

Ireneusz Malik\*, Małgorzata Danek\*\*, Ewa Marchwińska-Wyrwał\*\*\*,  
Tomasz Danek\*\*\*\*, Małgorzata Wistuba\*\*\*\*\*, Marek Krąpiec\*\*\*\*\*,  
Beata Woskowicz-Ślęzak\*\*\*\*\*

**CZASOWE RELACJE POMIĘDZY REDUKCJAMI PRZYROSTÓW  
ROCZNYCH SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ORAZ  
ŚMIERTELNOŚCIĄ NIEMOWLĄT POD WPŁYWEM ZANIECZYSZCZEŃ  
ATMOSFERYCZNYCH – PRZYKŁAD Z WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO**

**TEMPORAL RELATIONS BETWEEN SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)  
GROWTH SUPPRESSION AND INFANT MORTALITY AFFECTED BY  
AIR POLLUTION, EXAMPLE FROM SILESIA VOIVODESHIP**

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie powietrza, redukcje przyrostów rocznych, śmiertelność niemowląt.

**Keywords:** air pollution, tree ring reductions, infant mortality.

#### **Streszczenie**

*Długotrwałe zanieczyszczenie atmosfery zostało zapisane w postaci redukcji przyrostów rocznych sosen rosnących w północnej części województwa katowickiego/śląskiego w latach*

---

\* *Dr hab. Ireneusz Malik, prof. nadzw. UŚ – Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; tel.: 32 368 93 87; e-mail: irekgeo@wp.pl*

\*\* *Dr Małgorzata Danek – Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; tel.: 12 617 31 46.*

\*\*\* *Prof. dr hab. Ewa Marchwińska-Wyrwał – Zakład Zdrowia Publicznego, Śląski Uniwersytet Medyczny, ul. Piekarska 18, 41-902 Bytom; tel.: 32 397 65 26.*

\*\*\*\* *Dr Tomasz Danek – Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; tel.: 12 617 47 61.*

\*\*\*\*\* *Mgr Małgorzata Wistuba – Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; tel.: 32 368 93 66.*

\*\*\*\*\* *Prof. dr hab. Marek Krąpiec – Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; tel.: 12 617 24 09.*

\*\*\*\*\* *Mgr Beata Woskowicz-Ślęzak – Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; tel.: 32 368 94 40.*

1950–1990. Szczególnie duże redukcje wzrostu sosen wystąpiły w latach 1964–1981. W tym samym czasie sosny rosnące 50 km na północ od stanowisk badawczych nie wykazały redukcji, oznacza to, że redukcję przyrostów, o której wyżej mowa spowodował czynnik lokalny. W czasie dużego zanieczyszczenia atmosfery wzrastała śmiertelność niemowląt w województwie katowickim/śląskim, przy czym wzrost ten był opóźniony w stosunku do redukcji przyrostów rocznych o kilka lat. Oznacza to, że istnieje możliwość użycia redukcji przyrostów rocznych drzew jako narzędzia do prognozowania negatywnych efektów zdrowotnych wśród ludzi.

### Summary

*Long lasting and severe tree ring reductions in pines growing 5–20 km north part of the Katowickie/Silesian Voivodeship recorded particularly high levels of air pollution emissions in the period 1950–1990. Especially high amounts of reductions were found in the period 1964–1981. At the same time pines growing 50 km west of the Voivodeship do not record deep ring reductions; this proves that the phenomenon is of a regional nature. Increases in infant mortality were also recorded in the Voivodeship during periods of high air pollution. Infant mortality rates increased several years after the tree ring reductions. Therefore it may be possible to use tree ring reductions as an early indicator of the occurrence of adverse effects on human health.*

## 1. WPROWADZENIE

Badania wpływu zanieczyszczeń na redukcję przyrostów rocznych drzew prowadzone były intensywnie w drugiej połowie XX w. Zamieranie drzewostanów było dokumentowane w pobliżu punktowych źródeł zanieczyszczeń [Ashby i Fritts 1972; Vinš i Mrkva 1973].

Badania ujawniły także zróżnicowanie redukcji przyrostów rocznych zależnie od odległości od źródeł zanieczyszczeń, jak i od ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery [Elling i in. 2009]. Zespół Schweingruber'a [1985] wypracował metodę badania wpływu zanieczyszczeń na redukcję przyrostów rocznych, bazującą na analizie lat wskaźnikowych i nagłych zmian szerokości przyrostów.

Badania wpływu zanieczyszczeń atmosferycznych na redukcje przyrostów rocznych prowadzono także w Polsce: w Puszczy Niepołomnickiej, w Ojcowskim Parku Narodowym [Krapiec i Szychowska-Krapiec 2001], w pobliżu Zakładów Azotowych w Puławach [Oleksyn 1988] i w sąsiedztwie Zakładów Chemicznych w Policach [Szychowska-Krapiec i Wiśniewski 1996] oraz Zakładów Chemicznych w Tarnowskich Górach [Malik i in. 2011].

W północnej części województwa katowickiego/śląskiego znaczne redukcje przyrostów rocznych odnotowano w latach 1960–1990, zaobserwowano także wyraźną zależność pomiędzy wzrostem produkcji w zakładach przemysłowych, a spadkiem szerokości przyrostów [Orzeł 1996; Wójcik i Buczkowski 2002; Danek 2007; Malik i in. 2009].

Zanieczyszczenie atmosfery powoduje także wzrost liczby zachorowań oraz śmiertelności wśród ludzi. Prace epidemiologiczne dowodzą, że negatywne efekty zdrowotne

wśród ludzi pojawiają się częściej w miarę wzrostu zarówno koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu, jak i czasu, w którym ludzie przebywają w obszarze zanieczyszczonym [Pope 2007]. Szacuje się, że na świecie około 1% niemowląt umiera w wyniku chorób układu oddechowego spowodowanych zanieczyszczeniem powietrza [Cohen i in. 2005]. Jeśli uwzględnione zostaną występujące choroby sercowo-płucne, śmiertelność rośnie o 20%. Wzrost emisji zanieczyszczeń powoduje spadek wagi ciała niemowląt [Bell i in. 2007]. Zanieczyszczenie atmosfery w postaci wzrostu koncentracji  $\text{NO}_2$  o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zwiększa ryzyko przedwczesnych urodzeń o 25% [Marozieni i Grazuleviciene 2002].

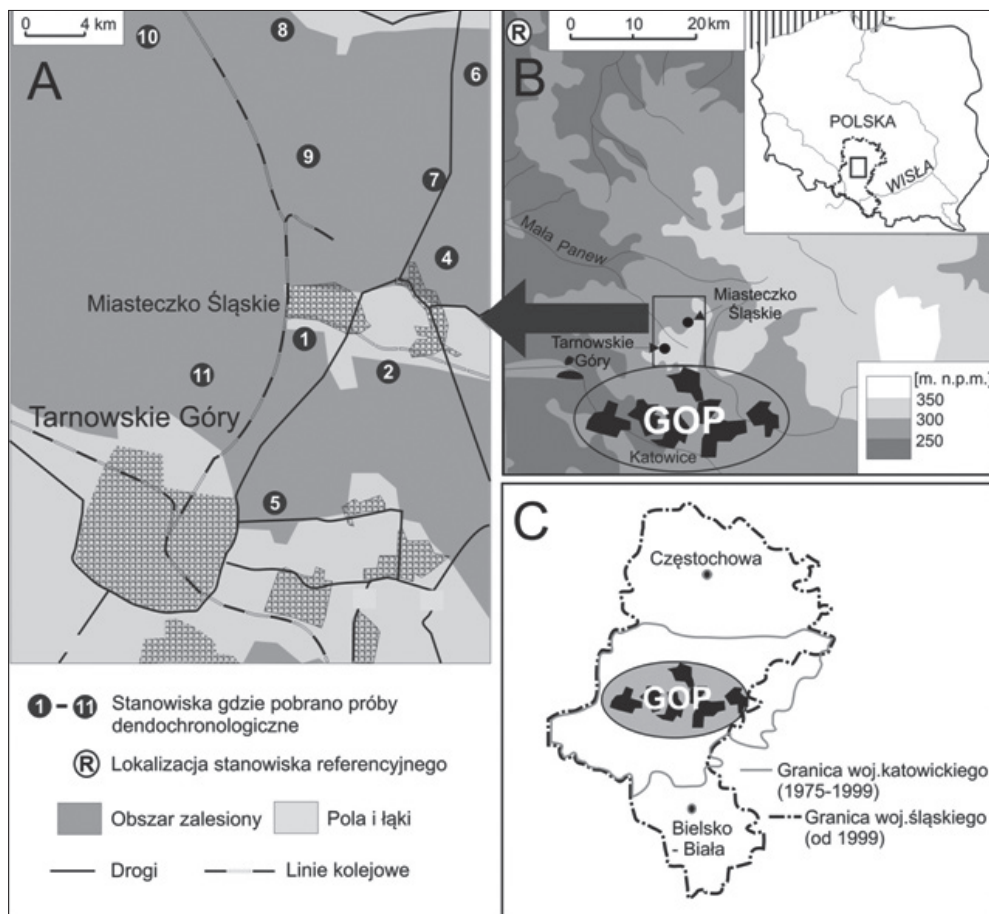
Wcześniejsze i współcześnie prowadzone badania wykazały, że emisja  $\text{SO}_2$  ma największe znaczenie wśród substancji szkodliwych zagrażających zdrowiu ludzi mieszkających na terenie województwa katowickiego/śląskiego [Zeida 2000; Kowalska i in. 2010; Marchwińska-Wyrwał i in. 2010]. Dla województwa katowickiego/śląskiego dostępne są jedynie niekompletne dane dotyczące zmienności zanieczyszczenia powietrza w latach 1950–1990. W niniejszej pracy przyjęto, że redukcje przyrostów rocznych sosen rosnących w obrębie tego województwa odzwierciedlają zmienność zanieczyszczenia powietrza.

Głównym celem pracy jest określenie czasowych relacji pomiędzy redukcją przyrostów rocznych sosny zwyczajnej oraz śmiertelnością niemowląt pod wpływem emisji zanieczyszczeń atmosferycznych. Cele szczegółowe obejmują:

- 1) rekonstrukcję zanieczyszczenia powietrza w ciągu ostatnich 80 lat poprzez analizę zmienności występowania redukcji przyrostów rocznych w północnej części województwa katowickiego/śląskiego:
  - budowa lokalnej chronologii (dla sosen rosnących w północnej części województwa katowickiego/śląskiego) i budowa chronologii referencyjnej (dla sosen rosnących 50 km na północ od drzew, dla których skonstruowano chronologię lokalną),
  - identyfikacja redukcji przyrostów rocznych sosen rosnących w obrębie województwa katowickiego/śląskiego,
  - porównanie okresów, w których pojawiły się redukcje przyrostów rocznych sosen ze zmiennością zanieczyszczenia atmosfery (określoną pośrednio poprzez wykorzystanie dostępnych danych o zmienności wielkości eksploatacji węgla, produkcji stali i energii elektrycznej);
- 2) porównanie czasowych relacji pomiędzy występowaniem redukcji przyrostów rocznych i śmiertelnością niemowląt w województwie katowickim/śląskim;
- 3) analiza możliwości wykorzystania badania redukcji przyrostów rocznych jako indykatora pojawiania się wśród ludzi negatywnych efektów zdrowotnych.

## 2. TEREN I ZAKRES BADAŃ

Badania przeprowadzono w północnej części województwa katowickiego/śląskiego na Wyżynie Śląskiej, około 5–20 km na północ od centrum nieistniejącego Górnos Śląskiego



**Rys. 1.** Położenie terenu badań; A – Położenie stanowisk badawczych; B – Położenie terenu badań w Polsce, C – Położenie GOP na tle województwa katowickiego/śląskiego

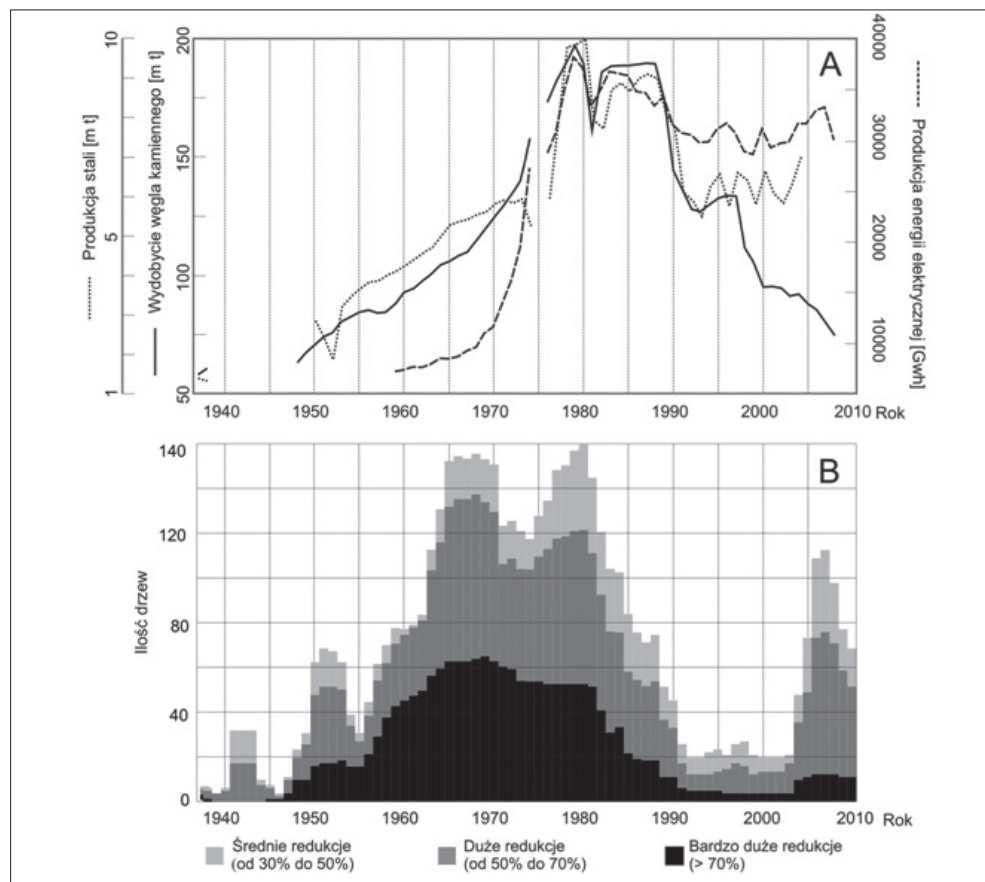
**Fig. 1.** Location of the study area; A – Study sites location B – Study area in Poland and Silesian Upland, C – Upper Silesian Industrial District site in the Katowickie/Silesian Voivodeship

Okręgu Przemysłowego (GOP), gdzie do roku 1990 funkcjonował na dużą skalę przemysł ciężki (rys. 1 od A do C).

Stanowiska badawcze, na których pobierano próby dendochronologiczne, położone były w obrębie płaskich powierzchni, zbudowanych z piasków i żwirów, na których rozwinęły się głównie gleby bielicoziemne. W terenie tym dominują wiatry południowo-zachodnie. Średnie roczne sumy opadów na obszarze badań wynoszą około 700 mm. W obszarze badań dominuje bór świeży (36%) i bór wilgotny (25%), a 82% udziału w drzewostanie stanowi sosna zwyczajna [Wójcik i Buczkowski 2002].

Od lat 60-tych dwudziestego wieku na terenie województwa śląskiego/katowickiego wystąpił zdecydowany wzrost produkcji przemysłowej, która osiągnęła maksimum pod koniec lat 70-tych i na początku lat 80-tych (wydobycie węgla, produkcja stali i energii elektrycznej – rys. 2A). Pod koniec lat 80-tych tego wieku wraz z transformacją ustrojową produkcja przemysłowa zmniejszyła się znacząco. Zamykano bowiem kopalnie i zakłady przemysłowe, a te które przetrwały były zmuszone do wprowadzania technologii przyjaznych środowisku (rys. 2A).

Dane epidemiologiczne pozyskano ze statystycznych Biuletynów Ministerstwa Zdrowia (1966–2009). Możliwe było pozyskanie stosunkowo długich ciągów danych (1965–2005) dotyczących okołoporodowej (do 4 tygodni po urodzeniu) śmiertelności niemowląt w Polsce i w województwie katowickim/śląskim. Badaną śmiertelność niemowląt ograniczono do śmiertelności okołoporodowej, bardziej związanej z negatywnymi efektami środowiskowymi.



**Rys. 2.** Wskaźniki świadczące o poziomie produkcji przemysłowej w województwie katowickim/śląskim w latach 1937–2010 (A); ilość redukcji przyrostów rocznych w sosnach (B)

**Fig. 2.** Indicators of industrial production in the Katowice/Silesian Voivodeship in the period 1937–2010 (A); Number of sampled pines with ring reductions (B)

### 3. METODA BADAŃ

W północnej części województwa śląskiego/katowickiego w listopadzie 2009 roku pobrano na 10 stanowiskach badawczych, za pomocą świdra Presslera, 200 rdzeni z sosen – po 20 rdzeni na każdym stanowisku, po jednym rdzeniu z każdego drzewa.

Rdzenie pobrano z 20 sosen w przybliżeniu 90-letnich, na wysokości pierśnicy, na stanowisku referencyjnym, położonym 50 km na północny zachód od stanowisk badawczych, w obszarze położonym stosunkowo daleko od zakładów przemysłowych.

Pobrane rdzenie wklejano następnie w drewniane deseczki i szlifowano papierem ściernym o coraz niższej granulacji, w celu uwidocznienia struktury drewna. Następnie mierzono przyrosty roczne z dokładnością do 0,01 mm, przy użyciu systemu pomiarowego Dendrolab.

Krzywe przyrostowe z pojedynczych sosen korelowano za pomocą programów TREE-RINGS i Quercus [Walanus 2002]. Następnie skonstruowano dwie chronologie lokalne na podstawie szerokości przyrostów sosen rosnących w województwie śląskim/katowickim oraz na stanowisku referencyjnym. W programie ARSTAN powstały chronologie lokalne, eliminujące trend związany z wiekiem drzew [Cook i Holmes 1999]. Dodatkowo wyznaczono lata wskaźnikowe w obrębie zbudowanych chronologii.

Wyznaczono także redukcje przyrostów rocznych dla każdej krzywej przyrostowej z osobna. Redukcje obliczano jako stosunek sumy szerokości przyrostów rocznych obliczonych w danym okresie do sumy szerokości przyrostów rocznych obliczonych w okresie poprzedzającym okres redukcji [Schweingruber i in. 1985]. Obliczone redukcje zakwalifikowano do trzech grup:

- redukcje średnie: 30–50%,
- duże redukcje: 51–70%

oraz

- bardzo duże redukcje: >70%.

Redukcje mniejsze niż 30 % i krótsze niż 3 lata nie były brane pod uwagę.

Do wyznaczenia redukcji i określenia ich wielkości wykorzystano program Quercus [Walanus 2002].

W celu zbadania możliwości korelacji pomiędzy redukcjami przyrostów rocznych i śmiertelnością okołoporodową niemowląt (liczba zgonów niemowląt na 10 000 żywych urodzeń) zastosowano detrending, a następnie opóźniono go o 1, 2, 3... aż do 20 lat. Detrending polegał na odjęciu liczby zgonów niemowląt w całej Polsce od ilości zgonów w województwie katowickim/śląskim (rok po roku). Zastosowanie detrendingu było konieczne ze względu na silny czasowy trend, wyrażający się spadkiem śmiertelności niemowląt, wynikającym z systematycznej poprawy poziomu opieki zdrowotnej. Ponadto, zastosowany detrending pozwalał wyeliminować w dalszej analizie czynniki inne niż zanieczyszczenie powietrza, a wpływające na śmiertelność niemowląt, np. warunki fizyczne i psychiczne życia matek. Liczbę okołoporodowych zgonów niemowląt w województwie katowickim/śląskim odjęto od liczby

zgonów niemowląt w Polsce i w ten sposób analizowano jedynie nadwyżkę zgonów wynikających z czynnika lokalnego, jakim niewątpliwie było ponad przeciętne zanieczyszczenie atmosfery w województwie katowickim/śląskim. Pozostałe czynniki decydujące o okołoporodowej śmiertelności niemowląt kształtowały się na podobnym poziomie w całej Polsce.

Indeks śmiertelności niemowląt użyto do dalszych analiz. Współczynniki korelacji obliczono opóźniając dane obliczone z przyrostów rocznych w stosunku do śmiertelności niemowląt, aby sprawdzić czasowe relacje pomiędzy danymi.

## **4. WYNIKI I DYSKUSJA**

### **4.1. Porównanie chronologii lokalnej i referencyjnej**

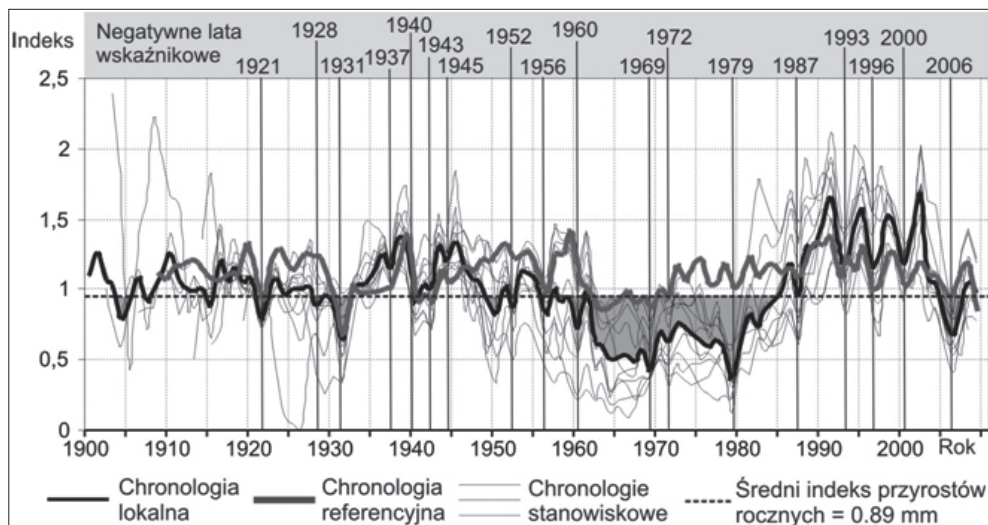
Zbudowano chronologię dotyczącą sosen rosnących w sąsiedztwie byłego GOP (chronologia lokalna). Skonstruowano także chronologię sosen rosnących na stanowisku referencyjnym, około 50 km na północ od GOP (rys. 3). W obu chronologiach można wyróżnić negatywne lata wskaźnikowe, pojawiające się zarówno na stanowiskach badawczych, jak i na stanowisku referencyjnym (rys. 3). Oznacza to, że są one efektem oddziaływania innych czynników niż zanieczyszczenie powietrza, zwykle występują one na skutek zjawisk klimatycznych.

Sosny rosnące na stanowiskach badawczych wykształciły wąskie przyrosty w latach 1960–1985 (rys. 3). Indeks przyrostów rocznych dla tego okresu jest znacznie mniejszy niż indeks średni (0,89), wyliczony dla całego ciągu przyrostów ze skali. W tym samym czasie (1960–1985) sosny rosnące w obrębie stanowiska referencyjnego wykształciły relatywnie szersze przyrosty (rys. 3). Oznacza to, że sosny rosnące w pobliżu GOP wykształciły wąskie przyrosty w wyniku oddziaływania czynnika lokalnego, z dużym prawdopodobieństwem zwiększonej emisji zanieczyszczeń z GOP. Indeks szerokości przyrostów rocznych zwiększa się od końca lat 80-tych dwudziestego wieku. Od tego czasu likwidowano zakłady przemysłowe w GOP, a w zakładach które przetrwały wprowadzono technologie przyjazne środowisku.

Po zaprzestaniu intensywnej produkcji przemysłowej (od 1990 roku) szerokość przyrostów rocznych w sosnach rosnących w pobliżu GOP i w sosnach referencyjnych wyrównuje się. Świadczy to, że inne czynniki, np. zanieczyszczenie gleb, nie mają dużego znaczenia ze względu na występowanie badanych redukcji przyrostów.

### **4.2. Redukcje przyrostów rocznych jako efekt zanieczyszczenia powietrza w województwie katowickim/śląskim**

Najbardziej wyraźne redukcje przyrostów rocznych zostały wykształcone przez sosny w latach 1950–1990, przy czym drzewa zareagowały najbardziej negatywnie w latach 1964–1981, co oznacza, że poziom zanieczyszczenia atmosfery był wtedy największy (rys. 2B). Porównanie danych dotyczących wydobycia węgla, produkcji stali i energii



**Rys. 3.** Standaryzowane chronologie: lokalna, referencyjna oraz chronologie stanowiskowe zbudowane z opróbowanych sosen, dodatkowo zaznaczono negatywne lata wskaźnikowe, wartości indeksu szerokości przyrostów poniżej średniej wynoszącej 0,89 zaznaczono na szaro

**Fig. 3.** Standardised local, site, and reference chronologies developed from tree ring series from sampled pines with negative pointer years marked, values below the overall average tree ring index for all pines (0.89) are shaded grey

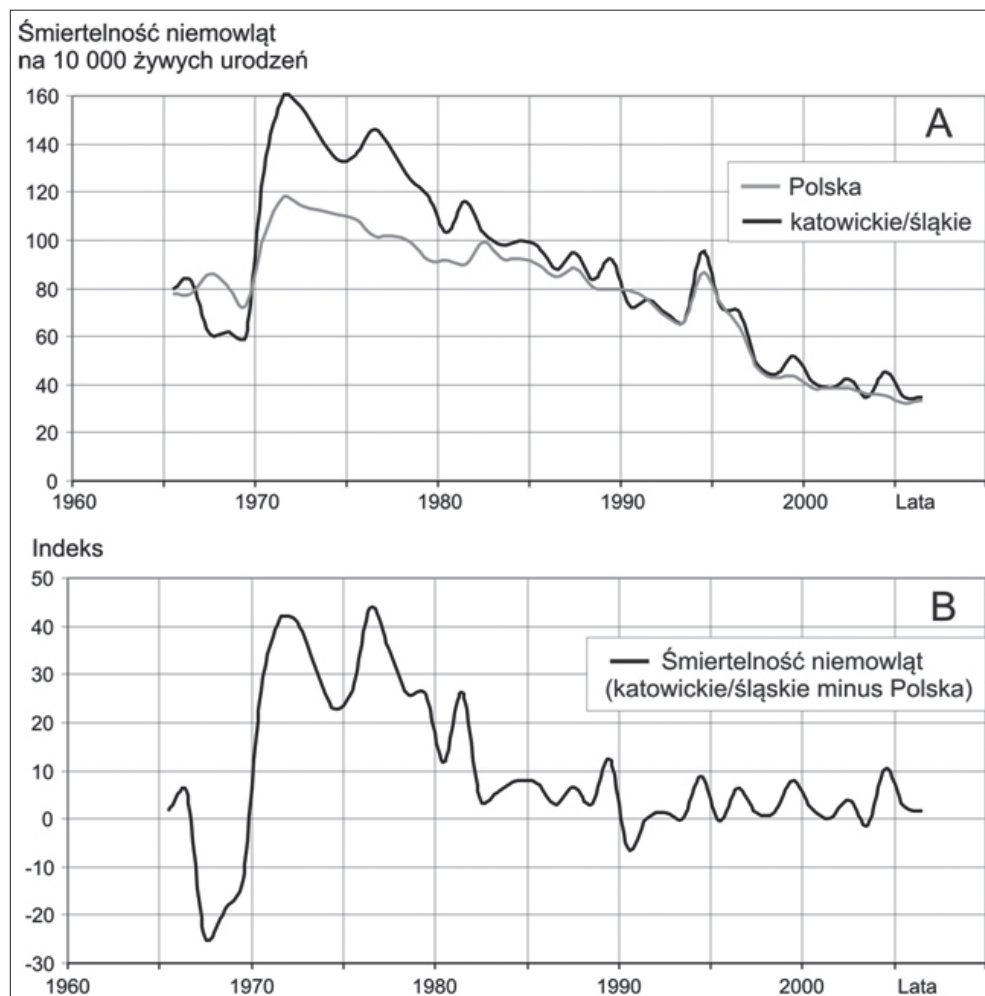
elektrycznej z redukcjami przyrostów rocznych wykazuje, że wzrost produkcji w GOP ciągał za sobą spadek szerokości przyrostów rocznych sosen (rys. 2). Oczywiście na pojedynczych stanowiskach sosny wykształciły przyrosty zredukowane, co częściowo można tłumaczyć emisją szkodliwych substancji z zakładów położonych w ich sąsiedztwie. Dlatego na stanowiskach 4 i 5 istnieje korelacja pomiędzy występowaniem redukcji przyrostów a wielkością produkcji w położonych nieopodal Zakładach Chemicznych Tarnowskie Góry [Malik i in. 2011]. Sosny rosnące na stanowisku 4 natomiast wykształciły redukcje przyrostów rocznych, które można skorelować z emisją dwutlenku siarki do atmosfery przez Hutę Cynku w Miasteczku Śląskim [Malik i in. 2009; Orzeł 1996].

#### 4.3. Zależność pomiędzy redukcjami przyrostów rocznych drzew spowodowanych zanieczyszczeniem atmosfery i wzrostem śmiertelności niemowląt

W latach 1970–1985 okołoporodowa śmiertelność niemowląt w województwie katowickim/śląskim była znacznie większa niż w całej Polsce [Biuletyny Statystyczne Ministerstwa Zdrowia 1970–2009; rys. 4]. Po roku 1985 wskaźnik zgonów niemowląt jest podobny

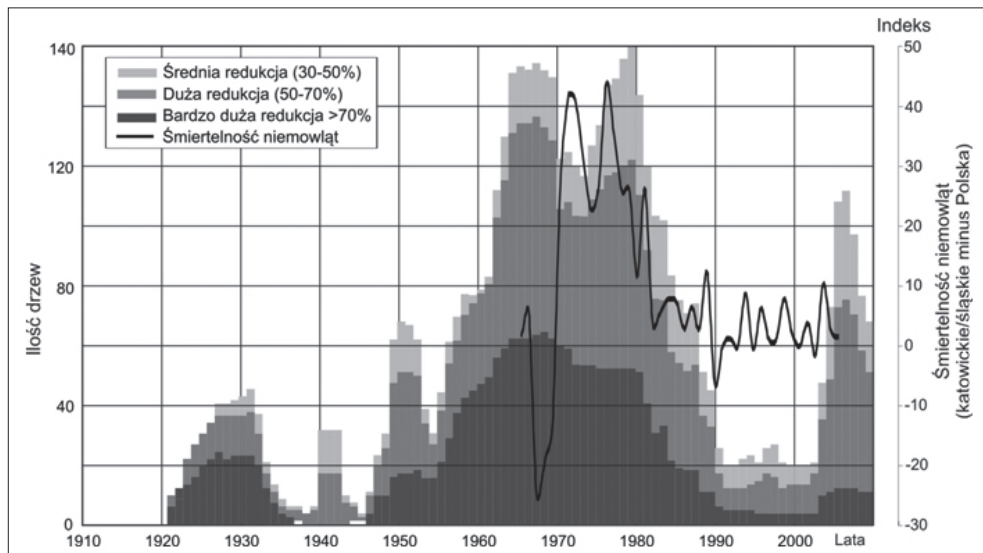


dla województwa i dla Polski, a redukcja przyrostów rocznych także maleje od roku 1985. Interesujące jest, że redukcje przyrostów rocznych pojawiają się wcześniej niż wzrost śmiertelności niemowląt (rys. 5). Oznacza to, że negatywna reakcja drzew na emisję zanieczyszczeń wyprzedza wzrost śmiertelności niemowląt.



**Rys. 4.** Zależność pomiędzy zmiennością śmiertelności niemowląt w Polsce i w województwie katowickim/śląskim, A – zróżnicowanie zmienności śmiertelności niemowląt w województwie katowickim/śląskim i w Polsce, B – indeks śmiertelności niemowląt (katowickie/śląskie minus Polska)

**Fig. 4.** Relationship between infant mortality rates in Poland and Katowickie/Silesian Voivodeship, A – Variability of infant mortality rates in the USID and in Poland, B – Infant mortality index (Katowickie/Silesian Voivodeship minus Poland)



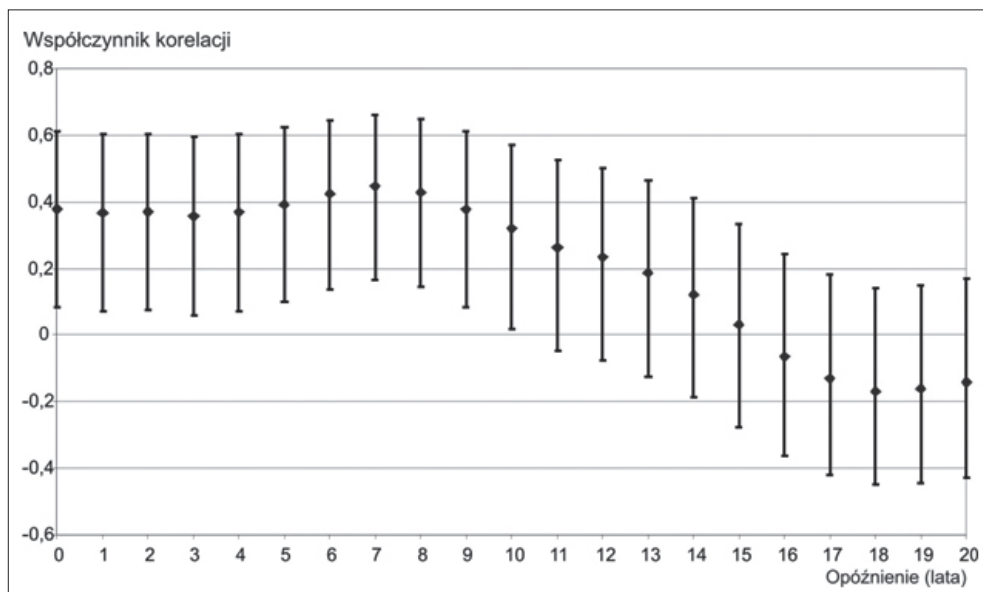
**Rys. 5.** Ilość redukcji przyrostów rocznych i śmiertelność niemowląt w województwie katowickim/śląskim

**Fig. 5.** Number of trees with reductions and infant mortality rates in the Katowickie/Silesian Voivodeship

Współczynnik korelacji pomiędzy śmiertelnością niemowląt a redukcją przyrostów rocznych osiąga największą wartość (od 0,40 do 0,42), jeżeli opóźnienie wynosi 6–8 lat. Stosunkowo duża wartość współczynnika korelacji (0,39) zachodzi także, jeżeli dane nie są opóźnione względem siebie (rys. 6). Brak opóźnienia nie jest zaskakujący ponieważ podczas trwającej 9 miesięcy ciąży zarówno płód, jak i matka, są narażeni na oddziaływanie szkodliwych zanieczyszczeń atmosferycznych.

Jak wyżej wspomniano obliczenia wykazały dłuższe opóźnienie wzrostu śmiertelności niemowląt (6–8 lat) w stosunku do redukcji przyrostów rocznych drzew. Opóźnienie to wynika z dużym prawdopodobieństwem z długiego czasu przebywania w zanieczyszczonym środowisku kobiet, które zaszły w ciążę w późniejszym czasie. Oznacza to, że opóźnienie wzrostu śmiertelności niemowląt wynika z kumulowania rok po roku negatywnego efektu zdrowotnego wśród ludzi, spowodowanego wysokim poziomem zanieczyszczenia powietrza.

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość wykorzystania redukcji przyrostów rocznych do prognozowania pojawienia się w przyszłości negatywnych efektów zdrowotnych. Do opracowania metody prognozowania potrzebne są jednak dalsze badania, uwzględniające szereg czynników, np. różną reakcją na zanieczyszczenia odmiennych gatunków drzew, różną reakcją drzew i ludzi na ten sam typ zanieczyszczeń itp. Wydaje się, że opracowanie metody prognozowania wymaga współpracy pomiędzy epidemiologami środowiskowymi, ekologami lasu oraz specjalistami od zanieczyszczeń gleby i powietrza.



**Rys. 6.** Współczynniki korelacji i przedziały ufności dla śmiertelności niemowląt opóźnionej w stosunku do redukcji przyrostów rocznych

**Fig. 6.** Correlation and confidence intervals for infant mortality rates lagged in relation to tree ring reductions

Metoda prognozowania mogłaby być stosowana np. w obszarach, gdzie w tej chwili dynamicznie rozwija się przemysł, a zarazem emitowane są do atmosfery duże ilości zanieczyszczeń, np. w Indiach, Chinach lub Brazylii.

## 5. WNIOSKI

1. Sosny rosnące na terenie województwa katowickiego/śląskiego, na północ od nieistniejącego obecnie GOP, wykształciły silnie zredukowane przyrosty w latach 1950–1990. Jednocześnie redukcje przyrostów nie zostały odnotowane w sosnach rosnących na stanowisku referencyjnym, zatem redukcje wykształcone w drzewach rosnących na stanowiskach badawczych spowodował czynnik lokalny. Redukcje przyrostów rocznych korespondują czasowo ze wzrostem wydobywania węgla, produkcji stali i energii elektrycznej w województwie, co oznacza że powstały one w efekcie silnego zanieczyszczenia powietrza w GOP. Okres, w którym drzewa zareagowały szczególnie gwałtownie wystąpił w latach 1964–1981.
2. Wzrost śmiertelności niemowląt wystąpił z kilkuletnim opóźnieniem w stosunku do pojawienia się wzrostu redukcji przyrostów rocznych drzew. Opóźnienie wzrostu śmier-

telnosci niemowląt (6–8 lat) wynika z dużym prawdopodobieństwem z długiego czasu oddziaływania szkodliwych substancji na kobiety, które zaszły w ciążę w późniejszym okresie. Oznaczałoby to, że opóźnienie wzrostu śmiertelności niemowląt wynika z kumulowania rok po roku negatywnego efektu zdrowotnego wśród ludzi, wywołanego wysokim poziomem zanieczyszczenia powietrza. Stosunkowo wysoka korelacja występuje także, jeżeli śmiertelność niemowląt nie jest opóźniona w stosunku do redukcji przyrostów rocznych. Jest to zrozumiałe zważywszy, że ciąża rozwija się 9 miesięcy, a w tym czasie narażeni na wchłanianie zanieczyszczeń są zarówno matka, jak i płód.

3. Wyniki badań wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania redukcji przyrostów rocznych do prognozowania pojawienia się negatywnych efektów zdrowotnych wśród ludzi. Na tym etapie badań jednak nie wiadomo na ile metoda ta pozwoli realnie ocenić zagrożenie życia i zdrowia ludzi, wynikające z pojawienia się zamieszczeń atmosferycznych. Wydaje się, że współpraca pomiędzy epidemiologami środowiskowymi, ekologami lasu i specjalistami od zanieczyszczeń powinna pozwolić na realną ocenę stopnia przydatności stosowania tej metody.

## PIŚMIENICTWO

- ASHBY W.C., FRITTS H.C. 1972. Tree growth, air pollution, and climate near LaPorte, Indiana. *Bulletin of the American Meteorological Society* 53(3): 246–251.
- BELL M.L., EBISU K., BELANGER K. 2007. Ambient air pollution and low birth weight in Connecticut and Massachusetts. *Environmental Health Perspectives* 115(7): 1118–1124.
- Biuletyny Statystyczne Ministerstwa Zdrowia 1970–2009.** Centrum Systemów Informatycznych Ochrony Zdrowia. Warszawa.
- COHEN A.J., ANDERSON H.R., OSTRO B., PANDEY K.D., KRZYZANOWSKI M., KUENZLI N. 2005. The Global Burden Of Disease Due To Outdoor Air Pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 68(13–14): 1301–1307.
- COOK E.R., HOLMES R.L. 1999. User manual for Program ARSTAN. Arizona, Tucson: Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona. Tuscon, Arizona. USA.
- DANEK M. 2007. The influence of industry on Scots pine stands in the south-eastern part of the Silesia–Kraków Upland (Poland) on the basis of dendrochronological analysis. *Water, Air & Soil Pollution* 185(1–4): 265–277.
- ELLING W., DITTMAR CH., PFAFFELMOSER K., ROTZER T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* 257(4): 1175–1187.
- KOWALSKA M., ZEJDA J.E., SKRZYPEK M. 2010. Short-term effect of ambient air pollution on daily mortality. *Polish Journal of Environmental Study* 19(1): 101–105.
- KRĄPIEC M., SZYCHOWSKA-KRĄPIEC E. 2001. Tree-ring estimation of the effect of industrial pollution on pine (*Pinus sylvestris*) and fir (*Abies alba*) in the Ojców National

- Park (Southern Poland). *Nature Conservation* 58(1): 33–42.
- MALIK I., DANEK M., DANEK T., KRĄPIEC M., WISTUBA M. 2009. Zanieczyszczenie atmosfery przez zakłady przemysłowe położone w północnej części Wyżyny Śląskiej, zapisane w przyrostach rocznych sosny zwyczajnej. *Czasopismo Geograficzne* 80(4): 257–274.
- MALIK I., WISTUBA M., DANEK M., DANEK T., KRĄPIEC M. 2011. Wpływ emisji zanieczyszczeń atmosferycznych przez zakłady chemiczne w Tarnowskich Górach (północna część Wyżyny Śląskiej) na szerokość przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 47: 7–19.
- MARCHWINSKA-WYRWAŁ E., DZIUBANEK G., SKRZYPEK M., HAJOK I. 2010. Study of the health effects of long-term exposure to cadmium and lead in a region of Poland. *International Journal of Environmental Health Research* 1: 1–6.
- MAROZIENE L., GRAZULEVICIENE R. 2002. Maternal exposure to low-level air pollution and pregnancy outcomes: a population-based study. *Environmental Health* 1: 1–7.
- OLEKSYN J. 1988. High growth of different European Scots pine provenances in a heavy polluted and control environment. *Environmental Pollution* 55(4): 289–299.
- ORZEŁ S. 1996. Dynamika przyrostu grubości drzewostanów sosnowych położonych w zasięgu emisji zakładów przemysłu metali kolorowych. *Sylwan* 140: 59–67.
- POPE C.A. 2007. Mortality effects of longer term exposure to fine particulate air pollution: Review of recent epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology* 19(Suppl. 1): 33–38.
- Roczniki statystyczne województwa katowickiego/śląskiego 1958–2009.** Wojewódzki Urząd Statystyczny w Katowicach, Katowice.
- SCHWEINGRUBER F.H., KONTIC R., NIEDERER M., NIPPEL C.A., WINKLER-SEIFERT A. 1985. Diagnosis and distribution of conifer decay in the Swiss Rhone Valley a dendrochronological study. W: H. Turner, W. Tranquillini (red.). *Establishment and Tending of Subalpine Forest*, Berno.
- SZYCHOWSKA-KRĄPIEC E., WIŚNIEWSKI Z. 1996. Zastosowanie analizy przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) do oceny wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na przykładzie zakładów chemicznych „Police” (woj. szczecińskie). *Kwartalnik Akademii Górniczo-Hutniczej, Geologia* 22(3): 281–299.
- VINŠ B., MRKVA R. 1973. The diameter increment losses of pine stands as a result of injurious immision. *Acta Universatis Agriculturae* 42(1): 25–46.
- WALANUS A. 2002. Program DenMy i DenDruk. Kraków.
- WÓJCIK R., BUCZKOWSKI R. 2002. Analiza przestrzenna rozmieszczenia uszkodzeń drzewostanów powodowanych przez przemysł w Nadleśnictwie Świerkianiec. W: Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. Siwicki R. (red.). Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań.
- ZEJDA J.E. 2000. Health effect of ambient air pollution – the magnitude of risk and current hazard in Poland. W: Janicki W., Klimza J., Szewczyk R. (red.). *Environment and health*. Cmyk-Art. Czestochowa.