

Klaudia WĄSOWICZ*
Politechnika Szczecińska

BADANIA PORÓWNAWCZE DREWNA MŁODEGO ŚREDNIOWYMIAROWEGO NA MAŁYCH PRÓBKACH ORAZ WIĘKSZYCH ELEMENTACH

Streszczenie. W artykule omówiono wyniki badań cech sprężysto – wytrzymałościowych drewna średniowymiarowego o przekroju okrągłym, pochodzącego z przecinek lasów młodnikowych. Badania przeprowadzono na małych próbkach normowych oraz powtórzono je na większych elementach (według norm opartych na kodyfikacji europejskiej). Zaobserwowano znaczne różnice w wartościach wyników doświadczalnych.

MIDDLE – DIAMETER SAPLING WOOD COMPARATIVE RESEARCH ON SMALL CUTTINGS AND ENTIRE ELEMENTS

Summary. Results of the strength properties of middle – diameter juvenile wood research are discussed in the lecture. Research was conducted on small cuttings (according to earlier regulatory codes) and on entire elements (according to new European standards). Considerable differences in experimental results' values were observed.

1. Wstęp

Drewno (w obrębie tego samego gatunku) jest materiałem, którego cechy fizyczne i mechaniczne zależą od czynników występujących podczas wzrostu drzewa. Warunki klimatyczne, warunki wzrostu (otoczenie, nasłonecznienie, gleba), wiek powodują występowanie różnic we właściwościach materiałowych. Stąd pochodzą trudności w wyciąganiu uogólnionych wniosków dotyczących właściwości wytrzymałościowych na podstawie wyników badań laboratoryjnych, a zakres różnic wyników danej cechy określany jako współczynnik zmienności może sięgać nawet 30% [2]. Podczas analizy wyników badań można zauważyć, że drewno jako materiał anizotropowy (dokładniej ortotropowy centrycznie) i higroskopijny, o niejednorodnej, obciążonej wadami naturalnymi, budowie wykazuje znaczne rozrzuty parametrów wytrzymałościowych. Okazuje się, że również wielkość próbek stosowanych przy badaniach materiałowych drewna ma znaczący

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Mielczarek

wpływ na wartości uzyskiwanych wyników. Dopiero aktualizacja norm polskich (dostosowanie do standardów europejskich) wprowadziła obowiązek określania cech drewna na całych elementach [15], [16].

2. Badania doświadczalne

Żerdzie, z których pobierano materiał na próbki, miały długość ok. 6 - 7 m i średnice przy końcach: 10-15 cm (węższym) i 25-30 cm (szerszym) przed okorowaniem oraz 8-14 cm i 23-29 cm po okorowaniu (kora ok. 0,5 – 1,0 cm). Gatunek drewna: sosna. Miejsce wycinki: Nadleśnictwo Trzebież.

Podczas badań materiałowych wilgotność powietrza w pomieszczeniu wynosiła ok. 65%, a temperatura otoczenia ok. 18°C. Pomiary dokonane zostały na próbkach sezonowanych przez około 2 lata. Obciążenie było przykładane ze stałą prędkością tak dobraną, by wartość maksymalna została osiągnięta w czasie 300 ± 120 s w próbach wytrzymałościowych, natomiast przy określeniu modułów sprężystości - z prędkością 0,003 h mm/s (moduł sprężystości przy zginaniu). W badaniach modułów na rozciąganie i ściskanie prędkość dobrano tak, by przyrost odkształceń nie był większy niż $5 \cdot 10^{-5}$ na sekundę [15,16]. Badania zostały wykonane przy określonej szybkości przyrostu siły obciążającej, ale otrzymana wartość naprężeń niszczących jest wytrzymałością doraźną, która stanowi wielokrotność wytrzymałości długotrwałej przyjmowanej w fazie projektowej.

Wszystkie określone doświadczalnie wartości wytrzymałości zostały skorygowane z uwagi na parametry wilgotnościowe i sprowadzone do jednakowej wilgotności w stanie powietrzno suchym 12% (15%). Zestawione w tabelach wartości zostały przeliczone zależnością Bauschingera przy odpowiednio stosowanych współczynnikach zmiany wytrzymałości przy zmianie wilgotności materiału [7-14].

Tabela 1

Zestawienie przeprowadzonych badań doświadczalnych drewna

Lp.	Rodzaj badania	Na małych próbkach	Na większych elementach
1	2	3	4
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	PN-78/D-04102	EN 408:1995
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	PN-81/B-04107	
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	PN-74/D-04105	EN 1139:1997
5	wytrzymałości na zginanie statyczne	PN-77/D-04103	EN 408:1995
6	moduł sprężystości przy zginaniu	PN-63/D-04117	
7	moduł sprężystości przy ścisaniu wzdłuż włókien	PN-58/D-04115	
8	współczynnik sprężystości przy rozciąganiu wzdłuż włókien	PN-59/D-04118	

Wielkość próbek podczas badań prowadzonych na całych elementach jest uzależniona od rozmiarów (średnicy) przekroju elementu poddanego badaniu. Żerdzie, których materiał podlegał badaniom, były następnie wykorzystane do budowy i analizy przestrzennej konstrukcji prętowej. Stąd wynika moduł $d = 70$ mm (średnica przekroju pojedynczego elementu) przyjęty do ustalenia długość próbki (tab. 2, kol.5).

3. Analiza wyników badań

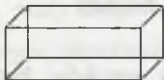
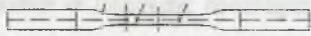

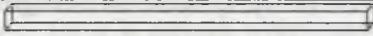
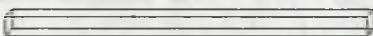
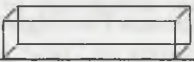
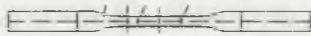

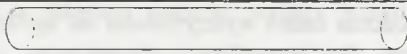

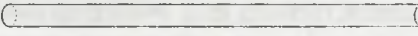
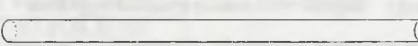


Podczas porównania wyników badań jest wyraźnie widoczna tendencja większych wartości poszczególnych własności w trakcie ich oznaczania na małych próbkach (tab. 3). Spowodowane to jest niejednorodnościami i wadami materiałowymi, które występują w przypadku całych elementów, a nie ma ich w małych próbkach (norma zalecała wycinać takie próbki z materiału bez zauważalnych wad). Największą różnicę zaobserwowano w odniesieniu do wytrzymałości na rozciąganie - 54%, wytrzymałości na zginanie i ściskanie odpowiednio - 37% i 33%. Mniejsze różnice między wynikami występują przy analizie wyników badań wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien - 14% oraz badań modułów sprężystości przy zginaniu i rozciąganiu - odpowiednio 19% i 2%.

Podczas badań wytrzymałości na rozciąganie na całych elementach przekrój próbki w części środkowej został zmniejszony do średnicy 40 mm. Spowodowane to było względami technicznymi wykonania badania (bez zmniejszenia przekroju w części środkowej zniszczenie nastąpiłoby w strefie zamocowania w szczękach maszyny wytrzymałościowej). Stąd porównanie wyników obu badań wytrzymałości na rozciąganie należy traktować orientacyjnie.

Podczas badań wytrzymałości na zginanie i ściskanie uzyskano zbliżone różnice (37% i 33%) między wartościami otrzymanymi na małych próbkach i całych elementach. Ścisając próbkę drewnianą, zgniata się puste przestrzenie międzykomórkowe, a wytrzymałość materiału zapewnia lignina inkrustująca szkielet celulozowy. Wykonując badania na całych elementach, dochodzi efekt wyboczenia próbki ze względu na znaczną jej długość (w normie istnieje zapis o zastosowaniu głowic umożliwiających przyłożenie obciążenia bez wprowadzenia zginania elementu - trudny w realizacji). Dlatego też w przypadku badań określanych na całych elementach zauważono znaczny spadek zmierzonej siły niszczącej. Podczas zginania belki drewnianej do pracy w strefie rozciąganej włączają się

Tabela 2

Porównanie wymiarów i kształtów próbek przyjmowanych w badaniach na małych próbkach (kolumny 3 i 4) i większych elementach (kolumny 5 i 6) Uwaga: ze względu na czytelność rysunków w kolumnach 4 i 6 nie zachowano wzajemnych skal wielkości między elementami

Lp.	Rodzaj badania	Małe próbki	
		Wymiary b x h x L mm	Kształt próbki
1	2	3	4
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	20 x 20 x 30	
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	20 x 20 x 350 5 x 20 x 350 (część środkowa)	
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	20 x 30 x 50	
5	wytrzymałość na zginanie statyczne	20 x 20 x 300	
6	moduł sprężystości przy zginaniu	20 x 20 x 300	
7	moduł sprężystości przy ściskaniu wzdłuż włókien	50 x 50 x 150	
8	współczynnik sprężystości przy rozciąganiu wzdłuż włókien	20 x 20 x 350 5 x 20 x 350 (część środkowa)	
Lp.	Rodzaj badania	Większe elementy	
		Wymiary d x L mm	Kształt próbki
1	2	5	6
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	70 x 420 (6d)	
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	70 x 630 (9d)	przekrój w środku rozpiętości lokalnie podcięty ze względów technicznych 
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	32 x 55 x 300	
5	wytrzymałość na zginanie statyczne	70 x 1330 (19d)	
6	moduł sprężystości przy zginaniu	70 x 1330 (19d)	
7	moduł sprężystości przy ściskaniu wzdłuż włókien	70 x 420 (6d)	
8	współczynnik sprężystości przy rozciąganiu wzdłuż włókien	70 x 630 (9d)	

podłużne włókna celulozowe (cewki), a w strefie ściskanej lignina. W tym przypadku spadek wytrzymałości określonej podczas badań na całych elementach był spowodowany losowymi wadami materiałowymi (sęki, zawoje, sploty i skręty włókien). Zanotowano wzrost o 36% modułu sprężystości przy ściskaniu w badaniach na całych elementach. Uzyskano zbliżone wyniki do badań modułu sprężystości przy rozciąganiu (2%) i nieznaczny spadek modułu sprężystości przy zginaniu (19%).

Tabela 3

Porównanie średnich wartości wyników badań na małych próbkach oraz większe elementach

Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Typ próbki		Różnica procentowa
			małe próbki	większe elementy	
1	2	3	4	5	6
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	MPa	53.8	35.9	33
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	MPa	65.5	30.2	54
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	MPa	3.2	3.7	14
4	wytrzymałość na zginanie	MPa	77.4	49.0	37
5	moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	9342	7558	19
6	moduł sprężystości przy ściskaniu	MPa	8473	13273	36
7	moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	12091	11896	2

* w tabeli 5 zestawiono opracowanie statystyczne wyników badań materiałowych

Rezultaty badań własnych porównano z wynikami badań podanymi w literaturze. Wyniki badań materiałowych własnych są zbliżone do wartości podanych w literaturze przedmiotu [1,3-6] (tab.4).

W tabeli 5 zestawiono opracowanie statystyczne wyników badań na podstawie rozkładu normalnego Gaussa. Przyjęcie tego rozkładu było poprzedzone analizami dopasowania rozkładów do wartości doświadczalnych. We wszystkich przypadkach nie było podstaw do odrzucenia rozkładu normalnego, a w wielu analizach możliwe były również do przyjęcia inne rozkłady (najczęściej Gamma, rzadziej χ^2 i logarytmiczno – normalny).

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy danych bibliograficznych dotyczących własności drewna młodego można stwierdzić:

Tabela 4

Zestawienie porównawcze wyników badań własnych i obcych próbek sosnowych

I - badania na małych próbkach, II - badania na całych elementach

Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Typ	Wartość średnia				
				badania własne [6]	wg 5	wg [1]	wg 4	wg 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	gęstość	kg/m ³	I	544	470	490	497	
			II	522				
2	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	MPa	I	53,78	43,80		41,0	
			II	35,93		35,00		
3	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	MPa	I	65,48			71,0	
			II	30,21				
4	wytrzymałość na zginanie	MPa	I	77,43	63,9		69,0	
			II	49,0		42,92		
5	moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	I	9342	6700		8160	8700
			II	7558				
6	moduł sprężystości przy ściskaniu	MPa	I	8473			9420	
			II	13273				
7	moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	I	12091			12290	
			II	11530		11420		

- wzrost wilgotności drewna wpływa na spadek cech wytrzymałościowych; dlatego też, w celach porównawczych, istnieje konieczność przeliczania otrzymanych wyników badań na jednolity poziom porównawczy 12% (15%) wilgotności,
- zmiana gęstości drewna wpływa na parametry mechaniczne materiału (zwiększenie wytrzymałości ze wzrostem gęstości materiału),
- młode drewno ma mniejsze parametry wytrzymałościowe niż drewno dojrzałe,
- wielkość próbek poddawanych badaniu ma wpływ na otrzymywane wyniki; normowe próbki małe są uzyskane z materiału lepszego jakościowo (podczas ich wycinania pomija się zauważalne wady), stąd wartości wytrzymałości uzyskane na małych próbkach są większe niż w przypadku próbek dużych,
- ze wzrostem prędkości obciążania rośnie wartość doraźnej siły niszczącej – stąd aktualne normy ustalające sposób badań ściśle precyzują szybkość przykładania obciążenia,
- miejsce pobrania próbek ma wpływ na wyniki, gdyż wytrzymałość zmniejsza się od części odziomkowej ku wierzchołkowi.

Tabela 5

Opracowanie statystyczne wyników badań materiałowych

założono poziom ufności 95%, I - badania na małych próbkach, II, III - badania na całych elementach / podczas badań podatności połączeń

Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Typ	Liczebność	Wartość		
				próby	Minimalna	średnia	maksymalna
				n	\bar{x}_{min}	\bar{x}_{sr}	\bar{x}_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	MPa	I	28	46,06	53,78	64,95
			II	8	33,1	35,93	45,4
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	MPa	I	15	41,11	65,48	94,6
			II	8	23,09	30,21	37,24
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	MPa	I	17	2,38	3,22	6,38
			II	9	2,06	3,70	5,52
4	wytrzymałość na zginanie	MPa	I	8	61,77	77,43	89,99
			II	10	35,39	49,00	68,07
5	moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	I	24	6375	9342	12727
			II	10	6005	7558	9067
6	moduł sprężystości przy ścisaniu	MPa	I	7	5546	8473	10391
			II	15	9639	13273	16806
7	moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	I	35	7646	12091	22131
			II	15	8011	11530	16920

Lp.	Rodzaj badania	Jednostka	Typ	Odchylenie	Granice przedziału			Współczynnik
				standardowe	ufności		zmienności	
				m	b	$\bar{x}_{sr} - b$	$\bar{x}_{sr} + b$	V
1	2	3	4	9	10	11	12	13
1	wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien	MPa	I	5,13	1,9	51,88	55,68	9,5
			II	4,09	2,83	33,10	38,76	11,4
2	wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien	MPa	I	15,05	7,62	57,86	73,10	22,99
			II	5,06	3,51	26,70	33,72	16,75
3	wytrzymałość na ścinanie wzdłuż włókien	MPa	I	1,02	0,48	2,74	3,70	31,64
			II	1,03	0,68	3,02	4,38	27,94
4	wytrzymałość na zginanie	MPa	I	9,18	6,36	71,07	83,79	11,85
			II	10,85	6,73	42,27	55,73	22,15
5	moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	I	1519	608	8734	9950	16,26
			II	1018	631	6927	8189	13,47
6	moduł sprężystości przy ścisaniu	MPa	I	718	532	7941	9005	8,47
			II	1957	934	12339	14207	13,90
7	moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	I	3153	1045	11047	13136	26,08
			II	2450	1279	10616	13175	21,25

LITERATURA

1. Dżeński W., Ciszewski R., Jaworek P: Właściwości sosnowych łąt budowlanych pozyskanych z drewna średniowymiarowego. Przemysł Drzewny 04/2002, s. 26-30.
2. Krzysik F.: Nauka o drewnie. PWN, Warszawa 1974.
3. Mielczarek Z., Matraszek S., Hsino M.: Wyznaczenie modułu sprężystości przy zginaniu statycznym drewna średniowymiarowego, pochodzącego z przecinek lasów młodnikowych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1992, Nr 481.
4. Mielczarek Z., Matraszek S.: Badanie cech sprężysto – wytrzymałościowych drewna małowymiarowego. Materiały Konferencji Naukowej, Krynica 1986.
5. Sława – Neyman S., Wojcieszyn A.: Zagadnienia wykorzystania na cele konstrukcyjne drewna sosnowego pozyskanego z drzew młodszych klas wieku. Przemysł Drzewny 9/95.
6. Wąsowicz K.: Analiza możliwości zastosowania drewna sosnowego średniowymiarowego z przecinek lasów młodnikowych do przestrzennych przekryć prętowych hal (2004 - rozprawa doktorska przed obroną).
7. PN-77/D-04227 Drewno. Ogólne wytyczne pobierania i przygotowania próbek.
8. PN-77/D-04101 Drewno. Oznaczanie gęstości.
9. PN-81/D-04108 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie w poprzek włókien.
10. PN-81/D-04107 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż włókien.
11. PN-79/D-04105 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien.
12. PN-77/D-04229 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie w poprzek włókien.
13. PN-79/D-04102 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien.
14. [PN-77/D-04103 Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne.
15. EN 408:1995 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne lite i klejone warstwowo. Oznaczanie niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych.
16. EN 1139:1997 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne i drewno klejone warstwowo. Oznaczanie wytrzymałości na ścinanie i właściwości mechanicznych w poprzek włókien.
17. PN-EN 384:1999 Drewno konstrukcyjne. Oznaczanie wartości charakterystycznych właściwości mechanicznych i gęstości.

Recenzent: Prof. dr inż. Wojciech Włodarczyk