

STRESZCZENIE
DENDROCHRONOLOGIA DĘBU W NEOHOLOCENIE POLSKI

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań dendrochronologicznych nad dębem w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem południowej i zachodniej części kraju, dla których zestawiono ponad 1000-letnie chronologie regionalne. Analiza dendrochronologiczna ponad 4000 prób drewna dębowego z drzew rosnących, zabytków architektury i wykopalisk archeologicznych, a także dębów subfossylnych pozwoliła na zdefiniowanie trzech standardów regionalnych dla: Małopolski 910–1997 AD, Dolnego Śląska 780–1994 AD i Wielkopolski 449–1994 AD, stanowiących niezbędne uzupełnienie krzywej standardowej czarnych dębów z południowej Polski, obejmującej okres 474 BC – 1555 AD oraz chronologii z Polesia (okolice Pułtuska) 1168–1472 AD. Chronologie te, wraz z zestawionymi przez T. WAŻNEGO i A. ZIELSKIEGO dla północnych regionów kraju, stanowią niezbędną podstawę umożliwiającą precyzyjne datowanie drewna dębowego w Polsce.

W trakcie prac nad opracowaniem standardów regionalnych uzyskano bezwzględne datowania licznych obiektów, które przyczyniły się do rozwiązania problemów badawczych, istotnych dla archeologii, historii architektury i historii sztuki. Jednym z ważniejszych było wydatowanie wczesnośredniowiecznych grodów plemiennych i państwowych w Wielkopolsce i ustalenie, że inwestycje związane z powstaniem państwa polskiego, przejawiające się budową nowych grodów w centrum terytorium (m.in. w Łądzie, Bninie, Gieczu) ze stolicą w Gnieźnie, miało miejsce w 940 AD. Kolejne, datowane obiekty pozwoliły na identyfikację inwestycji, związanych z przyjęciem chrztu, m.in. powstaniem mostów łączących Ostrów Lednicki z łądem w 963 AD oraz umocnieniem zaplecza państwa w latach 70-tych i 80-tych X w. Jednocześnie stwierdzono, że już w latach 60 i 70-tych X w. w centrum państwa Piastów wystąpił deficyt drewna dębowego i w efekcie konieczne było jego sprowadzanie, zapewne drogą wodną z sąsiednich obszarów.

Inny aspekt archeologicznych badań dendrochronologicznych stanowiła analiza drewna z miast lokacyjnych, z obszaru Dolnego Śląska i częściowo Wielkopolski. Pozwoliła ona na identyfikację zabudowy z czasów lokacji najstarszych miast dolnośląskich Wrocławia i Środy Śląskiej. Zestawienie datowanych obiektów późnośredniowiecznych pokazało ponadto, że na terytorium Polski, odmiennie niż w Europie południowej i zachodniej, kryzys wywołany czarną śmiercią w połowie XIV w., nie zaznacza się.

Nieoczekiwane rezultaty osiągnięto również przy zestawianiu chronologii małopolskiej, gdzie główny trzon stanowił materiał z drewnianych zabytków architektury. Wyniki badań tych obiektów pozwoliły na stwierdzenie drewna z XIV i XV w. zabytkowych budowli sakralnych, uważanych do tej pory za dużo młodsze (m.in. kościoła z Raclawic Olkuskich z wieżą z 1395 AD).

Zgromadzenie bogatej kolekcji prób drewna pozwoliło na ustalenie statystyki bielu w drewnie dębu w poszczególnych regionach, co ma szczególne znaczenie przy datowaniu prób z fragmentarycznie zachowaną warstwą bielastą. Ustalono, że dla prób z obszaru Małopolski należy stosować formułę granica biel/twardziel $+12 (-6/+7)$, Wielkopolski $+13 (-7/+8)$ i Dolnego Śląska $+13 (-6/+9)$. Zidentyfikowane ilości słoików w warstwie bielastej w wyżej wymienionych rejonach są mniejsze niż stwierdzone dla Pomorza Zachodniego i Wschodniego (15), północnych Niemiec i Wielkiej Brytanii. Obserwacje te potwierdzają znaną prawidłowość, że ilość przyrostów w bielu zmniejsza się w kierunku z zachodu na wschód. Natomiast nowe ustalenia z południowej i zachodniej Polski pokazują, że spadek ten obserwuje się również przesuwać się z północy na południe. W tym przypadku wskazują one na prawidłowość, że wraz ze zwiększaniem się stopnia kontynentalizmu klimatu maleje ilość przyrostów w bielu.

Zestawienie chronologii regionalnych oraz licznych chronologii lokalnych pozwala na identyfikację miejsca pochodzenia drewna, co jest szczególnie ważne przy datowaniu zabytków mobilnych takich jak: statki, przedmioty sztuki, meble. Przeprowadzone porównania skal utworzonych w Europie zachodniej na podstawie tzw. drewna bałtyckiego pokazały, że ich głównym składnikiem jest drewno z Pomorza Wschodniego i obszarów przyległych (chronologia holenderska typu II i chronologia angielska BALTIC1) lub z obszaru Małopolski (chronologia angielska BALTIC2). Chronologie drewna bałtyckiego zestawione w zachodniej Europie mają więc charakter krzywych ponad regionalnych i zawierają drewno z różnych obszarów Polski i terenów przyległych. Biorąc pod uwagę powyższe ustalenia, należy przypuszczać, że zestawione chronologie regionalne z południa Polski mogą okazać się niezwykle przydatne w datowaniu zabytków sztuki zachodnioeuropejskiej, szczególnie tych zawierających krótsze sekwencje przyrostów.

Utworzone chronologie regionalne dla Dolnego Śląska, Wielkopolski i Małopolski wykazują wysoką zbieżność do chronologii subfosalnych dębów ($t = 10-11$) i chronologii z Pomorza Gdańskiego ($t = 10-11$). Wśród porównywanych chronologii najwyższą wzajemną zbieżnością charakteryzują się dolnośląska i wielkopolska ($t = 18$). Chronologie te wykazują wysoką korelację z chronologią południowoniemiecką B. BECKERA ($t = 12,5$), chronologią z centralnych Niemiec E. HOLLSTEINA ($t = 11$), a także z holenderską E. JANSMA (t około 8). Podobieństwo chronologii małopolskiej do chronologii zachodnioeuropejskich jest niższe i wynosi do skal niemieckich $t = 7$, a krzywej standardowej z Holandii $t = 4,5$.

Badane sekwencje dendrochronologiczne umożliwiły interpretację zmian klimatycznych na podstawie analizy lat wskaźnikowych i podobieństwa skal w czasie. Porównanie wyznaczonych dla poszczególnych regionów lat wskaźnikowych dowiodło znacznego zróżnicowania wpływu czynników klimatycznych w poszczególnych regionach. W ostatnim tysiącleciu stwierdzono tylko 7 wspólnych lat wskaźnikowych dla Małopolski, Wielkopolski i Dolnego Śląska. Analiza podobieństwa skal z południowych i północnych regionów pokazała, że jest ono zmienne w czasie. W okresach o przewadze cyrkulacji kontynentalnej nad terytorium Polski, a więc chłodniejszych, podobieństwo skal z Pomorza Gdańskiego i Małopolski jest wyższe niż w okresach cieplejszych, gdy przeważa cyrkulacja oceaniczna. Wyróżnione okresy są zbieżne z okresami zidentyfikowanymi na podstawie analiz izotopów stabilnych w celulozie późnych części słoja oraz fazami powaleń dębów w dolinach rzek, utożsamianych z okresami zwilgoceń.

Stwierdzono również, że na podstawie stref wewnętrznego bielu w drewnie współczesnych i subfosalnych dębów można identyfikować szczególnie mroźne zimy. W ostatnim tysiącleciu pojedyncze przypadki wystąpień wewnętrznego bielu zanotowano wśród prób z X, XII, XIII i XVI w., a bardziej liczne z XV, XVIII, XIX i XX w. Prześlędzono również częstość występowania wewnętrznego bielu w dębach subfosalnych. Obecność wewnętrznego bielu stwierdzono wśród pni z V i VI w. n.e. i XVI w. p.n.e. (południowa Polska), a szczególnie często notowano jego obecność w drewnie z IV-V w. p.n.e., zarówno w południowej, jak i północnej części kraju. Strefę wewnętrznego bielu zidentyfikowano w subfosalnym drewnie dębowym ze Smolic, datowanym na 6700 BC, co dowiodło, że tego typu zmiany notowane są od momentu wkroczenia najstarszych dębów po ociepleniu klimatu na obszar Europy środkowej i w związku z tym możliwe i celowe jest podjęciem tego typu badań nad drewnem z innych regionów.

Przeprowadzona analiza redukcji szerokości przyrostów w zestawionych sekwencjach dendrochronologicznych pokazała, że wśród dębów rosnących na terytorium Polski nie notujemy wyraźnego wpływu wybuchów wulkanicznych. Tylko jeden sygnał, wyraźnie zaznaczony w przyrostach rocznych subfosalnych dębów, był najprawdopodobniej wywołany wybuchem wulkanu Hekla 3. Pozwala on na uściślenie datowania tego wybuchu na 1160 BC.

Wyniki dendrochronologicznej analizy drewna dębowego z obszaru Polski, a zwłaszcza opracowanie ponad tysiącletnich chronologii regionalnych, w istotny sposób uzupełniają dotychczasowy stan zaawansowania badań i niwelują dystans dzielący dendrochronologię polską od zachodnioeuropejskiej.

STOSUNKI IZOTOPOWE WĘGLA I WODORU W CELULOZIE DREWNA DĘBU JAKO ZAPIS PALEOKLIMATU POLSKI POŁUDNIOWEJ W OSTATNIM TYSIĄCLECIU

Przedmiotem pracy było określenie stosunków izotopów stabilnych (C i H) w celulozie pochodzącej z drewna późnego przyrostów rocznych południowopolskich dębów z ostatniego tysiąclecia. Drewno późne po rozdrobnieniu podlegało dalszej preparatyce, polegającej na stopniowym pozbywaniu się składników grupowych drewna, bez naruszania struktury celulozy i bez wymiany izotopowej z używanymi odczynnikami. Ostatnim etapem preparatyki izotopowej węgla i wodoru było uzyskanie nitrocelulozy poddawanej następnie wielostopniowemu spalaniu. Otrzymane gazy rozdzielano kriogenicznie w próżni, a wodę uzyskaną z nitrocelulozy zredukowano ilościowo na cynku. Wynikiem preparatyk izotopowych były czysty dwutlenek węgla i czysty wodór, analizowane na spektrometrach mas.

Kalibrację uzyskanych $\delta^{13}\text{C}$ i δD z klimatem przeprowadzono na podstawie pomiarów z okresu 1850–1970. Porównanie uzyskanych wyników $\delta^{13}\text{C}$ z wartościami temperatury i opadów pokazały, że brak jest wyraźnej zależności pomiędzy badanymi wartościami z poszczególnych miesięcy okresu wegetacyjnego. Mając na uwadze szereg współczesnych obserwacji innych zespołów badawczych, mówiących, że krótkookresowe fluktuacje izotopowe są słabo skorelowane z klimatem oraz że użycie całej strefy drewna późnego nie gwarantuje określenia stosunków izotopowych odpowiadających warunkom „energetycznym” środowiska w czasie jej tworzenia, przeprowadzono modyfikację porównywanych wielkości ($\delta^{13}\text{C}$ i danych meteorologicznych) stosując średnią kroczącą liczoną dla okresu 5 letniego. Analiza regresji liniowej pokazała, że otrzymana uśredniona sekwencja $\delta^{13}\text{C}$ wykazuje znaczącą korelację ze średnią sumą opadów miesięcy maj – lipiec. Korelacja ta jest wyraźnie zaznaczona w obu analizowanych pniach z wyjątkiem okresu po 1958 r. Wartości z tego okresu czasu wyraźnie odbiegają od pozostałych, a przyczyn tej zmiany należy zapewne upatrywać we wpływie uruchomionej w latach 50-tych huty Lenina, usytuowanej w odległości około 20 km na E od badanego obszaru, stanowiącej poważnego producenta zanieczyszczeń. Zaobserwowany związek wysokości opadów miesięcy maj – lipiec z $\delta^{13}\text{C}$ w latach 1850–1950 pokazuje, że wzrostowi opadów o około 30 mm odpowiada spadek $\delta^{13}\text{C}$ o wartość 1‰. Mając na uwadze ustalenia BEDNARZA i PTAKA (1990) wykazujące zależność przyrostów rocznych dębów od opadów w okresie maj – lipiec, sprawdzono korelację $\delta^{13}\text{C}$ od temperatury w zależności od ilości opadów w danym roku. W tym celu cały zbiór został rozdzielony na 2 części, a granicę podziału stanowiła średnia suma opadów w analizowanym okresie, tj. 269 mm. Okazało się, że w tych latach gdzie opady były wyższe od średniej zachodzi korelacja pomiędzy $\delta^{13}\text{C}$ a temperaturą lipca–sierpnia ($R^2 = 0.54$), natomiast brak jest tej zależności w latach, w których średni opad jest niższy od przeciętnej ($R^2 < 0.1$). Zidentyfikowana zależność wyjaśniająca związek temperatury i opadów z $\delta^{13}\text{C}$ w drewnie późnym dębów z okolic Krakowa pokazuje, że rekonstrukcja temperatury na podstawie badań izotopowych celulozy z drewna późnego jest bardziej skomplikowana, niż zakładano.

Bardziej dyskusyjnie przedstawia się związek δD z klimatem, gdyż nie stwierdzono korelacji między δD a temperaturą i opadami. Jednakże analiza zależności δD i $\delta^{13}\text{C}$ w badanych pniach dębów pokazała, że zmienność δD może być zależna od osobniczych uwarunkowań wzrostu i/lub tempa procesów fizjologicznych.

Krzywa $\delta^{13}\text{C}$ w ostatnim tysiącleciu wykazuje fluktuacje wokół wartości średniej $-24,89$ ‰. Po znacznym spadku na początku tysiąclecia wzrasta ona do około 1120 AD, potem notowany jest spadek krzywej o około 3,5‰, trwający do około 1230 AD, odpowiadający wzrostowi opadów. Od tego momentu notowany jest sukcesywny wzrost $\delta^{13}\text{C}$ trwający do początku XIV w. Między wiekiem XIV a początkiem wieku XVII występuje plateau z lokalnymi minimami około 1350, 1460 i 1570 AD. Od około 1630 do 1730 AD notowany jest spadek, a potem wzrost krzywej trwający do około 1750 AD. Wyraźnie zaznaczony okres wartości minimalnych, porównywalnych z tymi z początku XIII wieku notowany jest w 2 pierwszych dekadach XIX w. Przebieg omawianej krzywej wykazuje bardzo dużą zbieżność do krzywej $\delta^{13}\text{C}$ opublikowanej przez LIPPA i TRIMBORNA (1991), a sporządzonej dla drewna późnego jodły z Schwarzwald.

W południowopolskiej krzywej $\delta^{13}\text{C}$ zwraca uwagę brak antropogenicznej depresji w wartościach $\delta^{13}\text{C}$, obejmującej okres od połowy XIX wieku do dzisiaj (podobnie jak w krzywej $\delta^{13}\text{C}$ zestawionej dla dębów z SW Finlandii).

Krzywa δD z ostatniego tysiąclecia wykazuje długookresowe fluktuacje wokół wartości średniej $-65,53\%$. Okresy z minimalnymi wartościami przypadają na początek tysiąclecia, pierwszą połowę XIII w., XV w., oraz przełom XVII i XVIII w. Krzywa ta nie wykazuje jednak zbieżności z krzywą południowoniemiecką δD , a jej klimatyczna interpretacja jest niejednoznaczna.

Przeprowadzone badania potwierdzają ostatnie obserwacje z innych regionów, mówiące o tym, że siedliska wilgotne dają mniejsze możliwości rekonstrukcji paleoklimatycznych niż stanowiska suche. Zmienność stosunków izotopowych w poszczególnych drzewach wskazuje na celowość zmiany strategii opróbowania, polegającej na wykorzystaniu kilku jednowiekowych drzew. Niemożność dokładnej separacji części drewna późnego przyrostu rocznego rejestrującego stosunki izotopowe lata wskazuje, że ekonomicznie uzasadnione jest badanie prób obejmujących bloki słoików po 5–10 sztuk z kilku drzew i posługiwanie się wartościami uśrednionymi, podobnie jak w klasycznej dendroklimatologii.