

## Wybrane właściwości płyt hybrydowych z włókien palmy oleistej i wiórów kauczukowca

## The selected properties of hybrid panels made of oil palm fiber and rubberwood chips

Paulina Bielska,  
Mariusz Mamiński\*, *ORCID: 0000-0002-3321-3614*

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa,  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

\*Osoba do korespondencji: [mariusz\\_maminski@sggw.edu.pl](mailto:mariusz_maminski@sggw.edu.pl)

### Streszczenie

Opisano możliwość wykorzystania włókien z odpadowych makuchów owocni palmy oleistej (EFB) i wiórów kauczukowca w hybrydowych płytach włóknisto-wiórowych. Płyty wykonano w trzech wariantach gęstości: 600, 700 i 800 kg/m<sup>3</sup>, dla których określono profil gęstości, nasiąkliwość (65-92%), spęcznienie (26-29%), wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn (0,27-0,65 N/mm<sup>2</sup>) oraz wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej (0,14-0,34 N/mm<sup>2</sup>). Stwierdzono, że żaden z wariantów płyty nie spełnia wymagań norm dotyczących wytrzymałości na odrywanie warstwy przypowierzchniowej (PN-EN 312) oraz spęcznienia i nasiąkliwości (PN-EN 622). Płyty o gęstości 800 kg/m<sup>3</sup> odznaczały się wytrzymałością na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty 0,65 N/mm<sup>2</sup> i tym samym spełniły wymagania normy PN-EN 622. Badania pokazują, że włókna z palmy oleistej i wióry kauczukowca mogą stanowić potencjalny surowiec do produkcji hybrydowych płyt włóknisto-wiórowych.

### Abstract

The paper describes the possibility of using empty fruit bunch (EFB) fiber of palm oil and rubberwood chips in hybrid fiber-chipboards. The panels were made in three densities: 600, 700 and 800 kg/m<sup>3</sup>, for which the density profile, water absorption (65-92%), swelling (26-29%) and internal bond (0.27-0.65 N/mm<sup>2</sup>) as well as the surface soundness (0.14-0.34 N/mm<sup>2</sup>) were determined. None of the panel variants met the requirements of the standards regarding the surface soundness (PN-EN 312) as well as swelling and water absorption (PN-EN 622). The boards of density 800 kg/m<sup>3</sup> exhibited internal bond of

0.65 N/mm<sup>2</sup> and thus met the requirements of PN-EN 622. It has been demonstrated that palm oil fibers and rubberwood chips are a potential feedstock for hybrid fibre-chipboards.

**Słowa kluczowe:** hybrydowe płyty włóknisto-wiórowe, palma oleista, EFB, kauczukowiec

**Keywords:** hybrid fiber-chipboards, oil palm, EFB, rubberwood

## Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój przemysłu drzewnego - w tym przemysłu płyt drewnopochodnych - skutkuje zwiększonym zapotrzebowaniem na surowiec drzewny, jednak dostępność surowca nie jest adekwatna do potrzeb rynku. Dlatego w wielu przypadkach w produkcji płyt drewnopochodnych, które stanowią dużą część rynku meblowego i materiałów budowlanych, wykorzystuje się takie surowce jak drewno poużytkowe, surowiec z odzysku czy surowce z roślin jednorocznych lub z plantacji drzew szybko rosnących (Mohammad Padzil i in. 2018). Obecnie niemal 1/3 światowej produkcji drewna stosowanego w przemyśle pozyskiwane jest z plantacji (Bodył 2009).

Z powodu wysokiej ceny surowca oraz dostępności, coraz częściej na świecie do produkcji płyt włóknistych wykorzystuje się alternatywne surowce o budowie włóknistej (m.in. len, konopie). Przyszłościowymi surowcami wydają się być rośliny jednoroczne takie jak słomy ryżu i pszenicy oraz bagassa, które na świecie mają coraz większe znaczenie (Leffel 2002).

Surowce jednoroczne różnią się od drewna budową morfologiczną. Ich skład chemiczny zależy od gatunku oraz warunków glebowych. Najbardziej popularnym materiałem na płyty drewnopochodne na świecie jest słoma pszenna (Pease 1998). Często trawy oceniane są jako surowce przyszłości rosnące bardzo szybko i w skrajnych warunkach. Biorąc pod uwagę ilość uprawianych na świecie roślin, słoma zbóż stanowi ogromną bazę surowcową do produkcji płyt. Słoma posiada szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu. Może być stosowana jako materiał do wyrobu opakowań i płyt, a także jako materiał na płyty izolacyjne (Kozakiewicz i Nicewicz 2003).

Jednym z niedocenionych zasobów strefy tropikalnej jest rosnący na plantacjach w Azji kauczukowiec brazylijski (*Hevea brasiliensis*) - w naturalnych warunkach drzewa tego gatunku występują w dorzeczu Amazonki i na terenach zalewowych tej rzeki. Jednak ze względu na duże zapotrzebowanie powstały plantacje w południowo-wschodniej Azji oraz zachodniej Afryce. Drzewa rosnące w Amazonii osiągają wysokość 20-30 m i średnice pnia 0,6 m. Drewno rozpierchłonaczyniowe z twardziłą w kolorze jasnobrązowym oraz o białozółtym zabarwieniu bielu. W twardzieli miejscami pojawiają się ciemniejsze pasma będące wynikiem uszkodzenia kambium w trakcie pozyskania mleczka kauczukowego. Charakterystyczny dla drewna kauczukowca jest pasiasty skręt włókien widoczny na przekroju promieniowym.

Drewno kauczukowca ze względu na niski współczynnik skurczu w kierunku promieniowym (3,0%) oraz w kierunku stycznym (5,6%) - Tabela 1, charakteryzuje się znaczną stabilnością wymiarową, a tym samym jest mniej podatne na pękanie podczas suszenia w porównaniu z gatunkami krajowymi. Drewno jest nieodporne na działanie mikroorganizmów oraz podatne na działanie termitów (Jankowska i in. 2012). Skład chemiczny wiórów kauczukowca: celuloza 39,0%, lignina 28,0%, hemicelulozy 29,0%, związki mineralne 4,0% (Petchpradab i in. 2009).

**Tabela 1.** Parametry techniczne drewna kauczukowca brazylijskiego (na podstawie [www.parkieciarzepolsky.com.pl](http://www.parkieciarzepolsky.com.pl))

**Table 1.** Technical characteristics of rubberwood (according to [www.parkieciarzepolsky.com.pl](http://www.parkieciarzepolsky.com.pl))

| Cecha                                      | Średnia wartość           |
|--------------------------------------------|---------------------------|
| Gęstość drewna świeżego                    | 850-950 kg/m <sup>3</sup> |
| Gęstość w stanie powietrznosuchym          | 620 kg/m <sup>3</sup>     |
| Gęstość w stanie absolutnie suchym         | 600 kg/m <sup>3</sup>     |
| Skurcz w kierunku promieniowym             | 3,0%                      |
| Skurcz w kierunku stycznym                 | 5,6%                      |
| Skurcz objętościowy                        | 8,9%                      |
| Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien | 85 N/mm <sup>2</sup>      |
| Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien   | 52 N/mm <sup>2</sup>      |
| Wytrzymałość na zginanie statyczne         | 95 N/mm <sup>2</sup>      |
| Moduł sprężystości wzdłuż włókien          | 11,7 N/mm <sup>2</sup>    |

Innym nierodzimy surowcem jest włókno EFB (*Empty Fruit Bunch*) z makuchów owocni olejowca gwinejskiego (*Elaeis guineensis*) - inaczej palmy oleistej (Rys. 1). Występuje niemal na całym terenie Afryki w strefie międzyzwrotnikowej, w południowo-wschodniej Azji i Ameryce Południowej. Palmy uprawiane są przede wszystkim z powodu możliwości produkcji oleju z nasion oraz owocni drzew. Obecnie około 85% światowej produkcji oleju palmowego ma miejsce w Indonezji i Malezji (5 mln ha plantacji), skąd rocznie generowane jest około 15 mln ton włókien EFB (MPOB 2014; Geng 2013).

W Malezji całkowity roczny zbiór EFB wynosi 10 milionów ton, z czego jedynie 10% z odpadów jest używane w przemyśle (Hariharan i Abdul Khalil 2005). Reszta z powodu wysokiego kosztu transportu zostaje użyta jako kompost lub spalona. Włókna EFB charakteryzują się dużą twardością i wytrzymałością. Pojedyncze włókna mierzą 0,9 mm a ściany komórkowe mają grubość 3,8 µm. Przeciętna średnica włókna EFB wynosi 22,3 µm, a średnica światła 15,7 µm (Chow i in. 2015). W skład EFB wchodzi holoceluloza 74,9%, w tym 44,2% α-celulozy i 12,7% ligniny.



**Rys. 1.** Owocnia palmy oleistej z widocznym włóknem (fot. P. Borysiuk)  
**Fig. 1.** Oil palm fruit bunch with fibers (phot. P. Borysiuk)

Należy wyraźnie podkreślić, że przemysłowe wykorzystanie w Europie surowców strefy tropikalnej jakim są włókno EFB i drewno kaczukowca nie wpisuje się w koncepcję zrównoważonego rozwoju, ponieważ wymaga transportu morskiego, co generuje znaczne koszty, a ponadto transport morski generuje 14 g CO<sub>2</sub>/km na każdą tonę ładunku (Kraemer i in. 2007).

### **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było wykazanie przydatności włókien EFB i wiórów kaczukowca do wytwarzania hybrydowych płyt włóknisto-wiórowych. Zakres obejmował:

- wytworzenie płyt o gęstościach: 600 kg/m<sup>3</sup>, 700 kg/m<sup>3</sup>, 800 kg/m<sup>3</sup>,
- zbadanie wybranych właściwości płyt: profil gęstości, nasiąkliwość i spęcznie po 24 godzinach, wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny, wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej.

## Materiały i metodyka badań

W skład płyt wchodziło 80% włókien EFB o wilgotności 5-6% oraz 20% wiórów kauczukowca o wilgotności 5% (Rys. 2). Surowce zostały pozyskane w warunkach przemysłowych w Malezji. Materiał zaklejono przemysłowym klejem mocznikowo-formaldehydowym (UF) z dodatkiem azotanu amonu jako utwardzacza (3% wag. utwardzacza względem suchej masy żywicy UF).



włókna EFB



wióry kauczukowca

**Rys. 2.** Surowce do produkcji płyt hybrydowych

**Fig. 2.** Raw materials for hybrid panels

Wytworzono płyty o wymiarach  $320 \times 320 \times 12 \text{ mm}^3$  przy zachowaniu następujących parametrów prasowania:

- maksymalne jednostkowe ciśnienie prasowania - 2,5 MPa,
- czas prasowania - 288 s,
- temperatura prasy -  $170^\circ\text{C}$ ,
- stopień zaklejenia: 10%.

Wykonano po 5 płyt w trzech wariantach gęstości:  $600 \text{ kg/m}^3$ ,  $700 \text{ kg/m}^3$ ,  $800 \text{ kg/m}^3$ .

Badania właściwości mechanicznych przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Heckert FP 10. Badanie wytrzymałości na rozciąganie prostopadle do płaszczyzn przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 319:1999, a wytrzymałości na odrywanie warstwy przypowierzchniowej wg. normy PN-EN 311:2004". Wykonano po 10 powtórzeń dla każdej serii.

Badanie profilu gęstości przeprowadzono przy użyciu profilomierza DA-X firmy GreCon. Próbkę o wymiarach  $50 \times 50 \text{ mm}^2$  dla których uprzednio oznaczono średnią gęstość i wyznaczono kierunek pomiaru szerokości. Próbkę zmierzono z dokładnością do 0,01 mm i zważono z dokładnością do 0,01 g. Oznaczenie spęcznienia przeprowadzono w oparciu o normę PN-EN 317:1999. Równolegle przeprowadzono badania nasiąkliwości płyt.

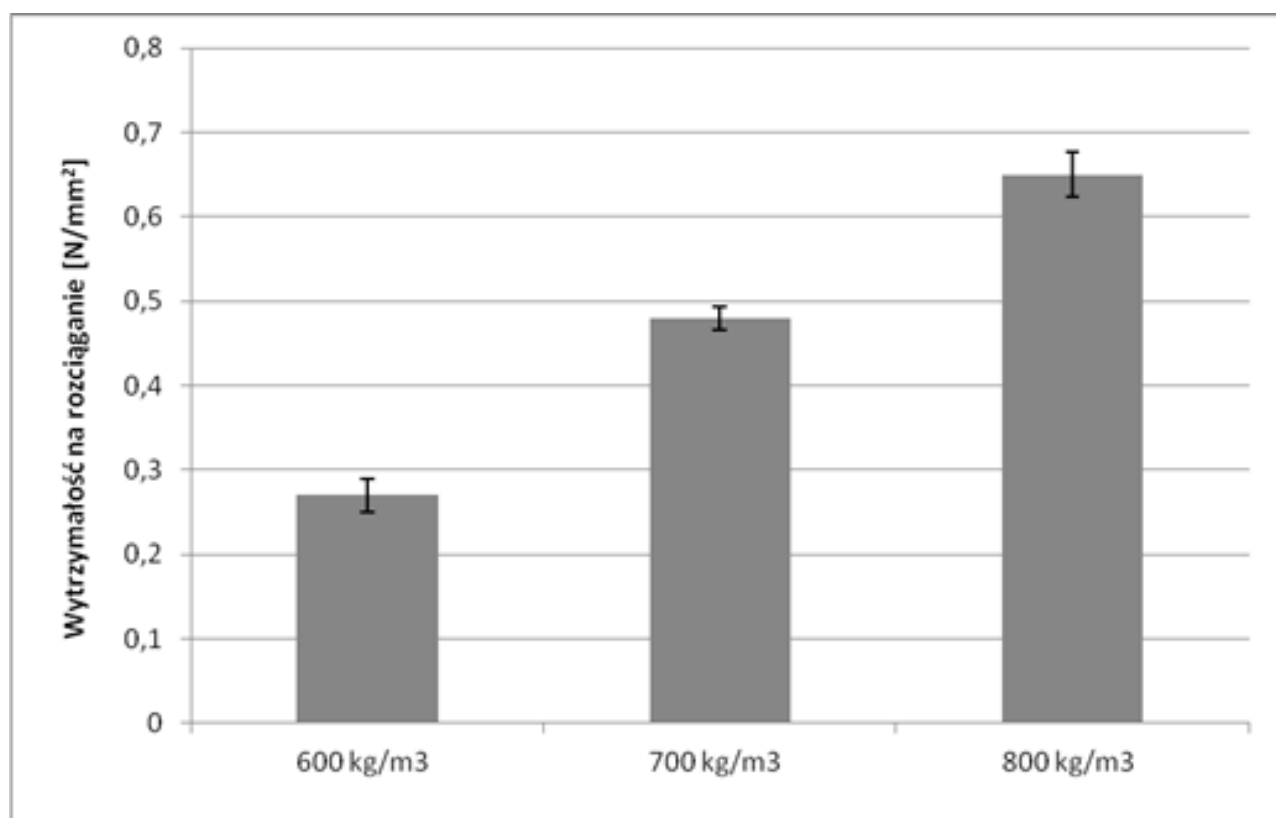
## Wyniki

Wartości wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny przedstawiono w Tabeli 2 i na Rys. 3. Najwyższą wytrzymałość na rozciąganie w kierunku prostopadłym wykazują płyty o gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$ , najniższą wartość uzyskały natomiast płyty o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$ . Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała istotne różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami wynoszące między próbkami o gęstościach  $600 \text{ kg/m}^3$  i  $800 \text{ kg/m}^3$  ponad 2-krotny wzrost wytrzymałości na rozciąganie.

**Tabela 2.** Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty

**Table 2.** Internal bond

| Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty |                      |                      |                      |
|--------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Wartość                                                      | $600 \text{ kg/m}^3$ | $700 \text{ kg/m}^3$ | $800 \text{ kg/m}^3$ |
| Minimalna $[\text{N/mm}^2]$                                  | 0,23                 | 0,45                 | 0,56                 |
| Maksymalna $[\text{N/mm}^2]$                                 | 0,30                 | 0,50                 | 0,77                 |
| Średnia $[\text{N/mm}^2]$                                    | 0,27                 | 0,48                 | 0,65                 |
| Odchylenie standardowe $[\text{N/mm}^2]$                     | 0,06                 | 0,08                 | 0,07                 |
| Współczynnik zmienności [%]                                  | 22,22                | 16,67                | 10,77                |



**Rys. 3.** Wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny

**Fig. 3.** Internal bond

Wyniki wskazują, że wraz ze wzrostem gęstości otrzymanej płyty zwiększa się wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty, co jest zjawiskiem

naturalnym. Zestawienie uzyskanych wartości z wymaganiami normy PN-EN 622 pokazuje, że wymagana minimalna wartość  $\geq 0,60 \text{ N/mm}^2$  została osiągnięta jedynie przez płytę o gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$  i wyniosła  $0,65 \pm 0,07 \text{ N/mm}^2$ .

#### Wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej

Jedną w istotnych cech płyt drewnopochodnych jest wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej będąca miarą spójności powierzchni płyty. Wartości wytrzymałości na odrywanie warstw przypowierzchniowych dla badanych płyt przedstawiono w Tabeli 3 i na Rys. 4.

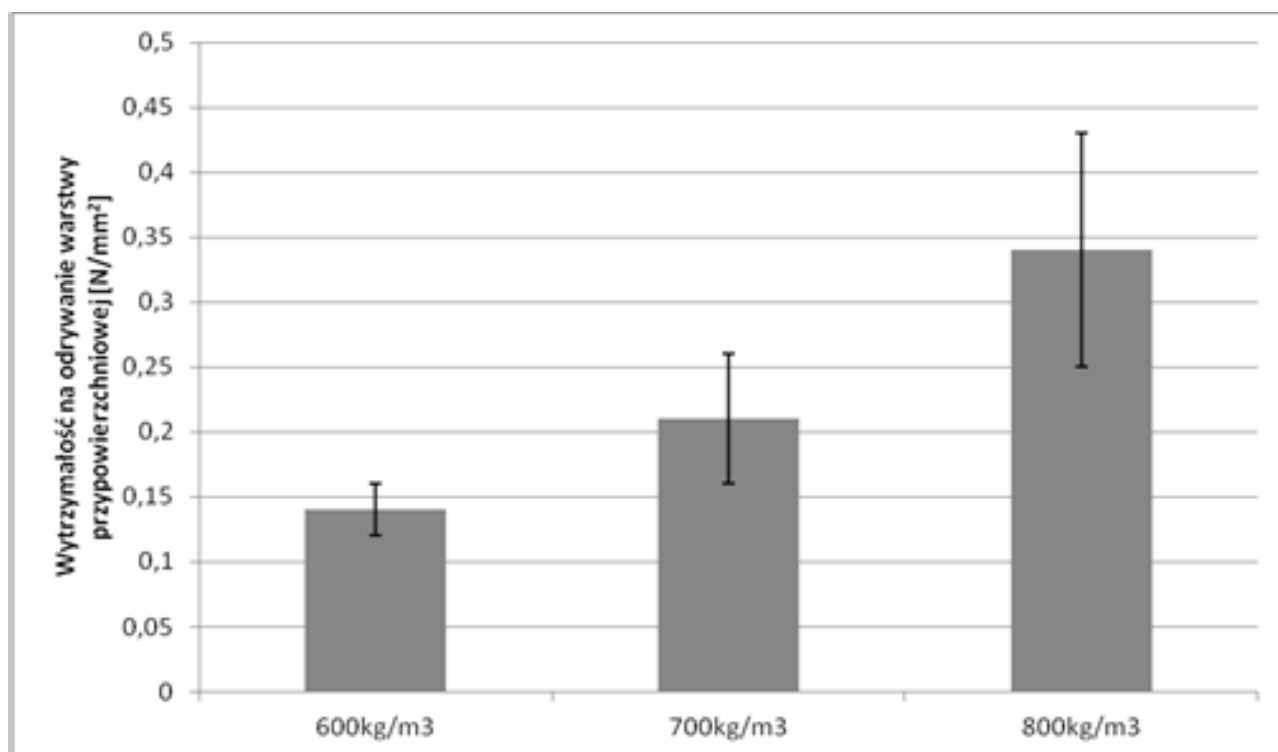
Najwyższą wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej obserwujemy w płytach o gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$ , która jest równa  $0,34 \text{ N/mm}^2$ , zaś najniższą wytrzymałością  $0,14 \text{ N/mm}^2$  odznaczały się jednak płyty o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$ . Analiza wyników wykazała istotne różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami płyt. Między  $600 \text{ kg/m}^3$  i  $800 \text{ kg/m}^3$  obserwuje się ponad 2-krotny wzrost wytrzymałości na odrywanie warstwy przypowierzchniowej.

Należy jednak zaznaczyć, że żadna z badanych serii nie spełnia wymagań normowych dotyczących tej cechy, której minimalna wartość jest określona na  $0,8 \text{ N/mm}^2$  (PN-EN 312).

**Tabela 3.** Wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej

**Table 3.** Surface soundness of the tested panels

| Wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej |                      |                      |                      |
|-------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Wartość                                               | $600 \text{ kg/m}^3$ | $700 \text{ kg/m}^3$ | $800 \text{ kg/m}^3$ |
| Minimalna [ $\text{N/mm}^2$ ]                         | 0,11                 | 0,11                 | 0,28                 |
| Maksymalna [ $\text{N/mm}^2$ ]                        | 0,17                 | 0,31                 | 0,44                 |
| Średnia [ $\text{N/mm}^2$ ]                           | 0,14                 | 0,21                 | 0,34                 |
| Odchylenie standardowe [ $\text{N/mm}^2$ ]            | 0,02                 | 0,05                 | 0,09                 |
| Współczynnik zmienności [%]                           | 14,29                | 23,81                | 26,47                |



**Rys. 4.** Wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej  
**Fig. 4.** Surface soundness

#### Profil gęstości

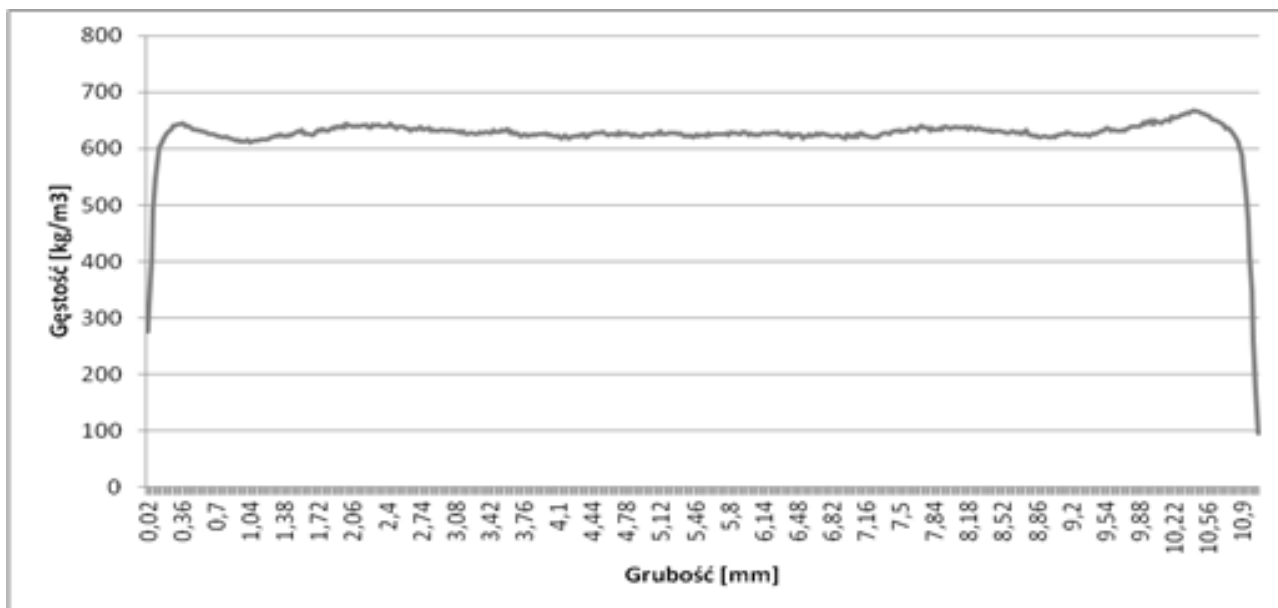
Analiza rozkładu gęstości na przekroju poprzecznym płyty pokazuje jak przebiega proces zagęszczania kobierca i w konsekwencji jakie występują różnice w gęstości pomiędzy warstwami powierzchniowymi i rdzeniem płyt. Profile gęstości wykonanych płyt przedstawiono w Tabeli 4 i na Rys. 5-7. Analizując gęstości otrzymanych płyt należy zwrócić uwagę, że nie odbiegają one znacząco od założonych wartości. Różnice we wszystkich wytworzonych wariantach były mniejsze niż 5%. Uwagę zwraca równomierne zagęszczenie płyty o gęstości 600 kg/m<sup>3</sup>, na co wskazuje kształt profilu, w którym zagęszczenie warstw przypowierzchniowych jest niewiele większe od głębiej położonych warstw. Różnice są bardziej wyraźne w przypadku płyt o gęstościach 700 i 800 kg/m<sup>3</sup>. U-kształtne przebiegi profili są typowe dla płyt drewnopochodnych, w szczególności płyt 3-warstwowych.

**Tabela 4.** Profil gęstości wykonanych płyt

**Table 4.** Density profile of the tested panels

| Wartość                                     | Profil gęstości       |                       |                       |
|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                             | 600 kg/m <sup>3</sup> | 700 kg/m <sup>3</sup> | 800 kg/m <sup>3</sup> |
| Minimalna [N/mm <sup>2</sup> ]              | 560                   | 651                   | 759                   |
| Maksymalna [N/mm <sup>2</sup> ]             | 641                   | 769                   | 848                   |
| Średnia [N/mm <sup>2</sup> ]                | 610                   | 702                   | 795                   |
| Odchylenie standardowe [N/mm <sup>2</sup> ] | 30,1                  | 15,3                  | 17,3                  |
| Współczynnik zmienności [%]                 | 4,9                   | 2,2                   | 2,2                   |

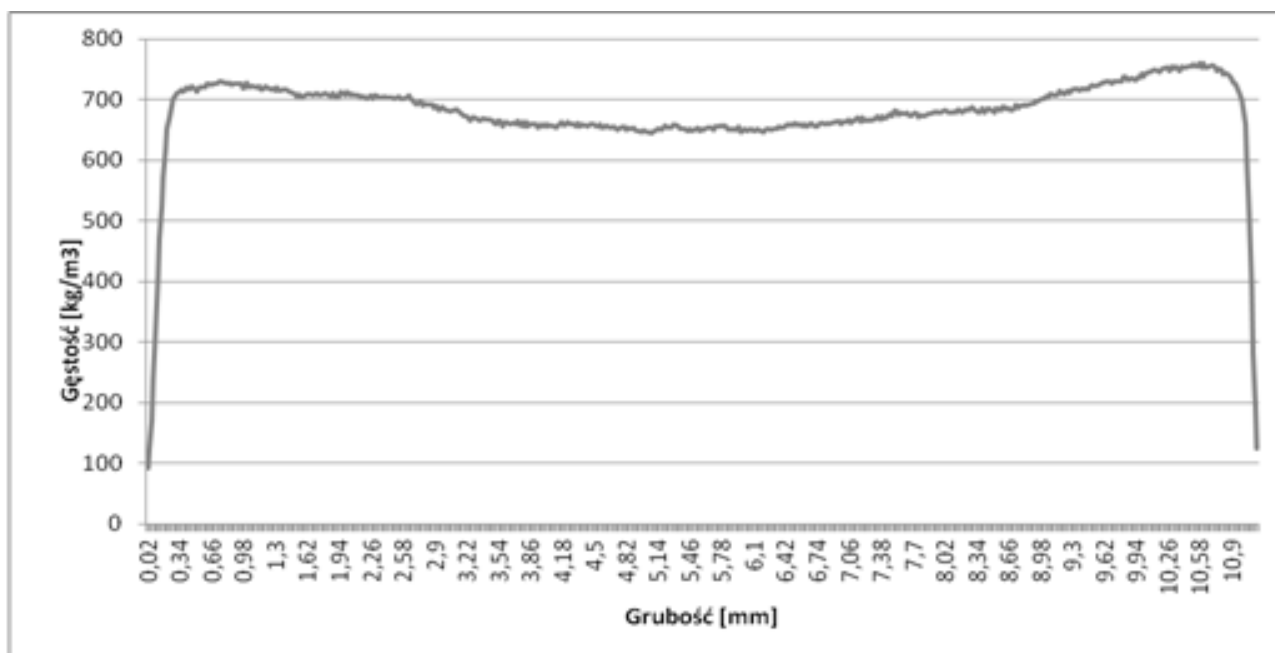
Profil gęstości płyt o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$  przedstawiono na Rys. 5. Średnia gęstość płyty wyniosła  $623 \text{ kg/m}^3$ , natomiast najwyższe stwierdzone wartości w warstwach powierzchniowych wyniosły  $666 \text{ kg/m}^3$  i  $644 \text{ kg/m}^3$ .



**Rys. 5.** Profil gęstości dla płyt o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$

**Fig. 5.** Density profile of the  $600 \text{ kg/m}^3$  panels

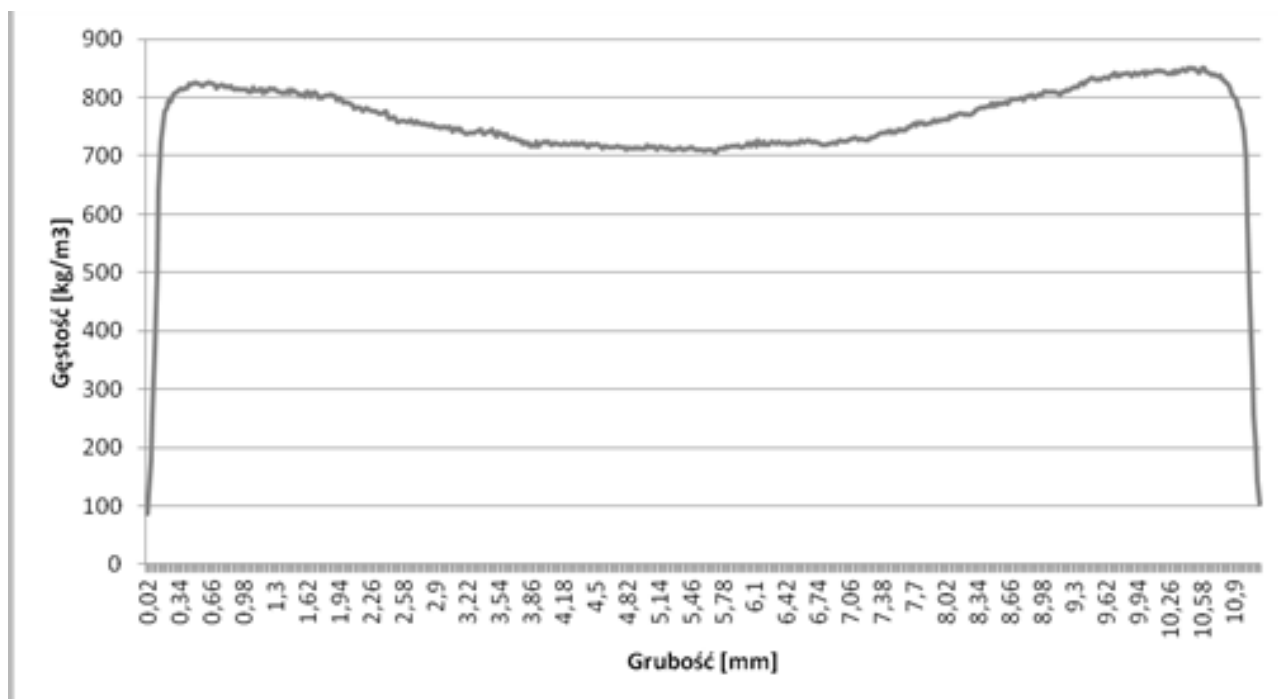
Profil gęstości płyt o gęstości  $700 \text{ kg/m}^3$  przedstawiono na Rys. 6. Średnia gęstość wyniosła  $702 \text{ kg/m}^3$ , a gęstości na powierzchni  $761 \text{ kg/m}^3$  i  $729 \text{ kg/m}^3$ . Stwierdzone różnice są większe niż w przypadku płyt o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$ .



**Rys. 6.** Profil gęstości dla płyt o gęstości  $700 \text{ kg/m}^3$

**Fig. 6.** Density profile of the  $700 \text{ kg/m}^3$  panels

Na Rys. 7 pokazano przebieg gęstości a przekroju płyty  $800 \text{ kg/m}^3$ . Obserwuje się bardziej wyraźny U-kształtny przebieg krzywej, co związane jest z dużą gęstością płyty i bardziej intensywnym zagęszczaniem kobierca w warstwach przypowierzchniowych. Zjawisko to nasila się wraz ze wzrostem docelowej gęstości płyt. Średnia gęstość płyty wyniosła  $756,89 \text{ kg/m}^3$ , zaś najwyższa wartość na powierzchni to  $851 \text{ kg/m}^3$  oraz  $826 \text{ kg/m}^3$ .

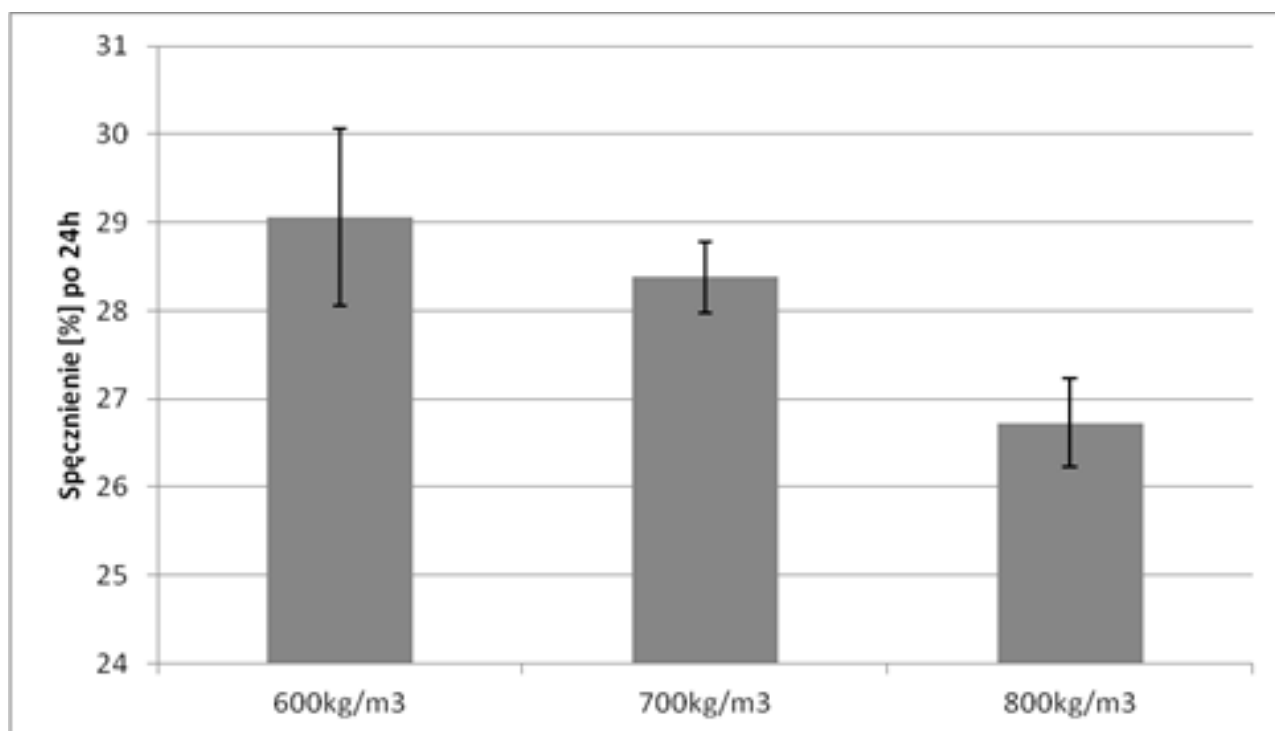


**Rys. 7.** Profil gęstości dla płyt o gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$   
**Fig. 7.** Density profile of the  $800 \text{ kg/m}^3$  panels

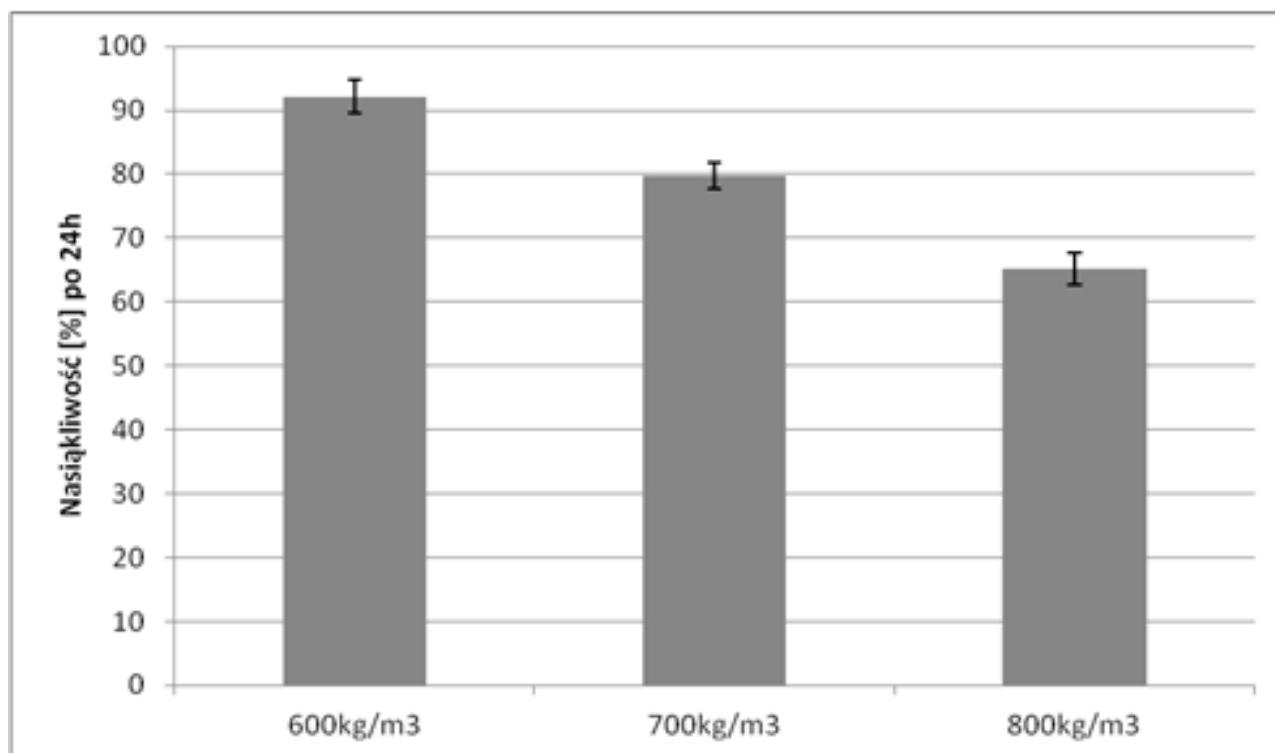
#### Spęcznie i nasiąkliwość po 24 h

Uzyskane wartości spęczenia i nasiąkliwości po porównaniu z wymaganiami normy PN-EN 622 dla surowego MDF pokazują, że żaden z wariantów ich nie spełnia, ponieważ we wszystkich przypadkach spęczenie było około 2-krotnie wyższe od dopuszczalnego tj.  $\leq 15\%$  (Rys. 8). Dla płyt o gęstości  $600 \text{ kg/m}^3$  wynosi  $29,0\%$  a dla gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$   $26,7\%$ .

Nasiąkliwość zmierzona po 24 h (Rys. 9) osiągnęła wartości od  $65\%$  do  $92\%$  przy czym najwyższą stwierdzono dla płyty o najmniejszej gęstości, co wynika z dużej porowatości skutkującej dużą zdolnością do pochłaniania wody.



**Rys. 8.** Spęcznienie płyt po 24 h  
**Fig. 8.** Panel swelling after 24 hrs



**Rys. 9.** Nasiąkliwość płyt po 24 h  
**Fig. 9.** Panel water absorption after 24 hrs

## Wnioski

Wyniki przedstawionych badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków i spostrzeżeń:

1. Istnieje możliwość wytworzenia hybrydowych płyt włóknisto-wiórowych z włókien EFB i wiórów kauczukowca zaklejanych standardowym klejem mocznikowo-formaldehydowym.
2. Pomimo wzrostu wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzny płyty wraz ze wzrostem gęstości, jedynie dla płyty o gęstości  $800 \text{ kg/m}^3$  osiągnięto wartość  $0,65 \text{ N/mm}^2$ , co oznacza spełnienie wymagań określonych w normie PN-EN 622.
3. Uzyskane wartości wytrzymałości na odrywanie warstwy powierzchniowej były na tyle małe, że żaden z wariantów płyt nie spełnił wymagań normy PN-EN 312.
4. Badanie profilów gęstości wskazuje, że im mniejsza gęstość nominalna płyty, tym bardziej wyrównany rozkład gęstości na przekroju poprzecznym płyty.
5. Gęstość płyt w nieznacznym stopniu wpływa na spęcznie płyt (26-29%), jednak we wszystkich przypadkach wartości spęczenia po 24 h były około 2-krotnie wyższe od dopuszczonych normą PN-EN 622.
6. Stwierdzono, że nasiąkliwość płyt była odwrotnie proporcjonalna do gęstości i zmieniała się w zakresie 65-92%.
7. Zastosowana mieszanina surowców może być podstawą do dalszych prac w kierunku wytworzenia płyt hybrydowych włóknisto-wiórowych z surowców tropikalnych spełniających w większym stopniu wymagania norm europejskich.

## Literatura

- Bodył M., 2009: Drewno spoza lasu. *Głos Lasu* 12, 10-12.
- Chow M.J., H'ng P.S., Chin K.L., Chai E.W., Paridah Md T., Lee S.H., Lum W.C., Luqman C., Mamiński M., 2015: Empty fruit bunches in the race for energy and biochemical, and material industry. w: *Agricultural biomass based potential materials* (K.R. Hakeem, M. Jawaid, O. Allothman - red.), Springer International Publishing, 375-389. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13847-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13847-3_17)
- Geng A., 2013: Conversion of oil palm empty fruit bunch to biofuels. w: Fang Z (red.) *Book of liquid, gaseous and solid biofuels-conversion techniques*. Tech Open, Croatia. DOI: <https://doi.org/10.5772/53043>
- Hariharan A., Abdul Khalil H.P.S., 2005: Lignocellulose-based hybrid bilayer laminate composite: Part I - Studies on tensile and impact behavior of oil palm fiber-glass fiber-reinforced epoxy resin. *Journal of Composite Materials* 39, 663-684. DOI: [10.1177/0021998305047267](https://doi.org/10.1177/0021998305047267)
- Jankowska A., Kozakiewicz P., Szczesna M., 2012: Drewno egzotyczne. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. ISBN: 978-83-7583-346-1
- Kozakiewicz P., Nicewicz D., 2003: Surowce włókniste i sposoby ich rozdrabniania, Wydawnictwo SGGW, Warszawa. ISBN: 83-7244-457-9

Kraemer R.A., Hinterberg F., Tarasofsky R., 2007: What contribution can trade policy make towards combating climate change? Study for the Policy-Department: External Policies. Strasbourg, Francja, Parlament Europejski.

Leffel Ch., 2002: Straw and other annual fibres searching for a future. Panelboard Highlights 2, 12-17.

Mohammad Padzil F.N., Ariffin H., Zakaria S., Boruszewski P., Krajewski K.J., Mamiński M.L., 2018: Effect of poplar cultivar "Hybrid 275" fiber impregnation with 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxyethyleneurea on the properties of high density fiberboards. BioResources 13, 7470-7480. DOI: 10.15376/biores.13.4.7470-7480

Pease D.A., 1998: Resin advances support strawboard development. Wood Technology 3, 30-34.

Petchpradab P., Yoshida T., Charinpanitkul T., Matsumura Y., 2009: Hydrothermal pretreatment of rubber wood for the saccharification process. Industrial & Engineering Chemistry Research 48, 4587-4591. DOI: <https://doi.org/10.1021/ie801314h>

### **Wykaz norm**

PN-EN 311:2004 Płyty drewnopochodne. Wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej. Metoda badania.

PN-EN 312:2011 Płyty wiórowe - Wymagania techniczne

PN-EN 317:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe. Oznaczenie spęcznienia na grubość po moczeniu w wodzie

PN-EN 319:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe. Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty

PN-EN 622-1:2003 Płyty pilśniowe - Wymagania techniczne - Część 1: Wymagania ogólne

### **Źródła internetowe**

MPOB 2014, Palm oil price statistics. Economics and Industry Development Division, Malaysian Palm Oil Board. <http://bepi.mpob.gov.my/index.php/statistics/price/monthly.html> (dokument elektroniczny, stan na dzień 01.02.2014)

---

*Artykuł recenzowany / Reviewed paper*

*Zgłoszony / Submitted: 05.05.2021*

*Opublikowany online / Published online: 25.06.2021*