

DONIESIENIA I ANALIZY

Śniegołomy na terenie RDLP w Olsztynie
– analiza zjawiska na przykładzie epizodu w dniach 01–07.11.2006 r.

Tadeusz Zachara¹, Grzegorz Urban², Wojciech Gil¹

Wstęp

Ryzyko szkód w lasach powodowanych przez wiatr i śnieg jest stałym elementem gospodarki leśnej w klimatyczno-siedliskowych warunkach Polski. Nawet najbardziej racjonalne działania hodowlane leśników nie wyeliminuje tych szkód całkowicie, ale może w dużym stopniu zmniejszyć nasilenie i częstotliwość ich występowania (Zajączkowski 1991). W ostatnich latach śniegołomy najistotniejsze z punktu widzenia gospodarki wystąpiły w dniach 4–5 listopada 2006 r. na terenie RDLP w Olsztynie. Najbardziej ucierpiały drzewostany w nadleśnictwach: Iława, Kudypy, Miłomłyn, Stare Jabłonki i Susz. Całkowita miąższość uszkodzonego drewna została oszacowana na ok. 1126 tys. m³ (RDLP Olsztyn 2007). W niniejszej pracy podjęto próbę kompleksowej oceny tego zjawiska.

Warunki pogodowe i cechy drzewostanu wpływające na wielkość szkód od śniegu

Względna stabilność ekosystemów leśnych jest uwarunkowana ich odpornością na ekstremalne zjawiska pogodowe. Są to przede wszystkim: silny wiatr, śnieg, susza, znaczne spadki temperatury powietrza czy też obciążenie szadzią. Wszystkie w istotny sposób wpływają na stan zdro-

wotny lasu, wywołując mechaniczne uszkodzenia drzew lub zaburzenia ich stanu fizjologicznego (Urban i in. 2005).

Uszkodzenia powodowane przez śnieg są mniej spektakularne niż skutki huraganowych wiatrów i stanowią jedynie 15% całości rozmiaru szkód atmosferycznych liczonych miąższością uszkodzonych drzew. W rzeczywistości jednak, jeśli uwzględnimy fakt, że wyrządzane są one głównie w młodych drzewostanach, ich znaczenie jest dużo większe (Zajączkowski 1991).

Wyróżnia się trzy główne typy uszkodzeń powodowanych przez śnieg: złamanie, pochylenie i wywalenie, ale zdecydowanie najbardziej rozpowszechniony jest pierwszy z nich (Ślodičak 1995, Nykänen i in. 1997). Zmniejszanie prawdopodobieństwa wystąpienia szkód może odbywać się poprzez właściwy dobór gatunków, form zmieszania i więźby początkowej upraw, jak też poprzez odpowiednie nasilenie i częstość czyszczeń i trzebieży wczesnych (Valinger i in. 1993, Zachara 2006). W II klasie wieku zagrożenie szkodami od śniegu może być zmniejszane stosowaniem cięć pielęgnacyjnych (Ślodičak 1995). Kluczowe, w przypadku sosny, wydaje się tu utrzymanie wskaźnika smukłości (wyrażonego stosunkiem wysokości do pierśnicy) poniżej wartości 100, co może być osiągnię-

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Hodowli Lasu, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05–090 Raszyn, T. Zachara <zacharat@ibles.waw.pl>, W. Gil <gilw@ibles.waw.pl>

² Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział we Wrocławiu, Zakład Badań Regionalnych, ul. Parkowa 30, 51–616 Wrocław, urbag@poczta.onet.pl

nięte systematyczną pielęgnacją o umiarkowanym nasileniu (Zajączkowski 1991).

Gatunki liściaste, w porównaniu z iglastymi, są rzadziej uszkodzane na skutek opadów śniegu, przy czym nie dotyczy to zdarzeń w okresie ich ulistnienia (Rotmann, za Zajączkowskim 1991).

Wśród występujących u nas gatunków iglastych za najbardziej narażony na uszkodzenia przez śnieg uważa się sosnę (Zajączkowski 1991, Nykänen i in. 1997, Jalkanen, Konopka 1998). Ze względu na wysoko położony środek ciężkości korony u tego gatunku, szkody polegają zwykle na złamaniu pnia poniżej korony. U świerka, również uważanego za gatunek mało odporny na uszkodzenia przez śnieg, złamania mają miejsce na ogół w obrębie korony i nie zawsze prowadzą do śmierci drzewa (Nykänen i in. 1997).

O wielkości szkód decyduje zazwyczaj jednoczesne oddziaływanie śniegu, wiatru, wilgotności powietrza i temperatury. Według Zajączkowskiego (1991) graniczne wartości doraźnego obciążenia śniegiem wynoszą 40–50 kg/m² dla świerka i 30–40 kg/m² dla sosny, co odpowiada grubości pokrywy śnieżnej 25–40 cm dla świerka i ok. 25 cm dla sosny, przy czym przy długotrwałym zaleganiu śniegu i dodatkowych czynnikach (gołoledź, wiatr), wartości te mogą być niższe (Peltola i in. 1997, Päätaalo 2000). Największe szkody wyrządza śnieg padający przy temperaturze od –5°C do +0,6°C, gdyż przy niższych temperaturach ma słabą przyczepność, a przy wyższych jest zbyt ciężki, aby się trwale utrzymać na gałęziach. Mokry śnieg charakteryzuje się ponad dwukrotnie większą gęstością w porównaniu do suchego (Nykänen i in. 1997, Brüchert, Becker 2000). Prędkość wiatru powyżej 9 m/s zapobiega osadzeniu się większych ładunków śniegu nawet przy wielkości opadu 60 kg/m², stąd większe szkody występują na terenach o ekspozycji zawietrznej (Peltola i in. 1997).

Jak wykazują badania, bardziej odporne na uszkodzenia przez śnieg są drzewa o dobrze rozbudowanej koronie i niskiej smukłości (Johann 1981, Słodičak 1995). Młodniki pochodzące z naturalnego odnowienia są bardziej podatne na tego rodzaju szkody (Abetz 1966). W wypadku jednak powierzchniowych szkód od śniegu w młodnikach, złamaniom lub wywaleniom ulegają nie tylko drzewa cienkie, lecz także pojedynczo rosące między nimi drzewa grubsze, nie wytrzymujące naporu sąsiedztwa (Zajączkowski 1984). Jednoznaczna ocena tej sytuacji nie jest jednak łatwa, bowiem zdarzają się również przypadki uszkodzeń sosen o dobrze rozwiniętej koronie i niskiej smukłości, rosnących w rzadkiej wieźbie także dlatego, że nie miały one oparcia w odpowiednio licznych sąsiedztwie (Zajączkowski i in. 2004). Może to wynikać ze specyfiki rozwoju koron drzew tego gatunku, które w warunkach rozluźnionej wieźby rozrastają się na boki, zwiększając tym samym powierzchnię wystawioną na działanie śniegu (Zachara 2006).

Analiza sytuacji synoptycznej i warunków pogodowych w dniach 1–7.11.2006 r. na obszarze RDLP w Olsztynie

Warunki pogodowe przedstawiono w ujęciu kalendarzowym, aby w możliwie czytelny sposób oddać ich dynamikę i ewentualne oddziaływanie na drzewostan. Źródła danych wymieniono w spisie literatury pod ogólną nazwą „Dane meteorologiczne 2006”.

1.11.2006 r.

Polska znajdowała się pod wpływem układu niskiego ciśnienia z centrum nad Estonią, z chłodnym frontem atmosferycznym, z którego napływało wilgotne powietrze polarno-morskie z kierunków zachodnich. Wiatr umiarkowany i dość silny, miejscami porywisty, zachodni. Zachmurzenie duże, przelotne opady deszczu, deszczu ze śniegiem i lokalnie śniegu. Temperatura

maksymalna (T_{\max}) powietrza w północno-wschodniej Polsce wyniosła 8,0–9,0°C, minimalna (T_{\min}) od ok. 0,0°C do –1,0°C.

2.11.2006 r.

Po przejściu frontu chłodnego nastąpił wyraźny spadek temperatury powietrza, T_{\max} wyniosła od 1,0°C w Mławie do 0,0°C w Olsztynie, T_{\min} od ok. –1,0°C do ok. –4,0°C. Przelotne opady śniegu i deszczu ze śniegiem (grubość pokrywy śnieżnej na obszarze RDLP w Olsztynie w granicach 1–5 cm), lokalnie dość intensywne, wiatr silny i bardzo silny (ok. 15 m/s) i miejscami porywisty, osiągający w porywach 20 m/s z północnego zachodu, powodujący zawieje śnieżne.

3.11.2006 r.

Polska znajdowała się w wilgotnej masie powietrza polarno-morskiego napływającego z północy i północnego zachodu o dużej wilgotności względnej, rzędu

95–98%. Wiatr umiarkowany i silny, okresami porywisty. Przelotne opady mokrego śniegu, miejscami dość intensywne, którego grubość w Olsztynie wynosiła 14 cm, w Kętrzynie 23 cm, a w zachodniej części Nadleśnictwa Olsztynek osiągała nawet 27 cm (tab. 1). Opady mokrego śniegu deponowały się na koronach tworząc okiść. W rejonie RDLP w Olsztynie T_{\max} od 0,0°C do –1,0°C, T_{\min} od –3,0°C do –5,0°C, lokalnie (rejon Kętrzyna) nawet do –8,0°C. Temperatura powietrza w 8 terminach obserwacyjnych (01.00, 04.00, 07.00, 10.00, 13.00, 16.00, 19.00, 22.00), a także średnia dobową temperatura w okolicznych stacjach synoptycznych była ujemna.

4.11.2006 r.

Polska nadal pozostawała w chłodnej i wilgotnej masie powietrza polarno-morskiego, występowały opady śniegu, lokalnie przechodzące w przelotny deszcz ze śniegiem (ryc. 1). Grubość pokrywy

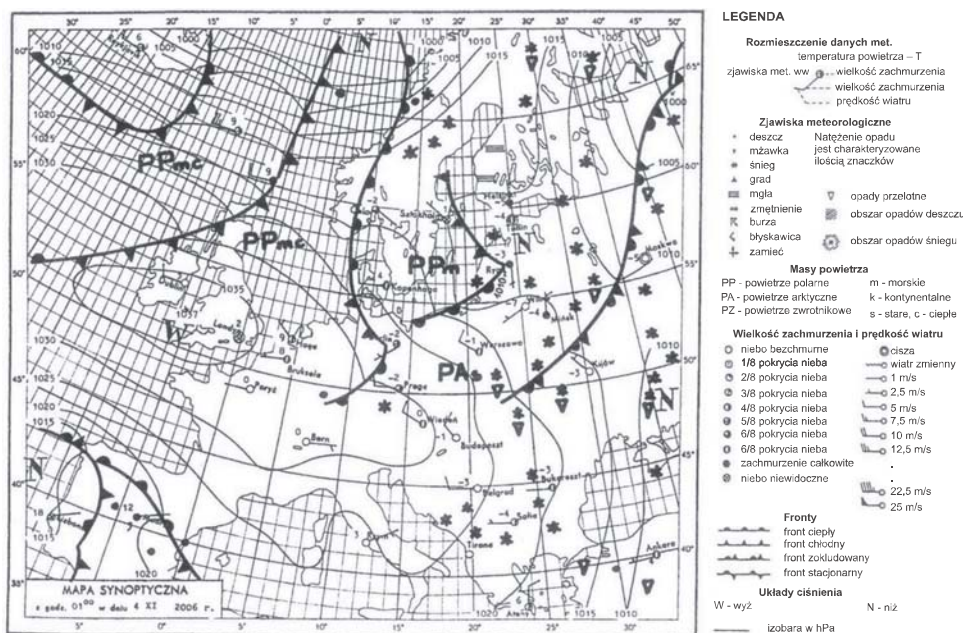
Tabela 1. Dobowa suma opadów atmosferycznych R [mm] i wysokość pokrywy śnieżnej HS [cm] w dniach 1–7.11.2006 r. na stacjach i posterunkach IMGW w rejonie RDLP w Olsztynie (źródło: zasoby bazy i Codzienne Biuletyny Meteorologiczne IMGW)

Stacja	1 XI		2 XI		3 XI		4 XI		5 XI		6 XI		7 XI	
	R	HS	R	HS	R	HS	R	HS	R	HS	R	HS	R	HS
Olsztyn	2,8	.	9,3	2	12,1	14	8,6	29	17,3	24	3,4	15	0,2	0
Mława	6,9	.	0,6	1	4,6	1	6,5	4	16,1	4	3,7	0	0,0	.
Kętrzyn	4,3	.	13,2	3	0,6	23	6,2	14	14,8	16	3,9	22	0,2	6
Elbląg	10,3	.	8,0	0	15,1	11	11,1	15	12,2	12	2,5	4	0,1	.
Mikołajki	3,2	.	5,9	.	0,5	4	4,6	4	8,2	5	4,8	12	0,1	0
Pietrzwałd	2,5	.	12,0	.	25,0	24	10,7	55	12,0	30	2,7	.	.	.
Jerzwałd	12,3	.	19,3	5	20,8	18	8,6	23	12,3	.	3,2	.	8,6	.
Lubawa	4,7	.	24,8	1	14,7	27	11,9	35	8,7	23	5,7	15	.	5
Kuligi	5,6	.	7,9	1	9,3	12	6,7	22	11,2	10	3,4	.	.	.

Uwaga:

Pomiar opadu wykonywany jest o godz. 7:00 czasu zimowego (lub o godz. 8:00 czasu letniego) i obejmuje 24-godzinny okres – tzw. doba opadowa – od godz. 7:00 (8:00) dnia poprzedzającego pomiar do godz. 7:00 (8:00) w dniu wykonania pomiaru. Po wykonaniu pomiaru opadu jego wysokość zostaje zapisana pod datą dnia poprzedzającego (1,0 mm = 1 litr / m²).

Charakterystyka pokrywy śnieżnej określana jest dla warunków terenu otwartego, niezaburzonego funkcjonowaniem miasta (ruch uliczny, odśnieżanie, itp.), wpływem lasu, itp. Obserwacja i pomiar wysokości pokrywy śnieżnej wykonywana jest raz dziennie o godzinie 7:00 (8:00). Wysokość pokrywy śnieżnej zostaje zapisana pod datą wykonania pomiaru.



Ryc. 1. Mapa synoptyczna z 4 XI 2006 r. z godz. 01.00 (źródło: Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW z 4 XI 2006 r.)

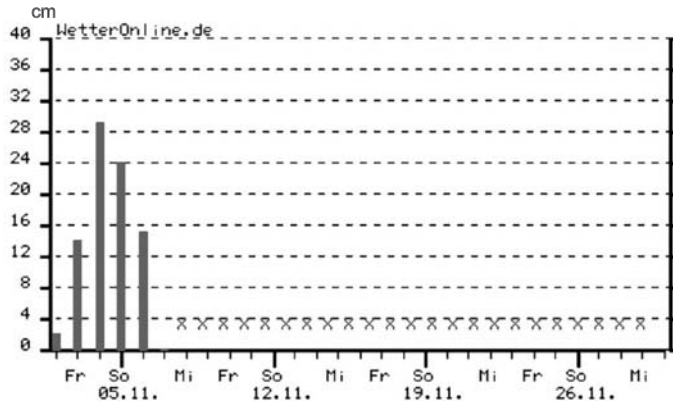
śnieżnej w Olsztynie wynosiła już 29 cm, stanowiąc tym samym maksimum z tego miesiąca na tej stacji (ryc. 2). Ponadto wielkość ta w tym dniu była najwyższą, poza Kasprowym Wierchem, zanotowaną wartością na stacjach synoptycznych w całym kraju. Grubość pokrywy śnieżnej na terenie RDLP w Olsztynie była silnie zróżnicowana przestrzennie: w części zachodniej pokrywa śnieżna była wyraźnie grubsza niż na pozostałych obszarach. Osiągnęła swoją maksymalną miąższość w rejonie na południe od Ostródy, w strefie kontaktu granic nadleśnictw: Hawa, Miłomłyn, Stare Jabłonki, Jagielek i Olsztynek. Na posterunkach opadowych IMGW w Pietrzwałdzie i w Lubawie osiągnęła odpowiednio aż 55 cm i 35 cm (tab. 1). Na stacji synoptycznej IMGW w Olsztynie i okolicznych posterunkach opadowych grubość pokrywy śnieżnej była także największa w całym sezonie chłodnym, tj. od XI 2006 r. do IV 2007 r. Temperatura maksymalna w regionie w ciągu dnia osiągnęła $1,0 \div 1,5^\circ\text{C}$;

minimalna była wszędzie ujemna i wynosiła $-2,0^\circ\text{C} \div -4,0^\circ\text{C}$. Wiatr umiarkowany wiał przeważnie z kierunku zachodniego i północno-zachodniego, zmieniając z upływem dnia kierunek na południowy, lokalnie powodował zawieje ograniczające widzialność.

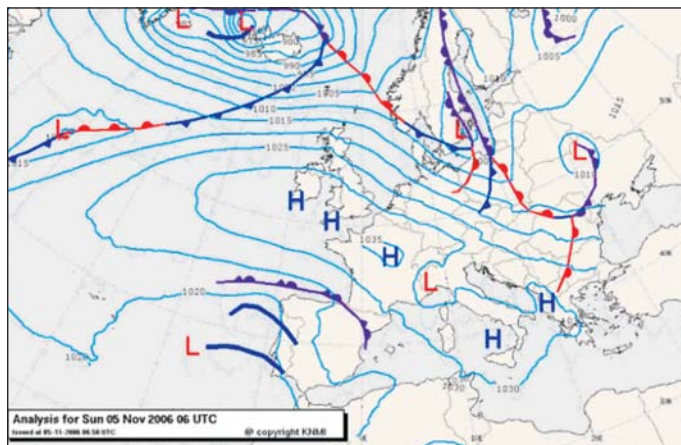
5.11.2006 r.

Obszar Polski północno-wschodniej nadal pozostawał w masie chłodnego i wilgotnego powietrza. Od początku doby do godzin porannych występowały dość intensywne opady śniegu przy temperaturze powietrza ok. $-2,0^\circ\text{C}$. W godzinach przedpołudniowych analizowany obszar znajdował się już w zasięgu ciepłego frontu atmosferycznego, wolno przemieszczającego się od zachodu, który stopniowo wypierał chłodne powietrze zalegające w dolnej troposferze (ryc. 3). Wystąpiło zjawisko inwersji termicznej. Temperatura powietrza o godz. 10.00 w Mławie wynosiła już $1,0^\circ\text{C}$ a w rejonie Mikołajek i Kętrzyna kształto-

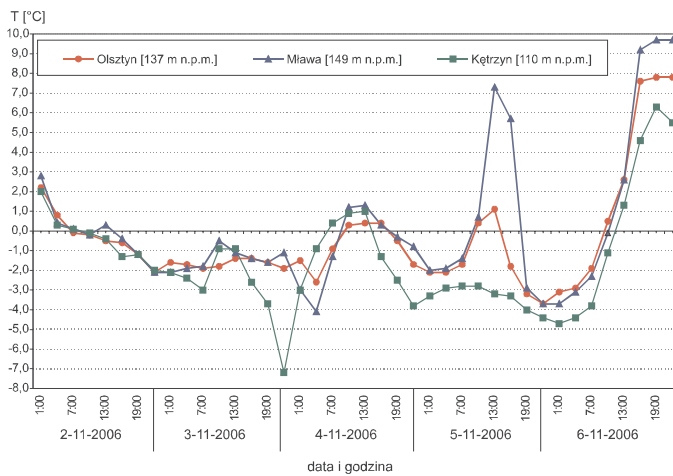
Ryc. 2. Wysokość pokrywy śnieżnej w Olsztynie w listopadzie 2006 r. (źródło: www.wetteronline.de)



Ryc. 3. Mapa synoptyczna z 5 XI 2006 r. z godz. 07.00 (źródło: www.knmi.nl)

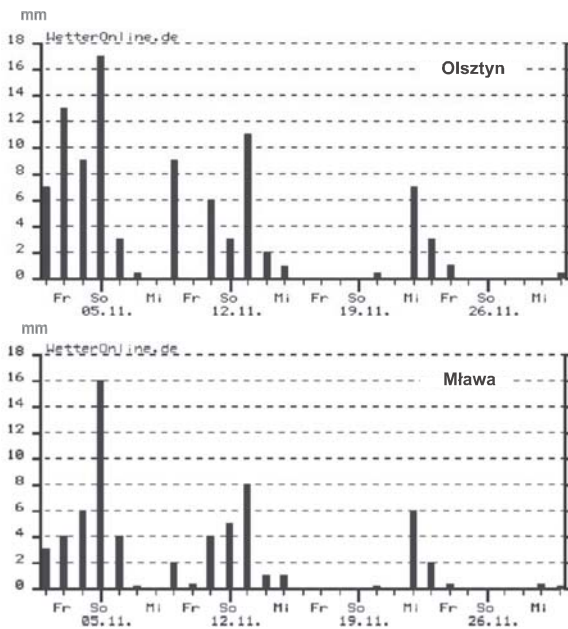


Ryc. 4. Temperatura powietrza w dniach 2–6 XI 2006 r. w 8 terminach obserwacyjnych na stacjach synoptycznych w Olsztynie, Mławie i Kętrzynie (źródło: www.wetteronline.de)



wała się nadal w granicach $-3,0^{\circ}\text{C} \div -4,0^{\circ}\text{C}$. Około godz. 13.00 temperatura powietrza w Olsztynie osiągnęła $+1,0^{\circ}\text{C}$ (w Mławie aż $+7,0^{\circ}\text{C}$, rejon Kętrzyn-Mikołajki nadal po-

zostawał w ujemnej temperaturze) (ryc. 4). Pojawiły się przelotne opady deszczu przechodzące w deszcz ze śniegiem i lokalnie marznący deszcz. To spowodowało dodat-



Ryc. 5. Opady atmosferyczne w listopadzie 2006 r. (źródło: www.wetteronline.de)

kowe obciążenie drzew, wcześniej i tak już będących pod okiścią połączoną z gołoleźdzą i z oblodzeniem. Nastąpiły liczne mechaniczne uszkodzenia drzewostanów, przede wszystkim w formie złamań.

W godzinach popołudniowych nastąpił stopniowy spadek temperatury powietrza wskutek przechodzącego frontu zokludowanego. Ok. godz. 16.00 w Olsztynie temperatura powietrza wynosiła ok. $-2,0^{\circ}\text{C}$. Temperatura maksymalna powietrza osiągnęła tego dnia $4,0^{\circ}\text{C}$ w rejonie Olsztyna i $7,5^{\circ}\text{C}$ w Mławie, minimalna na tym obszarze spadła do ok. $-4,0^{\circ}\text{C}$. Suma opadów atmosferycznych tej doby, na linii Mława-Olsztyn-Kętrzyn, kształtowała się w granicach $15\div 18$ mm i były najwyższe w skali całego miesiąca (ryc. 5). Wiatr był umiarkowany, okresami dość silny i porywisty, z sektora zachodniego, w porywach lokalnie osiągający $20\text{--}25$ m/s.

6.11.2006 r.

Polska północno-wschodnia była w oddziaływaniu frontu ciepłego, występowały opady deszczu (ok. $3\div 5$ mm na dobę). Temperatura maksymalna wynosiła ok.

$8\div 9^{\circ}\text{C}$, minimalna ok. $7\div 8^{\circ}\text{C}$, skutkiem tego nastąpiła m.in. wyraźna redukcja pokrywy śnieżnej, a lokalnie wręcz zupełny jej zanik. Wiatr umiarkowany, z kierunków zachodnich i południowo-zachodnich.

7.11.2006 r.

Sytuacja kształtowała się podobnie jak 6.11.2006 r., tzn. było relatywnie ciepło i wilgotno, miejscami wystąpiły niewielkie opady deszczu. Nastąpiła dalsza gwałtowna redukcja pokrywy śnieżnej, aż do zupełnego jej zaniku, jedynie miejscami utrzymały się śladowe ilości pokrywy śnieżnej.

Szkody wyrządzone przez śnieg w RDLP w Olsztynie

Śniegołomy odnotowano we wszystkich klasach wieku, przy czym powierzchniowo najczęściej uszkodzeń odnotowano w drzewostanach młodszych. Najwięcej śniegołomów w dniach 5–6 listopada 2006 roku wystąpiło w drzewostanach sosnowych z niewielką domieszką brzozy. Uszkodzeniom uległy także modrzewie oraz olchy, dęby i buki. Zwłaszcza te dwa ostatnie

gatunki były licznie reprezentowane w II piętrze drzewostanów sosnowych rosnących na żyznych siedliskach (Kwiecień 2006). Miąższość drewna szacowaną do pozyskania wskutek śniegołomu w poszczególnych nadleśnictwach RDLP w Olsztynie przedstawiono w tabeli 2.

Całkowita miąższość drewna pochodzącego ze śniegołomów stanowiła blisko 50% rocznego pozyskania drewna w RDLP w Olsztynie (2316,5 tys. m³, Leśnictwo 2006). W chwili obecnej wiadomo już, że całkowita miąższość uszkodzonego drewna może być znacznie wyższa, w wyniku wydzielania się i pozyskania drzew uszkodzonych w mniejszym stopniu i nieusuwanym w pierwszej kolejności.

Miąższość pozyskanego drewna w rozbięciu na sortymenty przedstawia tabela 3. Sumaryczna masa uszkodzonego drewna jest dużo mniejsza od wykazanej w tabeli 2, ponieważ dane pochodzą z grudnia 2006, a dane z tabeli 2 z lutego 2007, kiedy to oszacowanie szkód było już dokładniejsze. Z tabeli 3 wynika, że zdecydowana większość uszkodzeń miała miejsce w drzewostanach iglastych, przy czym z drewna uszkodzonego pozyskano głównie sortymenty wielko- i średniowymiarowe. Nie powinno to dziwić, gdyż zwyczajowo – zwłaszcza w

przypadku kłesk – pozyskuje się w pierwszej kolejności sortymenty najcenniejsze. Najliczniejsze uszkodzenia objęły sosnę zwyczajną, w tym także ekotyp sosny taborskiej (nadleśnictwa Miłomłyn i Stare Jabłonki). Wśród gatunków liściastych najbardziej ucierpiały dęby, buki i brzozy, współtworzące miejscowe drzewostany.

Podsumowanie i wnioski

Warunki pogodowe, szczególnie w dniach 3–5.11.2006 r., sprzyjały wystąpieniu abiotycznych uszkodzeń drzewostanów na terenie RDLP w Olsztynie. Głównym czynnikiem sprawczym były meteorologiczne czynniki dynamiczne w postaci intensywnych opadów mokrego śniegu (powodującego najpierw okiślenie), przechodzące następnie w deszcz ze śniegiem, a w ujemnych temperaturach powietrza – w deszcz marznący (powodujący dodatkowe obciążenie gałęzi i koron drzew wskutek oblodzenia), w połączeniu z silnym i porywistym wiatrem.

W wyżej wymienionych dniach temperatura maksymalna, średnia dobową i minimalna powietrza w omawianym rejonie była najniższa w skali całego miesiąca, a dobową sumą opadów i wysokość pokrywy

Tabela 2. Miąższość drewna do pozyskania w wyniku szkód wyrządzonych przez śnieg w dniach 5–6.11.2007 r. w podziale na nadleśnictwa (stan na luty 2007, RDLP Olsztyn 2007)

Nadleśnictwo	Miąższość [m ³]
Dobrocin	19249
Iława	160650
Jagiełek	38997
Kudypy	250000
Miłomłyn	400000
Olsztynek	26000
Stare Jabłonki	100000
Susz	130749
Razem	1 125 645

Tabela 3. Miąższość drewna pozyskanego w wyniku szkód wyrządzonych przez śnieg w dniach 5–6.11.2007 r. w podziale na sortymenty (RDLP Olsztyn 2006).

Sortyment	Miąższość	
	m ³	%
W (wielkowymiarowe)	366 579	
w tym: W iglaste	361 203	98,5
W liściaste	5 376	1,5
S (średniowymiarowe)	297 184	
w tym: S iglaste	286 496	96,4
S liściaste	10 688	3,6
M (małowymiarowe)	8 996	
w tym: M iglaste	7 816	86,9
M liściaste	1 180	13,1

śnieżnej osiągnęły swoje maksimum. Grubość pokrywy śnieżnej znacznie przekroczyła wartości graniczne podawane w literaturze (patrz podrozdz. „Warunki pogodowe i cechy...”), stąd szkody spowodowane przez śnieg były większe od przeciętnych. Złamania były dodatkowo indukowane silnymi porywami wiatru już w momencie, kiedy korony drzew od dawna były obłożone mokrym śniegiem.

O wyjątkowości uszkodzeń drzewostanów w analizowanym okresie świadczy fakt, że ostatnie tak rozległe szkody były notowane jesienią i zimą na przełomie lat 1978 i 1979 w północno-zachodniej Polsce i na Górnym Śląsku (Zajączkowski 1991). Miąższość pozyskanego wówczas drewna wyniosła ok. 5 mln m³.

Na ogół uznaje się, że do złamania strzały drzewa dochodzi, jeśli pod wpływem nacisku śniegu powstają naprężenia zginające, a te pojawiają się przy niesymetrycznej koronie. Mała, wysoko osadzona asymetryczna korona jest przez wielu badaczy uważana za główną przyczynę dużej podatności drzew, zwłaszcza sosen, na uszkodzenia przez śnieg. Taki jej kształt jest wynikiem prowadzenia cięć pielęgnacyjnych o niedostatecznym nasileniu. Przy pochylonej osi strzały silny podmuch wiatru może przyspieszać złamanie (Zajączkowski 1991). Ważną rolę odgrywa tutaj również czas występowania naprężenia – przy długotrwałym obciążeniu śniegiem wytrzymałość drewna drzew iglastych może zmniejszyć się nawet o 50% (Petty, Worrell 1981). Ci sami autorzy potwierdzają cytowane wyżej doniesienia, że wytrzymałość strzał rośnie znacząco przy wzroście pierśnicy drzew i obniżeniu wskaźnika smukłości.

Następstwa szkód od śniegu, podobnie jak od wiatru i innych czynników meteorologicznych, są wielostronne. Uszkodzony drzewostan ma obniżoną stabilność na dalsze szkody od wiatru i śniegu. Drzewa, które przeżyły, ale mają połamane korony czy naderwane systemy korzeniowe, są po-

datne na infekcje grzybowe i ataki szkodliwych owadów. Uszkodzenie drzewostanów znajdujących się w fazach przed osiągnięciem dojrzałości rębnej jest źródłem szczególnie dotkliwych strat ekonomicznych, tym większych im młodszy jest drzewostan (Zajączkowski 1991). Drewno z połamanych i uszkodzonych drzew ma obniżoną wartość techniczną i uzyskuje się za nie mniejszą cenę (przy zwiększonych kosztach uprzękania powierzchni po śniegołomach). Dodatkowo cena spada w konsekwencji znacznych szkód i dużej podaży drewna na lokalnych i krajowych rynkach. Uszkodzone drzewostany gorzej pełnią swoje funkcje ochronne i społeczne.

Powstaje pytanie, czy postępowanie hodowlane w uszkodzonych przez śnieg drzewostanach mogło wpłynąć na rozmiar uszkodzeń. Bez dokładnych pomiarów drzewostanów trudno wydawać jakiegokolwiek werdykt.

Przeanalizowano szkody wyrządzone przez śnieg na dwóch powierzchniach doświadczalnych Zakładu Hodowli Lasu w Nadleśnictwie Miłomłyn. W oddziale 103a, na siedlisku lasu mieszanego świeżego (bonitacja Ia/I) ostatnie pomiary przeprowadzono w 2001 roku. Drzewostan sosnowy był wówczas w wieku 72 lat (aktualny wiek 78 lat) i cechował się zagęszczeniem 356 szt./ha, średnią pierśnicą 28,6 cm, wysokością 25,8 m i wskaźnikiem smukłości 90. Uszkodzenia w tym drzewostanie wyniosły ok. 9% całkowitej miąższości wydzielenia (wg danych Nadleśnictwa Miłomłyn). Z kolei drzewostan sosnowy w wieku 41 lat na siedlisku lasu mieszanego świeżego i bonitacji Ia, o zagęszczeniu (wg pomiarów z 2001 roku) 1033 szt./ha, przeciętnej pierśnicy 17,4 cm, wysokości 17,1 m i wskaźniku smukłości 98, został uszkodzony w ok. 15% (stopień liczony miąższością pozyskanego drewna w stosunku do ogólnej zasobności drzewostanu). Były to więc szkody znaczne, ale nie wskazujące na wyjątkową podatność rozpatrywanych drzewostanów na uszkodzenia przez śnieg,

wręcz przeciwnie – parametry biometryczne tych drzew były wyższe od danych tablicowych (Szymkiewicz 1971) dla analogicznych drzewostanów (a zagęszczenie niższe). Być może więcej informacji dostarczyłyby dokładne pomiary w uszkodzonych młodszych drzewostanach sosnowych, które z uwagi na właściwości wzrostu sosny są bardziej wrażliwe na złamanie przez śnieg.

Podnoszenie odporności lasu na szkodliwe czynniki atmosferyczne, w szczególności te, które nie podlegają naszej kontroli (śnieg, wiatr, przymrozki itp.), jest w co-

dziennej praktyce leśnej koniecznością. Mając na uwadze olbrzymie konsekwencje szkód, należy uwzględnić, zarówno przy zakładaniu nowych upraw, jak i w prowadzeniu zabiegów hodowlanych w starszych drzewostanach, wskazówki hodowlane, które pomogą zmniejszyć ryzyko wystąpienia śniegołomów (Zajączkowski 1991, Zachara 2006). Może to mieć znaczenie nawet w przypadku zjawisk o charakterze kłęskowym, w czasie których natężenie szkód jest również zróżnicowane przestrzennie i zależy od wielu czynników.

LITERATURA

- Abetz P. 1966: Zur Bestandesbegründung und Jungbestandspflege in Fichte. *Der Forst-u.Holz.*, 4: 77–80.
- Brüchert F., Becker G. 2000: Biegemechanische Eigenschaften von Fichten [*Picea abies* (L.) Karst.] bei unterschiedlichen Wuchsbedingungen – Grundlagen zur Abschätzung der Stabilität von Bäumen gegenüber mechanischen Belastungen durch Sturm und Schnee. *Forstarchiv*, 71: 102–111.
- Jalkanen R., Konopka B. 1998: Snow-packing as a potential harmful factor on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* at high altitude in northern Finland. *Eur. J. For. Path.*, 28: 373–382.
- Johann K. 1981: Nicht schnee, sondern falsche Bestandesbehandlung verursacht Katastrophen. *Allg. Forstztg.*, 92 (5): 163–171.
- Kwiecień E. 2006: Śniegołomy na Warmii i Mazurach. *Głos Lasu*, 12: 10–12.
- Nykänen M. L., Peltola H., Quine C. P., Kellomäki S., Broadgate M. 1997: Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fenn.*, 31, 2: 193–213.
- Päätao M. L., 2000: Risk of Snow damage in Unmanaged and Managed Stands of Scots Pine, Norway Spruce and Birch. *Scand. J. For. Res.*, 15: 530–541.
- Peltola H., Nykänen M. L., Kellomäki S. 1997: Model computations on the critical combination of snow loading and windspeed for snow damage of Scots pine, Norway spruce and Birch sp. at stand edge. *For. Ecol. Manag.*, 95: 229–241.
- Petty J. A., Worrell R. 1981: Stability of coniferous tree stems in relation to damage by snow. *Forestry* 54 (2): 115–128.
- RDLP Olsztyn 2006: Szacunki brakarskie, 21.12.
- RDLP Olsztyn 2007: Rozmiar szkód pośniegowych z listopada 2006. 16.02.2007.
- Slodičák M. 1995: Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. [W:] Coutts M. P., Grace I. (eds.). *Wind and trees*. Cambridge University Press: 436–447.
- Szymkiewicz B. 1971: Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, wydanie IV, s. 157.
- Urban G., Sobik M., Błaś M. 2005: Pośrednie i bezpośrednie znaczenie klimatu w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych Gór Izerskich [W:] ZMŚP. *Funkcjonowanie geosystemów Polski w warunkach zmian klimatu i różnokierunkowej antropopresji* pod redakcją A. Kostrzewskiego i R. Kolandera. UAM w Poznaniu. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wydawnictwo Naukowe „Bogucki”. Poznań: 575–586.
- Valinger E., Lundquist L., Bondesson L. 1993: Assessing the risk of snow and wind damage from tree physical characteristics. *Forestry*, 66, 3: 249–260.
- Zachara T. 2006: Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im. *Sylwan*, 10: 56–64.

- Zajączkowski J. 1984: Postępowanie hodowlane a odporność drzewostanów sosnowych na szkody powodowane przez śnieg. Sylwan, 9: 19–27.
- Zajączkowski J. 1991: Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. "Świat", Warszawa, s. 224.
- Zajączkowski J., Mikułowski M., Zachara T., Gil W., Kopryk W. 2004: Możliwości zwiększenia efektywności zabiegów hodowlanych w kształtowaniu odporności lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Dokumentacja IBL, Warszawa.

Materiały źródłowe (dane meteorologiczne 2006)

- Codienne Biuletyny Meteorologiczne IMGW za okres 1–7.11.2006 r.
- Dane meteorologiczne ze stacji meteorologicznych IMGW: Olsztyn, Mława, Kętrzyn, Elbląg, Mikołajki i posterunków opadowych: Pietrzwałd, Jerzwałd, Lubawa, Nowe Miasto Lubawskie (Kuligi).
- Mapy synoptyczne za okres 1–7.11.2006 r. oraz przebiegi wybranych elementów meteorologicznych w listopadzie 2006 r.,
- Strony www: www.wetteronline.de; www.knmi.nl.

Określanie struktury wewnętrznej słoja przyrostu rocznego – rentgenograficzna metoda pomiaru gęstości drewna¹

Marcin Klisz²

Wstęp

Laboratorium Analiz Drewna i Włókien Drzewnych Rolniczego Szwedzkiego Uniwersytetu Rolniczego założone zostało przez Johana Lindenberga w 1994 r. i wchodziło w skład Wydziału Hodowli Lasu (Silviculture Department). W styczniu 2007 r. zostało włączone do nowo powstałego Wydziału Ekologii i Zarządzania Lasu (Department of Forest Ecology and Management). W laboratorium wykorzystuje się niedostrukturalne metody analizy gęstości drewna i długości włókien, a także metodę analizy modułu elastyczności. Główne tematy badawcze tu realizowane dotyczą wpływu zabiegów hodowlanych na powstawanie i różnicowanie struktury drewna (Mörling 1999),

zróżnicowania proveniencyjnego udziału twardzieli i bielu w drewnie (Fries 1999) oraz zróżnicowania długości włókien w słojach przyrostów rocznych (Mörling i in. 2003).

Cechy jakościowe drewna warunkowane są przebiegiem procesu tworzenia się i różnicowania tkanek przewodzących drzew. Przebieg tych procesów związany jest z tworzeniem się struktur ścian komórkowych w trakcie podziałów merystatycznych kambium. Procesy syntezy mikrowłókien celulozowych, hemicelulozy, pektyn i białek tworzących strukturę ściany komórkowej są aktywowane i koordynowane przez wiele specyficznych enzymów. Powstawanie tych enzymów jest uwarunkowane ekspresją genów w procesie powstawania i różnicowania ścian komórkowych drewna. Ekspre-

¹ Artykuł powstał w trakcie wizyty naukowej w dniach 3–18 października 2006 w Laboratorium Analiz Drewna i Włókien Drzewnych na Uniwersytecie Rolniczym w Umeå (Szwecja) w czasie, której prowadzono analizy materiału do tematu badawczego „Genetyczne uwarunkowania właściwości drewna drzew iglastych na przykładzie modrzewia europejskiego”.

² Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn, e-mail M.Klisz@ibles.waw.pl



Ryc. 1. Wywiert



Ryc. 2. Docinanie wywiertów piłą dwutarczową

sja genów odpowiadających za powstawanie enzymów sterujących procesem tworzenia i różnicowania ściany komórkowej uzależniona jest od klimatycznych i siedliskowych czynników środowiskowych. Powstawanie określonej struktury drewna jest wynikiem interakcji genotypu organizmu z warunkami środowiska. Określenie zmienności struktury drewna charakteryzowanej wartościami cech drewna (gęstością, długością włókien) daje możliwość prześledzenia jednego z przejawów interakcji genów odpowiadających za cechy jakościowe drewna z warunkami środowiska.

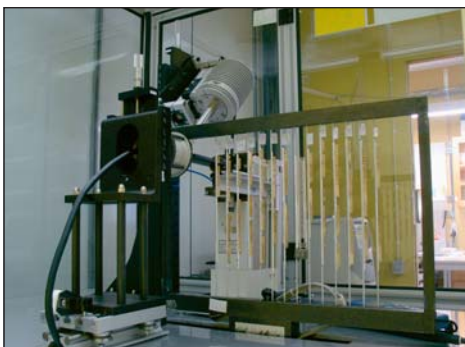
Niedestrukcyjne metody pobierania próbek drewna umożliwiają pozyskanie materiału (wywierty o średnicy 5 mm) do rentgenograficznej analizy gęstości drewna w obrębie poszczególnych słoików przyrostów rocznych, jak również do analizy rozkładu długości włókien. Pozyskiwane pod koniec okresu wegetacyjnego wywierty zawierają przyrosty roczne od początku od rdzenia aż do roku pobierania dla wysokości pierśnicowej (ryc. 1). W zależności od planowanych analiz i oczekiwanych informacji o strukturze drewna wywierty poddawane są odmiennym procedurom przygotowującym je do badań.

Rentgenograficzna analiza gęstości drewna (X-ray scanning)

Badania gęstości drewna prowadzone w Laboratorium Analiz Drewna i Długości Włókien w Umeå oparte są na procesie ska-

nowania promieniami X wywiertów pobranych z pni drzew za pomocą urządzenia X-ray Density Scanner firmy Cox Analytical System. Otrzymywane w tym procesie cyfrowe obrazy prześwietlanych próbek analizowane są za pomocą programu WinDENDRO firmy Regent Instrument. Efektem tych analiz są parametry gęstości drewna dla każdego słoika przyrostu rocznego. Rentgenograficzna metoda analizy gęstości drewna wymaga zastosowania specjalnej procedury przygotowania wywiertów. Przygotowanie wywiertów przebiega w trzech etapach. Wywierty są poddawane ekstrakcji substancji żywicznych, potem docinane wzdłużnie, a następnie stabilizuje się zawartość wody w ich drewnie.

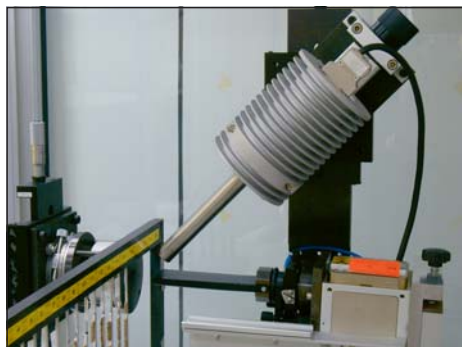
Ekstrakcja substancji żywicznych przeprowadzana jest w 10% roztworze wodnym acetonu, a następnie w gorącej wodzie o temperaturze 60°C. W wyniku tych procesów materiał badawczy pozbawiony zostaje kwasów żywicznych i pinosylwinu, których obecność wpływa na wartości gęstości drewna otrzymywane metodą radiograficzną (Grabner i in. 2005). Kolejnym etapem przygotowania wywiertów jest docięcie wzdłużne za pomocą dwutarczowej piły (ryc. 2) w celu uzyskania próbek o dwóch równoległych powierzchniach i grubości 2,2 mm. Docięte powierzchnie i jednolita grubość wywiertów pozwalają uzyskać jednolite warunki przenikania promieni X przez prześwietlany materiał. Ostatnim etapem przygotowania wywiertów jest stabilizacja wilgotności do poziomu 5–15%. Wysoka



Ryc. 3. Stabilizacja wilgotności wywiertów w X-ray Density Scanner

zawartość wody w analizowanym materiale zawyża wartość gęstości drewna (Bergsten i inni, 2001), dlatego wywierty przyklejone do uchwytych umieszcza się w klimatyzowanym wnętrzu X-ray Scannera na 24 godziny przed rozpoczęciem prześwietlania (ryc. 3). W pełni zautomatyzowany proces skanowania wywiertów sterowany jest za pomocą oprogramowania, pozwalającego w pełni kontrolować jego przebieg na każdym z etapów. Prześwietlanie wywiertów powinno być poprzedzone kalibracją urządzenia zakończoną uzyskaniem właściwego obrazu kontrolnego. Razem z analizowanym materiałem prześwietlany jest plastikowy wzorec gęstości, stanowiący odniesienie przy określeniu wartości gęstości drewna na podstawie uzyskanych zdjęć. Konstrukcja X-ray Density Scannera pozwala obserwować przebieg procesu skanowania. Ukierunkowana wiązka promieni generowana za pomocą optycznego kolimatora i detektora krzemowego po przeniknięciu przez wywiert przechodzi przez wąską szczelinę, za którą znajduje się matryca rejestrująca obraz rentgenowski (ryc. 4).

Obrazy uzyskane w wyniku prześwietlania wywiertów analizowane są za pomocą programu WinDENDRO. Oprogramowanie to pozwala uzyskiwać profile gęsto-



Ryc. 4. Detektor krzemowy i kolimator optyczny X-ray Density Scanner'a

ści drewna zawierające takie informacje, jak: szerokość słoja, szerokość drewna wczesnego i późnego, gęstość słoja, gęstość drewna wczesnego i późnego, gęstość minimalną i maksymalną, procentowy udział drewna wczesnego i późnego. Parametry te uzyskiwane są dzięki wyznaczaniu granic pomiędzy poszczególnymi słojami przyrostów rocznych oraz drewnem wczesnym i późnym na podstawie wartości gęstości drewna. Program WinDENDRO umożliwia porównywanie pomiędzy sobą profili gęstości, a także poszczególnych cech gęstości drewna.

Rentgenograficzna metoda analizy parametrów gęstości drewna pozwala stosunkowo łatwo otrzymać szczegółowe charakterystyki struktury drewna. Niestety, metoda ta jest czasochłonna. Przygotowanie wywiertów, prześwietlanie próbek i analiza obrazów zajmuje około 7 dni. Najdłużej trwają: ekstrakcja żywicy (ok. 90 godzin), stabilizacja wilgotności (ok. 24 godziny) i prześwietlanie (ok. 36 godzin). Przy analizowaniu większej ilości prób średni czas analizy partii wywiertów (20 sztuk) relatywnie ulega skróceniu ze względu na jednocześnie przebiegające etapy przygotowania i prześwietlania wywiertów.

Literatura

Bergsten U., Lindeberg J., Rindby A., Evans R. 2001: Batch measurements of wood density on intact or prepared drill cores using x-ray microdensitometry. *Wood Sci. Tech.*, 35:435–452.

- Fries A. 1999: Heartwood and Sapwood Variation in Mature Provenance Trials of *Pinus sylvestris*. Sil., Gen., 48 (1): 7-14.
- Grabner M, Wimmer R., Gierlinger N., Evans R., Downes G. 2005: Heartwood extractives in larch and effects on X-ray densitometry. Can. J. For. Res., 35: 2781–2786.
- Mörling T. 1999: Effects of nitrogen fertilisation and thinning on growth and clear wood properties in Scots pine. Silvestria, 84: 1-15.
- Mörling T., Sjöstedt-de Luna S., Snensson I., Fries A., Ericsson T. 2003: A method to estimate fibre length distribution in conifers based on wood samples from cores. Holzforschung, 57: 248-254.

WSPÓŁPRACA MIĘDZYKRAJOWA

Współpraca w dziedzinie badań leśnych z naukowcami niemieckimi

26–27 września 2007 r., Sękocin Stary, Polska

Nawiązanie współpracy pomiędzy naukowcami z zakładów naukowo-badawczych IBL a zespołem naukowców niemieckich było celem spotkania, które odbyło się w dniach 26–27 września 2007 r. w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie Starym. W spotkaniu uczestniczyło 11 gości niemieckich, biorących udział w realizacji Krajowego Programu Badawczego pt. „Zrównoważone leśnictwo” (*National Research Programme “Sustainable Forestry”*) pod kierunkiem prof. dr. h. c. Petera Fritza.

Goście niemieccy reprezentowali znaczące w Europie ośrodki naukowe oraz instytuty badawcze, m.in.: Uniwersytet w Getyndze, Uniwersytet Techniczny w Dreźnie, Brandenburski Uniwersytet Techniczny w Cottbus, Uniwersytet Nauk Stosowanych w Eberswalde, Centrum Badawcze Leibniza w Müncheberg oraz Centrum Badań Środowiskowych Helmholtz w Lipsku. Gospodarzami spotkania byli pracownicy Instytutu Badawczego Leśnictwa z zakładów: Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych, Ochrony Lasu, Ekologii Lasu i Łowiectwa, Urządzenia i Monitoringu Lasu, Siedliskoznawstwa, Fitopatologii Leśnej, Użytkowania Lasu oraz Ekonomiki i Polityki Leśnej (główny organizator spotkania).

Program spotkania obejmował prezentacje naukowców dotyczące bieżących i planowanych badań. Zagadnienia przedstawione przez naukowców niemieckich dotyczyły przede wszystkim kwestii: zrównoważonego leśnictwa, plantacji drzew szybkorosnących, ochrony siedlisk leśnych, właściwości drewna wybranych gatunków drzew leśnych oraz hodowli wybranych gatunków drzew, stanowiących przedmiot badań realizowanych w ramach w/w Krajowego Programu Badawczego. Naukowcy z Polski przedstawili prezentacje, w których główną uwagę poświęcono najnowszym osiągnięciom w dziedzinie badań leśnych prowadzonych w poszczególnych zakładach. Ponadto przedstawili aktualnie wykonywane projekty oraz planowane do realizacji w najbliższej przyszłości.

Prof. Peter Fritz i mgr Andreas Wernitze z Centrum Badań Środowiskowych Helmholtz w Lipsku przedstawili w prezentacji pt. „Zrównoważone leśnictwo” scenariusz przyszłego leśnictwa opartego na trwałej i zrównoważonej gospodarce leśnej, w którym istotną rolę odegra funkcja surowcowa i potencjalny wzrost wartości dodanej oraz ciągły rozwój nowych technologii i innowacji w leśnictwie. Dlatego planowane zagadnienia badawcze skupiały się przede