



Dit artikel bespreekt de dimensionering van de balkenvloeren en dragende muren in residentiële houtskeletgebouwen. Het reikt bovendien handige dimensioneringstabellen aan die gebaseerd zijn op de berekeningsnorm NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) en zijn Belgische Nationale Bijlage (ANB). Ten slotte zullen aan het einde van dit artikel ook de technologische regels voor houtverbindingen aan bod komen.

Dimensionering en verbindingen

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne Eurocodes die gesubsidieerd wordt door de FOD Economie.

1 Dimensionering van vloeren en wanden in houtskeletbouw

De in dit artikel opgenomen tabellen geven de maximale overspanningen van de vloeren alsook de aanbevolen doorsneden en de hart-op-hartafstanden van de stijlen van de dragende muren weer. Ze zijn zowel van toepassing op eengezinswoningen als op appartementsgebouwen tot drie verdiepingen.

In een artikel dat in 2001 verscheen in het WTCB-Tijdschrift werden reeds vergelijkbare tabellen voor vloeren voorgesteld ([Dimensioneren van houtconstructies. Deel 1: draagvloeren in woningen](#)). Naar aanleiding van de aanpassing van de berekeningsnormen leek het ons opportuun om de waarden van deze tabellen bij te werken.

1.1 Dimensioneringscriteria

De dimensionering van constructies is gebaseerd op de berekening bij de grenstoestanden en houdt rekening met alle belastingen en ontwerpsituaties. In de uiterste grenstoestanden (UGT) moet met name de sterkte van de houten constructie-elementen gecontroleerd worden. In de bruikbaarheids-grenstoestanden (BGT) moeten de vervormingen ⁽¹⁾ alsook de trillingsgevoeligheid

MEER INFO

De windweerstand van houtskeletwanden kwam reeds aan bod in het WTCB-artikel, 'Houtskeletbouw. Deel 1: windverband van dragende muren' ([WTCB-Dossier nr. 2011/3.2](#)).

van vloeren gecontroleerd worden.

Aangezien de criteria bij de BGT doorgaans doorslaggevend zijn voor vloeren, zullen we ons voornamelijk hierop focussen. Men dient niettemin voor elke vloerconstructie ook de buigsterkte, de dwarskrachtweerstand en de eventuele perforatieweerstand van de houten draagbalken te controleren. Daarnaast moet ook de doorbuiging van de bekleding gecontroleerd worden. De berekeningsprincipes worden uitvoeriger beschreven in Eurocode 5.

Voor houtskeletwanden zijn over het algemeen de criteria bij de UGT bepalend, meer bepaald de druk die uitgeoefend wordt loodrecht op de vezels van de onderregel op de benedenverdieping. Men moet niettemin ook de andere breukpatronen en vervormingen controleren.

1.2 Dimensioneringstabellen voor vloeren

De tabellen werden opgesteld op basis van de volgende parameters:

- gebruikte houtsoort voor de balken: naaldhout
- sterkteklasse: C18
- gebruiksbelasting: 200 kg/m² (categorie A: woongebouw)
- vochtgehalte van het hout bij levering op de bouwplaats: ± 22 %
- klimaatklasse: 1 (geldt niet voor vloeren boven een kruipruimte of kelder)
- aantal steunpunten: (doorgaans) twee
- vloerbreedte: ± 4 m ⁽²⁾.

Er werden twee standaardvloeropbouwen onderzocht (zie afbeeldingen 1 en 2, p. 23).

De afwerking bestaat respectievelijk uit een lichte parketvloer (eigengewicht vloeropbouw 70 kg/m²) en een zware tegelvloer (eigengewicht vloeropbouw 170 kg/m²).

We hanteerden de volgende beoordelingscriteria bij de UGT en BGT:

- controle van de buigsterkte en de dwarskrachtweerstand van de draagbalken en de beplating (UGT)
- controle van de vervorming van de draagbalken naargelang de sterkte van de lichte vloerbekleding (L/350 karakteristieke combinatie, BGT) voor vloeropbouw 1
- controle van de vervorming van de draagbalken naargelang de sterkte van de zware vloerbedekking (L/500 karakteristieke combinatie, BGT) voor vloeropbouw 2
- controle van de vlakheid van de beplating voor een 'normale' uitvoering (tolerantie van 3 mm onder een lat van 1 m (zie [TV nr. 218](#)))
- controle van het trilcomfort (BGT) voor de vloeropbouwen 1 en 2.

De maximale overspanningen bij de BGT en UGT worden in tabel A vermeld voor vloeropbouw 1 (parket) en in tabel B voor vloeropbouw 2 (tegels). De kleinste overspanningen worden in het rood weergegeven voor elke hart-op-hartafstand en balkafmeting.

We merken op dat het trilcomfort doorgaans het doorslaggevende criterium is voor vloeropbouw 1 omwille van de lage oppervlaktemassa van de vloer (lichte vloer met parket). Voor vloeropbouw 2, met een dekvloer en tegels, vormt de vervorming van de draagbalken het doorslaggevende criterium. Door de bijkomende massa van de dekvloer zijn de trillingen immers zwaker. Bij vloeren met een grote overspanning

⁽¹⁾ De norm NBN B 03-003 levert de vervormingsgrenswaarden aan die bij de BGT in acht moet worden genomen, afhankelijk van de afwerking of het te controleren constructie-element.

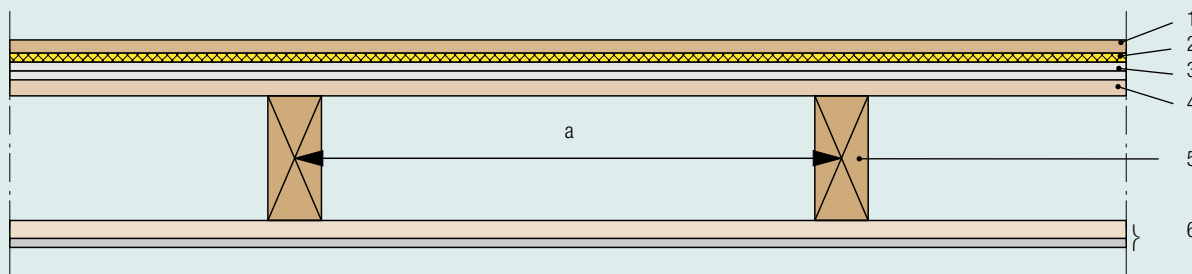
⁽²⁾ Deze parameter is belangrijk voor de controle van het trilcomfort.

VOORBEELDEN

Voorbeeld 1

Vloeropbouw met parket, onderafwerking met gipskartonplaten, balken 75 x 225 mm² met een hart-op-hartafstand van 0,6 m (eigen-gewicht vloeropbouw: 70 kg/m²):

- trillingscriterium: de maximale overspanning ligt in de buurt van 4 m (zie tabel A).



1 | Principeschema van vloeropbouw 1 met parket (eigen-gewicht vloeropbouw: ± 70 kg/m²)

1. Eiken parket van 15 mm dik (11 kg/m²)
2. Geluïdsisolerende plaat met hoge dichtheid van 10 mm dik
3. Twee vezelversterkte gipskartonplaten 2 x 10 mm (25 kg/m²)
4. OSB-plaat van 18 mm dik (11 kg/m²)
5. Draagbalk (afmetingen in tabel A)
6. Verlaagd plafond waarvan de afwerking bestaat uit een gipskartonplaat van 15 mm dik (15 kg/m²)

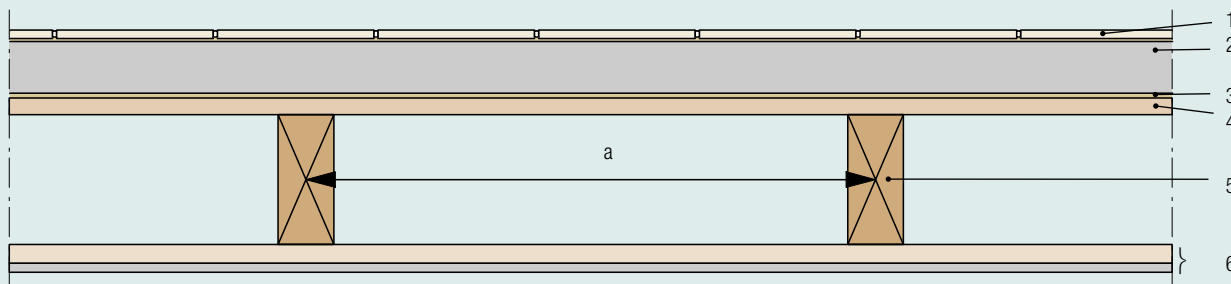
A | Maximale overspanning van vloeropbouw 1 [m]

Hart-op hart-afstand 'a' [m]	Balken 63 x 175 mm ²			Balken 75 x 225 mm ²		
	BGT		UGT	BGT		UGT
	L/350	Trillingscriterium		L/350	Trillingscriterium	
0,3	3,9	3,5	3,9	5,3	5,3	6,7
0,4	3,5	2,9	3,8	4,8	4,8	5,9
0,5	3,3	2,7	3,7	4,5	4,5	5,3
0,6	3,1	2,5	3,6	4,2	4,0	4,8

Voorbeeld 2

Vloeropbouw met grote tegels, onderafwerking met gipskartonplaten, balken 63 x 175 mm² met een hart-op-hartafstand van 0,3 m (eigen-gewicht vloeropbouw: 170 kg/m²):

- maximale doorbuiging L/500: de maximale overspanning bedraagt om en bij de 2,9 m (zie tabel B).



2 | Principeschema van vloeropbouw 2 met dekvloer en tegels (eigen-gewicht vloeropbouw: ± 170 kg/m²)

1. Tegels (20 kg/m²)
2. Dekvloer van 6 cm dik (120 kg/m²)
3. Akoestische ontkoppellaag
4. OSB-plaat van 18 mm dik (11 kg/m²)
5. Draagbalk (afmetingen in tabel B)
6. Verlaagd plafond waarvan de afwerking bestaat uit een gipskartonplaat van 15 mm dik (15 kg/m²)

B | Maximale overspanning van vloeropbouw 2 [m]

Hart-op hart-afstand 'a' [m]	Balken 63 x 175 mm ²			Balken 75 x 225 mm ²		
	BGT		UGT	BGT		UGT
	L/500	Trillingscriterium		L/500	Trillingscriterium	
0,3	2,9	4,1	3,3	4,0	5,7	5,5
0,4	2,7	3,8	3,1	3,6	5,3	5,0
0,5	2,5	3,6	3,0	3,4	5,0	4,5
0,6	2,3	3,4	2,8	3,2	4,8	4,1

C | Doorsnede en hart-op-hartafstand van de stijlen afhankelijk van het aantal verdiepingen voor een residentieel gebouw waarbij de overspanning van de vloeren beperkt is tot 5 m (zie kadertje hiernaast)

Aantal verdiepingen	Lichte vloer (afbeelding 1)		Zware vloer (afbeelding 2)	
	Doorsnede van de stijlen [mm ²]	Hart-op-hartafstand [mm]	Doorsnede van de stijlen [mm ²]	Hart-op-hartafstand [mm]
0	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 600
1	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 400
			≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 600
2	≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 600	≥ 38 x 140	≤ 400
			≥ 50 x 140	≤ 500
3	≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 400	≥ 50 x 140	≤ 400

VOORBEELD

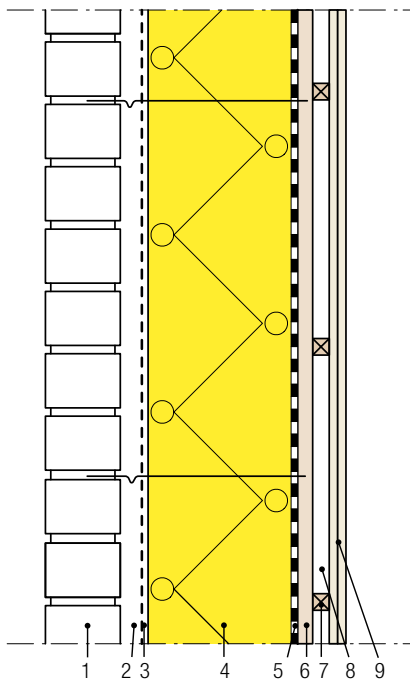
We beschouwen een appartementsgebouw van twee verdiepingen waarbij de overspanning van de (zware) vloeren maximaal 5 m bedraagt.

In dit voorbeeld mag de doorsnede van de stijlen van de dragende wanden in geen geval kleiner zijn dan:

- 38 x 140 mm met een hart-op-hartafstand van ten hoogste 400 mm
- 50 x 140 mm met een hart-op-hartafstand van ten hoogste 500 mm (zie tabel C).

3 | Samenstelling van een houtskeletgevel (eigengewicht: ± 100 kg/m)

(met grote oplegreacties en een beperkt draagvlak) moet bovendien gecontroleerd worden of de loodrechte druksterkte niet overschreden wordt ter hoogte van de steunpunten.



1. Gevelmetselwerk
2. Geventileerde spouw
3. Regenscherm
4. Isolatiemateriaal + stijl- en regelwerk
5. Dampscherm
6. OSB-plaat van 12,5 mm dik
7. Latwerk
8. Technische ruimte
9. 1 of 2 gipskartonplaten van 12,5 mm dik

1.3 Dimensioneringstabel voor dragende wanden

Tabel C geeft de doorsneden en hart-op-hartafstanden van de stijlen weer, afhankelijk van het aantal verdiepingen.

We hanteerden een standaardopbouw voor de dragende muur voor een veronderstelde verdiepingshoogte van 2,8 m (zie afbeelding 3). De massa van de muur per lopende meter bedraagt ongeveer 100 kg/m.

We namen daarnaast de volgende parameters in aanmerking:

- gebruikte houtsoort voor de draagbalken: naalddhout
- sterkteklasse: C18
- klimaatklasse: 2
- vochtgehalte van het hout bij levering op de bouwplaats: ± 22 %
- overspanning van de vloeren: maximaal 5 m
- eigengewicht van de vloeren: 70 kg/m² voor de lichte vloer (zie afbeelding 1, p. 23) en 170 kg/m² voor de zware vloer (zie afbeelding 2, p. 23)
- eigengewicht van het dak: 50 kg/m²
- gebruiksbelasting op de vloeren: 200 kg/m² (categorie A: woongebouw)
- gebruiksbelasting op het dak: 80 kg/m² (ontoegankelijk dak, behalve voor herstellingswerken)
- sneeuwbelasting op een plat dak: 60 kg/m² (gebouwen tot op 300 m hoogte boven het zeeniveau).

De wind- en sneeuwbelastingen op het platte dak werden gecombineerd om de meest ongunstige ontwerpsituatie in rekening te brengen. De tabel mag bijgevolg eveneens toegepast worden op hellende daken (veilige methode).

De technologische voorschriften voor de verbindingen werden nageleefd (zie § 2).

De beoordelingscriteria bij de UGT en BGT zijn de volgende:

- controle van de axiale druk van de stijlen (UTG)
- controle van de loodrechte druk op de onderregels (BGT).

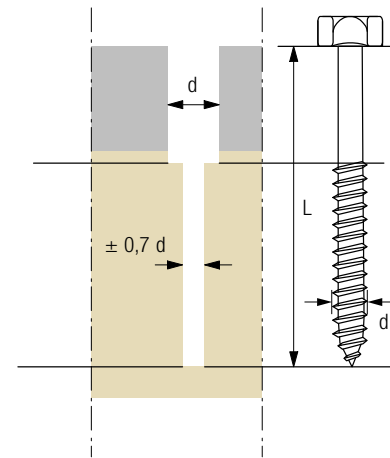


2 Technologische regels voor stiftvormige verbindingmiddelen

Met deze verbindingen, die tot stand gebracht worden door ronde cilindrische staven, duiden we hoofdzakelijk verbindingen aan met pinnen, nagels, houtschroeven, schroefbouten ⁽²⁾, stiften en bouten. Deze verbindingmiddelen laten toe om de trek- en afschuifkrachten over te brengen door het samendrukken van het hout en de afschuiving en buiging van de stiften. De sterkte van deze verbindingen kan analytisch bepaald worden met de desbetreffende rekenmethoden uit Eurocode 5 (NBN EN 1995-1-1). Elk verbindingstype heeft zijn eigen rekenmethode die afhankelijk is van talrijke parameters zoals de afmetingen en de sterkteklasse van de twee samen te voegen houtelementen, de diameter van de verbinding, de indringingsdiepte, ... Het is dan ook niet eenvoudig om dimensioneringstabellen op te stellen voor elk verbindingstype. Het is niettemin zeer belangrijk om een aantal technologische regels te respecteren om het voortijdige falen van de verbinding te vermijden (bv. door scheurvorming).

De drie belangrijkste technologische regels werden samengevat in het kadertje hieronder. Ze worden ook in beeld gebracht in afbeelding 5 op de volgende pagina op basis van drie voorbeeldverbindingen die men vaak aantreft bij houtskeletbouw. In tabellen E en F geven we ten slotte voor elke voorbeeldverbinding de minimale tussenafstand weer tussen twee verbindingen en tussen een verbinding en de uiteinden van de verbonden elementen, alsook de indringingsdiepte in het laatste houtelement.

4 | Voorboring van houtelementen voor de plaatsing van houtschroeven met $d > 6$ mm



DE DRIE BELANGRIJKSTE TECHNOLOGISCHE REGELS

Plaatsing van de stiften

Om het risico op scheurvorming in het hout te vermijden, geeft Eurocode 5 voor elk stifttype de minimaal te respecteren (tussen)afstanden weer afhankelijk van het verbindingstype, de nominale diameter d van de stift en de richting van de uitgeoefende krachten ten opzichte van de vezeloriëntatie van de houtelementen (evenwijdig met of loodrecht op de vezels). Indien de vezelrichting van de samen te voegen houtelementen niet identiek is, dient men de elementen afzonderlijk te beoordelen en de grootste minimale tussenafstand te hanteren. De tabellen E en F die bij afbeelding 5 horen, geven de (tussen)afstanden weer voor de drie verbindingstypes.

Indringingsdiepte in het laatste element

Men dient minimale indringingsdieptes te respecteren om gebruik te kunnen maken van de in Eurocode 5 vermelde restweerstand van de verbindingen (zie p -waarden in de tabellen bij afbeelding 5).

Plaatsing met of zonder voorboren

Men moet voorboren bij het gebruik van stiften met een diameter groter dan 6 mm en voor verbindingen met loofhout. De diameter van het voorgeboorde gat hangt af van het verbindingstype (zie tabel D hieronder).

D | Afmetingen van de voorgeboorde gaten volgens Eurocode 5

Bevestigingstype	Eis	Diameter van het voorgeboorde gat
Pinnen en nagels	Geen voorboring vereist tot $d \leq 6$ mm	$\leq 0,8 d$
Schroef $d \leq 6$ mm	Vorboring niet vereist	$\leq 0,8 d$
Schroef $d > 6$ mm	Vorboring vereist	d voor het gladde deel en $0,7 d$ voor het deel met schroefdraad (zie afbeelding 4)
Stiften	Vorboring vereist	$\leq d$
Bouten	Vorboring vereist en verplicht gebruik van een sluitring met een: <ul style="list-style-type: none"> diameter $\geq 3 d$ dikte $\geq 0,3 d$ 	<ul style="list-style-type: none"> In hout : $\leq d + 1$ mm In een staalplaat: $\max(d + 2 \text{ mm}; 1,1 d)$

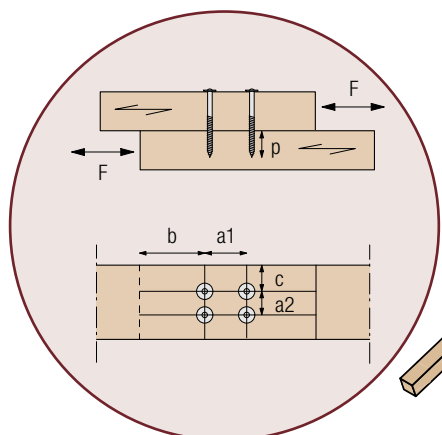
NOMINALE DIAMETER 'd'

Voor schroeven is 'd' de maximale diameter van het deel met schroefdraad en voor nagels en pinnen is 'd' de minimale diameter van het gladde deel van de stift.

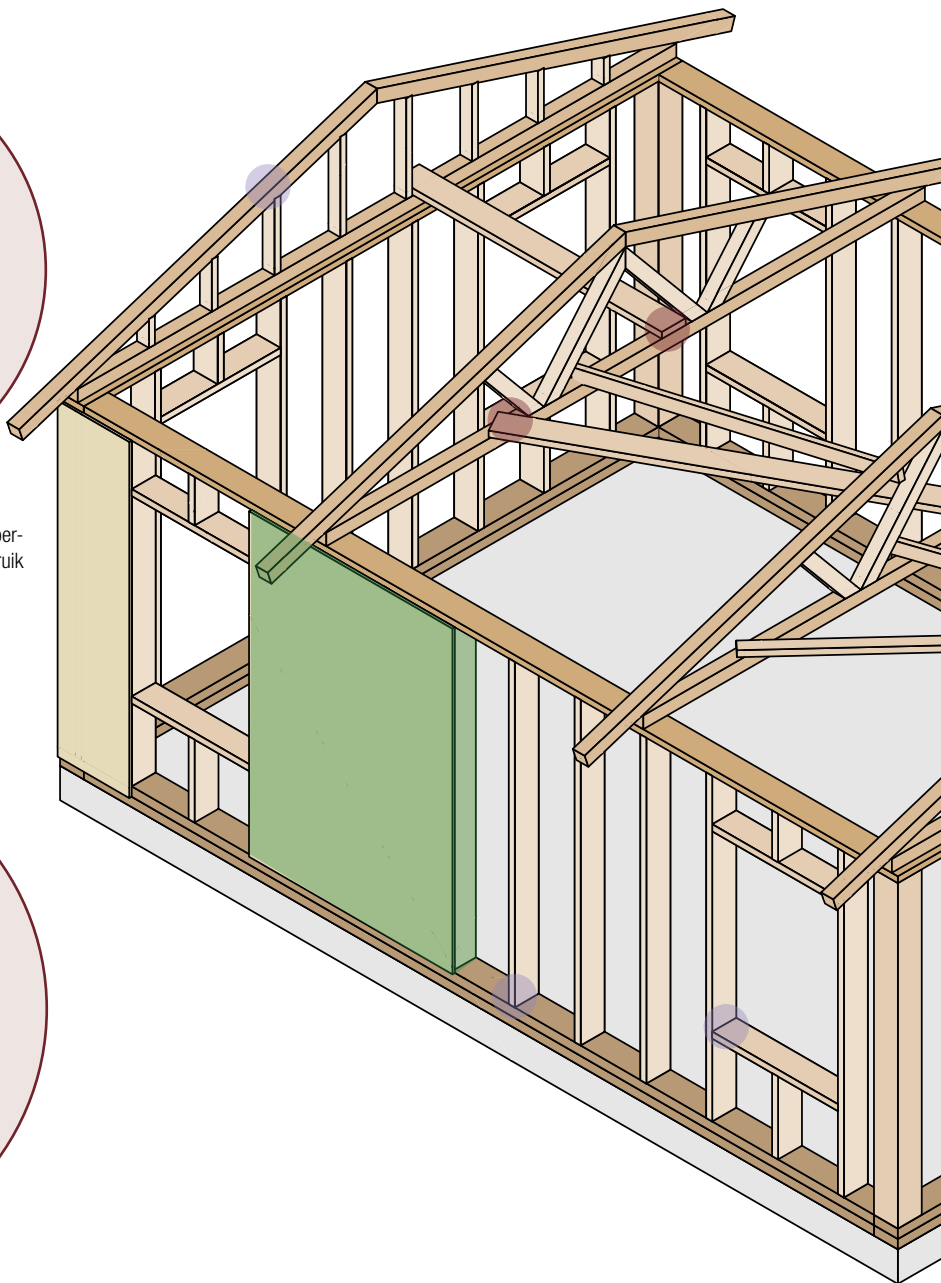
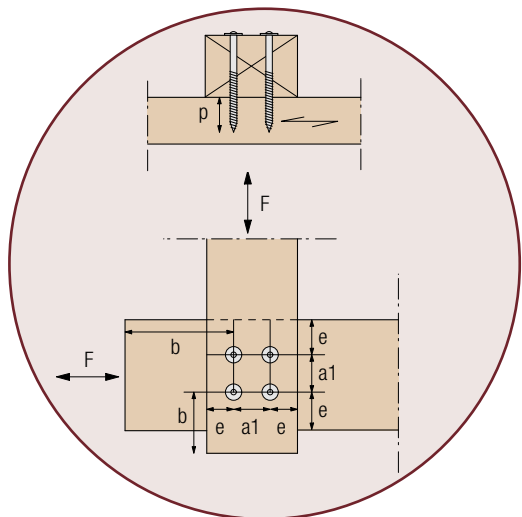
⁽²⁾ Schroefbouten zijn houtschroeven met een bredere stift en een vierkante of zeshoekige kop. We duiden schroefbouten in de rest van dit artikel dan ook aan met de term 'houtschroeven'.

E | Minimumafstanden en -dieptes voor de bevestiging van het skelet, afhankelijk van de bevestigingswijze

Bevestigingstype	Minimum(tussen)afstand					Minimale indringingsdiepte in het laatste element
	a1	a2	b	c	e	
Pin/nagel/schroef $d \leq 6$ mm zonder voorboring	10 d	5 d	15 d	5 d	7d	6 d (8 d bij gladde nagels)
Schroef $d \leq 6$ mm met voorboring	5 d	4 d	12 d	3 d	5d	
Schroef $d > 6$ mm	5 d	4 d	max(7 d; 80 mm)	3 d	4d	

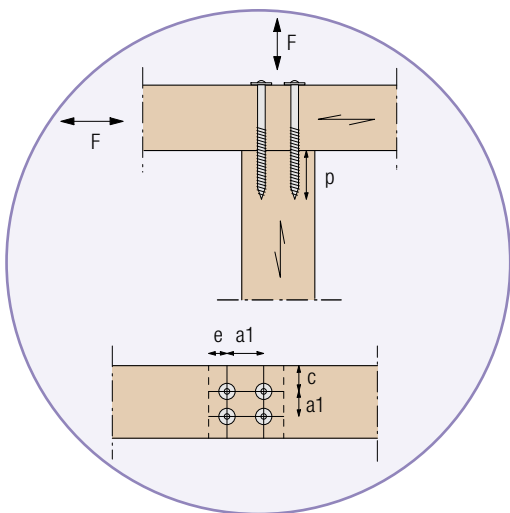


Loodrecht op de houtvezel kunnen enkel niet-gladde pinnen permanente of langdurige trekbelastingen opvangen. Het gebruik van gladde pinnen is bijgevolg verboden.

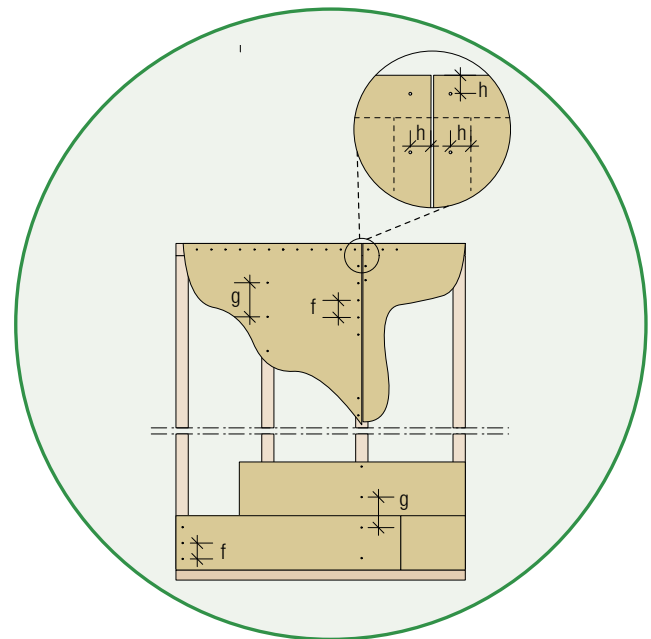
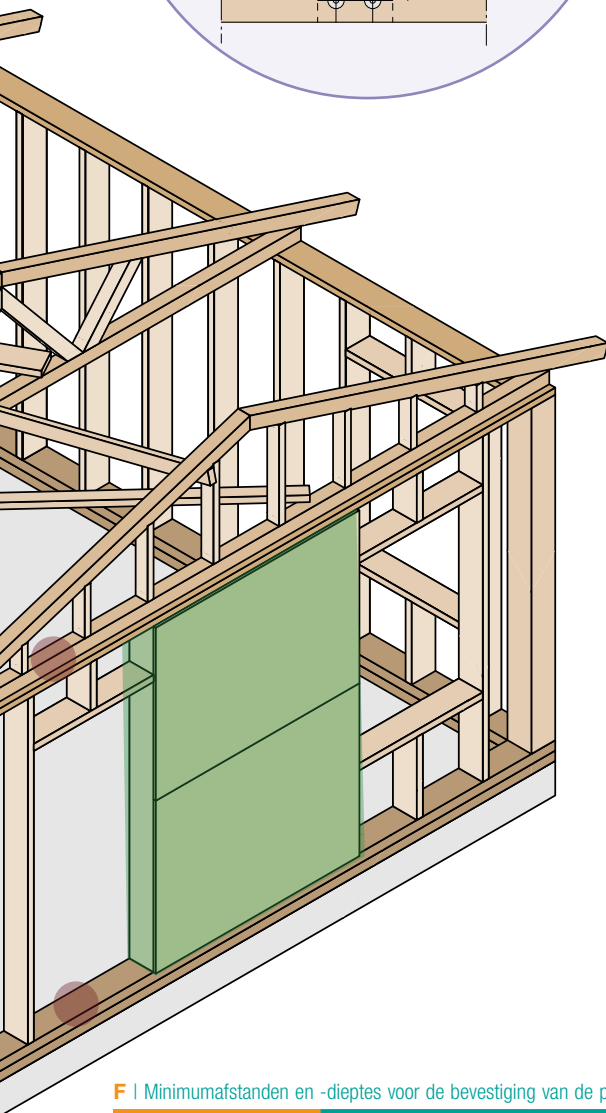


5 | Typeverbindingen in houtskeltbouw

- Hout-op-houtverbinding loodrecht op de houtvezel
- Hout-op-houtverbinding in kops hout
- Verbinding tussen de platen en het skelet



Stiften in het kopse vak van de kepers (evenwijdig met de houtvezelrichting) kunnen noch de axiale krachten, noch de krachten in de dwarsrichting van een dragende structuur overdragen.



Bij platen met rechte randen moeten de tussenstijlen waarop de twee plaatranden genageld worden een minimumbreedte van 20 d hebben. De andere tussenstijlen en de buitenste stijlen moeten een minimumbreedte van 10 d hebben. Zo moet de minimumbreedte van een stijl op de naad tussen twee platen 20 d ofwel 56 mm bedragen voor nagels met een diameter d van 2,8 mm. De andere stijlen moeten een minimumbreedte van 10 d of 28 mm hebben.

Indien men tand- en groefplaten gebruikt, moeten alle randen genageld worden of moeten de tand- en groefvoegen verlijmd worden. Voor deze platen bedraagt de minimumbreedte van de stijlen 10 d.

F | Minimumafstanden en -dieptes voor de bevestiging van de platen, afhankelijk van het bevestigingstype

Bevestigingstype	h		f	g	p
	Minimumafstand van de rand van de stijl of plaat				
	OSB of andere	Multiplex			
Pin/nagel	5 d	3 d	150 mm	min(300 mm; 2f)	6 d
Schroef	5 d	3 d	200 mm		6 d
Nieten	5 d	3 d	150 mm		14 d