i> | Europa | C18 | C / NEN 5466 |
| Meranti, rode | <i>Shorea spp.</i> | Zuidoost-Azië | C20 | A/B / NEN 5483 |
| Merbau | <i>Intsia spp.</i> | Zuidoost-Azië | D60 | HS / BS 5756 |
| Mandioqueira (sucupira amarelo) ¹⁾ | <i>Qualea paraensis D.</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Massaranduba ²⁾ | <i>Manilkara spp.</i> | Brazilië | D60 | Tropisch / NPR 5493 |
| Mukulungu ⁵⁾ | <i>Austranella congolensis</i> | Kameroen | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Nargusta ²⁾ | <i>Terminalia spp.</i> | Honduras | C24 | Tropisch / NPR 5493 |
| Okan/Denya ^{2) 5)} | <i>Cylicodiscus gabunensis</i> | Ghana/Kameroen | D50 | Tropisch / NPR 5493 |
| Piquia ^{2) 5)} | <i>Caryocar villosum</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Piquia marfim ¹⁾ | <i>Aspidospermum desmanthum</i> | Brazilië | D50 | Tropisch / NPR 5493 |
| Robinia ²⁾ | <i>Robinia pseudoacacia</i> | Hongarije | D30 | Europees / NPR 5493 |
| Sapucaia ¹⁾ | <i>Lecythis pisonis</i> | Brazilië | D50 | Tropisch / NPR 5493 |
| Tali ⁵⁾ | <i>Erythrophleum spp.</i> | Kameroen/ Kongo-Brazzaville | D60 | Tropisch / NPR 5493 |
| Tali ⁵⁾ | <i>Erythrophleum spp.</i> | Ghana | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Teak | <i>Tectona grandis</i> | Zuidoost-Azië | D40 | HS / BS 5756 |
| Uchi torrado ¹⁾ | <i>Sacoglottis guianensis</i> | Brazilië | D40 | Tropisch / NPR 5493 |
| Vitex ²⁾ | <i>Vitexcofassus spp.</i> | Tropisch Afrika | D30 | Tropisch / NPR 5493 |
| Vuren | <i>Picea abies</i> | Europa | C24 | A/B / NEN 5466 |
| Vuren | <i>Picea abies</i> | Europa | C18 | C / NEN 5466 |

¹⁾ TNO-rapport 2003-BS-R0102-S, De sterkteklassen en Janka-hardheden van negen FSC-gecertificeerde Braziliaanse houtsoorten. Opdrachtgever: FSC-Nederland.

²⁾ Deelrapporten TNO, Ontwikkeling van een algemene bepalingmethode voor de sterkte van hout. Opdrachtgevers: DWW Rijkswaterstaat, VVNH.

³⁾ TNO-rapporten, Bepaling van de sterkteklassen van Siberisch Lariks, Midden-Europees eiken en bangkirai. Opdrachtgevers: VVNH/Centrum Hout.

⁴⁾ TNO-rapport 97-con-R376, Machinale sterktesortering van azobé. Opdrachtgever: Centrum Hout.

⁵⁾ TNO-rapport 2005-BCS-R0327, De bepaling van de sterkteklassen van 7 houtsoorten. Opdrachtgever: VVNH.

Hout kan visueel of met een machine op sterkte worden gesorteerd

Machinaal sorteren

In het verleden werd hout altijd visueel gesorteerd. Inmiddels zijn er echter vele machines die hout snel en betrouwbaar op sterkte sorteren op basis van het bekende verband tussen de buigsterkte en de elasticiteitsmodulus van een stuk hout. Na visuele controle wordt bij veel machines ieder deel mechanisch belast. Aan de hand van de doorbuiging en de daarvoor benodigde kracht wordt het stuk hout ingedeeld in een sterkteklasse. Er bestaan tegenwoordig ook machines die gebruikmaken van het verband tussen de demping van een in het hout gebrachte trilling en de mechanische eigenschappen en machines waarbij kwasten en andere gebreken worden bepaald via fotoherkenning en dergelijke. Tevens zijn er machines die deze twee technieken combineren.

Visueel sorteren

Bij visueel sorteren gaat men uit van een bepaalde kwaliteitsklasse van een houtsoort en de uit onderzoek bekende relatie daarmee met een sterkteklasse. Goed opgeleide sorteerders weten precies welke onvolkomenheden in aard, frequentie en omvang per sterkteklasse mogen voorkomen. Belangrijke kenmerken daarbij zijn de kwasten en het draadverloop.

Toewijzing van sterkteklassen aan visuele sorteringsklassen

De toewijzing van een sterkteklasse aan een bepaalde houtsoort van een bepaalde kwaliteit gebeurt op basis van onderzoek volgens de daarvoor geldende Europese normen. Hierbij worden van minstens 40 balken van een bepaalde houtsoort en kwaliteitsklasse de volumieke massa, de buigsterkte en de stijfheid bepaald. Dit is voldoende om de sterkteklasse te bepalen. De karakteristieke waarden van de buigsterkte, de elasticiteitsmodulus en de volumieke massa van de partij moeten daarbij gelijk zijn aan of groter dan de corresponderende waarden van de betreffende sterkteklasse. De karakteristieke waarde voor buigsterkte en volumieke massa wordt gedefinieerd als de waarde met een onderschrijdingskans van 5%. Dit betekent dat bij de proefresultaten 5% van de balken zwakker en 95% sterker is dan de karakteristieke waarde. Voor de elasticiteitsmodulus geldt dat de karakteristieke waarde wordt bepaald door het gewogen gemiddelde van de steekproef. Na vaststelling van de sterkteklasse kan men gebruikmaken van alle bij de sterkteklasse behorende mechanische eigenschappen. De relaties tussen de verschillende mechanische eigenschappen zijn namelijk in het verleden door onderzoek vastgesteld. Op basis van het aantal proefstukken moet wel een voorgeschreven reductiefactor op de karakteristieke waarden worden toegepast. Bij 40 proefstukken is deze 0,78. Bij een groter aantal proefstukken wordt de reductiefactor hoger en gaat uiteindelijk naar 1 (400 proefstukken).

Vorenstaande tabel geeft de relatie weer tussen visuele sorteerklassen en de sterkteklasse van diverse houtsoorten. Indien deze informatie niet voldoende is, kan men eventueel NEN-EN 1912 (*Hout voor constructieve toepassingen - Sterkteklassen - Toewijzing van visuele sorteringsklassen en houtsoorten*) raadplegen. Daarin zijn tabellen opgenomen die de relatie weergeven tussen nationale sorteerklassen en de Europese sterkteklassen. In de tabel zijn de gegevens van enkele loofhoutsoorten uit NEN-EN 1912 overgenomen. De visuele sortering (HS) dient men echter uit te voeren overeenkomstig de Britse norm BS 5756 (*Specification for Visual strength grading of hardwood*). Veel houtsoorten zijn ingedeeld op basis van een kwaliteit gegeven in NPR 5493 (*Praktijkrichtlijn: Kwaliteitsrichtlijnen voor loofhout in waterbouwkundige werken*). Afhankelijk van het herkomstgebied moet het hout voor de relevante toepassingscategorie voldoen aan de gegeven visuele kenmerken voor (sub)tropisch of Europees loofhout. Belangrijke kenmerken daarbij zijn een draadverloop van maximaal 1:10 en een kwastaandeel van maximaal 0,2 voor (sub)tropisch en 0,3 voor Europees loofhout.

De website www.ahec-europe.org geeft nog informatie over de sterktecijfers van Amerikaans wit en rood eiken, Amerikaans essen en tulpenboomhout (American tulipwood). Omdat drie van de vier houtsoorten niet goed pasten binnen een bepaalde sterkteklasse is de informatie per sterkte-eigenschap gegeven. Het hout moet daarbij voldoen aan de sorteerklassen TH1 van de Britse norm BS 5756.

Meer informatie

Voor meer informatie over hout en houttoepassingen wordt verwezen naar www.houtinfo.nl en publicaties en andere artikelen die bij Centrum Hout verkrijgbaar zijn. Vraag het Publicatieoverzicht aan voor een overzicht van het totale aanbod dat varieert van eigen brochures en prospectussen tot uitvoerige brochures en boekwerken die niet alleen door Centrum Hout, maar ook door andere instellingen worden uitgegeven.

Vragen en bestellingen

Tel.: Houtinformatielijn, 0900 - 5329946 (45 cpm)
Voor specifieke technische vragen is op de volgende dagen een technisch medewerker aanwezig:
maandag van 09.00 - 12.00 uur en 13.30 - 16.30 uur
dinsdag t/m donderdag van 10.00 - 12.00 uur

Fax: 036 - 5329571
E-mail: houtinformatie@centrum-hout.nl
Webshop: www.centrum-hout.nl/shop
Post: Centrum Hout, Postbus 1350, 1300 BJ Almere



Deze publicatie is een uitgave van:
Centrum Hout
Postbus 1350
1300 BJ ALMERE
Westeinde 8
1334 BK ALMERE-BUITEN
Tel.: 036-5329821
Fax: 036-5329571
Internet: www.centrum-hout.nl
E-mail: info@centrum-hout.nl

© Centrum Hout 2007

Centrum Hout heeft een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het opstellen van de opgenomen gegevens, maar is niet verantwoordelijk voor eventuele onjuiste informatie. De gebruiker aanvaardt daarvoor het risico. Deze uitgave is mogelijk gemaakt door de Vereniging Van Nederlandse Houtondernemingen te Almere.