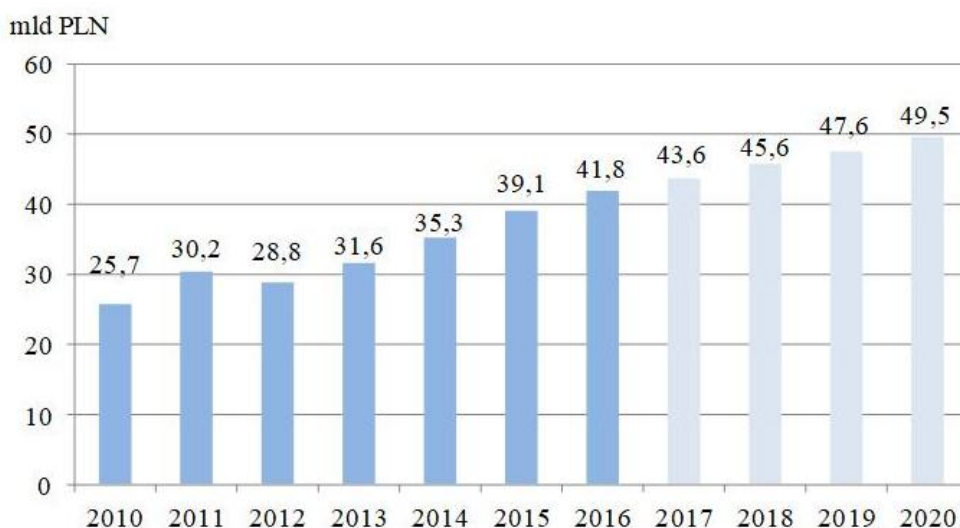


Analiza wpływu okresu sezonowania płyt wiórowych na ich właściwości mechaniczne

Słowa kluczowe: płyty wiórowe, sezonowanie, właściwości mechaniczne

Key words: particleboards, storage, mechanical properties

Polska znajduje się w światowej czołówce producentów mebli pod względem wartości produkcji oraz eksportu mebli. Przemysł meblowy jest jednym z najważniejszych obszarów gospodarki w Polsce. Sytuacja tej gałęzi przemysłu od wielu lat utrzymuje się na bardzo dobrym poziomie, a wartość sprzedanych mebli wykazuje tendencję wzrostową [Chmieliński i in. 2016]. Na wykresie 1. zobrazowano wartość sprzedanych mebli w Polsce w latach 2010-2016 oraz wartość prognozowanej sprzedaży w latach 2017-2020, na podstawie średniorocznego tempa zmian w oparciu o dane Głównego Urzędu Statystycznego bazy Euro-monitor International.



Wykres 1. Wartość sprzedanych mebli w Polsce

[<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pl/pdf/2017/06/pl-Raport-KPMG-Rynek-meblarski-w-Polsce-2017.pdf>]

* inż. Eliza Lieber, inż. Dariusz Pawlak,
dr inż. Piotr Boruszewski, (0 22) 59 385 28, piotr_boruszewski@sggw.pl
Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym,
Wydział Technologii Drewna SGGW w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159/34, 02-776 Warszawa

Produkowane w Polsce meble to w większości produkty do samodzielnego montażu, wykonane z tworzyw drewnopochodnych. Do produkcji elementów meblowych wykorzystuje się głównie płyty wiórowe, płyty komórkowe i płyty pilśniowe produkowane metodą suchą.

Należy zaznaczyć, że w 2016 roku w Polsce wyprodukowano łącznie ponad 10 mln m³ tworzyw drzewnych i był to wzrost o 123% w stosunku do roku 2000. Na świecie Polska zajmuje siódmą pozycję pod względem wielkości produkcji tworzyw drzewnych, natomiast w Europie drugą (dane z 2016 roku). Około 53% produkowanych w Polsce tworzyw drzewnych stanowią płyty wiórowe - to z nich najczęściej powstają meble, 35% stanowi produkcja płyt włóknistych suchoformowanych, 9% przypada na produkcję płyt pilśniowych produkowanych metodą moką, natomiast zaledwie 4% przypada na produkcję tworzyw warstwowych. Z przedstawionych danych jednoznacznie wynika, że płyty wiórowe są podstawowym materiałem do produkcji mebli w Polsce. W 2016 roku w naszym kraju wyprodukowano łącznie aż 5390 tys. m³ tego typu tworzyw [www.fao.org/faostat].

Wzrastające zainteresowanie polskimi meblami, wymaga zwiększenia ich produkcji, co z kolei wiąże się z koniecznością rozwoju branży tworzyw drzewnych. Wymusza to polepszenia wydajności linii technologicznych, ich modernizowania lub tworzenia nowych. Płyty wiórowe po prasowaniu powinny być poddane procesowi sezonowania, który ma na celu wyrównanie ich wilgotności oraz uzyskanie pełnej wytrzymałości spoin klejowych łączących poszczególne cząstki drzewne. Okres sezonowania płyt wiórowych według publikacji sprzed ponad 30 lat powinien trwać nie krócej niż 4 do 7 dni [Drouet i in. 1980]. Ilość publikacji na temat sezonowania gotowych płyt wiórowych jest dość ograniczona. Badania nad wpływem czasu sezonowania płyt wiórowych zostały poczynione w 1963 roku przez Pracownię Płyt Wiórowych Instytutu Technologii Drewna oraz Laboratorium Branżowe Płyt Wiórowych i Laminatów w Zakładzie Płyt Pilśniowych i Wiórowych w Rucianem-Nidzie. Należy podkreślić, że dane literaturowe w tym zakresie są w znacznej mierze starsze niż 20 lat, co nie pozostaje bez znaczenia w przypadku rozwoju technologii oraz zmian warunków produkcyjnych i ekonomicznych. W związku z tym ważne jest przeprowadzenie badań w celu uaktualnienia wiedzy w zakresie wpływu okresu sezonowania płyt wiórowych na ich właściwości mechaniczne.

Proces sezonowania płyt wiórowych po prasowaniu przede wszystkim umożliwia wyrównanie poziomu wilgotności płyty w całej jej objętości. Różnica wilgotności w poszczególnych warstwach płyty wiórowej wynika z procesów zachodzących w trakcie prasowania - wilgoć z warstw zewnętrznych przemieszcza się do warstw wewnętrznych. Natomiast różnice w płaszczyźnie płyty wynikają z odparowywania wilgoci przez jej boczne powierzchnie. Na skutek wyrównywania wilgotności warstwa przypowierzchniowa wydłuża się, a warstwa środkowa kurczy, przez co powstają naprężenia w płycie. Wynika to z większej gęstości warstwy zewnętrznej oraz szybszego utwardzenia kleju w tej warstwie. Jeśli naprężenia w warstwie górnej i dolnej są zróżnicowane to mogą prowadzić do spaczenia się płyty, dla-

tego tak istotne pozostaje zachowanie symetrii rozkładu wilgotności [Starecki i in. 1994]. W czasie procesu sezonowania płyt zachodzi także proces obniżania temperatury płyt. Po opuszczeniu prasy temperatura płyt wiórowych ulega stopniowemu obniżeniu, proces ten zależy od sposobu ułożenia tworzyw do sezonowania. Jeżeli płyty zostaną ułożone pojedynczo, ich chłodzenie odbędzie się w krótszym czasie. W przypadku sezonowania płyt w stosach, temperatura płyt zewnętrznych obniży się szybko, natomiast w środku pakietu wysoka temperatura będzie się utrzymała przez dłuższy okres [Drouet, 1992]. Czas obniżania temperatury płyt w stosie jest zależny od temperatury sezonowania, grubości płyt oraz ich objętości [Żmijewski 1964]. Długotrwałe działanie wysokiej temperatury może negatywnie wpływać na odporność spoin klejowych, co z kolei może powodować obniżenie wytrzymałości płyt. Z tego powodu w przemysłowej produkcji płyt wiórowych przed procesem sezonowania przeprowadza się chłodzenie płyt za pomocą chłodziń obrotowych lub przenośnikowych, co pozwala na zminimalizowanie tego niekorzystnego zjawiska. Proces chłodzenia odgrywa istotną rolę zwłaszcza w przypadku płyt wiórowych zaklejanych żywicą mocznikowo-formaldehydową lub melaminowo-mocznikowo-formaldehydową, kiedy to może dojść do obniżenia parametrów wytrzymałościowych tworzyw, ze względu na ograniczoną odporność spoin klejowych na długotrwałe działanie podwyższonej temperatury [Heiko 2010].

Celem pracy było określenie oraz analiza wpływu okresu sezonowania płyt wiórowych na ich właściwości mechaniczne, na podstawie badań wykonanych w warunkach laboratoryjnych.

Materiały i metodyka

Zakres niniejszej pracy obejmował:

- wykonanie trójwarstwowych płyt wiórowych w warunkach laboratoryjnych,
- wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych wytworzonych płyt wiórowych w założonych okresach od momentu ich wytworzenia, w zakresie:
 - badania wytrzymałości na zginanie statyczne (MOR) oraz modułu sprężystości przy zginaniu statycznym (MOE),
 - badania wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty (IB),
 - badania zdolności utrzymania wkrętów (F_v),
- określenie profilu gęstości na przekroju poprzecznym wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych.

Materiał badawczy wykorzystany w pracy stanowiły płyty wiórowe trójwarstwowe, wytworzone z przemysłowych wiórów sosnowych w warunkach laboratoryjnych. Udział warstw zewnętrznych w płytach kształtował się na poziomie 36%. Zakładane wymiary płyt po prasowaniu wynosiły 320 x 320 x 16 mm, natomiast założona gęstość 680 kg/m³. Stopień zaklejenia wiórów na warstwy zewnętrzne wynosił 12%, a wiórów na warstwę wewnętrzną

10%. Do zaklejenia wiórow użyto żywicy melaminowo-mocznikowo-formaldehydowej (MUF). Jako utwardzacza do żywicy klejowej wykorzystano 10% wodny roztwór chlorku amonu w ilości 4 części wagowych na 100 części wagowych żywicy. Temperatura półek prasy w której prasowano kobierce wynosiła 180°C, a maksymalne ciśnienie jednostkowe 2,5 MPa. Jednostkowy czas prasowania (tzw. faktor prasowania) kształtował się na poziomie 18 s/mm.

Do określenie wpływu czasu sezonowania płyt na ich wybrane właściwości mechaniczne założono 8 wariantów czasowych (tabela 1.). Poszczególne warianty zróżnicowane były okresem sezonowania płyt, przed wykonaniem badań ich właściwości mechanicznych.

Tabela 1. Założenia poszczególnych wariantów sezonowania wyprodukowanych płyt

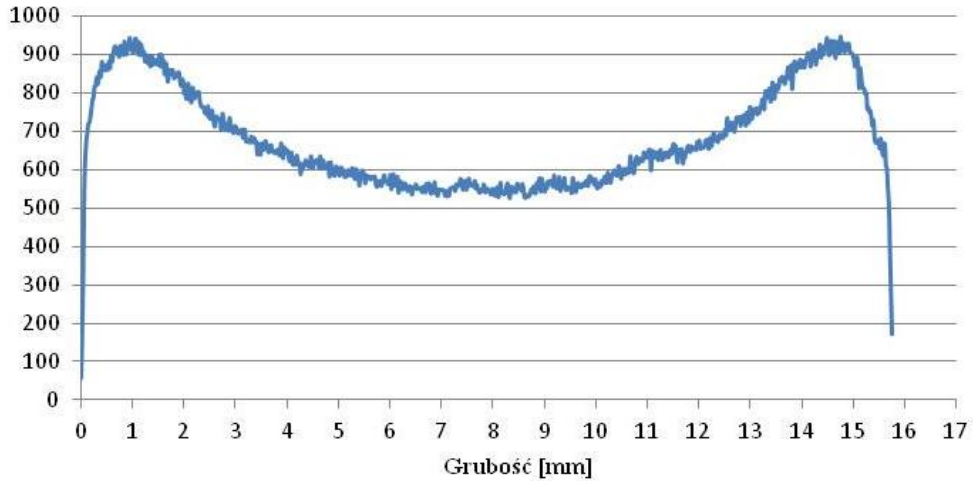
Wariant	W0	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
Okres sezonowania płyt po produkcji	1 godzina	1 dzień	2 dni	3 dni	4 dni	5 dni	6 dni	7 dni

Badanie wytrzymałości płyt na zginanie statyczne oraz badanie modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wykonano w oparciu o wytyczne normy PN-EN 310:1994 „Płyty drewnopochodne – Oznaczenie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie”. Z kolei badanie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty wykonano w oparciu o normę PN-EN 319:1999 „Płyty wiórowe i płyty pilśniowe – Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty”, a badanie zdolności utrzymania wkrętów wykonywano w oparciu o normę PN-79/D-04204 „Płyty wiórowe i paździerzowe – Oznaczenie zdolności utrzymania wkręta”. Z wykorzystaniem profilomierza gęstości GreCon DAX oznaczono również profil gęstości określający jej rozkład na przekroju poprzecznym płyt. Profil gęstości zależy od budowy płyty. Warstwy zewnętrzne charakteryzują się z reguły wyższą gęstością od warstwy wewnętrznej. Płyty trójwarstwowe osiągają maksymalną gęstość 2 mm od powierzchni. Rozkład gęstości jest wynikiem procesu prasowania, zależy od szybkości zagęszczania kobierca. Wzrost temperatury i ciśnienia prasowania wpływa na zróżnicowanie gęstości na przekroju poprzecznym.

Wyniki badań i analiza

W ramach przeprowadzonych w niniejszej pracy badań oznaczono, że średnia gęstość wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt wynosiła 680 kg/m³. Na wykresie 2 przedstawiono przykładowy profil gęstości wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt, który charakteryzuje się typowym dla trójwarstwowych płyt wiórowych, U-kształtnym przebiegiem.

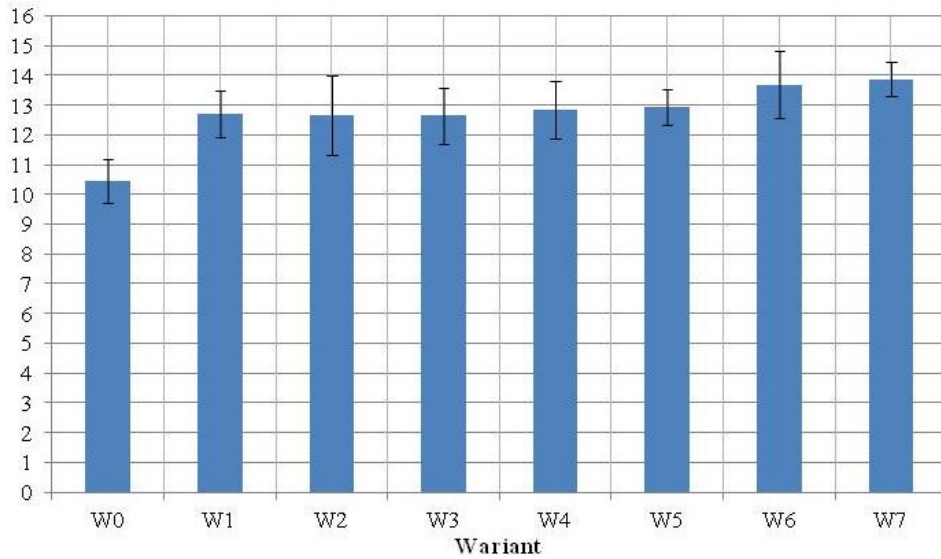
Gęstość [kg/m³]



Wykres 2. Przykładowy wykres rozkładu gęstości na przekroju poprzecznym płyt wiórowych

Wyniki badań wytrzymałości na zginanie statyczne wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych przedstawiono na wykresie 3. Badania rozpoczęto godzinę po wytworzeniu płyt, oznaczając ten pomiar jako wariant W0, kolejne pomiary wykonywano co 24 godziny przez okres 7 dni.

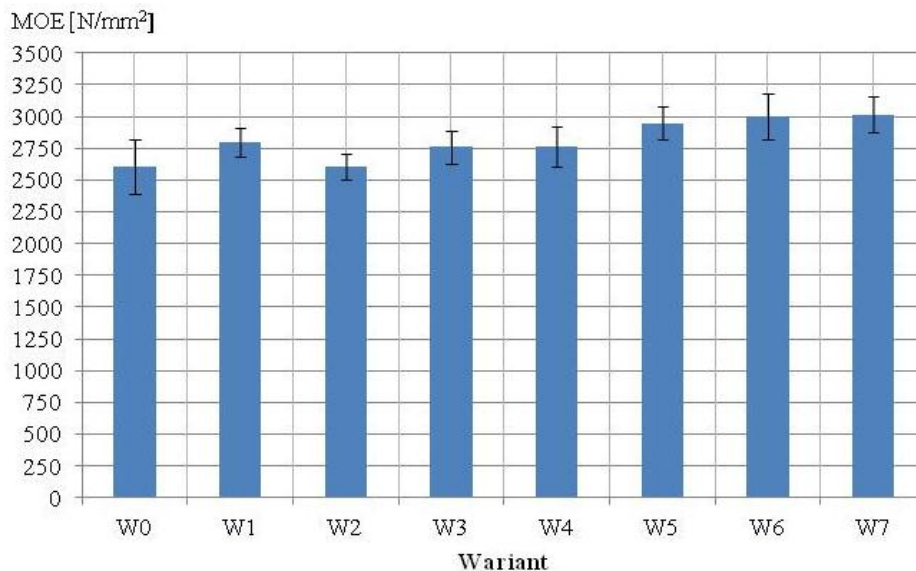
MOR [N/mm²]



Wykres 3. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie statyczne

Analizując wyniki badań wytrzymałości na zginanie statyczne wykonanych w warunkach laboratoryjnych płyt można stwierdzić, że wraz z wydłużeniem okresu sezonowania, parametr ten ulega poprawie. Jest to głównie związane z utwardzaniem się żywicy po procesie prasowania dzięki sezonowaniu płyt. Najniższą wartością wytrzymałości na zginanie statyczne charakteryzowały się próbki płyt z wariantu W0 ($10,44 \text{ N/mm}^2$). Najwyższą wartością badanej wytrzymałości ($13,87 \text{ N/mm}^2$) odznaczały się próbki z wariantu W7. W ciągu 7 dni sezonowania płyt, nastąpił wzrost wytrzymałości na zginanie o 33%. Największa różnica wytrzymałości nastąpiła pomiędzy wariantami W0 i W1, wynosiła ona 16%.

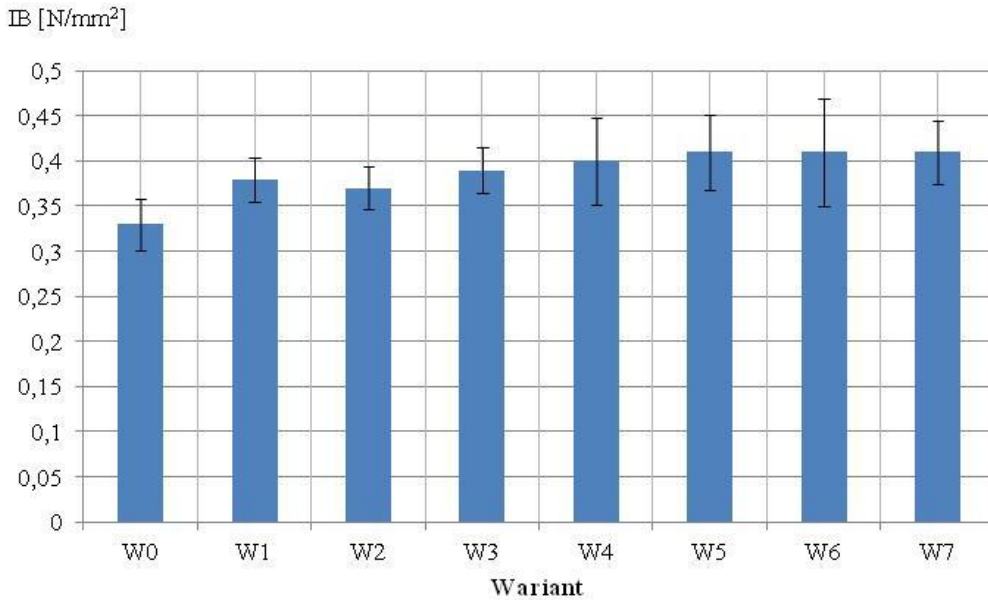
W warunkach użytkowania elementów korzystniejsza jest wiedza o zachowaniu się płyt w przedziale sprężystym. Informacji takich dostarcza moduł sprężystości przy zginaniu statycznym. Opisuje on sztywność materiału (płyt), czyli zakres odkształceń wywoływanych przez przyłożone do niego obciążenie. Wyniki badań oznaczenia modułu sprężystości przy zginaniu statycznym wytworzonych w ramach badań płyt wiórowych przedstawiono na wykresie 4.



Wykres 4. Wyniki oznaczenia modułu sprężystości przy zginaniu statycznym

Najniższą wartością modułu sprężystości przy zginaniu statycznym odznaczały się próbki płyt z wariantu W0 (2601 N/mm^2). Z kolei najwyższą wartością modułu sprężystości przy zginaniu statycznym charakteryzowały się próbki płyt z wariantu W6 oraz W7 wynoszącą odpowiednio 2996 N/mm^2 i 3017 N/mm^2 . Różnica otrzymanych wyników między wariantem W0 i W7 wynosiła 16%.

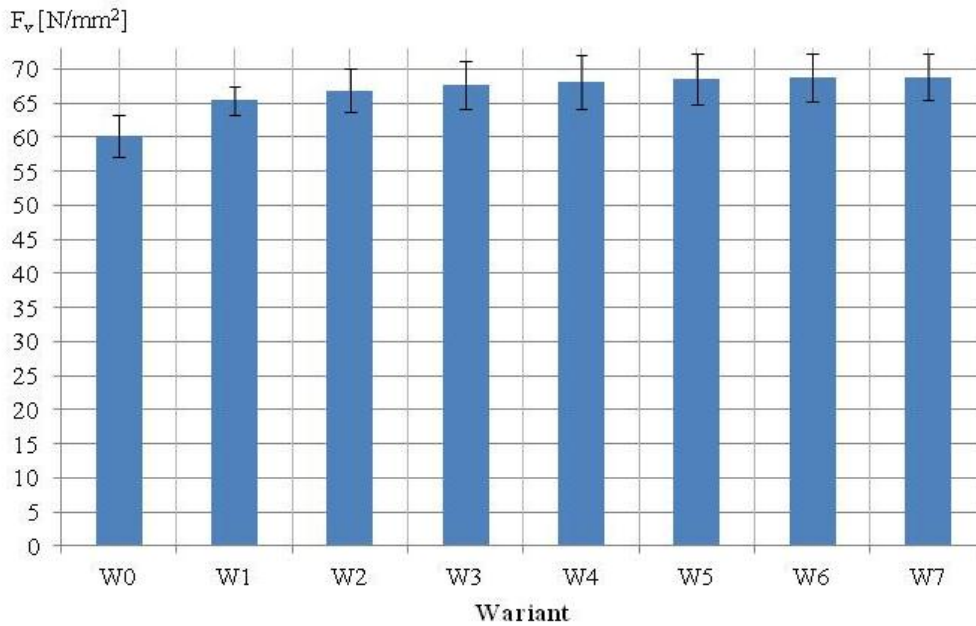
Kolejny charakter przenoszonych obciążeń dotyczy wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyt. O wytrzymałości materiału w tym przypadku decyduje spójność całego jego przekroju, a nie tak jak w poprzednim wypadku tylko stref zewnętrznych. Wpływ ma tu przede wszystkim siła wzajemnego powiązania ze sobą poszczególnych cząstek lignocelulozowych w materiale. Wyniki badań omawianej wytrzymałości dla wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych przedstawiono na wykresie 5.



Wykres 5. Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że wydłużenie czasu sezonowania płyt wiórowych do 4-5 dni, ma pozytywny wpływ na parametry wytrzymałościowe w odniesieniu do wartości rozciągania w kierunku prostopadłym do płaszczyzn przebadanych płyt. Pomiar wykonany godzinę po wytworzeniu płyt (w warunkach laboratoryjnych), wykazały najniższą wartość wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty wynoszącą 0,33 N/mm².

Ostatnią spośród badanych właściwości mechanicznych wytworzonych w warunkach laboratoryjnych płyt wiórowych było określenie zdolności utrzymania wkrętów (uzyskane wyniki badań przedstawiono na wykresie 6).



Wykres 6. Wyniki badań zdolności utrzymania wkrętów

Najniższą wartością zdolności utrzymywania wkrętów charakteryzowały się próbki płyt z wariantu W0 (60 N/mm²). Maksymalną wartość stwierdzono dla płyt z wariantu W7 (69 N/mm²). W ciągu 7 dni sezonowania płyt nastąpił wzrost zdolności utrzymania wkrętów o 14%.

Całkowite wyrównanie naprężeń oraz wilgotności w płytach jest procesem długotrwałym. W procesie produkcyjnym nie jest możliwe całkowite pozbycie się naprężeń. Ponadto nawet w obrębie jednego stosu, naprężenie dla płyt znajdujących się po zewnętrznych stronach i w środku stosu jest inna. W 1963 roku Pracownia Płyt Wiórowych Instytutu Technologii Drewna oraz Laboratorium Branżowe Płyt Wiórowych i Laminatów w Zakładzie Płyt Pilśniowych i Wiórowych w Rucianem-Nidzie przeprowadziły badania nad sezonowaniem płyt wiórowych w stosach. W analizie wykorzystano dwa warianty składowania płyt: „na głucho” oraz z przekładkami co 15 płyt. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy sezonowaniu płyt w stosach „na głucho” przez 21 dni, dochodzi do obniżenia wytrzymałości na rozciąganie prostopadle do płaszczyzn płyty o 33%. W przypadku sezonowania na przekładkach co 15 płyt, obniżenie wytrzymałości jest znacznie mniejsze i wynosi 9%. Sezonowanie płyt bez przekładek powoduje obniżenie wytrzymałości na zginanie statyczne o około 17% przy składowaniu przez 21 dni. Natomiast przy składowaniu płyt z przekładkami badania nie wykazały żadnego wpływu na obniżenie wytrzymałości na zginanie. Analiza wykazała, że składowanie płyt „na głucho” powoduje podwyższenie pęcznienia na grubość od 39% do 131%, w zależności od okresu składowania płyt. Przypuszczano, że podwyższenie

pęcznienia było spowodowane uszkodzeniem struktury płyty. Płyty sezonowane w stosach z przekładkami co 15 płyt charakteryzowały się spęcznieniem niższym o 22-36% [Leśnikowski 1965]. W 1964 roku wykonano badania wpływu temperatury sezonowania płyt wiórowych na ich właściwości mechaniczne w Zakładzie Płyt Wiórowych w Szczecinku, gdzie płyty układano w stosy o wysokości 1,8 m i składowano do wysokości 5,5 m. W takich warunkach proces obniżenia temperatury i wilgotności trwał długo. Badania wykazały, iż temperatura 80-100°C utrzymująca się w stosie przez okres 7 dni powodowała znaczny spadek właściwości wytrzymałościowych płyt. Przeprowadzono dalsze badania dla różnych metod sezonowania: płyty sezonowane w stosie głuchym bez chłodzenia, płyty sezonowane w stosie głuchym po uprzednim trzyminutowym chłodzeniu oraz płyty sezonowane w stosie na przekładkach bez chłodzenia. Składowanie płyt na przekładkach w pewnym stopniu zabezpieczało płyty przed szkodliwym działaniem temperatury, natomiast po okresie sezonowania występowały widoczne wgniecenia dyskwalifikujące płytę jako pełnowartościowy materiał. Najlepszym sposobem zabezpieczającym płytę przed obniżeniem właściwości mechanicznych okazało się wcześniejsze chłodzenie płyt [Żmijewski 1964].

W badaniach poświęconych wpływowi rodzaju utwardzacza, dodatku mocznika oraz kondycjonowania na właściwości jakościowe płyt wiórowych, zbadano wpływ okresu sezonowania po 1 dniu od produkcji oraz po miesiącu. Próbki były przechowywane w klimatyzowanym pomieszczeniu, w którym panowała temperatura 20°C i wilgotność względna powietrza 65%. Badania wykazały, że wydłużenie czasu kondycjonowania płyt wiórowych z jednego dnia do jednego miesiąca, znacząco poprawia wytrzymałość mechaniczną i właściwości jakości powierzchni oraz zmniejsza emisję formaldehydu i spęcznienie płyt na grubość [Atar 2014].

Wnioski

1. Wydłużenie czasu sezonowania płyt wiórowych ma pozytywny wpływ na ich właściwości mechaniczne w zakresie: wytrzymałości na zginanie statyczne, modułu sprężystości przy zginaniu statycznym, wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyt oraz zdolność utrzymania wkrętów.
2. Wyprodukowane w warunkach laboratoryjnych płyty po 2 dniach sezonowania spełniają wymagania techniczne określone w normie PN-EN 312:2011 dla typu płyt P2 o grubości 13-20 mm.
3. Największe różnice w otrzymanych wynikach odnotowano pomiędzy wariantem płyt W0 a wszystkimi pozostałymi wariantami. W kolejnych dniach sezonowania następuje stabilizacja parametrów wytrzymałościowych. Pozwala to stwierdzić, że w ciągu pierwszych 24 godzin zachodzą największe zmiany właściwości mechanicznych przebadanych płyt.

4. Okres sezonowania w największym stopniu wpłynął na wartość wytrzymałości na zginanie statyczne, gdzie wartość wytrzymałości przebadanych próbek pomiędzy pierwszym badaniem (po 1 godzinie od produkcji) oraz po 7 dniach sezonowania wzrosła o 33%.

Spis literatury

- Atar I., Nemli G., Ayırmis N., Baharoglu M, Sari B., Bardak S. 2014: Effects of harder type, urea usage and conditioning period on the quality properties of particleboard. *Materials and Design* 56: 91-96
- Chmieliński R., Gałązka A., Grochowina S., Krzemińska J. 2016: Rynek meblarski w Polsce – raport. KPMG
- Drouet T. 1992: *Technologia płyt wiórowych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa
- Heiko T., Mark I., Milan S. 2010: *Wood-Based Panels-An Introduction for Specialists*. Brunel University Press, London
- Leśnikowski A., Skupiński R., Szmit J. 1965: Sezonowanie płyt wiórowych. *Przemysł Drzewny* 2: 58-62
- PN-79/D-04204 Płyty wiórowe i paździerzowe - Oznaczenie zdolności utrzymania wkręta
- PN-EN 310:1994 Płyty drewnopochodne - Oznaczenie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie
- PN-EN 319:1999 Płyty wiórowe i płyty pilśniowe - Oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty
- Starecki A., Drouet T., Leśnikowski A., Onisko W. 1994: *Technologia tworzyw drzewnych 1*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa
- www.fao.org/faostat
- <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pl/pdf/2017/06/pl-Raport-KPMG-Rynek-meblarski-w-Polsce-2017.pdf>
- Żmijewski K. 1964: Wpływ temperatury sezonowania na właściwości mechaniczne płyt wiórowych. *Przemysł Drzewny* 7: 16-17

Streszczenie

Analiza wpływu okresu sezonowania płyt wiórowych na ich właściwości mechaniczne

W pracy dokonano analizy zmiany parametrów właściwości mechanicznych płyt wiórowych w zależności od czasu ich sezonowania. W tym celu wyprodukowano w warunkach laboratoryjnych płyty wiórowe trójwarstwowe o grubości 16 mm i gęstości 680 kg/m³. W produkcji płyt wykorzystano żywicę melaminowo-mocznikowo-formaldehydową. Płyty poddano badaniom właściwości mechanicznych, takich jak: wytrzymałość na zginanie statyczne, moduł sprężystości przy zginaniu statycznym, wytrzymałość na rozciąganie w kierunku prostopadłym do płaszczyzn płyty oraz zdolność utrzymania wkrętów. Dodatkowo wykonano analizę rozkładu gęstości na przekroju poprzecznym płyt. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że nie można wykluczyć wpływu czasu sezonowania na właściwo-

ści mechaniczne płyt. Jednak w przypadku przebadanych materiałów wpływ ten był niewielki i najbardziej widoczny w pierwszych 24 godzinach od wyprodukowania płyt. W kolejnych dniach sezonowania następowała minimalna zmiana parametrów wytrzymałościowych płyt.

Summary

Influence of particleboards storage period on their mechanical properties

This work contains an analysis of change in parameters of mechanical properties of particleboards depending on its storage period. For this purpose laboratory produced particleboards with thickness 16 mm and density 680 kg/m^3 , made of melamine-urea-formaldehyde resin. Particleboards mechanical properties were examined i.e.: modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond, screw holding. Additionally particleboards cross-section density distribution was examined. Based on the results of examination the following conclusions were drawn: particleboards storage time impact on its mechanical properties cannot be ignored. However in the case of the tested sample the impact of the storage time was small and rather unnoticeable in the first 24 hours since particleboards production. In the following storage days there could be observed a minimal change of parameters of mechanical properties.