



HOGESCHOOL ROTTERDAM

Cluster: RIBACS

DICTAAT & WERKBOEK HOUT

bij de cursus

STAAL & HOUT

Modulecode: RibBHS01c
Opgesteld door: R. van Dorst BBE BEd
Aanmaakdatum: maart 2007
Studielast: 3 ECTS

Opleiding: Bouwkunde - Civiele techniek
Fase: semester 3 - kernprogramma

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|-----------|
| 1 Mechanische eigenschappen | 3 |
| 1.1 Invloed van de structuur van het hout | 3 |
| 1.2 Hout en vocht | 3 |
| 1.3 Klimaatklassen | 4 |
| 1.4 Klasse-indeling met betrekking tot de belastingsduur | 5 |
| 1.5 Gelamineerd hout | 5 |
| 1.6 Ontwerpregels | 6 |
| 2 Materiaaleigenschappen | 6 |
| 2.1 Materiaalfactor | 7 |
| 2.2 Kruipfactor | 7 |
| 2.3 Sterkteklassen voor gezaagd en gelamineerd hout | 8 |
| 2.4 Sterkteklassetabellen voor gezaagd en gelamineerd hout | 9 |
| 2.5 Modificatiefactor k_{mod} | 10 |
| 2.6 Modificatiefactor k_h | 10 |
| 3 Toetsing van een constructie | 11 |
| 4 Liggers | 12 |
| 4.1 Toetsingscriteria liggerberekening | 12 |
| 4.2 Samenvatting | 13 |
| 4.3 Materiaaleigenschappen | 13 |
| 5. Toetsing van een ligger | 14 |
| 5.1 Toetsing van de buigspanning: $\sigma_{m;0;d} \leq f_{m;0;d}$ | 15 |
| 5.2 Toetsing van de schuifspanning: $\sigma_{v;d} \leq f_{v;d}$ | 15 |
| 5.3 Toetsing van de oplegspanning: $\sigma_{c;90;d} \leq f_{c;90;d}$ | 16 |
| 6. Doorbuiging | 17 |
| 6.1 Bepalen van de belastingcombinaties in BGT | 17 |
| 6.2 Berekening belastingcombinaties (van rekenvoorbeeld blz. 14) | 17 |
| 6.3 Bepalen van optredende doorbuiging | 18 |
| 6.4 Toetsing van de doorbuiging: $u_{ser} \leq u_{max,ser}$ | 18 |
| 6.5 Maximaal toelaatbare doorbuiging | 20 |
| 6.6 Doorbuiging volgens NEN6760 | 20 |
| 6.7 Rekenvoorbeeld uitgevoerd conform NEN 6760 "Houtconstructies" | 22 |
| 7 Kolommen | 24 |
| 7.1 Toetsingscriteria kolomberekening | 25 |
| 7.2 Rekenvoorbeeld van een kolom | 25 |
| 7.3 Toetsing van de doorsnede (UC) op druk en knikstabiliteit | 26 |
| LITERATUUR | 28 |
| BIJLAGE | 29 |

1 Mechanische eigenschappen

1.1 Invloed van de structuur van het hout

Het mechanisch gedrag van het hout wordt bepaald door de opbouw ervan. De moluculen in de celwanden en, op iets grotere schaal de houtvezels, vormen de elementen die de sterkte en de vervorming van het hout bepalen.

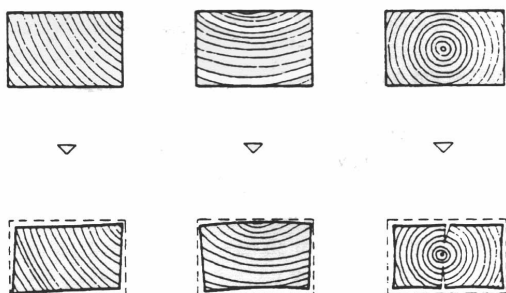
- De sterkte en het vervormingsgedrag vertonen in de richting van de vezels veel hogere waarden dan loodrecht (\perp) op de vezel;
- De treksterkte loodrecht op de vezel is bijzonder gering als gevolg van een lage aanhechtsterkte tussen de vezels onderling;
- Ook verschuiven houtvezels onderling in de lengterichting gemakkelijk, waardoor hout een lage schuifsterkte bezit;
- De druksterkte evenwijdig ($//$) aan de vezel wordt bepaald door het uitknikken van de afzonderlijke houtvezels;
- De treksterkte evenwijdig aan de vezel wordt bepaald door het verbreken van de aanhechting tussen de houtvezels onderling.

1.2 Hout en vocht

Hout kan vocht opnemen of afstaan, afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de omgeving. Het vochtgehalte heeft grote invloed op de sterkte van het hout. Vocht doet de vezels verweken waardoor de sterkte vermindert.

Kenmerkend voor hout is tevens het zogenaamde 'werken' van hout. Het wordt veroorzaakt door volumeveranderingen van het hout ten gevolge van krimp bij droging en zwellen bij vochtopname. Bij het construeren moet rekening gehouden worden met het werken van hout en de gevolgen hiervan.

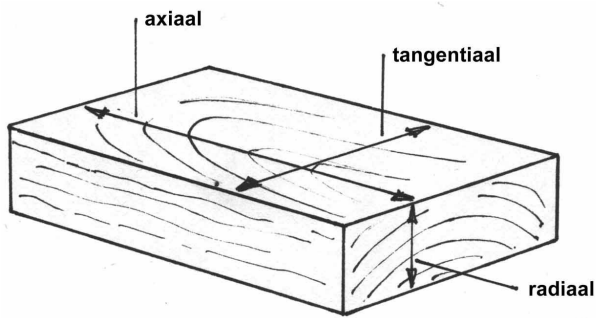
Hout wordt na het zagen zo spoedig mogelijk gedroogd tot een vochtgehalte van 20 %, door middel van natuurlijke droging. Indien hout, vooral bij kunstmatige droging, te snel of te ver gedroogd wordt kan het hout totaal vervormen of scheuren.



Figuur 1 Vormverandering bij het drogen van hout

Krimpen van het hout is totaal verschillend in de drie verschillende richtingen:

| | | |
|-------------|---------------------------------|--|
| radiaal | = loodrecht op de groeiringen | 0,15 % per % vochtgehalte van het hout |
| tangentiaal | = evenwijdig aan de groeiringen | 0,30 % per % vochtgehalte van het hout |
| axiaal | = in de lengterichting | 0,01 % per % vochtgehalte van het hout |



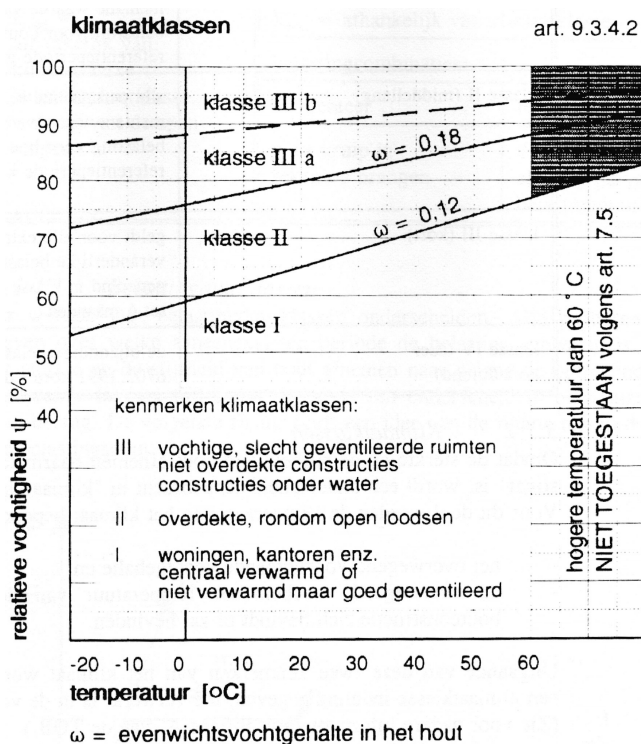
Figuur 2 Radiaal-, tangentiaal- en axiaalrichting

1.3 Klimaatklassen

Omdat de sterkte en de stijfheid van hout afnemen naarmate het klimaat 'ongunstiger' is, wordt een onderscheid aangebracht in 'klimaatklassen'. Voor dit doel worden de kenmerken van het klimaat beperkt tot:

- het overwegend voorkomende vochtgehalte;
- de overwegend voorkomende temperatuur van de ruimte waarin de houtconstructie zich bevindt of zal bevinden.

Uitgaande van deze twee kenmerken van het klimaat wordt een klimaatklasse-indeling gegeven, die verwerkt is in figuur 3



Figuur 3 Indeling klimaatklassen

1.4 Klasse-indeling met betrekking tot de belastingsduur

Er worden vier belastingduurklassen onderscheiden. Aangezien de sterkte en de stijfheid van hout afnemen naar gelang de optredende belasting gedurende langere tijd aanwezig is, is een onderscheid in belastingduurklassen van belang.

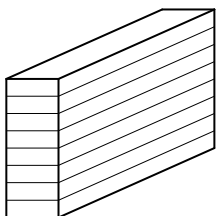
Voor de klasse-indeling (I, II, III en IV) dient de indeling volgens Tabel 1 te zijn aangehouden.

| | |
|---|--|
| klasse I (lang, > 15 jaar) | alle permanente belastingen en de momentane waarde van de veranderlijke belasting voor bouwwerken met een referentieperiode groter dan 15 jaar |
| klasse II (middellang, 6 maanden – 15 jaar) | alle permanente belastingen en de momentane waarde van de veranderlijk belasting voor bouwwerken met een referentieperiode kleiner dan 15 jaar |
| klasse III (kort, 5 sec – 6 maanden) | geldt voor alle extreme waarden van de veranderlijke belastingen behoudens die genoemd in klasse IV |
| klasse IV (zeer kort durend, < 5 sec) | de bijzondere belastingen van NEN 6702 |

Tabel 1 Klasse-indeling m.b.t. belastingsduur

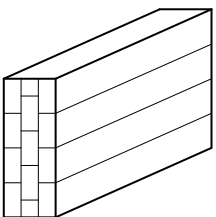
1.5 Gelamineerd hout

Hiermee worden constructieonderdelen bedoeld die zijn opgebouwd uit houtdelen, die onder persdruk zijn verlijmd. Door de opbouw uit dunne lamellen is de sterkte groter dan bij gezaagd balkhout.



horizontaal gelamineerd hout

profielgegevens: minimaal 6 lamellen van maximaal 45 mm dik
hoogte : van 200 tot 1800 mm, afgerond op 50 mm
lengten : d.m.v. vingerlassen over de volle doorsnede : onbeperkt
breedten : 55, 85, 110, 135, 160, 185 en 205 mm



vertikaal gelamineerd hout

profielgegevens: tenminste 3 lagen en 6 lamellen, horizontale naden verspringend
hoogte : vrij te kiezen tot 1550 mm
lengten : d.m.v. willekeurig verspreide vingerlassen: onbeperkt
breedten : 50, 72, 80, 96, 112, 130, 150, 188 en 220 mm

Figuur 4 Gelamineerd hout

De afmetingen van gelamineerd hout worden uitsluitend gelimiteerd door de afmetingen van de lijmbank; de lengte (en bij gebogen constructies ook de hoogte) mede door beperkingen van transport en montage.

Gelamineerde houten spanten zijn zeer geschikt voor grote overspanningen en meestal economischer dan uit gezaagd hout samengestelde houten vakwerkspanten.

1.6 Ontwerpregels

Het belangrijkste kenmerk van constructiedelen in gezaagd hout is de beperkte lengte van de profielen. In de handelsmatentabellen worden lengten vermeld van 1,8 m oplopend met 0,3 m tot maximaal 6 m, waarbij lengten boven 5,1 m niet courant zijn.

Hierdoor blijft de toepassing van gezaagd hout in draagconstructies beperkt tot de kleinere overspanningen van vloeren en gordingen en verdiepinghoge kolommen en gevelstijlen.

Bij normaal belaste houten vloeren en daken zijn voor een eerste schatting van de afmetingen de volgende ontwerpregels bruikbaar:

| | | | |
|---------|----------------------------|--|-------------------------|
| vloeren | $h = L / 15 \text{ à } 20$ | $b = \frac{1}{3} \text{ à } \frac{1}{6} h$ | $a \approx b \times 10$ |
| Daken | $h = L / 15 \text{ à } 20$ | $b = \frac{1}{3} \text{ à } \frac{1}{6} h$ | $a \approx b \times 15$ |

Tabel 2 ontwerpregels houten vloeren en daken

L = overspanning van de balken

De h.o.h. afstand van de balken wordt vooral bepaald door de afmetingen van de toe te passen vloerplaten en de daarvoor geldende eis: minimaal tweeveldsbeplanking of plating en ondersteuning aan de randen.

a = de minimale h.o.h. afstand van de balken

De gevonden maten corrigeren naar courante handelsmaten

Zie bijlage voor complete tabel: 'overspanningsgebieden in hout'.

2 Materiaaleigenschappen

Voor de rekenwaarde van een sterkte van hout geldt:

$$f_{u;d} = \frac{f_{rep}}{\gamma_m} \cdot k_{mod} \cdot k_h$$

waarin:

$f_{u;d}$ is de rekenwaarde van een sterkte;

f_{rep} is de representatieve waarde van een sterkte;

γ_m is de materiaalfactor;

k_{mod} is de modificatiefactor voor de langduursterkte;

k_h is een modificatiefactor voor de hoogte.

De rekenwaarde van een elasticiteitsmodulus wordt bepaald volgens:

$$E_d = \frac{E_{rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_m \cdot (1 + \psi_{krp})}$$

waarin:

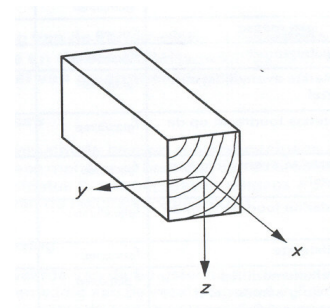
E_d is de rekenwaarde van een elasticiteitsmodulus;

E_{rep} is de representatieve waarde van een elasticiteitsmodulus;

k_{mod} is de modificatiefactor;

γ_m is de materiaalfactor;

ψ_{krp} is de rekenwaarde van de kruipfactor.



Figuur 5 X, Y en Z-as van hout

2.1 Materiaalfactor

Voor hout dient als materiaalfactor γ_m te worden aangehouden:

- voor de uiterste grenstoestand: 1,2;
- voor de bruikbaarheidsgrenstoestand: 1,0.

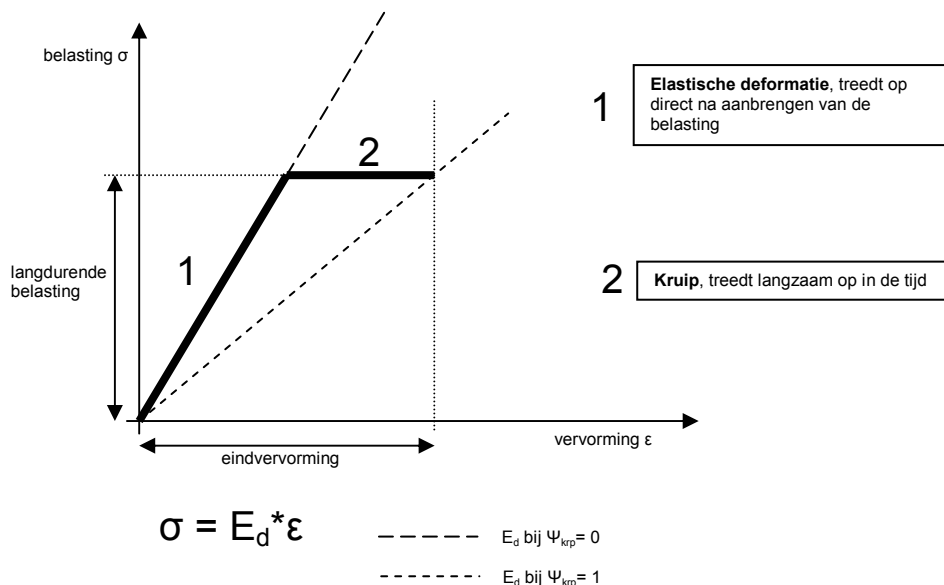
2.2 Kruipfactor

Kruip is de toenemende vervorming van een materiaal bij aanhoudende belasting. Bij een kortdurende belasting treedt een onmiddellijk optredende elastische vervorming op, die na ontlasten weer verdwijnt. Bij langer durende belasting zal, naast deze elastische vervorming, door de aanhoudende belasting de vervorming toenemen (kruipvervorming). Deze kruipvervorming nadert in de tijd een limiet en zal dan niet verder toenemen. Bij het ontlasten verdwijnt wel de elastische vervorming, terwijl de kruipvervorming blijvend is. Het kruipen van hout onder permanente belasting is van dezelfde grootte als de directe elastische vervorming, waarbij dus zelfs een verdubbeling van de elastische vervorming kan optreden. Bij houtconstructies moeten naast de direct optredende elastische doorbuigingen (kortdurend) ook altijd de later optredende kruipvervormingen (langdurend) worden bepaald.

Om het effect van de belastingduur op de vervormingen in rekening te brengen, wordt er bij de elasticiteitsmodules van een kruipfactor gebruik gemaakt.

Voor de rekenwaarde van de kruipfactor ψ_{krp} geldt, onafhankelijk van de houtsoort, de sterkteklasse en de klimaatklasse:

- $\psi_{krp} = 1$ voor belastingsduurklasse I;
- $\psi_{krp} = 0,5$ voor belastingsduurklasse II;
- $\psi_{krp} = 0$ voor belastingsduurklasse III en IV.



Figuur 6

2.3 Sterkteklassen voor gezaagd en gelamineerd hout

Voor het maken van houtconstructies moet de sterkteklasse van het toegepaste hout bekend zijn. Vanaf de introductie van het Bouwbesluit dienden daarvoor de Nederlandse K-klassen (bijv. K17), zoals deze (nog) in alle tabellenboeken vermeld staan. Daarvoor kenden we een indeling in standaardbouwhout en constructiehout: oude benamingen die we nog tegen kunnen komen.

Met ingang van 2003 zijn in Nederland echter de Europese sterkteklassen in gebruik. Een sterkteklasse wordt daarbij aangeduid met de letter gevolgd door een getal

- C voor naaldhout (bijvoorbeeld C18),
- D voor loofhout.

Ook voor gelamineerd hout is een indeling in sterkteklassen gemaakt. Hier wordt de lettercombinatie GL gebruikt, eveneens gevolgd door een getal. Voor gelamineerd hout wordt een opsplitsing is gemaakt:

- GLh (homogeen) : gelamineerd hout waarvan alle lamellen in dezelfde sterkteklasse zijn ingedeeld en van dezelfde houtsoort zijn,
- GLc (gecombineerd) : gelamineerd hout waarvan de binnenste en de buitenste lamellen in verschillende sterkteklassen zijn ingedeeld en niet van dezelfde houtsoort behoeven te zijn.

Bekende sterkteklassen van houtsoorten

Voor naaldhout wordt steeds vaker, al op sterkte gesorteerd hout geïmporteerd. De zagerij sorteert daarbij het hout op sterkte. Dat kan visueel of met een sterktesorteermachine gebeuren. Veel voorkomende sterkteklassen voor naaldhout zijn C16, C18, C24 en C30.

De waarden genoemd in een sterkteklasse zijn zogenaamde **representatieve waarden** van de materiaaleigenschappen. Hierbij gelden de volgende symbolen voor de representatieve waarden:

| | |
|----------------------------|--|
| $f_{m;0;rep}$ | buigsterkte //aan de vezel |
| $E_{0;ser;rep}$ | elasticiteitsmodulus // aan de vezel in de bruikbaarheidsgrenstoestand |
| ρ_{rep} | volumieke massa |
| $f_{t;0;rep}$ | treksterkte // aan de vezel |
| $f_{t;90;rep}$ | treksterkte \perp op de vezel |
| $f_{c;0;rep}$ | druksterkte // aan de vezel |
| $f_{c;90;rep}$ | druksterkte \perp op de vezel |
| $f_{v;0;rep}$ | schuifsterkte |
| $E_{0;u;rep}$ | elasticiteitsmodulus // aan de vezel in de uiterste grenstoestand |
| $E_{90;ser;rep;naaldhout}$ | elasticiteitsmodulus \perp op de vezel bij naaldhout |
| $E_{90;ser;rep;loofhout}$ | elasticiteitsmodulus \perp op de vezel bij loofhout |
| $G_{ser;rep}$ | afschuivingmodulus. |

2.4 Sterkteklassetabellen voor gezaagd en gelamineerd hout

| GEZAAGD POPULIERENHOUT EN NAALDHOUT | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Symbool | STERKTEKLASSE | | | | | | | | | Eenheid |
| | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | |
| $f_{m;0;rep}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | N/mm ² |
| $E_{0;ser;rep}$ | 7.000 | 8.000 | 9000 | 9500 | 10000 | 11000 | 11500 | 12000 | 13000 | N/mm ² |
| ρ_{rep} | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | kg/m ³ |
| $f_{t;0;rep}$ | 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 |
| $f_{c;0;rep}$ | 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 |
| $f_{v;0;rep}$ | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | N/mm ² |
| $E_{0;u;rep}$ | 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 |

Tabel 3 Materiaaleigenschappen van naaldhout en populierenhout

| GELAMINEERD HOUT MET EEN HOMOGENE OF EEN GECOMBINEERDE OPBOUW | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|--|
| Symbool | STERKTEKLASSEN | | | | | | | | Eenheid | |
| | GL24h | GL28h | GL32h | GL36h | GL24c | GL28c | GL32c | GL36c | | |
| $f_{gl;m;0;rep}$ | 24 | 28 | 32 | 36 | 24 | 28 | 32 | 36 | N/mm ² | |
| $E_{gl;0;ser;rep}$ | 11600 | 12600 | 13700 | 14700 | 11600 | 12600 | 13700 | 14700 | N/mm ² | |
| $\rho_{gl;rep}$ | 380 | 410 | 430 | 450 | 350 | 380 | 410 | 430 | kg/m ³ | |
| $f_{gl;t;0;rep}$ | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 26 | 14 | 16,5 | 19,5 | 22,5 | N/mm ² | |
| $f_{gl;t;90;rep}$ | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | N/mm ² | |
| $f_{gl;c;0;rep}$ | 24 | 26,5 | 29 | 31 | 21 | 24 | 26,5 | 29 | N/mm ² | |
| $f_{gl;c;90;rep}$ | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,6 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | N/mm ² | |
| $f_{gl;v;0;rep}$ | 2,7 | 3,2 | 3,8 | 4,3 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,8 | N/mm ² | |
| $E_{gl;0;u;rep}$ | 9400 | 10200 | 11100 | 11900 | 9400 | 10200 | 11100 | 11900 | N/mm ² | |
| $E_{gl;90;ser;rep}$ | 390 | 420 | 460 | 490 | 320 | 390 | 420 | 460 | N/mm ² | |
| $G_{gl;ser;rep}$ | 720 | 780 | 850 | 910 | 590 | 720 | 780 | 850 | N/mm ² | |

Tabel 4 Materiaaleigenschappen van gelamineerd hout

2.5 Modificatiefactor k_{mod}

Voor het hout dient, voor de invloeden 'belastingduur' en 'klimaat', als modificatiefactor k_{mod} met betrekking tot de sterkte, behoudens de treksterkte loodrecht op de vezelrichting van het hout, één van de waarden die in Tabel 5 zijn vermeld in rekening te zijn gebracht.

| belastingduurklasse | modificatiefactoren met betrekking tot de sterkte, behoudens de treksterkte loodrecht op de vezelrichting van het hout | |
|-----------------------|--|------|
| | klimaatklasse | |
| | I en II | III |
| I (lang) | 0,70 | 0,60 |
| II (middellang) | 0,75 | 0,65 |
| III (kort) | 0,85 | 0,70 |
| IV (zeer kort durend) | 1,10 | 0,95 |

Tabel 5 Modificatiefactoren m.b.t. de sterkte

Bij controle van bruikbaarheidstoestanden (BGT) wordt altijd uitgegaan van een langdurig gebruik. De modificatiefactor is dan alleen afhankelijk van de klimaatklasse.

| sterkteklasse | klimaatklasse | | |
|---------------|---------------|------|------|
| | I | II | III |
| C14 t/m C35 | 1,00 | 0,90 | 0,80 |

Tabel 6 Modificatiefactoren m.b.t. de vervormingen

2.6 Modificatiefactor k_h

De kans op grote (niet zichtbare) fouten, zoals kwasten en groeistoringen wordt groter naarmate het volume van het hout toeneemt. Dit volume effect heeft vooral betrekking op die sterkte eigenschappen, die sterk op fouten reageren: zo reageert de treksterkte veel sterker dan de druksterkte. Gevolg: het volume-effect wordt alleen in rekening gebracht voor de treksterkte en voor de buigsterkte.

Het volume-effect wordt vereenvoudigd tot een hoogte-factor k_h :

$$k_h = \left(\frac{200}{h} \right)^{0,4} \quad \text{met } 1 \leq k_h \leq 1,5 \quad (k_h = 1 \text{ indien } h \geq 200\text{mm})$$

Door de kleine lamelafmetingen waaruit gelamineerd hout wordt samengesteld loopt de kans op fouten niet op bij het toenemen van het volume. Toch geldt voor alle sterkte eigenschappen van gelamineerd hout: $k_h = 1$ (de hogere toelaatbare spanningen zijn al verwerkt in de waardes voor de representatieve waarden van de materiaaleigenschappen)

3 Toetsing van een constructie

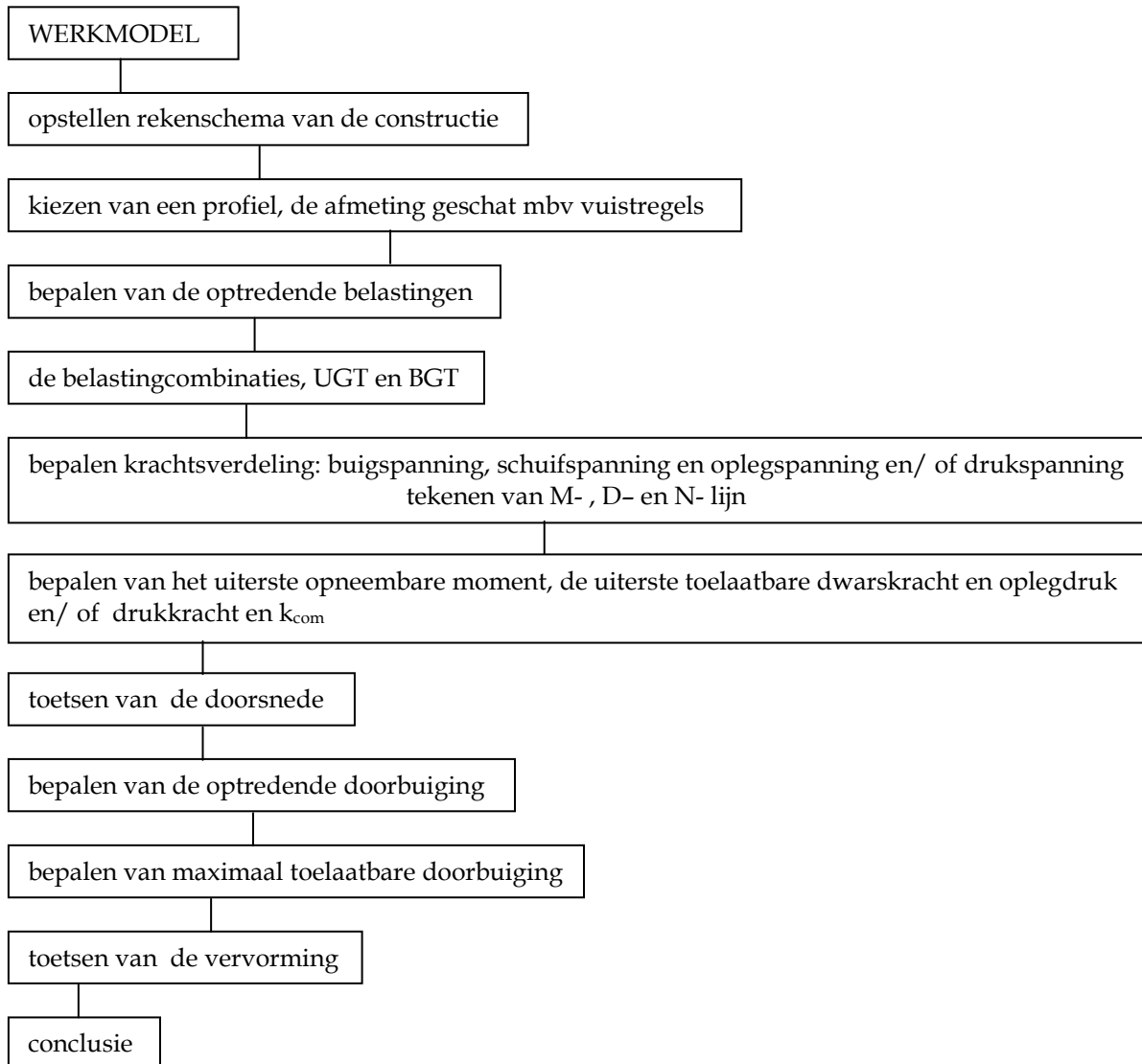
Constructies moeten worden beoordeeld op sterkte, stijfheid en stabiliteit. Toetsing van een houtconstructie bestaat altijd uit de volgende onderdelen

1. Schematiseer de constructie
2. Kies een profiel, de afmeting geschat mbv vuistregels
3. Bepaal de belastingen en belastingcombinaties UGT / BGT op de constructie (S_d)
4. Bepaal de weerstand van de constructie (sterkte, stijfheid) van de constructie (R_d)
5. Toets de doorsnede: unity check (UC) : $S_d \leq R_d$

De belastingen in de rekentoestand, mogen niet groter zijn dan de capaciteit, de weerstand van de constructie

hfs.C4 – blz.201 BasisConstructie leer, hfs12.5 – blz. 198

Toetsing van een houtconstructie gaat het best aan de hand van een werkmodel dat voor elke denkbare constructie gevolgd kan worden:



4 Liggers

De belangrijkste toetsingscriteria voor liggers, zoals die in NEN 6760 zijn opgenomen:

- buigspanning evenwijdig aan de vezelrichting: $\sigma_{m;0;d} \leq f_{m;0;d}$
- schuifspanning ten gevolge van dwarskracht: $\sigma_{v;d} \leq f_{v;d}$
- oplegspanning: $\sigma_{c;90;d} \leq f_{c;90;d}$

4.1 Toetsingscriteria liggerberekening

Bij de toetsing van een houten ligger zal het werkmodel worden gevolgd.

➤ buigspanning

de optredende buigspanning: bepaal: $\sigma_{m;0;d} = M_d / W_y$

het uiterste opneembare moment: bepaal: $f_{m;0;d} = \frac{f_{m;0;rep}}{\gamma_m} \cdot k_{mod} \cdot k_h$

toetsen van de doorsnede (UC): controleer: $\frac{\sigma_{m;0;d}}{f_{m;0;d}} \leq 1$

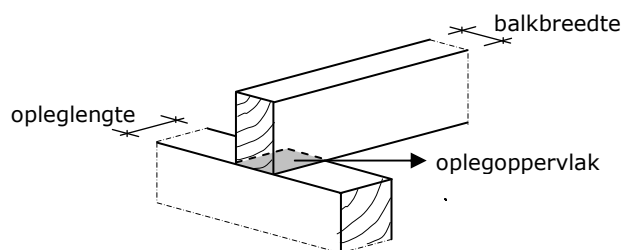
➤ schuifspanning

de optredende schuifspanning: bepaal: $\sigma_{v;0;d} = 1,5 \cdot V_d / A$

de uiterste toelaatbare dwarskracht : bepaal: $f_{v;d} = \frac{f_{v;0;rep}}{\gamma_m} \cdot k_{mod}$

toetsen van de doorsnede (UC): controleer: $\frac{\sigma_{v;d}}{f_{v;d}} \leq 1$

➤ oplegspanning



Figuur 7 oplegging balk

de optredende oplegspanning: bepaal: $\sigma_{c;90;d} = V_d / A$ (A= oplegoppervlak)

de uiterste toelaatbare oplegdruk: bepaal: $f_{c;90;d} = \frac{f_{v;90;rep}}{\gamma_m} \cdot k_{mod}$

toetsen van de doorsnede (UC): controleer: $\frac{\sigma_{c;90;d}}{f_{c;90;d}} \leq 1$

4.2 Samenvatting

Wat is de aanduiding van de sterkteklassen van hout

| aanduiding: | houtsoorten: |
|-------------|--|
| ..... | naaldhout |
| ..... | loofhout |
| ..... | gelamineerd hout van eenzelfde sterkteklasse en houtsoort |
| ..... | gelamineerd hout van verschillende sterkteklasse en/of houtsoort |

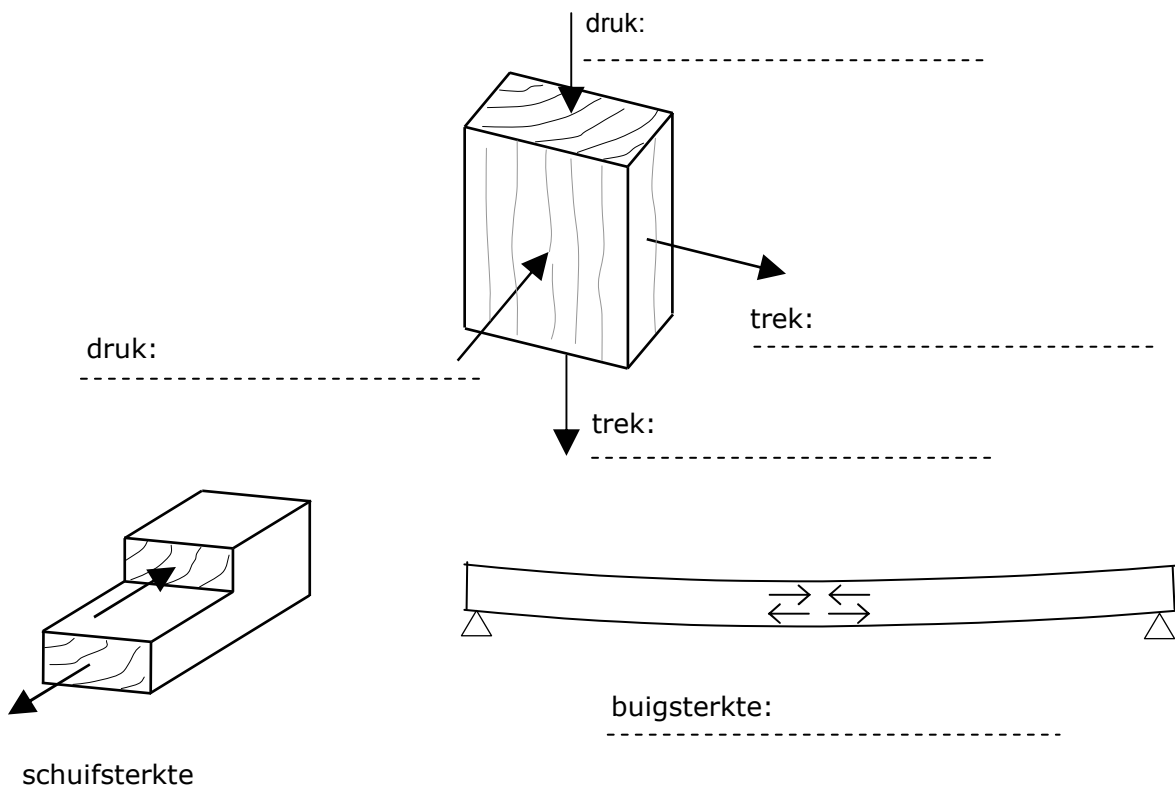
in houtdictaat; NIET in tabellenboek

4.3 Materiaaleigenschappen

Hout is een natuurlijk materiaal. De materiaalsterkte en het vervormingsgedrag vertonen in de richting van de vezels heel andere waarden dan loodrecht op de vezel.

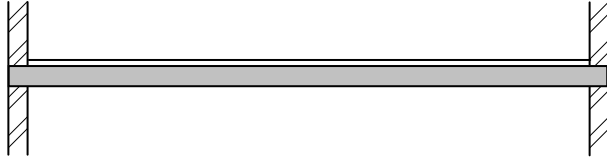
Wat is de betekenis van onderstaande symbolen (vermeld zonder en aan de vezelrichting) en waar moeten ze worden genoteerd in de figuur?

| | | |
|----------------|---|-------|
| $f_{m;0;rep}$ | = | ..... |
| $f_{t;0;rep}$ | = | ..... |
| $f_{t;90;rep}$ | = | ..... |
| $f_{c;0;rep}$ | = | ..... |
| $f_{c;90;rep}$ | = | ..... |
| $f_{v;0;rep}$ | = | ..... |



5. Toetsing van een ligger

Dit voorbeeld is de berekening van een balk van een verdiepingvloer in een woning.

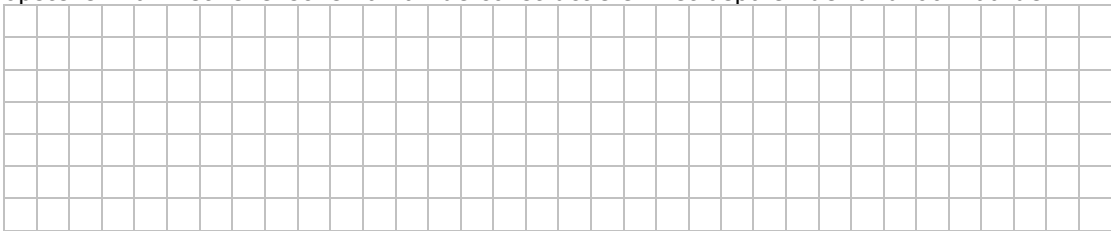


de balk wordt belast door de representatieve belastingen:

- permanente belasting (houten vloer met balken, plafond en wanden): $p_{rep} = 1,15 \text{ kN/ m}^2$
- veranderlijke belasting : $p_{rep} = 1,75 \text{ kN/ m}^2$ ($\psi = 0,4$)
- overspanning : $l = 3,5 \text{ m}$
- balken (houtsoort C 18) , hoh 600 mm
- metselwerk 100 mm

Volg het werkmodel:

opstellen van het rekenschema van de constructie en het bepalen de randvoorwaarde



kies een profiel, de afmeting schatten mbv vuistregels (**kies courante handelsmaten**)

de verhoudingen van l/h geven aan de dat de hoogte van het profiel ligt tussen deze uitkomsten: $l/h \Rightarrow d$ tussen en

Handelsmaten: of
 dictaat HOUT – blz.....; tab boek blz.....

Bereken de optredende belastingen en belastingcombinaties, alleen UGT

Toetsing van één houten ligger: balk met een gelijkmatig verdeelde belasting.

De belasting staat vermeld in kN/m^2 ; de balken liggen hoh 600 mm

- de permanente belasting per balk bedraagt : $q_{pb} = \dots \times 1,15 = \dots \text{ kN/m}$
- de veranderlijke belasting per balk: $q_{vb} = \dots \times 1,75 = \dots \text{ kN/m}$

bereken de rekenwaarde van de belasting:

| | |
|-----|---------|
| UGT | $q_d =$ |
| | $q_d =$ |

hfs.12.5 – blz.200 rekenvoorbeeld1, Basisconstructieleer, hfs. B 8 – blz.151

→ waarin de uiterst opneembare schuifspanning: $f_{v;d} = \frac{f_{v;0;rep}}{Y_m} \cdot k_{mod}$

sterkteklasse C18 → $f_{v;0;rep} =$
 belastingduurklasse:
 :
 klimaatklasse:
 } → $k_{mod} =$
 $Y_m =$

$f_{v;d} =$

→ Controle: $\frac{\sigma_{v;d}}{f_{v;d}} =$ voldoet dit?

5.3 Toetsing van de oplegspanning: $\sigma_{c;90;d} \leq f_{c;90;d}$

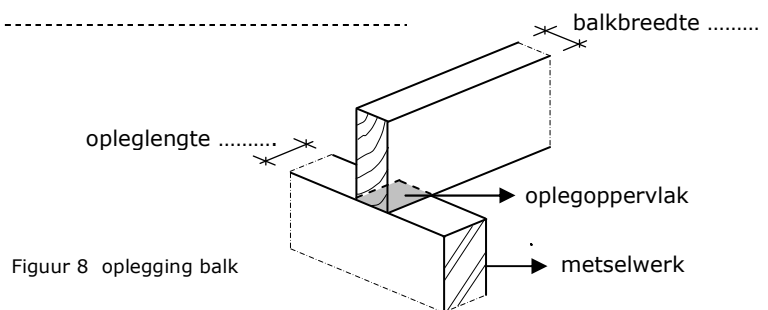
NEN 6760-11.6, dictaat HOUT, blz

→ waarin de optredende oplegspanning: $\sigma_{c;90;d} = V_d / A$

de optredende dwarskracht: $V_d =$

$A =$ oplegoppervlak =

$\sigma_{c;90;d} =$



→ waarin de uiterst opneembare oplegspanning: $f_{c;90;d} = \frac{f_{c;90;rep}}{Y_m} \cdot k_{mod}$

sterkteklasse C18 → $f_{c;90;rep} =$
 belastingduurklasse:
 klimaatklasse:
 } → $k_{mod} =$
 $Y_m =$

$f_{c;90;d} =$

→ Controle: $\frac{\sigma_{c;90;d}}{f_{c;90;d}} =$ voldoet dit?

6. Doorbuiging

6.1 Bepalen van de belastingcombinaties in BGT

De toetsing van de doorbuiging geschiedt altijd in de bruikbaarheidsgrenstoestand. (BGT) We maken hierbij gebruik van de **incidentele** en de **momentane** belastingcombinaties.

| veiligheidsklasse | belastingcombinaties | γ_q | | γ_q |
|-------------------|-------------------------|---------------------|---------|------------|
| | | normaal (ongunstig) | Gunstig | |
| 1 - 2 - 3 | incidentele combinaties | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 1 - 2 - 3 | momentane combinaties | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Tabel 7 belastingfactoren in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)

In een extreme situatie is het totaal van de permanente en veranderlijke belasting aanwezig. Deze situatie komt echter incidenteel voor.

De *incidentele* belastingcombinatie:

$$q_{inc;ser;d} = \gamma_g \cdot q_g + \gamma_q \cdot q_q \quad (\text{kN/m})$$

waarin: γ_g en γ_q zijn belastingfactoren

Gedurende de levensduur van het bouwwerk zal de permanente en een deel van de veranderlijke belasting langdurig aanwezig zijn. Door deze langdurige belasting treedt kruip op, met als gevolg een blijvende vervorming van het constructieonderdeel. Voor de berekening van de doorbuiging door kruip mag worden uitgegaan dat, naast de permanente belasting, 60% van de momentane veranderlijke belasting langdurig aanwezig is.

De *momentane* belastingcombinatie:

$$q_{mom;ser;d} = \gamma_g \cdot q_g + 0,6 \cdot \psi \cdot \gamma_q \cdot q_q \quad (\text{kN/m})$$

waarin: γ_g en γ_q zijn belastingfactoren
 ψ = momentaanfactor (zie tabel veranderlijke belastingen)
 0,6 is een vaste waarde voor kruipberekeningen

| | |
|-----------------|--|
| $q_{inc;ser;d}$ | = de belasting volgens de incidentele belastingcombinatie, voor het bepalen van de elastische vervorming |
| $q_{mom;ser;d}$ | = de belasting volgens de momentane belastingcombinatie, voor het bepalen van kruip |

6.2 Berekening belastingcombinaties BGT

NEN6702-10.1

Bepaal nu de belastingcombinaties in BGT van de ligger van blz. 14

De *incidentele* belastingcombinatie:

| | |
|-----|---|
| BGT | $q_{inc;ser;d} = \gamma_g \cdot q_g + \gamma_q \cdot q_q =$ |
|-----|---|

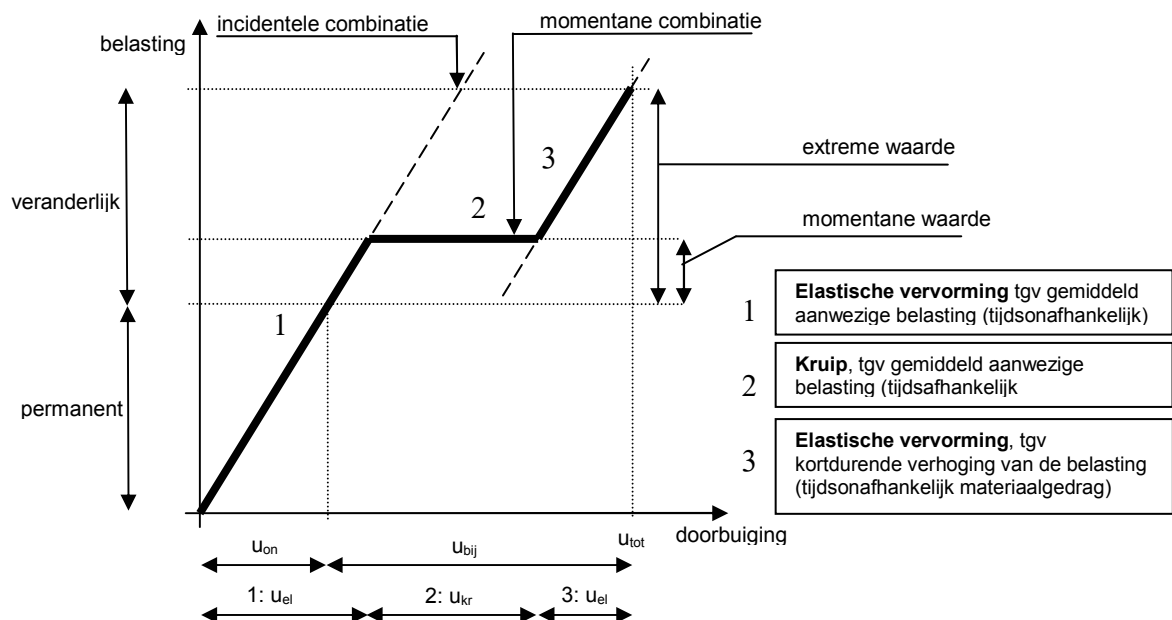
De *momentane* belastingcombinatie:

| | |
|-----|--|
| BGT | $q_{mom;ser;d} = \gamma_g \cdot q_g + 0,6 \cdot \psi \cdot \gamma_q \cdot q_q =$ |
|-----|--|

6.3 Bepalen van optredende doorbuiging

De optredende doorbuiging kan als volgt worden opgesplitst:

- $u_{el;ser;d}$ = het *tijdsonafhankelijke* deel van de doorbuiging; de doorbuiging moet worden bepaald met de belastingverhoging die het gevolg is van de *incidentele* belastingcombinaties.
 $u_{kr;ser;d}$ = het *tijdsafhankelijke* deel van de doorbuiging (kruip); de doorbuiging moet worden bepaald met belastingcombinaties volgens de *momentane* belastingcombinaties
 $u_{tot;ser;d}$ = is de totale doorbuiging: $u_{el;ser;d} + u_{kr;ser;d}$
 $u_{on;ser;d}$ = de tijdsonafhankelijke doorbuiging ten gevolge van permanent op het constructiedeel werkende belastingen. (b.v. direct na de bouw)
 $u_{bij;ser;d}$ = is de bijkomende doorbuiging: $u_{tot;ser;d} - u_{on;ser;d}$
 de toename van de doorbuiging die optreedt na ingebruikname van de constructie
 $u_{eind;ser;d}$ = is de doorbuiging in de eindtoestand: $u_{tot;ser;d} - u_{ze;ser;d}$
 $u_{ze;ser;d}$ = is de zeeg



figuur 9: geschematiseerd verband tussen belasting en vervorming, volgens NEN 6702

6.4 Toetsing van de doorbuiging: $u_{ser} \leq u_{max;ser}$

NEN6760-10.4.1

→hierin is de optredende doorbuiging: u_{ser}

Berekening uitgevoerd conform NEN 6702 "Belastingen en vervormingen".

Gebruik voor het bepalen van de doorbuiging van een ligger de vergeet-me-nietjes

$$u = \frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_y} \text{ mm} \quad \text{2 steunpunten}$$

$$u = \frac{2}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_y} \text{ mm} \quad \text{3 steunpunten}$$

Bepaling elastische doorbuiging en kruip

De totale doorbuiging voor een ligger op 2 steunpunten wordt als volgt berekend:

$$u_{\text{tot};\text{ser};d} = u_{\text{el};\text{ser};d} + u_{\text{kr};\text{ser};d} \text{ mm}$$

$$u_{\text{el};\text{ser};d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\text{inc};\text{ser};d} \cdot l^4}{E_{0;\text{ser};\text{rep}} \cdot I_y} \text{ mm} \quad \text{en} \quad u_{\text{kr};\text{ser};d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\text{mom};\text{ser};d} \cdot l}{E_{0;\text{ser};\text{rep}} \cdot I_y} \text{ mm}$$

Bepaal de elastische doorbuiging en kruip tbv de controle doorbuiging van de ligger van blz 14

$u_{\text{el};\text{ser};d}$ en $u_{\text{kr};\text{ser};d}$ zijn bepaald op blz. 17

zoek op: $E_{0;\text{ser};\text{rep}} = \dots\dots\dots I_y = \dots\dots\dots$

$u_{\text{el};\text{ser};d} = \dots\dots\dots$ $u_{\text{kr};\text{ser};d} = \dots\dots\dots$

De totale doorbuiging bedraagt:

$u_{\text{tot};\text{ser};d} = u_{\text{el};\text{ser};d} + u_{\text{kr};\text{ser};d} = \dots\dots\dots$

De onmiddellijke doorbuiging (als gevolg van de permanente belasting) bedraagt:

$u_{\text{on};\text{ser};d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{g;d} \cdot l^4}{E_d \cdot I_y} \text{ mm} = \dots\dots\dots$
waarin q_g is de representatieve waarde van de permanente belasting

De bijkomende doorbuiging bedraagt:

$u_{\text{bij};\text{ser};d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{q;d} \cdot l^4}{E_d \cdot I_y} \text{ mm} = \dots\dots\dots$
waarin q_q is de representatieve waarde van de veranderlijke belasting

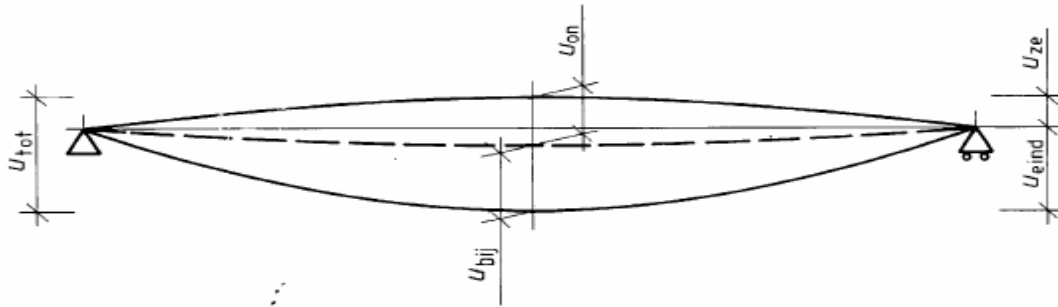
of: $u_{\text{bij};\text{ser};d} = u_{\text{tot};\text{ser};d} - u_{\text{on};\text{ser};d} \text{ mm}$

De bijkomende doorbuiging bedraagt:

$u_{\text{bij};\text{ser};d} = u_{\text{tot};\text{ser};d} - u_{\text{on};\text{ser};d} = \dots\dots\dots$

De doorbuiging in de eindtoestand bedraagt:

$u_{\text{eind};\text{ser};d} = u_{\text{tot};\text{ser};d} - u_{\text{ze};\text{ser};d} = \dots\dots\dots$
(indien geen zeeg is $u_{\text{ze}} = 0$)



figuur 10: Begrippen

6.5 Maximaal toelaatbare doorbuiging

De laatste stap uit het werkmodel is het bepalen van de maximaal toelaatbare doorbuiging en controleren of het profiel aan de eisen voldoet.

→ de maximaal toelaatbare doorbuiging: $u_{\max;ser}$

Eisen: NEN6702-10.2

Voor vloeren gelden de eisen: $u_{eind} \leq 0,004 \cdot l =$

$u_{bij} \leq 0,003 \cdot l =$

voor vloeren die scheidingswanden dragen: $u_{bij} \leq 0,002 \cdot l =$

De eis voor vloeren die scheidingswanden moeten kunnen dragen heeft betrekking op weinig vervormbare (= steenachtige) scheidingswanden. Indien deze scheurvorming niet op kan treden (door het toepassen van een andere uitvoering van de wanden) is deze eis niet van toepassing.

Controle:

u_{eind} : ≤ mm ⇒ voldoet dit?

u_{bij} : ≤ mm ⇒ voldoet dit?

6.6 Doorbuiging volgens NEN6760

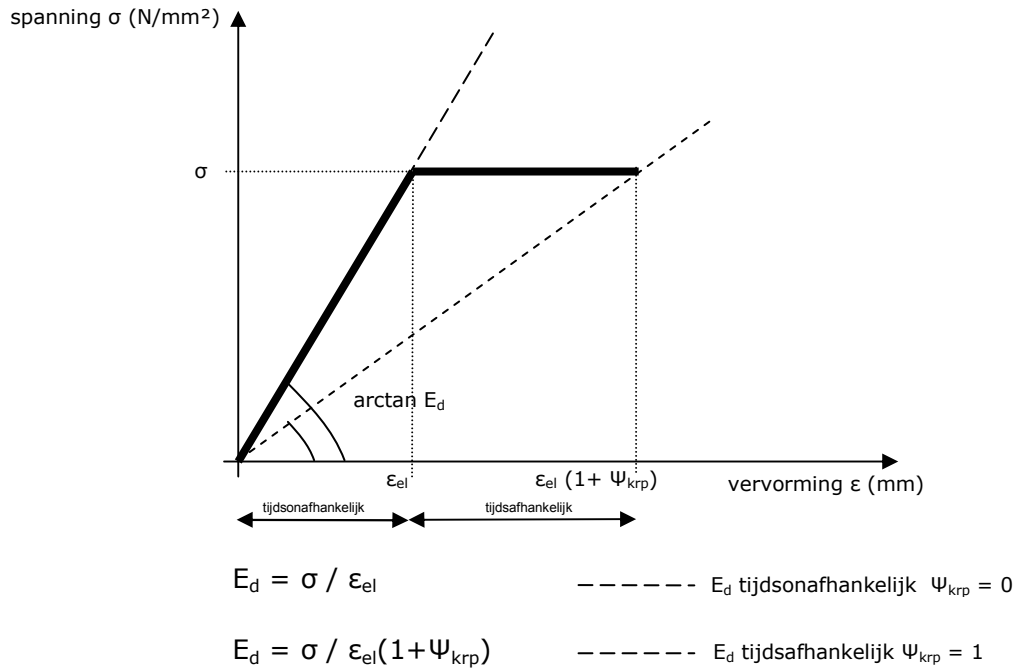
Voorgaande berekening is uitgevoerd conform NEN 6702 "Belastingen en vervormingen". In NEN 6760 "Houtconstructies" kijkt men voor het bepalen van de vervorming naar het effect van het visco-elastisch gedrag van hout op de elasticiteitsmodulus.

Het visco-elastisch gedrag van hout houdt in dat:

- met het veranderen (waaronder van nul tot de rekenwaarde toenemende) van de uitwendige belasting, veranderen de spanningen evenredig met de belasting;
- met het veranderen van de uitwendige belastingen, veranderen de (elastische) vervormingen ϵ_{el} van het hout evenredig met de belasting (*tijdsonafhankelijk*, tijdelijke toename van de veranderlijke belasting);

en

- bij aanhoudende belasting nemen de vervormingen toe tot $\epsilon_{el} \cdot (1 + \Psi_{kr})$, afhankelijk van de belastingduurklasse (*tijdsafhankelijk*, permanent + 60% van de momentane veranderlijke belasting).



Figuur 10 Visco-elastisch gedrag van hout

Bepaling elasticiteitsmodulus

$$E_{0;ser;d} = \frac{E_{0;ser;rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_m \cdot (1 + \Psi_{kr})} \text{ N/mm}^2$$

Tijdsafhankelijk materiaalgedrag ($\Psi_{krp} = 0$)

Tijdsafhankelijk materiaalgedrag ($\Psi_{krp} = 1$)

Bepaling optredende doorbuiging

Tijdsafhankelijk

$$u_{el;ser;d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{el} \cdot l^4}{E_{0;ser;d} \cdot I_y} \text{ mm}$$

Tijdsafhankelijk

$$u_{kr;ser;d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{kr} \cdot l^4}{E_{0;ser;d} \cdot I_y} \text{ mm}$$

waarin q_{kr} is de belasting volgens de momentane combinatie
 q_{el} is de belasting volgens de incidentele combinatie minus de q_{kr}

$$u_{tot;ser;d} = u_{el;ser;d} + u_{kr;ser;d}$$

De tijdsafhankelijke doorbuiging als gevolg van de permanente belasting bedraagt:

$$u_{on;ser;d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{g;d} \cdot l^4}{E_d \cdot I_y} \text{ mm}$$

waarin q_g is de rekenwaarde van de permanente belasting

De bijkomende doorbuiging bedraagt:

$$u_{bij;ser;d} = u_{tot;ser;d} - u_{on;ser;d}$$

Betreft de mate van kruip geeft de bepalingmethode volgens NEN 6702 een ander beeld dan de methode volgens NEN 6760. De NEN 6702 stelt echter alleen eisen aan de bijkomende doorbuiging en de doorbuiging in de eindtoestand, zodat beide bepalingmethoden kunnen worden gehanteerd.

6.7 Rekenvoorbeeld uitgevoerd conform NEN 6760 "Houtconstructies"

Voor het bepalen van de vervorming wordt het effect van het visco-elastisch gedrag van hout op de elasticiteitsmodulus meegenomen.

→Bepaling elasticiteitsmodulus:
$$E_{0;ser;d} = \frac{E_{0;ser;rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_m \cdot (1 + \psi_{kr})}$$

houtsoort C 18

- elasticiteitsmodulus: $E_{0;ser;rep} =$
- klimaatklasse: → modificatiefactor $k_{mod} =$
- belastingduurklasse I (lang) → kruipfactor $\psi_{krp} =$
- belastingduurklasse III /IV (kort) → kruipfactor $\psi_{krp} =$

Tijdsafhankelijke (langdurige belasting) materiaalgedrag

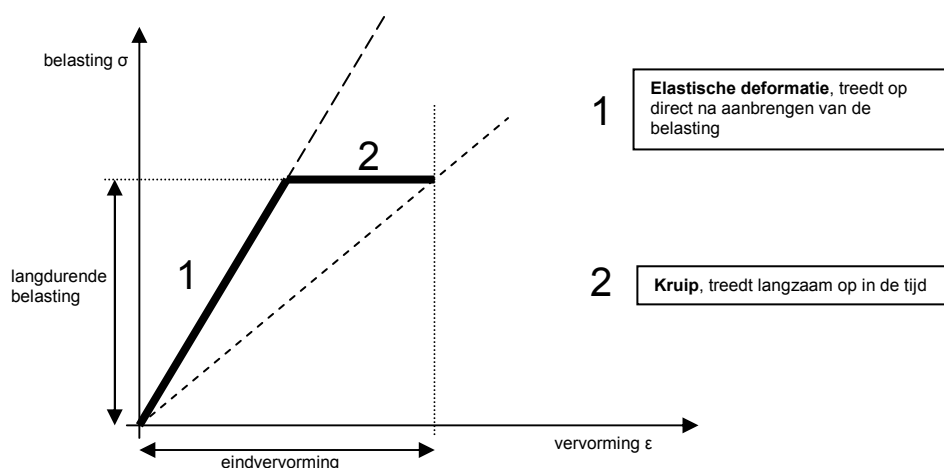
$$E_{0;ser;d} = \frac{E_{0;ser;rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_m \cdot (1 + \psi_{kr})} =$$

.....

Tijdsonafhankelijk (kortdurende belasting) materiaalgedrag

$$E_{0;ser;d} = \frac{E_{0;ser;rep} \cdot k_{mod}}{\gamma_m \cdot (1 + \psi_{kr})} =$$

.....



$$\sigma = E_d \cdot \epsilon$$

----- E_d bij $\psi_{krp} = 0$
 - - - - - E_d bij $\psi_{krp} = 1$

→Bepaling optredende doorbuiging

$$u_{kr;ser;d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{kr;ser;d} \cdot l^4}{E_{0;ser;d}} \text{ mm} \quad \text{en} \quad u_{el;ser;d} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{el;ser;d} \cdot l^4}{E_{0;ser;d}} \text{ mm}$$

waarin $u_{kr;ser;d}$ de blijvende vervorming [1]en kruip[2], beiden tgv gemiddeld
= aanwezige langdurende belasting

en $u_{el;ser;d}$ = de elastische vervorming tgv een kortdurende verhoging van de
belasting

q_{kr} = de belasting volgens de momentane belastingcombinatie

q_{el} = de belasting volgens de incidentele belastingcombinatie,
verminderd met de belasting volgens de momentane
belastingcombinatie

$$u_{kr;ser;d} =$$

$$\text{en } u_{el;ser;d} =$$

.....

.....

De totale doorbuiging bedraagt:

$$u_{tot;ser;d} = u_{kr;ser;d} + u_{el;ser;d} =$$

.....

De tijdsafhankelijke doorbuiging als gevolg van de permanente belasting
bedraagt:

$$u_{on;ser;d} =$$

.....

De bijkomende doorbuiging bedraagt:

$$u_{bij;ser;d} = u_{tot;ser;d} - u_{on;ser;d} =$$

.....

Berekening volgens NEN 6702 en de methode volgens NEN 6760 geven hetzelfde
eindresultaat.

(Doorbuigingen – Basis Constructieer, par. 2.3.2)

(Kruipfactoren - Hou(d)t Moe(d)t B069, par. 3.4.3)

(Bezwijkmechanismen van balken, criterium 5 - Hou(d)t Moe(d)t B071, H IIIa)

7 Kolommen

De meeste kolommen worden, evenals liggers, gemaakt met een massieve rechthoekige doorsnede. Kolommen zijn bedoeld om axiale drukkrachten te dragen. De meest efficiënte krachtsoverdracht vindt plaats wanneer de verbindingen zo zijn gedetailleerd dat de krachten centrisch op de kolom aangrijpen.

Het komt voor dat kolommen als onderdeel van een wandconstructie zijdelings worden belast, waardoor een excentriciteit van de axiaalkracht ontstaat. De stof in deze paragraaf beperkt zich echter tot vrijstaande kolommen, belast door normaalkrachten.

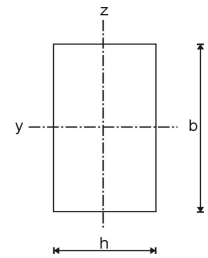
Bij vrijstaande kolommen zal er altijd één richting (de zwakke as) zijn waarin de staaf het eerst wil uitknikken, waarna uitknikken in de andere richting (de sterke as) niet meer op zal treden. Bij vierkante profielen kunnen beide assen uitknikken en welke dat zal doen is afhankelijk van toevallige invloeden. Bij de berekening van vrijstaande kolommen wordt er van uitgegaan, dat de belasting op de staaf beperkt blijft tot een centrische axiaalkracht = een normaalkracht in de lengte-richting van het houtprofiel.

Zoals bij alle stabiliteitsberekeningen moet ook hier met het tweede-orde-effect (zie paragraaf 1.8) rekening worden gehouden. Met behulp van de dimensieloze factor 'slankheid' van de staaf kan het tweede-orde-effect in rekening worden gebracht.

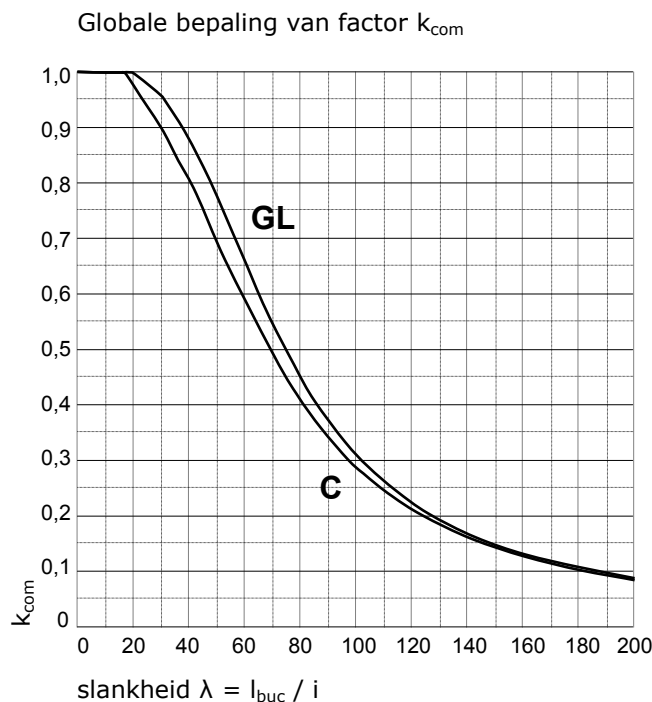
Instabiliteitskrommes tonen grafisch het verband tussen de slankheid λ en de modificatiefactor k_{com} . k_{com} is af te lezen in figuur 36 en eveneens een dimensieloze factor.

Voor λ geldt:
$$\lambda = \frac{l_{z;buc}}{i_z}$$

waarin:
$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{b \cdot h}} = 0,289 h$$



Figuur 11 Doorsnede kolom



Tabel 8 Relatie k_{com} - λ

Bij de stabiliteitscontrole (in de uiterste grenstoestand) moet de stabiliteit in de zwakste richting van de staaf worden aangetoond met:

$$\frac{\sigma_{c;0;d}}{k_{com} \cdot f_{c;0;u;d}} \leq 1$$

Controle op vervormingen is in principe niet nodig bij centrisch belaste kolommen.

7.1 Toetsingscriteria kolomberekening

Bij de toetsing van een houten kolom op druk en knikstabiliteit (y-richting / z-richting ?) zal het werkmodel worden gevolgd.

➤ drukspanning

In een kolom met een oppervlak A

de optredende drukspanning:
$$\sigma_{c;0;d} = \frac{F_d}{A} \quad (\text{N/mm}^2)$$

de uiterste toelaatbare druksterkte:
$$f_{c;0;u;d} = \frac{f_{c;0;rep}}{\gamma_m} \cdot k_{mod} \quad (\text{N/mm}^2)$$

bepalen van de kniklengte $\ell_{z;buc}$ en slankheid λ_z en k_{com}
$$\lambda_z = \frac{\ell_{z;buc}}{i_z} \Rightarrow k_{com} \text{ aflezen in tabel 8}$$

toetsen van de doorsnede (UC):
$$\text{controleer: } \frac{\sigma_{c;0;d}}{k_{kom} \cdot f_{c;0;u;d}} \leq 1$$

7.2 Rekenvoorbeeld van een kolom

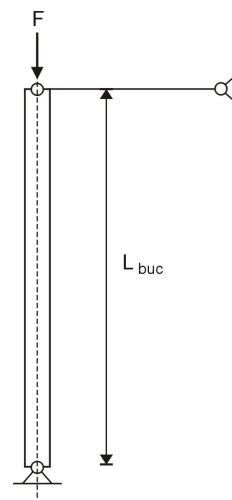
Gegeven

Een vrijstaande kolom in een houtskeletbouwwoning draagt een vloeroppervlak A.

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| - vloeroppervlak A | $A = 7,0 \text{ m}^2$ |
| - kolomlengte | $L_{sys} = 3,6 \text{ m}$ |
| - vloerbelasting | |
| permanente belasting | $p_g = 0,30 \text{ kN/m}^2$ |
| veranderlijke belasting | $p_q = 1,75 \text{ kN/m}^2$ |
| - sterkteklasse hout | C16 |
| - doorsnede kolom | $90 \times 114 \text{ mm}^2$ |
| - eigen gewicht kolom | 0,2 kN |

Gevraagd

Toets de kolom op druk en knikstabiliteit



Figuur Vrijstaande kolom

→bepalen k_{com}

bepaal eerst de kniklengte : $l_{z;buc}$ en slankheid λ_z

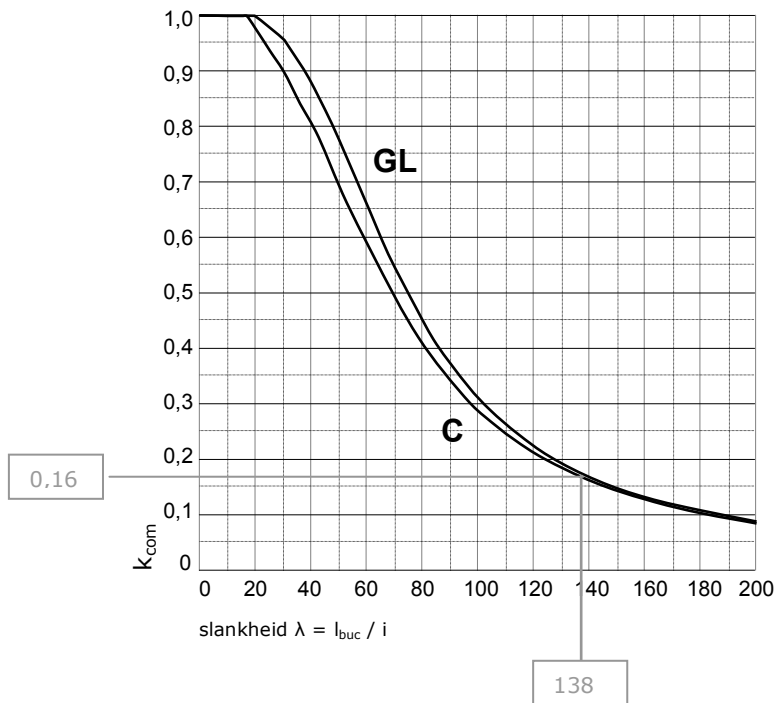
$$l_{z;buc} = \dots\dots\dots$$

$$\lambda_z = \frac{l_{z;buc}}{i_z}$$

waarin: $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{b \cdot h}} = 0,289 h \Rightarrow h = \dots\dots\dots$

$$\lambda_z = \frac{l_{z;buc}}{i_z} = \dots\dots\dots \Rightarrow k_{com} \text{ aflezen in tabel } \dots\dots\dots$$

bepaling van factor k_{com}



→ Controle: $\frac{\sigma_{c;0;d}}{k_{com} \cdot f_{c;0;u;d}} = \dots\dots\dots$ voldoet dit?

Controle op vervormingen is in principe niet nodig bij centrisch belaste kolommen.

LITERATUUR

Voor het verder bestuderen van de stof wordt verwezen naar:

- Basis Constructieleer, Abeelen
- NEN 6702 'Belastingen en vervormingen'
- NEN 6760 'Houtconstructies TGB 1990' – NEN 5498 - correctieblad NEN 6760/C1
- NEN 6763 Gelamineerd hout – wijzigingsblad 6763/A2
- diktaat: Hou(d)t moe(d)t

BIJLAGE

overspanningsgebieden in hout

0 10 20 30 40 50meter

| | | $\frac{h}{l}$ | |
|-----------------------|--|-------------------------------|--|
| planken | | $\frac{1}{25} - \frac{1}{30}$ | |
| balken | | $\frac{1}{15} - \frac{1}{20}$ | $b = \frac{1}{3}h \text{ tot } \frac{1}{6}h$ |
| stressed skin | | $\frac{1}{25} - \frac{1}{30}$ | |
| gelamineerde liggers | | $\frac{1}{18} - \frac{1}{20}$ | $b = \frac{1}{6}h$ |
| doosliggers | | $\frac{1}{12} - \frac{1}{15}$ | |
| Δ spanten | | $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$ | |
| samengestelde liggers | | $\frac{1}{18} - \frac{1}{20}$ | |
| vakwerken | | $\frac{1}{12}$ | |
| boogspanten | | $\frac{1}{40}$ | |
| vouwschalen | | $\frac{1}{7} - \frac{1}{12}$ | |
| hypparschalen | | $\frac{1}{0,08 \text{ opp.}}$ | |
| driescharnier-spanten | | $\frac{1}{25}(l+g)$ | |