Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Leśny i Technologii Drewna

Rafał Sobczak

Biosocjalne zróżnicowanie przyrostu pierśnicy sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym Murowana Goślina

Biosocial diversity of breast height diameter increment
Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)
in the Murowana Goślina Forest Experimental Station

Autoreferat rozprawy doktorskiej w dziedzinie

nauk rolniczych w dyscyplinie nauki leśne

Promotor: prof. UPP dr hab. Cezary Beker, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Urządzania Lasu
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Bernard Okoński, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Inżynierii Leśnej

Recenzent: prof. dr hab. Anna Cedro, Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu i Środowisku
Recenzent: dr hab. Elżbieta Dmyterko, prof. nadzw., Instytut Badawczy Leśnictwa w Sękocinie Starym

Poznań, 2023

Spis treści

1. Wstęp ... 3
2. Cel pracy ... 3
3. Materiał empiryczny ... 3
4. Metodyka badawcza ... 5
5. Wyniki ... 9
6. Wnioski ... 20
Literatura ... 22
Spis rycin ... 24
Spis tabel ... 24

1. Wstęp

Poznanie i zrozumienie procesów zachodzących w drzewostanie, budzi zainteresowanie badaczy od stuleci. Niniejsza praca wpisuje się w obecne trendy w nauce i stanowi przyczynek do dokładniejszego zgłębienia wiedzy na temat procesów samoregulacyjnych przebiegających w drzewostanie. Zrozumienie naturalnych zależności w ekosystemach leśnych wymaga zdobycia jak najobiektywniejszych informacji. W związku z powyższym, niniejsza praca oparta jest na analizie reakcji przyrostowych drzew oraz drzewostanów. W niedalekiej przyszłości warunki wzrostu drzew i drzewostanów mają ulec zmianie, jednocześnie dostrzega się zagrożenia dla gospodarki leśnej wynikające z coraz częściej występujących gwałtownych zjawisk przyrodniczych (Brzeziecki 1994, Brzeziecki 1995, Brzeziecki i in. 2012).

W niniejszej pracy zbadano wpływ wiatru, temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych na przyrost roczny pierśnicy sosny zwyczajnej z jednoczesnym uwzględnieniem struktury biologicznej drzewostanów. Dodatkowo porusza ona zagadnienia traktujące o drewnie wczesnym i późnym. Ponadto, analizie poddano wpływ kierunków stron świata na szerokość słojów rocznych.

2. Cel pracy

Określenie wpływu biosocjalnej struktury drzewostanów na przyrost roczny pierśnicy w niepielęgnowanych drzewostanach sosnowych rosnących na terenie LZD Murowana Goślina przy pomocy analizy pozyskanych prób drewna.

3. Materiał empiryczny

W badaniach posłużono się próbami drewna pochodzącymi z drzewostanów sosnowych znajdujące się na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Murowana Goślina (52°34’N, 17°00’E), będącego częścią obszaru Puszczy Zielonki, położonej na północny-wschód od granic miasta Poznania w odległości 6 km. Wspomniany obszar zajmuje 15 tys. ha co czyni go jednym z większych zwartych obszarów leśnych w bezleśnej na ogół Wielkopolsce. Puszcza Zielonka z uwagi na historię geologiczną, zbudowana jest z płaskich i falistych wysoczyzn sandrowych i dennomorenowych, W głównej mierze, podłoże zbudowane jest z piasków i żwirów piaszczystych, jedynie w minimalnym udziale notuje się

utwory pylaste (Okoński 2004; Okoński i Miler 2006). Na omawianym terenie występują w przewadze gleby rdzawe (54%) i brunatne (34%), pozostały obszar zajmują gleby płowe (3%) oraz bielicowe (3%) (Kasprzak 1996). Analizując gleby, na których wyrastają badane drzewostany, wykazano że gleby bielicowo-rdzawe występują w oddziałach: 17c, 20a, 20b, 26a, 28g, 60g, 62g, 74a, natomiast gleby rdzawe właściwe w oddziałach: 12c, 38j, 49a, 49c, 78h, 115h .

Biorąc pod uwagę lokalizację, na terenie Puszczy Zielonki odnotowuje się znaczne różnice w rocznych cyklach meteorologicznych w rozumieniu warunków termiczno-opadowych, charakterystyczne dla klimatu przejściowego. Przez znaczną część roku, przeważa cyrkulacja zachodnia, oceaniczna. Plenzler i in. (1999) ustalili, że na terenie Puszczy suma opadów jest wyższa w odniesieniu do obszarów sąsiednich o 10%.

Dążąc do opracowania analiz dendroklimatologicznych, wykorzystano dane meteorologiczne pochodzące ze stacji w Zielonce. Woś (1994) wskazuje na charakterystyczną cechę klimatu na omawianym obszarze, jaką jest występowanie w okresie lata, przez przeciętnie 39 dni pogody z temperaturą powietrza powyżej 25°C a przy tym z zachmurzeniem, bez opadów. Ponadto, dominują wiatry południowo-zachodnie oraz zachodnie. Zgodnie z prezentowanymi danymi, średnia roczna temperatura powietrza 7,9 °C, roczny opad atmosferyczny 523 mm, natomiast z informacji opublikowanych przez Grajewskiego (2013) średnia roczna suma usłonecznienia wyniosła w latach hydrologicznych 1378 h. Ponadto, wskazuje, że w badanym przez niego okresie (1987 – 2008) najcieplejszym rokiem okazał się 2007 – 11,1°C. Średnia temperatura powietrza półrocza zimowego 2,4°C (wartości zmieniały się od -1,7°C w 1996 roku do 5,8°C w 2007). Z kolei temperatura półrocza letniego 15°C (od 13,4°C w 1987 i 1996 roku do 17,8°C w 2006). Ponadto, odnotowano fakt, że przeciętnie najmroźniejszym miesiącem okazał się styczeń, a najcieplejszym lipiec. Meteorologiczny okres wegetacji został określony na średnio 200 dni. Natomiast warunki pluwialne kształtowały się w okresie 1987 (1986)-2008 następująco: średni opad atmosferyczny roczny – 531 mm; najmniejszy – 341 mm (2003), największy – 654 mm (1987). Grajewski (2009, s.47) ustalił, że *"w przebiegu rocznych sum opadu atmosferycznego w latach 1987-2008 można wyróżnić dwa okresy składające się z lat o opadach mniejszych od średniej: 1989-1992 i 2003-2005 oraz jeden (1993-2002) z latami o opadach nieomal w 100% powyżej średniej wieloletniej"*.

Zgodnie z otrzymanymi danymi ze stacji w Zielonce, dla okresu od 1989 do 2011, ustalono, że najwyższa średnia suma miesięcznych opadów dotyczyła lipca i wyniosła 78,3 mm. Należy podkreślić, że kolejne w hierarchii wystąpiły w sierpniu oraz czerwcu

(51,8 mm). Najniższe średnie dobowe temperatury powietrza na terenie Puszczy Zielonki utrzymują się w styczniu (-0,74°C) oraz w grudniu (-0,06°C), wraz z kolejnymi miesiącami temperatura rośnie i osiąga swoje maksyma dobowe w czerwcu (17,18°C), lipcu (19,31°C) oraz sierpniu (18,26°C). Średnia temperatura roczna dla lat 1989-2011 określona została na poziomie 8,69°C. W tym też okresie, dominującym wiatrem na terenie Puszczy Zielonka był wiatr o kierunku SW (33,76% czasu) ze średnią prędkością 1,73 m/s – bez względu na porę dnia.

Do zrealizowania niniejszej pracy posłużono się materiałem empirycznym zebranym w 14 drzewostanach sosnowych zlokalizowanych na typach siedliskowych lasu: BMśw i LMśw. Badane drzewostany rosły zarówno na gruncie porolnym (dalej oznaczono jako „P") – 17c, 12c, 38j, 26a 78h, 62g, 74a, oraz na gruncie leśnym (dalej oznaczono jako „L") – 60g, 49a, 20b, 20a, 49c, 115h, 28g (dawniej 28f) (Beker 1997). Informacje na temat cech biometrycznych zostały pozyskane w ramach taksacji przeprowadzonej w latach 2008 i 2009 oraz 2013 i 2014.

4. Metodyka badawcza

W celu określenia wpływu pozycji biosocjalnej na przyrost radialny, określono pozycje każdego drzewa w drzewostanie według klas Krafta (Kraft 1884). Jest to powszechnie stosowana w badaniach naukowych klasyfikacja. Zgodnie z wspomnianą hierarchią drzew wyróżnia się następujące klasy:

• I klasa Krafta – drzewa górujące – wyraźnie wyższe od otoczenia, wystające ponad sklepienie, korona silnie rozwinięta;

• II klasa Krafta – drzewa panujące – budują linię zwartego sklepienia drzewostanu, korona stosunkowo dobrze rozwinięta;

• III klasa Krafta – drzewa współpanujące – nieco niższe od drzew drugiej klasy Krafta, korona słabo rozwinięta, ścieśniona z boku;

• IV klasa Krafta – drzewa opanowane – wyraźnie niższe, źle ukształtowane i ścieśnione korony;

• IVa klasa Krafta - drzewa opanowane – korony o wolnym wierzchołku, silnie ściśnione, wierzchołek w poziomie drzew współpanujących;

• IVb klasa Krafta – drzewa opanowane – korony o wierzchołku poniżej poziomu drzew współpanujących, korony jeszcze silniej ścieśnione i zacienione;

• V klasa Krafta – drzewa przygłuszone – całkowicie pod okapem drzew otaczających;
• Va klasa Krafta – drzewa przygłuszone – wciąż z żywymi koronami;
• Vb klasa Krafta – drzewa przygłuszone – zamierające lub już obumarłe korony.
Klasy I, II i III tworzą drzewostan panujący, pozostałe IV i V drzewostan opanowany.

Ponadto, w niniejszej pracy posłużono się pojęciem klas wieku – umowny okres (20 lat) pozwalający na zbiorcze grupowanie drzewostanów zgodnie z ich wiekiem (Instrukcja Urządzania Lasu 2012):
• I klasa wieku obejmuje: podklasę Ia – wiek 1-10 lat i podklasę Ib – wiek 11-20 lat;
• II klasa wieku obejmuje: podklasę IIa – wiek 21-30 lat i podklasę IIb – wiek 31-40 lat;
• III klasa wieku obejmuje: podklasę IIIa – wiek 41-50 lat i podklasę IIIb – wiek 51-60 lat;
• IV klasa wieku obejmuje: podklasę IVa – wiek 61-70 lat i podklasę IVb – wiek 71-80 lat;
• V klasa wieku obejmuje: podklasę Va – wiek 81-90 lat i podklasę Vb – wiek 91-100 lat;
• W drzewostanach starszych niż 100 lat nie stosuje się podziału na podklasy, a więc: VI klasa – wiek 101-120 lat, VII klasa – wiek 121-140 lat itd.

W niniejszej pracy, odwierty zostały pobrane z drzew drzewostanów należących do czterech klas wieku:
• Drzewostany III klasy wieku: 12c, 17c, 49a, 60g;
• Drzewostany IV klasy wieku: 20a, 20b, 26a, 38j;
• Drzewostany V klasy wieku: 49c, 62g, 78h, 115h;
• Drzewostany VI klasy wieku: 28g, 74a.

Przedmiotem zainteresowania badań dendrochronologicznych są próby drewna pochodzące z żywych drzew. Odwierty zostały pobrane w roku 2012, za pomocą świdra Presslera, z drzew znajdujących się na określonym areale drzewostanu. Powierzchnie zlokalizowane były na terenie równinnym gdzie kąt nachylenia był do 3° i nie odnotowywano znaczących deniwelacji terenu. Każde drzewo w drzewostanie zostało trwale oznaczone białą farbą za pomocą cyfr arabskich oraz zaznaczono poziom położenia pierśnicy i kierunek północny. W każdej z badanych klas wieku (III, IV, V, VI), nawiercano co piąte drzewo (20%) – celem miało być obiektywne odwzorowanie naturalnej struktury drzewostanu.

Odwierty były pobierane cyklicznie z drzew, których oznaczenie stanowiło wielokrotność liczby 5 i systematycznie zmieniano kierunek: pierwsze było drzewo oznaczone nr „5” i było nawiercane z północy, kolejny odwiert pochodził z drzewa z nr „10” i pobrano go ze wschodu, trzecim w kolejności odwiertem była próbka drewna z drzewa oznaczonego nr „15” i pobrano ją z południa. Czwarta próbka drewna pochodziła z drzewa nr „20” – odwiert pobrano z zachodu. Każde kolejne drzewo wpisywało się w ten schemat.

Po odpowiednim przygotowaniu prób (wywierty zostały przyklejone do wyfrezowanych listew oraz przeszlifowane papierem ściernym o różnym uziarnieniu), zostały one pomierzone w laboratorium Katedry Urządzania Lasu UPP za pomocą przyrostomierza elektronicznego Johana, z dokładnością do 0,01 mm, a wyniki zostały zapisane w formacie tekstowym w aplikacji komputera. Ponadto pomierzono osobno strefę drewna wczesnego i późnego.

Próby zostały także poddane skanowaniu w wysokiej rozdzielczości 2400 dpi i pomierzone za pomocą programu CooRecorder i CDendro (Larsson 2013). Ze względu na fakt, że próbki drewna były pobierane z drzew zróżnicowanych pod względem klas Krafta co w konsekwencji powodowało bardzo dużą zmienność osobniczą (podjęte próby oceny to potwierdziły). W dalszych analizach posłużono się danymi otrzymanymi w wyniku pomiaru za pomocą przyrostomierza elektronicznego Johana. Do wszelkich analiz przyjęto przedział czasowy pomiędzy latami 1990 – 2012.

W niniejszej pracy określone zostały lata wskaźnikowe (ang. *pointer years)* (Cropper 1979, Schweingruber i in. 1990, Meyer 1998−1999, Bijak 2008), z wykorzystaniem sposobu normalizacji w ruchomym oknie czasowym. Zgodnie z tym co podaje Zielski i Krąpiec (2004), lata wskaźnikowe negatywne to te, w których przyrost roczny był mniejszy niż w roku poprzednim, z kolei lata wskaźnikowe pozytywne to te lata, które odznaczały się większym przyrostem niż w roku poprzednim. W niniejszej pracy, rokiem wskaźnikowym uznano ten, w którym co najmniej 80 % badanych drzew na powierzchni próbnej odbiegała od średniej z lat 1990-2012 o co najmniej pół odchylenia standardowego w górę – rok wskaźnikowy pozytywny lub w dół – rok wskaźnikowy negatywny (Huber 1970, Okoński i in. 2014). Dodatkowo, w celu wskazania roku wskaźnikowego, posłużono się jedynie danymi otrzymanymi z odwiertów pochodzących z 85 drzew I klasy Krafta (górujących). W celu określenia wpływu warunków atmosferycznych – temperatury powietrza, opadów i wiatru na wielkości bieżącego rocznego przyrostu pierśnicy, posłużono się danymi meteorologicznymi uzyskanymi w stacji meteorologicznej. Informacje o temperaturze zostały zebrane za pomocą termometru suchego firmy M. Hallay (umiejscowionego na wysokości 2 m nad poziomem gruntu). Dane o kierunku oraz prędkości wiatru uzyskano dzięki wiatromierzowi Wilda, opady z kolei za pomocą deszczomierzem Hellmanna (zainstalowany 1 m nad poziomem gruntu). Do wyżej opisanych badań posłużono się zbiorem danych z okresu 1989-2012, co odpowiada pobieranym odwiertom z drzew za lata 1990-2012.

W niniejszej pracy na podstawie analiz uzyskano chronologie – średnia arytmetyczna sekwencji przyrostowych. Zgodnie z definicją zaproponowaną przez Zielskiego i Krąpca (2004, str. 76), chronologia „*to sekwencja przyrostów rocznych wyrażona jako funkcja skali czasu”*. Wynikiem analiz jest dendrogram – wykres ilustrujący szerokość przyrostów rocznych drzewa. Wyróżnia się chronologię średnią: absolutną lub względną. Przedstawione w niniejszej pracy chronologie średnie zbudowane zostały z sekwencji przyrostowych od 9 do 26 drzew w latach 1990-2012. Dendrogramy powstały w wyniku uśrednienia poszczególnych przyrostów w danym roku kalendarzowym, a następnie przy ich użyciu określono średnią wartość przyrostu rocznego z całego badanego okresu dla danej grupy drzew (np. drzewa I klasy Krafta, drzewa III klasy wieku, itd.). W wyniku analiz wartości, wyznaczono drzewa, których średnia wartość przyrostu rocznego była w największym stopniu zbliżona do obliczonej średniej wartości przyrostu rocznego dla danej grupy drzew. Oprócz średniej szerokość przyrostu rocznego, obliczono autokorelację I rzędu – zależność pomiędzy szerokością przyrostów rocznych w danym roku a szerokością przyrostów rocznych w roku poprzednim, odchylenie standardowe oraz średnią czułość (dalej średnia wrażliwość), którą określa się między innymi jako średni procent zmiany szerokości przyrostu pomiędzy zmierzonym przyrostem a następnym słojem, za pomocą programu Arstan (Cook i Holmes 1986, Fritts 1976, Cedro 2004, Cedro 2012) lub jako względną różnicę szerokości dwóch kolejnych słojów. Tym samym jest to wskaźnik opisujący czułość drzew na wszelkie czynniki wpływające na wzrost – przede wszystkim czynniki meteorologiczne (Bronisz i in. 2010, Bunn i in. 2013).

Jeden z rozdziałów pracy poświęcony został analizie funkcji odpowiedzi (*response function*) obliczonej w programie RESPO z pakietu DPL dla wybranych chronologii (Fritts 1976, Fritts i Xiangding 1986, Blasing i in. 1984; Holmes 1994, Cedro 2004, Cedro 2012). Funkcja odpowiedzi informuje o zależnościach pomiędzy szerokością przyrostu rocznego, a warunkami klimatycznymi (Holmes 1994, 1999). Funkcja ta pozwala na zobrazowanie wpływu takich czynników klimatycznych jak: średnia miesięczna temperatura powietrza, suma miesięcznych opadów atmosferycznych w okresie 16 miesięcy – od czerwca do września roku następnego. Wynikiem analizy *response function* jest współczynnik korelacji *k,* determinacji r^2 oraz regresji wielokrotnej *r*. W przypadku kiedy wzrastał wskaźnik meteorologiczny, odpowiednio zmieniała się szerokość przyrostu rocznego. Współczynnik determinacji r^2 przedstawia siłę zależności – wpływu pomiędzy analizowanymi czynnikami klimatycznymi (temperatura, opad, usłonecznienie) a szerokością słoja i jest przedstawiony wartością dodatnią wyrażoną w procentach (Cedro 2004).

W analizie *response function* posłużono się danymi dla lat:
– 1991-2011 (21 lat) – próby z drzew należących do I klasy Krafta pobranych z kierunku N; próby z drzew sklasyfikowanych do: I, II, IVa klasy Krafta;
– 1992- 2011 (20 lat) – próby pobrane z drzew zaklasyfikowanych do IVb klasy Krafta;
– 1990- 2011 (22 lata) – próby pobrane z drzew zaklasyfikowanych do V klasy Krafta.

W założeniach pracy zamierzano zebrać duży materiał empiryczny z drzewostanów niepielęgnowanych, z drzew zajmujących różne pozycje biosocjalne. Pierwotna próba około 1500 odwiertów w roku 1990, ze względu na naturalne wydzielanie się drzew została zredukowana do 952 w roku 2012. W ramach powierzchni badawczych nawiercono liczbę drzew, odpowiednio: 12c – 44; 17c – 57; 20a – 67; 20b – 99; 26a – 66; 28g – 85; 38j – 65; 49a – 50; 49c – 64; 60g – 44; 62g – 111; 74a – 76; 78h – 75; 115h – 51.

5. Wyniki

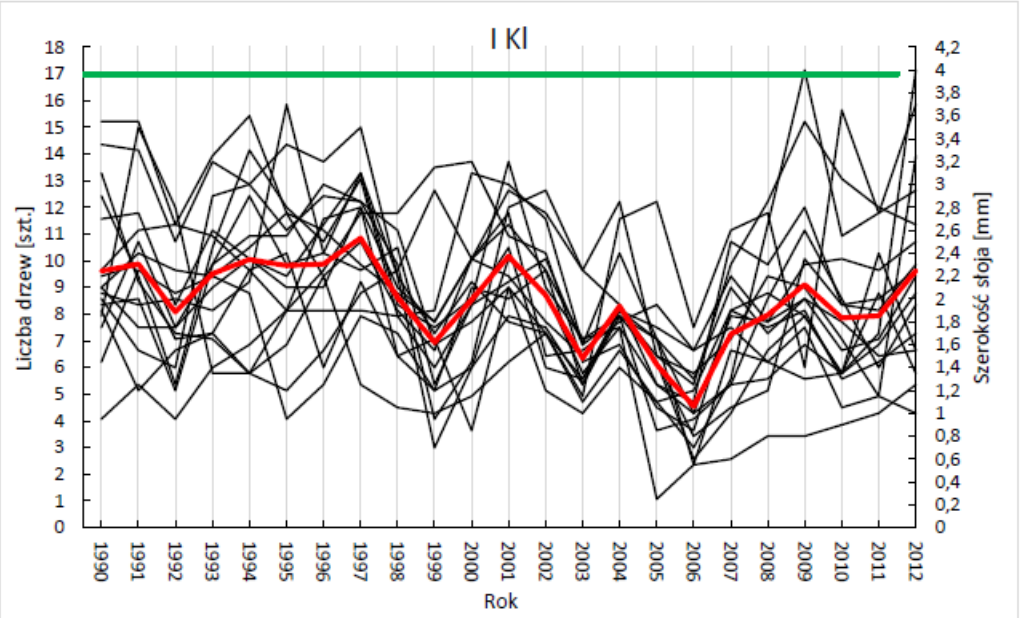
Na potrzeby analiz zawartych w niniejszej pracy, uwzględniono 952 drzew z czego największą liczbę prób pobrano z drzewostanu w oddziale 62g (111 szt. = 11,65% wszystkich drzew), drugimi najczęściej nawierconymi były drzewa rosnące w oddziale 20b (99 szt. = 10,40 %). Najmniej prób pobrano z drzewostanu zlokalizowanego w oddziale 60g – pobrano 44 odwierty co stanowi 4,62 % z pośród wszystkich nawierconych drzew. Z 952 pobranych odwiertów, 26,05 % (248) drzew zostało nawierconych z kierunku N, niewiele mniej odwiertów pochodziło z kierunków: W – 25,08 % (239 drzew), S – 25,21 % (240 drzew) oraz E 24,16 % (230 drzew). Na gruntach porolnych pobrano nieznacznie większą liczbę odwiertów – 494 szt. – 51,89 % wszystkich nawierconych drzew. Największą liczbą pobranych prób z kierunku N, E, S, W, odznaczają się drzewostany na gruncie porolnym (odpowiednio procentowy udział ze wszystkich odwiertów: 13,23 %, 13,13 %, 12,81 %, 12, 71%).

Zgodnie z uzyskanymi wynikami ustalono, że liczba drzew zakwalifikowanych do drzewostanu panującego i opanowanego w ramach klas wieku kształtowała się następująco:

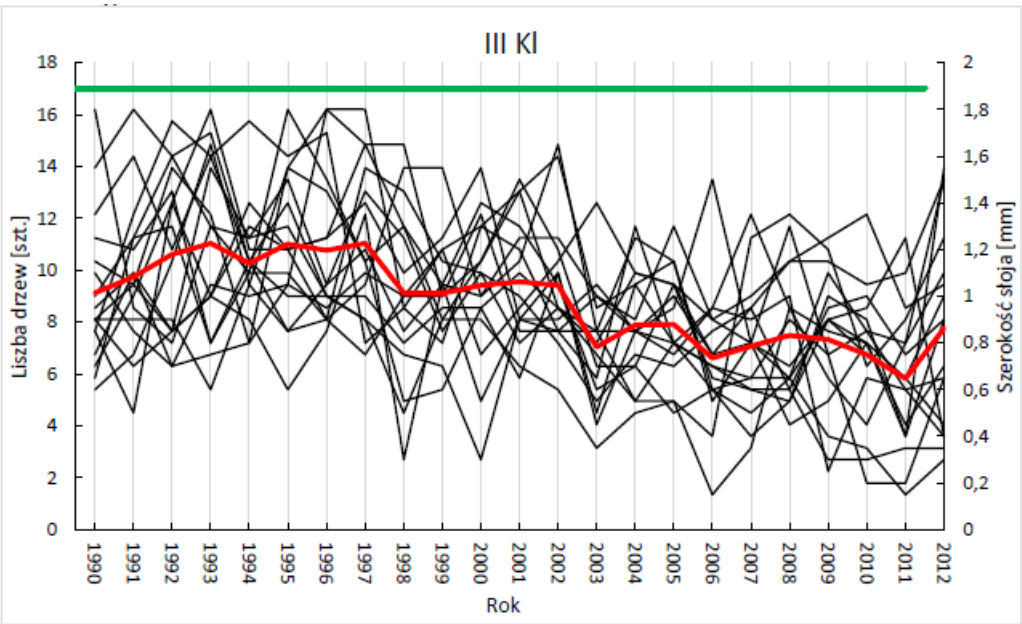
- III klasa wieku: 87,18% : 12,82%;
- IV klasa wieku: 76,01% : 23,99%;
- V klasa wieku: 85,05% : 14,95%;
- VI klasa wieku: 83,85% : 16,15%;

Bazując na średniej arytmetycznej, drzewostany sosnowe na terenie LZD Murowana Goślina składają się w 82% z drzewostanu panującego oraz w 18% z drzewostanu opanowanego.

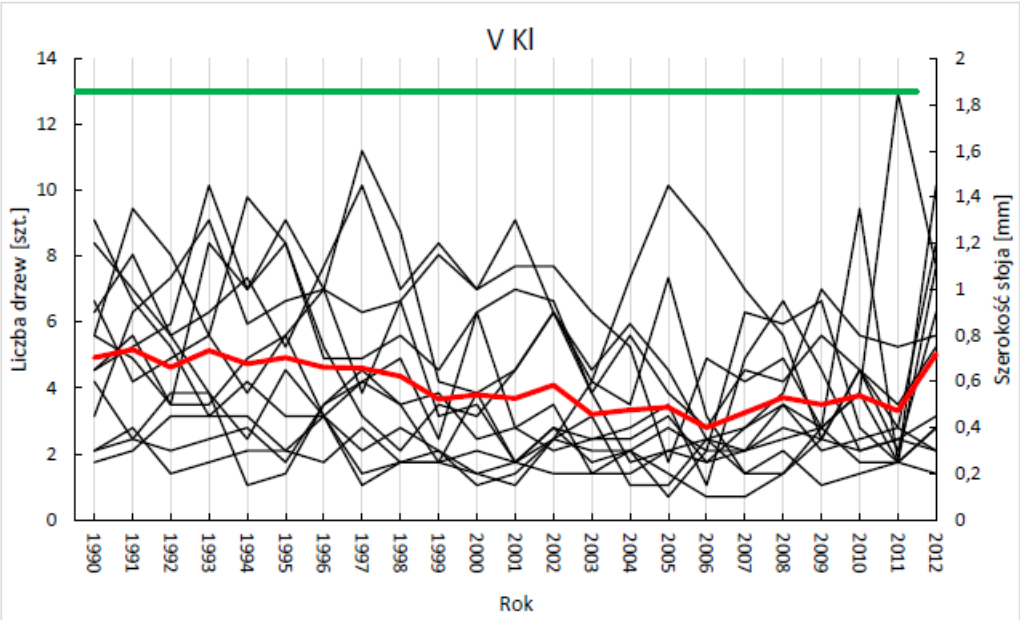
Wynikiem analiz laboratoryjnych są chronologie (ryc. 1-3). W oparciu o zebrane dane, powstał szereg 58 chronologii ujmujących różną problematykę pracy jak np. klasy Krafta, grunty leśne i porolne, czy klasy wieku. Dla każdej klasy Krafta skonstruowana została chronologia. Największą szerokością słoja odnotowuje się dla chronologii I klasy Krafta i wraz z obniżeniem się pozycji biosocjalnej drzewa, notuje się spadek średniej szerokości słoja. Zgodnie z oczekiwaniami, najmniejszą średnią szerokość słoja notuje się dla drzew V klasy Krafta. Wskaźnikiem informującym o korelacji przyrostów danego roku z rokiem poprzednim jest autokorelacja I rzędu, okazała się ona najwyższa dla drzew V klasy Krafta i wynosi 0,654. Wskaźnikiem określającym średni procent zmiany szerokości słoja pomiędzy przyrostem w danym roku, a przyrostem w następnym roku jest średnia wrażliwość. Okazała się być najniższa dla drzew IVb klasy Krafta – 0,071. Najwyższą zmianą szerokości słoja w stosunku do roku następnego odnotowywano dla drzew I klasy Krafta – 0,314.



Ryc. 1 Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do I klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona.



Ryc. 2. Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do III klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona



Ryc. 3. Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do V klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona.

Dzięki dokładnym pomiarom przeprowadzonym za pomocą przyrostomierza elektronicznego Johana oraz powtórnym pomiarom zeskanowanych odwiertów dzięki użyciu programów komputerowych CooRecorder i CDendro (Larsson 2013), ustalono stosunek udziału drewna późnego do drewna wczesnego. Pomijając strukturę drzewostanu i klasę wieku, obliczono zbiorczo średnią wartość przyrostów rocznych (drewno późne i wczesne),

a następnie obliczono procentowy udział drewna późnego i wczesnego dla badanych 23 lat w kontekście wzrostu kierunkowego – stron świata z których pochodziła badana próbka. Na tej podstawie stwierdza się, że udział drewna późnego w stosunku do wczesnego stanowił w zależności od kierunku:

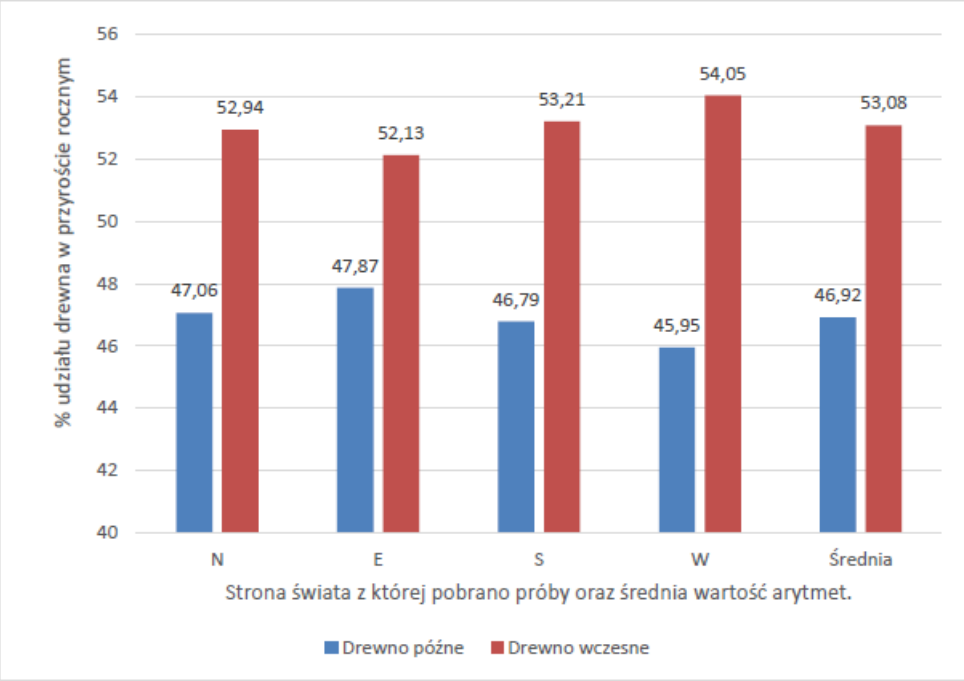
– próby pobrane z kierunku N: 47,06%; 52,94%;

– próby pobrane z kierunku E: 47,87%; 52,13%;

– próby pobrane z kierunku S: 46,79%; 53,21%;

– próby pobrane z kierunku W: 45,95%; 54,05%.

Niezależnie od kierunku strony świata, drewno wczesne osiągało wyższe wartości szerokości słoja rocznego. Stosunek średniego przyrostu rocznego dla drewna późnego do wczesnego, wyliczonego dla czterech kierunków stron świata wynosi 46,92% : 53,08% (ryc. 4).



Ryc. 4. Procentowy udział drewna wczesnego i późnego w przyroście rocznym

Dzięki analizom dendrochronologicznym, możliwe było uzyskanie analizy korelacji oraz funkcji odpowiedzi badającej zależności pomiędzy:

1. szerokością przyrostu rocznego drzewa i temperaturą powietrza (tab. 1),
2. szerokością przyrostu rocznego drzewa i opadami atmosferycznymi (tab. 2),
3. szerokością przyrostu rocznego drzewa i usłonecznieniem.

Dane dla wybranych czynników klimatycznych zostały pozyskane ze stacji meteorologicznej IMGW w Poznaniu i zostały skonfrontowane z szerokością przyrostu rocznego.

Zgodnie z otrzymanymi wynikami (tab. 1), można dostrzec, że termika czerwca, lipca, a także września ma istotne statystycznie znaczenie dla przyrostów rocznych o czym świadczą negatywne wartości współczynnika korelacji „*k*" dla badanych chronologii: IN, I, II oraz IVa (za wyjątkiem lipca) IVb klasa Krafta. Także wrzesień (V KK) oraz listopad (IVb KK) poprzedniego roku.

W przypadku dodatnich wartości regresji wielokrotnej „*r*" – mówiących o jednoczesnym wzroście szerokości słoja i temperatury, można odnotować, że duże znaczenie mają: czerwiec poprzedniego roku (IN, V KK), sierpień poprzedniego roku (IN, I KK), wrzesień poprzedniego roku (IN, II KK, IVb), październik poprzedniego roku (IN) i listopad poprzedniego roku (II KK). W bieżącym roku znaczenie mają takie miesiące, jak: luty (IVa) i marzec (IN, II KK, V KK). Szczególne znaczenie ma również maj, czerwiec oraz lipiec (bieżący sezon wegetacyjny) – w czasie których odnotowano istotnie statystycznie, w przeważającej części ujemne wartości. Należy nadmienić, że okres późnozimowy i wczesnowiosenny odznacza się w dużej mierze wartościami dodatnimi współczynników. Przeciwnie, okres późnej wiosny i lata cechuje się wartościami ujemnymi. Ujemne wartości korelacji bieżącego czerwca i lipca powiązane są z wysokimi temperaturami tych miesięcy i mniejszą aktywnością kambium w bieżącym sezonie wegetacyjnym. W przypadku współczynnika regresji „*r*" i korelacji liniowej Pearsona „*k*" interesującym faktem jest informacja, że czerwiec jest miesiącem, w którym odnotowuje się dla tych współczynników wyłącznie negatywne wartości dla temperatury – niezależnie od badanej próby. Ponadto, próby pobrane z kierunku N dla drzew I klasy Krafta odznaczają się szczególnie bogatą informacją na temat termiki poszczególnych miesięcy, które mają wpływ na szerokość słoja. Miesiącami, w których odnotowano istotne statystycznie ujemne wartości dla współczynnika regresji „*r*" są: sierpień i wrzesień poprzedniego roku, natomiast bieżącego roku: maj, czerwiec, lipiec oraz wrzesień; przeciwnie wartości dodatnie odnotowuje się dla miesięcy: października (poprzedni rok), marzec, sierpień i wrzesień roku bieżącego.

Termika przedwiośnia bieżącego roku wegetacyjnego zaczynające się w marcu ma pozytywny wpływ – co uwidacznia się w wartościach regresji „*r*" dla prób pochodzących z drzew IN, I, II i V klasy Krafta. Ponadto, dla termiki maja odnotowuje się istotnie statystycznie ujemne wartości współczynnika regresji „*r*" w przypadku IN, II i IVb klasy Krafta. Wartości współczynników korelacji i regresji osiągają w miesiącach letnich przeważnie wartości ujemne, co można odczytywać jako negatywny wpływ wysokich temperatur na wielkość szerokości słoja rocznego.

Wielkość szerokości słoja zależna jest również od warunków wilgotnościowych (tab. 2). Na podstawie przeprowadzonych badań, stwierdza się, że w przypadku współczynnika korelacji „*k*” szczególne znaczenie ma miesiąc czerwiec bieżącego roku, w którym odnotowuje się istotnie statystycznie wartości dodatnie dla prób z drzew IN, I, II i IVb klasy Krafta. Dla klasy Krata IVa miesiącem, w którym zanotowano dodatnie wartości współczynnika był lipiec roku poprzedniego. Ponadto, dla drzew IVb klasy Krafta istotne statystycznie okazały się: grudzień poprzedniego roku, kwiecień (obie ujemne wartości) oraz czerwiec (dodatnia wartość). Z kolei dla wielkości szerokości słoja rocznego w kontekście współczynnika regresji „*r*” można odnotować fakt, że istotne statystycznie są miesiące: styczeń (dodatnie wartości współczynnika dla IN, I KK i V), marzec (dodatnie wartości współczynnika dla IN i I KK), czerwiec oraz lipiec (miesiące bieżącego roku) w czasie których odnotowano dodatnie wartości (IN, I, II oraz V klasa Krafta). Ponadto, szczególnie znaczenie mają miesiące poprzedniego roku: czerwiec (IN, II KK, V KK), lipiec (IN, II KK, IVb KK). Zarówno czerwiec, jak i lipiec osiągają wartości dodatnie współczynnika regresji „*r*”, sierpień cechuje się zarówno dodatnią wartością współczynnika (IN), jak i ujemną (IVb KK). Należy zaznaczyć, że wielkość opadu w kolejnych miesiącach poprzedniego roku – jesiennych – październik (IN, I KK, II KK, V KK) oraz listopad (IN, I KK, II KK), a także zimowy – grudzień (IN, I KK, V KK) ma istotne znaczenie, w czasie których odnotowano ujemne wartości współczynnika regresji „*r”*.

Wartości współczynników korelacji i regresji osiągają w miesiącach późnojesiennych oraz wczesnozimowych przeważnie wartości ujemne, co można odczytywać jako negatywny wpływ wysokich opadów deszczu w tych miesiącach na wielkość szerokości słoja rocznego.

Tabela 1. Wyniki analizy funkcji odpowiedzi: korelacji liniowej Pearsona „k” oraz regresji wielokrotnej „r” dla temperatury powietrza. Wartości istotne statystycznie przy α=0,05 zostały przypisane do właściwych miesięcy – konkretnych komórek. Skala kolorów grupuje otrzymane wartości. Oznaczenia: IN – próby pobrane dla drzew I klasy Krafta z kierunku N; I KK- I klasa Krafta; II KK – II klasa Krafta; IVa KK – IVa klasa Krafta; IVb KK – IVb klasa Krafta; V KK – V klasa Krafta

	Współczynnik korelacji *k*															
	pVI	pVII	pVIII	pIX	pX	pXI	pXII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
IN													-0,4280	-0,4319		-0,5650
I KK													-0,4298	-0,4652		-0,5854
II KK													-0,5640			-0,6124
IVa KK									0,4855							
IVb KK						0,4457							-0,4350	-0,4122		
V KK				-0,4460												-0,5296
	Współczynnik regresji wielokrotnej *r*															
	pVI	pVII	pVIII	pIX	pX	pXI	pXII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
IN	0,2295		-0,2685	-0,1453	0,1313					0,2669		-0,1325	-0,2874	-0,3883	0,1963	-0,3704
I KK			-0,2153							0,2360				-0,4311		-0,3174
II KK				-0,2512		0,2658	0,0957			0,2069		-0,2115	-0,4397	-0,2353	0,2620	-0,3572
IVa KK									0,4419				-0,3904	0,2119		
IVb KK				-0,3071		0,6905						-0,3807				
V KK	-0,2898									0,1569				-0,1613		-0,3417

Skala kolorów										
⩾0,4001	0,3001-0,4	0,2001-0,3	0,1001-0,2	0,0001-0,1	0	-0,0001-(-0,1)	-0,1001-(-0,2)	-0,2001-(-0,3)	-0,3001-(-0,44)	⩽0,4001

Tabela 2. Wyniki analizy funkcji odpowiedzi: korelacji liniowej Pearsona „k” oraz regresji wielokrotnej „r” dla opadów. Wartości istotne statystycznie przy α=0,05 zostały przypisane do właściwych miesięcy – konkretnych komórek. Skala kolorów grupuje otrzymane wartości. Oznaczenia: IN – próby pobrane dla drzew I klasy Krafta z kierunku N; I KK- I klasa Krafta; II KK – II klasa Krafta; IVa KK – IVa klasa Krafta; IVb KK – IVb klasa Krafta; V KK – V klasa Krafta

	Współczynnik korelacji *k*															
	pVI	pVII	pVIII	pIX	pX	pXI	pXII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
IN													0,4174			
I KK													0,4732			
II KK													0,4826			
IVa KK		0,3965														
IVb KK							-0,4891				-0,4558		0,4121			
V KK																
	Współczynnik regresji wielokrotnej *r*															
	pVI	pVII	pVIII	pIX	pX	pXI	pXII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
IN	0,1782	0,3332	0,2083		-0,5594	-0,3068	-0,3517	0,3633		0,3682			0,3304	0,3847		
I KK					-0,5526	-0,3480	-0,2855	0,3101		0,2916			0,3747	0,4297		
II KK	0,2614	0,4761			-0,5324	-0,2764							0,3174	0,2526		
IVa KK																
IVb KK		0,4184	-0,3223													
V KK	0,5546				-0,5350		-0,2529	0,1555					0,3997		-0,2660	

Skala kolorów										
⩾0,4001	0,3001-0,4	0,2001-0,3	0,1001-0,2	0,0001-0,1	0	-0,0001-(-0,1)	-0,1001-(-0,2)	-0,2001-(-0,3)	-0,3001-(-0,44)	⩽0,4001

Zgodnie z przestawioną metodyką, do analiz lat wskaźnikowych wykorzystano serię danych pochodzących z 85 drzew, wyłącznie I klasy Krafta (górujących) ze wszystkich badanych powierzchni. W okresie 1990-2012, latami wskaźnikowymi negatywnymi okazały się: 1999 i 2006, natomiast rok 1997 określony został jako rok wskaźnikowy pozytywny.
W przypadku negatywnych lat:
• 1999 – negatywna reakcja przyrostowa spowodowana była niską sumą miesięcznych opadów w miesiącach letnich: czerwcu, lipcu i sierpniu oraz września pomimo wysokich opadów w marcu i kwietniu.
• 2006 – powodem negatywnego roku wskaźnikowego była niska temperaturę stycznia, lutego oraz marca, ponadto problemem były niedobory opadów w miesiącach: styczeń, marzec, maj, czerwiec i lipiec, wrzesień oraz październik.
Z kolei z pozytywną reakcją przyrostową odnotowaną w roku:
• 1997 – należy wiązać z dużą sumą miesięcznych opadów w miesiącach: luty, maj i lipiec oraz ciepłymi miesiącami – luty i marzec.

W ramach niniejszej pracy podczas taksacji, określono pozycję biosocjalną dla 952 drzew. Dokładnie 785 drzew stanowiło drzewostan panujący (82,46%), pozostałe 167 zakwalifikowano do drzewostanu opanowanego (17,54%). W związku z duża liczbą drzew zaklasyfikowanych do najlepiej sytuowanych klas biosocjalnych, dominowały drzewa z II (45,38%) i III (28,15%) klasy Krafta. Pod względem liczebności, I klasa biosocjalna (8,93%) ustępowała II i III ale również IVa klasie Krafta (11,45%). Najmniej liczne okazały się klasy IVb (4,41%) oraz V (1,68%).

W związku z powyższym, możliwe było określenie przyrostów rocznych jakie osiągały drzewa w ramach klas Krafta (ryc. 5). Prezentowane wyniki odnoszą się do średnich wartości uzyskanych przez drzewa w poszczególnych klasach biosocjalnych. Można zauważyć w ramach drzewostanu panującego, wyraźną dominację drzew I klasy Krafta (1,988 mm) – wyższy przyrost o 46% od drzew II (1,357 mm) i o 96% od III (1,015 mm) klasy Krafta. Szczególnie korzystnym rokiem dla wszystkich klas Krafta był rok 1997, z kolei negatywnym rok 2006. Obliczono wartość współczynnika determinacji R^2 dla uśrednionej wartości przyrostu dla wszystkich klas Krafta – 0,5374. Można dostrzec trend spadkowy dla średniej wartości przyrostu rocznego wszystkich klas Krafta na przestrzeni 23 lat. Odzwierciedlona w ten sposób została reakcja przyrostowa drzew w ramach poszczególnych klasach Krafta. Ponadto, można powyższe zobrazowanie przedstawić za pomocą średnich wartości przyrostu rocznego dla poszczególnych klas Krafta dla okresu 1990-2012:

– I klasa Krafta: 1,988 mm;

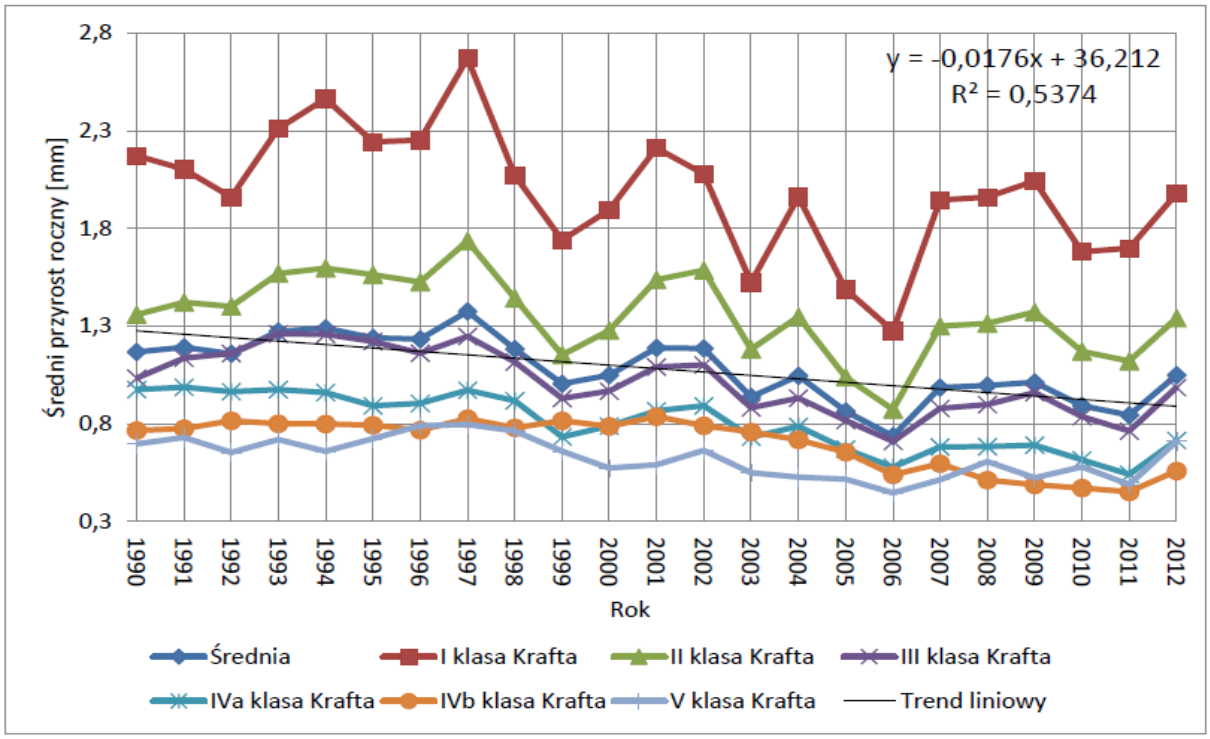
– II klasa Krafta: 1,357 mm;

– III klasa Krafta: 1,015 mm;

– IVa klasa Krafta: 0,805 mm;

– IVb klasa Krafta: 0,700 mm;

– V klasa Krafta: 0,630 mm.



Ryc. 5. Zestawienie średnich wartości przyrostów rocznych dla poszczególnych klas Krafta

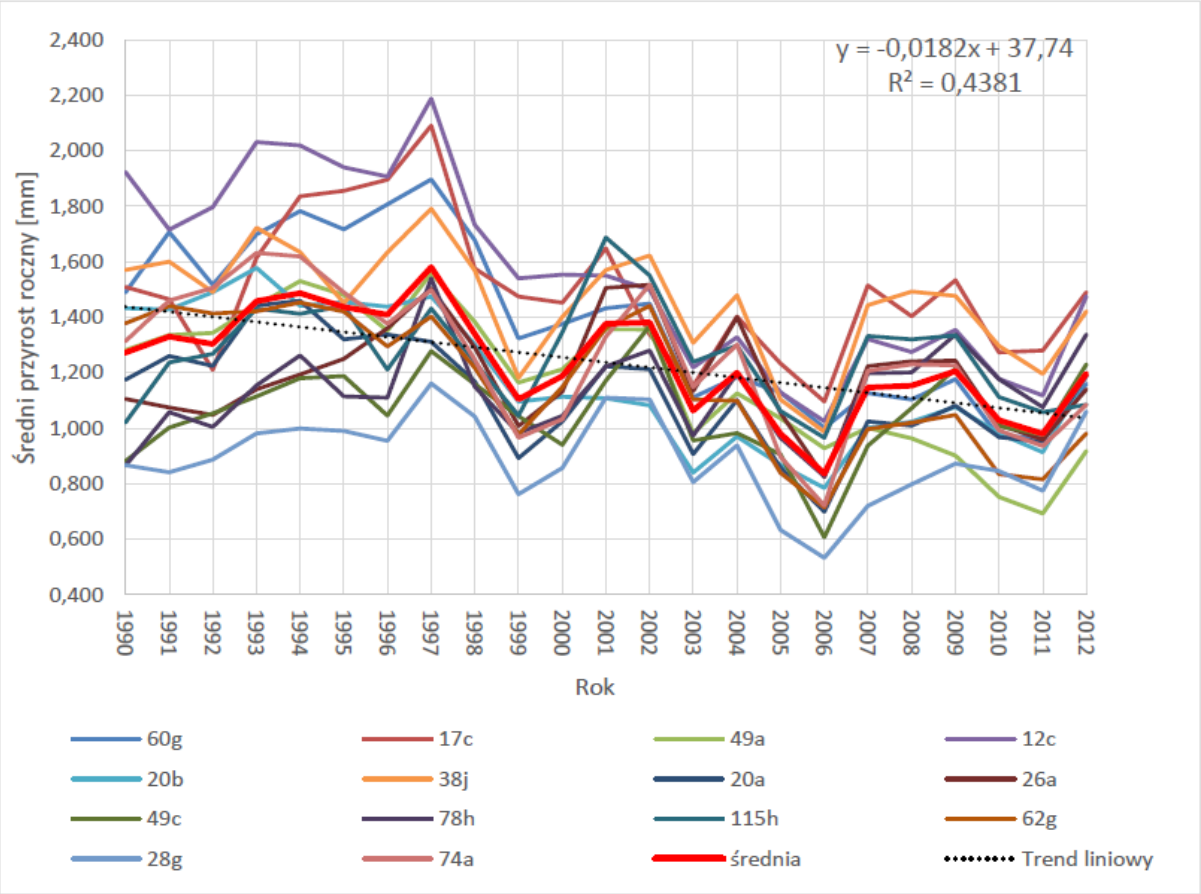
W niniejszym pracy, podjęto się analizy zebranych danych względem stron świata z których pobierany był odwiert. Ze względu na metodykę, wiele drzew w poszczególnych klasach Krafta było nawiercanych z różnych stron świata.

Na podstawie analizy statystyk opisowych można stwierdzić, że największą średnią wartością, medianą jak i rozstępem odznaczają się próby pobrane z kierunku E (odpowiednio: 1,241 mm; 1,103 mm i 2,443 mm). Z kolei, najniższe wartości średniej, mediany oraz rozstępu odnotowano z prób pochodzących z kierunku W (odpowiedni: 0,943 mm; 0,798 mm i 2,230 mm). Porównywalne relacje odnotowano dla przyrostów z kierunków N i S.

W dalszej kolejności, opracowane zostały analizy dotyczące przyrostu pierśnicy. Wyniki analiz dla poszczególnych drzewostanów w kontekście uzyskiwania przyrostów rocznych na wysokości pierśnicy (1,3 m powyżej poziomu gruntu) zostały zobrazowane na ryc. 6. Na załączonym zestawieniu graficznym można dostrzec trend spadkowy dla

wszystkich drzewostanów, dla którego R^2=0,4381. Zauważalny jest również, fakt, że największe przyrosty drzewostany (60g, 17c, 49a, 12c, 38j, 78h, 28g) notowały w roku 1997, następnie równie korzystne lata to 1994, 1993 i 1995. Najmniej korzystnym pod względem przyrostu okazał się rok 2006 gdzie 12 drzewostanów (12c, 17c, 38j, 20a, 20b, 26a, 49c, 78h, 28g, 62g, 74a, 115h) odnotowało najmniejsze przyrosty pierśnicowe.

W analizowanym okresie 1990-2012, największą sumą przyrostów pierśnicowych odznaczył się drzewostan rosnący w oddziale 12c (35,821 mm), niewiele mniejszą sumą przyrostów odnotowuje się w oddziale 17c (34,342 mm). Najmniejszą sumą przyrostów w badanym okresie odnotowuje się w oddziale 28g (20,542 mm). Średnia przyrostu rocznego wyniosła dla wszystkich drzewostanów – 1,237 mm dla całego okresu dwudziestu trzech lat. Średnia przyrostu dla drzewostanów wyrosłych na gruntach porolnych wyniosła w badanym okresie 1,321 mm, natomiast dla drzewostanów wyrosłych na gruntach leśnych 1,154 mm. Ustalono, że przyrost drzewostanów porolnych jest średniorocznie wyższy o 12,60% w stosunku do drzewostanów rosnących na gruntach leśnych.



Ryc. 6. Przedstawienie graficzne średnich przyrostów szerokości słoja w poszczególnych latach dla badanych drzewostanów

6. Wnioski

1. Zgodnie z postawioną hipotezą badawczą, na podstawie analizy chronologii, drzewa należące do wyższych klas Krafta (drzewostanu panującego) charakteryzują się dużo wyższymi przyrostami pierśnicy niż drzewa drzewostanu opanowanego.
2. W ramach drzewostanu panującego sosny górujące, dysponujące zdecydowanie największą przestrzenią wzrostu, osiągają średniorocznie wyższy przyrost roczny od sosen panujących o blisko 46%.
3. Przyrost roczny sosen w drzewostanach na gruntach porolnych jest średniorocznie wyższy o 14,38% w stosunku do drzewostanów na gruntach leśnych. Prawdopodobnie jest to wynikiem większego udziału w tym przypadku drzew drzewostanu panującego.
4. Struktura biosocjalna badanych drzewostanów wpisuje się w dotychczas ustalone zależności. Drzewostan panujący stanowił 82,46% wszystkich drzew, drzewostan opanowany 17,54%. Dominowały drzewa z II (45,38%) i III (28,15%) klasy Krafta. Pozostałe klasy, stanowiły w strukturze drzewostanu odpowiednio udział: I − 8,93%; IVa − 11,45%; IVb − 4,41% oraz V − 1,68%.
5. W wyniku analiz statystyk opisowych wykazano, że największymi miarami: średnia, mediana i rozstęp charakteryzują się próby pobrane z kierunku wschodniego (E), najmniejszymi z kierunku zachodniego (W).
6. Kierunek z którego pobierano odwierty ma znaczenie w kontekście uzyskanych wyników. Badając relację chronologii pomiędzy wielkościami szerokości słoja rocznego osiągniętymi przez drzewa względem stron świata stwierdza się, że próbki pobrane z kierunku E uzyskiwały o 18,95% wyższe wartości szerokości słoja rocznego niż z kierunku W, o 15,84% w stosunku do pobranych z kierunku S i o 9,58% od prób z kierunku N. Hierarchia ta jest wynikiem zdecydowanej przewagi udziału wiatrów wiejących z zachodu i południowego-zachodu w obszarze Puszczy Zielonka.
7. Sosna zwyczajna rosnąca na terenach Leśnego Zakładu Doświadczalnego Murowana Goślina wykazuje zależności *'przyrost – klimat'* typowe dla tej części Europy. Warunki termiczne występujące na przełomie zimy i wiosny a także miesięcy letnich mają istotny wpływ na szerokość słoja rocznego.
8. Na podstawie analizy chronologii latami wskaźnikowymi przyrostu pierśnicy w okresie 1990-2012 okazały się: negatywnymi − 1999 i 2006, rok 1997 zidentyfikowany został jako pozytywny. W przypadku negatywnych lat, wąski przyrost słoja rocznego wiąże się z niskimi

temperaturami przełomu zimy i wiosny oraz niedoborami opadów w lecie. Z kolei pozytywną reakcją przyrostową w roku 1997 należy powiązać z dużą sumą miesięcznych opadów maja i lipca oraz ciepłymi termicznie – lutym i marcem.

9. Największe przyrosty wczesne (wiosenne) oraz przyrosty późne (letnie) odnotowano w drzewostanie III klasy wieku.

10. Dominacja udziału drewna wczesnego w stosunku do drewna późnego maleje wraz z rosnącą odległością od rdzenia.

11. Średnia szerokość przyrostu wczesnego wyniosła 0,655 mm, natomiast późnego 0,582 mm, co oznacza, że słój roczny powstały w okresie wiosennym jest o 12,5% szerszy od słoja powstałego w drugiej połowie roku.

12. Największą średnią szerokość słoja rejestruje się w chronologii dla I klasy Krafta.

Literatura

1. Beker C. 1997. Dendrometryczna charakterystyka wybranych drzewostanów sosnowych znajdujących się pod wpływem imisji przemysłowych. Rozpr. Nauk. Monogr. Wyd. SGGW, Warszawa.
2. Bijak Sz. 2008. Various factors influencing the pointer year analysis. W: Elferts D. i in. (red.).TRACE – Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology, 6: 77–82.
3. Blasing T. J., Solomon A. M., Duvick D. N., 1984. Response function revisited. Tree-Ring Bulletin 44: 1-15.
4. Brzeziecki B. 1994. Rola matematycznego modelowania w prognozowaniu wpływu potencjalnych zmian klimatu na ekosystemy leśne. Sylwan 10: 5-21.
5. Brzeziecki B. 1995. Skale nominalne wymagań klimatycznych gatunków drzew leśnych. Sylwan 3: 53-65.
6. Brzeziecki B., Keczyński A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szeligowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieskiego Parku Narodowego (Rezerwat Ścisły). Sylwan 4: 252-261.
7. Bronisz A., Bijak Sz., Bronisz K. 2010. Dendroklimatologiczna charakterystyka jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) na terenie Gór Świętokrzyskich. Sylwan 7: 463−470.
8. Bunn A. G., Jansma E., Korpela M., Westfall R. D., Baldwin J. 2013. Using simulations and data to evaluate mean sensitivity as a useful statistic in dendrochronology. Dendrochronologia 31; 250–254.
9. Cedro A. 2004. Zmiany klimatyczne na Pomorzu Zachodnim w świetle analizy przyrostów rocznych sosny zwyczajnej, daglezji zielonej i rodzimych gatunków dębów. Praca doktorska, Wydawnictwo InPlus, Szczecin, Poland, pp. 1–149.
10. Cedro A. 2012. Dendrochronologia cisa pospolitego w Polsce i na zachodniej Ukrainie. Praca wykonana w ramach grantu habilitacyjnego nr 4242/B/P01/2008/34. Wydawnictwo ZAPOL. Szczecin.
11. Cook E. R., Holmes R. L. 1986. Arstan. Guide for computer program Arstan. The University of Arizona: 50-65.
12. Cropper, J. P. 1979. Tree-ring skeleton plotting by computer. Tree-Ring Bulletin 39, 47–59.
13. Fritts H. 1976. Tree Rings and Climate, Acad. Press London, New York, San Francisco, London.
14. Fritts H. C., Xiangding W. 1986. A comparison between response-function analysis and other regression techniques. Tree-Ring Bulletin 46: 3-12.
15. Grajewski S. 2009. Charakterystyka warunków termiczno-pluwialnych w Puszczy Zieloka w latach 1987–2007. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Infrastructure And Ecology Of Rural Areas Nr 4, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 43–56 Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.
16. Grajewski S. 2013. Warunki termiczne w Puszczy Zielonce w latach 1987-2008. Nauka Przyroda Technologie, Tom 7, zeszyt 1, 1-12.
17. Holmes R. L. 1994. Dendrochronology Program Library (DPL). Users Manual. LTRR University of Arizona, Tucson.
18. Holmes R. L. 1999. Dendrochronological Program Library (DPL). Users Manual. Laboratory of Tree-Ring Res., University of Arizona. Tucson, AZ, USA. http:// www.ltrr.arizona.edu/pub/dpl/
19. Huber B. 1970. Dendrochronologie. [in] Handbuch der Mikroskopie der Technik 5, B.1. Umschau Verlag, Frankfurt, S. 171-211.

20. Instrukcja urządzania lasu. 2012. Część I. Instrukcja sporządzania projektu planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa, ISBN 978-83-61633-69-3.
21. Kasprzak K. 1996. Park Krajobrazowy „Puszcza Zielonka". Kronika Wielkopolski, 3 (82).
22. Kraft G. 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth, Hannover.
23. Larsson L. 2013. CooRecorder and Cdendro programs of the CooRecorder/Cdendro package version 7.6. http://www.cybis.se/forfun/dendro.
24. Meyer F. D. 1998−1999. Pointer year analysis in dendroecology: a comparison of methods. Dendrochronologia 16−17:193−204.
25. Okoński B. 2004. Aktualny stan stosunków wodnych w Puszczy Zielonka i kierunki przewidywanych zmian. Katedra Inżynierii Leśnej AR w Poznaniu, maszynopis (za Okoński B., Miler A. T. 2006).
26. Okoński B., Koprowski M., Danielewicz W., Miller A. T., Kasztelan A. 2014. Wykorzystanie lat wskaźnikowych do oceny wpływu reżimu rzecznego na warunki wzrostu drzew w dolinie Warty. Studia i Materiały CEPL w Rogowie R. 16. Zeszyt 40/3.
27. Okoński B. Miler A. T. 2006. Klimatyczny bilans wodny zalesionych terenów Wielkopolski na przykładzie Puszczy Zielonka. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus 5 (2), str. 73-81.
28. Plenzler W., Rapacki L., Farat R., Pijewska I., Hapke T., 1999. Hydrologia i gospodarka wodna zlewni Poznańskiego Dorzecza Warty. IMGW Poznań, maszynopis (za Okoński B., Miler A. T. 2006).
29. Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Braker O. U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia 8, 9-38.
30. Woś A. 1994. Klimat Niziny Wielkopolskiej. Wyd. Nauk. UAM, Poznań
31. Zielski A., Krąpiec M., 2004, Dendrochronologia, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

Spis rycin

Ryc. 1 Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do I klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona..... 10
Ryc. 2. Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do III klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona..... 11
Ryc. 3. Zestawienie krzywych dendrochronologicznych (czarne linie cienkie) wchodzących w skład chronologii drzew zaklasyfikowanych do V klasy Krafta (linia czerwona) dla obszaru LZD Murowana Goślina, liczba prób wchodzących do chronologii – linia zielona..... 11
Ryc. 4. Procentowy udział drewna wczesnego i późnego w przyroście rocznym 12
Ryc. 5. Zestawienie średnich wartości przyrostów rocznych dla poszczególnych klas Krafta 18
Ryc. 6. Przedstawienie graficzne średnich przyrostów szerokości słoja w poszczególnych latach dla badanych drzewostanów 19

Spis tabel

Tabela 1. Wyniki analizy funkcji odpowiedzi: korelacji liniowej Pearsona „k” oraz regresji wielokrotnej „r” dla temperatury powietrza. Wartości istotne statystycznie przy α=0,05 zostały przypisane do właściwych miesięcy – konkretnych komórek. Skala kolorów grupuje otrzymane wartości. Oznaczenia: IN – próby pobrane dla drzew I klasy Krafta z kierunku N; I KK- I klasa Krafta; II KK – II klasa Krafta; IVa KK – IVa klasa Krafta; IVb KK – IVb klasa Krafta; V KK – V klasa Krafta..... 15
Tabela 2. Wyniki analizy funkcji odpowiedzi: korelacji liniowej Pearsona „k” oraz regresji wielokrotnej „r” dla opadów. Wartości istotne statystycznie przy α=0,05 zostały przypisane do właściwych miesięcy – konkretnych komórek. Skala kolorów grupuje otrzymane wartości. Oznaczenia: IN – próby pobrane dla drzew I klasy Krafta z kierunku N; I KK- I klasa Krafta; II KK – II klasa Krafta; IVa KK – IVa klasa Krafta; IVb KK – IVb klasa Krafta; V KK – V klasa Krafta 16