



## Wykorzystanie kory jako wypełniacza żywic w produkcji sklejk

### The application of bark particles as a filler for adhesives in plywood manufacturing - a review

Jakub Kawalerczyk<sup>a,\*</sup>, ORCID: 0000-0002-5539-1841  
Joanna Siuda<sup>a</sup>, ORCID: 0000-0002-8365-3714  
Marcin Kuliński<sup>a</sup>,  
Dorota Dziurka<sup>a</sup>, ORCID: 0000-0001-6197-7825  
Radosław Mirski<sup>a</sup>, ORCID: 0000-0002-4881-579X

<sup>a</sup>Katedra Tworzyw Drzewnych, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, Polska

\*Osoba do korespondencji: [jakub.kawalerczyk@up.poznan.pl](mailto:jakub.kawalerczyk@up.poznan.pl)

---

#### Streszczenie

Sklejka jest tworzywem o szerokim zastosowaniu wynikającym z jej bardzo dobrych właściwości mechanicznych. Z uwagi na powszechność jej wykorzystania na całym świecie trwają badania dotyczące możliwości poprawy niektórych właściwości. Jednym z nurtów badawczych, zyskujących popularność w ostatnich latach są prace dotyczące zagospodarowania dużych ilości kory, stanowiącej odpad przemysłu tartaczno-gazowego jako wypełniacza żywic w produkcji sklejk. Celem pracy było podsumowanie wybranych światowych osiągnięć w zakresie wytwarzania sklejek, z wykorzystaniem mieszanin klejowych zawierających w swym składzie cząstki zmielonej kory różnego gatunku drzew.

#### Abstract

A plywood is an example of wood-based materials having a wide application resulting from its good mechanical properties. There are many ongoing studies concerning the possibilities of improving plywood's properties. In recent years there were many conducted research regarding the application of a great amount of bark from woodworking industry as a filler for adhesives in plywood manufacturing. Thus, the aim of the study was to summarize the worldwide research on the production of plywood glued with the resins having the grinded bark particles included in their compositions.

**Słowa kluczowe:** kora, sklejka, kleje, wypełniacz

**Keywords:** bark, plywood, adhesives, filler

## **Wprowadzenie**

Sklejka jest cenionym tworzywem, od lat znajdującym zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu. Powstaje ona poprzez sklejenie ze sobą warstw fornirowanych tak, aby włókna sąsiadujących arkuszy przebiegały względem siebie prostopadle. W procesie produkcji sklejki szczególnie istotnym parametrem jest lepkość zastosowanej żywicy. Środek wiążący o nieodpowiednim poziomie lepkości może powodować problemy na etapie aplikacji spływając w zagłębienia pofalowanego forniru, podczas prasowania, a także negatywnie wpływać na właściwości mechaniczne wytworzonego materiału (Kawalerczyk i in. 2020a). Oprócz dostosowania właściwości reologicznych kleju wypełniacze mogą być dodawane w celu obniżenia kosztów materiałowych, zmniejszenia ilości emitowanego formaldehydu (HCHO) oraz ograniczenia wnikania żywicy w powierzchnię porowatego forniru (Bekhta i in. 2019). Zdaniem Hogger i in. (2020) wypełniacze można podzielić na lignocelulozowe (np. łupiny orzechów, kokosów, łuska ryżowa) oraz na nieorganiczne (np. biel tytanowa, sepiolit, haloizyt, krzemionka).

Interesującym przykładem wypełniacza żywic stosowanych w produkcji sklejki jest również zmielona kora. Przemysł drzewny, a w szczególności przemysł tartaczny generuje jej bardzo duże ilości, m.in. w procesie korowania kłód. Według Pasztory i in. (2016) światowa roczna produkcja kory wynosi ok. 359 114 200 m<sup>3</sup>. Jest ona źródłem wielu substancji chemicznych takich jak garbniki, barwniki, glikozydy czy alkaloidy. Jej niektóre gatunki, takie jak np. kora dębu znalazły zastosowanie w dermatologii ze względu na działalność przeciwdrobnoustrojową oraz przeciwwołnorośnikową. Przemysłowo znajduje ona nadal stosunkowo niewiele zastosowań i wciąż wykorzystywana jest głównie jako źródło energii w procesie spalania oraz do ściółkowania w ogrodnictwie (utrzymuje wilgotność oraz obniża pH gleby) (Szwajkowska-Michalek i in. 2019).

Od lat trwają nieustanne badania dotyczące możliwości aplikacji niezagospodarowanej dotychczas kory w przemyśle tworzyw drzewnych, jako surowca do produkcji materiałów płytowych. Blanchet i in. (2000) badali możliwość wytwarzania płyt wiórowych ze zmielonej kory świerkowej. Płyty spełniły wymagania norm dotyczące wytrzymałości, jednakże najlepsze właściwości uzyskano przy częściowej substytucji wiórów drzewnych (50%). W kontynuacji swojej wcześniejszej pracy Blanchet i in. (2008) stwierdzili, że istnieje możliwość wytwarzania płyt z kory o grubości 16 mm charakteryzujących się krótkim czasem prasowania oraz dobrą wytrzymałością na rozciąganie. Zwrócili jednakże uwagę na konieczność dalszych badań dotyczących możliwości uszlachetniania oraz oklejania takich płyt. W swoich badaniach Pedieu i in. (2009) badali możliwość wytwarzania trójwarstwowych materiałów, których zarówno warstwy zewnętrzne, jak i warstwa

wewnętrzna zostały wykonane z mieszaniny włókien drzewnych oraz kory brzozonej. Badania pokazały, iż najlepszymi właściwościami mechanicznymi charakteryzowały się płyty z 25%-owym udziałem włókien w warstwach zewnętrznych oraz 9%-owym udziałem w warstwie wewnętrznej. Sahin i Harslan (2011) na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że istnieje możliwość wytwarzania płyt z kory, jednakże wiąże się to ze zwiększeniem stopnia zaklejenia oraz zwiększeniem temperatury prasowania. Medved i in. (2019) odnotowali, iż płyty charakteryzujące się udziałem kory do 50% wykazują zwiększoną wytrzymałość na rozciąganie, ograniczone spęcznienie oraz zmniejszoną emisję formaldehydu. Wyniki badań Tudor i in. (2020a) potwierdzają pozytywny wpływ dodatku kory na ilość emitowanego formaldehydu na przykładzie wytworzonych płyt z kory modrzewia. Mahieu i in. (2019) zwrócili uwagę na możliwość zastosowania kory do produkcji tworzyw izolacyjnych. Płyty wiórowe o grubości 19 mm i częściowej substytucji wiórów z wykorzystaniem kory świerkowej posiadają większą zdolność absorpcji dźwięku w porównaniu do np. płyt OSB, tradycyjnych płyt wiórowych, płyt MDF czy sklejki topolowej (Tudor 2020b). Ponadto Pasztory i in. (2017) stwierdzili, że materiały wytworzone z kory charakteryzują się przewodnością cieplną zbliżoną do stosowanych materiałów izolacyjnych. Autorzy podkreślili, że istotną zaletą takich płyt jest o 70% zmniejszona emisja szkodliwych emisji HCHO.

Nadprodukcja kory w skali światowej powoduje, iż trwają nieustanne badania dotyczące nowych perspektyw jej efektywnego zagospodarowania. Celem niniejszej pracy było zaprezentowanie dotychczasowych wyników badań dotyczących wykorzystania kory jako wypełniacza żywic w produkcji sklejki.

### **Wykorzystanie kory jako wypełniacza żywic - wiadomości ogólne**

Kora jest tkanką okrywającą pnie drzew znacznie różniącą się od drewna zarówno ze względu na budowę anatomiczną oraz skład chemiczny. Kora w swoim składzie zawiera substancje węglowodanowe takie jak celuloza, hemicelulozy, pektyny, gumy drzewne. Ponadto charakteryzuje się ona wysoką zawartością substancji aromatycznych i fenolowych np. ligniny. To właśnie ona nadaje jej odporność na działanie wody oraz rozpuszczalników organicznych. Ponadto w swym składzie kora zawiera również suberynę, garbniki, flobafeny i garbniki, woski, terpeny oraz tłuszcze roślinne (Surmiński 1995, Prosiński 1969). Wskutek wysokiej zawartości ligniny kora jest łamliwa oraz krucha. Pęcznieje dużo bardziej niż drewno oraz charakteryzuje się nieco niższą wartością opałową (Surmiński 1995, Raczkowski 1979).

Badania przedstawione przez Eberhardta i in. (2007) sugerują, iż odpowiednio przygotowana kora sosnowa o wyselekcjonowanej wielkości cząstek może być z powodzeniem wykorzystywana w procesie wytwarzania sklejki. Staranne przeprowadzenie procesów przygotowania kory przyczyniają się również do zmniejszenia ilości popiołu ze względu na zmniejszenie ilości zanieczyszczeń w przemysłowo otrzymywanych

próbkach kory. Ponadto jej przesiewanie prowadzi również do uzyskania wypełniacza o większej zawartości tkanki perydermy mającej pozytywny wpływ na właściwości materiału (Erberhardt and Reed 2005). Stwierdzono, iż wykorzystanie kory sosnowej prowadzi do otrzymywania sklejek o dobrych właściwościach, porównywalnych do właściwości sklejek wytwarzanych z udziałem odpadów z produkcji furfuralu (Erberhardt i in. 2006).

Kora w swoim składzie chemicznym zawiera dużą ilość substancji ekstrakcyjnych oraz ligniny w porównaniu do drewna. Garbniki skondensowane z łatwością reagują z formaldehydem zarówno w środowisku zasadowym, jak i kwasowym (Jahanshaei i in. 2012). Istnieją również przesłanki, aby twierdzić, iż lignina także wykazuje zdolność do reagowania z formaldehydem (Tanase i in. 2019). Ponadto poprawa wytrzymałości spoin na ścinanie również może wynikać ze składu chemicznego kory. Grupy rodnikowe obecne w taninach reagują z grupą hydroksymetylową i formaldehydem, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia stopnia usieciowania żywicy (Gangi i in. 2013).

Wśród trudności związanych z przemysłowym wykorzystaniem kory wymienia się przede wszystkim jej zróżnicowanie pod względem składu chemicznego. Substancje ekstrakcyjne zawarte w jej strukturze różnią się zarówno pod względem charakteru, jak i ilościowego występowania. Czynniki determinującymi jej właściwości mogą być również: gatunek kory, pochodzenie warstwy zewnętrznej lub wewnętrznej, warunków siedliskowych oraz wieku drzew (Surmiński 1995).

### **Kora jako wypełniacz żywicy fenolowo-formaldehidowej**

Zdaniem Sellersa (1985) już w latach siedemdziesiątych na zachodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych zaczęto poszukiwania alternatywnych wypełniaczy ze względu na bardzo dynamiczny rozwój produkcji sklejk. Postanowiono wykorzystywać odpad przemysłu tartaczego jakim była kora olchy. Podjęto również próbę wykorzystania kory sosnowej jako wypełniacza żywicy fenolowo-formaldehidowej (PF), jednakże jej dodatek spowodował znaczne obniżenie wytrzymałości spoin.

Badania dotyczące zastosowania kory w charakterze wypełniacza żywic stosowanych w produkcji sklejk mają zasięg światowy. Naukowcy z Indonezji badali możliwość zastosowania cząstek kory lokalnych roślin: cedreli chińskiej (*Toona sinensis*), Kadamby (*Anthocephalus cadamba*) oraz gmeliny (*Gmelina arborea*) o wielkościach w zakresie wymiarowym nanocząstek jako wypełniacza żywicy PF (Sutrisno i in. 2020). Najkorzystniejsze wyniki jakości sklejania uzyskano w przypadku zastosowania kory kadamby jako nanowypełniacza w produkcji sklejk wytwarzanej z fornirow kauczukowca brazylijskiego oraz cedreli chińskiej. Marbun i in. (2020) badali możliwość wykorzystania kory roślin: octomeles (*Octomeles sumatrana*) oraz duabanga (*Duabanga moluccana*) jako wypełniaczy żywicy PF w produkcji klejonego drewna do zastosowań konstrukcyjnych. Na podstawie przeprowadzonych testów stwierdzono, iż zastosowane wypełniacze przyczyniły

się do wytwarzania materiałów o lepszej jakości sklejenia, charakteryzujących się rzadziej występującą delaminacją.

### **Kora jako wypełniacz żywicy mocznikowo-formaldehydowej**

Aydin i in. (2017) prowadzili badania dotyczące zastosowania kory orzecha włoskiego, kasztanowca, jodły oraz świerku jako wypełniacza żywicy mocznikowo-formaldehydowej (UF). Badania pokazały, iż dodatek dwóch gatunków kory (kasztanowca oraz jodły) wpłynął na znaczne obniżenie emisji formaldehydu w porównaniu do próby kontrolnej z mąką pszenną. Wyniki wytrzymałości spoin na ścinanie potwierdziły pozytywny wpływ zastosowania kory kasztanowca oraz jodły - jakość sklejenia była wyższa niż w przypadku próby kontrolnej. Zastosowanie pozostałych gatunków doprowadziło do obniżenia wytrzymałości spoin, jednakże wszystkie przekroczyły wartość 1 N/mm<sup>2</sup>. Natomiast wytrzymałość na zginanie sklejki wytworzonej z udziałem kory świerkowej obniżyła się w porównaniu do próby kontrolnej o 3%, ale w przypadku pozostałych wariantów zastosowanych mieszanin klejowych wzrosła. Najkorzystniejsze wartości osiągnięto po dodaniu kory jodły. Podobną tendencję zauważono w przypadku modułu sprężystości (MOE) - sklejki wytworzone z udziałem kory jodły osiągnęły najwyższą wartość MOE. Zastosowanie pozostałych gatunków kory również miał pozytywny wpływ na właściwości sprężyste materiału. Niezależnie od gatunku nie miał on jednak wpływu na gęstość i wilgotność równowagową wytworzonych sklejek (Aydin i in. 2017, Kim i in. 2003).

Słowaccy naukowcy prowadzą badania dotyczące wykorzystania kory bukowej jako wypełniacza żywicy UF. Reh i in. (2019) badali wpływ zastąpienia mąki pszennej cząstkami zmielonej kory na przepływ temperatury w sklejce. Na podstawie wyników pomiaru czasu potrzebnego do osiągnięcia 105°C w środkowej spoinie stwierdzono, że przewodnictwo cieplne uzależnione jest od ilości dodawanego wypełniacza. Przepływ temperatury był szybszy w przypadku dodatku 10-cio i 15%-ego kory, jednakże dalszy wzrost jej udziału spowodował wydłużenie się czasu przegrzewania. Zdaniem Autorów, duża ilość hydrofilowej kory wiąże wodę zawartą w mieszaninie klejowej, przez co nie jest ona absorbowana w głąb forniru, a w konsekwencji czas przepływu ciepła się wydłuża. Na podstawie obserwacji obrazu mikroskopowego stwierdzono, że cząstki kory są równomiernie rozmieszczone w kleju i nie odnotowano formowania się tzw. aglomeratów. Jest to szczególnie istotne, gdyż wypełniacze są nośnikami naprężeń w spoinie, a ich koncentracja w pewnych punktach może obniżać wytrzymałość spoiny (Kawalerczyk i in. 2020b). Sklejki wytwarzane z dodatkiem kory bukowej charakteryzowały się wytrzymałością na zginanie i modułem sprężystości zbliżonym do próby kontrolnej oraz nieco obniżoną wytrzymałością spoiny na ścinanie. Ponadto zastosowanie kory prowadzi do znacznego obniżenia ilości emitowanego formaldehydu od 12,3% do 25%, w zależności od ilości wprowadzanego wypełniacza. Ruziak i in. (2017) również zaobserwowali obniżenie emisji HCHO na poziomie 46-75%. Ponadto, autorzy stwierdzili, iż dodatek kory bukowej

spowodował znaczny wzrost spęcznienia sklejki na grubość, jednakże nie prowadził do istotnych statystycznie zmian w nasiąkliwości wytworzonych tworzyw.

Mirski i in. (2019) badali wpływ dodatku kory brzozonej do żywicy UF na właściwości wytworzonej sklejki. Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, iż dodatek kory znacząco wpływa na lepkość kleju. Porównując pod tym względem mieszaniny zawierające takie same ilości mąki żytniej oraz kory, stwierdzono, że żywica zawierająca korę charakteryzowała się niższą lepkością. Wytrzymałość na ścinanie spoin zawierających 20% kory osiągnęła wartości zbliżone do próby kontrolnej. Warianty zakładające dodatek 15% oraz 25% badanego wypełniacza cechowała jakość sklejania niższa w porównaniu do sklejek referencyjnych. W każdym z wariantów zawierających korę odnotowano natomiast obniżenie ilości emitowanego formaldehydu. Kontynuacja badań polegała na zbadaniu wpływu wielkości cząstek wprowadzanego wypełniacza na właściwości żywicy oraz sklejki (Mirski i in. 2020). Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono, iż zastosowanie różnych frakcji wymiarowych wypełniaczy nie wpłynęło na właściwości żywicy UF takie jak pH, umowna zawartość suchej substancji czy czas żelowania. Dodatek kory brzozonej wpłynął pozytywnie na obniżenie ilości emitowanego formaldehydu, jednakże stwierdzono, iż nie występuje zależność pomiędzy wielkością cząstek kory, a wynikami emisji HCHO. Frakcja wymiarowa miała jednak wpływ na właściwości mechaniczne oraz wytrzymałość na ścinanie spoin. Analizując otrzymane wyniki wykazano, iż najkorzystniejszy efekt dodatku kory osiągnięto w przypadku zastosowania frakcji 0,315 mm × 0,315 mm.

## **Podsumowanie**

Tworzywa drzewne od lat zyskują coraz szersze zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. W związku z rosnącym popytem na materiały drewnopochodne, wzrasta również zapotrzebowanie na środki wiążące. W produkcji sklejki konieczna jest regulacja lepkości mieszaniny klejowej poprzez dodatek różnego rodzaju wypełniaczy. Interesującym nurtem badawczym jest możliwość zagospodarowania w ten sposób kory pochodzącej z przemysłu tartaczego. Na podstawie analizy dotychczasowych doniesień można stwierdzić, że wykorzystanie cząstek zmielonej kory prowadzi do wytwarzania sklejki o dobrych właściwościach fizykomechanicznych. Ponadto, z uwagi na zaostrzające się regulacje dotyczące emisji formaldehydu istotnym jest, że dzięki wysokiej zawartości substancji ekstrakcyjnych w korze, wpływa ona pozytywnie na zmniejszenie poziomu emisji szkodliwych związków. Omówione w pracy wyniki zestawiono w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Tabelaaryczne podsumowanie analizowanych prac  
**Table 1.** The tabular summary of analyzed research

Gatunek pozyskanej kory	Wpływ na emisję formaldehydu	Wpływ na wytrzymałość spoin	Autorzy
<b>Wypełniacze żywicy PF</b>			
Sosna	-	Obniżenie wytrzymałości	Sellers (1985)
Octomeles	-	Wzrost wytrzymałości	Marbun i in. (2020)
Duabanga	-	Wzrost wytrzymałości	
<b>Wypełniacze żywicy UF</b>			
Orzech włoski	Niewielki wzrost emisji	Obniżenie wytrzymałości	Aydin i in. (2017)
Kasztanowiec	Obniżenie emisji	Wzrost wytrzymałości	
Jodła	Obniżenie emisji	Wzrost wytrzymałości	
Świerk	Niewielkie obniżenie emisji	Niewielkie obniżenie wytrzymałości	
Buk	Obniżenie emisji	Obniżenie wytrzymałości	Reh i in. (2019); Ruziak i in. (2017)
Brzoza	Obniżenie emisji	Obniżenie wytrzymałości	Mirski i in. (2019); Mirski i in. (2020)

- oznacza brak danych

### Podziękowania

Praca stanowi część badań finansowanych z projektu finansowanego z środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach grantu BIOSTRATEG3/344303/14/NCBR/2018.

### Literatura

Aydin I., Demirkir C., Colak S., Colakoglu G., 2017: Utilization of bark flours as additive in plywood manufacturing. *European Journal of Wood and Wood Products* 75, 63-69. DOI: 10.1007/s00107-016-1096-0

Bekhta P., Sedliacik J., Kacik F., Noshchenko G., Kleinova A., 2019: Lignocellulosic waste fibers and their application as a component of urea-formaldehyde adhesive composition in the manufacture of plywood. *European Journal of Wood and Wood Products* 77, 498-509. DOI: 10.1007/s00107-019-01409-8

Blanchet P., Cloutier A., Riedl B., 2000: Particleboard made from hammer milled black spruce bark residues. *Wood Science and Technology* 34: 11-19.

Blanchet P., Cloutier A., Riedl B., 2008: Bark particleboard: pressing time, particle geometry and melamine overlay. *The Forestry Chronicle* 84(2): 244-250.

Eberhardt T., Reed K.G., 2005: Grinding and classification of pine bark for use as plywood adhesive filler. *Proc. 13th ISWFPC; Pre-Symposium: Chemistry and Performance of Composites Containing Wood and Natural Plant Fibres*. Appita Inc., Carlton, Australia: 109-113.

Eberhardt T., Reed K.G., 2006: Strategies for improving the performance of plywood adhesive mix fillers from southern yellow pine bark. *Forest Products Journal* 56(10), 64-68.

Eberhardt T., Reed K.G., So C-L., 2007: Partitioning of pine bark components to obtain a value-added product for plywood manufacture. *Symposium: Advanced Biomass Science and Technology for Bio-Based Products*. Beijing, China.

Gangi M., Tabarsa T., Sepahavand S., Asghari J., 2013: Reduction of formaldehyde emission from plywood. *Journal of Adhesion Science and Technology* 27(13), 1407-1417. DOI: 10.1080/01694243.2012.739016

Hogger E., Van Herwijnen H.G.W., Moser J., Kantner W., Konnerth J., 2020: Systematic assessment of wheat extenders in condensation resins for plywood production: Part I - physico-chemical adhesive properties. *The Journal of Adhesion*. DOI: 10.1080/00218464.2020.1776123

Jahanshaei S., Tabarsa T., Asghari J., 2012: Eco-friendly tannin-phenol formaldehyde resin for producing wood composites. *Pigment & Resin Technology*. DOI: 10.1108/03699421211264857

Kawalerczyk J., Dziurka D., Mirski R., Szentner K., 2020a: Properties of plywood produced with urea-formaldehyde adhesive modified with nanocellulose and microcellulose. *Drvna Industrija* 71(1), 61-67. DOI: 10.5552/drvind.2020.1919

Kawalerczyk J., Dziurka D., Mirski R., Siuda J., Szentner K., 2020b: The effect of nanocellulose addition to phenol-formaldehyde adhesive in water-resistant plywood manufacturing. *BioResources* 15(3), 5388-5401. DOI: 10.15376/biores.15.3.5388.5401

Kim S., Lee Y.K., Kim H.J., Lee H.H., 2003: Physico-mechanical properties of particleboards bonded with pine and wattle tannin-based adhesives. *Journal of Adhesion Science and Technology* 41(5), 296-301.

Mahieu A., Alix S., Leblanc N., 2019: Properties of particleboard made of agricultural by-products with a classical binder of self-bound. *Industrial Crops & Products* 130, 371-379. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.12.094

Marbun S.D., Wahyudi I., Suryana J., Nawawi D.S., 2020: Bonding strength of benuang and duabanga glulams using their barks as phenol-formaldehyde filler. *Applied Adhesion Science* 8(3), 1-12. DOI: 10.1186/s40563-020-00126-3

Medved S., Tudor E.M., Barbu M.C., Antonovic A., 2019: Efficiency of bark for reduction of formaldehyde emission from particleboards. *Wood Research* 64(2), 307-316.

Mirski R., Kawalerczyk J., Dziurka D., Trociński A., 2019: The possibility of using birch bark as a filler for urea-formaldehyde adhesive in plywood production. *Northern European Network for Wood Science and Engineering*, Lund, Szwecja.

Mirski R., Kawalerczyk J., Dziurka D., Wieruszewski M., Trociński A., 2020: Effects of using bark particles with various dimensions as a filler for urea-formaldehyde resin in plywood. *BioResources* 15(1), 1692-1701. DOI: 10.15376/biores.15.1.1692-1701



Paszty Z., Mohacsine I.R., Borcsok Z., 2017: Investigation on thermal insulation panels made of black locust tree bark. *Construction and Building Materials* 147, 733-735. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.204

Paszty Z., Mohacsine I.R., Gorbacheva G., Borcsok Z., 2016: The utilization of tree bark. *BioResources* 11(3), 7859-7888. DOI: 10.15376/biores.11.3.Paszty

Pedieu R., Riedl B., Pichette A., 2009: Properties of mixed particleboard based on white birch (*Betula papyrifera*) inner bark particles and reinforced with wood fibres. *European Journal of Wood and Wood Products* 67, 95-101. DOI: 10.1007/s00107-008-0297-6

Prosiński S., 1969: *Chemia drewna*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Raczkowski J., 1979: Swelling properties of bark. *Wood Science and Technology* 13, 1979.

Reh R., Igaz R., Kristak L., Ruziak I., Gajtanska M., Bozikova M., Kucerka M., 2019: Functionality of beech bark in adhesive mixtures used in plywood and its effect on the stability associated with material system. *Materials* 12, 1298. DOI: 10.3390/ma12081298

Ruziak I., Igaz R., Kristak L., Reh R., Mitterpach J., Ockajova A., Kucerka M., 2017: Influence of urea-formaldehyde adhesive modification with beech bark on chosen properties of plywood. *BioResources* 12(2), 3250-3264.

Sahin H.T., Arslan M.B., 2010: Weathering performance of particleboards manufactured from blends of forest residues with Red pine (*Pinus brutia*) wood. *Maderas Ciencia y Tecnologia* 13(3), 337-346. DOI: 10.4067/s0718-221X2011000300009

Sellers T., 1985: *Resins in plywood and adhesive technology*. Taylor and Francis, Nowy Jork.

Surmiński J., 1996: *Kora budowa anatomiczna, skład chemiczny, możliwości wykorzystania*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań.

Sutrisno, Widyorini R., Syamsudin S.T., Alamsyah E.M., Purwasmita B.S., 2020: Bonding strength of plywood bonded using phenol formaldehyde mixed with wood bark powder nanofiller. *Journal of the Indian Academy of Wood Science* 17(1), 21-33. DOI: 10.1007/s13196-019-00250-z

Szwajkowska-Michałek L., Rogoziński T., Stuper-Szablewska K., 2019: Zawartość steroli w korze po procesie wysokotemperaturowego suszenia tarcicy w komorowych suszarkach konwekcyjnych. *Sylwan* 163(7), 610-616. DOI: 10.26202/sylwan.2019016

Tanase C., Mocan A., Cosarca S., Gavan A., Nicolescu A., Gheldiu A.-M., Vondar D.C., Muntean D.-L., Crisan O., 2019: Biological and chemical insights of beech (*Fagus sylvatica* L.) bark: A source of bioactive compounds with functional properties. *Antioxidants* 8, 417. DOI: 10.3390/antiox8090417

Tudor E.M., Barbu C.M., Petutschnigg A., Reh R., Kristak L., 2020a: Analysis of larch-bark capacity for formaldehyde removal in wood adhesives. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, 764. DOI: 10.3390/ijerph17030764

Tudor E.M. Dettendorfer A., Kain G., Barbu M.C., Reh R., Kristak L., 2020b: Sound-absorption coefficient of bark-based isolation panels. *Polymers* 12, 1012. DOI: 10.3390/polym12051012

---

*Artykuł recenzowany / Reviewed paper*

*Zgłoszony / Submitted: 05.11.2020*

*Opublikowany online / Published online: 30.12.2020*