



Możliwości wykorzystania łuski słonecznika jako dodatku surowcowego do wytwarzania płyt wiórowych

Sunflower hulls as raw material for particleboard production

Piotr Borysiuk^{a,*}, ORCID: 0000-0002-7508-9359
Radosław Auriga^b, ORCID: 0000-0001-5627-2425
Michał Bujak^a

^aSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauki Drzewnych i Meblarstwa, Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, Polska

^bSzkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauki Drzewnych i Meblarstwa, Katedra Mechanicznej Obróbki Drewna, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, Polska

*Osoba do korespondencji: piotr_borysiuk@sggw.edu.pl

Streszczenie

W ramach badań wytworzono trójwarstwowe płyty wiórowe o gęstości 650 kg/m³ i grubości 18 mm, w których do warstwy wewnętrznej dodano łuski słonecznika w ilości 0%, 10%, 20% i 30%. Jako spoiwo zastosowano komercyjną żywicę mocznikowo-formaldehydową (UF). Dla wytworzonych płyt wiórowych określono właściwości mechaniczne (MOR, MOE, IB), fizyczne (gęstość i profil gęstości, spęcznienie na grubość, nasiąkliwość) i cieplne (przewodność cieplna, dyfuzyjność cieplna, objętościowa pojemność cieplna). Potwierdzono możliwość wykorzystania łuski słonecznika do wytwarzania płyt wiórowych o przeznaczeniu niekonstrukcyjnym. Uzyskane wyniki wykazały, że zwiększenie wykorzystania łuski słonecznika w warstwie środkowej negatywnie wpływa na właściwości mechaniczne i fizyczne płyty wiórowej. Dodatek łuski słonecznika nie wpływa na przewodność cieplną płyt.

Abstract

Three-layer particleboard with a density of 650 kg/m³ and thickness of 18 mm was produced, in which 0%, 10%, 20% and 30% sunflower hulls were added to the core layer. Commercial urea formaldehyde (UF) adhesive was used as a binder. Mechanical (MOR, MOE, IB), physical (density and density profile, thickness swelling, water absorption) and thermal (thermal conductivity, thermal diffusivity, volume heat capacity) properties of parti-

cleboards were determined. The possibility of using sunflower hulls for the production of particleboards for non-structural use has been confirmed. The results showed that increasing of sunflower hulls usage in the core negatively affects the mechanical and physical properties of board. The addition of sunflower hulls does not affect the thermal conductivity of the boards.

Słowa kluczowe: płyta wiórowa, surowce niedrzewne, łuski słonecznika, właściwości mechaniczne i fizyczne

Keywords: particleboard, non-wood raw material, sunflower hulls, mechanical and physical properties

Wprowadzenie

Płyty wiórowe stanowią jedno z powszechnie produkowanych tworzyw drzewnych na świecie. Znalazły one zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, a w szczególności w przemyśle meblarskim, budowlanym czy opakowaniowym. Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa FAO (ang. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) podaje, że światowa produkcja płyt wiórowych wynosiła w 2018 r. ponad 96,8 mln m³ (<http://www.fao.org/faostat>). Jednocześnie w latach 2000-2018 odnotowano 51% wzrost ich produkcji. Stale rosnące zapotrzebowanie na płyty wiórowe z jednej strony oraz coraz większa konkurencja, a co za tym idzie ograniczenia w dostępie do surowca drzewnego z drugiej strony, skłaniają do poszukiwania surowców komplementarnych, które mogłyby być wykorzystane w produkcji płyt wiórowych. Potencjalnym źródłem surowca są uboczne produkty działalności rolniczej i przetwórstwa rolno-spożywczego. Gu i Gao (2002) podają, że w samych Chinach rocznie niewykorzystanych pozostaje około 700 mln ton pozostałości rolniczych. Z kolei w UE roczna produkcja słomy zbóż wynosi około 140 milionów ton, z czego tylko 2% do 3% jest wykorzystywane przemysłowo (Kowaluk i in. 2010). Wykorzystanie takich potencjałów może nie tylko zaspokoić popyt na surowce lignocelulozowe do produkcji płyt, ale również zmniejszyć obciążenia dla środowiska naturalnego wynikające z tradycyjnej formy utylizacji (spalanie, pozostawianie do zgnicia na polu) (Cooper i in. 1999, Rowell 1995). Spostrzeżenia te potwierdza szereg realizowanych na świecie badań w tym zakresie. Możliwości zastosowania w przemyśle płyt drewnopochodnych znalazły, poza już wymienioną słomą zbożową, między innymi takie pozostałości przemysłu rolniczego jak: łodygi bawełny, konopi i juty (Kollmann 1966, Guler i Ozen 2004, Alma i in. 2005), słoma rzepakowa (Dziurka i Mirski 2013), łodygi lnu i miskantusa (Tröger i in. 1998), odpady z liści herbaty (Yalinkilic i in. 1998), pędy kiwi (Nemli i in. 2003), gałęzie palmy daktylowej (Nemli i in. 2001) łodygi kenafu (Xu i in. 2004, Kalaycioğlu i Nemli 2006), łuski ryżu (Ayrilmis i in. 2012), łuski Kawy (Bekalo i Reinhardt 2010), łupiny orzechów (Guler i in. 2008, Çöpür i in. 2007), łupiny migdałów (Gürü i in. 2006), łupiny duriana i orzecha kokosowego (Papado-

poulos i in. 2002, Khedari i in. 2003), bagassa (Carvajal i in. 1996, Ghalehno i in. 2011), elementy kukurydzy (Wang i Sun 2002, Sampathrajan i in. 1992, Sekaluvu i in. 2013), liście ananasa (Tangjuank 2011), liście i łodygi pomidorów (Guntekin i in. 2009), łodygi bakłażana (Guntekin i Karakus 2008), łodygi winorośli (Ntalos i Grigoriou 2002), łodygi wiesiołka (Dukarska i in. 2012), wysłodki buraków cukrowych (Borysiuk i in. 2019), pozostałości z cięć pielęgnacyjnych jabłoni (Auriga i in. 2019).

Jedną z powszechnie uprawianych roślin oleistych jest słonecznik. Zużycie oleju słonecznikowego na świecie plasuje się na 4 miejscu po oleju palmowym, sojowym i rzepakowym. Według szacunków Amerykańskiego Departamentu Rolnictwa (USDA) w sezonie 2019/2020 światowa produkcja nasion słonecznika wyniesie 51,23 mln ton (<http://www.rolnikszukaceny.pl>). Ponad połowa światowych zbiorów nasion słonecznika w obecnym sezonie pochodzi z Ukrainy (14,5 miliona ton) i Rosji (13 milionów ton). Trzecie miejsce na świecie zajmują kraje Unii Europejskiej, których łączna produkcja nasion słonecznika ma przekroczyć 9,8 milionów ton. Produktem ubocznym powstającym w procesie uprawy i przerobu słonecznika są łodygi i łuski z nasion. Khristova i in. (1996) podają, że rozdrobnione i wysuszone łodygi słonecznika mogą być wykorzystane jako surowiec do produkcji płyt wiórowych. Z kolei łuski stanowiące 21-30% całkowitej masy nasion, traktowane są jako odpadowe produkty uboczne (Seiler i Gulya 2016). Wykorzystuje się je w postaci suszu lub granulatów jako paszę dla zwierząt (Gonet 1976). Często wykorzystywane są one również jako biomasa do spalania (Zabaniotou i in. 2008). Łuski słonecznika (*Helianthus annuus*) zawierają związki allelopatyczne, które są toksyczne dla traw i większości roślin uprawnych (Ciarka i in. 2009). Zeleniuc i in. (2019) przedstawili możliwość wykorzystania łusek słonecznika do produkcji płyt wiórowych, przy czym autorzy badali płyty jednowarstwowe wytworzone w 100% z tego surowca.

Wielkość plonów słonecznika oraz związana z tym dostępność łusek zachęca do badań nad wykorzystaniem ich jako ingredientu surowcowego w przemyśle płyt wiórowych.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie przydatności łuski słonecznika jako surowca do produkcji 3-warstwowych płyt wiórowych.

Zakres pracy obejmował wykonanie w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych z 0%, 10%, 20% i 30% udziałem łuski słonecznika w warstwie wewnętrznej oraz zbadanie wybranych właściwości wytworzonych płyt.

Materiały i metodyka badań

Do badań wykorzystano łuski słonecznika o wilgotności 4%. Surowiec został przesortowany na sicie 5×5 mm w celu oddzielenia resztek nasion, zanieczyszczeń oraz frakcji pyliastej. Do wytworzenia płyt wykorzystano również wióry przemysłowe stosowane na warstwę wewnętrzną i warstwy zewnętrzne płyt wiórowych. Pozyskano je od polskiego producenta

plyt wiórowych. Wióry przeznaczone na warstwę wewnętrzną charakteryzowały się wilgotnością 3,5%, zaś na warstwy zewnętrzne 6%. Do wytworzenia płyt wykorzystano żywicę mocznikowo-formaldehydową UF (zawartość suchej masy 65%, lepkość 230 mPas w 20°C). Jako utwardzacz zastosowano 10% wodny roztwór NH₄Cl. Jednostkowa receptura masy klejowej była następująca: 50 cz. w. żywicy UF, 15,5 cz. w. wody, 1,0 cz. w. utwardzacza do warstw zewnętrznych i 1,5 cz. w. utwardzacza do warstwy wewnętrznej.

W ramach badań wytworzono trójwarstwowe płyty wiórowe o gęstości średniej 650 kg/m³ i wymiarach 320×320×18 mm³. Stopień zaklejenia warstw zewnętrznych wynosił 12%, zaś warstwy wewnętrznej 8%. Udział warstw zewnętrznych w płytach wynosił 40%. Warstwy zewnętrzne wytworzone były każdorazowo z wiórów przemysłowych. Do warstwy wewnętrznej płyty, oprócz przemysłowych wiórów drzewnych, wprowadzono również jako dodatek łuski słonecznika. Surowce te mieszano razem w mieszalniku a następnie zaklejano. Łącznie wytworzono 4 warianty płyt zróżnicowanych pod względem udziału łusek w warstwie wewnętrznej (Tabela 1).

Tabela 1. Warianty wytworzonych płyt
Table 1. Variants of produced boards

Wariant	Udział masy zupełnie suchej łuski słonecznika w warstwie wewnętrznej w stosunku do masy zupełnie suchych wiórów
0	0%
I	10%
II	20%
III	30%

Płyty wytwarzano w prasie jednopółkowej przy następujących parametrach prasowania: jednostkowe ciśnienie prasowania 2,5 MPa, temperatura prasowania 180°C, faktor prasowania 18 s/mm (czas prasowania 5 min. 24 s). Dla każdego wariantu wytworzono po 5 płyt, z których po klimatyzacji przez 7 dni w warunkach laboratoryjnych (temperatura 20°C, wilgotność względna powietrza 65%) pozyskano próbki do dalszych badań.

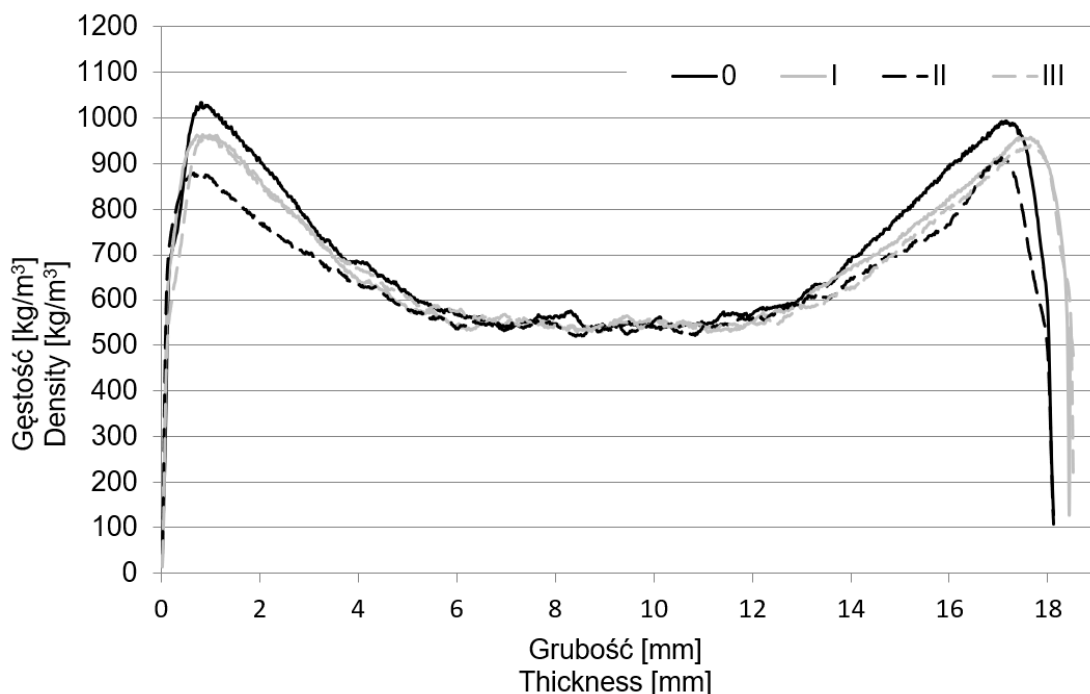
Dla wytworzonych płyt zbadano:

- gęstość i profil gęstości - przy wykorzystaniu Laboratory Density Analyser DAX GreCon. Pomiar gęstości dokonywany był co 0,02 mm przy prędkości pomiaru 0,05 mm/s,
- wytrzymałość na zginanie statyczne (MOR) i moduł sprężystości przy zginaniu statycznym (MOE) - zgodnie z PN-EN 310:1994,
- wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe do płaszczyzn (IB) - zgodnie z PN-EN 319:1999,
- spęcznienie na grubość (TS) i nasiąkliwość (WA) po 2 h i 24 h moczenia w wodzie - zgodnie z PN-EN 317:1999,
- przewodność cieplną, objętościową pojemność cieplną i współczynnik wyrównania temperatur - przy wykorzystaniu aparatu ISOMET 2104.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono w programie Statistica 13. W celu porównania istotności różnic poszczególnych wartości posłużono się grupami jednorodnymi w oparciu o test Tukeya.

Wyniki badań i analiza

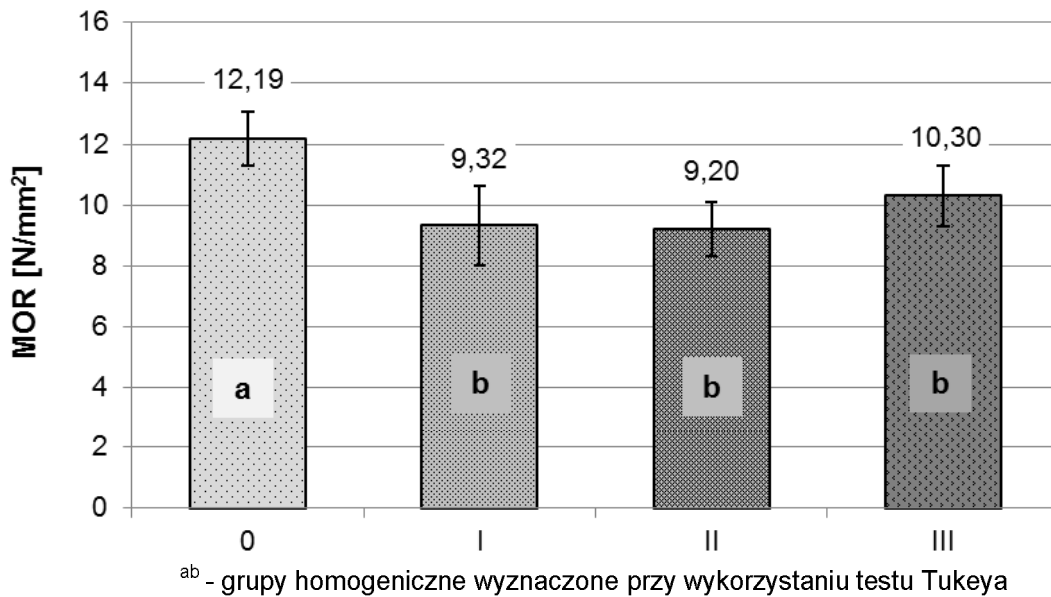
Dodatek łuski słonecznika do warstwy wewnętrznej trójwarstwowych płyt wiórowych nie wpłynął istotnie na ich gęstość średnią i przebieg profilu gęstości (Rys. 1). Badane płyty charakteryzowały się gęstością średnią w przedziale 647-681 kg/m³. Wszystkie badane warianty (0, I, II, III) wykazywały typowy dla płyt - „U” kształtny przebieg profilu gęstości. Warto tu zaznaczyć, że przebieg profilu gęstości pozostaje w wyraźnej korelacji z podstawowymi właściwościami mechanicznymi płyt wiórowych jak MOR, MOE, czy IB (Wong i in. 1999, Niemz 2003, Treusch i in. 2004).



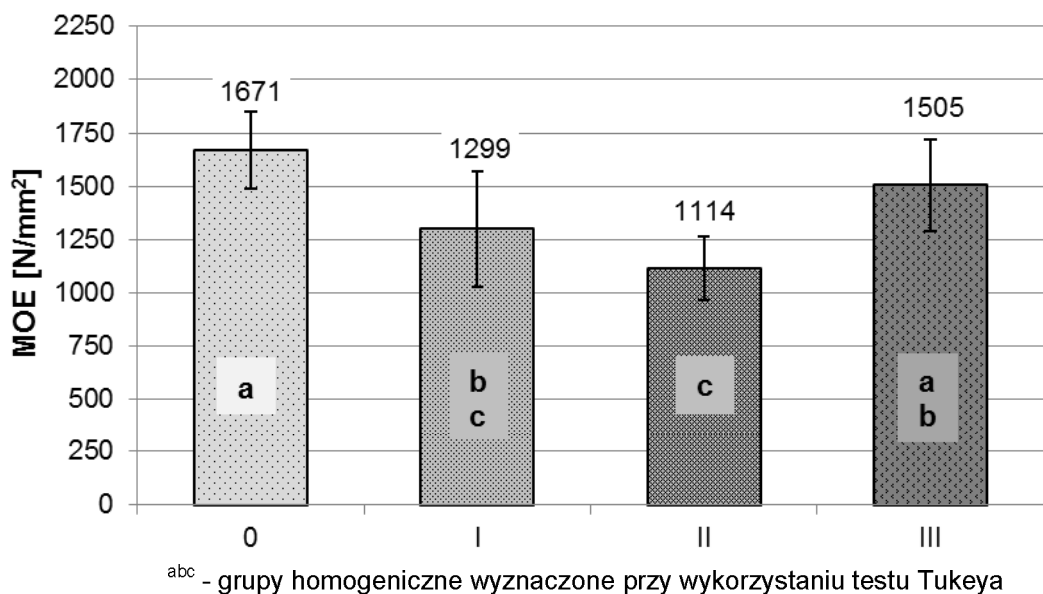
Rys. 1. Profile gęstości badanych płyt
Fig. 1. Density profiles of tested boards

Wyniki badań właściwości wytrzymałościowych wytworzonych płyt wiórowych przedstawiono na Rys. 2, 3 i 4. Uwzględniając grupy homogeniczne wyznaczone przy wykorzystaniu testu Tukeya dla poszczególnych badanych cech można stwierdzić, że dodatek łuski słonecznika do warstwy środkowej (wariant I, II i III) na ogół wpływa w sposób statystycznie istotny na uzyskane parametry wytrzymałościowe w porównaniu z wariantem kontrolnym (wariant 0). W przypadku MOR odnotowano statystycznie istotny spadek wartości cechy dla wariantów I, II i III w stosunku do wariantu 0. Wynosił on zależnie od wariantu od 15,5% (przy 30%-owym dodatku łuski) do 24,5% (przy 20%-owym dodatku łuski). Warto tu

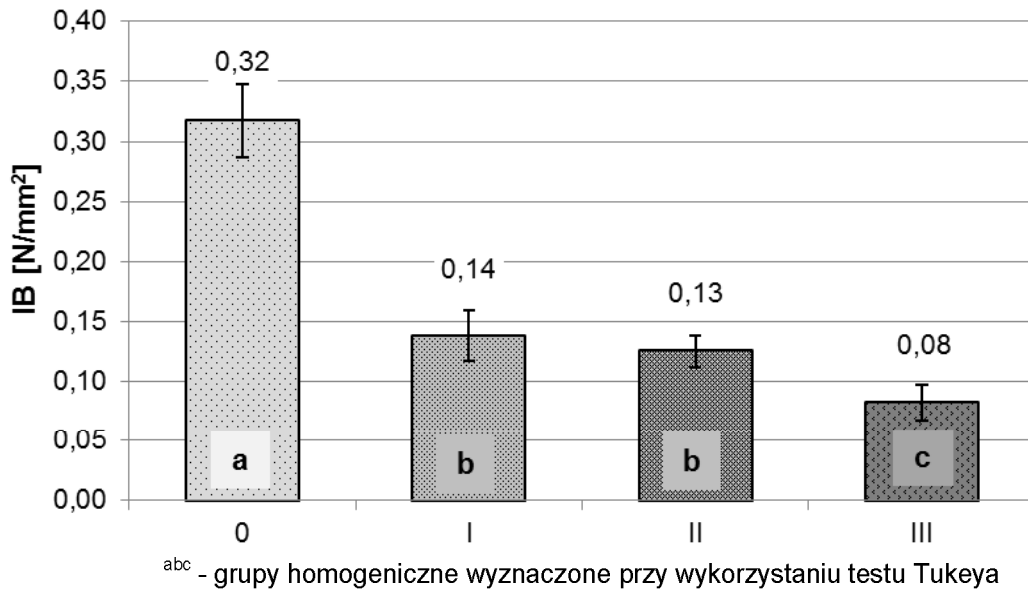
zaznaczyć, że różnice w wartościach MOR dla wariantów I, II i III były statystycznie nieistotne. Analogiczny spadek wartości odnotowano w przypadku MOE, przy czym był on statystycznie istotny jedynie w przypadku wariantów I i II w stosunku do wariantu 0. Wynosił on odpowiednio 24,3% (przy 10%-owym dodatku łuski) oraz 28,6% (przy 20%-owym dodatku łuski). Największy spadek wartości dla poszczególnych wariantów odnotowano w przypadku IB. W stosunku do wariantu 0 wynosił on odpowiednio 57,8% dla wariantu I, 62,1% dla wariantu II i 74,0% dla wariantu III.



Rys. 2. Wartości MOR badanych płyt
Fig. 2. MOR values of tested boards



Rys. 3. Wartości MOE badanych płyt
Fig. 3. MOE values of tested boards

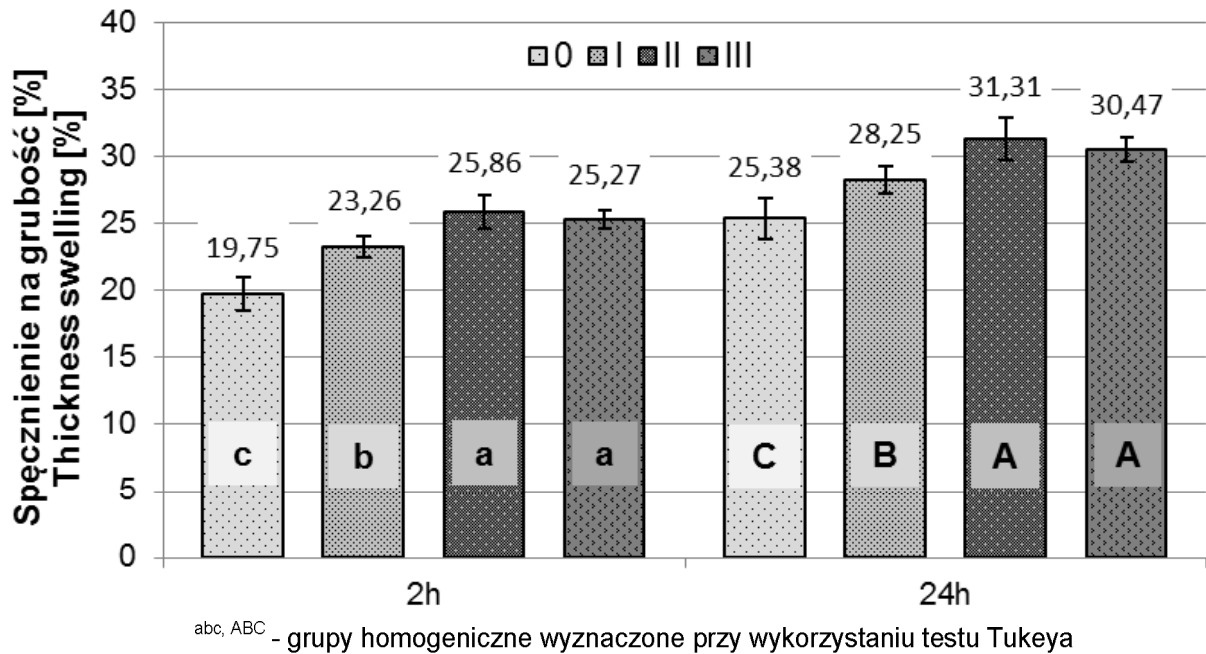


Rys. 4. Wartości IB badanych płyt
Fig. 4. IB values of tested boards

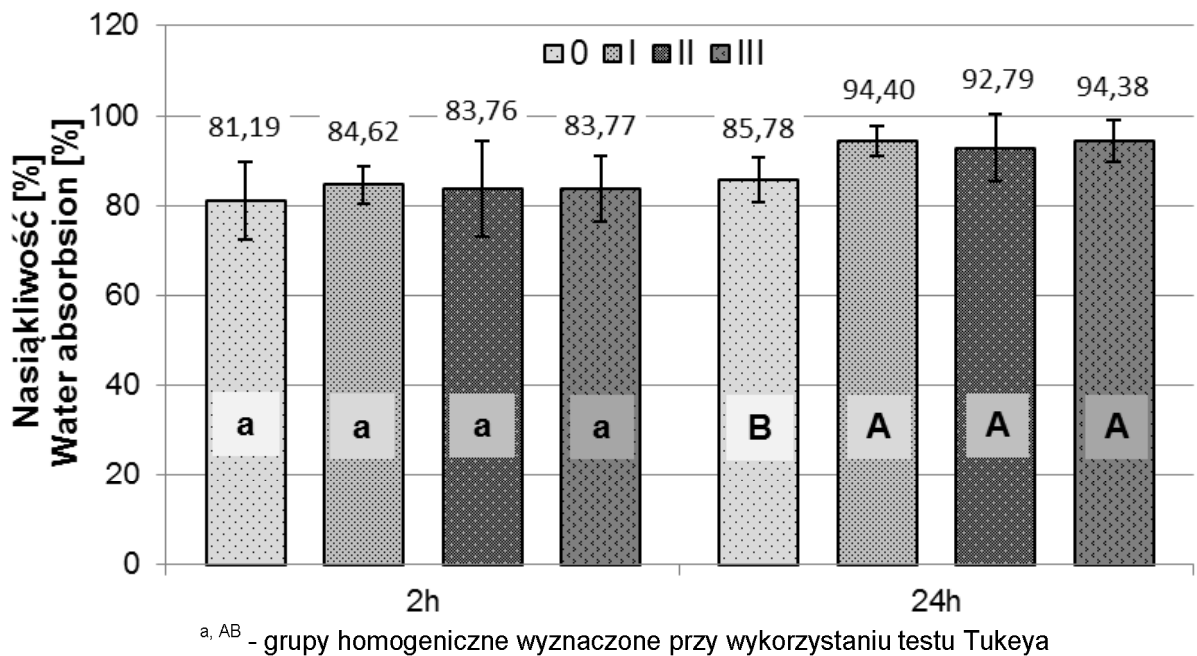
Spadek wartości poszczególnych właściwości wytrzymałościowych płyt wraz z dodatkiem łuski słonecznika wynikał prawdopodobnie z pogorszonej adhezji żywicy mocznikowo-formaldehydowej do wprowadzonych cząstek roślinnych (Zeleniuc i in. 2019). Powierzchnia łusek słonecznika pokryta jest substancjami olejnymi. Pestki słonecznika zawierają do 38% oleju (Podbielkowski 1989). Jego obecność utrudnia zwilżalność powierzchni cząstek przez roztwory wodne (w tym roztwór żywicy). Wzrost wartości MOR i MOE w przypadku wariantu III mógł być związany z kolei z poprawą równomierności rozłożenia łusek słonecznika w stosunku do wiórów drzewnych. Generalnie należy stwierdzić, że spadek wartości parametrów wytrzymałościowych wytworzonych płyt wraz ze wzrostem zawartości łusek słonecznika pokrywa się z doniesieniami innych autorów zajmujących się wykorzystaniem pozostałości przemysłu rolniczego przy wytwarzaniu płyt wiórowych (Nemli i in. 2003, Müller i in. 2012).

Wyniki badań właściwości fizycznych płyt przedstawiono na Rys. 5 i 6. Należy zaznaczyć, że w trakcie wytwarzania płyt nie stosowano środków hydrofobowych podnoszących ich odporność na działanie wody. Podobnie jak w przypadku właściwości wytrzymałościowych stwierdzono, że dodatek łusek słonecznika do warstwy środkowej płyt wiórowych wpłynął na ogół w sposób statystycznie istotny na pogorszenie parametrów fizyczny (TS, WA) w porównaniu z wariantem 0. W przypadku spęcznienia zarówno po 2 h jak i 24 h odnotowano wzrost wartości badanej cechy (zależnie od wariantu) o 12,4% do 30,6%. Wzrost spęcznienia związany jest z pogorszeniem spoistości cząstek lignocelulozowych wewnątrz płyty. Rozpatrując wartości nasiąkliwości jedynie po moczeniu przez 24h w wodzie zanotowano statystycznie istotne pogorszenie badanej cechy (o 8,9% do 10,0%). W odniesieniu do badanych parametrów warto również dodać, że ok. 80% końcowej wartości TS i ok. 90%

końcowej wartości WA uzyskano już po 2 h moczenia w wodzie. Uzyskane zależności są zbieżne z doniesieniami innych autorów zajmujących się wykorzystaniem pozostałości przemysłu rolniczego przy wytwarzaniu płyt wiórowych (Müller i in. 2012).



Rys. 5. Wartości TS badanych płyt
Fig. 5. TS values of tested boards



Rys. 6. Wartości WA badanych płyt
Fig. 6. WA values of tested boards

Analizując właściwości cieplne wytworzonych płyt (Tabela 2) można stwierdzić, że dodatek łusek słonecznika nie wpływa w statystycznie istotny sposób na zmianę wartości przewodności cieplnej. Z kolei statystycznie istotnym zmianom ulegają wartości objętościowej przewodności cieplnej oraz współczynnika wyrównywania temperatur. Należy jednak zaznaczyć, że wraz ze wzrostem udziału łuski słonecznika wartości badanych cech nie ulegają statystycznie istotnym wahaniom. Odnotowane zmiany mogą być związane z nierównomiernym rozłożeniem łusek słonecznika w strukturze płyty, co zostało odnotowane również w odniesieniu do wartości MOR i MOE. W odniesieniu do właściwości cieplnych płyt warto zaznaczyć, że materiały bazujące na pozostałościach rolniczych, przy odpowiednim doborze gęstości płyt, mogą być wykorzystane jako materiały izolacyjne (Sampathrajan i in. 1992, Tangjuank 2011).

Tabela 2. Wartości cieplne badanych płyt
Table 2. Thermal properties of tested boards

Wariant	Przewodność cieplna		Objętościowa pojemność cieplna		Współczynnik wyrównania temperatur	
	średnia	odch. st.	średnia	odch. st.	średnia	odch. st.
	W/mK		J/Km ³ × 10 ⁶		m ² /s × 10 ⁻⁶	
0	0,163 ^a	0,004	1,032 ^a	0,090	0,160 ^b	0,016
I	0,156 ^a	0,006	0,846 ^b	0,100	0,187 ^a	0,018
II	0,159 ^a	0,007	0,878 ^b	0,106	0,183 ^a	0,017
III	0,155 ^a	0,007	0,944 ^{ab}	0,104	0,167 ^{ab}	0,021

^{ab} - grupy homogeniczne wyznaczone przy wykorzystaniu testu Tukeya, odch. st. - odchylenie standardowe

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań trójwarstwowych płyt wiórowych z 10, 20 i 30% dodatkiem łusek słonecznika w warstwie środkowej zaklejonych żywicą UF stwierdzono, że:

1. Istnieje możliwość wykorzystania łusek słonecznika jako dodatku do warstwy wewnętrznej płyt wiórowych o przeznaczeniu niekonstrukcyjnym.
2. Dodatek łusek słonecznika do warstwy wewnętrznej płyt wiórowych wywiera niewielki wpływ na rozkład profilu gęstości.
3. Wzrost zawartości łusek słonecznika w warstwie wewnętrznej wpływa na spadek wartości właściwości wytrzymałościowych płyt.
4. Wzrost zawartości łusek słonecznika w warstwie wewnętrznej powoduje wzrost wartości spęcznienia na grubość i pogorszenie nasiąkliwości płyt.
5. Dodatek łusek słonecznika do warstwy wewnętrznej płyt nie wpływa na ich przewodność cieplną.
6. Wykorzystanie łusek słonecznika jako dodatku do produkcji płyt wiórowych wymaga doboru środków zaklejających wykazujących dobrą adhezję do powierzchni pokrytych substancjami olejnymi.

Literatura

Alma M.H., Kalaycioğlu H., Bektas I., Tutus A., 2005: Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products* 22(2), 141-149. DOI:10.1016/j.indcrop.2004.08.001

Auriga R., Borysiuk P., Smulski P., 2019: Drewno jabłoni pochodzące z rocznego cięcia pielęgnacyjnego jako dodatek surowcowy przy produkcji płyt wiórowych. *Biuletyn Informacyjny Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Przemysłu Płyt Drewnopochodnych w Czarnej Wodzie* 1-2, 17-24. DOI:10.32086/biuletyn.2019.02

Ayrilmis N., Kwon J.H., Han T.H., 2012: Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 38, 79-83. DOI:10.1016/j.ijadhadh.2012.04.008

Bekalo S.A., Reinhardt W.H., 2010: Fibers of coffee husk and hulls for the production of particleboard. *Materials and Structures* 43(8), 1049-1060. DOI:10.1617/s11527-009-9565-0

Borysiuk P., Jencyk-Tolloczko I., Auriga R., Kordzikowski M., 2019: Sugar beet pulp as raw material for particleboard production. *Industrial Crops and Products* 141, 111829. DOI:10.1016/j.indcrop.2019.111829

Carvajal O., Valdés J.L., Puig J., 1996: Bagasse particleboards for building purpose. *Holz als Roh- und Werkstoff* 54, 61-63. DOI:10.1007/s001070050136

Ciarka D., Gawronska H., Szawlowska U., Gawronski S.W., 2009: Allelopathic potential of sunflower. I. Effects of genotypes, organs and biomass partitioning. *Allelopathy Journal* 23(1), 95-109.

Cooper P.A., Balatinecz J.J., Flannery S.J., 1999: Agricultural waste materials for composites: a Canadian reality. *Global Panel Based Conference*, October 18-19, Kuala Lumpur, Malaysia

Çöpür Y., Güler C., Akgül M., Taşcıoğlu C., 2007: Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment* 42, 2568-2572. DOI:10.1016/j.buildenv.2006.07.011

Dukarska D., Łęcka J., Czarnecki R., 2012: The effect of wood chip substitution with evening primrose waste on properties of particleboards depending on the type of binding agent. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Wood Technology (EJPAU)* 15(2) # 05

Dziurka D., Mirski R., 2013: Lightweight boards from wood and rape straw particles. *Drewno Wood* 56(190), 19-32. DOI:10.12841/wood.1644-3985.051.02

Ghalehno M.D., Nazerian M., Bayatkashkooli A., 2011: Influence of utilization of bagasse in surface layer on bending strength of three-layer particleboard. *European Journal of Wood and Wood Products* 69(4), 533-535. DOI:10.1007/s00107-010-0441-y

Gonet Z., 1976: *Słonecznik pastewny*, PWRiL Warszawa

Gu J., Gao Z., 2002: A discussion on producing agro-residue composites with isocyanate resins. *Journal of Forest Research* 13(I), 74-76. DOI:10.1007/BF02857151

Guler C., Copur Y., Tascioglu C., 2008: The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips. *Bioresource Technology* 99(8), 2893-2897. DOI:10.1016/j.biortech.2007.06.013

Guler C., Ozen R., 2004: Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 62, 40-43. DOI:10.1007/s00107-003-0439-9

Guntekin E., Karakus B., 2008: Feasibility of using eggplant (*Solanum melongena*) stalks in the production of experimental particleboard. *Industrial Crops and Products* 27(3), 354-358. DOI:10.1016/j.indcrop.2007.12.003

Guntekin E., Uner B., Karakus B., 2009: Chemical composition of tomato (*Solanum lycopersicum*) stalk and suitability in the particleboard production. *Journal of Environmental Biology* 30(5), 731-734.

Gürü M., Tekeli S., Bilici I., 2006: Manufacturing of urea formaldehyde based composite particleboard from almond shell. *Materials & Design* 27(10), 1148-1151. DOI:10.1016/j.matdes.2005.03.003

Kalaycioğlu H., Nemli G., 2006: Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stalks. *Industrial Crops and Products* 24(2), 177-180. DOI:10.1016/j.indcrop.2006.03.011

Khedari J., Charoenvai S., Hirunlabh J., 2003: New insulating particleboards from durian peel and coconut coir. *Building and Environment* 38, 435-441. DOI:10.1016/S0360-1323(02)00030-6

Khristova P., Yossifov N., Gabir S., 1996: Particleboard from sunflower stalks: preliminary trials. *Bioresource Technology* 58(3), 319-321. DOI:10.1016/S0960-8524(96)00112-5

Kollmann F., 1966: *Holzspanwerkstoffe, Holzspanplatten und Holzspanformlinge rohstoffe, herstellung, plankosten qualitätskontrolle usw.* Springer, Berlin.

Kowaluk G., Pałubicki B., Frąckowiak I., Marchal R., Beer P., 2010: Influence of lignocellulosic particles on tribological properties of boards. *Holz als Roh- und Werkstoff* 68(1), 95-98. DOI:10.1007/s00107-009-0362-9

Müller Ch., Schwarz U., Thole V., 2012: Zur Nutzung von Agrar-Reststoffen in der Holzwerkstoffindustrie. *European Journal of Wood and Wood Products* 70, 587-594. DOI:10.1007/s00107-011-0589-0

Nemli G., Kalaycioğlu H., Alp T., 2001: Suitability of date palm (*Phoenix dactylifera*) branches for particleboard production. *Holz als Roh- und Werkstoff* 59(6), 411-412. DOI:10.1007/s00107-001-0257-x

Nemli G., Kirci H., Serdar B., Ay N., 2003: Suitability of kiwi (*Actinidia sinensis* Planch.) prunings for particleboard manufacturing. *Industrial Crops and Products* 17(1), 39-46. DOI:10.1016/S0926-6690(02)00057-2

Niemz P., 2003: *Physik des Holzes und Holzwerkstoffe.* DRW-Verlag

Ntalos G.A., Grigoriou A.H., 2002: Characterization and utilization of vine prunings as a wood substitute for particleboard production. *Industrial Crops and Products* 16(1), 59-68. DOI:10.1016/S0926-6690(02)00008-0

Papadopoulos A.N., Traboulay E.A., Hill C.A.S., 2002: One layer experimental particleboard from coconut chips - (*Cocos nucifera* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff* 60(6), 394-396. DOI:10.1007/s00107-002-0332-y

Podbielkowski Z., 1989: Słownik roślin użytkowych. PWRiL Warszawa

Rowell R.M., 1995: A new generation of composite materials from agro-based fiber. W: Prasad P.N., Mark J.E., Fai T.J., (edyt.) *Polymers and other advanced materials: emerging technologies and business opportunities*. Proc. 3rd Int. Conference on Frontiers of Polymers and Advanced Materials, January 16-20, Kuala Lumpur, Malaysia

Sampathrajan A., Vijayaraghavan N.C., Swaminathan K.R., 1992: Mechanical and thermal properties of particle boards made from farm residues. *Bioresource Technology* (40), 249-251. DOI:10.1016/0960-8524(92)90151-M

Seiler G.J., Gulya T.J., 2016: Sunflower: Overview. W: *Reference Module in Food Science*, Elsevier

Sekaluvu L., Tumutegereize P., Kiggundu N., 2013: Investigation of factors affecting the production and properties of maize cob-particleboards. *Waste and Biomass Valorization* 5(1), 27-32. DOI:10.1007/s12649-013-9228-9

Tangjuank S., 2011: Thermal insulation and physical properties of particleboards from pineapple leaves. *International Journal of Physical Sciences* 19(6), 4528-4532. DOI:10.5897/IJPS11.1057

Treusch O., Tröger F., Wegener G., 2004: Einfluss von Rohdichte und Bindemittelmenge auf das Rohdichteprofil von einschichtigen Spanplatten, *Holz als Roh- und Werkstoff* 62, 474- 475. DOI: 10.1007/s00107-004-0510-1

Tröger F., Wegener G., Seemann C., 1998: Miscanthus and flax as raw material for reinforced particleboards. *Industrial Crops and Products* 8(2), 113-121. DOI:10.1016/S0926-6690(97)10017-6

Wang D., Sun X.S., 2002: Low density particleboard from wheat straw and corn pith. *Industrial Crops and Products* 15(1), 43-50. DOI:10.1016/S0926-6690(01)00094-2

Wong E., Zhang M., Wang Q., Kawai S., 1999: Formation of the density profile and its effects on the properties of particleboard. *Wood Science and Technology* 33, 327-340. DOI:10.1007/s002260050119

Xu J., Sugawara R., Widyorini R., Han G., Kawai S., 2004: Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core. *Journal of Wood Science* 50, 62-67. DOI: 10.1007/s10086-003-0522-1

Yalinkiliç M.K., Imamura Y., Takahashi M., Kalaycioğlu H., Nemli G., Demirci Z., Özdemir T., 1998: Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from

waste tea leaves. *International Biodeterioration & Biodegradation* 41(1), 75-84.
DOI:10.1016/S0964-8305(98)80010-3

Zabaniotou A.A., Kantarelis E.K., Theodoropoulos D.C., 2008: Sunflower shells utilization for energetic purposes in an integrated approach of energy crops: Laboratory study pyrolysis and kinetics. *Bioresource Technology* 99(8), 3174-3181.
DOI:10.1016/j.biortech.2007.05.060

Zeleniuc O., Brenci L.M., Cosoreanu C., Fotin A. 2019: Influence of adhesive type and content on the properties of particleboard made from sunflower husks. *BioResources* 14(3), 7316-7331. DOI:10.15376/biores.14.3.7316-7331

Wykaz norm

PN-EN 310:1994 Płyty drewnopochodne - Oznaczenie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie

PN-EN 317:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe - Oznaczanie 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

Źródła internetowe

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (dokument elektroniczny, stan na dzień 01.10.2019)

http://www.rolnikszukaceny.pl/rynek_roslin_oleistych.php?art=238& (dokument elektroniczny, stan na dzień 24.04.2020)

Artykuł recenzowany / Reviewed paper

Zgłoszony / Submitted: 05.05.2020

Opublikowany online / Published online: 03.07.2020