

MAŁGORZATA DANEK

Wpływ działalności przemysłowej na szerokość przyrostów rocznych sosen (*Pinus sylvestris* L.) w rejonie Olkusza

The influence of industry on the tree-ring width of pines (*Pinus sylvestris* L.) living in the Olkusz region

ABSTRACT

Danek M. 2008. Wpływ działalności przemysłowej na szerokość przyrostów rocznych sosen (*Pinus sylvestris* L.) w rejonie Olkusza. Sylwan 11: 56-62.

Tree-ring analysis of pine stands living under the influence of industry in south-eastern part of Silesia-Krakow Upland was performed for the last years. Now the new transect was added in the Olkusz region. Previous studies showed the distinct relationship between number of trees with observed reductions and distance from main source of pollution in this region. On the sites localised nearest to zinc-works "Bolesław" the value and the duration of reduction periods were the biggest. On the sites of new transect (OL VI) situated to the north from site OL 15, the influence of zinc-works is rather uncertain. Because of the time of occurrence and the distance from zinc-work, the reductions observed here seem to be the reaction to the other factor – perhaps the local source of pollution. To explain this matter further studies in this region should be done.

KEY WORDS

tree-ring analysis, abrupt growth changes, influence of industry, *Pinus sylvestris*, Olkusz region

ADDRESSES

Małgorzata Danek – Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska; Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30; 30-059 Kraków; e-mail: mdanek@agh.edu.pl

Wstęp

Wzrost produkcji przemysłowej, szczególnie dynamiczny po drugiej wojnie światowej, spowodował znaczne zmiany w środowisku przyrodniczym, powodując poważne szkody również w lasach. Metoda dendrochronologiczna, bazująca na analizie sekwencji przyrostów rocznych, jest od wielu lat z powodzeniem stosowana w badaniach dotyczących wpływu zanieczyszczenia powietrza na drzewostany [Cook, Innes 1989]. W poprzednich latach w południowo-wschodniej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej przeprowadzono prace z zastosowaniem tego typu metodyki [Danek 2007]. Teraz, do poprzednich transektów, wzdłuż których przeprowadzono badania, dodano kolejny – sięgający dalej na północ.

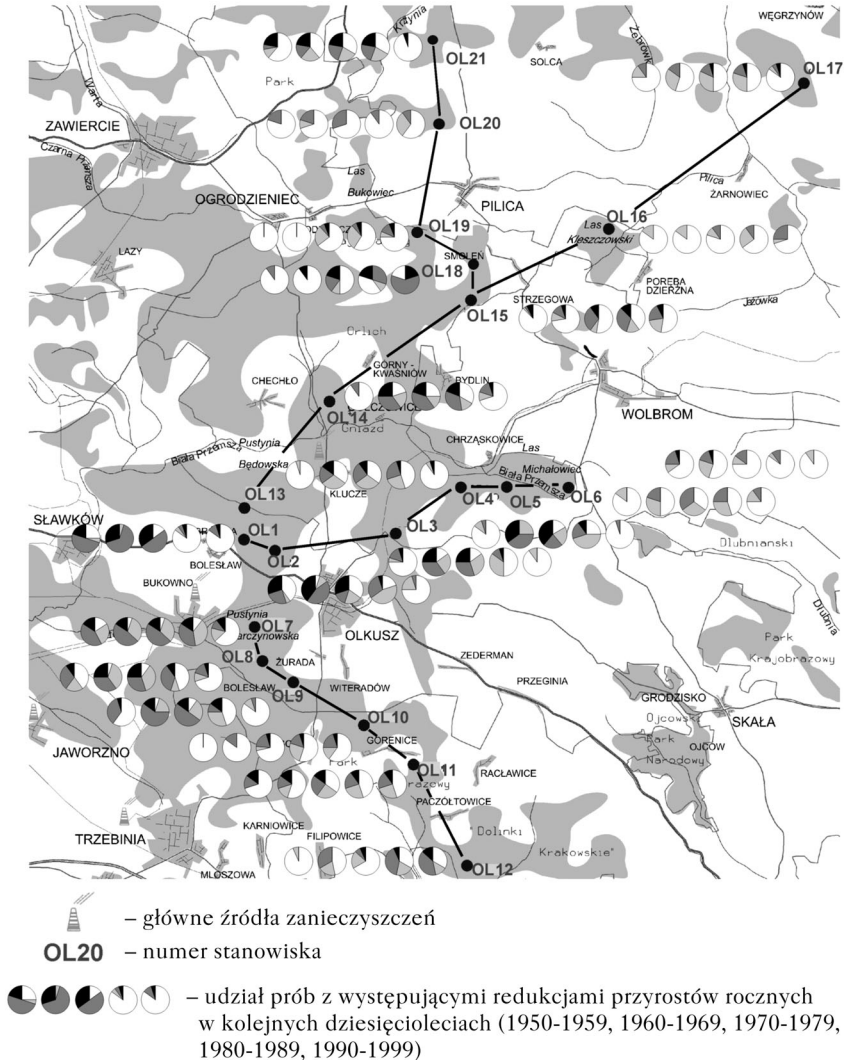
Obszar badań, materiał i metodyka

Rejon Olkusza to obszar poddany silnej presji ze strony przemysłu. Głównym problemem jest zanieczyszczenie powietrza, będące wynikiem działalności wielu lokalnych źródeł emisji, z których największe to huta „Bolesław” w Bukowni (ryc. 1). Znaczenie mają również zanieczyszczenia transportowane z obszarów sąsiednich – Krakowa oraz Górnego Śląska. Wpływ

* Pracę zrealizowano w ramach badań statutowych AGH, Wydział GGiOŚ, nr 11 11 140 560

tego ostatniego ośrodka przemysłowego potęgowany jest dodatkowo przez dominujące wiatry zachodnie. Dodatkowym czynnikiem jest przemysł górniczy rejonu Olkusza, który doprowadził do obniżenia poziomu wód gruntowych na znacznych obszarach.

Badania objęły cztery stanowiska znajdujące się w okolicach Pilicy (ryc. 1). Prace były kontynuacją badań przeprowadzonych w południowo-wschodniej części Wyżyny Śląsko-Krakowskiej [Danek 2007]. Spośród poprzednio wyznaczonych transektów trzy usytuowane były w kierunkach NE, E i SE od huty „Bolesław” w Bukowniu (Nadleśnictwo Olkusz). Nowo dodany transekt obejmował cztery stanowiska. Na każdym z nich pobrano od 10 do 18 prób z sosen (*Pinus sylvestris* L.). Zarówno w obecnie, jak i poprzednio prowadzonych badaniach



Ryc. 1.

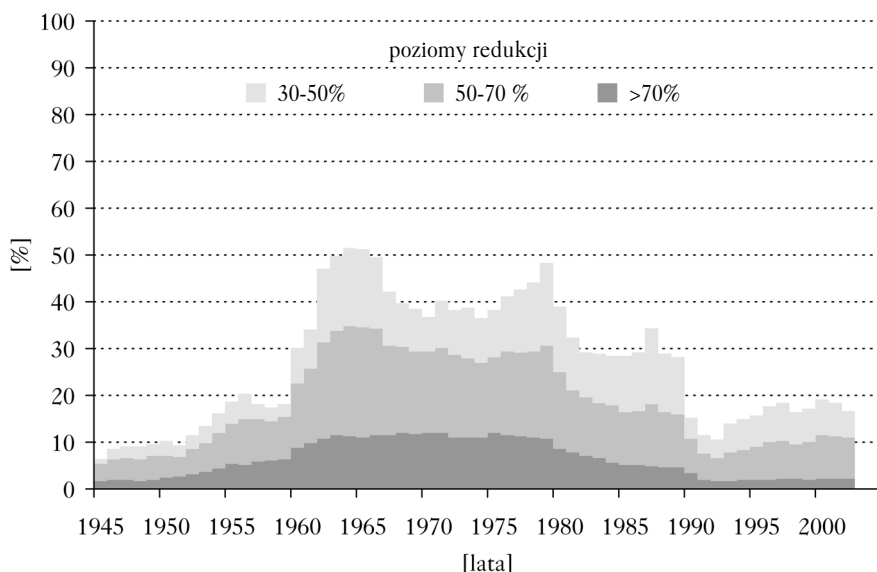
Lokalizacja oraz rozkład redukcji na stanowiskach poszczególnych transektów w kolejnych dziesięcioleciach (1950-1999)

Localization and distribution of reductions on the sites of particular transects in subsequent decades (1950-1999)

starano się wybierać drzewostany sosnowe zbliżone wiekowo (80-90-letnie), rosnące w podobnych warunkach siedliskowych, wybierając drzewa dominujące lub współdominujące. Próby pobrano świdrem Presslera z przekroju pierścieniowego, po jednej z każdego drzewa. Następnie dokonano pomiaru oraz datowania sekwencji przyrostów rocznych. W dalszych badaniach zastosowano metodykę opartą na analizie lat charakterystycznych oraz nagłych zmian przyrostów rocznych [Schweingruber i in. 1985], które są wynikiem ostrych zmian w warunkach ekofizjologicznych drzewa. Zmiany niekorzystne prowadzą do hamowania aktywności kambium przez kilka kolejnych lat [Schweingruber 1986]. Możliwość dokładnego wyznaczenia początku oraz czasu trwania nagłych zmian szerokości przyrostów rocznych wraz z określeniem liczby drzew, które zareagowały w danym roku, pozwala wykryć moment reakcji drzewostanu na zmianę warunków środowiskowych, a także na określenie czasu trwania tej reakcji. Stosując tę metodę, dla każdego z drzew wyznaczono czasowe przedziały redukcji. Punktem odniesienia dla poszczególnych prób była krzywa średnia, utworzona poprzez uśrednienie sekwencji przyrostowych sosen zdrowych reprezentujących dane stanowisko lub sąsiedni rejon. Wielkość redukcji obliczono ze stosunku sumy szerokości wszystkich przyrostów zaliczonych do okresu redukcji i sumy szerokości przyrostów takiej samej liczby słoików z okresu poprzedzającego gwałtowny spadek przyrostów rocznych. Redukcje o wartościach wyrażonych w procentach zaklasyfikowano do trzech grup: redukcje średnie – od 30 do 50%, redukcje silne – od 50 do 70% oraz redukcje bardzo silne – powyżej 70%. Nie brano pod uwagę redukcji mniejszych niż 30% oraz trwających mniej niż trzy lata.

Wyniki i dyskusja

Badania dendrochronologiczne drzewostanów sosnowych rosnących w rejonie Olkusza wykazały istnienie znacznych redukcji w szerokości przyrostów rocznych drzew. Na rysunku zbiorczym (ryc. 2) widoczny jest wyraźny wzrost redukcji w latach powojennych, szczególnie w pierwszej



Ryc. 2.

Rozkład redukcji obserwowanych w przyrostach rocznych sosen z rejonu Olkusza w latach 1945-2002
Distribution of reductions occurring in the trees from Olkusz region in period 1945-2002

połowie lat sześćdziesiątych XX wieku. Gwałtowny wzrost dotkniętych redukcjami sosen musiał być wynikiem drastycznych zmian, jakie nastąpiły w środowisku. Mimo braku danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza z tego okresu należy sądzić, że czynnikiem odpowiedzialnym był szybki wzrost zanieczyszczenia powietrza, być może potęgowany dodatkowo przez inne niekorzystne czynniki środowiskowe. Ogólnie wysoka liczba sosen dotkniętych redukcjami występuje aż do końca lat osiemdziesiątych. W kolejnym dziesięcioleciu sytuacja uległa znacznej poprawie, co można wiązać z wyraźnym polepszeniem stanu powietrza.

Na rycinie 1 przedstawiono rozkład redukcji na poszczególnych stanowiskach nowego transektu oraz transektów wcześniejszych w kolejnych dziesięcioleciach (1950-1999). Analiza rozkładu redukcji wskazuje generalnie na spadek ich liczby wraz ze wzrostem odległości od huty „Bolesław”. Największe straty w przyrostach rocznych wystąpiły na stanowiskach znajdujących się w bliskim jej sąsiedztwie (ryc. 1). Na szczególną uwagę zasługuje duży udział redukcji długotrwałych, ponad dziesięcioletnich. Wszystkie trzy wymienione wyżej transekty zlokalizowano w obszarze przeważających wiatrów zachodnich, gdzie obserwowano największe szkody w drzewostanach w latach sześćdziesiątych [Kędziora 1971]. Wyraźnie widać jednak, że w transekcje usytuowanym w kierunku NE (OL III) straty były znacznie mniejsze niż w dwóch pozostałych. Na stanowiskach zlokalizowanych blisko huty, liczba drzew dotkniętych spadkami przyrostów była niższa, znacznie mniejszy był też udział redukcji długotrwałych.

Pierwszy wzrost redukcji nastąpił niedługo po uruchomieniu huty w 1952 roku. Był on szczególnie wyraźny na dwóch najbliższych położonych stanowiskach transektu OL I (stanowiska OL 1 i OL 2). Nieco słabiej zaznaczył się w transekcje OL II (OL 8 i OL 9). Drugi wyraźny wzrost nastąpił na początku lat sześćdziesiątych. Zareagowały wtedy także drzewa z dalej położonych stanowisk transektów OL I i OL II oraz na stanowiskach OL 13 i OL 14. W transekcje OL I najwięcej redukcji przypadło na lata 1962-1967, kiedy to maksymalnie 69% sosen zareagowało negatywnie. Podobnie w transekcje OL II większość redukcji wystąpiła w okresie 1960-1980, kiedy dotknęły one od 40 do 60% drzew. W transekcje OL III wystąpiły dwa maksima liczby obserwowanych redukcji: w latach 1962-1966 (37-42% drzew) oraz 1976-1982 (36-50% drzew). Widać więc opóźnienie reakcji dalej usytuowanych drzewostanów. Podobne zjawisko stwierdzali m.in. Ivshin i Shiyatov [1995] oraz Nöjd i in. [1996]. Należy jednak dodać, że w początkach lat sześćdziesiątych wyraźny wzrost dotkniętych spadkami przyrostów rocznych drzew obserwowany był także w sąsiednich rejonach [Szychowska-Krąpiec 1997; Krąpiec, Szychowska-Krąpiec 2001; Danek 2007], co świadczyć może o jego charakterze regionalnym. Wyraźnie jednak widać, że największe straty wystąpiły w tamtym okresie na stanowiskach znajdujących się najbliższej huty.

Na stanowiskach położonych w dalszej odległości od huty w kierunku SE, NE oraz w transekcje OL IV rozkład redukcji w czasie jest nieco odmienny niż na tych położonych bliżej. Na stanowiskach OL 11 i OL 12 liczba redukcji jest nadal wysoka, ale nieco odmienny rozkład w czasie wskazywałby na malejący wpływ huty przy rosnącym udziale jakiegoś innego czynnika, ograniczającego wzrost drzew. Taką rolę może spełniać położona w odległości kilkunastu kilometrów na SE od wymienionych stanowisk aglomeracja Krakowa wraz z hutą Sendzimira. Na znaczne oddziaływanie Krakowa w kierunku na zachód od niego, mimo dominacji wiatrów zachodnich, wskazują badania dendrochronologiczne przeprowadzone na tym obszarze [Danek 2007]. Jednak z uwagi na dominujące kierunki wiatrów nie można też pominąć ewentualnego wpływu zanieczyszczeń z innych źródeł zlokalizowanych na SW od wyżej opisanych stanowisk. Warto dodać, że podobny rozkład okresów wzrostu redukcji notowano u sosen rosnących w niedaleko położonym Ojcowskim Parku Narodowym [Krąpiec, Szychowska-Krąpiec 2001].

Odmienny jest też rozkład redukcji na stanowisku OL 15, w sąsiedztwie którego pobrano kolejnych 20 prób. Wykres zbiorczy wszystkich prób pokazał, że w porównaniu ze stanowiskami OL 13 i OL 14, gdzie widoczne są dwa maksima liczby obserwowanych redukcji, tutaj szczególnie wyraźne jest to drugie, następujące w połowie lat siedemdziesiątych. Możliwe, że drzewostany zareagowały tutaj później lub jest to wynik działania jakiegoś innego czynnika. Jedną z możliwości, jednak mało prawdopodobną, może być też wpływ odwodnienia [por. Danek 2007]. Czasowy rozkład redukcji w stanowisku OL 18 (transekt OL IV) jest zbliżony do rozkładu obserwowanego na stanowisku OL 15. Znaczny wzrost redukcji następuje tu szczególnie w roku 1976. Lata siedemdziesiąte to również wzrost redukcji na stanowisku OL 19, tutaj jednak znacznie mniej drzew zostaje nią dotkniętych. Na obecnym etapie badań powiązanie pojawienia się redukcji z konkretnym czynnikiem sprawczym nie jest możliwe i wymaga dalszych badań w rejonie Ogrodzieńca. Badania takie są również wskazane w rejonie Zawiercia, ponieważ na ostatnim stanowisku (OL 21) rozkład redukcji jest zupełnie inny niż w przypadku wyżej opisanych stanowisk. Już w połowie lat pięćdziesiątych następuje tu gwałtowny wzrost liczby redukcji, które w latach 1960-1980 objęły od 44 do 67% drzew. Czasowy rozkład redukcji na stanowisku OL 21 jest podobny do reakcji drzew na stanowiskach położonych w pobliżu huty „Bolesław”. Jednak z uwagi na znaczną odległość od niej, prawdopodobny jest tutaj wpływ jakiegoś innego czynnika ograniczającego wzrost drzew – być może innego źródła emisji. W wyjaśnieniu tego problemu pomogą dalsze prace w tym rejonie.

Częstym zjawiskiem obserwowanym u sosen z obszaru badań jest zbieganie się początków okresów redukcji z negatywnymi latami wskaźnikowymi. Wzrost redukcji notowano na wielu stanowiskach, np. w roku 1956, 1960, 1962, 1976 czy 1996. W latach tych, podobnie jak w większości negatywnych lat wskaźnikowych obserwowanych u sosny, po bardzo mroźnej zimie następował ubogi w opady okres wegetacyjny [Wilczyński 1999]. Zjawisko takie jest często spotykane w drzewostanach rosnących w obszarach o wysokim zanieczyszczeniu powietrza [m.in. Vinš, Mrkva 1972; Juknys i in 2003]. Wydaje się, że sosny rosnące w takich warunkach cierpią szczególnie w okresach, w których panują niesprzyjające dla ich wzrostu warunki pogodowe. Możliwe, że wystąpienie szczególnie niekorzystnego pod względem warunków klimatycznych roku jest momentem załamania odporności osłabionego już wcześniej działaniem emisji drzewa, co skutkuje nagłym, znacznym spadkiem szerokości przyrostu, po którym drzewo nie może się już szybko zregenerować w następnych latach.

Działalność górnicza w rejonie Olkusza spowodowała obniżenie poziomu wód podziemnych, co w efekcie doprowadziło do spadku, a w końcowym etapie zaniku zwierciadła wód gruntowych. Wpływ odwodnienia terenu na szerokość przyrostów rocznych sosen okazał się trudny do dokładnego określenia. Wynika to ze skomplikowanej budowy geologicznej obszaru oraz faktu, że czas zaistnienia tego zjawiska pokrywał się z postępującym w tym samym okresie zanieczyszczeniem powietrza w rejonie [Danek 2007]. Do stanowisk, na których wpływ ten mógł się zaznaczyć należy stanowisko OL 7, gdzie po roku 1940 (kiedy odwodniono kopalnię „Bolesław”) następuje wyraźny, nieobserwowany na stanowiskach sąsiednich, spadek szerokości przyrostów rocznych u prawie wszystkich drzew. Na stanowiskach OL 13 i OL 14 o wpływie odwodnienia świadczyć może drugie maksimum redukcji przypadające na połowę lat siedemdziesiątych (rozwój kopalni „Pomorzan”).

Wnioski

Wykonane w ostatnich latach badania pozwoliły uzyskać czasowo-przestrzenny obraz rozkładu redukcji przyrostów rocznych sosen rosnących pod silnym wpływem zanieczyszczenia powietrza

w rejonie Olkusza. Wykazały one wyraźny związek pomiędzy liczbą, wielkością oraz czasem trwania redukcji przyrostów rocznych drzew a ich odległością od głównego źródła emisji. Zaobserwowano związek czasu rozpoczęcia okresów redukcji z wystąpieniem negatywnych lat wskaźnikowych. Na niektórych stanowiskach prawdopodobny jest także wpływ odwodnienia terenu. Wyjaśnienie rozkładu redukcji na stanowiskach wysuniętych najbardziej na północ wymaga rozszerzenia obszaru badań.

Literatura

- Cook E., Innes J. 1989. Tree-ring analysis as aid evaluating the effects of air pollution on the tree growth. *Biologic Markers of Air Pollution Stress and Damage in Forest*. The National Academy of Science. 157-168.
- Danek M. 2007. The influence of industry on Scots pine stands in the south-eastern part of the Silesia-Krakow Upland (Poland) on the basis of dendrochronological analysis. *Water, Air and Soil Pollution* 185: 265-277.
- Ivshin A. P., Shiyatov S. G. 1995. The assessment of subundra forest degradation by dendrochronological methods in the Norilsk industrial area. *Dendrochronologia* 13: 113-126.
- Juknys R., Vencloviene J., Stravinskiene V., Augustaitis A., Bartkevicius E. 2003. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growth and condition in a polluted environment: from decline to recovery. *Environmental Pollution* 125 (2): 205-212.
- Kędziora M. 1971. Szkody w szacie leśnej powstałe wskutek zanieczyszczeń atmosferycznych w okresie 12 lat w rejonie olkusko-chrzanowskim. *Miasto* 9: 17-19.
- Krapiec M., Szychowska-Krapiec 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: 33-42.
- Nöjd P., Mikkola K., Saranpää P. 1996. History of forest damage in Monchegorsk, Kola; a retrospective analysis based on tree rings. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 1805-1812
- Schweingruber F. H. 1986. Abrupt growth changes in conifers. *IAWA Bulletin* 7 (4): 277-283.
- 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. *Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Ber.*: 189-192.
- Szychowska-Krapiec E. 1997. Ocena wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na drzewostany sosnowe Puszczy Niepołomickiej i Borów Nowotarskich w świetle analizy dendrochronologicznej. *Kwartalnik AGH, Geologia* 23 (4): 389-406.
- Vinš B., Mrkva R. 1973. The diameter increment losses of pine stands as a result of injurious immision. *Acta Universitatis Agriculturae (Brno), ser. C (Facultas silviculturae)* 42 (1): 25-46.
- Wilezyński S. 1999. Dendroklimatologia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z wybranych stanowisk w Polsce. Praca doktorska, AR Kraków, Maszynopis.

SUMMARY

The influence of industry on the tree-ring width of pines (*Pinus sylvestris* L.) living in the Olkusz region

Tree-ring analysis of pine stands living under the influence of industry in south-eastern part of Silesia-Krakow Upland was performed for the last years. Now the new transect was added in the Olkusz region, to the north from site OL 15 (fig. 1). From 10 to 18 samples were taken on each of four new sites situated in the vicinity of Pilica (Olkusz Forest District). In this studies the abrupt growth changes method was used.

Tree-ring analysis of pine stands in Olkusz region permitted to obtain the spatio-temporal distribution of reductions in annual radial increments of Scots pine growing under the influence of industry. A distinct relationship between number of trees with observed reductions and distance from main source of pollution in this region is clearly visible. The trees growing on sites localised the nearest suffered the most. Here, the value and the duration of reduction periods were the biggest. On some sites, especially localised further from the zinc-work, the distribution of reductions was somewhat different than on the nearest ones. On sites OL 11 and OL 12

it was caused probably by the rising influence of Krakow agglomeration and sources of pollution localised SW to these two sites. On the sites of new transect (OL VI) localised north to the OL 15 site, the influence of the zinc-work is rather uncertain. Because of the time of the occurrence and the distance from the zinc-work, the reductions observed here seem to be the reaction to the other factor – perhaps the other local source of pollution. To explain this matter the further studies in this region should be done.

In the study area the coincidence between the beginnings of the reduction periods and the negative pointer years was frequent. The occurrence of the year with unfavourable climatic conditions seems to be the moment when a tree, already weakened by air pollution, loses its resistance, which results in a sudden drop in width of annual increment lasting for successive years. Lowering of the ground water level caused by mining activity was the additional factor that influenced tree-ring width of analysed pines. Because of complicated geology of the region and the fact that development of mines and increase of air pollution occurred mostly in the same time, the possible influence of this factor was found only on some of the sites.