

Porównanie procesu wyluszczenia nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z szyszek całych i pozbawionych trzpienia

The process of seed extraction from whole cones of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) compared with cones without a stem

Monika Aniszewska

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych,
ul. Nowoursynowska 164, 02–787 Warszawa
e-mail: monika_aniszewska@sggw.pl

Abstract. The article describes seed extraction from Scots pine cones from the Złoczew Forest District (Regional Directorate of the State Forests in Łódź). The studied cones were divided into two groups. One group contained whole cones, while the other contained cones with their stem drilled out. In order to compare the seed extraction process, both groups were dried at the same time (for 10 hours) and at the same temperature and humidity (temperature: 35°C for the first two hours, 50°C afterwards, humidity: 33% then 7.3%). It was assumed that drilling the stems out of cones would cause them to open faster and allow for quicker seed harvesting. This hypothesis was not supported, as the drilled cones did not open quicker, therefore the cone drilling procedure was ineffective, at least for cones of the origin studied. On average the cones took 7.59 h to open (7.51 h for whole cones and 7.68 h for drilled cones). The harvested seeds were classified as Grade 1, indicating that they were extracted under the correct conditions.

Key words: seed extraction, pine cones

1. Wstęp

Szyszki, pochodzące z gatunków drzew iglastych powszechnie występujących w Polsce, dzielą się na rozpadające się (jodła pospolita), uwalniające nasiona łatwo (świerk pospolity) i trudno (modrzew europejski). Szyszki sosny zwyczajnej zaliczane są do grupy łatwo uwalniających nasiona w sprzyjających warunkach temperaturowo-wilgotnościowych, jednak czas pozyskania z nich nasion jest dwu-, a nawet trzykrotnie dłuższy od pozyskania nasion z szyszek świerka (Aniszewska 2008). Przyczyną tego jest inna budowa szyszek świerka i sosny, a w szczególności ich łusek. Pierwsze mają łuski cienkie, giętkie i miękkie, drugie – łuski grube, sztywne i twarde. Prawie wszystkie łuski świerka odchylają się i można z nich pozyskać nasiona, a u sosny otwierają się tylko te z wierzchołkowej i środkowej części szyszki.

Proces otwierania się szyszek jest spowodowany zmniejszeniem ich wilgotności – zawartości w nich wody (odwodnieniem). Wyróżnia się dwa sposoby zmniejszenia wilgotności: pierwszy poprzez wzrost temperatury i intensywności wymiany powietrza (wil-

gotnego na suche) w komorze łuszczenia i drugi poprzez zabiegi obróbcze, które ułatwiają wydostawanie się wody z szyszek (na przykład obcinanie podstawy szyszki lub wiercenie). Dzięki temu zmniejsza się ich masa i ilość ciepła niezbędna dla odprowadzenia wilgoci.

Zmianę warunków temperaturowo-wilgotnościowych w czasie trwania procesu łuszczenia opisał Tyszkiewicz (1949). Przekraczając je można spowodować zapanowanie lub utratę żywotności nasion. Z kolei w praktyce nie wykonuje się zabiegów, które mogą wpłynąć na zmianę kształtu łuszczonych szyszek. Mimo to, w badaniach podjęto już próby opisujące taki sposób łuszczenia. Przeprowadzony został on na szyszkach, u których dokonano odcięcia podstawy, w której to części nasiona z reguły nie występują (Aniszewska 2004). Wykazano, że dzięki temu zabiegowi można skrócić czas otwierania szyszek o około 10% i pozyskać o około 5% więcej nasion w porównaniu z szyszkami całymi łuszczonymi w tych samych warunkach. Dodatkową korzyścią tego sposobu było doprowadzenie do szyszek mniejszej ilości ciepła niezbędnego do ich otwierania (Pawicka 2003; Kurkiewicz 2007). Obiecujące wyniki

tych badań skłoniły autorkę do stosowania zabiegów mechanicznych, które mogłyby spowodować skrócenie procesu łuszczenia i pozyskanie większej liczby żywotnych nasion.

Z dotychczasowych badań wiadomo, że łuski zbudowane są z warstw komórek o różnej grubości ścian komórkowych. Podczas łuszczenia następuje większy i szybszy ubytek wody z komórek znajdujących się na zewnętrznej stronie łuski (o grubszych ścianach) (Tyszkiewicz 1949). Sprawia to, że ulegają one większemu skurczowi, co powoduje odchylenie łuski na zewnątrz. Z badań Gawart (2000) wynika, że największy skurcz komórek występuje w dolnej części łuski przy trzpieniu szyszki.

W trakcie łuszczenia w początkowej fazie zabiegu, ciepłe powietrze wpływające na szyszki nie ma możliwości dotarcia do ich wnętrza, gdyż łuski ściśle do siebie przylegają i nie mogą się otwierać. W celu przyspieszenia wnikania ciepła do wnętrza szyszki i skrócenia procesu otwierania podjęto próbe zmniejszenia masy i zwiększenia powierzchni kontaktu szyszki z otoczeniem przez usunięcie jej trzpienia. Zabieg ten umożliwi wnikanie ciepłego powietrza do wnętrza szyszki od samego początku wyłuszczenia nasion, powodując ubytek wody z łusek w strefie przytrzpieniowej.

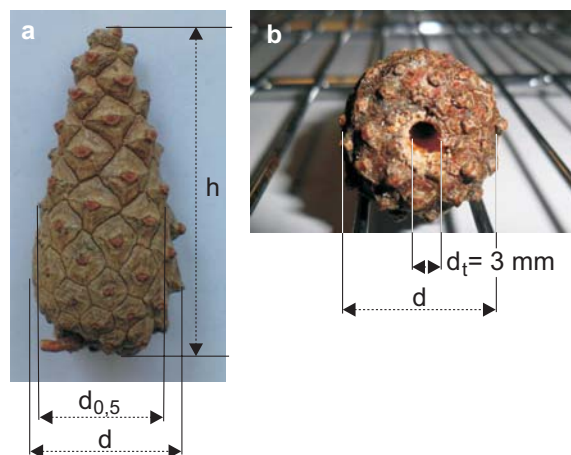
2. Cel i zakres badań

Celem badań było porównanie procesu łuszczenia szyszek sosny zwyczajnej pozostawionych w stanie naturalnym (całych) i poddanych obróbce mechanicznej poprzez usunięcie trzpienia (wierconych). W wyniku tej czynności do wnętrza szyszki mogło dochodzić powietrze. Zakłada się, że zabieg ten spowoduje szybsze otwarcie łusek i pozyskanie nasion.

W pracy przedstawiono charakterystykę badanych szyszek, dokonano analizy przebiegu zmiany zawartości w nich wody, szybkości ich wysychania oraz uwalniania się nasion w czasie przebiegu procesu. Pozyskane nasiona poddano ocenie żywotności (energii i zdolności kiełkowania).

3. Materiał i metody

Do badań wykorzystano szyszki sosny zwyczajnej pochodzącej z Nadleśnictwa Złoczew (RDLP Łódź) dostarczone do wyłuszczeni w Grotnikach. Z dużej partii szyszek przeznaczonych do łuszczenia wybrano losowo 100 sztuk, które zabezpieczone przed zmianami przetransportowano do laboratorium Katedry Maszyn Rolniczych i Leśnych SGGW. Do łuszczenia wybrano 70 szyszek, które ponumerowano i pomierzono. Wśród



Rycina 1. Parametry wymiarowe szyszek: a – widok z boku, b – widok z dołu

Figure 1. Cone dimensions: a – side view, b – bottom view

parametrów określających cechy zewnętrzne szyszek (ryc. 1a) były: długość (h), grubość w połowie długości ($d_{0,5}$), grubość (d) i masa początkowa (m_0). Pomiar parametrów wielkościowych szyszki wykonano suwmiarką z dokładnością do 0,1 cm, a pomiar masy – wagą laboratoryjną (WPS 600/C) o dokładności 0,01 g.

Badane szyszki podzielono na dwie partie po 35 sztuk. Jedną poddano obróbce mechanicznej, polegającej na wywierceniu trzpienia do głębokości 20–25 mm w zależności od wysokości szyszki (ryc. 1b), drugą, dla porównania, pozostawiono bez zmian (nie poddano obróbce). Obydwie partie szyszek przed łuszczeniem przetrzymywano w chłodziarce w temperaturze 0°C.

Obróbkę szyszek wykonano precyzyjnie za pomocą wiertarki z wiertłem o średnicy 3 mm. Wstępne próby wywiercenia trzpienia w szyszkach wykazały, że przy większej średnicy wiertła (powyżej 3 mm), może dojść do mechanicznego uszkodzenia nasion.

Za pomocą poniższego wzoru Gawart (2000) obliczono objętość badanych szyszek.

$$V = \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \quad (1)$$

gdzie:

α – współczynnik równy 0,6,

d – grubość szyszki w mm,

h – długość szyszki w mm.

Oznaczone szyszki umieszczono w suszarce laboratoryjnej (Heraeus UT 6120), w której w czasie trwania badania zastosowano wewnętrzny obieg powietrza w celu wyrównania warunków suszenia. W suszarce początkowo nastawiono temperaturę 35°C (pierwsze dwie godziny suszenia), a następnie podwyższono ją do 50°C (kolejne osiem godzin suszenia). Podczas odwadniania szyszek stale rejestrowano temperaturę mokrego i su-

czego powietrza oraz jego wilgotność wewnątrz suszarki.

W trakcie odwadniania wyjmowano szyszki z suszarki ośmiokrotnie: w drugiej, trzeciej, czwartej, piątej, szóstej, siódmej, dziewiątej oraz dziesiątej godzinie procesu łuszczenia. Każdorazowo ważono je w celu określenia zmiany ich masy oraz wytrząsano z nich stopniowo uwalniane nasiona. Wytrząsanie polegało na przekreśnieniu szyszki i kilkakrotnym uderzeniu nią o twardą powierzchnię, co umożliwiała wypadanie nasion pomiędzy rozchylonych łusek szyszki. Pozyskane nasiona dzielono na dwie grupy różniące się istotnie kolorem (ciemniejsze – zaliczono do żywotnych, jaśniejsze – do nieżywotnych). Dodatkowo, gnieciono nasiona jaśniejsze w celu potwierdzenia ich nieżywotności. Wszystkie pozyskane nasiona liczono, a tylko żywotne odskrzydlono.

Żywotność nasion badano na kielkowniku Jakob-sena, według metodyki opisanej w normach: po 7 dniach – energię, a po 14 i 21 dniach zdolność kiełkowania nasion.

Suszenie przerywano po 10 godzinach. Po wyjęciu szyszek z suszarki, liczono łuski otwarte i zamknięte, po czym suszono szyszki w temperaturze $105 (\pm 2)^\circ\text{C}$ przez 8 h w celu ustalenia ich suchej masy (m_s), co wykorzystano dla obliczenia zawartości wody na początku (u_0) i w kolejnych pomiarach w czasie przebiegu procesu łuszczenia (u_k).

Matematycznego opisu zmiany wilgotności (zawartości wody) każdej szyszki dokonano za pomocą równań znanych z teorii konwekcyjnego suszenia ciał stałych (Pabis 1982):

Zawartość wody:

$$u = (u_0 - u_k) \cdot e^{-b\tau} + u_k \quad (2)$$

i szybkość suszenia:

$$\frac{du}{d\tau} = -b \cdot (u_0 - u_k) \cdot e^{-b\tau} \quad (3)$$

gdzie:

u – aktualna zawartość wody,

u_0 – początkowa zawartość wody,

u_k – końcowa zawartość wody,

b – współczynnik, wyznaczony dla każdej szyszki na podstawie rzeczywistego przebiegu zmian wilgotności,

τ – czas [h],

e – podstawa logarytmu naturalnego.

Na podstawie dokonanych pomiarów w trakcie procesu łuszczenia i po jego zakończeniu określono dla każdej szyszki:

– początkową zawartość wody u_0 ,

– wartość współczynnika zmiany wilgotności podczas procesu łuszczenia b (Pabis 1982),

$$b = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{\ln \frac{u_i - u_k}{u_0 - u_k}}{\tau_i} \quad (4)$$

gdzie n jest liczbą odczytów wartości masy szyszki m_i i τ_i podczas jej łuszczenia,

– czas otwierania szyszki τ_{ot} – równy czasowi pozyskania ostatnich żywotnych nasion w zadanych warunkach procesu łuszczenia,

– zawartość wody w szyszce w chwili otwierania (u_{ot}),

– liczbę nasion n_1 pozyskanych z jednej szyszki,

– liczbę łusek l_1 (otwartych, zamkniętych i łącznie).

Dla poszczególnych partii podano: zakres zmian czasu otwierania się szyszek ($\tau_{otmin} - \tau_{otmax}$) i łączną liczbę nasion pozyskanych w tym czasie.

Po zakończeniu łuszczenia i wydobyciu nasion, w celu określenia liczby wszystkich nasion znajdujących się w szyszkach, szyszki umieszczono ponownie w suszarce. Tym razem suszono je w temperaturze 105°C . Dzięki wysokiej temperaturze nastąpiło otwieranie łusek, na których zdarzały się nasiona niepozyskane w czasie dziesięciogodzinnego procesu łuszczenia. Po tym suszeniu zbędne już było mechaniczne odłamywanie łusek od trzpienia, aby potwierdzić, że wydobyto wszystkie nasiona.

Wyniki badań opracowano statystycznie stosując parametryczny test istotności – test różnic między średnimi dla dużych prób ($n > 30$) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, zakładając że poszczególne zbiory mają rozkład normalny.

4. Wyniki

Podstawowe parametry szyszek

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry wielkościowe, wartości średnie, minimalne i maksymalne przed łuszczeniem szyszek sosny zwyczajnej z Nadleśnictwa Złoczew.

Średnia objętość pojedynczej szyszki, obliczona wg wzoru podanego w metodyce, wynosiła $8,132 \text{ cm}^3$ (od $4,988$ do $15,408 \text{ cm}^3$), a objętość wywierconego trzpienia $0,141 \text{ cm}^3$ dla głębokości 20 mm i $0,177 \text{ cm}^3$ dla 25 mm . Stanowi to odpowiednio $1,7\%$ oraz $2,2\%$ średniej objętości szyszki. Usunięcie trzpienia z partii szyszek wierconych spowodowało zmianę ich początkowej masy średnio o $0,32 \text{ g}$ ($4,76\%$). Zmiana objętości była znacznie mniejsza niż zmiana masy, co świadczy, że usunięta część szyszki miała większą wilgotność.

Partie szyszek całych i wierconych nie różniły się istotnie parametrami wielkościowymi (długością i grubością).

Tabela 1. Podstawowe parametry szyszek z Nadleśnictwa Złoczew

Table 1. The basic parameters of the cones from Złoczew Forest District

Parametry Characteristics	h	$d_{0,5}$	d	m_0
	mm	mm	mm	g
Średnia Mean	43,86	16,82	19,66	6,86
Odch. standardowe Standard deviation	4,47	1,52	1,77	1,69
Minimalna The minimum	37,00	14,00	16,50	4,18
Maksymalna The maximum	55,80	20,50	24,50	12,13

 h – długość całkowita / total length $d_{0,5}$ – grubość w połowie długości / thickness at mid-length d – grubość / thickness m_0 – masa początkowa / initial mass

Warunki i przebieg procesu suszenia

Podczas suszenia szyszek w komorze temperatura suchego i mokrego termometru wynosiła: przez pierwsze dwie godziny 35°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) i 17°C, a dalej 50°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) i 22,5°C, natomiast wilgotność powietrza odpowiednio 33% i 7,3%.

Na rycinie 2 przedstawiono widok rozmieszczenia badanych szyszek przed suszeniem.

Po zakończeniu odwadniania z dwóch partii (łącznie 70 sztuk szyszek) nie otworzyły się dwie sztuki, którym wywiercono trzpienie. Były to najmniejsze szyszki z tej partii o długości 37,2 i 37,6 mm. W dalszych analizach już ich nie uwzględniono.

W tabeli 2 podano wartości średnie, minimalne i maksymalne początkowej i końcowej zawartości wody oraz współczynnika b .



Rycina 2. Szyszki rozłożone na dwóch półkach przed suszeniem: na górnej półce szyszki całe, na dolnej – szyszki pozbawione trzpienia

Figure 2. The cones placed on two shelves before drying. The whole cones on the top shelf, the drilled cones on the bottom shelf

Tabela 2. Charakterystyka wilgotnościowa badanych szyszek

Table 2. The moisture characteristics of the studied cones

Parametry Characteristics	u_0		u_k		b	
	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone cones without a stem	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone cones without a stem	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone cones without a stem
Średnia Mean	0,251	0,269	0,056	0,057	0,25	0,24
Odch. standardowe Standard deviation	0,023	0,041	0,008	0,014	0,039	0,044
Minimalna The minimum	0,209	0,221	0,044	0,034	0,16	0,18
Maksymalna The maximum	0,316	0,369	0,086	0,093	0,33	0,37

 u_0 – początkowa zawartość wody [kg_{wody}/kg_{s.m.}] / initial water content [kg H₂O/ kg_{dry mass}] u_k – końcowa zawartość wody [kg_{wody}/kg_{s.m.}] / final water content [kg H₂O/ kg_{dry mass}] b – współczynnik w równaniach 2 i 3 [1/h] / coefficient in equations 2nd and 3rd [1/h]

Można zauważyć, że początkowa zawartość wody w szyszkach przechowywanych w tych samych warunkach różni się średnio o 0,018 kg_{wody}/kg_{s.m.}, większa jest dla szyszek wierconych, większa jest też ich zawartość końcowa wody o 0,01 kg_{wody}/kg_{s.m.}. Z kolei wartość współczynnika b jest mniejsza. Świadczy to o mniejszej prędkości zmiany wilgotności.

Przebieg zmiany zawartości wody w czasie trwania procesu w przykładowych szyszkach całych i wierconych przedstawiono na rycinie 3. Pierwsze dwie miały dużą zawartość początkową wody – $u_0 = 0,300$ kg_{wody}/kg_{s.m.} (szyszka nr 4, cała) i 0,308 kg_{wody}/kg_{s.m.} (szyszka nr 1, wiercona) i małą – $u_0 = 0,226$ kg_{wody}/kg_{s.m.} (szyszka nr 15, cała) i 0,220 kg_{wody}/kg_{s.m.} (szyszka nr 19, wiercona) w badanym zbiorze. Równania matematyczne opisujące przebieg suszenia tych szyszek mają postać następującą:

– dla szyszek całych 4 i 15:

$$u = 0,245 \cdot e^{-0,26\tau} + 0,055$$

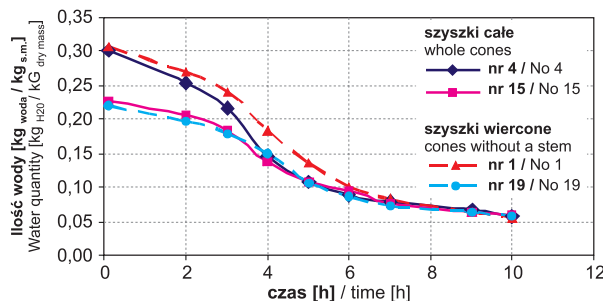
$$u = 0,169 \cdot e^{-0,23\tau} + 0,057 \quad (5)$$

– dla szyszek wierconych 1 i 19:

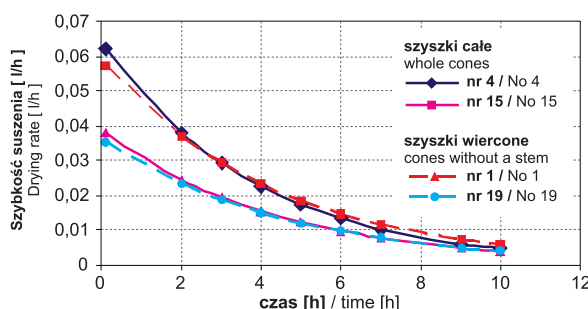
$$u = 0,253 \cdot e^{-0,23\tau} + 0,054$$

$$u = 0,164 \cdot e^{-0,22\tau} + 0,056 \quad (6)$$

Szyszki o początkowej zawartości wody około 0,3 kg_{wody}/kg_{s.m.} zakończyły proces otwierania po 6 i 7 godzinach, a szyszki o początkowej zawartości wody około 0,2 kg_{wody}/kg_{s.m.} – po 5 i 7 godzinach. Czas otwierania się



Rycina 3. Zmiana zawartości wody [kg_{wody}/kg_{s.m.}] w szyszkach całych i wierconych podczas ich suszenia
Figure 3. The change in the water content [kg H₂O/ kg_{dry mass}] of the whole and the drilled cones during the drying process



Rycina 4. Szybkość suszenia szyszek całych i wierconych podczas suszenia
Figure 4. The drying rate of the whole and the drilled cones during the drying process

Tabela 3. Czasy otwierania się szyszek i ich zawartość wody w chwili otwierania

Table 3. The cone opening times and the cone water content at the moment of opening

Parametry Characteristics	τ _{ot}		u _{ot}			
			rzeczywista real		z modelu after model	
	h		kg _{wody} /kg _{s.m.}		kg _{wody} /kg _{s.m.}	
	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones
Średnia Mean	7,51	7,68	0,078	0,075	0,091	0,092
Odch. standardowe Standard deviation	1,90	1,72	0,023	0,020	0,0182	0,020
Minimalna The minimum	5,0	4,0	0,048	0,060	0,055	0,064
Maksymalna The maximum	10,0	10,0	0,155	0,116	0,137	0,132

szyszek był krótszy od średniej wyliczonej dla całego zbioru. Wartości minimalne i maksymalne czasu otwierania się i pozyskiwania nasion podano w tabeli 3. Możemy zauważyć, że średni czas otwierania wynosi 7,51 godziny dla szyszek całych i 7,88 godziny dla wierconych. W chwili otwierania osiągnęły one średnią wilgotności około 7,65% ($u_{ot} = 0,078$ i $0,075$ kg_{wody}/kg_{s.m.} odpowiednio dla szyszek całych i wierconych). W badanej partii znalazły się też szyszki, które otworzyły się osiągając wilgotność 4,8% ($u_{ot} = 0,048$ kg_{wody}/kg_{s.m.}), ale były też takie, z których, pozyskano nasiona już przy 15,5% ($u_{ot} = 0,155$ kg_{wody}/kg_{s.m.}).

Na podstawie tych badań nie stwierdzono zależności czasu otwierania od wilgotności szyszki (początkowej zawartości wody).

Na rycinie 4 podano zmianę szybkości odwadniania w czasie dla przykładowych szyszek całych i wierconych (podano ich kolejne numery) oraz równania opisujące jej przebieg.

Z wykresu wynika, że szyszki o większej początkowej zawartości wody wysychały szybciej w pierwszych trzech godzinach niż te o mniejszej zawartości wody.

Szybkość wysychania wynosiła:

– w przypadku szyszek całych 4 i 15:

$$\frac{du}{d\tau} = -0,063 \cdot e^{-0,26\tau}$$

$$\frac{du}{d\tau} = -0,039 \cdot e^{-0,23\tau} \quad (7)$$

– w przypadku szyszek wierconych 1 i 19:

$$\frac{du}{d\tau} = -0,058 \cdot e^{-0,23\tau}$$

$$\frac{du}{d\tau} = -0,036 \cdot e^{-0,22\tau} \quad (8)$$

W jednej szyszce całej były średnio 23 łuski otwarte (od 16 do 32) i 40 zamkniętych (od 34 do 46), a w jednej szyszce wierconej – 24 łuski otwarte i 39 zamkniętych (tab. 4). Analiza statystyczna (test różnic między średnimi) nie wykazała istotnej różnicy między liczbą łusek otwartych dla szyszek całych i wierconych. Łuski zamknięte znajdują się u podstawy szyszki i mają mniejsze wymiary tarczek oraz trzonu łuski (Aniszewska 2004) od łusek ze środkowej i wierzchołkowej części szyszki. Na łuskach tych brak jest nasion. Zdarza się, że występują na nich jedynie same skrzydełka. Zauważono, że u szyszek wierconych, po usunięciu części trzpienia, łuski uległy większemu odchyleniu w porównaniu z szyszkami całymi. Następuje też odpadanie łusek z wierzchołkowej części szyszki (ryc. 5). Dopiero po otwarciu szyszki, widać jak ważna jest precyzja w wierceniu otworu. Przesunięcie wiertła wiertarki z osi szyszki może bowiem spowodować uszkodzenie części nasion.

Tabela 4. Liczba łusek w badanych szyszkach całych i wierconych

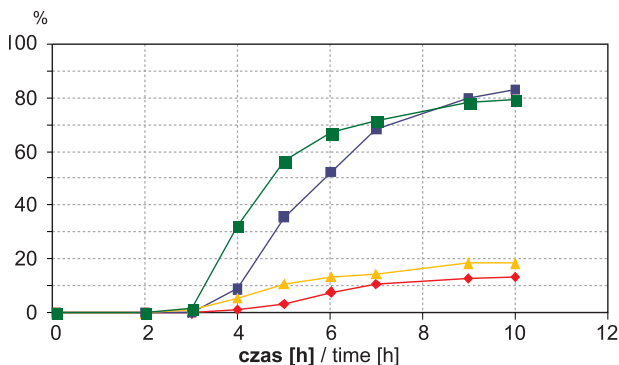
Table 4. The number of scales in the studied cones, both in the whole as well as in the drilled ones

Parametry Characteristics	Łuski [szt.] Scales [N]					
	zamknięte closed		otwarte opened		łącznie total	
	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones
Średnia Mean	40,50	39,10	23,20	24,47	61,28	62,15
Odch. standardowe Standard deviation	4,50	4,82	5,40	7,15	9,01	8,85
Minimalna The minimum	34	32	16	18	42	41
Maksymalna The maximum	46	43	32	36	76	80

Tabela 5. Liczba pozyskanych nasion w badanych szyszkach całych i wierconych

Table 5. The number of seeds harvested in the cones studied, both in the whole as well as in the drilled ones

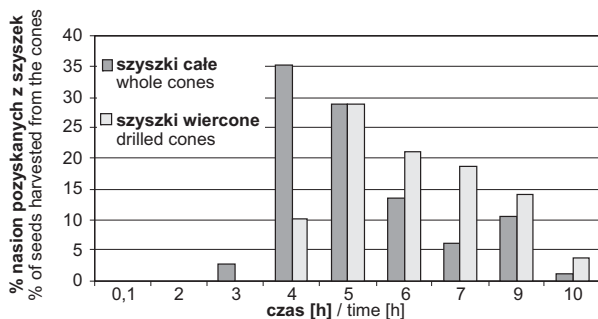
Parametry Characteristics	Nasiona w badanych szyszkach [szt.] The seeds in the cones studied [N]					
	żywotne viable		nieżywotne non-viable		łącznie total	
	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones	szyszki całe whole cones	szyszki wiercone drilled cones
Średnia Mean	21,08	20,15	3,91	3,85	25,0	24,33
Odch. standardowe Standard deviation	7,07	7,06	4,25	2,34	7,17	7,70
Minimalna The minimum	8	8	0	0	11	8
Maksymalna The maximum	40	36	15	10	41	43

**Rycina 5. Widok szyszki wierconej po pozyskaniu nasion i zakończeniu suszenia****Figure 5.** The view of the drilled cone after the seeds harvesting and the completion of drying**Rycina 6. Przebieg pozyskania nasion podczas suszenia szyszek całych i wierconych****Figure 6.** The course of seeds harvesting during drying of the whole and the drilled cones

W tabeli 5 podano średnią, minimalną i maksymalną liczbę nasion w badanych szyszkach, z podziałem na nasiona żywotne (zdolne do kiełkownia) i nieżywotne. W całej szyszce było średnio 21 nasion żywotnych i 4 nasiona nieżywotne, w szyszce wierconej było 20 nasion żywotnych i też 4 nieżywotne.

Na rycinie 6 przedstawiono procentowo dla całego zbioru liczbę nasion pozyskanych w czasie trwania

procesu z podziałem na nasiona żywotne i nieżywotne. Można zauważyć, że pozyskanie nasion z szyszek rozpoczyna się od trzeciej godziny suszenia, zaś kończy w dziesiątej godzinie, co stanowi blisko 98% wszystkich nasion (w tym 80% żywotnych). Po wysuszeniu szyszek w 105°C wydobyto z nich jeszcze średnio po jednym nasieniu.



Rycina 7. Procentowy udział nasion pozyskanych z szyszek całych i wierconych podczas suszenia

Figure 7. The percentage of seeds harvested from the whole and the drilled cones during the drying process

W badanych partiach szyszek poddano analizie sumę pozyskanych z nich nasion w kolejnych terminach, aby móc stwierdzić, po jakim czasie pozyskuje się ich najwięcej (ryc. 7). Procentowo najwięcej nasion pozyskuje się w czwartej i piątej godzinie procesu suszenia, z szyszek całych 64%, zaś z szyszek wierconych 40%. Można zauważyć, że od czwartej godziny (dla szyszek całych) i piątej godziny (dla wierconych) trwania suszenia liczba pozyskiwanych nasion sukcesywnie maleje. Wyjątek stanowi dziewiąta godzina suszenia szyszek całych, wtedy to liczba pozyskanych nasion w kolejnym terminie wzrasta.

Szyszki wiercone, w porównaniu z całymi, uwalniają nasiona w czasie suszenia później, ale za to bardziej równomiernie.

Ocena jakości nasion

Wyniki oceny jakości nasion zaprezentowano w tabeli 6.

Na podstawie przeprowadzonych badań żywotności nasion, można stwierdzić, że energia kiełkowania żywnych nasion wynosiła średnio 90,5%, co zalicza je do I klasy, zaś zdolność kiełkowania po 21 dniach wynosiła

Tabela 6. Wyniki energii i zdolności kiełkowania nasion na kielkowniku Jakobsena

Table 6. Seed germination in the Jacobsen test

Numer próby Test number	Liczba nasion kiełkujących w dniach: Number of seeds germinating in days:			
	5	7	14	21
1	88	94	94	94
2	86	90	94	94
3	82	90	92	92
4	84	88	90	92
Średnia Mean	-	90,5	92,5	93,0

średnio 93%, co oznacza, że nasiona można zaliczyć też do I klasy żywotności (Białobok et al. 1993).

5. Dyskusja i wnioski

Przeprowadzone łuszczenie dwóch partii szyszek całych i wierconych tego samego pochodzenia z Nadleśnictwa Złoczew (RDLP Łódź) nie potwierdziło przypuszczenia, że szyszki wiercone (pozbawione trzpienia) otworzą się szybciej niż całe. Wnikanie ciepłego powietrza do wnętrza szyszki podczas procesu łuszczenia nie ma zatem znaczącego wpływu na szybsze otwieranie się szyszek i pozyskanie z nich nasion dla badanego pochodzenia szyszek, zatem zabieg nawiercania jest nieefektywny. Wyniki tych badań należałoby jeszcze potwierdzić na szyszkach pochodzących z innych regionów.

Zmiany zawartości wody w szyszkach całych i wierconych są nieistotne statystycznie dla szyszek o początkowej zawartości wody ok. $0,22 \text{ kg}_{\text{wody}}/\text{kg}_{\text{s.m.}}$, natomiast są istotne dla szyszek o początkowej zawartości wody ponad $0,30 \text{ kg}_{\text{wody}}/\text{kg}_{\text{s.m.}}$. Szyszki o wyższej początkowej wilgotności szybciej odparowują wodę niż szyszki o niższej wilgotności. Nie stwierdzono wpływu wilgotności początkowej na czas jej otwierania (τ_{ot}), można więc czas ten potraktować jako zmienną losową i rozpatrywać cały zbiór szyszek danej partii. Analizując pozyskanie wszystkich nasion, można zakończyć proces suszenia po 9 godzinach, kiedy to pozyskanych jest średnio 95%.

Zauważono, że z szyszek całych zaczęto pozyskiwać pierwsze nasiona o około 1 godzinę szybciej niż z szyszek wierconych. Więcej łusek otworzyło się u szyszek wierconych, choć nie przełożyło się to na większą liczbę pozyskanych nasion pod koniec suszenia.

Wysoki, na poziomie 93%, wskaźnik żywotności nasion na kielkowniku Jakobsena potwierdza prawidłowość przebiegu procesu łuszczenia szyszek całych i wierconych.

Literatura

- Aniszewska M. 2004. Analiza procesu cieplnego wyluszczenia nasion z sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. Praca doktorska, Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych.
- Aniszewska M. 2008. Charakterystyka wielofazowego procesu wyluszczenia nasion modrzewia europejskiego *Larix decidua* Mill. na przykładzie wyluszczeni gospodarczej w Czarnej Białostockiej. *Leśne Prace Badawcze*, 69 (2): 155–163.

- Białobok S., Baratyński A., Bugała W. 1993. Biologia sosny zwyczajnej. Poznań – Kórnik, Polska Akademia Nauk Instytut Dendrologii, 624 s.
- Gawart B. 2000. Zmienność budowy anatomicznej szyszek sosny. Praca magisterska, Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 124 s.
- Kurkiewicz K. 2007. Wpływ wstępnej obróbki szyszek sosny zwyczajnej na efektywność wyluszczenia nasion. Praca magisterska. Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 69 s.
- Pabis S. 1982. Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych. Warszawa, PWRiL, 228 s.
- Pawicka J. 2003. Wpływ wstępnej obróbki szyszek sosny na przebieg procesu wyluszczenia nasion. Praca magisterska. Warszawa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, 67 s.
- Staszkiewicz J. 1993. Zmienność morfologiczna szpilek, szyszek i nasion. Biologia sosny zwyczajnej. Poznań, Instytut Dendrometrii PAN.
- Tyszkiewicz S. 1949. Nasiennictwo leśne. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa, nr 2, 337 s.