

## **KONSTRUKCJE DREWNIANE**

### **1. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI Z DREWNA**

#### **1.1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE DREWNA**

**Drewno jest materiałem anizotropowym i higroskopijnym o niejednolitej i zmiennej budowie. Badanie właściwości mechanicznych drewna wymaga uwzględnienia wielu czynników, wśród których kierunek w stosunku do włókien i wilgotność drewna oraz liczebność i rozmieszczenie wad strukturalnych mają największe znaczenie.**

**WARTOŚCI OBLICZENIOWE WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWYCH**

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$$

**$X_d$  WARTOŚĆ OBLICZENIOWA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWEJ**

**$X_k$  WARTOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA WŁAŚCIWOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ**

**$\gamma_M$  CZĘŚCIOWY WSPÓŁCZYNNIK WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU**

**$k_{mod}$  WSPÓŁCZYNNIK MODYFIKUJĄCY WYTRZYMAŁOŚĆ ZALEŻNY OD CZASU TRWANIA OBCIĄŻENIA I WILGOTNOŚCI – KLASY UŻYTKOWANIA KONSTRUKCJI PRZYJMOWANY DLA OBCIĄŻENIA O NAJKRÓTSZYM CZASIE DZIAŁANIA**

## KLASY TRWANIA OBCIĄŻENIA

(1)P Klasy trwania obciążenia charakteryzuje oddziaływanie obciążenia stałego w ciągu określonego czasu w okresie użytkowania konstrukcji. W przypadku oddziaływań zmiennych, odpowiednia klasa powinna być określona na podstawie oszacowania typowej zmienności obciążenia w czasie.

(2)P W obliczeniach dotyczących wytrzymałości i sztywności konstrukcji oddziaływania powinny być zaliczone do jednej z klas trwania obciążenia wymienionych w tablicy 2.1.

**Tablica 2.1 – Klasy trwania obciążenia**

<b>Klasa trwania obciążenia</b>	<b>Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego</b>
Stałe	ponad 10 lat
Długotrwałe	6 miesięcy – 10 lat
Średniotrwałe	1 tydzień – 6 miesięcy
Krótkotrwałe	Mniej niż 1 tydzień
Chwilowe	

UWAGA: Przykłady obciążeń zaliczonych do odpowiednich klas trwania obciążenia podano w tablicy 2.2. Ze względu na różnice obciążeń klimatycznych (śnieg, wiatr) w poszczególnych krajach, informacje dotyczące czasu ich trwania mogą być wyszczególnione w Załączniku Krajowym.

**Tablica 2.2 – Przykłady zaliczania obciążeń do klas trwania obciążenia**

<b>Klasa trwania obciążenia</b>	<b>Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego</b>
Stałe	ciężar własny
Długotrwałe	obciążenie magazynu (składowanie)
Średniotrwałe	obciążenie użytkowe, śnieg
Krótkotrwałe	<del>śnieg</del> , wiatr
Chwilowe	<del>wiatr</del> , obciążenie awaryjne

## KLASY UŻYTKOWANIA (UŻYTKOWA) KONSTRUKCJI

- KLASA UŻYTKOWANIA PIERWSZA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA  
OTACZAJĄCEGO POWIETRZA  
MNIEJSZA OD 65%
- KLASA UŻYTKOWANIA DRUGA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA  
OTACZAJĄCEGO POWIETRZA  
MNIEJSZA OD 85%
- KLASA UŻYTKOWANIA TRZECIA** – WILGOTNOŚĆ DREWNA WYŻSZA NIŻ  
ODPOWIADAJĄCA KLASIE  
UŻYTKOWANIA 2.

**Tablica 2.3 – Zalecane wartości częściowych współczynników wartości materiału ( $\gamma_M$ )**

<b>Stany graniczne nośności</b>	<b><math>\gamma_M</math></b>
<b>Kombinacje podstawowe</b>	
Drewno lite	1,3
Drewno klejone warstwowo	1,25
LVL, sklejka, płyty OSB	1,2
Płyty wiórowe	1,3
Płyty pilśniowe twarde	1,3
Płyty pilśniowe półtwarde	1,3
Płyty pilśniowe miękkie	1,3
Złącza	1,3
Płytki kolczaste	1,25
<b>Kombinacje wyjątkowe</b>	<b>1,0</b>

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika  $k_{mod}$

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Deska LVL	EN 14374, EN14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Sklejka	EN 636 Część 1, Część 2, Część 3 Część 2, Część 3 Część 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Płyta OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta wiórowa	EN 312 Część 4, Część 5 Część 5 Część 6, Część 7 Część 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta pilśniowa, twarda	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 i 2 HB.HLA1 i 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Płyta pilśniowa, półtwarda	EN 622-3 MBH.LA1 i 2 MBH.HLS1 i 2 MBH.HLS1 i 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80
Płyta pilśniowa, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80

(4) Dla zamontowanego drewna o wilgotności równej punktowi nasycenia włókien lub w stanie zbliżonym do niego, a które może ulec wysuszeniu pod obciążeniem, wartości  $k_{def}$  podane w Tablicy 3.2, należy powiększyć o 1,0.

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika  $k_{mod}$ 

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90



Wytrzymałość obliczeniową drewna określa się wzorem

$$f_d = \frac{k_{mod} f_k}{\gamma_M} \quad (3.9)$$

w którym:

$f_k$  — wytrzymałość charakterystyczna, N/mm<sup>2</sup>,

$\gamma_M$  — częściowy współczynnik bezpieczeństwa związany z właściwościami materiału (tabl. 3.8),

$k_{mod}$  — częściowy współczynnik modyfikacyjny, uwzględniający wpływ na właściwości wytrzymałościowe czasu trwania obciążenia i zawartości wilgoci w konstrukcji; współczynnik ten zależy od klasy użytkowania konstrukcji i od klasy trwania obciążenia

Tablica 1 – Klasy wytrzymałości – Wartości charakterystyczne

		Topola i gatunki iglaste												Gatunki liściaste					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm <sup>2</sup> )																			
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Ścinanie	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Właściwości sprężyste (w kN/mm <sup>2</sup> )																			
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Gęstość (w kg/m <sup>3</sup> )																			
Gęstość charakt.	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Średnia gęstość	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
<p>UWAGA: a Podane wyżej wartości wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, 5 % kwantylu modułu sprężystości, średniego modułu sprężystości oraz średniego modułu odkształcenia postaciowego zostały obliczone z zastosowaniem wzorów podanych w załączniku A.</p> <p>b Właściwości zamieszczone w tablicy są określone dla wilgotności drewna odpowiadającej temperaturze 20 °C i wilgotności powietrza 65 %.</p> <p>c Zachodzi możliwość ograniczonej dostępności drewna klas C45 i C50.</p>																			

		Topola i gatunki iglaste											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm <sup>2</sup> )													
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Ścinanie	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8
Właściwości sprężyste (w kN/mm <sup>2</sup> )													
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Gęstość (w kg/m <sup>3</sup> )													
Gęstość charakt.	$\rho_k$	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Średnia gęstość	$\rho_{mean}$	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Tabela 3.6. Klasy wytrzymałości – wartości charakterystyczne (wybrane dla krajowego drewna iglastego) drewna litego o wilgotności 12% wg PN-EN-338:2004 [59]

Rodzaje właściwości	Oznaczenie	Klasy drewna konstrukcyjnego litego o wilgotności 12%					
		C18	C22	C27	C30	C35	C40
Wytrzymałość, w N/mm <sup>2</sup> (MPa)							
Zginanie	$f_{m,k}$	18	22	27	30	35	40
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	11	13	16	18	21	24
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	18	20	22	23	25	26
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
Ścinanie	$f_{v,k}$	2,0	2,4	2,8	3,0	3,4	3,8
Sprężystość, w kN/mm <sup>2</sup> (GPa)							
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	9	10	11,5	12	13	14
5% kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	6,0	6,7	7,7	8,0	8,7	9,4
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,30	0,33	0,38	0,40	0,43	0,47
Średni moduł odkształcenia postaciowego	$G_{mean}$	0,56	0,63	0,72	0,75	0,81	0,88
Gęstość, w kg/m <sup>3</sup>							
Wartość charakterystyczna	$\rho_k$	320	340	370	380	400	420
Wartość średnia	$\rho_{mean}$	380	410	450	460	480	500
Relacja klas sortowniczych wg PN-82/D-94021 w stosunku do klas wytrzymałościowych wg PN-EN-338:2004							
Drewno sosnowe i świerkowe dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	–	KG	MKG,KS	MKS, KW	MKW	–
	< 38	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–
Drewno jodłowe – dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–
	< 38	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–	–	–
Drewno modrzewiowe – dla grubości tarcicy, w mm	≥ 38	–	–	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW
	< 38	–	KG	MKG, KS	MKS, KW	MKW	–

Oznaczenie	Klasy drewna konstrukcyjnego litego o wilgotności 12%					
	C18	C22	C27	C30	C35	C40
$f_{m, k}$	18	22	27	30	35	40
$f_{t, 0, k}$	11	13	16	18	21	24
$f_{t, 90, k}$	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c, 0, k}$	18	20	22	23	25	26
$f_{c, 90, k}$	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9
$f_{v, k}$	2,0	2,4	2,8	3,0	3,4	3,8
$E_{0, mean}$	9	10	11,5	12	13	14
$E_{0,05}$	6,0	6,7	7,7	8,0	8,7	9,4
$E_{90, mean}$	0,30	0,33	0,38	0,40	0,43	0,47
$G_{mean}$	0,56	0,63	0,72	0,75	0,81	0,88
$\rho_k$	320	340	370	380	400	420
$\rho_{mean}$	380	410	450	460	480	500