

**CYKLICZNE ZMIANY KLIMATU  
MIAST W EUROPIE**

JERZY BORYCZKA  
MARIA STOPA-BORYCZKA  
ELŻBIETA BŁAŻEK  
JAN SKRZYPCZUK

**XIII. THE CYCLIC CHANGES OF CLIMATE OF  
EUROPEAN CITIES**

# atlas

OF INTERDEPENDENCE  
OF METEOROLOGICAL  
AND GEOGRAPHICAL  
PARAMETERS  
IN POLAND

Warszawa 1999

JERZY BORYCZKA  
MARIA STOPA-BORYCZKA  
ELŻBIETA BŁAŻEK  
JAN SKRZYPCZUK

**XIII. CYKLICZNE ZMIANY KLIMATU MIAST W EUROPIE**

# atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI  
PARAMETRÓW  
METEOROLOGICZNYCH  
I GEOGRAFICZNYCH  
W POLSCE

Warszawa 1999

Pod redakcją naukową  
Marii Stopy-Boryczki

Redaktor  
Władysław Żakowski

Redaktor techniczny  
Joanna Świętochowska

Książka dofinansowana przez Komitet Badań Naukowych

© Copyright by Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 1999

ISBN 83-235-0025-8

Skład i łamanie  
Bartosz Fabiszewski

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr 476/99

# SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE .....	7
II. CYKLICZNE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA W OSTATNICH STULECIACH (1700-1993).....	14
1. Daty minimów i maksimów plam słonecznych w cyklu 11-letnim .....	14
2. Okresy liczb Wolfa wyznaczone metodą “sinusoid regresji” .....	17
3. Okresy wiekowe i dwuwiekowe aktywności Słońca .....	18
III. CYKLICZNE WAHANIA OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1825-1997 .....	21
1. Okresowe zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej .....	21
2. Tendencje Oscylacji Północnoatlantyckiej .....	24
IV. CYKLICZNE WAHANIA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W EUROPIE (1891-1984) .....	55
1. Cykle cyrkulacji wschodniej .....	56
2. Cykle cyrkulacji zachodniej .....	58
3. Cykle cyrkulacji południkowej .....	59
4. Cykle cyrkulacji cyklonalnej .....	61
5. Cykle cyrkulacji strefowej .....	63
V. OKRESOWE ZMIANY CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO W WARSZAWIE W TRZYDZIESTOLECIU 1966-1995 .....	67
1. Cykl roczny ciśnienia atmosferycznego .....	67
2. Tendencje ciśnienia atmosferycznego .....	68
3. Cykliczne zmiany ciśnienia atmosferycznego .....	69
VI. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W OSTATNICH STULECIACH (1659-1990) .....	133
1. Cykle około 4-5-letnie temperatury powietrza .....	134
2. Cykle około 7-8-letnie temperatury powietrza .....	135
3. Cykle około 10-12-letnie temperatury powietrza .....	135
4. Cykle około 100-200-letnie temperatury powietrza .....	138

VII. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W 30-LECIU (1966-1995) I 210-LECIU (1779-1990) .....	141
1. Cykl roczny temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1979 .....	142
2. Tendencja temperatury powietrza w 30-leciu 1966-1995 i 210-leciu 1779-1990 .....	145
3. Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990 .....	146
VIII. OKRESOWE ZMIANY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE (1850-1990) .....	248
1. Wielookresowa zmienność opadów atmosferycznych .....	250
2. Krótkookresowa zmienność opadów atmosferycznych (3,4-5,3 lat).....	252
3. Okres 11-letni sezonowych sum opadów .....	253
4. Okresowość 28,5-43,5-letnia opadów (cykl Brücknera) ...	254
IX. SYNCHRONICZNOŚĆ KRÓTKICH CYKLI KLIMATU MIAST W EUROPIE .....	256
1. Okresowość około 4-letnia temperatury powietrza, opadów i cyrkulacji atmosferycznej .....	256
2. Okresowość około 8-letnia temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca .....	257
3. Cykl około 11-letni temperatury powietrza, opadów i aktywności Słońca .....	259
4. Nakładanie się cykli aktywności Słońca, cyrkulacji atmosferycznej, temperatury powietrza i opadów .....	261
X. ZAKOŃCZENIE .....	265
LITERATURA .....	272
SUMMARY .....	276

## I. WPROWADZENIE

Zakład Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego przedstawia XIII tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, pt. *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie* – z okazji 25-lecia serii wydawniczej (pierwszy wolumin ukazał się w 1974 r.).

Trzynasty tom jest poświęcony wynikom badań cyklicznych zmian klimatu Europy ze szczególnym uwzględnieniem Polski. Temat ten objęty jest od kilkunastu lat planem naukowym badań Zakładu. Modyfikacji uległy tylko jego sformułowania, wynikające z nowych prądów w klimatologii. Świadectwem działalności naukowej w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Polski na tle Europy jest wykaz książek opublikowanych w latach 1962-1999:

- *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim* (Kaczorowska, 1962)
- *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu* (Boryczka, 1984)
- *Naturalne i antropogeniczne zmiany Klimatu Ziemi w XVII – XXI wieku* (Boryczka, 1993)
- *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce: Tom VII – Zmiany wiekowe klimatu Polski* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1992)
- *Tom X – Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1997)
- *Tom XI – Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1998)
- *Tom XII – Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Wągrowaska, Błażek, Skrzypczuk, 1999)

Tytuły prac wskazują, że dotyczą one przeważnie naturalnych zmian klimatu i ich przyczyn. Przedstawiono w nich ważniejsze wyniki badań najdłuższych serii pomiarów, głównie temperatury powietrza i opadów atmosferycznych.

Najwięcej przykładów dotyczy obszaru Polski i Europy. Dane pochodzą przede wszystkim z sieci pomiarowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, a także z innych krajów europejskich – z lat 1659-1995 (temperatura powietrza) i 1861-1990 (opady atmosferyczne).

Niektóre problemy z zakresu zmian klimatu są rozwiązywane w ramach rozpraw habilitacyjnych i doktorskich oraz prac magisterskich. Pionierski charakter ma rozprawa habilitacyjna Zofii Kaczorowskiej pt. *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim* (1962), dotycząca zależności opadów od liczby plam słonecznych oraz tendencji opadów w Polsce.

Znaczącym postępowaniem w badaniach cykliczności zmian klimatu jest rozprawa habilitacyjna Jerzego Boryczki pt. *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu* (1984). Autor wprowadza do literatury modele symulujące cykliczność klimatu z wyeliminowaniem składników antropogenicznych. Ukoronowaniem dotychczasowych badań w zakresie cykliczności, tendencji i prognoz współczesnych zmian klimatu są kolejne prace tego autora: *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVIII-XXI wieku* (1993) i *Zmiany klimatu Ziemi* (1998). Istotne znaczenie poznawcze

ma określenie astronomicznych przyczyn współczesnych wahań klimatu przez porównanie widm oscylacji (okresów) klimatu z widmami aktywności Słońca i stałej słonecznej oraz aktywności wulkanicznej. Nowością jest wykazanie podobieństwa między widmami zmiennych klimatycznych, geologicznych i astronomicznych. Analogiczna okresowość parametrów Układu Słonecznego świadczy o deterministycznych waha- niach klimatu w ostatnich stuleciach.

Odrębność Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w odniesieniu do innych placówek naukowych w kraju i zagranicą występuje również w badaniach synchroniczności wahań klimatu w Europie i Polsce. Informują o tym przestrzenne rozkła- dy (izarytmy) parametrów cykli: okresów, amplitud i faz. Na przykład 8-letni cykl tem- peratury powietrza jest synchroniczny na obszarze Polski i Europy (Żmudzka, 1998). Podobnie jest w przypadku 11-letniego cyklu sezonowych sum opadów atmosferycz- nych w Polsce, które są synchroniczne (Michalska, 1998).

Istotnym ogniwem w badaniach naukowych i kształceniu klimatologów w zakresie długookresowych zmian klimatu są również prace magisterskie. Stanowią one oryginal- ne opracowania cząstkowe na podstawie krótkich, jak też najdłuższych serii pomiarów. Przykładem takiej współpracy pracowników Zakładu ze studentami są liczne prace ma- gisterskie dotyczące temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie (Dąbrowska, 1984, Dębska, 1986, Tomasiak, 1990, Grzęda, 1990, Klechta, 1990, Michalska, 1992, Olszewska, 1999).

Dwie prace magisterskie wykonano na podstawie najdłuższych serii pomiarów tem- peratury powietrza poza granicami Polski (Skrzypczuk, 1993 – Anglia Środkowa, Kierzkowska, 1994 – Alpy). Część tych wyników obliczeń została włączona do tabel i wykresów opublikowanych w XI i XII tomie *Atlasu współzależności parametrów me- teorologicznych i geograficznych w Polsce* (Boryczka, Stopa-Boryczka, Błażek, Skrzypczuk, 1998 i 1999).

Treść trzynastego tomu Atlasu nawiązuje głównie do trzech ostatnich części, doty- czących cykliczności i tendencji aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Eu- ropie (cz. X, 1997) i temperatury powietrza w Europie w sezonach, półroczach i roku (cz. XI, 1998) oraz poszczególnych miesiącach (cz. XII, 1999). W ostatnich dwóch to- mach znacznie rozszerzono zakres badań zmian klimatu na podstawie długich ciągów chronologicznych temperatury powietrza w ośmiu miastach europejskich (Warszawa 1779-1990, Kraków 1826-1990, Wrocław 1850-1980, Praga 1771-1980, Zurych 1864-1980, Genewa 1768-1980, Poczdam 1893-1992, Anglia Środkowa 1659-1973 – seria Manley'a).

Tendencje wiekowe temperatury powietrza (w °C/100 lat), określone wg trendów li- niowych, są dodatnie prawie we wszystkich miesiącach. Świadczy to o postępującym ociepleniu klimatu miast w Europie (i Polsce). Szczególnie zimy w Europie są coraz cieplejsze: w Warszawie – o 1,15°C/100 lat, Krakowie – o 1,72°C/100 lat, Pradze – o 0,44°C/100 lat, Genewie – o 0,74°C/100 lat.

Tendencje wiekowe temperatury powietrza w porze letniej są w niektórych miastach dodatnie lub ujemne. Lipce są cieplejsze np. w Warszawie o 0,19°C/100 lat, Krakowie o 0,34°C/100 lat i Poczdamie o 0,64°C/100 lat. Natomiast są one coraz chłodniejsze: we Wrocławiu o 0,73°C/100 lat, Pradze o 0,16°C/100 lat, Zurychu o 1,08°C/100 lat, Gene- wie o 0,08°C/100 lat. Tendencja temperatury powietrza w Anglii Środkowej w lecie



$A = 0,01^{\circ}\text{C}/100$  lat jest prawie zerowa (nieistotna statystycznie na poziomie istotności 0,05).

Globalne ocieplenie klimatu w ostatnich dwóch stuleciach jest prawdopodobnie wywołane głównie wzrostem aktywności Słońca (stałej słonecznej i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi – mniejszą absorpcją promieniowania słonecznego przez pył wulkaniczny zawarty w atmosferze (stratosferze). Aktywność Słońca jest skorelowana z wypadkową sił grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce. Wzrost aktywności Słońca w latach 1779-1993 o  $15,3/100$  lat może być spowodowany coraz większą koncentracją masy (planet) w płaszczyźnie ekliptyki (maleje dyspersja masy – ujemne współczynniki regresji).

Tendencje malejące lub zerowe temperatury powietrza w miesiącach letnich nie wspierają hipotezy o antropogenicznych przyczynach globalnego ocieplenia klimatu. Nie można postępującego ocieplenia klimatu przypisać tylko efektowi cieplarnianemu, wynikającemu ze wzrostu zawartości  $\text{CO}_2$  w atmosferze, który pochodzi ze spalania węgla i innych paliw. Hipotezie tej przeczą: cykl roczny i przestrzenne zróżnicowanie tendencji wiekowej ( $A$ ) temperatury powietrza na obszarze Europy.

Dość duże wartości współczynnika regresji w miesiącach zimowych mogą wynikać z uwarunkowań lokalnych, tj. „miejskich wysp ciepła”. Są one prawdopodobnie spowodowane coraz większą akumulacją ciepła przez zabudowę (powierzchnie sztuczne o małym albedo), głównie w zimie. Należy też zauważyć, że trendy liniowe aproksymują części rosnące planetarnego 178,9-letniego cyklu temperatury powietrza (od daty minimum absolutnego aktywności słońca, najslabszego cyklu 13-letniego plam słonecznych 1811-1823, do daty maksimum absolutnego 1957).

Na obszarze Europy (i Polski) występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących okresach wahań: 3-4, 7-8, 10-14-letnie i dłuższe. Ich obecność prawie we wszystkich ciągach chronologicznych (zbliżone okresy i zgodności ekstremów cykli, głównie 8-letniego i 11-letniego), implikuje tezę, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie i Polsce.

Zbliżoną okresowością cechuje się cyrkulacja atmosferyczna. Cykl około 8-letni temperatury powietrza (i cyrkulacji atmosferycznej) dominuje dlatego, że prawdopodobnie nakładają się efekty planetarnych sił pływowych na Słońcu (zmiennosc aktywności Słońca – stałej słonecznej) ze znacznie większymi siłami pływowymi Księżyca i Słońca na Ziemi. Pływy atmosfery ziemskiej są dotychczas mało znane ze względu na złożony ruch Księżyca (jego zmienną orbitę). Składowa pionowa sił pływowych księżycowo-słonecznych jest mała w porównaniu z przyśpieszeniem ziemskim i powoduje niewielkie zmiany grubości atmosfery (rozciąganie). Natomiast składowa pozioma, działająca przez dłuższy czas, odgrywa prawdopodobnie znaczną rolę w cyrkulacji wód oceanicznych (prądów morskich, w tym El Niño) i przemieszczaniu się wyżów i niżów.

Od dawna znana jest cykliczność 11-letnia temperatury powietrza, wiązana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Zakres wahań temperatury powietrza w tym około 11-letnim cyklu jest na ogół ponad dwukrotnie większy w zimie ( $0,4-1,0^{\circ}\text{C}$ ) niż w lecie ( $0,1-0,4^{\circ}\text{C}$ ). Wahania temperatury są wywołane bezpośrednio cyklem 11,1-letnim stałej słonecznej, której zakres zmian wynosi 1% średniej wartości  $1,94 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$  (w latach 1700–1993). W pojedynczych cyklach plam stała słoneczna zmienia się maksymalnie o 2,5% (Kondratiew, Nikolski, 1970).

Cykliczność 9-14-letnia aktywności Słońca jest prawdopodobnie związana z okresem 11,86-letnim obiegu największej planety (Jowisza) dookoła Słońca. Okres ten dominuje w ciągach czasowych: wypadkowej siły grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce (11,8 lat,  $R = 0,40$ ), dyspersji masy planet (11,9 lat,  $R = 0,58$ ).

Należy też podkreślić, że okresowość 11-letnia występuje w ciągach czasowych eksplozywnych erupcji wulkanicznych: wskaźnika zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze  $\log DVI - 11,4$  lat ( $R = 0,31$ ), aktywności wulkanicznej  $\log \frac{DVI}{\Delta t} - 11,7$  lat

( $R = 0,29$ ) i odstępu czasu  $\Delta t$  między kolejnymi erupcjami  $\Delta t = 12,1$  ( $R = 0,21$ ).

Analogiczna okresowość zmiennych: geologicznych, astronomicznych i klimatologicznych świadczy o grawitacyjnych uwarunkowaniach okresowości klimatu.

W identyfikacji naturalnych przyczyn globalnych zmian klimatu ogromne znaczenie ma planetarny okres 178,9-letni zmian parametrów Układu Słonecznego. Po upływie 178,9 lat powtarzają się wartości: odległości środka masy Układu Słonecznego od Słońca, przyspieszenia Słońca, wypadkowej sił grawitacyjnych, dyspersji masy Układu Słonecznego i innych.

Kluczowe znaczenie ma powtarzanie się liczb Wolfa z lat 1700-1878,9 po upływie 178,9 lat. Pokrywają się dwa maksima absolutne: jedno (rok 1878,  $W_{\max} = 154,4$ ) z przedziału czasu 1700-1878,9, a drugie (rok 1957,  $W_{\max} = 189,9$ ) – po upływie 178,9 lat.

Cykliczność około dwuwiekowa występuje również w najdłuższych seriach pomiarów temperatury powietrza. Na przykład najdłuższy cykl 218,3 lat średniej temperatury w ziemie wyjaśnia 84% postępującego ocieplenia klimatu w tym sezonie o  $1^{\circ}\text{C}/100$  lat.

Dotychczasowe badania wykazują, że naturalne ochłodzenia i ocieplania klimatu występowały od dawna – od kilkunastu tysięcy lat (w całym holocenie, sprzed 10 tys. lat). Świadczą o tym wahania paleotemperatury, tj. stosunku izotopów tlenu  $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$  w osadach morskich i jeziornych oraz w rdzeniach lodowców. Wskazują na to też wahania zawartości substancji organicznych zdeponowanych w osadach polskich jezior (Boryczka, Wicik, 1994).

Cykliczność temperatury powietrza dłuższą od jednego roku badano zwykle w pojedynczych miejscowościach Europy (i Polski), w seriach pomiarowych o różnej długości, odmiennymi metodami, ograniczając się na ogół do samych okresów.

Nie znana była dotychczas dyspersja okresów, amplitud i dat ekstremów cykli o długościach od 1 do 200 lat i czy cykle są synchroniczne na obszarze Europy. Wyłonił się więc problem zbadania, czy pole temperatury powietrza na dużym obszarze jest jednorodnie pod względem cykliczności. Zagadnienie to jest dotychczas wszechstronnie opracowane jedynie w przypadku cyklu rocznego.

Nowe metody badań wprowadzone przez Zakład Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie cykliczności klimatu (metoda „sinusoid regresji” wyznaczenia widma – parametrów cykli: okresów, amplitud, faz) umożliwiły wyodrębnienie składnika naturalnego, gdyż ulega on periodycznym zmianom. Wypadkową tych zmian opisać można kilkoma lub kilkunastoma sinusoidami regresji o wykrytych prawdziwych okresach. Natomiast miarą antropogenicznych zmian jest składnik liniowy trendu czasowego (Boryczka, 1993, 1998).

Wykryte okresy temperatury powietrza mają ogromne znaczenie nie tylko poznawcze, lecz także praktyczne. Umożliwiają one prognozowanie składnika naturalnego

zmian klimatu Europy i wyodrębnienie składnika antropogenicznego. Ekstrapolując wartości funkcji trendów czasowych temperatury i opadów (poza przedział pomiarów) opracowano unikatowe (w krajowej i zagranicznej literaturze) prognozy tendencji zmian klimatu w XXI wieku w Warszawie i innych miejscowościach Europy. Dotychczasowe prognozy (scenariusze  $2 \times \text{CO}_2$ ) dotyczą jedynie składnika antropogenicznego. Pomija się w nich naturalne zmiany klimatu, wywołane wahaniami stałej słonecznej i zmianami aktywności wulkanicznej – obserwowane w czasie przedindustrialnym i obecnie.

Wiarygodne są sondáže przyszłości (po 2100 rok) otrzymane z nakładania się cykli temperatury powietrza, synchronicznych z cyklami stałej słonecznej, uwarunkowanej zmiennością parametrów Układu Słonecznego. Prognozy wskazują na naturalne ochładzanie klimatu Ziemi w XXI wieku. Można sądzić, że naturalne cykle klimatu obserwowane obecnie i wcześniej (w holocenie) będą się powtarzać nadal i kształtować klimat Ziemi w przyszłych stuleciach.

W trzynastym tomie Atlasu pt. *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie* znacznie rozszerzono zakres badań zmian klimatu na podstawie długiego ciągu chronologicznego oscylacji cyrkulacji atlantyckiej (NAO, 1825-1997) jako wskaźnika globalnych zmian klimatu. Po raz pierwszy wyznaczono krótkie cykle ciśnienia atmosferycznego i ekstremalnych wartości temperatury powietrza (maksymalnej i minimalnej) w Warszawie w ostatnim 30-leciu (1966-1995).

Zwolennikiem badań naturalnych zmian klimatu i ich przyczyn był prof. Wincenty Okołowicz, długoletni Kierownik Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (1953-1975). W przedmowie do pierwszego tomu *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* (Stopa-Boryczka, Boryczka, 1974) tak pisał: „Na zakończenie warto podkreślić, że sukces Autorów jest jednocześnie sukcesem Zakładu, w którym pracują. Zakład, poszczególni członkowie zatrudnionego w nim zespołu i jego kierownictwo od lat dążyli, przy skromnych niestety możliwościach, do ciągłego unowocześniania metod i kierunków badań. Pomoc maszyn matematycznych w pracy naukowej wykorzystwała swego czasu doc. Z. Kaczorowska do zbadania okreso-wości sum opadów w rozprawie o opadach w Polsce w przekroju wieloletnim”.

Z geografów fizycznych prof. Jerzy Kondracki zasługuje na naszą największą wdzięczność za uznanie kierunku badań naturalnych zmian klimatu i ich przyczyn. Jako Dyrektor Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego promował swoimi przedmowami kolejne tomy *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*: II – 1976, IV – 1986, V – 1989, VI – 1990, VII – 1992, VIII – 1994, IX – 1995, X – 1997, XI – 1998). Inspirowały one autorów do dalszych dociekań w zakresie zarówno wpływu czynników geograficznych na pole zmiennych meteorologicznych, jak też wpływu czynników naturalnych (astronomicznych, geologicznych) na zmiany klimatu Ziemi.

Przedmowa prof. Jerzego Kondrackiego do tomu XI Atlasu jest zarazem promocją tomu XII, gdyż stanowią one integralną całość (dotyczą one: sezonów – tom XI, miesiący – tom XII). Obydwie części dotyczą tendencji i cykliczności zmian temperatury powietrza miast w Europie.

Profesor Jerzy Kondracki ustosunkował się do badań współczesnych zmian klimatu, prowadzonych w Zakładzie, w przedmowie do XI tomu Atlasu następująco: „Inicjatywa Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego opracowania kolejnego XI tomu

„Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce” z wyodrębnionym tytułem „Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie” zasługuje na uznanie. Zmiany klimatu należą do najważniejszych problemów badawczych integrujących nauki przyrodnicze, ze względu na przyszłość życia na Ziemi. Koncepcja samego tematu badań wynika z dotychczasowych prac autorów Atlasu. Nowością jest określenie wielookresowych zmian i tendencji wiekowej temperatury powietrza w Europie. Jest nią też wykazanie synchroniczności wahań temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca. Treść opracowania nawiązuje do VII tomu Atlasu, opublikowanego w 1992 r., a dotyczącego wiekowych zmian klimatu Warszawy. Znaczącym postępem w badaniach jest identyfikacja przyczyn naturalnych zmian klimatu przedstawiona w obszernej monografii J. Boryczki (1993) „Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII i XXI wieku”. W XI tomie Atlasu autorzy znacznie rozszerzyli zakres badań zmian klimatu na podstawie długich ciągów chronologicznych: temperatury powietrza z 8 miast europejskich (Warszawa, Kraków, Wrocław, Praga, Zurych, Genewa, Poczdam, Anglia Środkowa). Autorzy wnioskuje o naturalnych przyczynach ocieplania klimatu w ostatnich dwóch stuleciach. Te coraz cieplejsze zimy w Europie (np. w Warszawie o  $1^{\circ}\text{C}/100$  lat, Genewie o  $0,5^{\circ}\text{C}/100$  lat przypisują oni wzrostowi aktywności Słońca w latach 1779-1993 – o  $15,3/100$  lat i spadkowi aktywności wulkanicznej w latach 1680-1980 – rzadszym wybuchom wulkanów i mniejszej emisji pyłów wulkanicznych do atmosfery. W pracy oszacowano także zmienność temperatury powietrza w ostatnich dwóch stuleciach, wynikającą z czynników antropogenicznych. Antropogeniczny wzrost temperatury w Warszawie wynosi  $0,10-0,15^{\circ}\text{C}/100$  lat. Jest on wynikiem głównie rozbudowy miasta i kształtowania miejskiej wyspy ciepła (większej akumulacji ciepła przez powierzchnie zabudowań o mniejszym albedo). W pracy dominują wyniki badań dotyczące cykliczności i tendencji temperatury powietrza, z wyodrębnieniem poszczególnych sezonów, półroczy i roku. Duże znaczenie poznawcze ma wykrycie cykli długich – kilkudziesięcioletnich i wiekowych, a nawet dwuwiekowych, wyznaczonych z dużą dokładnością. Prezentowany tom zawiera oryginalne wyniki badań dotyczące zmian klimatu. Rezultaty badań cykliczności i jego tendencji wiekowych mogą być wykorzystane w naukach pokrewnych – w hydrologii, biologii, czy też geologii. Mogą one również być wykorzystane w niektórych działach gospodarki, np. w rolnictwie. Ważny jest też aspekt dydaktyczny – kształcenia absolwentów w zakresie nauk przyrodniczych i ochrony środowiska. Duże znaczenie mają prognozy naturalnych wahań klimatu pod wpływem czynników naturalnych (aktywności Słońca i wulkanów), obserwowanych od wielu tysięcy lat. Wiarygodne wydają się sondaże przyszłości (po rok 2100) otrzymane na podstawie długich ciągów pomiarów, które wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu w XXI wieku. Można sądzić, że naturalne cykle klimatu obserwowane w holocenie (stwierdzone również w XVIII-XX wieku) będą powtarzać się nadal i kształtować klimat Ziemi”.

Przedmowa prof. Jerzego Kondrackiego do tomu XI Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce jest jednocześnie promocją tomu XIII, gdyż stanowią one całość w zakresie cyklicznych zmian klimatu miast w Europie. Trzynasta część Atlasu jest syntezą dotychczasowych badań autorów cykliczności zmian: aktywności Słońca i stałej słonecznej, wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO), cyrkulacji atmosferycznej w Europie, temperatury powietrza w Europie, opa-

dów atmosferycznych w Polsce, ciśnienia atmosferycznego i wartości ekstermalnych temperatury powietrza w Warszawie.

Opublikowanie kolejnych części tej trzynastotomowej serii Atlasu było możliwe dzięki pomocy wielu życzliwych osób. Z okazji 25-lecia tego wydawnictwa (1974-1999) pragniemy serdecznie podziękować tym wszystkim współpracownikom, którzy przyczynili się do zachowania ciągłości serii.

Na pierwszym miejscu należy wymienić prof. Jerzego Kondrackiego – autora przedmów do 9 tomów Atlasu – za sugestie uwzględnienia lokalnych czynników geograficznych w modelowaniu klimatu Polski oraz określenia udziału czynników astronomicznych w badaniach wiekowych zmian klimatu Ziemi.

Obliczenia wraz z modyfikacją programów zostały wykonane głównie w Centrum Informatycznym Uniwersytetu Warszawskiego przez zespół pracowników: mgr Anna Górąj, mgr Teresa Desperat, mgr Grażyna Woźniakowska pod kierunkiem dr Wacława Pankiewicza i mgr Anny Jurkiewicz-Żurek.

Wyniki pomiarów temperatury i ciśnienia w Warszawie w latach 1966-1995 zaczerpnięto z części tabelarycznej *Atlasu Klimatu Polski*. Wdzięczni jesteśmy prof. dr hab. Halinie Lorenc za udostępnienie odpowiednich danych.

Wdzięczni jesteśmy także mgr Teresie Gaj za bezinteresowną pomoc w przygotowaniu do druku zwłaszcza czterech ostatnich tomów oraz mgr Renacie Tchórzewskiej za udział w opracowaniu ósmego tomu Atlasu.

Serdecznie dziękujemy Władzom Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, w szczególności Dziekanowi prof. Andrzejowi Richlingowi i prodziekanom prof. Marii Skoczek i dr Maksymilianowi Skotnickiemu, za akceptację kierunków badań prezentowanych w kolejnych tomach Atlasu.

Ponadto serdecznie dziękujemy Wydawnictwom Uniwersytetu Warszawskiego, w szczególności Redaktorowi Naczelnemu mgr Elżbiecie Nogowicz, redaktorom mgr Władysławowi Żakowskiemu i mgr Joannie Świętochowskiej, za cenne rady i wskazówki wykorzystane podczas redagowania kolejnych części Atlasu.

## II. CYKLICZNE ZMIANY AKTYWNOŚCI SŁOŃCA W OSTATNICH STULECIACH (1700–1993)

Jedną z głównych naturalnych przyczyn współczesnych zmian klimatu jest aktywność Słońca, tzn. wszystkie okresowe zjawiska na nim zachodzące.

Cykliczne zmiany zachodzące na Słońcu (zmienność promieniowania krótkofalowego i pola magnetycznego plam słonecznych) odgrywają największą rolę w kształtowaniu zmian klimatu Ziemi, głównie przez zmiany stałej słonecznej. Przenoszone są one także na Ziemię poprzez jonosferę, warunkującą cyrkulację atmosferyczną — ruch cyklonów i antycyklonów głównie w początkowej fazie ich rozwoju (Rakipowa, 1960).

O wpływie aktywności Słońca na cyrkulację atmosferyczną (na dystrybucję ciepła na Ziemi) świadczą analogiczne cykle cyrkulacji (wschodniej, zachodniej, południkowej, strefowej i cyklonalnej) i liczb Wolfa, a także parametrów Układu Słonecznego. Na przykład najsilniejszy cykl 30,5 lat cyrkulacji zachodniej jest prawie taki sam, jak najsilniejszy cykl (29,5 lat) dyspersji masy planet względem ekliptyki.

Cykliczną zmienność plam słonecznych stwierdzono już dawno (Swabe, 1843; Wolf, 1869–72). Najbardziej rozpowszechnionym wskaźnikiem aktywności Słońca w badaniach statystycznych są tzw. liczby Wolfa (liczby względne):

$$W = k(10g + f)$$

gdzie:

$f$  – liczba pojedynczych (wyodrębnionych) plam słonecznych,

$g$  – liczba grup plam,

$k$  – współczynnik korygujący różne serie obserwacyjne.

### 1. Daty minimów i maksimów plam słonecznych w cyklu 11–letnim

Miesięczne wartości liczb Wolfa w latach 1749–1993 i średnie roczne liczby Wolfa w latach 1700–1993 przedstawiono we wcześniejszych publikacjach (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1997).

Natomiast daty minimów ( $W_{\min}$ ) i maksimów ( $W_{\max}$ ) plam słonecznych oraz długości poszczególnych cykli około 11–letnich podano w tab. 1 (z pracy Boryczki, 1998). Najmniejszą aktywnością słoneczną cechował się cykl 13–letni (1811–1823), a największą — cykl 10–letni (1955–1964) o maksimum absolutnym (od 1700 roku) plam słonecznych  $W_{\max} = 189,9$  w roku 1957. Długość cykli wg obserwacji zmienia się od 9 do 14 lat.

Tab. 1. Cykle około 11-letnie liczb Wolfa: daty, długość, wartości ekstremalne  $W_{\min}$  i  $W_{\max}$

The close-to-11-years cycles of the Wolf numbers: dates, lengths, extremal values  $W_{\min}$  and  $W_{\max}$

Cykle	Długość	$W_{\min}$	$t_{\max}$	$W_{\max}$
-1712	-	5,0	1705	58,0
1713-1723	11	0,0	1717	63,0
1724-1733	10	11,0	1728	103,0
1734-1744	11	5,0	1738	111,0
1745-1755	11	5,0	1750	83,4
1756-1766	11	9,6	1761	85,9
1767-1775	9	11,4	1769	106,1
1776-1784	9	7,0	1778	154,4
1785-1798	14	10,2	1787	132,0
<u>1799-1810</u>	12	4,0	1804	47,5
<u>1811-1823</u>	13	0,0	1816	45,8
1824-1833	10	1,8	1830	71,0
1834-1843	10	8,5	1837	138,3
1844-1856	13	10,7	1848	124,9
1857-1867	11	4,3	1860	95,7
1868-1878	11	7,3	1870	139,1
1879-1889	11	3,4	1883	63,7
1890-1901	12	6,3	1893	84,9
1902-1913	12	2,7	1905	62,0
1914-1923	10	1,4	1917	103,9
1924-1933	10	5,8	1928	77,8
1934-1944	11	5,7	1937	114,4
1945-1954	10	9,6	1947	151,6
<u>1955-1964</u>	10	4,4	<u>1957</u>	189,9
1965-1976	12	10,2	1968	105,9
1977-1986	10	13,9	1979	155,3
1987-1997	11	11,0	1989	154,0

W latach 1700-1993 wystąpiły dwa najsłabsze wydłużone cykle: 1799-1810, 1811-1823 (12 i 13-letnie) oraz dwa najsilniejsze skrócone cykle: 1945-1954, 1955-1964 (10-letnie, tab. 2).

Tab. 2. Zmiany aktywności Słońca podczas dwóch najsłabszych i dwóch najsilniejszych cykli około 11-letnich  
 Changes of solar activity during two weakest and two strongest close-to-11-year cycles

Cykle o maksimach 47,5 i 45,8				Cykle o maksimach 151,6 i 189,9			
		1811	1,4	1945	3,32	1955	38,0
1799	6,8	1812	5,0	1946	92,6	1956	141,7
1800	14,5	1813	12,2	<u>1947</u>	<u>151,6</u>	<u>1957</u>	<u>189,9</u>
1801	34,0	1814	13,9	1948	136,2	1958	184,8
1802	45,0	1815	35,4	1949	135,1	1959	159,0
1803	43,1	<u>1816</u>	<u>45,8</u>	1950	83,9	1960	122,3
<u>1804</u>	<u>47,5</u>	1817	41,1	1951	69,4	1961	53,9
1805	42,2	1818	30,4	1952	31,4	1962	37,5
1806	28,1	1819	23,9	1953	13,9	1963	27,9
1807	10,1	1820	15,7	1954	4,4	1964	10,2
1808	8,1	1821	6,6				
1809	2,5	1822	4,0				
1810	0,0	1823	1,8				

W latach 1700–1993 zaobserwowano niecałe 27 cykli plam słonecznych, o nieco różnej długości i odmiennych maksimach. Aproksymując równaniem sinusoidy regresji (wg najmniejszych kwadratów):

$$W = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta} t + c\right)$$

przy zmiennym okresie  $\Theta$  co 0,1 roku w przedziale 2,1–250 lat, otrzymuje się pasmo 10,5–11,5 lat widma z maksimum  $\Theta_{\max} = 11,0$  lat, o amplitudzie  $b_{\max} = 30,03$  i fazie  $c = -2,2631$ . Są to więc średnie parametry sinusoidy w przedziale aproksymacji  $0 < t \leq 294$  ( $t = 0$  to rok 1699, nie średnie arytmetyczne). Szerokość pasma widma, w którym znajduje się minimum wariancji resztkowej  $\varepsilon^2$  (maksimum współczynnika korelacji  $R$ , maksimum amplitudy  $b$ ), jest miarą dyspersji okresu  $\Theta$ .

W sensie matematycznym liczba  $\Theta$  jest okresem funkcji  $y = f(t)$ , gdy  $f(t + \Theta) = f(t)$ . Okres zjawisk przyrodniczych wyznaczony wszystkimi metodami statystycznymi ma inny sens matematyczny.

$$f(t_i + \Theta) = f(t_i) + \varepsilon_i$$

gdzie  $\varepsilon_i$  – jest resztą (składnikiem losowym)



## 2. Okresy liczb Wolfa wyznaczone metodą „sinusoid regresji”

Okresy liczb Wolfa, wyznaczone metodą „sinusoid regresji” z odstępem  $\Delta\Theta = 0,1$  roku w przedziale 2,1–250 lat znajdują się w X tomie *Atlasu współzależności meteorologicznych i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym podtytułem *Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie* (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1997). Minima lokalne wariancji resztkowej zestawiono w tab. 3. Podano okresy  $\Theta$ , wartości współczynnika korelacji, amplitudy  $b$  i fazy  $c$  poszczególnych cykli.

Daty maksimum  $t_{\max}$ ,  $W_{\max}$ , i minimum  $t_{\min}$ ,  $W_{\min}$  cyklu o długości  $\Theta$  określają wzory:

$$t_{\max} = \left(\frac{\pi}{2} - c\right) \frac{\Theta}{2\pi}, \quad t_{\min} = \left(\frac{3\pi}{2} - c\right) \frac{\Theta}{2\pi}$$

i początek  $t = 0$  osi czasu (daty 1699, 1748); Data = 1699 +  $t$  lub Data = 1748 +  $t$ .

Tab. 3. Okresy, amplitudy ( $b$ ) i fazy ( $c$ ) aktywności Słońca w latach 1700–1993 i 1749–1993 ( $R$  – współczynnik korelacji)

Periods, amplitudes ( $b$ ) and phases( $c$ ) solar activity in the years 1700–1993 and 1749–1993 ( $R$  – correlation coefficient)

1700–1993				1749–1993			
Okres	$R$	$b$	$c$	Okres	$R$	$b$	$c$
8,1	0,164	9,355	2,3562	8,1	0,181	10,606	-2,9359
8,4	0,171	9,752	-1,7774	8,5	0,199	11,734	-1,0059
9,5	0,132	7,534	-1,5687	9,5	0,189	11,078	0,7609
10,0	0,423	21,141	1,8086	10,0	0,418	24,555	1,6700
10,5	0,393	22,383	-2,7747	.	.	.	.
<u>11,0</u>	<u>0,496</u>	<u>30,031</u>	-2,2691	<u>11,0</u>	<u>0,495</u>	<u>28,960</u>	1,1417
12,0	0,262	16,085	-1,2397	11,9	0,266	15,634	-1,0432
12,7	0,136	7,756	0,1122	12,8	0,103	12,849	0,2300
28,9	0,124	7,136	2,3047	29,7	0,113	6,669	1,7336
43,1	0,131	7,520	2,5014	41,3	0,146	8,582	2,2830
52,6	0,201	11,449	-2,4398	53,3	0,175	10,260	-2,5707
102,0	0,305	17,252	-2,2280	100,8	0,279	16,452	0,7351
187,3	0,224	12,695	-1,3420	.	.	.	.

Długość cyklu 11–letniego, wyznaczonego na podstawie serii obserwacji plam słonecznych 1700–1993 i 1749–1993, jest taka sama,  $\Theta = 11,0$  lat. Cykl ten nieco różni się amplitudą i oczywiście fazą:

	$\Theta$	$2b$	$c$	$R$
1700–1993	11,0	60,1	-2,2691	0,496
1749–1993	11,0	57,9	1,1417	0,495

Cykl 11-letni aktywności Słońca w latach 1700–1993 opisuje równanie sinusoidy regresji:

$$W = 49,62 + 30,031 \sin\left(\frac{2\pi}{11,0}t - 2,2691\right)$$

o zakresie wahań  $W_{\max} - W_{\min} = 60,06$ .

Wyodrębniając poszczególne miesiące (np. wszystkie stycznie z lat 1749–1993) otrzymuje się taką samą długość cyklu 11,0 lat (z wyjątkiem maja –  $\Theta = 11,1$  lat). Zakres wahań liczb Wolfa w cyklu 11-letnim nieco różni się w poszczególnych miesiącach od 54,3 (marzec) do 62,5 (lipiec), tj. prawie o 14% (względem średniej 60,06).

Najmniej różnią się liczby Wolfa w ciągu roku podczas najłagodszego cyklu 13-letniego (1811–1823), a najbardziej w roku wystąpienia maksimum absolutnego (1957):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1823	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4
1957	165,0	<u>130,2</u>	157,4	175,2	164,6	200,7	187,2	158,0	235,8	253,8	210,3	239,4

Liczby Wolfa w październiku 1957 roku (253,8) są prawie o 100% większe niż w lutym tego roku (130,2). Przyczyna rozbieżności jest nieznaną, częściowo możemy ją wytłumaczyć zmętnieniem atmosfery ziemskiej.

Cykl roczny aktywności Słońca w latach 1749–1980 o amplitudzie 1,8:

$$W = 50,54 + 0,936 \sin(2\pi t + 2,474)$$

cechuje się nieistotnym statystycznie współczynnikiem korelacji  $R = 0,015$ .

Tak więc nie ma statystycznych błędów w obserwacjach plam słonecznych, zależnych od zmian rocznych zmętnienia atmosfery. Nie ma też istotnej zależności liczby plam słonecznych od grawitacyjnego oddziaływania Ziemi na Słońce w jej ruchu obiegowym po orbicie.

Okresem o połowę mniejszej amplitudzie jest cykl 12-letni:

	$\Theta$	$2b$	$c$	$R$
1700–1993	12,0	16,08	-1,2397	0,262
1749–1993	11,9	15,63	-1,0437	0,266

bardzo zbliżony do okresu obiegu Jowisza (11,86 lat) dookoła Słońca.

### 3. Okresy wiekowe i dwuwiekowe aktywności Słońca

Dużą amplitudę ma także cykl wiekowy aktywności Słońca

$$W = 49,37 + 17,252 \sin\left(\frac{2\pi}{102,0}t - 2,2280\right)$$

Parametry tego cyklu wyznaczone na podstawie dwóch serii obserwacji mało się różnią:

	$\Theta$	$2b$	$c$	$R$
1700–1993	102,0	17,25	-2,2280	0,305
1749–1993	100,8	16,45	0,7351	0,279

Zbliżone są także daty ekstremów aktywności Słońca (minimów  $W_{\min}$  i maksimum  $W_{\max}$ ):

1700–1993		1749–1993	
$W_{\min}$	$W_{\max}$	$W_{\min}$	$W_{\max}$
1608	1653	1610	1661
1710	1761	1711	1761
1812	1863	1812	1862
1914	1964	1913	1963
2016	2066	2013	2064

Aktywność Słońca w latach 1700–1993 w cyklu 102–letnim wahała się w przedziale  $a_0 \pm b$ , czyli od 32,1 do 66,6 (od minimum do maksimum o 70%).

Na podstawie danych z lat 1700–1993 ( $n = 294$ ) wyznaczony został najdłuższy „okres”  $\Theta = 187,3$  lat, o najmniejszej amplitudzie:

$$W = 48,43 + 12,70 \sin\left(\frac{2\pi}{187,3}t - 1,342\right)$$

Oto daty minimów ( $W_{\min}$ ) i maksimów ( $W_{\max}$ ) aktywności Słońca w tym prawie dwuwiekowym cyklu:

1700–1993	
$W_{\min}$	$W_{\max}$
1505	1593
1692	1786
1880	1973
2067	2160

Minimum w tym 187–letnim cyklu aktywności Słońca przypada na połowę przyszłego wieku (rok 2067).

Tendencja średnia aktywności Słońca  $\frac{\partial W}{\partial t} = A$  określona równaniem prostej regresji

sji  $W = A_0 + A t$  jest rosnąca w latach 1700–1993 ( $A > 0$ ):

$$1700–1993 \quad W = 37,851 + 0,114257 t, \quad R = 0,24$$

$$1749–1993 \quad W = 38,054 + 0,118636 t, \quad R = 0,20$$

Roczne liczby Wolfa wzrastały w latach 1700–1993 średnio o 11,4/100 lat, a w latach 1749–1993 – o 11,9/100 lat.

Tendencje miesięcznych liczb Wolfa (w latach 1749–1993 znacznie różnią się (wyrażone na 100 lat):

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
11,7	12,1	11,9	11,7	9,8	12,0	12,0	13,5	12,0	11,7	7,6	10,9

Wahania roczne współczynnika regresji  $A$  wynoszą maksymalnie 56% od największej wartości 13,5/100 lat w sierpniu do najmniejszej 7,6/100 lat w listopadzie. Aktywność Słońca w latach 1749–1993 wzrastała średnio: w sierpniu od 36,6 do 69,8, a w listopadzie – od 42,2 do 50,9.

Interesująca jest pewna analogia cykliczności aktywności Słońca (liczb Wolfa) w latach 1701–1879 i 1879–2058 po przesunięciu o 178,9 lat. Maksimum absolutne plam słonecznych w 1957 r. (189,9) pokrywa się z maksimum w roku 1778 (154,4). Największa niezgodność występuje w przypadku dwóch ostatnich 11–letnich cykli

1977–1985 i 1986–1997 w porównaniu z cyklami 1799–1810 i 1811–1823 (najślabszymi od 1700 roku). W latach 1811 i 1990, odległych od siebie o 179 lat, Słońce znajdowało się najbliżej środka masy Układu Słonecznego — w odległościach  $0,140R_0$  i  $0,152R_0$  ( $R_0$  – promień Słońca). Przyspieszenie Słońca bezpośrednio przed tymi datami zmieniało się od  $-0,5$  do  $4,5$ ; natomiast po tych datach malało od  $4,5$  do  $-0,5$ .

### III. CYKLICZNE WAHANIA OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1825–1997

Klimat Zachodniej i Środkowej Europy (także Polski) jest kształtowany przez cyrkulację strefową, uwarunkowaną południkowym gradientem ciśnienia atmosferycznego ( $-\frac{\partial p}{\partial \varphi}$ ). Obserwuje się współzależność między cyrkulacją strefową w zimie i zmianami

poła temperatury wody Północnego Atlantyku. Miarą południkowego gradientu barycznego jest tzw. wskaźnik J. C. Rogersa (1984) Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*, North Atlantic Oscillation index). Jest nią różnica ciśnienia na poziomie morza w zimie (XII–III) między Azorami (Ponta Delgata:  $\varphi = 37,7^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = 25,7^\circ\text{W}$ ) i Południową Islandią (Akureyri:  $\varphi = 65,7^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = 18,1^\circ\text{W}$  lub Stykkisholmur:  $\varphi = 65,0^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = 22,8^\circ\text{W}$ , J. Hurrell, 1995). Wskaźniki *NAO*, zdefiniowane przez J. C. Rogersa (1984) i J. Hurrella (1995) są miarami równoleżnikowego transportu mas powietrza: w kierunku wschodnim –  $NAO > 0$  i zachodnim –  $NAO < 0$ .

O dużej zależności klimatu Północnej Polski od wskaźnika *NAO* (1864–1995) świadczą istotnie statystycznie współczynniki korelacji. Według A. A. Marsza współczynniki korelacji między temperaturą powietrza np. w Koszalinie i wskaźnikiem *NAO* (Hurrella) w latach 1864–1995, wynoszą:

	I	II	III	I–III
r	0,44	0,61	0,62	0,70

Dodatknie wartości współczynnika korelacji ( $r$ ) świadczą, że zimy w Północno-Zachodniej Polsce są cieplejsze przy większych gradientach południkowych ciśnienia, a chłodniejsze — przy mniejszych. Podczas intensywniejszej cyrkulacji strefowej (zachodniej) więcej ciepła zakumulowanego w wodach Północnego Atlantyku jest przekazywana atmosferze.

Pionowy strumień ciepła z oceanu do atmosfery deformuje globalną cyrkulację atmosferyczną. Zimowe wychłodzenie wód Północnego Atlantyku przy dużych południkowych gradientach ciśnienia (wskaźnika *NAO*) utrzymuje się nawet podczas całego lata.

Wskaźnik *NAO* J. Hurrella (1995) w latach 1864–1995 (132 lata) cechuje się zmiennością okresową o częstościach: 0,12879 (7,76 lat), 0,02273 (44,0 lat) i 0,01515 (66,0 lat), wg analizy spektralnej (Marsz, 1999).

#### 1. Okresowe zmiany Oscylacji Północnoatlantyckiej

Zbadano okresowość wskaźnika *NAO* (North Atlantic Oscillation), zdefiniowanego przez P. D. Jonesa i innych (1997) jako różnicę ciśnienia na poziomie morza między Gibraltarem i Południowo-Zachodnią Islandią.

W tym celu utworzono 172-letnie ciągi czasowe średnich sezonowych: wiosna (III–V), lato (VI–VIII), jesień (IX–XI), zima (XII–II), zima morska (XII–III) i rocznych (I–XII) wartości *NAO* w latach 1825–1997.

Parametry cykli: okresy  $\Theta$ , amplitudy  $b$ , fazy  $c$ , wyznaczono metodą „sinusoid regresji” (Boryczka, 1993, 1998):

$$y = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta} t + c\right)$$

zmieniając okres z odstępem  $\Delta\Theta = 0,1$  roku w przedziale 2,1–172 lat.

Wyniki badań zestawiono w tab. 4–11. Oprócz parametrów cykli ( $\Theta$ ,  $b$ ,  $c$ ) podano minima lokalne wariancji reszkowej  $\varepsilon^2$  i współczynniki korelacji  $R$ .

Okresy  $\Theta$  podane w tabelach, to minima lokalne ciągu czasowego wariancji reszkowej  $\varepsilon_{2,1}^2, \dots, \varepsilon_{172}^2$  (maksima lokalne współczynnika korelacji  $R$ ).

W widmach wskaźnika *NAO* (rys. 1–6, tab. 4–11) podobnie jak w widmach temperatury powietrza w Warszawie (1779–1990) i Wrocławiu (1851–1980) dominują cykle około 8–letnie:

		III–V	VI–VIII	IX–XI	XII–II	I–XII	XII–III
NAO	$\Theta$	7,2	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7
	$R$	0,16	0,18	0,21	0,27	0,30	0,29
Warszawa	$\Theta$	7,8	7,8	6,5	7,7	7,7	
	$R$	0,20	0,15	0,20	0,23	0,22	
Wrocław	$\Theta$	7,2	7,8	8,7	7,6	7,7	
	$R$	0,15	0,17	0,20	0,33	0,29	

Interesujące jest porównanie dat maksimów zimowych cykli: *NAO*, temperatury powietrza w Warszawie i Wrocławiu z zimowymi cyklami aktywności Słońca (1749–1993):

$$\text{Wskaźnik} \quad NAO = 0,1315 + 0,4778 \sin\left(\frac{2\pi}{7,8} t - 0,1266\right), \quad R = 0,27$$

$$\text{Liczby Wolfa} \quad W = 51,93 + 10,40 \sin\left(\frac{2\pi}{8,1} t + 2,8659\right), \quad R = 0,17$$

$$\text{Warszawa} \quad T = -2,65 + 0,756 \sin\left(\frac{2\pi}{7,7} t - 0,6870\right), \quad R = 0,23$$

$$\text{Wrocław} \quad T = -0,719 + 0,983 \sin\left(\frac{2\pi}{7,6} t + 0,4152\right), \quad R = 0,33$$

Oto daty maksimów w tych około 8–letnich cyklach:

NAO	1936	1944	1952	1960	1967	1975	1983	1991	1999	2007
Liczby Wolfa	1934	1942	1950	1958	1966	1974	1982	1990	1999	2007
Warszawa	1936	1944	1951	1959	1967	1974	1982	1990	1997	2005
Wrocław	1936	1944	1951	1959	1966	1974	1982	1989	1997	2004

Trzeba podkreślić, że w widmie przyspieszenia Słońca w jego ruchu dookoła środka masy Układu Słonecznego w latach 1749–1980 dominuje cykl 7,8–letni:

$$\ddot{s} = 0,667 + 1,130 \sin\left(\frac{2\pi}{7,75} t + 1,21\right)$$

Jest to okres, cechujący się największym współczynnikiem korelacji  $R = 0,245$ . Maksima przyspieszenia Słońca ( $\ddot{s}$ ) występują w pobliżu wymienionych dat: 1934,

1942, 1950, 1958, 1966, 1974, 1981, 1989, 1997, 2005. Mało prawdopodobne jest, by ta zbieżność okresów i synchroniczność ekstremów w tych około 8-letnich cyklach: wskaźnika *NAO*, temperatury powietrza, aktywności Słońca i przyspieszenia Słońca była przypadkowa.

W ciągach czasowych: wskaźnika *NAO*, temperatury powietrza w Warszawie i Wrocławiu występuje również cykliczność około 11-letnia zbliżona do cyklu 11,0-letniego plam słonecznych:

		III–V	VI–VIII	IX–XI	XII–II	I–XII	XII–III
NAO	Θ	11,1	10,3	12,1	11,3	11,2	11,2
	<i>R</i>	0,13	0,20	0,11	0,14	0,16	0,11
Warszawa	Θ	11,2	11,3	.	10,2	11,2	
	<i>R</i>	0,16	0,10	.	0,11	0,10	
Wrocław	Θ	11,1	.	10,6	12,3	10,5	
	<i>R</i>	0,19	.	0,16	0,16	0,15	

Synchroniczne są również zimowe cykle: 11,3-letni wskaźnika *NAO* i 11,0-letni aktywności Słońca (1749–1993):

$$NAO = 0,135 + 0,2381 \sin\left(\frac{2\pi}{11,3}t + 2,2315\right), \quad R = 0,135$$

$$W = 51,68 + 29,89 \sin\left(\frac{2\pi}{11,0}t + 0,9238\right), \quad R = 0,488$$

Maksima *NAO* i liczb Wolfa (*W*) występują prawie w tych samych latach:

NAO	1926	1937	1948	1959	1971	1982	1993	2005
Liczyby Wolfa	1926	1937	1948	1959	1970	1981	1992	2003

W widmach średnich rocznych wartości wskaźnika *NAO* (1825–1997) i temperatury powietrza w Europie dominują dwa planetarne cykle wzajemnego położenia największych planet: 12,78 lat (Jowisz–Neptun) i 13,81 lat (Jowisz–Uran), a także występują okresy zbliżone do okresu obiegu Jowisza dookoła Słońca (11,86 lat):

		Okres Θ	<i>R</i>
NAO		<u>13,1</u>	<u>0,208</u>
Warszawa	(1779–1990)	12,9	0,162
Wrocław	(1851–1980)	12,4	0,197
Kraków	(1825–1990)	11,3	0,168
Praga	(1771–1980)	<u>14,1</u>	<u>0,203</u>
Zurych	(1864–1980)	<u>13,2</u>	<u>0,271</u>
Poczdami	(1892–1992)	11,0	0,251
Anglia	(1659–1973)	11,1	0,115
Spitsbergen	(1911–1975)	<u>12,5</u>	<u>0,423</u>
Genewa	(1768–1980)	12,9	0,171

Są to też cykle parametrów Układu Słonecznego:

	Okres $\Theta$	$R$
Siła grawitacji planet	11,9	0,717
Siły pływowe na Słońcu	12,8	0,415
Odległość środka masy US od ekliptyki	11,8	0,652
Przyspieszenie Słońca	12,8	0,223
Aktywność Słońca	11,9	0,266

W widmie jesiennych wartości wskaźnika *NAO* dominuje „silny” cykl około 30-letni ( $\Theta = 29,9$  lat), zbliżony do 29,5-letniego cyklu odległości środka masy ( $z$ ) od płaszczyzny ekliptyki:

$$NAO = 0,135 + 0,271 \sin\left(\frac{2\pi}{29,9}t + 0,3028\right), \quad R = 0,204$$

$$z = 0,018 + 0,1160 \sin\left(\frac{2\pi}{29,5}t + 2,02\right), \quad R = 0,682$$

Maksima wskaźnika *NAO* w cyklu 29,9-letnim odpowiadają mniej więcej minimum odległości  $z$  w cyklu 29,5-letnim.

Najdłuższe okresy sezonowe i roczne wartości wskaźnika *NAO* wynoszą:

	III–V	VI–VIII	IX–XI	XII–II	XII–III	I–XII
$\Theta$	106,3	<u>83,2</u>	75,3	<u>105,1</u>	74,1	52,6
$R$	0,089	0,174	0,161	0,159	0,196	0,091

Cykle: letni 83,2 lat i zimowy 105,1 lat, istotnie statystycznie, są zbliżone do okresu 84,015 lat obiegu Urana dookoła Słońca.

Jak wiadomo (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1998) okres około stuletni jest obecny w widmach temperatury powietrza w Europie:

	Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Rok	
	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$
Warszawa	.	.	91,2	0,147	104,4	0,181	113,1	0,100	104,7	0,079
Kraków	83,4	0,180	91,8	0,287	91,7	0,163	90,9	0,150	82,9	0,173
Praga	76,4	0,142	76,9	0,243	75,0	0,181	98,5	0,086	80,9	0,161
Genewa	73,1	0,259	76,6	0,355	74,6	0,222	93,4	0,082	75,8	0,432
Anglia	102,8	0,224	101,9	0,124	104,9	0,290	99,1	0,158	102,5	0,287

Analogiczna okresowość wskaźnika *NAO*, temperatury powietrza w Europie, aktywności Słońca i parametrów Układu Słonecznego, a także dyspersja długości okresów świadczą o deterministyczno–stochastycznych zmianach klimatu Europy. Cykle *NAO* to składnik deterministyczny cyrkulacji strefowej, warunkującej zmiany temperatury powietrza w Europie i w Polsce.

## 2. Tendencje oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*)

Tendencje oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*) w latach 1825–1997 i 1966–1995 określają równania prostych regresji  $NAO = a_0 + A t$  (tab. 4, 5).



Tab. 4. Tendencje Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*) w latach 1825–1997  
 The tendency of North Atlantic Oscillation index (*NAO*) in years 1825–1997

	$NAO = A_0 + A t$	$A/10 \text{ lat}$	$r$
I	$NAO = 0,404 + 0,001902 t$	0,019	0,051
II	$NAO = 0,781 - 0,001441 t$	-0,014	-0,034
III	$NAO = -0,241 + 0,003358 t$	0,033	0,095
IV	$NAO = 0,513 - 0,002336 t$	0,023	-0,067
V	$NAO = -0,166 - 0,000625 t$	-0,006	-0,024
VI	$NAO = 0,511 - 0,006219 t$	-0,062	<u>-0,211</u>
VII	$NAO = 1,082 - 0,006666 t$	-0,067	<u>-0,212</u>
VIII	$NAO = 1,488 - 0,007500 t$	-0,075	<u>-0,212</u>
IX	$NAO = -0,025 - 0,001502 t$	-0,015	-0,048
X	$NAO = 0,676 + 0,002142 t$	0,021	0,068
XI	$NAO = -0,636 + 0,005041 t$	0,050	0,142
XII	$NAO = 0,296 - 0,000502 t$	-0,005	-0,013
III–V	$NAO = 0,033 + 0,000150 t$	0,002	0,000
VI–VIII	$NAO = 1,025 - 0,006831 t$	-0,068	<u>-0,340</u>
IX–XI	$NAO = -0,470 + 0,002120 t$	0,021	0,111
XII–II	$NAO = 0,505 - 0,000101 t$	0,001	-0,004
XII–III	$NAO = 0,316 + 0,000797 t$	0,008	0,037
X–III	$NAO = -0,014 + 0,001821 t$	0,018	0,112
IV–IX	$NAO = 0,569 - 0,004193 t$	-0,042	<u>-0,296</u>
I–XII	$NAO = 0,275 - 0,001192 t$	-0,012	-0,120

Tendencje wskaźnika *NAO* w latach 1825–1997 w miesiącach letnich są malejące: czerwiec  $A = -0,06$ , lipiec  $A = -0,07$ , sierpień  $A = -0,08/10 \text{ lat}$ . Najbardziej istotne statystycznie są spadki wskaźnika *NAO* w lecie (VI–VIII — o  $0,068/10 \text{ lat}$  ( $R = -0,340$ )) i półroczu ciepłym (IV–IX) — o  $0,042/10 \text{ lat}$  ( $R = -0,296$ ). Średnia roczne wartości wskaźnika *NAO* w latach 1825–1997 maleją nieznacznie — o  $0,012/10 \text{ lat}$  ( $R = -0,120$ ). Należy zauważyć, że przedział obserwacji 1825–1997 (173 lata) obejmuje prawie cały okres planetarny (178,9 lat) zmian klimatycznych.

Zmiany wskaźnika *NAO* w tym długim przedziale czasu lepiej opisują równania wielomianu regresji 2-go stopnia (krzywe regresji 2-go i 3-go stopnia, rys. 9–18):

$$\text{zima} \quad NAO = 0,369 + 0,004579 t - 0,00002705 t^2, \quad R = 0,048,$$

$$\text{lato} \quad NAO = 0,541 + 0,009853 t - 0,00009644 t^2, \quad R = 0,402$$

$$\text{o zmiennych tendencjach: zima} \quad \frac{\partial NAO}{\partial t} = 0,004579 - 0,000054 \cdot t, \quad \text{lato} \quad \frac{\partial NAO}{\partial t} = 0,009853$$

–  $0,0001928 \cdot t$ , wyrażonych na 1 rok. Maksima tych parabol regresji przypadają na lata: 1909 – zima i 1875 – lato.

Wahania średnich zimowych wartości temperatury powietrza w Warszawie i wskaźnika *NAO* w latach 1826–1990 są na ogół synchroniczne (rys. 7). W lecie korelacja między temperaturą powietrza w Warszawie i wskaźnikiem *NAO* jest znacznie mniejsza (rys. 8).

Tendencje wskaźnika *NAO* w krótszym 30–letnim przedziale czasu 1966–1995 są znacznie większe niż w latach 1825–1997 (tab. 5).

Tab. 5. Tendencje Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*) w 30–leciu 1966–1995  
The tendency of North Atlantic Oscillation index (*NAO*) in years 1966–1995

	$NAO = a_0 + a t$	$a/10 \text{ lat}$	$r$
I	$NAO = -14,069 + 0,095081 t$	0,951	0,379
II	$NAO = -10,166 + 0,068618 t$	0,686	0,314
III	$NAO = -9,184 + 0,063526 t$	0,635	0,337
IV	$NAO = -5,624 + 0,033597 t$	0,336	0,177
V	$NAO = 6,379 - 0,043695 t$	-0,437	-0,183
VI	$NAO = 10,704 - 0,072403 t$	-0,724	-0,442
VII	$NAO = 2,028 - 0,014850 t$	-0,148	-0,096
VIII	$NAO = -6,705 + 0,042641 t$	0,426	0,054
IX	$NAO = 5,938 - 0,040029 t$	-0,400	-0,050
X	$NAO = 4,536 - 0,031248 t$	-0,312	-0,183
XI	$NAO = -2,784 + 0,019103 t$	0,191	0,084
XII	$NAO = -5,767 + 0,038959 t$	0,386	0,030
III–V	$NAO = -4,627 + 0,029236 t$	0,292	0,279
VI–VIII	$NAO = 2,729 - 0,019443 t$	-0,194	-0,194
IX–XI	$NAO = 4,050 - 0,026754 t$	-0,267	-0,249
XII–II	$NAO = -11,245 + 0,076212 t$	0,762	0,467
XII–III	$NAO = -11,039 + 0,075059 t$	0,751	0,532
X–III	$NAO = -7,263 + 0,049305 t$	0,493	0,537
IV–IX	$NAO = 1,938 - 0,014749 t$	-0,147	-0,207
I–XII	$NAO = -2,055 + 0,013325 t$	0,133	0,234

Po prostu wynika to z aproksymacji łuków sinusoid o omówionych wcześniej okresach. Jeżeli aproksymujemy sinusoidę równaniem prostej w przedziale od minimum do maksimum to tendencja  $\frac{\partial NAO}{\partial t} = a > 0$  (jest rosnąca). W przypadku aproksymacji linią

prostą odcinka sinusoidy od maksimum do minimum – tendencja  $\frac{\partial NAO}{\partial t} = a < 0$  jest malejąca.

Tendencję średnich miesięcznych wartości wskaźnika *NAO* w 30–leciu 1966–1995 zawierają się w przedziale: -0,072 – 0,95/10 lat. Natomiast tendencje wiekowe wskaźnika *NAO* (tj. w latach 1825–1997) zmieniają się w ciągu roku w przedziale znacznie mniejszym -0,075 – 0,050/10 lat.

Tab. 6. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – wiosna (III-V)  
 The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997 – spring (III-V)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,6	0,7397	0,168	0,1744	0,137
<u>3,0</u>	0,7257	0,237	-1,2791	0,193
3,3	0,7315	0,212	2,5616	0,172
3,7	0,7318	0,210	-1,1355	0,171
4,0	0,7363	0,187	0,1058	0,152
4,2	0,7367	0,185	0,4893	0,151
4,7	0,7486	0,103	0,0808	0,084
4,9	0,7351	0,194	1,3926	0,158
5,4	0,7308	0,215	1,3762	0,175
<u>5,7</u>	0,7147	0,279	-2,6651	0,228
6,0	0,7422	0,152	2,9717	0,124
<u>6,5</u>	0,7182	0,267	-2,1561	0,217
6,9	0,7496	0,092	-0,6827	0,075
<u>7,2</u>	0,7343	0,198	0,3929	0,161
8,0	0,7383	0,177	2,0278	0,144
8,6	0,7382	0,177	0,0792	0,144
11,1	0,7411	0,160	2,5142	0,130
12,2	0,7458	0,126	-2,2501	0,103
<u>13,4</u>	0,7206	0,258	-0,4385	0,210
14,9	0,7470	0,117	0,9384	0,095
16,7	0,7411	0,159	0,7010	0,130
20,7	0,7347	0,195	3,1095	0,159
<u>23,9</u>	0,7271	0,233	2,1883	0,188
30,2	0,7484	0,105	-1,4826	0,085
45,5	0,7335	0,207	2,4765	0,164
106,3	0,7478	0,115	2,2049	0,089

Tab. 7. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – lato (VI-VIII)  
 The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997 – summer (VI-VIII)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,3	0,9690	0,216	2,8188	0,154
2,5	0,9611	0,250	-0,8292	0,178
2,7	0,9694	0,215	2,5175	0,152
3,0	0,9790	0,164	-0,0072	0,116
3,2	0,9794	0,163	-1,8186	0,115
3,6	0,9864	0,112	2,1284	0,079
3,9	0,9810	0,153	1,3679	0,108
4,2	0,9765	0,179	-0,2816	0,127
<u>4,7</u>	0,9582	0,263	2,3120	0,186
5,1	0,9851	0,122	0,7460	0,086
5,3	0,9794	0,162	1,8545	0,115
5,5	0,9682	0,222	1,7106	0,156
6,0	0,9765	0,179	-2,0945	0,127
6,5	0,9790	0,165	-3,1101	0,117
7,3	0,9734	0,196	-2,9814	0,138
<u>7,8</u>	0,9630	0,244	-0,3852	0,172
8,3	0,9859	0,115	1,2000	0,081
9,0	0,9694	0,216	-1,0575	0,152
9,7	0,9697	0,213	0,3925	0,151
<u>10,3</u>	0,9520	0,285	1,3022	0,202
11,1	0,9837	0,133	1,7086	0,094
12,2	0,9756	0,185	2,3054	0,130
12,7	0,9748	0,189	-2,8573	0,133
13,8	0,9734	0,196	1,6391	0,139
16,7	0,9796	0,161	2,8356	0,114
20,4	0,9918	0,041	1,7817	0,029
23,7	0,9867	0,108	3,0675	0,077
31,4	0,9913	0,050	-1,3375	0,035
<u>39,5</u>	0,9719	0,204	-1,9820	0,144
55,3	0,9793	0,165	-0,6863	0,115
<u>83,2</u>	0,9627	0,246	-0,8377	0,173

Tab. 8. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – jesień (IX-XI)  
 The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997  
 – autumn (IX-XI)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,3	0,8837	0,171	-0,4829	0,128
2,7	0,8846	0,168	-2,1205	0,124
3,0	0,8798	0,194	-2,4129	0,144
3,4	0,8869	0,152	1,0506	0,113
<u>3,6</u>	0,8709	0,236	-1,3308	0,175
4,0	0,8888	0,140	-0,0516	0,104
4,2	0,8793	0,196	-2,4891	0,146
4,4	0,8854	0,162	2,7125	0,120
4,6	0,8829	0,177	1,1845	0,131
<u>4,9</u>	0,8809	0,188	0,8742	0,140
5,2	0,8865	0,155	2,3767	0,115
5,4	0,8854	0,162	1,7897	0,121
5,7	0,8789	0,198	-0,4878	0,147
6,2	0,8789	0,199	1,7811	0,147
<u>6,6</u>	0,8739	0,222	2,5853	0,165
7,0	0,8888	0,140	2,0728	0,104
<u>7,3</u>	0,8563	0,291	2,7123	0,216
<u>7,7</u>	0,8581	0,284	-2,5566	0,212
8,2	0,8868	0,153	-2,9658	0,114
8,8	0,8716	0,232	-1,5267	0,173
9,7	0,8972	0,052	2,8431	0,039
10,5	0,8969	0,057	-2,2357	0,042
11,1	0,8950	0,084	2,7659	0,063
12,1	0,8887	0,139	-2,5038	0,104
13,0	0,8944	0,091	-1,6232	0,067
14,2	0,8934	0,102	-2,7783	0,075
16,6	0,8477	0,321	-1,6266	0,237
18,8	0,8859	0,160	-0,3478	0,118
<u>24,2</u>	0,8635	0,265	-1,1019	0,197
<u>29,9</u>	0,8611	0,271	0,3028	0,204
38,9	0,8890	0,139	1,8500	0,102
<u>75,3</u>	0,8751	0,223	2,5447	0,161

Tab. 9. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – zima (XII-II)  
 The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997  
 – winter (XII-II)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,4	1,4742	0,351	2,7944	0,201
2,8	1,5279	0,132	-2,3279	0,075
3,2	1,5046	0,253	-0,9865	0,144
3,4	1,5168	0,199	1,4762	0,113
3,8	1,5234	0,162	2,9857	0,092
4,0	1,5148	0,207	0,0496	0,119
4,3	1,5128	0,218	1,5528	0,124
4,7	1,4923	0,297	1,0920	0,169
<u>5,0</u>	1,4622	0,385	-3,0132	0,219
5,3	1,5196	0,184	2,4078	0,105
5,5	1,5157	0,204	-2,5190	0,116
5,8	1,4867	0,316	-1,2809	0,180
6,1	1,5063	0,246	-1,5423	0,140
6,5	1,5184	0,190	0,9526	0,108
6,9	1,5223	0,169	-1,9373	0,096
<u>7,8</u>	1,4226	0,478	-0,1266	0,272
8,3	1,4495	0,418	1,4056	0,237
8,8	1,4781	0,342	2,1103	0,195
9,5	1,5152	0,206	-1,7986	0,117
10,0	1,5192	0,186	-3,0988	0,106
11,3	1,5085	0,238	2,2314	0,135
12,5	1,5075	0,241	2,7863	0,137
14,0	1,5155	0,205	2,8425	0,117
15,5	1,4954	0,286	-2,3076	0,163
17,5	1,5128	0,219	-1,5430	0,124
<u>21,5</u>	1,5042	0,254	3,0643	0,145
29,1	1,5214	0,175	-1,8260	0,099
37,1	1,4975	0,282	-0,9763	0,159
<u>71,5</u>	1,4921	0,302	-0,9108	0,170
<u>105,1</u>	1,4977	0,298	2,9159	0,158

Tab. 10. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – zima morska (XII-III)

The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997 – winter (XII-III)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,4	1,0788	0,344	2,7724	0,229
2,8	1,1259	0,159	-2,0003	0,105
3,2	1,1161	0,212	-0,7391	0,140
3,4	1,1288	0,140	1,7857	0,092
3,7	1,1071	0,251	-2,1063	0,166
4,0	1,1073	0,250	0,1024	0,165
4,3	1,1263	0,157	1,2427	0,103
4,5	1,1214	0,186	-1,3158	0,122
4,7	1,1046	0,260	0,7797	0,172
5,0	1,0866	0,322	-2,8093	0,213
5,3	1,1315	0,119	2,6092	0,078
5,5	1,1211	0,186	-2,8293	0,123
5,7	1,0964	0,290	-3,0175	0,192
6,1	1,1163	0,211	-1,8337	0,140
7,0	1,1256	0,161	-0,5381	0,106
<u>7,7</u>	1,0454	0,432	-0,9974	0,286
<u>8,3</u>	1,1089	0,244	1,2973	0,161
8,8	1,0849	0,328	1,9851	0,217
9,5	1,1311	0,122	-2,0816	0,081
10,0	1,1289	0,139	3,0781	0,092
11,2	1,1247	0,167	1,7782	0,110
12,8	1,1187	0,199	-2,5829	0,132
14,1	1,1160	0,213	3,0204	0,140
15,7	1,1181	0,203	-1,7728	0,134
17,5	1,1290	0,139	-1,8592	0,091
21,7	1,1170	0,207	-2,6915	0,137
25,4	1,1374	0,048	-1,6136	0,032
29,4	1,1310	0,124	-1,5906	0,081
37,3	1,0997	0,282	-1,6698	0,184
48,6	1,1344	0,092	-0,8344	0,060
74,1	1,0947	0,296	-0,1387	0,196

Tab. 11. Cykle Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1826-1997 – rok (I-XII)  
 The cycles of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1826-1997  
 – winter (I-XII)

$\Theta$	$\varepsilon^2$	$b$	$c$	$R$
2,3	0,2411	0,061	-3,1083	0,088
2,5	0,2414	0,056	-1,1963	0,081
2,7	0,2372	0,107	-3,0778	0,154
2,9	0,2348	0,127	2,8250	0,183
3,2	0,2403	0,073	-1,1594	0,104
3,5	0,2409	0,065	-0,8717	0,094
4,0	0,2331	0,140	0,1571	0,201
4,2	0,2411	0,061	-0,3915	0,088
4,5	0,2395	0,084	-0,5969	0,120
4,7	0,2420	0,046	1,4487	0,066
5,0	0,2326	0,144	-2,8300	0,207
5,4	0,2379	0,101	1,3823	0,144
5,7	0,2402	0,074	-2,4436	0,107
6,2	0,2392	0,087	1,2049	0,124
6,5	0,2404	0,072	2,8776	0,104
6,8	0,2406	0,070	-1,7018	0,100
7,3	0,2377	0,104	2,5131	0,148
7,8	0,2217	0,206	-0,3187	0,296
8,4	0,2391	0,089	2,9953	0,127
9,0	0,2362	0,116	-1,6831	0,167
9,7	0,2388	0,091	0,4582	0,131
10,4	0,2395	0,083	1,8001	0,119
11,2	0,2367	0,112	2,3863	0,161
12,2	0,2380	0,100	2,8640	0,143
13,1	0,2325	0,145	-1,4038	0,208
15,6	0,2389	0,090	-2,4841	0,130
17,4	0,2409	0,065	-1,3322	0,093
20,5	0,2397	0,081	1,9898	0,116
24,3	0,2418	0,049	-2,3452	0,070
29,3	0,2394	0,086	-1,0022	0,122
37,0	0,2009	0,066	-1,0955	0,094
52,6	0,2410	0,064	-1,3676	0,090



Załącznik 1. Średnie sezonowe wartości wskaźnika Oscylacji Północnoatlantycznej (NAO) w latach 1826-1997

	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	XII-III	X-III	IV-IX	I-XII
1826	-0,01	2,36	-1,01	0,01	-0,25	0,30	1,24	0,39
1827	0,84	-0,01	-1,53	-1,75	-0,86	-0,97	0,12	-0,34
1828	-0,45	-2,01	-1,76	1,29	0,91	-0,17	-1,63	-0,70
1829	-0,13	0,90	0,36	0,13	-0,55	-0,80	0,97	0,03
1830	2,30	1,17	2,05	-0,68	0,37	0,28	1,51	0,99
1831	-1,24	-0,02	-0,19	-1,70	-0,92	0,05	-1,10	-0,50
1832	-0,34	-1,13	1,42	0,22	0,68	0,59	-0,82	0,29
1833	0,04	-0,52	-0,47	1,68	0,52	0,79	0,12	0,25
1834	-0,57	0,15	-0,87	3,15	2,69	1,70	-0,51	0,13
1835	0,45	1,57	-0,47	1,14	1,22	0,46	0,83	0,54
1836	0,67	3,81	-0,29	-0,13	0,46	0,00	1,62	1,02
1837	-1,45	-1,13	1,30	0,55	-0,37	-0,15	-0,72	0,05
1838	-0,40	1,37	-0,22	-1,04	-0,48	0,28	0,55	0,03
1839	0,53	0,91	-1,04	2,52	2,07	1,01	0,80	0,46
1840	-0,85	0,95	-0,57	0,51	-0,40	-0,99	0,66	-0,14
1841	2,09	0,93	-1,12	-1,66	-0,65	-0,82	0,68	0,28
1842	0,84	-1,69	-3,42	2,16	2,47	1,52	-1,60	-0,50
1843	0,15	2,27	-0,56	-0,15	-0,45	-1,40	1,36	0,64
1844	0,87	0,26	-0,88	0,99	1,00	0,46	0,16	-0,11
1845	-0,21	1,05	0,45	-0,38	-0,43	-0,49	0,50	0,45
1846	0,29	1,86	-0,62	1,09	1,24	1,07	0,61	0,37
1847	0,53	1,12	0,82	-0,96	-1,13	-0,89	1,06	0,73
1848	0,25	1,41	-1,65	0,75	0,74	0,94	0,31	0,25
1849	-0,58	0,15	-0,54	2,43	1,67	0,69	-0,47	0,05
1850	-0,70	0,83	-0,86	0,76	0,00	0,08	0,12	0,31
1851	-0,43	-0,02	0,25	2,08	1,92	1,18	-0,14	0,42
1852	-1,18	1,25	-1,56	1,05	0,15	-0,11	0,14	-0,17
1853	-0,77	0,70	-0,08	-0,73	-0,64	-0,89	0,01	-0,66
1854	1,30	-0,08	0,70	-0,58	0,23	0,13	0,63	0,89
1855	-0,33	1,32	-0,91	-1,24	-0,95	-0,74	0,67	-0,63
1856	-0,24	1,03	-0,40	-1,16	-1,45	-1,58	0,72	-0,07
1857	0,59	2,43	-0,24	0,21	0,41	0,14	1,56	1,05
1859	0,04	1,82	-0,78	2,56	2,28	0,46	0,73	0,55
1858	0,25	0,04	-1,31	1,59	0,87	0,23	0,77	0,10
1860	-0,16	-0,92	-0,71	0,03	0,28	-0,24	-0,84	-0,51

cd. Załącznika 1.

	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	XII-III	X-III	IV-IX	I-XII
1861	-0,47	1,50	-1,03	-0,79	-0,09	-0,28	0,06	-0,14
1862	-0,21	-0,58	-0,11	-0,69	-1,09	-1,12	-0,24	-0,03
1863	1,03	0,29	1,11	1,23	1,38	1,10	0,79	0,85
1864	-1,01	1,27	-1,67	1,15	0,41	0,40	0,64	-0,31
1865	0,34	0,70	0,11	-0,50	-0,65	-1,48	1,26	0,44
1866	-1,39	0,86	0,79	1,63	0,68	-0,05	0,37	0,43
1867	-0,67	0,63	0,08	1,04	0,01	0,13	0,71	0,05
1868	2,36	2,68	-0,25	1,48	1,83	1,05	1,61	1,78
1869	-0,33	0,81	0,16	2,91	1,69	1,43	0,69	0,66
1870	0,87	-0,48	0,30	-0,94	-1,23	-0,87	0,86	-0,30
1871	-0,43	2,07	-2,20	-0,53	-0,12	-0,24	0,34	0,01
1872	-0,54	-1,11	-0,64	0,32	-0,07	-0,85	-1,02	-0,57
1873	-1,06	1,96	-1,23	0,31	0,12	0,16	0,45	0,25
1874	0,98	0,68	0,39	1,73	1,65	0,56	0,74	0,60
1875	0,07	1,16	-1,22	-0,65	-0,65	-0,39	0,75	0,02
1876	-0,69	2,59	-2,41	0,49	0,28	-0,44	0,59	-0,11
1877	-1,38	0,23	-0,18	0,93	0,57	-0,41	-1,09	0,17
1878	0,34	-1,31	-1,98	1,70	1,26	1,35	-0,61	-0,77
1879	0,31	-0,17	-1,13	-1,21	-0,94	-1,48	0,43	-0,23
1880	0,10	-0,05	-0,74	0,82	0,61	-0,49	0,20	0,03
1881	-0,29	1,38	0,61	-1,74	-1,44	-1,51	0,62	0,18
1882	0,93	1,57	0,96	2,87	3,05	2,36	0,74	1,21
1883	-0,79	0,31	1,46	1,26	0,17	0,51	0,37	0,77
1884	-0,68	1,18	0,21	1,76	1,35	1,53	0,52	0,70
1885	-0,05	1,67	-0,09	0,58	0,15	-0,08	1,25	0,36
1886	-0,40	0,57	-0,15	-0,77	-0,45	-0,60	-0,03	-0,17
1887	-0,75	0,36	-1,77	1,20	0,67	0,41	-0,45	-0,39
1888	-0,86	1,31	0,41	-1,38	-1,42	-1,42	0,43	0,11
1889	0,37	2,08	-0,24	0,42	0,33	0,47	0,91	0,75
1890	-0,12	1,39	1,71	1,61	1,32	1,07	1,00	0,73
1891	-1,17	-0,07	0,08	-0,03	-0,33	0,20	-0,01	0,17
1892	-1,00	0,83	-0,47	-0,21	-0,56	-0,73	0,47	-0,54
1893	0,21	0,07	-0,97	-0,20	-0,17	-0,64	0,01	0,02
1894	0,67	2,11	-0,86	2,25	1,95	0,96	0,87	0,96
1895	0,29	1,43	0,13	-2,11	-1,66	-1,19	1,13	-0,14

cd. Załącznika 1.

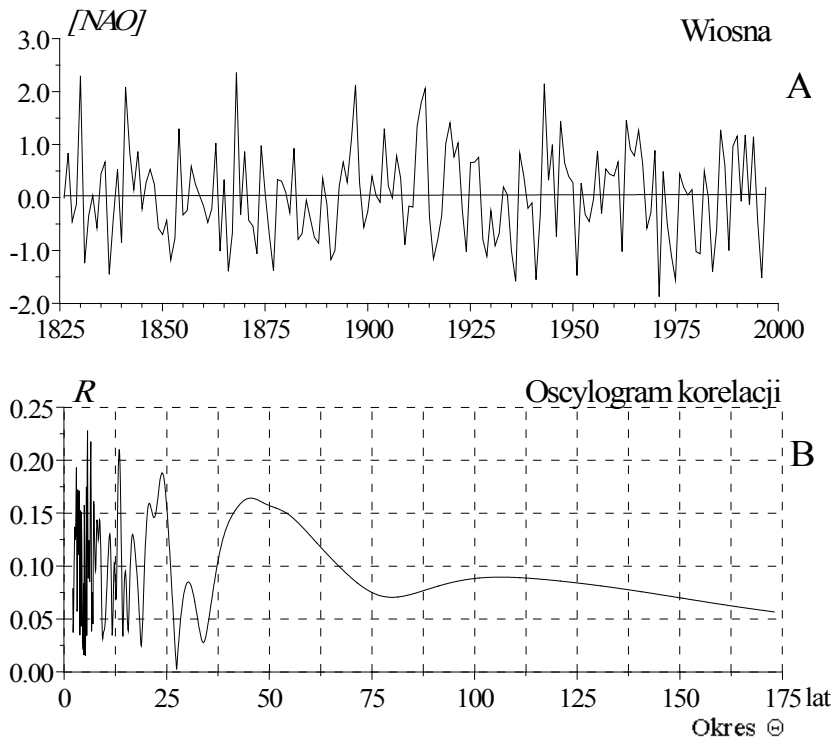
	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	XII-III	X-III	IV-IX	I-XII
1896	1,10	0,52	-0,94	0,56	0,76	0,36	0,71	0,46
1897	2,13	0,91	0,23	0,78	1,15	0,18	1,40	0,97
1898	0,29	1,01	-0,83	1,59	0,60	0,25	1,04	0,66
1899	-0,56	0,87	0,53	1,06	0,40	-0,14	0,42	0,14
1900	-0,26	0,08	0,32	-0,77	-1,37	-0,66	0,62	0,20
1901	0,40	0,50	-0,80	0,48	0,12	0,05	0,61	-0,26
1902	0,04	-1,00	-0,59	-0,60	-0,34	-0,63	-0,78	-0,32
1903	-0,09	0,99	0,19	2,32	1,75	1,10	0,50	0,66
1904	1,30	0,48	-0,15	0,64	0,29	0,23	0,96	0,73
1905	0,22	0,17	-1,22	0,79	1,13	0,73	-0,18	0,07
1906	-0,01	0,59	-0,13	1,77	1,25	0,23	0,14	0,40
1907	0,79	1,32	0,03	0,80	1,19	0,93	0,72	0,83
1908	0,37	1,03	0,31	1,12	1,01	0,63	0,77	0,73
1909	-0,89	1,69	-0,91	0,76	0,04	-0,01	0,56	0,00
1910	-0,16	-0,19	-1,24	1,83	1,50	0,74	-0,43	0,09
1911	-0,18	0,85	-0,16	0,78	0,22	-0,30	0,85	0,58
1912	1,35	-0,18	-0,35	0,48	0,91	0,25	-0,18	0,32
1913	1,79	0,78	0,07	1,86	2,06	1,60	0,41	0,98
1914	2,06	0,74	-0,71	1,26	1,36	1,38	1,21	0,92
1915	-0,37	-0,97	-1,83	1,22	0,43	-0,16	-0,64	-0,73
1916	-1,16	-0,81	-0,35	1,59	0,22	-0,47	-0,74	-0,27
1917	-0,80	0,58	1,74	-2,33	-1,81	-0,97	0,37	-0,28
1918	-0,34	0,95	0,19	0,05	0,12	0,51	0,25	0,64
1919	1,02	2,10	-1,88	0,45	0,26	0,28	1,41	0,46
1920	1,41	0,60	0,21	2,21	2,42	0,86	0,59	0,83
1921	0,77	-0,30	-0,99	0,79	1,25	0,85	-0,42	0,29
1922	1,03	1,43	-1,52	1,77	1,26	0,56	1,23	0,62
1923	-0,23	1,52	0,66	1,88	1,37	0,20	1,13	0,94
1924	-1,02	0,33	0,30	0,00	-0,48	-0,45	0,12	0,12
1925	0,66	0,79	-1,43	3,21	1,89	1,27	0,97	0,42
1926	0,67	0,51	-1,06	0,79	0,72	-0,15	0,68	0,24
1927	0,76	0,55	-1,71	0,44	0,96	-0,07	-0,04	-0,21
1928	-0,79	0,06	-0,08	1,00	0,50	-0,24	-0,51	0,34
1929	-1,11	0,57	0,86	-0,33	-0,38	0,00	-0,11	0,28
1930	-0,25	0,72	0,04	1,41	0,87	0,94	0,04	0,26

cd. Załącznika 1.

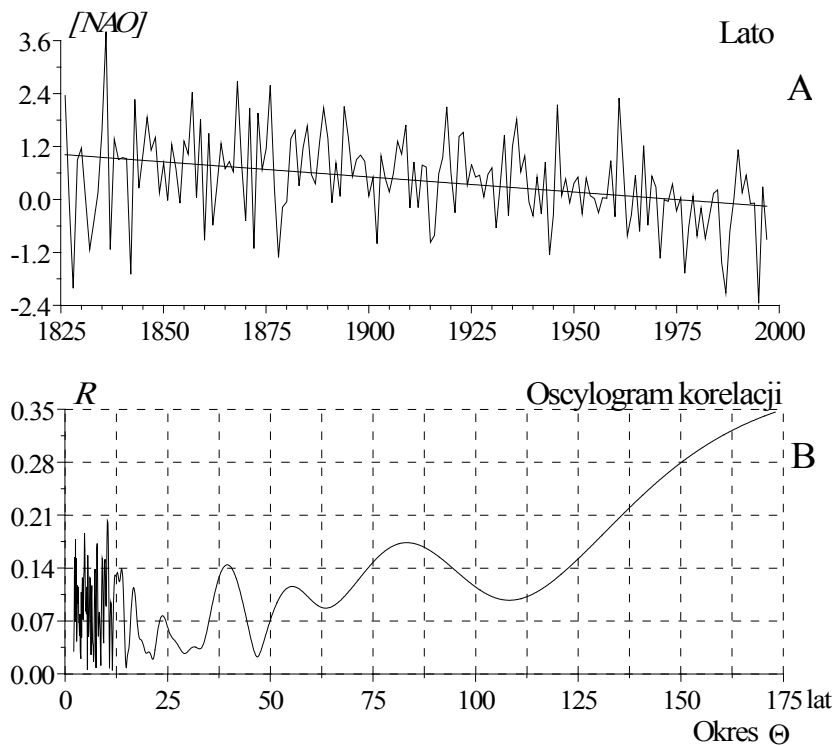
	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	XII-III	X-III	IV-IX	I-XII
1931	-0,91	-0,64	-0,04	0,70	-0,03	0,32	-0,86	-0,25
1932	-0,68	0,32	0,00	0,25	-0,21	0,29	-0,07	0,01
1933	0,20	1,46	-1,66	0,20	0,46	0,46	0,62	-0,20
1934	0,05	-0,37	0,67	0,59	0,51	-0,49	0,22	0,50
1935	-1,01	1,21	0,83	1,10	0,92	0,53	0,13	0,31
1936	-1,58	1,82	-0,05	-1,76	-1,60	-0,75	0,17	-0,08
1937	0,84	0,63	-1,40	2,01	1,00	0,77	1,05	0,23
1938	0,41	0,99	1,57	0,65	1,27	0,17	0,14	0,97
1939	-0,20	-0,06	-1,67	0,54	0,39	1,09	-0,77	-0,40
1940	-0,10	-0,37	-0,60	-1,50	-1,31	-1,06	-0,29	-0,43
1941	-1,55	0,51	-0,76	-0,91	-1,01	-0,80	-0,46	-0,68
1942	-0,32	-0,32	-0,87	-0,38	-0,52	-0,57	-0,20	-0,47
1943	2,15	0,85	-0,07	1,74	1,30	0,47	1,39	1,01
1944	0,33	-1,25	0,08	0,50	0,16	0,17	-0,25	-0,03
1945	1,00	-0,35	-0,22	0,87	1,27	0,82	0,15	0,28
1946	-0,74	2,15	-0,45	0,65	0,38	-0,09	1,11	0,52
1947	1,44	0,09	0,11	-1,08	-1,13	-1,32	1,18	-0,02
1948	0,65	0,47	1,24	0,42	1,18	0,64	0,13	0,85
1949	0,40	-0,07	0,02	2,14	1,36	1,38	0,03	0,54
1950	0,28	0,37	0,99	1,25	1,14	1,07	0,45	0,56
1951	-1,47	0,51	-0,45	-0,12	-0,59	-0,16	-0,17	-0,01
1952	0,27	-0,32	-1,39	1,13	0,56	0,18	-0,33	-0,31
1953	-0,32	0,49	1,55	-0,01	0,30	0,01	0,01	0,47
1954	-0,45	0,09	2,03	0,20	0,07	0,69	0,30	0,58
1955	-0,03	0,02	-1,24	-0,73	-1,28	-0,26	0,62	-0,57
1956	0,88	-0,30	0,67	-1,15	-0,86	-1,34	0,21	0,20
1957	-0,30	0,04	-0,70	2,00	1,60	1,48	-0,45	0,03
1958	0,54	0,03	0,59	0,01	-0,32	-0,31	0,46	0,16
1959	0,44	0,88	-0,13	-0,19	0,31	0,53	0,06	0,55
1960	0,41	-0,39	-0,52	0,02	-0,21	-0,09	0,20	-0,25
1961	0,67	2,30	0,29	1,94	1,97	1,01	1,48	1,12
1962	-1,02	0,81	-0,86	0,44	-0,62	-0,61	0,54	-0,07
1963	1,46	-0,82	1,17	-2,30	-1,03	-1,13	0,02	-0,32
1964	0,91	-0,35	0,79	-0,82	-0,81	-0,12	0,50	0,28
1965	0,79	0,55	-1,38	-1,49	-106	-0,41	0,47	-0,18

cd. Załącznika 1.

	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	XII-III	X-III	IV-IX	I-XII
1966	1,27	-0,72	-1,18	-0,13	0,16	-0,42	0,03	-0,15
1967	0,64	1,22	0,24	1,07	1,55	0,52	0,49	0,61
1968	-0,58	-0,58	-0,48	-0,21	-0,07	0,01	-0,54	-0,56
1969	-0,28	0,53	-0,07	-2,26	-2,15	-1,77	0,50	-0,40
1970	0,89	0,28	0,38	-0,19	-0,59	-0,50	0,97	0,23
1971	-1,87	-1,33	-0,07	-0,21	-0,59	-0,29	-1,41	-0,65
1972	0,49	0,00	-1,70	0,14	0,18	0,19	-0,50	-0,15
1973	-0,49	-0,04	-0,66	1,72	1,56	0,89	-0,58	-0,18
1974	-1,10	0,35	0,02	1,08	0,62	0,23	-0,24	0,48
1975	-1,56	-0,26	1,04	2,11	1,28	0,85	-0,43	-0,05
1976	0,45	0,04	-0,84	0,31	0,71	0,71	-0,66	-0,18
1977	0,19	-1,67	0,86	-1,76	-0,98	-0,48	-0,70	-0,31
1978	0,05	-0,61	1,98	-0,46	0,44	0,46	-0,48	0,09
1979	0,15	0,08	0,41	-1,84	-1,23	-0,15	0,19	0,04
1980	-1,02	-0,82	-0,35	0,46	0,19	0,15	-0,54	-0,48
1981	-1,16	-0,19	0,63	1,35	1,02	0,23	-0,60	-0,13
1982	0,50	-0,88	1,08	-0,07	0,37	0,53	-0,30	0,56
1983	0,00	-0,39	-0,22	2,23	2,13	1,79	-0,62	0,25
1984	-1,40	0,14	-0,20	1,85	0,87	0,59	-0,52	0,15
1985	-0,61	0,22	-0,83	-0,40	-0,27	-0,05	-0,22	-0,57
1986	1,28	-1,42	1,48	-0,85	0,09	-0,35	-0,79	0,44
1987	0,61	-2,12	-0,01	0,49	0,45	1,27	-0,61	-0,61
1988	-1,00	-0,71	-0,84	0,02	0,22	-0,06	-0,87	-0,41
1989	0,97	0,02	-0,94	3,16	2,99	1,45	-0,09	0,46
1990	1,16	1,13	-0,97	2,29	2,50	1,37	0,44	1,12
1991	-0,07	0,16	-0,37	0,88	0,33	-0,09	0,07	0,22
1992	1,18	0,55	0,74	1,84	1,80	1,22	0,74	0,99
1993	-0,14	-0,09	-1,93	1,57	1,55	1,25	-0,81	0,01
1994	1,15	-0,08	-0,99	1,32	1,92	0,76	-0,57	0,41
1995	-0,45	-2,35	-0,96	3,05	2,56	1,70	-1,85	-0,69
1996	-1,52	0,29	-0,75	-2,11	-2,21	-1,69	-0,57	-1,13
1997	0,19	-0,90	-1,24	-0,31	0,30	0,21	-0,83	-0,19



Rys. 1. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)  
 A. Tendencja wiekowa zmian: wiosna (III-V)  $A = 0,015 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$   
 B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat  
 North Atlantic Oscillation index  
 A. The tendency of secular: spring (III-V)  $A = 0,015 \text{ hPa}/100 \text{ years}$   
 B. Corelation oscillogram in the strip 2,1-175 years



Rys. 2. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)

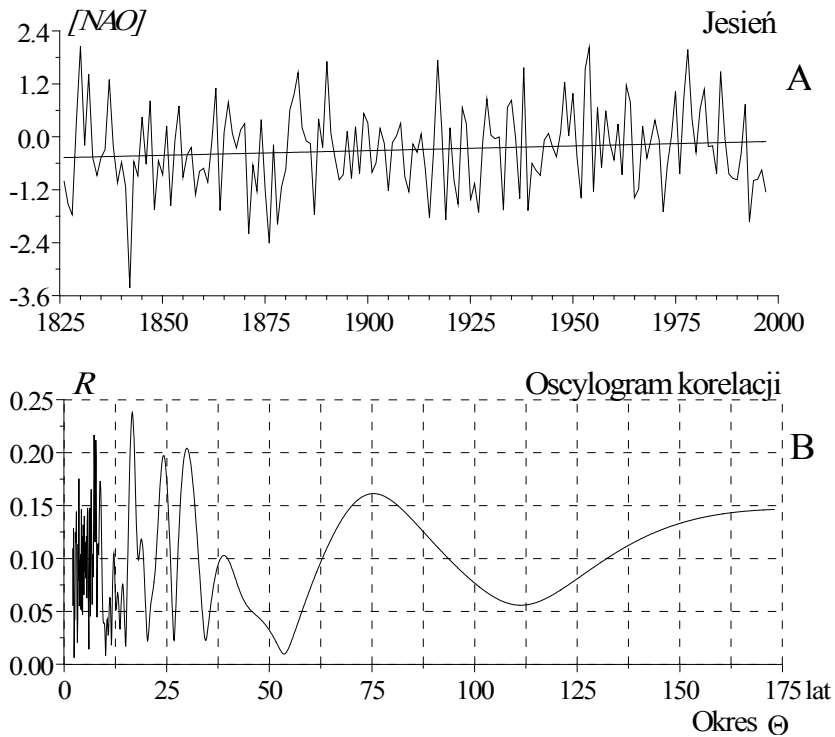
A. Tendencja wiekowa zmian: lato (VI-VIII)  $A = -0,683 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$

B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat

North Atlantic Oscillation index

A. The tendency of secular: summer (VI-VIII)  $A = -0,683 \text{ hPa}/100 \text{ years}$

B. Correlation oscilogram in the strip 2,1-175 years



Rys. 3. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)

A. Tendencja wiekowa zmian: jesień (IX-XI)  $A = 0,212 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$

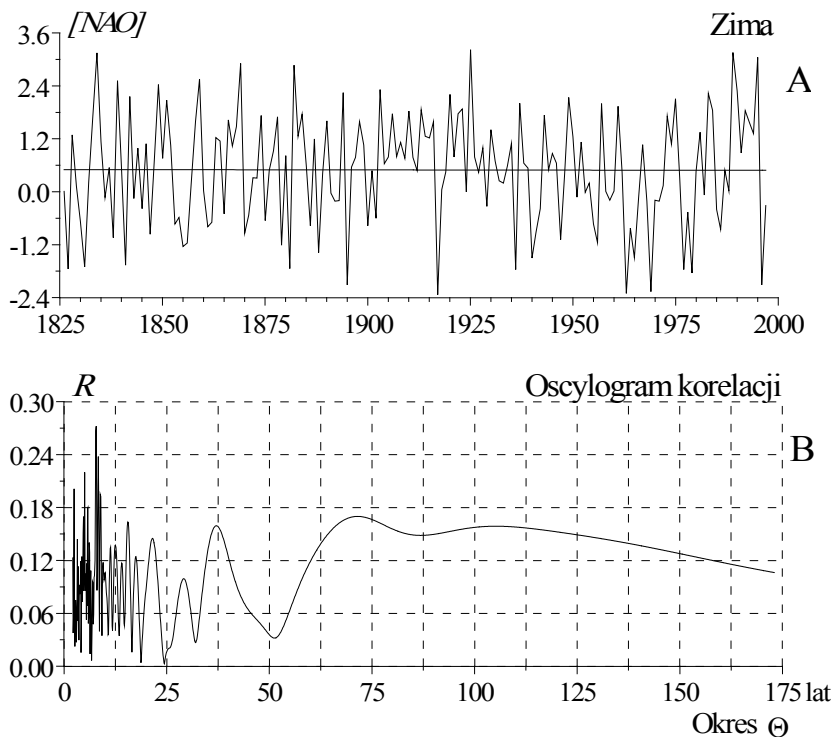
B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat

North Atlantic Oscillation index

A. The tendency of secular: autumn (XI-XI)  $A = 0,212 \text{ hPa}/100 \text{ years}$

B. Correlation oscillogram in the strip 2,1-175 years





Rys. 4. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)

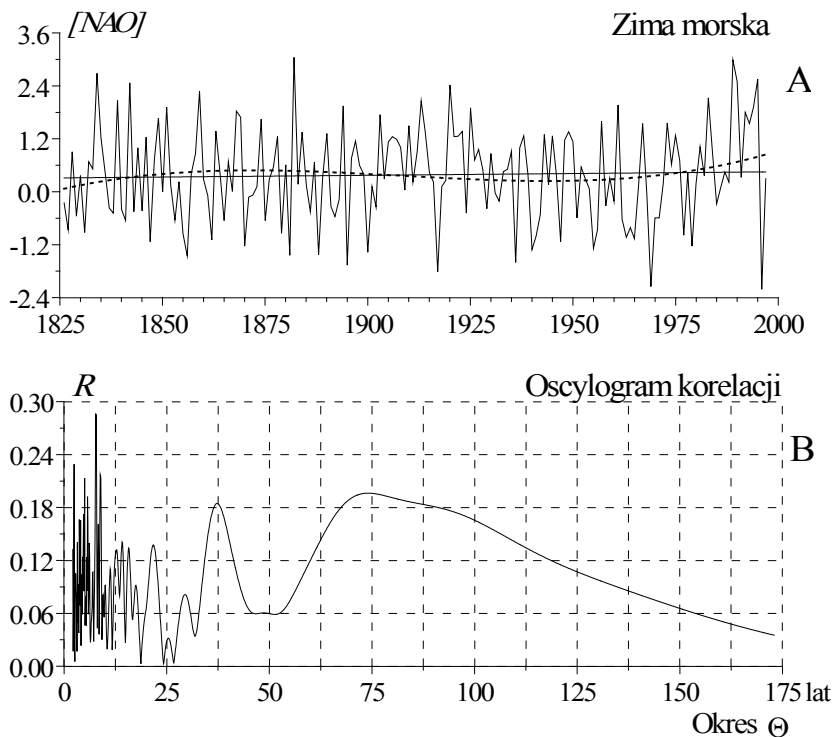
A. Tendencja wiekowa zmian: zima (XII-II)  $A = -0,412 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$

B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat

North Atlantic Oscillation index

A. The tendency of secular: winter (XII-II)  $A = -0,412 \text{ hPa}/100 \text{ years}$

B. Corelation oscilogram in the strip 2,1-175 years



Rys. 5. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)

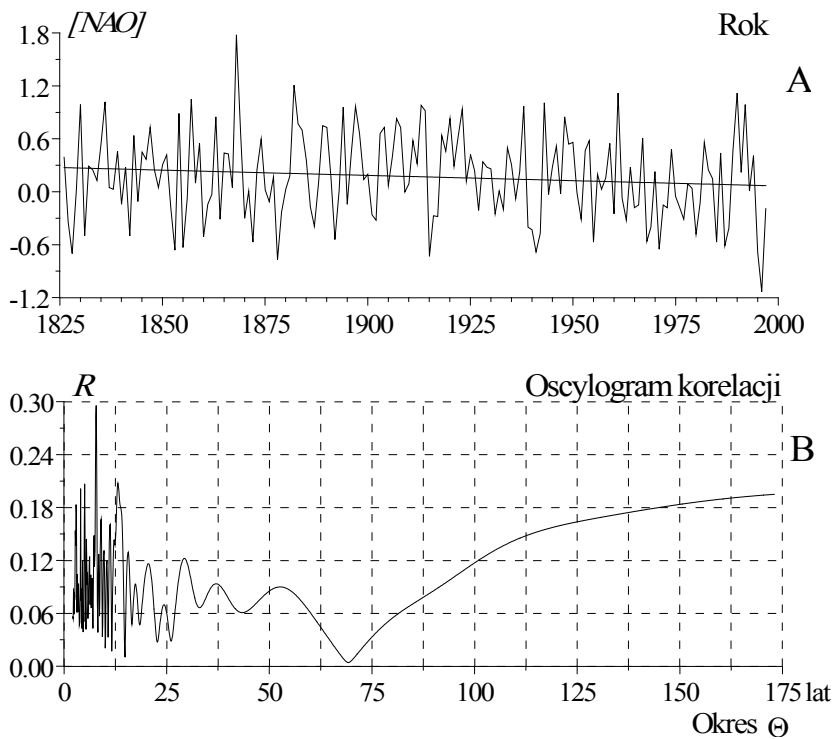
A. Tendencja wiekowa zmian: zima morska (XII-III)  $A = -0,080$  hPa/100 lat

B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat

North Atlantic Oscillation index

A. The tendency of secular: winter (XII-III)  $A = -0,080$  hPa/100 years

B. Corelation oscilogram in the strip 2,1-175 years



Rys. 6. Oscylacja Północnoatlantycka *NAO* (1825-1997)

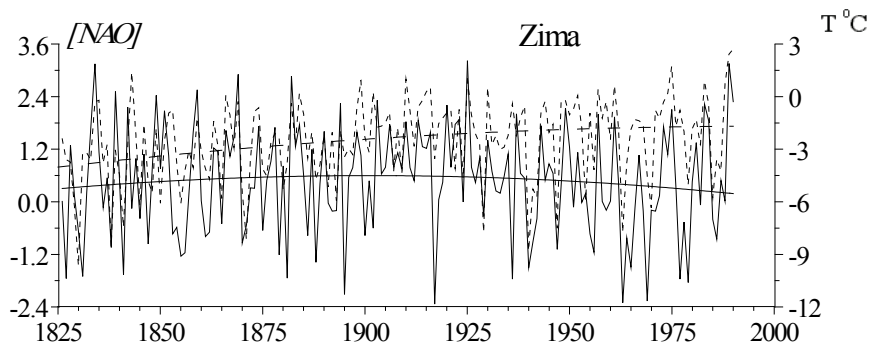
A. Tendencja wiekowa zmian: rok (I-XII)  $A = -0,119$  hPa/100 lat

B. Oscylogram korelacji w pasmie 2,1-175 lat

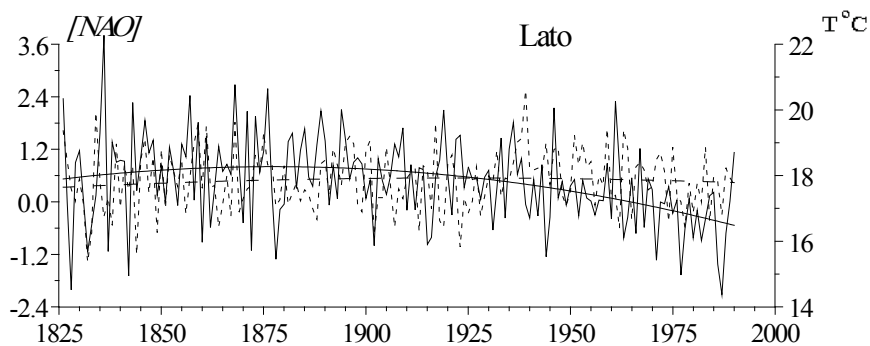
North Atlantic Oscillation index

A. The tendency of secular: year (I-XII)  $A = -0,119$  hPa/100 years

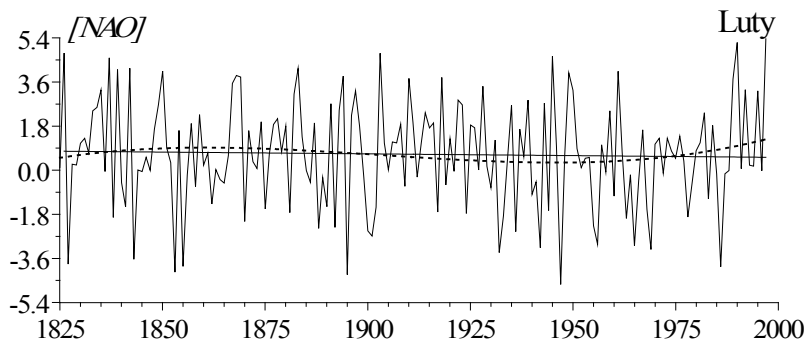
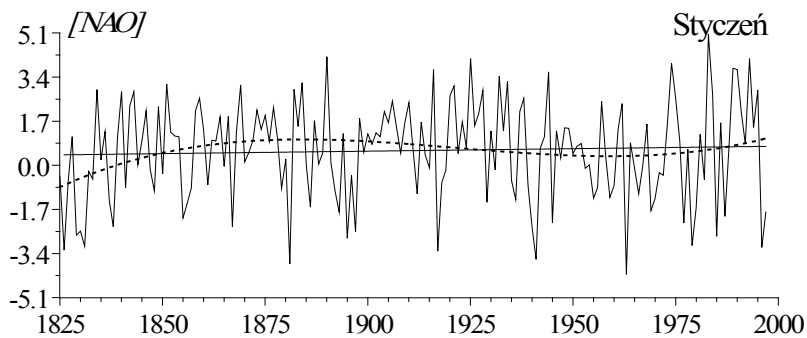
B. Correlation oscilogram in the strip 2,1-175 years



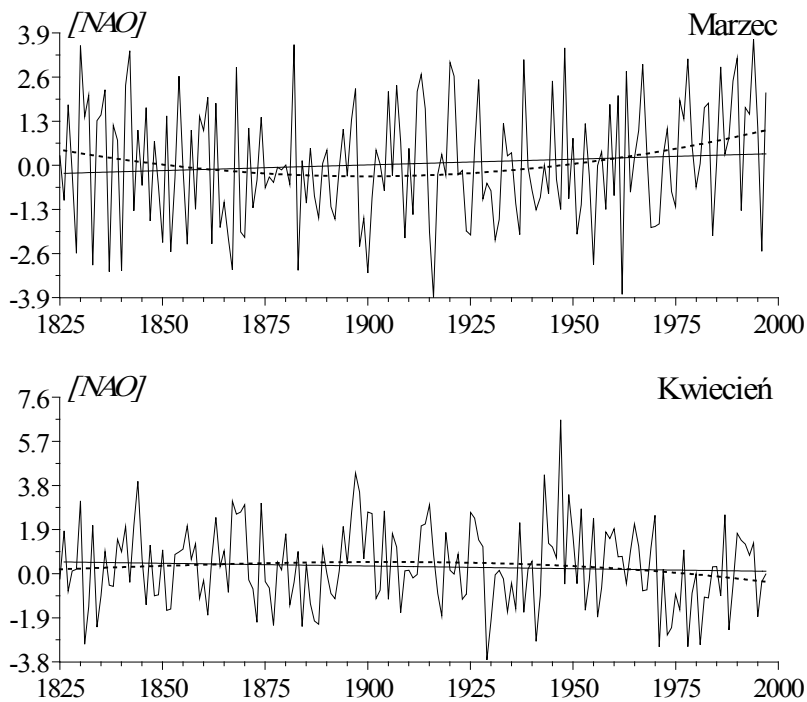
Rys. 7. Zmiany wiekowe Oscylacji Północnoatlantyckiej NAO (linia ciągła) i temperatury powietrza w Warszawie (linia przerywana) w latach (1826-1990) – zima  
 Secular changes of North Atlantic Oscillation index NAO (solid curve) and air temperature in Warsaw (broken curve) in the years 1826-1990 – winter



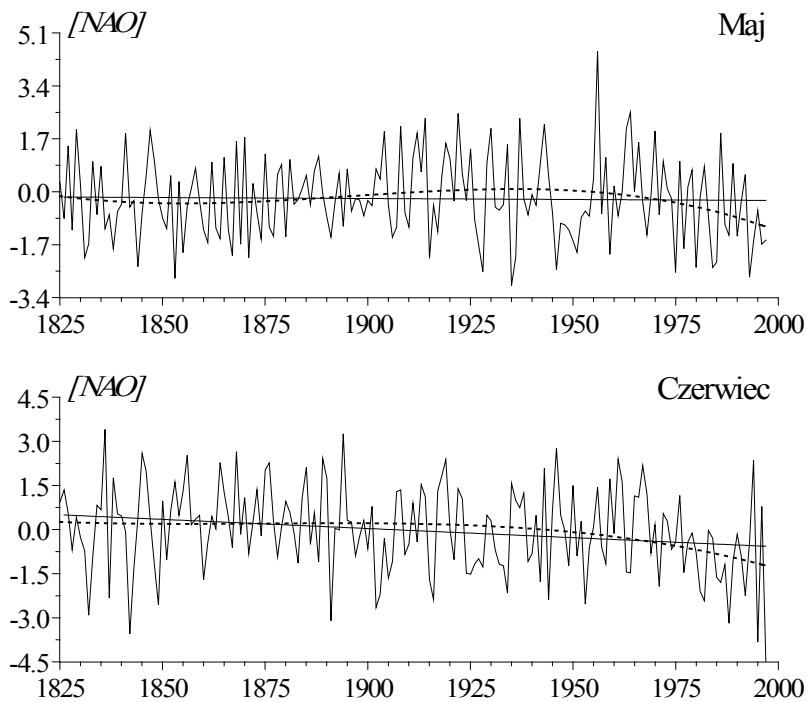
Rys. 8. Zmiany wiekowe Oscylacji Północnoatlantyckiej NAO (linia ciągła) i temperatury powietrza w Warszawie (linia przerywana) w latach (1826-1990) – lato  
 Secular changes of North Atlantic Oscillation index NAO (solid curve) and air temperature in Warsaw (broken curve) in the years 1826-1990 – summer



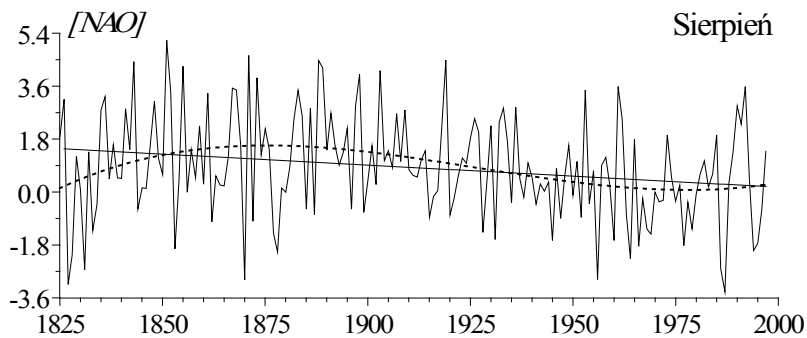
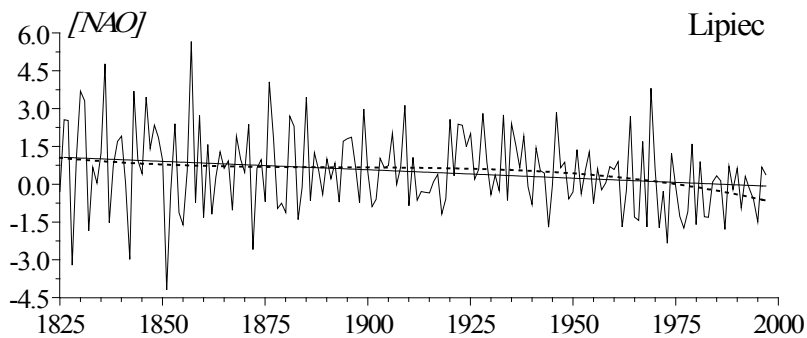
Rys. 9. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 styczeń  $A = 0,190$  hPa/100 lat, luty  $A = 0,144$  hPa/100 lat  
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinominals of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 January  $A = 0,190$  hPa/100 years, February  $A = 0,144$  hPa/100 years



Rys. 10. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 marzec  $A = 0,336 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$ , kwiecień  $A = -0,236 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$   
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 March  $A = 0,336 \text{ hPa}/100 \text{ years}$ , April  $A = -0,236 \text{ hPa}/100 \text{ years}$

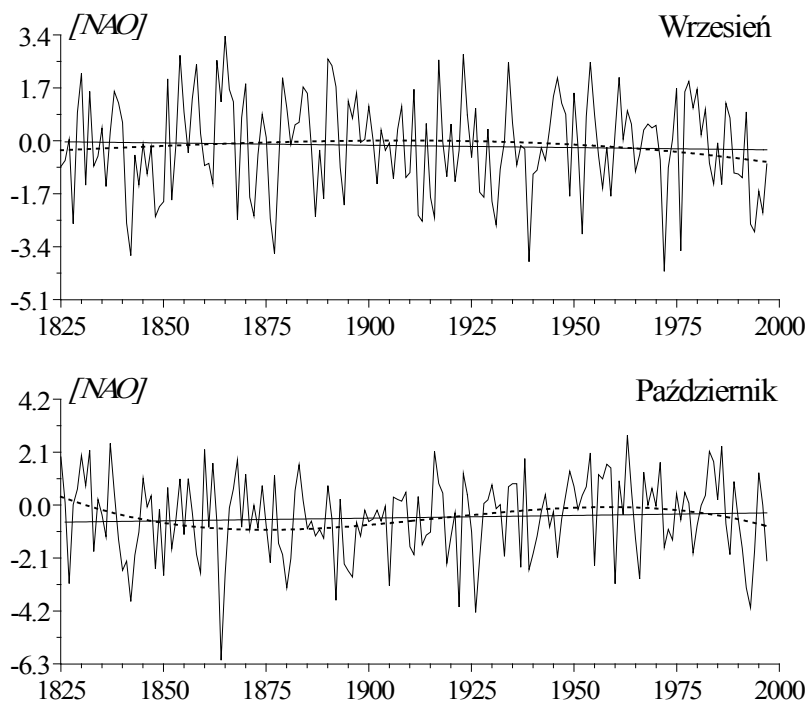


Rys. 11. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 maj  $A = -0,063$  hPa/100 lat, czerwiec  $A = -0,622$  hPa/100 lat  
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 May  $A = -0,063$  hPa/100 years, June  $A = -0,622$  hPa/100 years

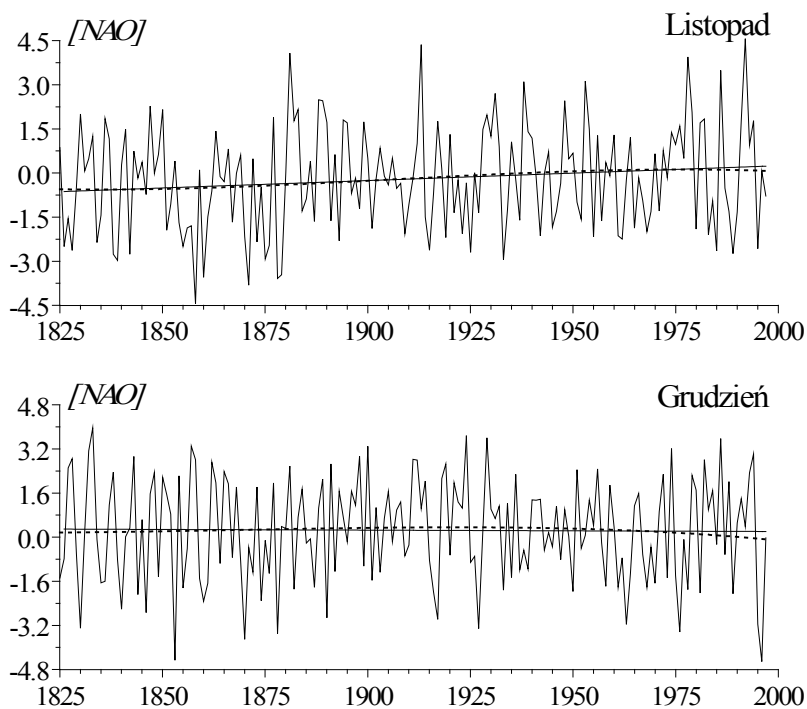


Rys. 12. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 lipiec  $A = -0,667$  hPa/100 lat, sierpień  $A = -0,750$  hPa/100 lat  
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 July  $A = -0,667$  hPa/100 years, August  $A = -0,750$  hPa/100 years

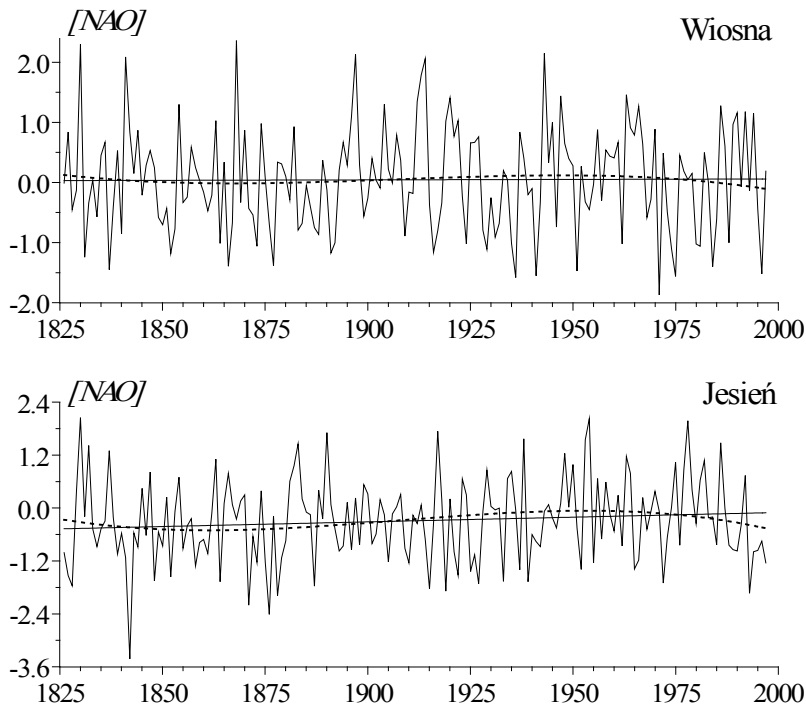




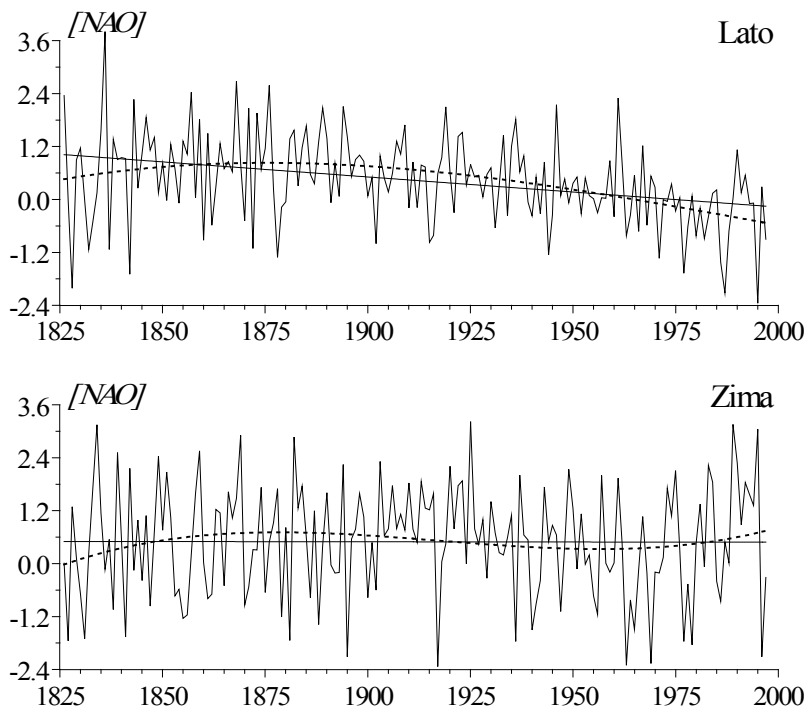
Rys. 13. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 wrzesień  $A = -0,150$  hPa/100 lat, październik  $A = 0,214$  hPa/100 lat  
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 September  $A = -0,150$  hPa/100 years, October  $A = 0,214$  hPa/100 years



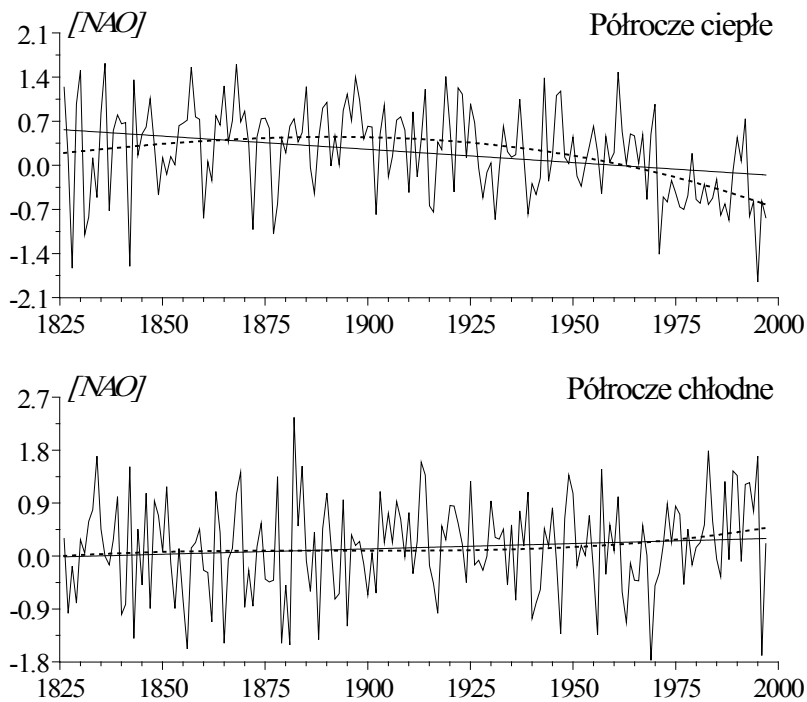
Rys. 14. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 listopad  $A = 0,504 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$ , grudzień  $A = -0,050 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$   
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 November  $A = 0,504 \text{ hPa}/100 \text{ years}$ , December  $A = -0,050 \text{ hPa}/100 \text{ years}$



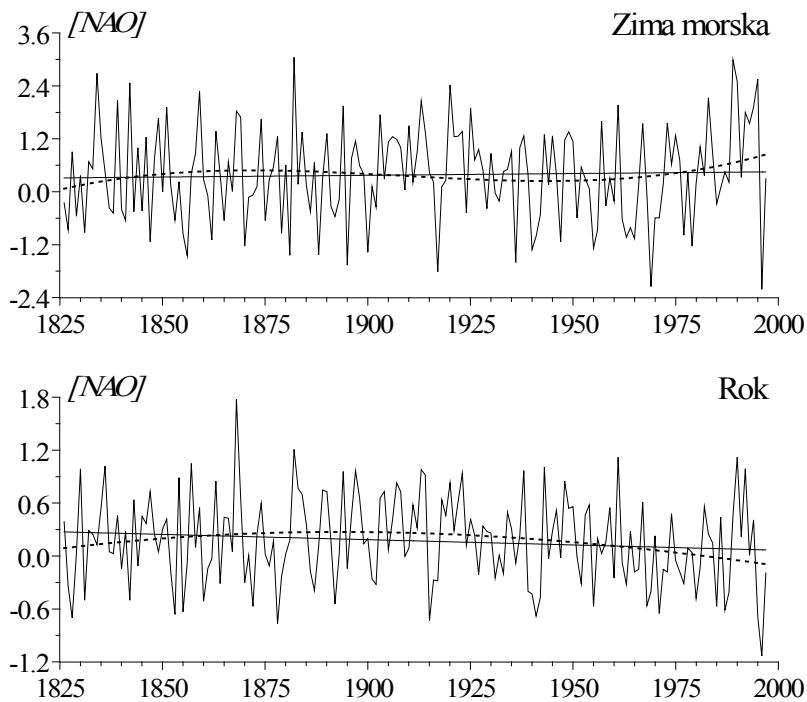
Rys.15. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
wiosna  $A = 0,015$  hPa/100 lat, jesień  $A = 0,212$  hPa/100 lat  
The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinominals of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
spring  $A = 0,015$  hPa/100 years, autumn  $A = 0,212$  hPa/100 lat



Rys. 16. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 lato  $A = -0,683 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$ , zima  $A = -0,412 \text{ hPa}/100 \text{ lat}$   
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinominals of 3 rg degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 summer  $A = -0,683 \text{ hPa}/100 \text{ years}$ , winter  $A = -0,412 \text{ hPa}/100 \text{ years}$



Rys. 17. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 półrocze ciepłe  $A = \text{hPa}/100 \text{ lat}$ ,  
 półrocze chłodne  $A = \text{hPa}/100 \text{ lat}$   
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 warm period  $A = \text{hPa}/100 \text{ years}$ ,  
 cold period  $A = \text{hPa}/100 \text{ years}$



Rys. 18. Tendencje wiekowe (—) i trend czasowy – wielomian regresji 3-go stopnia (- - - -) Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1825-1997  
 zima morska  $A = -0,080$  hPa/100 lat, rok  $A = -0,119$  hPa/100 lat  
 The tendency of secular (—) and temporal trend – regression multinomials of 3 rd degree (- - - -) of North Atlantic Oscillation index *NAO* in the years 1825-1997  
 zima (XII-III)  $A = -0,080$  hPa/100 years, year  $A = -0,119$  hPa/100 years

#### IV. CYKLICZNE WAHANIA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W EUROPIE (1891-1984)

Cyrkulacja atmosferyczna, warunkująca transport ciepła na Ziemi, jest głównym ogniwem mechanizmu przenoszenia zmian aktywności Słońca. Kształtuje ona wieloletnie zmiany klimatu.

Cykliczność cyrkulacji atmosferycznej: wschodniej ( $C_E$ ), zachodniej ( $C_W$ ) i południkowej ( $C$ ) zbadano na podstawie miesięcznych częstości ich występowania w latach 1891-1976 wg klasyfikacji Wangerheima (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1997). Ponadto analizie statystycznej poddano dwa ciągi chronologiczne wskaźnika cyrkulacji strefowej ( $C_I$ ) – tj. różnicy ciśnienia (hPa) między równoleżnikami 35-65° na poziomie morza w latach 1899-1984 i liczby dni cyklonalnych typów cyrkulacji nad Polską ( $C_L$ ) wg Osuchowskiej-Klein w latach 1901-1975 (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1997).

Cyrkulacja wschodnia wynika z ogólnej południkowej cyrkulacji atmosfery i jest związana z przemieszczaniem się antycyklonów dolnej atmosfery ze wschodu. Natomiast cyrkulacja zachodnia jest to strefowe równoleżnikowe przemieszczanie się układów barycznych znad Oceanu Atlantyckiego na kontynent Europy. Cyrkulacja południkowa zaś jest przede wszystkim uwarunkowana klinem wysokiego ciśnienia nad wschodnim Atlantykiem i Półwyspem Skandynawskim. Analogicznej klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej w sektorze Pacyfiku i Ameryki dokonał A. A. Girs (1948), wyodrębniając podobne makrotypy. Wskaźnik cyrkulacji strefowej jest z kolei miarą równoleżnikowego przepływu mas powietrza.

Na podstawie ciągów chronologicznych miesięcznych częstości badanych typów cyrkulacji: wschodniej, zachodniej, południkowej w latach 1891-1976, strefowej (1899-1984) i cyklonalnej (1901-1975) wyznaczono gęste widma oscylacji, wyodrębniając poszczególne miesiące, sezony, półrocza i rok, które przedstawiono na wykresach w X tomie Atlasu (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1997). Cykle cyrkulacji, wyznaczone z dokładnością 0,1 roku zestawiono w tabelach. Wyznaczono także cykle typów cyrkulacji na podstawie ciągów konsekwentnych 12-miesięcznych (sum dni lub średnich wartości) zmieniając okres sinusoidy regresji co jeden miesiąc (0,0833 roku). Materiały źródłowe pochodzą z pracy K. Kożuchowskiego (1990).

Z przeprowadzonych badań wynika, że cyrkulacja atmosferyczna (roczne liczby dni) ulega cykliczności od kilku do kilkudziesięciu lat. Najsilniejsze cykle –  $\Theta$  o największych amplitudach ( $2b$ ) zestawiono poniżej:

Wschodnia	$\Theta$ (lata)	3,0	8,0	9,5	17,0	22,2	30,1	48,0	
	$2b$ (dni)	25,1	24,1	23,5	45,6	37,1	39,6	50,3	
Zachodnia	$\Theta$ (lata)	5,7	8,2	9,4	17,3	30,8	44,6		
	$2b$ (dni)	23,6	22,5	27,6	22,6	36,2	20,5		
Południkowa	$\Theta$ (lata)	3,0	5,7	7,8	11,0	16,5	22,9	61,4	
	$2b$ (dni)	19,5	14,7	18,8	11,4	25,7	27,8	39,4	

Strefowa	$\Theta$ (lata)	2,7	3,6	4,9	8,9	12,4	16,2	23,6	76,3
	$2b$ (dni)	0,91	0,90	0,78	0,64	1,16	0,72	0,89	1,25
Cyklonalna	$\Theta$ (lata)	3,2	4,2	5,3	8,5	11,2	14,1	71,4	
	$2b$ (dni)	17,8	18,7	13,1	15,3	13,5	16,3	12,2	

Wszystkie typy cyrkulacji ulegają cykliczności: 7,8-8,9 lat; 9,5-12,4 lat i 48,0-76,3 lat.

Cykliczność 7-8 letnią potwierdzają badania K. Kozuchowskiego (1990) korelacji między temperaturą powietrza i częstością makrotypów cyrkulacji – z przesunięciem czasowym ciągów chronologicznych.

### 1. Cykle cyrkulacji wschodniej

Cyrkulacja wschodnia w ciągu roku cechuje się cyklami w przedziałach: 2,4-6,7; 7,4-14,0; 14,7-17,8; 21,5-23,8; 27,3-33,8; 44,7-64,5 lat. Najkrótszy cykl trwa 2,4 lat, a najdłuższy 64,5 lat. Dwa najdłuższe cykle cyrkulacji wschodniej mają w poszczególnych miesiącach długości i amplitudy:

	$\Theta$	$2b$	$R$	$\Theta$	$2b$	$R$
I	27,3	3,7	0,161	47,2	6,3	0,278
II	31,2	2,9	0,135	45,1	3,9	0,193
III	32,6	2,2	0,102	60,0	6,1	0,272
IV	27,8	6,0	0,279	49,1	8,6	0,395
V	.	.	.	43,7	9,4	0,430
VI	30,2	4,0	0,198	47,4	3,4	0,171
VII	29,2	7,2	0,308	45,2	8,5	0,371
VIII	30,1	5,6	0,238	47,1	5,8	0,241
IX	31,5	7,1	0,355	53,7	4,5	0,235
X	33,8	9,3	0,419	64,5	7,9	0,339
XI	.	.	.	.	.	.
XII	30,7	5,5	0,219	62,8	5,5	0,210

Wahania liczby dni o cyrkulacji wschodniej w tych długich dwóch cyklach są największe: do 9,3 dni w cyklu 33,8 lat i 9,4 dni – w cyklu 43,7 lat, co stanowi około 30% wszystkich dni. Cykle te więc kształtują wieloletnią zmienność cyrkulacji wschodniej w Europie.



Długości cykli w poszczególnych porach roku są zbliżone:

Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Półrocze chłodne		Półrocze ciepłe	
Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R	Θ	R
3,0	0,245	3,0	0,172	2,9	0,220	3,0	0,277	2,9	0,250	3,0	0,183
4,4	0,216	4,4	0,210	4,7	0,240	5,2	0,201	3,9	0,211	4,4	0,207
7,7	0,223	6,5	0,170	7,7	0,308	7,4	0,261	7,4	0,297	.	.
.	.	12,0	0,224	10,7	0,208	11,7	0,181	8,5	0,271	12,1	0,214
17,0	0,338	17,0	0,304	14,7	0,310	16,5	0,264	16,6	0,296	17,0	0,257
24,2	0,217	21,7	0,158	22,7	0,291	21,5	0,176	22,0	0,238	22,2	0,225
31,0	0,240	30,0	0,285	31,3	0,401	29,8	0,154	30,3	0,274	30,5	0,302
49,6	0,428	44,7	0,359	55,7	0,236	53,7	0,243	53,1	0,256	44,9	0,435

W obu półroczach: chłodnym (X-III) i ciepłym (IV-IX) występuje prawie taka sama periodyczność cyrkulacji wschodniej.

Wahania roczne cyrkulacji wschodniej opisuje równanie sinusoidy o amplitudzie 7,1 dni:

$$C_E = 12,094 + 3,547 \sin(2\pi t + 0,7493), \quad R = 1,154$$

Maksimum w cyklu rocznym przypada na przełomie stycznia i lutego, a minimum – na przełomie sierpnia i września.

Cyrkulacja wschodnia w latach 1891-1976 ma tendencję rosnącą – wszystkie współczynniki regresji są dodatnie. Przyrosty liczby dni zmieniają się w ciągu roku od  $A = 1,6$  – październik,  $3,2$  dni/100 lat marzec do  $17,5$  – lipiec,  $19,7$  dni/100 lat – sierpień. W miesiącach zimowych tendencje  $A$  są nieistotne statystycznie na poziomie istotności  $0,05$ . Współczynniki korelacji są istotne statystycznie na poziomie ufności  $99\%$ .

Tendencje cyrkulacji wschodniej w porach roku wynoszą:

	$A$	$R$
Zima	21,9	0,30
Wiosna	24,3	0,40
Lato	51,2	0,71
Jesień	22,7	0,34
Rok	119,4	0,68

W lecie przyrost częstości występowania typu cyrkulacji wschodniej wynosi średnio  $5,1$  dni/100 lat. Roczne liczby dni z cyrkulacją wschodnią wzrastały (w latach 1891-1976) średnio o  $11,9$  dni/100 lat.

## 2. Cykle cyrkulacji zachodniej

Cyrkulacja zachodnia ulega periodycznym zmianom o długościach okresów: 2,3-6,0; 7,4-14,3; 15,4-18,2; 20,5-26,0; 29,4-35,3; 52,2-89,0 lat. Najkrótszy cykl trwa 2,3 lat, a najdłuższy 89,0 lat.

Interesujące są najdłuższe cykle cyrkulacji zachodniej, stwierdzone w maju i listopadzie:

$$\text{maj} \quad C_w = 7,87 + 3,887 \sin\left(\frac{2\pi}{86,6}t - 0,1773\right), \quad R = 0,426$$

$$\text{listopad} \quad C_w = 10,96 + 3,620 \sin\left(\frac{2\pi}{89,0}t - 0,3445\right), \quad R = 0,341$$

które są zbliżone do długości cykli aktywności Słońca.

Amplitudy tych cykli  $2b$  wynoszą: 7,8; 7,3 dni i są istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05. Oto daty maksimum tych najdłuższych cykli:

Maj (88,6 lat)	Listopad (88,0 lat)
1827	1819
1914	1907
2001	1995

Na uwagę zasługują też cykle o długościach 29,4-35,3 lat, zbliżone do cykli Brücknera opadów atmosferycznych:

	IV	VI	VII	VIII	X	XII
$\Theta$ (lat)	35,3	33,8	29,4	29,6	31,5	30,5
$2b$ (dni)	7,0	7,3	5,1	6,4	8,3	5,9
$R$	0,37	0,38	0,29	0,28	0,38	0,27

Wahania liczby dni o cyrkulacji zachodniej w tym cyklu o długościach 29,4-35,3 lat wynoszą 5,1-8,3 dni, co stanowi około 25% wszystkich dni.

Długości najsilniejszych cykli w poszczególnych porach roku i półroczach są następujące:

Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Półrocze chłodne		Półrocze ciepłe	
$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$
4,4	0,24	6,3	0,25	7,6	0,32	2,4	0,28	7,4	0,26	9,2	0,26
9,0	0,27	17,4	0,27	8,4	0,27	9,8	0,23	8,7	0,29	17,2	0,28
37,6	0,24	30,3	0,39	10,9	0,25	43,7	0,23	.	.	31,2	0,34
.	.	.	.	14,4	0,31	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	31,4	0,32	.	.	.	.	.	.

We wszystkich porach roku występuje cykl o długościach od 30,3 lat (lato) do 43,7 lat (zima).

Wahania roczne cyrkulacji zachodniej opisuje równanie sinusoidy regresji o amplitudzie 4,0 dni:

$$C_w = 10,287 + 2,00 \sin(2\pi t + 2,7557), \quad R = 0,191$$

Maksimum w cyklu rocznym przypada na początek stycznia, a minimum w lipcu.

Cyrkulacja zachodnia w latach 1891-1976 ma tendencję malejącą. Wszystkie współczynniki regresji  $A$  są ujemne niezależnie od pory roku. Wahają się one od  $A = -4,3$  dni/100 lat (w marcu) do  $A = -18,8$  dni/100 lat (w sierpniu). Współczynniki korelacji  $r$  odpowiednio wynoszą  $-0,15$  i  $-0,56$ . Na ogół współczynniki korelacji są istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05, a nawet na poziomie ufności 99% (np. lipiec, sierpień).

Tendencje cyrkulacji zachodniej w porach roku wynoszą:

	$A$	$R$
Zima	24,0	0,43
Wiosna	19,7	0,40
Lato	39,3	0,49
Jesień	30,0	0,46
Rok	112,5	0,73

Spadki liczby dni o cyrkulacji zachodniej są największe w lecie (39,3 dni/100 lat), a najmniejsze wiosną (19,7 dni/100 lat). Roczne liczby dni z cyrkulacją zachodnią malały w latach 1891-1976 o 112,5 dni/100 lat.

Stale spadki liczby dni z cyrkulacją zachodnią w półroczu ciepłym  $A = -70,1$  dni/100 lat są prawie dwukrotnie większe niż w półroczu chłodnym  $A = -42,3$  dni/100 lat. Stąd sumy roczne maleją o 112,5 dni/100 lat.

### 3. Cykle cyrkulacji południkowej

Okresy cyrkulacji południkowej zawierają się w przedziałach: 2,3-6,4; 7,6-14,0; 15,9-17,1; 22,6-24,0; 29,2-33,9; 47,0-47,7; 58,4-67,3; 73,0-85,8 lat.

Najdłuższe cykle cyrkulacji południkowej mają długości:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$ (lat)	58,4	33,9	67,3	47,0	47,7	39,9	42,3	59,8	77,4	73,0	59,5	85,8
$2b$ (dni)	5,3	3,2	4,4	4,3	9,0	5,7	6,9	4,1	4,3	6,7	3,8	3,2
$R$	0,30	0,25	0,25	0,25	0,47	0,33	0,35	0,25	0,24	0,34	0,23	0,20

Ich średnia długość  $\Theta$  jest równa 57,7 lat, a najdłuższy cykl roczny liczb z cyrkulacją południkową wynosi 61,4 lat.

Roczne sumy dni z cyrkulacją południkową ulegają cykliczności:

$\Theta$ (lat)	3,0	7,8	16,5	22,9	61,4
$2b$ (dni)	19,5	18,8	25,7	27,8	39,4
$R$	0,26	0,26	0,34	0,38	0,51

Najdłuższy okres  $\Theta = 61,4$  lat jest wypadkową cykli poszczególnych miesięcy z przedziału 39,9-85,8 lat.

Interesująca jest zbieżność długości cyrkulacji południkowej w styczniu (58,4 lat) i aktywności Słońca (59,0 lat w latach 1749-1980).

$$C = 6,61 + 2,659 \sin\left(\frac{2\pi}{58,4}t + 0,4695\right),$$

$$W = 48,24 + 14,24 \sin\left(\frac{2\pi}{59,0}t + 2,217\right).$$

Cykle te są synchroniczne – ekstrema sinusoid regresji występują w tych samych latach.

$C_{\max}$	$W_{\max}$	$C_{\min}$	$W_{\min}$
1900	1902	1929	1931
1958	1960	1987	1990
2016	2020	2045	2049

Wspiera to hipotezę B. Haurwitza (1946) o wzmożonej cyrkulacji południkowej podczas maksimów aktywności Słońca. Zgodność występuje również w przypadku cykli 11-letnich cyrkulacji południkowej ( $C$ ) i aktywności Słońca ( $W$ ):

$$\text{Styczeń } C = 7,02 + 2,741 \sin\left(\frac{2\pi}{11,4}t - 0,8040\right), \quad R = 0,320$$

$$W = 48,32 + 27,14 \sin\left(\frac{2\pi}{11,0}t - 0,283\right).$$

$$\text{Listopad } C = 6,21 + 1,981 \sin\left(\frac{2\pi}{11,4}t - 3,0608\right), \quad R = 0,243$$

$$W = 50,01 + 27,56 \sin\left(\frac{2\pi}{11,0}t - 0,751\right).$$

Najdłuższymi cyklami cyrkulacji południkowej są: 77,4 lat (wrzesień) i 85,8 lat (grudzień):

$$C = 7,209 + 2,157 \sin\left(\frac{2\pi}{77,4}t - 2,7457\right), \quad R = 0,242,$$

$$C = 5,963 + 1,577 \sin\left(\frac{2\pi}{85,8}t - 2,5997\right), \quad R = 0,204.$$

Najbardziej są one zbliżone do odpowiednich cykli aktywności Słońca (z lat 1749-1980): 92 lat, 93 lat.

Tendencja cyrkulacji południkowej w latach 1891-1976 zmienia znak w ciągu roku. Największy spadek liczby dni występuje w czerwcu ( $A = -5,9$  dni/100 lat,  $r = 0,25$ )

i lipcu ( $A = -5,2$  dni/100 lat,  $r = 0,19$ ). Natomiast największy wzrost liczby dni z cyrkulacją południkową występuje jesienią – we wrześniu ( $A = 4,5$  dni/100 lat,  $r = 0,19$ ) i październiku ( $A = 4,5$  dni/100 lat,  $r = 0,17$ ).

Cyrkulacja południkowa w lecie maleje o 12,5 dni/100 lat, a w półroczu ciepłym – średnio o 13,9 dni/100 lat. W niektórych miesiącach tendencja cyrkulacji południkowej jest nieistotna statystycznie na poziomie istotności 0,05. Tendencja wiekowa rocznych liczb z typem cyrkulacji południkowej jest ujemna ( $A = -6,5$  dni/100 lat,  $r = -0,06$ ) i jest także nieistotna na poziomie ufności 95%.

#### 4. Cykle cyrkulacji cyklonalnej

Cykliczne wahania cyrkulacji cyklonalnej opracowano na podstawie liczby dni cyklonalnych typów cyrkulacji nad Polską ( $C_L$ ) wg Osuchowskiej-Klein w latach 1901-1975.

Cyrkulacja cyklonalna podobnie jak wschodnia, zachodnia i południkowa (miesięczne, sezonowe, półroczne i roczne liczby dni), ulega cykliczności od kilku do kilkudziesięciu lat.

W przebiegu rocznym na uwagę zasługują następujące przedziały: 2,2-4,3; 5,2-7,7; 8,6-9,5; 10,9-11,7; 14,6-20,0; 23,6-27,6; 33,1-63,5 lat.

Najkrótszy cykl ma długość 2,2 lat, a najdłuższy – 63,5 lat (grudzień).

Najdłuższe cykle (istotne statystycznie na poziomie ufności 95%) opisują równania sinusoid regresji (w kwietniu i grudniu):

$$C_L = 14,52 + 2,036 \sin\left(\frac{2\pi}{53,8}t - 1,9869\right), \quad R = 0,258,$$

$$C_L = 16,43 + 2,545 \sin\left(\frac{2\pi}{63,5}t - 0,0412\right), \quad R = 0,265.$$

Są one zbliżone do znanych cykli aktywności Słońca o długościach 57,0 i 60,0 lat (z lat 1749-1980):

$$W = 50,32 + 18,83 \sin\left(\frac{2\pi}{57,0}t - 0,071\right), \quad F = 12,09,$$

$$W = 50,51 + 13,77 \sin\left(\frac{2\pi}{60,0}t - 1,935\right), \quad F = 12,09.$$

Oto daty maksimów tych najdłuższych cykli w kwietniu ( $C_L - 53,8$  lat,  $W - 57,0$  lat):

$C_L$	$W$
1876	1877
1931	1934
	1991

Duże znaczenie poznawcze, wyjaśniające cykl Brücknera opadów atmosferycznych, mają cykle o długości około 30-35 lat:

	I	II	V	VI	IX	XI	XII
$\Theta$ (lat)	31,8	34,1	33,1	27,6	30,3	30,8	32,3
$2b$ (dni)	2,85	4,29	3,68	5,64	3,54	3,42	2,41
$R$	0,15	0,23	0,21	0,34	0,22	0,18	0,13

Wahania liczby dni o cyrkulacji cyklonalnej w tych cyklach wynoszą od 2,9 do 5,6 dni, co stanowi około 20% wszystkich dni.

Cyrkulacja cyklonalna ulega także cykliczności około 20-letniej – takiej, jak najsilniejsze cykle niektórych parametrów Układu Słonecznego, np. wypadkowa sił grawitacji planet (19,92 lat,  $R = 0,617$ ), siły pływowe na Słońcu (19,92 lat,  $R = 0,384$ ), odległość środka masy Układu Słonecznego od Słońca (19,83 lat,  $R = 0,808$ ), przyspieszenia Słońca w jego ruchu dookoła środka masy US (20,0 lat,  $R = 0,237$ ).

Długości najsilniejszych cykli w poszczególnych porach roku i półroczach są następujące:

Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Półrocze chłodne		Półrocze ciepłe	
$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$
2,8	0,31	2,2	0,29	3,4	0,30	2,5	0,25	2,4	0,26	2,2	0,29
3,5	0,30	2,8	0,33	12,0	0,28	4,2	0,29	3,5	0,31	4,2	0,36
4,9	0,27	3,4	0,28	52,8	0,34	<u>7,4</u>	<u>0,41</u>	5,0	0,28	4,8	0,27
5,4	0,31	4,2	0,26	.	.	78,7	0,26	<u>7,5</u>	<u>0,32</u>	5,3	0,28
<u>31,3</u>	<u>0,28</u>	<u>7,9</u>	<u>0,28</u>	.	.	.	.	12,6	0,25	17,7	0,25
.	.	18,1	0,32	.	.	.	.	66,6	0,31	29,4	0,27
.	.	42,1	0,39	.	.	.	.	.	.	.	.

Trzeba podkreślić, że cykl około 30-letni cyrkulacji cyklonalnej (wiosna –  $\Theta = 31,3$  lat,  $R = 0,28$  i półrocze ciepłe –  $\Theta = 29,4$  lat,  $R = 0,27$ ), warunkujący cykl Brücknera opadów atmosferycznych, jest prawie taki sam, jak najsilniejszy cykl  $\Theta = 29,5$  lat odległości środka masy Układu Słonecznego od płaszczyzny ekliptyki ( $R = 0,682$ ).

Przekonamy się później, że cykl około 8-letni (lato –  $\Theta = 7,9$  lat,  $R = 0,28$  i zima –  $\Theta = 7,4$  lat,  $R = 0,41$ ) kształtuje okresowość 8-letnią temperatury powietrza w Europie (i Polsce). Najdłuższe cykle cyrkulacji cyklonalnej w porach roku opisuje równanie sinusoidy regresji o amplitudzie  $2b = 2,9$  dni:

$$C_L = 13,82 + 1,449 \sin(2\pi t + 1,2288), \quad R = 0,158.$$

Maksimum tego typu cyrkulacji przypada w połowie stycznia, a minimum roczne – w lipcu.

Cyrkulacja cyklonalna w latach 1901-1975 ma tendencję malejącą, z wyjątkiem maja, czerwca i października, kiedy to zaznacza się tendencja rosnąca – nieistotna statystycznie na poziomie istotności 0,05.

Największe spadki liczby dni z cyrkulacją cyklonalną występują w zimie ( $A = -13,3$  dni/100 lat) i półroczu chłodnym ( $A = -18,5$  dni/100 lat). W tych przypadkach współczynniki korelacji  $r$  (zima  $r = -0,25$ , półrocze chłodne  $r = -0,22$ ) są istotne statystycznie na poziomie ufności 95%.

Roczne liczby dni z cyrkulacją cyklonalną malały w latach 1901-1975 średnio o 20,4 dni/100 lat ( $r = -0,20$ ). W półroczu ciepłym cyrkulacja cyklonalna nie ulegała istotnym zmianom czasowym ( $A = -3,1$  dni/100 lat,  $r = -0,05$ ). Podobnie jest w przypadku wiosny ( $A = -0,3$  dni/100 lat,  $r = -0,02$ ) i jesieni ( $A = -1,7$  dni/100 lat,  $r = -0,03$ ).

## 5. Cykle cyrkulacji strefowej

Analizie statystycznej poddano także ciągi chronologiczne wskaźnika cyrkulacji strefowej ( $C_1$ ) – tj. różnicy ciśnienia (hPa) między równoleżnikami  $35^{\circ}$ - $65^{\circ}$  na poziomie morza w latach 1899-1984. Rzeczywiste cykle z cyrkulacją strefową wyznaczono w poszczególnych miesiącach, porach roku, półroczach i roku.

Gęste widma oscylacji strefowej ( $C_1$ ) zawierają cykle krótkie (paroletnie), średnie (kilkunastoletnie) i długie (kilkudziesięcioletnie). Biorąc pod uwagę poszczególne miesiące można wyodrębnić przedziały: 2,2-4,3; 5,2-8,1; 9,1-13,4; 14,5-17,1; 22,0-24,4; 25,3-27,0; 62,5-80,0 lat. Długość cykli zmienia się od 2,2 lat do 80,0 lat (styczeń).

Najdłuższymi cyklami w poszczególnych miesiącach, sezonach, półroczach i roku są:

	I	II	XI	XII	Zima	Półrocze chłodne	Rok
$\Theta$ (lat)	80,0	78,9	62,5	73,8	76,7	74,9	76,3
$R$	0,29	0,26	0,34	0,25	0,41	0,42	0,35

Silne (o dość dużych amplitudach) są cykle o długościach 9,1-13,4 lat:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$\Theta$ (lat)	12,5	11,8	9,4	11,7	10,4	13,4	11,1	11,9
$R$	0,20	0,19	0,23	0,35	0,21	0,27	0,16	0,24

Cykle te są zbliżone do cyklu 11-letniego aktywności Słońca, a także do cykli planetarnych: okresu obiegu Jowisza dookoła Słońca – 11,86 lat i jego wzajemnego położenia względem innych planet: Urana – 13,81 lat i Neptuna – 12,78 lat.

Cyrkulacja strefowa  $C_1$  cechuje się dużymi wahaniami rocznymi. Opisane są one równaniem sinusoidy regresji

$$C_1 = 4,216 + 2,7065 \sin(2\pi t + 2,1897), \quad R = 0,511$$

o amplitudzie  $2b = 5,4$  hPa. Maksimum w cyklu rocznym przypada w grudniu, a minimum – w czerwcu.

Największymi spadkami indeksu cyrkulacji strefowej  $C_1$  cechują się miesiące zimowe – od 1,88 do 4,64 hPa/100 lat. Tendencja malejąca cyrkulacji  $C_1$  w zimie wynosi średnio  $A = -3,44$  hPa/100 lat ( $r = -0,28$ ). Półrocze chłodne charakteryzuje się tendencją

$A = -2,02$  hPa/100 lat ( $r = -0,27$ ). Wyjątkiem jest czerwiec, w którym tendencja cyrkulacji strefowej jest rosnąca ( $A = 1,79$  hPa/100 lat,  $r = 0,25$ ) i istotna statystycznie na poziomie ufności 95%. Dodatkowo współczynniki regresji w październiku ( $A = 0,53$  hPa/100 lat,  $r = 0,06$ ) i listopadzie ( $A = 0,15$  hPa/100 lat,  $r = 0,01$ ) są nieistotne statystycznie na poziomie ufności 95%, a nawet 90%.

Średnia roczna wartości indeksu cyrkulacji strefowej maleje w latach 1899-1984 – średnio o 1,13 hPa/100 lat ( $r = 0,23$ ).

Największą liczbę cykli wyznaczono na podstawie ciągów chronologicznych średnich konsekwentnych 12-miesięcznych wartości (średnich rocznych ruchomych). Okresy rzeczywiste  $\Theta$  (lat) cyrkulacji wschodniej ( $C_E$ ), zachodniej ( $C_W$ ), południkowej ( $C$ ), cyklonalnej ( $C_L$ ) i strefowej ( $C_I$ ) i odpowiadające im współczynniki korelacji wielokrotnej  $R$  zestawiono niżej:

$C_E$		$C_W$		$C$		$C_L$		$C_I$	
$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$	$\Theta$	$R$
1,50	0,073	1,92	0,073	1,50	0,073	2,08	0,138	1,50	0,073
1,75	0,076	2,17	0,089	1,92	0,077	2,25	0,177	1,83	0,080
2,08	0,088	2,50	0,104	2,08	0,150	2,50	0,165	2,25	0,228
2,25	0,070	3,00	0,087	2,50	0,048	2,67	0,099	2,42	0,158
2,50	0,078	3,17	0,121	2,67	0,086	3,08	0,093	2,67	0,212
2,83	0,140	3,67	0,096	2,83	0,176	3,25	0,243	3,00	0,211
3,00	0,184	3,92	0,132	3,00	0,238	3,42	0,221	3,67	0,176
3,33	0,129	4,25	0,097	3,17	0,113	3,83	0,147	4,08	0,181
3,75	0,081	5,00	0,128	3,33	0,149	4,25	0,278	4,42	0,044
3,91	0,099	5,75	0,199	3,58	0,115	4,92	0,235	4,83	0,186
4,17	0,094	6,33	0,170	4,00	0,084	5,25	0,196	5,67	0,179
4,33	0,111	7,25	0,160	4,33	0,093	6,00	0,147	6,67	0,067
5,00	0,134	8,17	0,175	4,67	0,130	6,67	0,075	7,83	0,142
5,58	0,075	9,50	0,211	5,25	0,182	7,33	0,193	8,92	0,185
6,08	0,074	11,75	0,141	5,83	0,230	8,50	0,175	10,17	0,202
6,50	0,109	14,08	0,181	6,42	0,174	10,17	0,210	12,25	0,341
7,25	0,158	17,17	0,232	7,00	0,122	12,92	0,255	16,08	0,210
8,00	0,188	21,83	0,176	7,83	0,244	23,42	0,107	23,75	0,261
9,50	0,153	30,50	0,354	9,25	0,119	69,33	0,217	75,67	0,381
10,33	0,143	46,25	0,197	11,08	0,132	.	.	.	.
12,08	0,124	.	.	16,33	0,339	.	.	.	.
14,00	0,094	.	.	22,83	0,350	.	.	.	.
16,92	0,393	.	.	61,17	0,491	.	.	.	.
22,17	0,287	.	.	.	.	.	.	.	.
29,75	0,344	.	.	.	.	.	.	.	.
48,17	0,426	.	.	.	.	.	.	.	.

Wyszczególnione cykle są istotne na poziomie ufności co najmniej 90% ze względu na duże liczebności ( $C_E, C_W, C - n = 1021$ ). Największymi amplitudami wahań cechują



cykle się najdłuższe (46,25-75,67 lat). Współczynniki korelacji  $R$  sięgają wartości 0,49 ( $\Theta = 61,17$  lat) w przypadku cyrkulacji południkowej. Bardzo silne są cykle: 48-letni ( $R = 0,43$ ) cyrkulacji wschodniej i 76-letni cyrkulacji strefowej ( $R = 0,38$ ), a także 30-letni cyrkulacji zachodniej ( $R = 0,35$ ), kształtujący opady atmosferyczne (cykl Brücknera).

Cykle te o dość dużych amplitudach kształtowały klimat Europy w ostatnim stuleciu.

Cyrkulację atmosferyczną cechuje duża liczba cykli krótkich – kilkuletnich. Na przykład w przedziale 2-4 lat jest: 8 cykli cyrkulacji wschodniej i cyklonalnej oraz 9 cykli cyrkulacji południkowej.

Cyrkulacja atmosferyczna: wschodnia, zachodnia, południkowa (1891-1976), cyklonalna (1901-1975), strefowa (1899-1984) w przedziałach obserwacji ulegała systematycznym zmianom. Tendencje średnie określają równania prostych regresji  $y = A_0 + At$ . Współczynniki regresji  $A$  wyrażone na 100 lat wynoszą:

	Zima		Lato		Rok	
	$A$	$r$	$A$	$r$	$A$	$r$
Wschodnia	21,1	0,30	51,2	0,71	119,4	0,68
Zachodnia	-24,0	-0,43	-39,3	-0,63	-112,5	0,73
Południkowa	3,3	0,07	-12,5	-0,26	-6,5	-0,06
Cyklonalna	-14,3	-0,25	-8,6	-0,03	-20,4	-0,20
Strefowa	-3,4	-0,28	-0,0	-0,01	-1,1	-0,23

Znamienny jest bardzo duży wzrost liczby dni z cyrkulacją wschodnią: w zimie 21,1 dni/100 lat, w lecie aż 51,2 dni/100 lat, a w roku 119,4 dni/100 lat. Odpowiednio obserwuje się bardzo duży spadek liczby dni z cyrkulacją zachodnią: w zimie o 24,0 dni/100 lat, w lecie o 39,3 dni/100 lat, a w roku – o 112,5 dni/100 lat. Maleje również liczba dni z cyrkulacją cyklonalną – o 14,3 dni/100 lat w zimie. Obserwuje się też spadek cyrkulacji strefowej ( $C_I$ ) o 3,4 hPa/100 lat w zimie. Jedynie ciąg chronologiczny indeksu cyrkulacji strefowej ( $C_I$ ) wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein sięga ostatnich lat (1899-1984). Temu osłabieniu cyrkulacji strefowej (równoleżnikowej), głównie w zimie odpowiadają coraz cieplejsze zimy w Europie (w Warszawie w latach 1779-1990 o  $1^\circ\text{C}/100$  lat, Genewie w latach 1768-1980 – o  $0,5^\circ\text{C}/100$  lat).

W zakończeniu przykładowo podano prognozę sum rocznych liczby dni o cyrkulacji wschodniej ( $C_E$ ), zachodniej ( $C_W$ ) i południkowej ( $C$ ) w latach 1991-2020:

	$C_E$	$C_W$	$C$
1991	153,3	137,8	86,1
1992	138,7	141,1	84,4
1993	153,2	145,2	86,2
1994	132,3	<u>145,5</u>	91,8
1995	<u>111,7</u>	138,9	98,7
1996	135,3	125,9	103,5
1997	133,4	110,6	103,4

	$C_E$	$C_W$	$C$
1998	131,4	98,2	98,2
1999	153,4	<u>93,1</u>	90,1
2000	<u>160,0</u>	65,8	83,2
2001	138,6	103,4	<u>80,4</u>
2002	154,8	111,1	80,4
2003	140,3	114,6	88,6
2004	127,8	113,2	94,6
2005	156,6	109,2	98,3
2006	152,9	166,6	99,2
2007	141,4	108,6	99,1
2008	158,6	115,1	101,1
2009	136,3	123,2	107,2
2010	109,3	128,7	117,2
2011	123,8	128,5	128,5
2012	114,6	122,9	136,9
2013	<u>111,4</u>	115,8	<u>139,4</u>
2014	149,6	111,8	135,4
2015	153,9	114,3	127,0
2016	149,9	123,4	117,7
2017	176,8	135,4	110,8
2018	168,3	144,8	107,3
2019	159,7	<u>147,5</u>	105,8
2020	<u>190,2</u>	142,8	103,5

W prognozowanym 30-leciu 1991-2020 najmniejsza częstość cyrkulacji wschodniej wystąpiła w roku 1995 (112 dni) i wystąpi w roku 2013 (111 dni), a największa – w roku 2000 (160 dni) i 2020 (190 dni). Można także oczekiwać, iż w roku 2019 (148 dni) liczba przypadków o cyrkulacji zachodniej będzie największa, a w roku 1999 (93 dni) – najmniejsza.

Z kolei najmniejsza częstość cyrkulacji południkowej (80 dni) wystąpi w roku 2001, a największa (139 dni) – w 2013 roku.

## V. OKRESOWE ZMIANY CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO W WARSZAWIE W TRZYDZIESTOLECIU 1966-1995

Ciśnienie atmosferyczne jest elementem meteorologicznym rzadko badanym pod względem cykliczności, mimo że warunkuje ono zmiany klimatu. W Warszawie istnieje odpowiednio długa seria pomiarów ciśnienia, rozpoczęta w 1825 roku. Na ogół we wcześniejszych pracach zwrócono uwagę na przebieg roczny ciśnienia i jego geograficzny rozkład w Polsce i Europie.

Na przykład R. Merecki (1916), analizując przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w latach 1826-1900, stwierdził, że maksimum główne przypada w styczniu, wtórne – we wrześniu, a minimum główne występuje w marcu i wtórne w lipcu. Ponadto zauważył on, że średnie ciśnienie z roku na rok ulega znacznym wahaniom. Na podstawie danych z 30-lecia 1851-1980 w Warszawie wyznaczył średnią zmienność ciśnienia w odniesieniu do średniej wieloletniej. I tak w Warszawie zmienność ciśnienia od października wzrasta osiągając maksimum w grudniu, a od kwietnia następuje spadek do minimum w lipcu. Podobnie jest w przypadku innych miejscowości europejskich.

Z kolei W. Gorczyński (1917) wykazał, że na tej samej wysokości nad poziomem morza w zbliżonych szerokościach geograficznych ciśnienie atmosferyczne jest większe zimą niż latem. W innej pracy (1917) stwierdził ten autor, że ciśnienie atmosferyczne w latach 1851-1900 w Warszawie jest dodatnio skorelowane z ciśnieniem w innych 50 miejscowościach, w tym 8 poza Europą. Korelacja jest największa w styczniu, a najmniejsza w czerwcu. W półroczu zimowym korelacja jest największa i „rozciąga się” na największe odległości. W przypadku miejscowości poza Europą korelacja zanika (współczynniki korelacji bliskie zera).

Poza tym stwierdził on, że korelacja między temperaturą powietrza i ciśnieniem atmosferycznym jest dodatnia w lecie, a ujemna w zimie. W zimie wzrostowi ciśnienia atmosferycznego towarzyszy spadek temperatury powietrza.

W. Zinkiewicz (1934) określił związki między przebiegiem ciśnienia w Europie i ośrodkami ciśnienia: niżem islandzkim i wyżem azorskim w dziesięcioleciu 1910-1919. Stwierdził, że ośrodek azorski oddziałuje na całą zachodnią Europę oraz na jej część południową i środkową.

### 1. Cykl roczny ciśnienia atmosferycznego

Średnie 30-letnie wartości ciśnienia atmosferycznego w Warszawie (1966-1995) mało różnią się w poszczególnych miesiącach – od 1000 hPa (kwiecień) do 1005 hPa (październik):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$p$	1003	1004	1002	1000	1002	1001	1002	1002	1003	1005	1003	1002	1003
$p_{\max}$	1024	1023	1020	1014	1014	1011	1011	1012	1016	1020	1020	1022	1018
$p_{\min}$	980	980	980	983	988	989	990	990	988	984	980	977	984
$p_{\text{MAX}}$	1035	1032	1031	1022	1023	1017	1014	1019	1024	1029	1031	1033	1035
$p_{\text{MIN}}$	965	958	960	971	976	982	980	976	977	966	965	959	958

Maksima dobowe (średnie 30-letnie) są największe w zimie (styczeń:  $p_{\max} = 1024$  hPa), a najmniejsze w lecie (czerwiec i lipiec:  $p_{\max} = 1011$  hPa). Minima dobowe zaś zmieniają się od 977 hPa (w grudniu) do 990 hPa (w lipcu i sierpniu). Różnica  $p_{\max} - p_{\min}$  jest największa w grudniu (45 hPa). Największe wahania w ciągu roku wykazują maksima absolutne ciśnienia  $p_{\text{MAX}}$ : od  $p_{\text{MAX}} = 1035$  hPa (2.01.1993 r.) do  $p_{\text{MAX}} = 1014$  hPa (1.07.1991 r.). Natomiast minima absolutne ciśnienia  $p_{\text{MIN}}$  zmieniają się od  $p_{\text{MIN}} = 958$  hPa (26.02.1989 r.) do  $p_{\text{MIN}} = 982$  hPa (1.06.1980 r.). Zakres wahań  $p_{\text{MAX}} - p_{\text{MIN}} = 77$  hPa.

Miara zmienności ciśnienia atmosferycznego ( $p, p_{\max}, p_{\min}$ ) są odchylenia standardowe:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$p$	5,2	5,1	3,8	2,4	2,6	2,1	2,3	1,8	2,6	4,1	4,1	5,5	3,9
$p_{\min}$	5,6	5,6	4,8	3,4	4,1	2,9	2,4	2,4	4,1	4,9	4,5	5,6	1,2
$p_{\min}$	7,3	8,9	7,0	4,4	4,8	3,7	3,9	4,7	4,7	6,8	7,8	8,7	

Odchylenia standardowe: średniego ciśnienia i wartości ekstremalnych (dobowych) są znacznie większe w zimie niż w lecie:

$p$  – od 1,8 w sierpniu do 5,5 hPa w grudniu,

$p_{\max}$  – od 2,4 w lipcu i sierpniu do 5,6 hPa w grudniu, styczniu i lutym,

$p_{\min}$  – od 3,7 w czerwcu do 8,7 hPa w grudniu.

Największa jest zmienność ciśnienia minimalnego  $p_{\min}$  w zimie ( $s = 8,9$  hPa w lutym).

## 2. Tendencje ciśnienia atmosferycznego

Tendencje ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w latach 1966-1995 określają współczynniki regresji  $A$ :

$$p = A_0 + At$$

wyrażone w hPa/10 lat:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$p$	0,25	1,44	0,28	0,13	0,38	-0,51	0,44	-0,49	-0,95	-0,65	1,58	0,28	
$p_{\max}$	0,03	3,38	0,81	-0,41	0,91	-0,79	0,59	-0,41	-0,09	1,22	2,61	1,55	0,72
$p_{\min}$	-0,77	-0,93	-1,73	1,02	-1,00	0,23	0,62	-0,35	-1,85	-0,43	1,50	-0,44	

Na ogół tendencje wszystkich charakterystyk ciśnienia  $p, p_{\max}, p_{\min}$  są w zimie rosnące ( $A > 0$ ). W niektórych miesiącach letnich i jesiennych są one malejące ( $A < 0$ ).

Największą tendencją rosnącą cechuje się ciśnienie maksymalne ( $p_{\max}$ ) w lutym:  $\frac{\partial p}{\partial t} =$

3,4 hPa/10 lat, a tendencją malejącą ciśnienie minimalne we wrześniu:  $\frac{\partial p}{\partial t} = -1,9$  hPa/10 lat. Tendencje średniego ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w 30-leciu 1966-1990 zawierają się w przedziale od  $-1,0$  hPa/10 lat (wrzesień) do  $1,6$  hPa/10 lat (listopad) – tab. 16, 24, 32.

Nachylenie  $\text{tg}\alpha = A$  prostych regresji na wykresach (rys. 19–51) wskazują w badanym 30-leciu średni wzrost ( $A > 0$ ) lub spadek ( $A < 0$ ) ciśnienia atmosferycznego wyrażony w hPa/1 rok. Dodatnim tendencjom ciśnienia atmosferycznego w zimie odpowiadają tendencje rosnące temperatury powietrza w Warszawie.

Wielomiany 2 stopnia (parabole regresji, tab. 17, 25, 33):

$$p = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

w odróżnieniu od prostych regresji określają zmienne tendencje ciśnienia atmosferycznego  $\frac{\partial p}{\partial t} = a_1 + 2a_2 t$ .

Na podstawie równań parabol regresji można wskazać, czy w przedziale aproksymacji, tj. w 30-leciu 1966-1995, znajduje się ekstremum: minimum ( $a_2 > 0$ ) lub maksimum ( $a_2 < 0$ ). Można wskazać daty występowania wartości ekstremalnych, np. Data =  $1965 + t_{\min}$  lub Data =  $1965 + t_{\max}$ .

### 3. Cykliczne zmiany ciśnienia atmosferycznego

W ciągach czasowych średnich miesięcznych i średnich sezonowych wartości ciśnienia atmosferycznego w latach 1966-1995:  $p$  – ciśnienia średniego dobowego,  $p_{\max}$  – ciśnienia maksymalnego dobowego,  $p_{\min}$  – ciśnienia minimalnego dobowego występuje kilka cykli: 2,2-2,9 lat, 3,0-3,8 lat, 5,0-6,8 lat, 7,3-12,9 lat i dłuższe (tab. 12–15, 18–22, 26–31, 34–39 i rys. 19–51).

#### Cykle 2,2-2,9-letnie ciśnienia atmosferycznego w Warszawie.

Ciśnienie atmosferyczne w cyklach najkrótszych – 2,2-2,9-letnich waha się w przedziałach:

$p$  – od 1,5 (lato) do 4,8 hPa (listopad),

$p_{\max}$  – od 2,4 (lato) do 7,9 hPa (grudzień),

$p_{\min}$  – od 2,3 (czerwiec) do 7,5 hPa (grudzień, styczeń).

Cykle te są najbardziej zdeterminowane w miesiącach letnich, np. w czerwcu współczynnik korelacji  $R = 0,59$  ( $p$ ), a w lecie ( $p_{\max}$ ) –  $R = 0,57$ .

#### Cykle 3,0-3,8-letnie ciśnienia atmosferycznego w Warszawie.

Dużymi wahaniami ciśnienia atmosferycznego charakteryzują się również cykle dłuższe 3,0-3,8-letnie:

$p$  – od 1,0 (wrzesień) do 6,4 hPa (luty),

$p_{\max}$  – od 0,9 (lato) do 5,9 hPa (styczeń),

$p_{\min}$  – od 2,8 (sierpień) do 13,1 hPa (grudzień).

Zakres wahań ciśnienia atmosferycznego jest największy w przypadku  $p_{\min}$ , np. w cyklu 3,1-letnim  $\Delta p = 13,1$  hPa, a współczynnik korelacji wynosi  $R = 0,53$ .

### Cykle 5,0-6,8-letnie ciśnienia atmosferycznego w Warszawie.

Amplitudy wahań  $\Delta p = 2b$  ciśnienia w cyklach 5,0-6,8-letnich wynoszą:

$p$  – od 0,5 (lato) do 8,2 hPa (grudzień),

$p_{\max}$  – od 0,5 (lato) do 8,0 hPa (grudzień),

$p_{\min}$  – od 0,8 (sierpień) do 12,8 hPa (luty).

Cykle te cechują się na ogół znacznie mniejszymi współczynnikami korelacji  $R$  w lecie niż w zimie. Współczynniki korelacji w niektórych miesiącach osiągają wartość powyżej 0,5 (0,59 -  $p_{\max}$ , wrzesień), a w innych są bliskie zera (0,05, maj).

### Cykle 7,3-12,9-letnie ciśnienia atmosferycznego w Warszawie.

Istotną rolę w kształtowaniu klimatu odgrywa cykliczność 7,3-12,9-letnia ciśnienia atmosferycznego o dość dużych amplitudach, zwłaszcza zimą. Cykliczność ta występuje zarówno w poszczególnych miesiącach, jak też porach roku. Zakres zmian ciśnienia atmosferycznego w cyklach tej długości wynosi:

$p$  – od 1,2 (lato) do 9,8 hPa (styczeń),

$p_{\max}$  – od 0,7 (wiosna) do 8,4 hPa (styczeń),

$p_{\min}$  – od 1,5 (czerwiec) do 9,2 hPa (luty).

Najsilniejsze są na ogół zimowe cykle około 9-letnie. Na przykład cykl 9-letni w lutym o amplitudzie  $\Delta p = 9,8$  hPa cechuje się największym współczynnikiem korelacji  $R = 0,67$ .

Analogiczna cykliczność, występująca w ciągach czasowych ekstremów dobowych ciśnienia atmosferycznego ( $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ), charakteryzuje się w porze letniej znacznie większymi amplitudami niż w ciągach średniego ciśnienia. Na przykład w ciągu 8,4-letnim  $p_{\min}$  w sierpniu amplituda wynosi  $\Delta p = 6,7$  hPa, a współczynnik korelacji  $R = 0,51$ .

W ciągach czasowych średnich miesięcznych i sezonowych wartości ciśnienia atmosferycznego występują także cykle dłuższe (tab. 18-23, 26-31, 34-39):

$p$

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	17,8	.	14,7	25,4	.	13,9	24,3	15,9	14,9	13,2	15,9	17,1
$\Delta p$	8,5	.	4,0	1,3	.	0,6	2,9	1,5	1,5	3,5	4,2	7,1
$R$	0,54	.	0,38	0,19	.	0,10	0,44	0,28	0,21	0,30	0,35	0,43

$p_{\max}$

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	26,1	16,1	28,8	14,4	13,3	21,4	17,9	16,6	17,9	17,7	.	15,5
$\Delta p$	4,2	4,0	3,2	2,3	6,3	3,5	2,6	1,1	2,7	3,8	.	3,5
$R$	0,27	0,25	0,24	0,23	0,53	0,42	0,38	0,16	0,22	0,27	.	0,21

$p_{\min}$

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	16,6	23,4	.	12,9	16,3	22,7	21,2	16,9	.	16,1	13,1	17,4
$\Delta p$	14,1	6,2	.	5,9	7,4	3,2	2,7	5,8	.	4,5	10,7	11,0
$R$	0,65	0,24	.	0,48	0,53	0,30	0,25	0,42	.	0,23	0,49	0,42

Na uwagę zasługuje cykliczność kilkunastoletnia zbliżona do znanego cyklu 18,6-letniego presji luni-solarnej (wahań deklinacji Księżyca). Należy pamiętać, że każdy cykl wyznaczony metodami statystycznymi cechuje się określoną dyspersją. Są to średnie cykle (średnie parametry: okresy, amplitudy, fazy) obecne w ciągach 30-letnich ciśnienia atmosferycznego. Dyspersja długości cykli widoczna jest w widmach ciśnienia ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ). Cykle krótsze (minima wariancji resztkowej) cechują się wąskimi pasmami, a dłuższe – szerszymi (do paru lat).

Tych kilkunastoletnich cykli ciśnienia atmosferycznego w Warszawie o dużych amplitudach nie można pominąć w prognozach zmian klimatu na najbliższe lata.

Tab. 12. Cykle 2,2-2,9-letnie średnich miesięcznych wartości ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995

The 2,2-2,9-years cycles of pressure monthly values ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$p$	$\ominus$	2,5	2,4	2,7	2,8	2,2	2,3	2,4	2,9	2,5	2,5	2,4	2,7	2,7	2,3	2,2
	$\Delta p$	4,2	4,4	3,5	3,1	3,2	3,5	1,8	3,1	2,4	4,8	6,7	2,4	1,5	2,1	2,8
	$R$	0,28	0,31	0,33	0,45	0,41	0,59	0,35	0,36	0,42	0,21	0,41	0,44	0,27	0,24	0,19
$p_{\max}$	$\ominus$	2,6	2,4	2,6	2,8	2,2	2,7	2,3	2,4	2,3	2,6	2,9	2,0	2,7	2,3	2,2
	$\Delta p$	5,0	6,0	6,9	3,8	4,4	3,7	2,5	3,1	4,4	5,2	7,9	2,7	2,4	3,6	2,6
	$R$	0,32	0,36	0,50	0,39	0,37	0,44	0,39	0,46	0,38	0,46	0,49	0,41	0,27	0,44	0,32
$p_{\min}$	$\ominus$	2,8	2,4	2,2	2,8	2,2	2,8	2,3	2,9	2,3	2,7	2,6	2,5	2,5	2,3	2,3
	$\Delta p$	7,5	7,3	10,1	4,6	5,0	2,3	4,6	6,8	3,3	5,8	7,5	4,7	1,9	4,0	3,5
	$R$	0,36	0,30	0,52	0,37	0,35	0,22	0,43	0,52	0,25	0,29	0,31	0,25	0,16	0,19	0,15



Tab. 13. Cykle 3,0-3,8-letnie średnich miesięcznych wartości ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995

The 3,0-3,8-years cycles of pressure monthly values ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$p$	$\ominus$	3,8	2,6	3,4	3,2	3,4	3,4	3,4	3,8	3,8	3,6	3,8	3,5	3,1	3,5	3,3
	$\Delta p$	4,2	6,4	4,3	3,8	3,9	2,9	1,4	1,0	4,9	4,4	7,1	1,7	1,3	2,4	2,8
	$R$	0,28	0,45	0,40	0,56	0,52	0,44	0,45	0,27	0,13	0,37	0,38	0,46	0,21	0,22	0,19
$p_{\max}$	$\ominus$	3,9	3,8	3,4	3,6	3,2	3,8	3,4	3,9	3,7	3,5	3,8	3,3	3,8	3,5	3,0
	$\Delta p$	5,9	5,8	4,7	5,4	4,0	3,2	1,6	3,3	4,7	3,9	4,7	1,4	0,9	2,2	2,7
	$R$	0,37	0,36	0,34	0,57	0,40	0,39	0,24	0,28	0,34	0,29	0,30	0,21	0,23	0,27	0,31
$p_{\min}$	$\ominus$	2,8	3,8	3,4	3,0	3,4	3,4	3,2	3,4	3,3	3,8	3,1	3,4	3,1	3,6	3,2
	$\Delta p$	4,6	9,9	4,6	3,9	5,9	3,8	4,2	6,7	8,8	8,0	13,1	2,9	3,1	3,9	7,6
	$R$	0,22	0,39	0,23	0,32	0,44	0,37	0,38	0,29	0,51	0,45	0,36	0,53	0,26	0,19	0,32

Tab. 14. Cykle 5,0-6,8-letnie średnich miesięcznych wartości ciśnienia atmosferycznego ( $p, p_{\max}, p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995

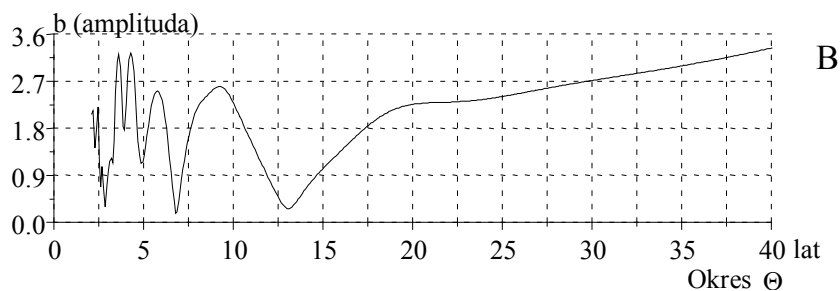
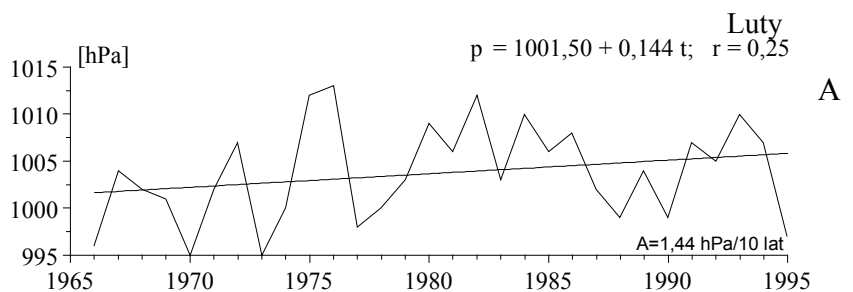
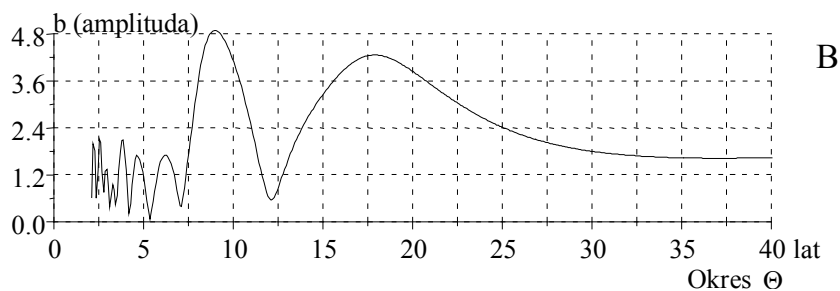
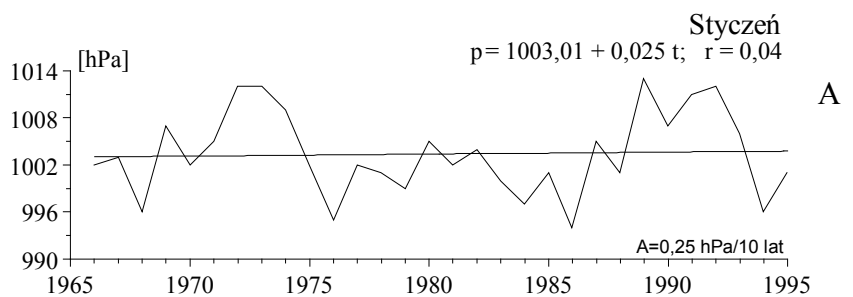
The 5,0-6,8-years cycles of pressure monthly values ( $p, p_{\max}, p_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$p$	$\ominus$	6,2	5,8	5,9	6,9	6,4	5,0	6,7	5,9	5,4	6,2	6,8	5,8	5,8	5,6	6,6
	$\Delta p$	3,4	5,0	3,1	2,2	1,0	1,2	1,5	1,2	3,7	3,5	4,0	1,6	0,5	1,1	3,7
	$R$	0,23	0,35	0,29	0,31	0,13	0,20	0,23	0,22	5,1	0,30	0,35	0,53	0,18	0,09	0,10
$p_{\max}$	$\ominus$	6,3	6,4	6,2	5,4	5,9	6,2	6,8	6,4	5,5	5,2	6,3	6,4	5,4	6,5	6,4
	$\Delta p$	3,3	4,8	1,8	3,6	0,5	1,3	2,8	1,5	6,9	2,4	6,2	8,0	2,0	1,4	3,3
	$R$	0,21	0,29	0,13	0,37	0,05	0,16	0,42	0,22	0,59	0,17	0,45	0,49	0,30	0,35	0,30
$p_{\min}$	$\ominus$	6,4	4,9	6,0	6,4	6,8	5,3	5,9	6,3	5,0	5,9	6,4	5,2	5,2	6,4	6,8
	$\Delta p$	8,5	12,8	5,1	2,6	1,5	5,1	2,3	0,8	4,2	3,8	10,2	2,6	1,8	3,2	5,9
	$R$	0,41	0,50	0,26	0,21	0,11	0,49	0,21	0,06	0,32	0,20	0,45	0,36	0,15	0,15	0,15

Tab. 15. Cykle 7,3-12,9-letnie średnich miesięcznych wartości ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995

The 7,3-12,9-years cycles of pressure monthly values ( $p$ ,  $p_{\max}$ ,  $p_{\max}$ ) in Warsaw in years 1966-1995

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$P$	$\ominus$	9,0	9,2	9,2	10,7	12,9	8,4	8,7	8,9	9,1	8,4	9,5	8,4	8,1	8,5	9,4
	$\Delta p$	9,8	5,2	4,0	1,5	3,7	1,3	1,7	3,2	2,5	8,5	4,3	1,6	1,2	2,3	4,5
	$R$	0,67	0,36	0,6	0,23	0,48	0,22	0,27	0,60	0,34	0,56	0,38	0,18	0,21	0,2	0,30
$p_{\max}$	$\ominus$	10,9	9,4	9,5	8,3	7,8	8,7	8,9	8,9	.	7,5	10,1	7,3	9,5	7,3	9,3
	$\Delta p$	8,4	5,0	4,3	2,8	2,6	2,0	2,5	3,1	.	6,7	3,0	0,7	1,0	3,6	4,6
	$R$	0,57	0,30	0,31	0,29	0,22	0,24	0,36	0,46	.	0,48	0,22	0,38	0,10	0,44	0,53
$p_{\min}$	$\ominus$	8,9	8,1	8,3	8,2	9,3	7,2	8,4	8,4	8,4	8,8	10,0	8,2	8,5	8,6	.
	$\Delta p$	7,4	9,2	6,3	3,8	4,7	1,5	3,8	6,7	4,6	8,2	6,3	3,2	3,5	4,1	.
	$R$	0,36	0,36	0,32	0,31	0,36	0,15	0,35	0,51	0,34	0,48	0,20	0,18	0,30	0,20	.



Rys. 19. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

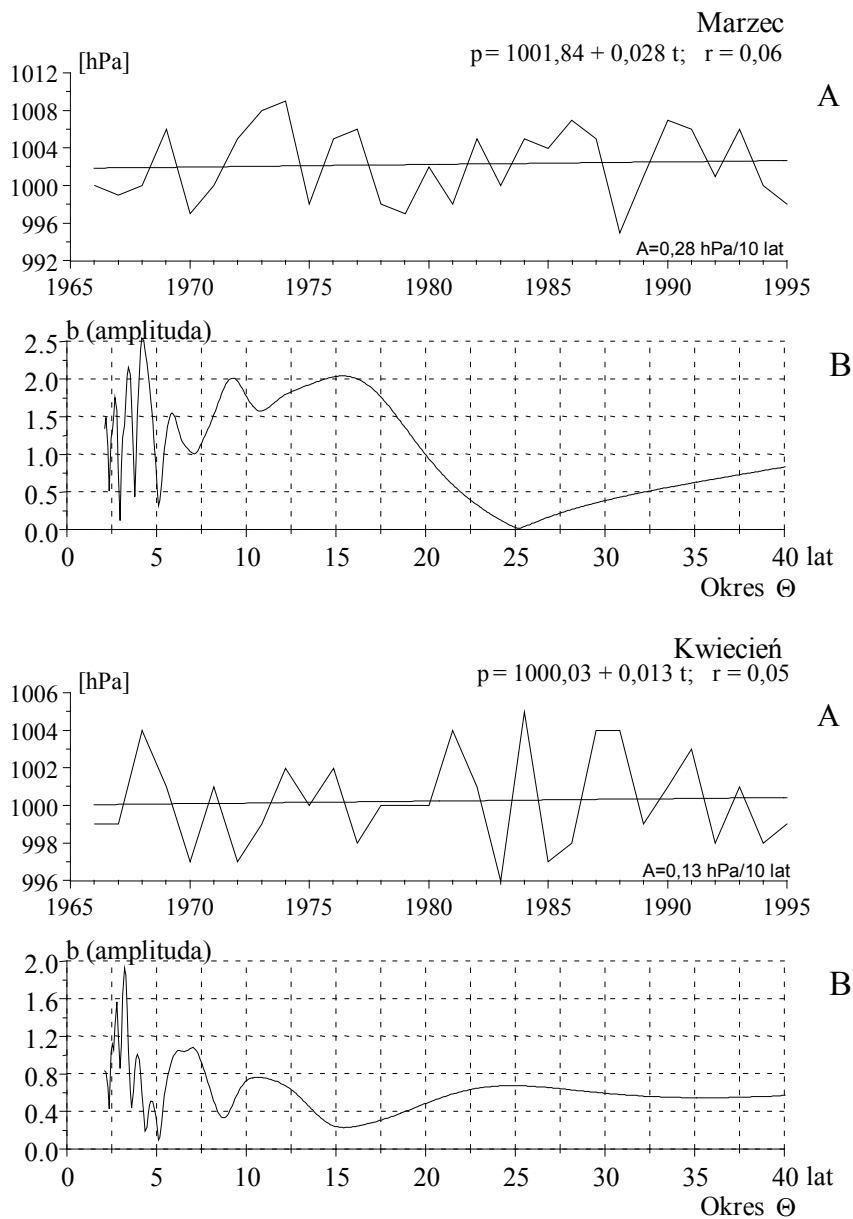
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 0,25$ ; luty  $A = 1,44 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

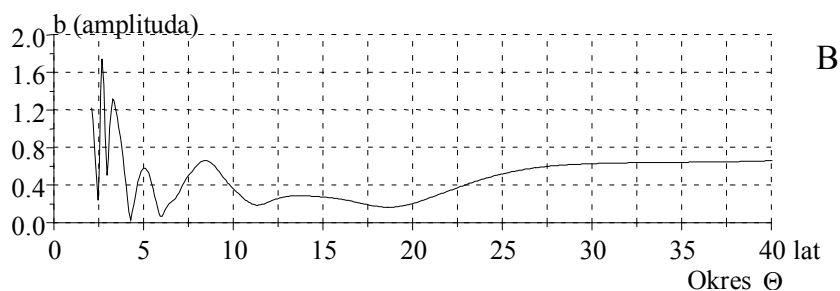
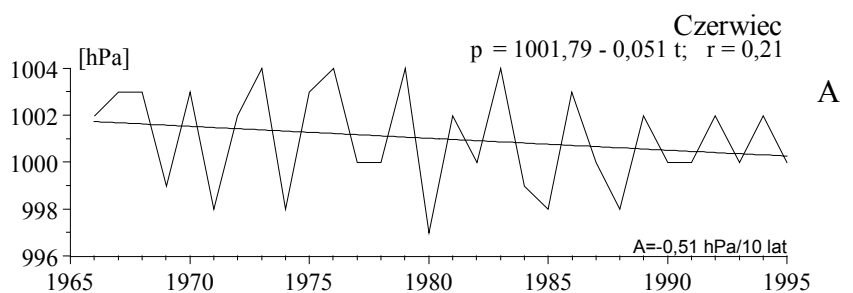
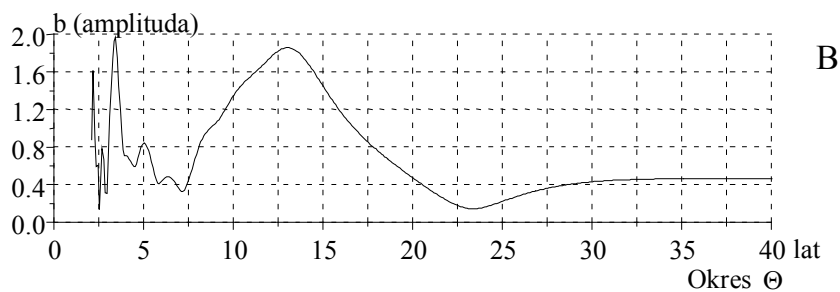
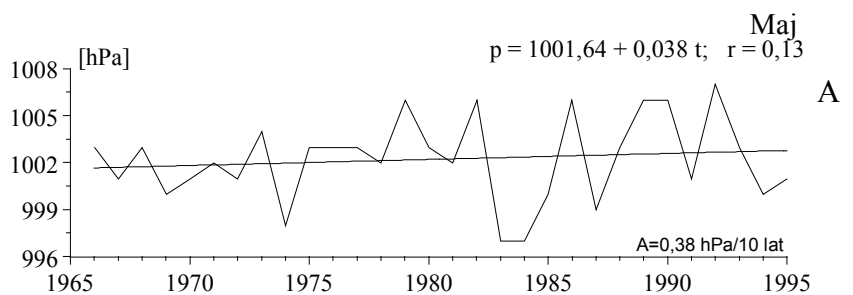
Air pressure in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 0,25$ ; February  $A = 1,44 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 20. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień  
 A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,28$ ; kwiecień  $A = 0,13$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Air pressure in Warsaw (1965-1995) – March, April  
 A. The tendency of secular: March  $A = 0,28$ ; April  $A = 0,13$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 21. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

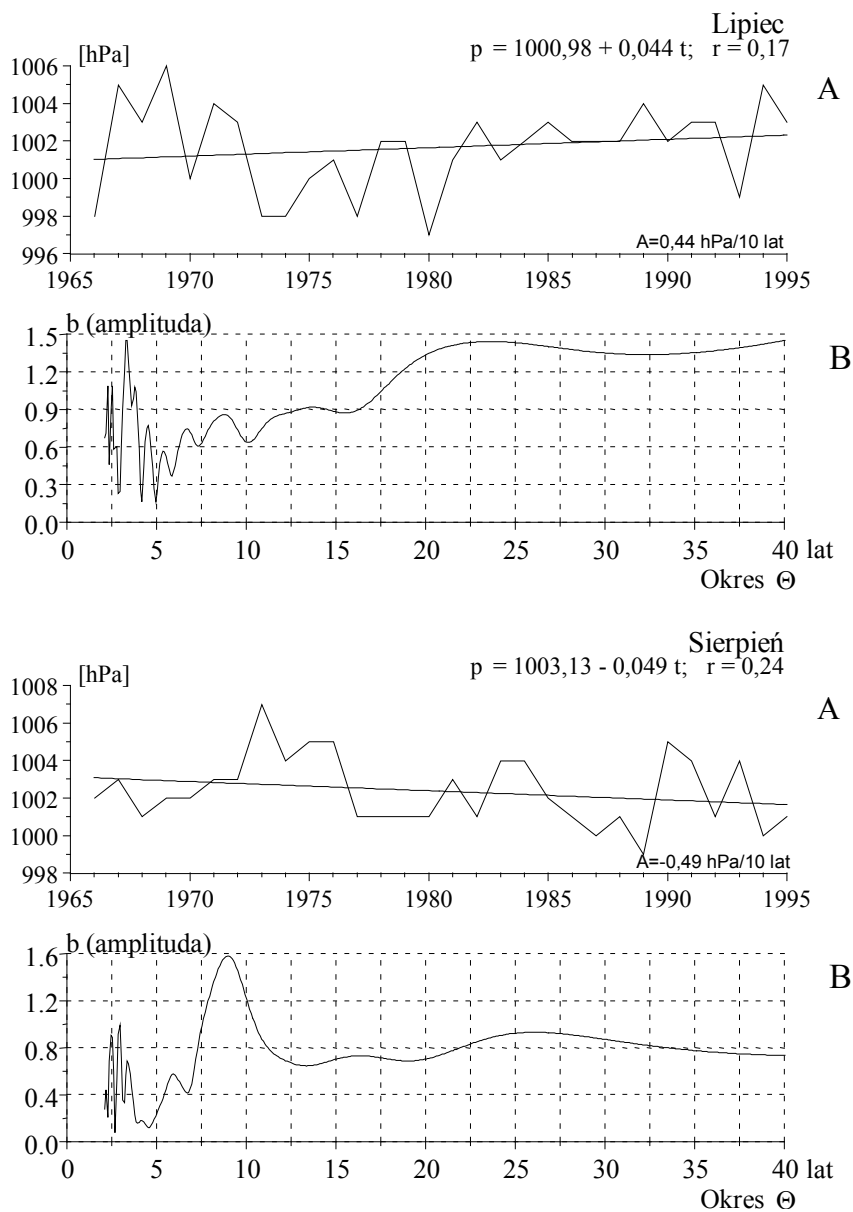
A. Tendencje zmian: maj  $A = 0,38$ ; czerwiec  $A = -0,51 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air pressure in Warsaw (1965-1995) – May, June

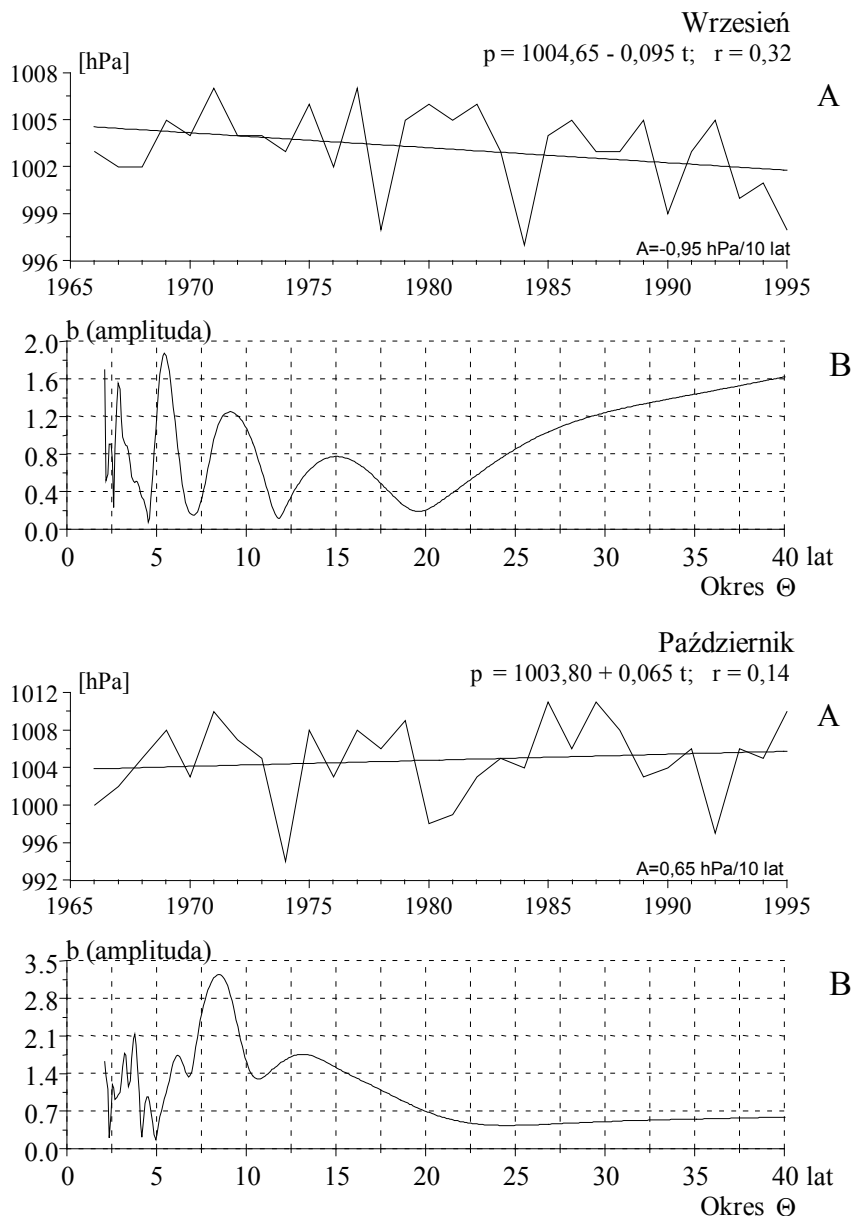
A. The tendency of secular: May  $A = 0,38$ ; June  $A = -0,51 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



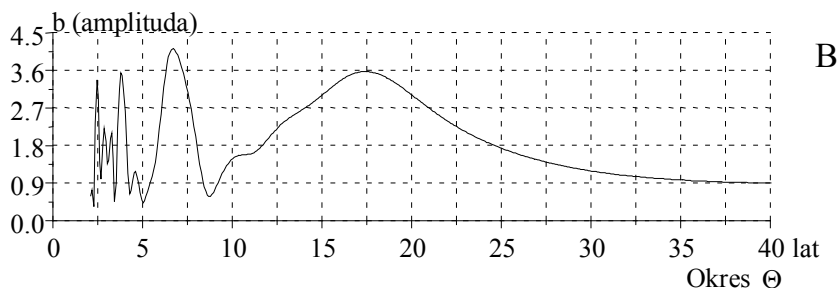
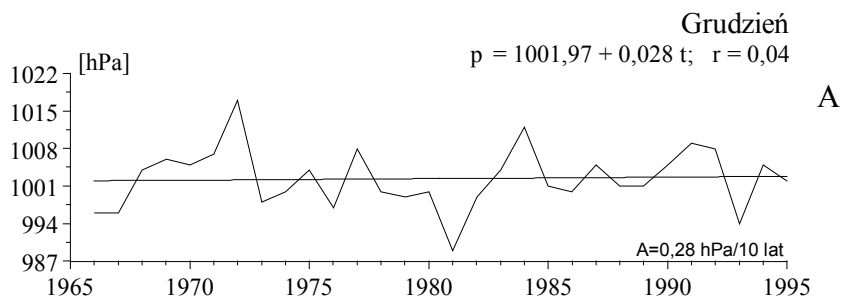
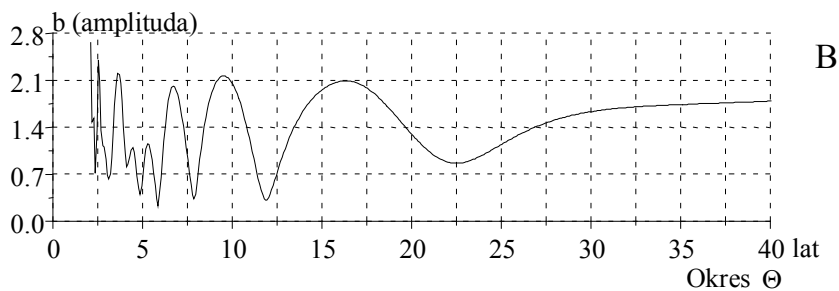
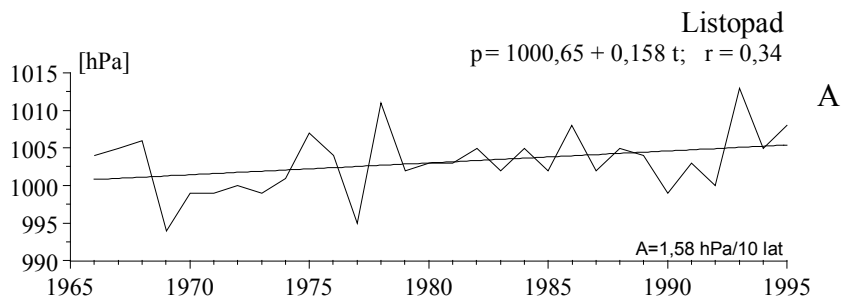
Rys. 22. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

- A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,44$ ; sierpień  $A = -0,49 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$
  - B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat
- Air pressure in Warsaw (1965-1995) – July, August
- A. The tendency of secular: July  $A = 0,44$ ; August  $A = -0,49 \text{ hPa}/10 \text{ years}$
  - B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 23. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik  
 A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -0,95$ ; październik  $A = 0,65 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Air pressure in Warsaw (1965-1995) – September, October  
 A. The tendency of secular: September  $A = -0,95$ ; October  $A = 0,65 \text{ hPa}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 24. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

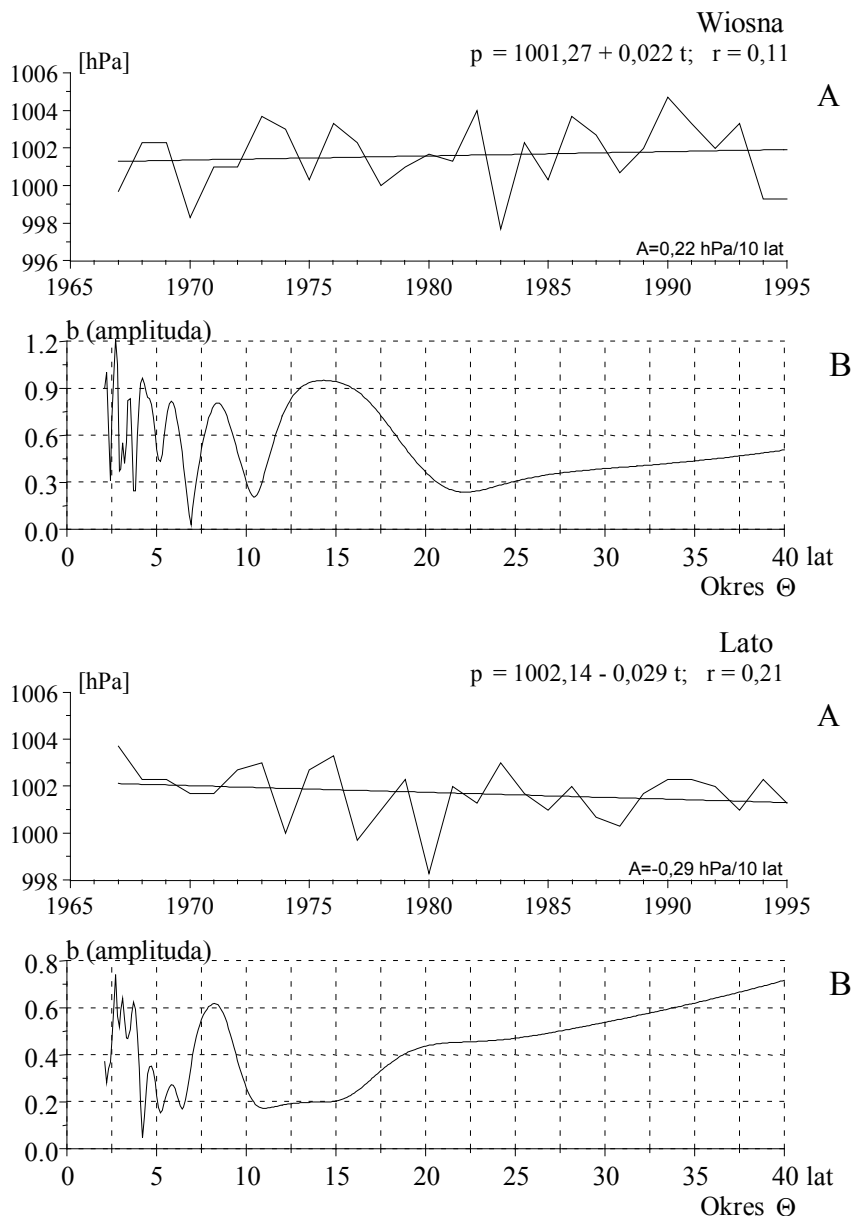
A. Tendencje zmian: listopad  $A = 1,58$ ; grudzień  $A = 0,28 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air pressure in Warsaw (1965-1995) – November, December

A. The tendency of secular: November  $A = 1,58$ ; December  $A = 0,28 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 25. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato

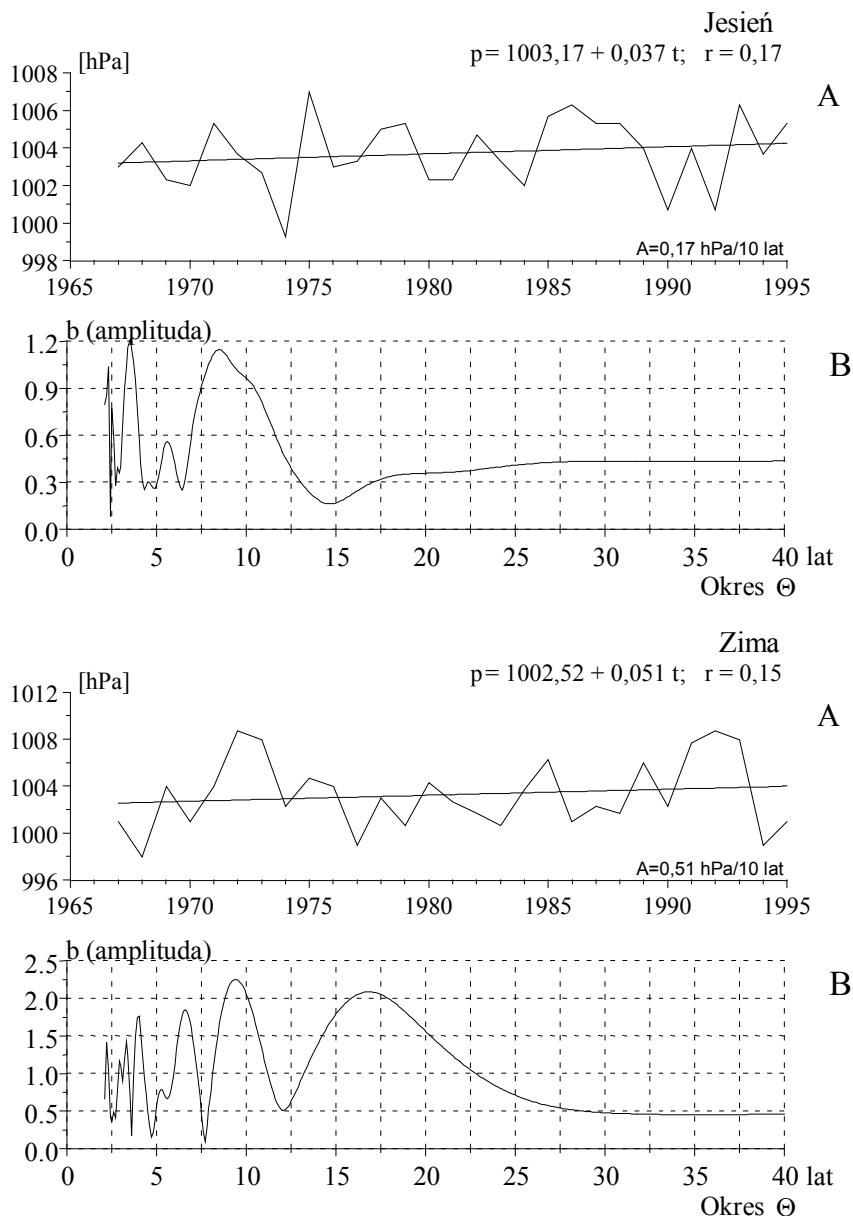
A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,22$ ; lato  $A = -0,29 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

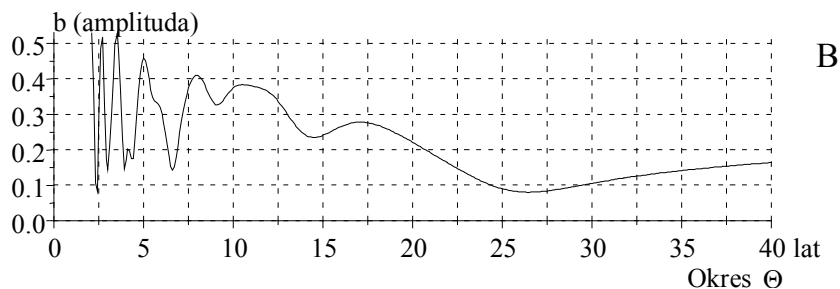
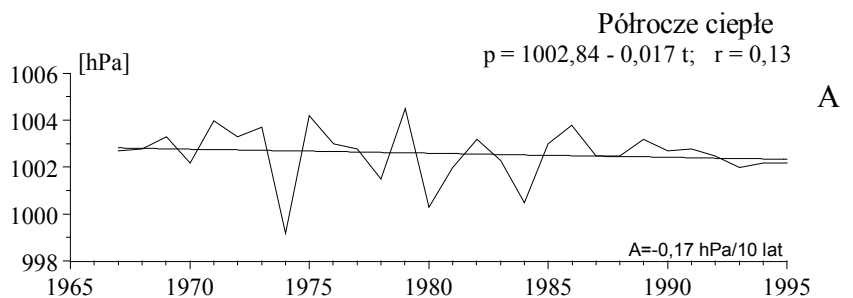
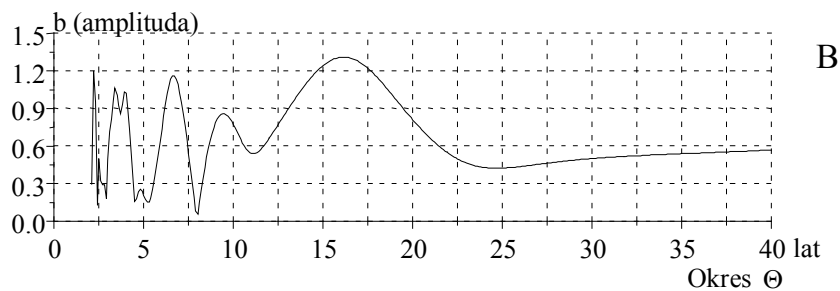
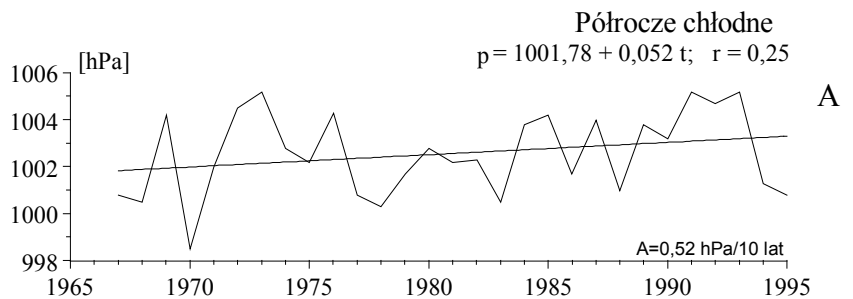
Air pressure in Warsaw (1965-1995) – spring, summer

A. The tendency of secular: spring  $A = 0,22$ ; summer  $A = -0,29 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

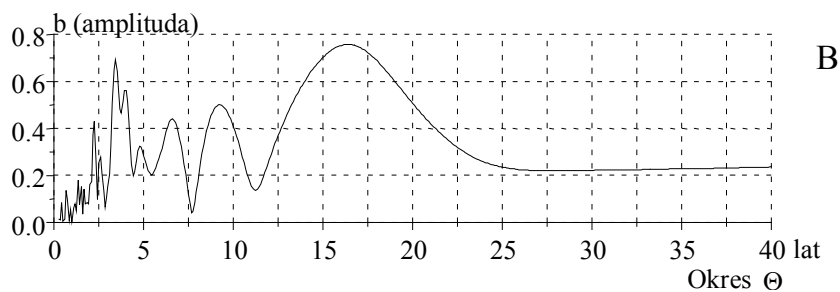
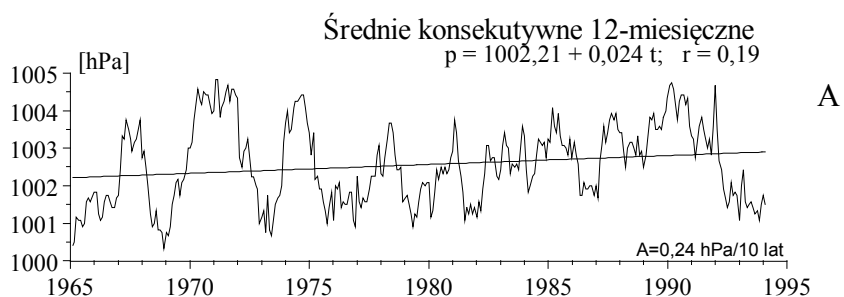
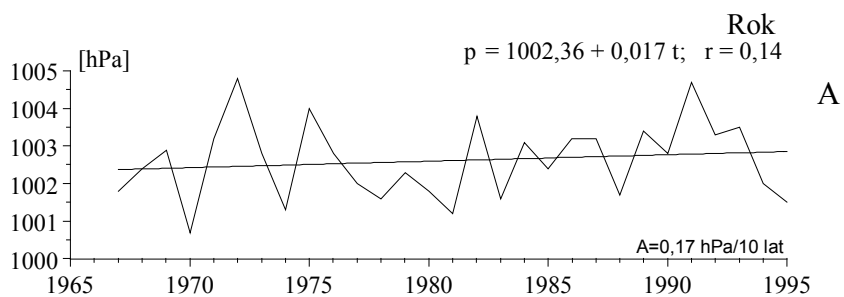


Rys. 26. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima  
 A. Tendencje zmian: jesień  $A = 0,17$ ; zima  $A = 0,51$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Air pressure in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter  
 A. The tendency of secular: autumn  $A = 0,17$ ; winter  $A = 0,51$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



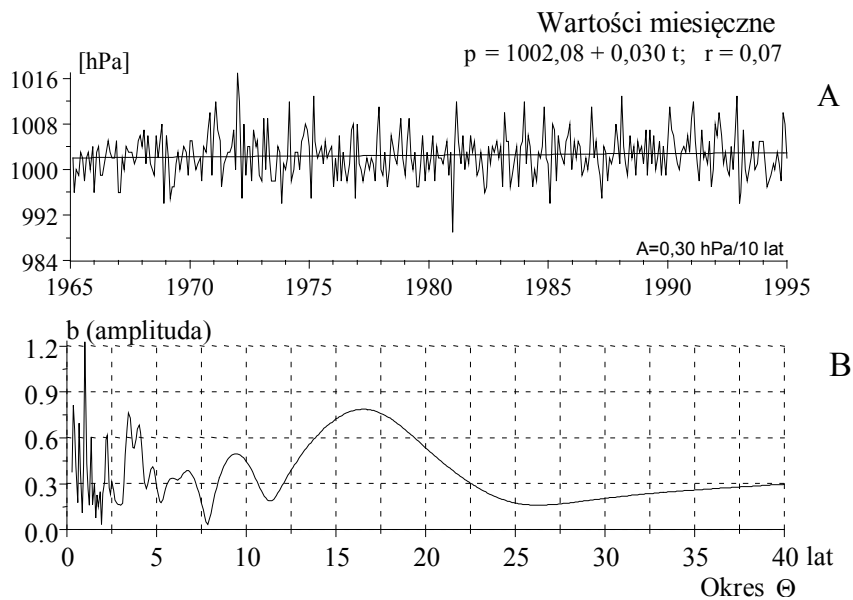
Rys. 27. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

- A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,52$ ; półrocze ciepłe  $A = -0,17 \text{ hPa/10 lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Air pressure in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period  
 A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,52$ ; warm period  $A = -0,17 \text{ hPa/10 years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 28. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwtywne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,17$ ; konsekwtywne 12-miesięczne  $A = 0,24$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat - konsekwtywne 12-miesięczne  
 Air pressure in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month  
 A. The tendency of secular: year  $A = 0,17$ ; consecutive 12 month  $A = 0,24$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years - consecutive 12 month



Rys. 29. Ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

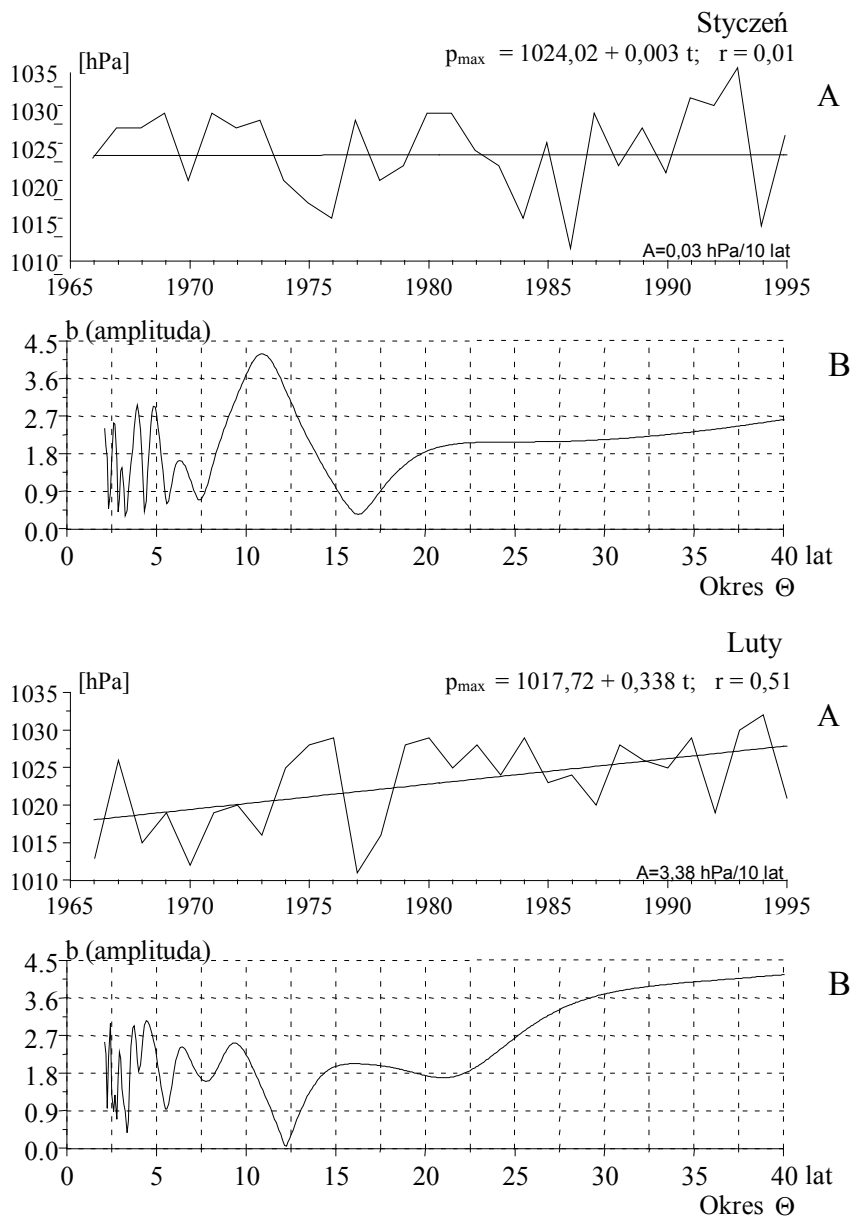
A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,30 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Air pressure in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,30 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 30. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

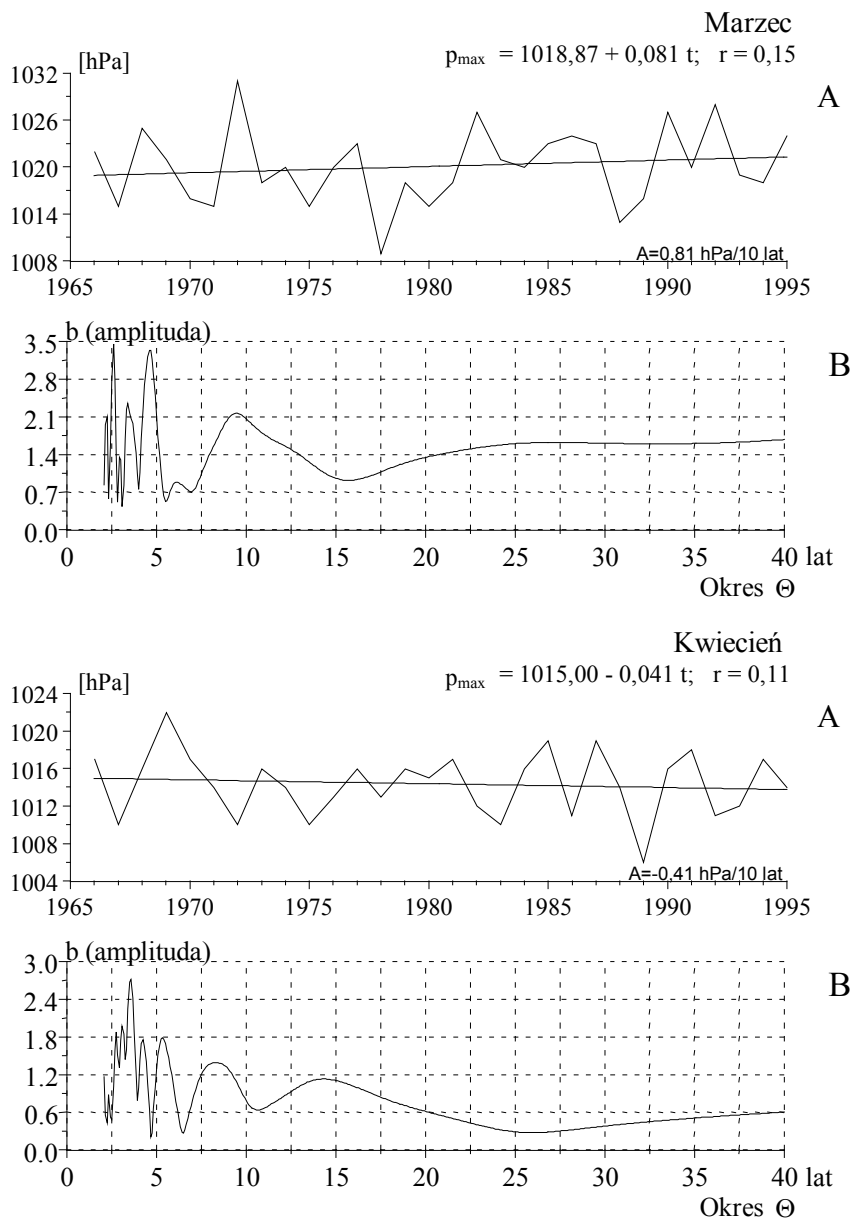
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 0,03$ ; luty  $A = 3,38 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 0,03$ ; February  $A = 3,38 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 31. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,81$ ; kwiecień  $A = -0,41 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

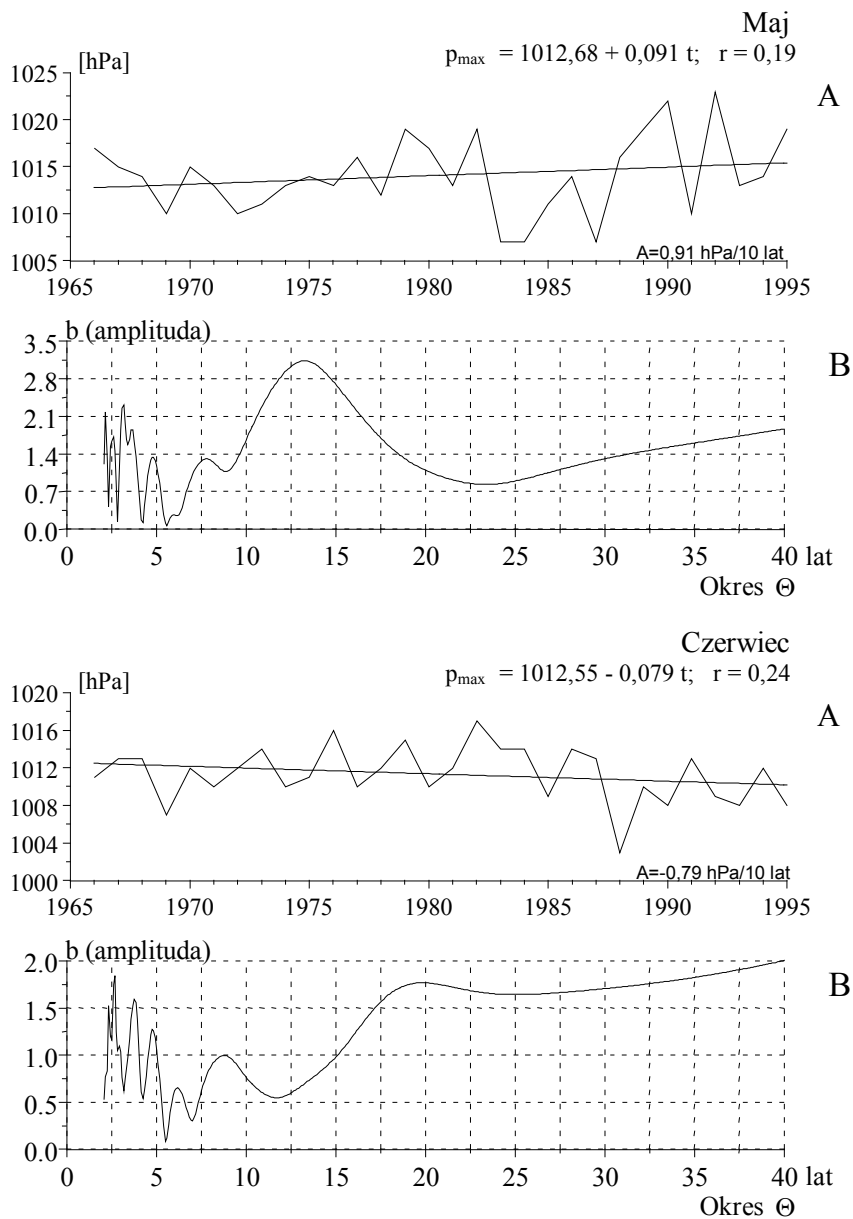
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – March, April

A. The tendency of secular: March  $A = 0,81$ ; April  $A = -0,41 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

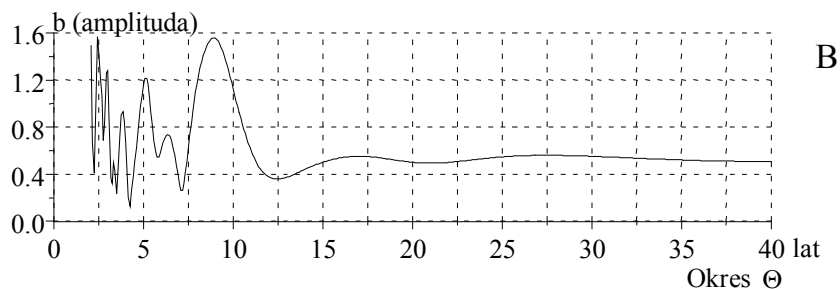
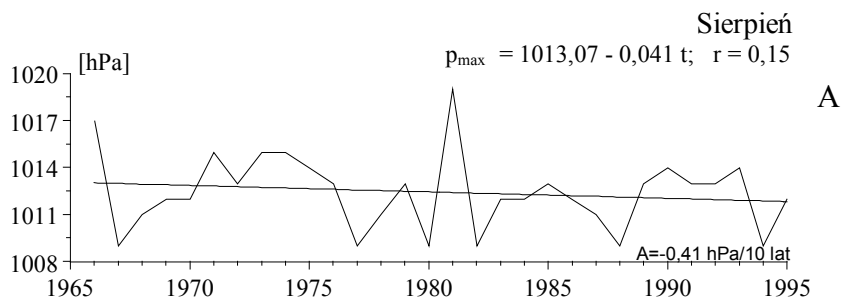
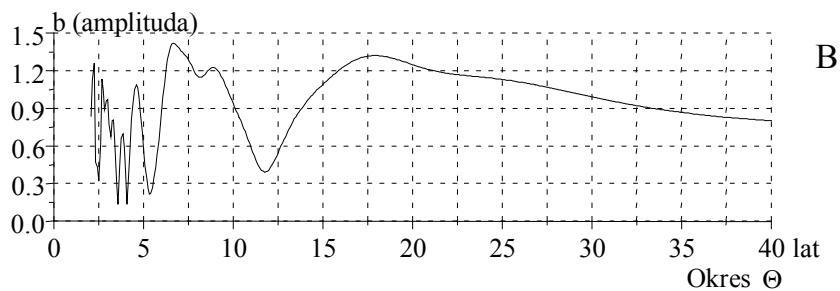
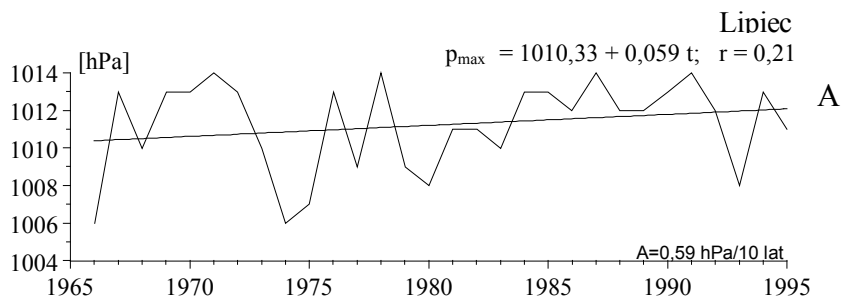
B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 32. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

- A. Tendencje zmian: maj  $A = 0,91$ ; czerwiec  $A = -0,79$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – May, June  
 A. The tendency of secular: May  $A = 0,38$ ; June  $A = -0,51$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 33. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

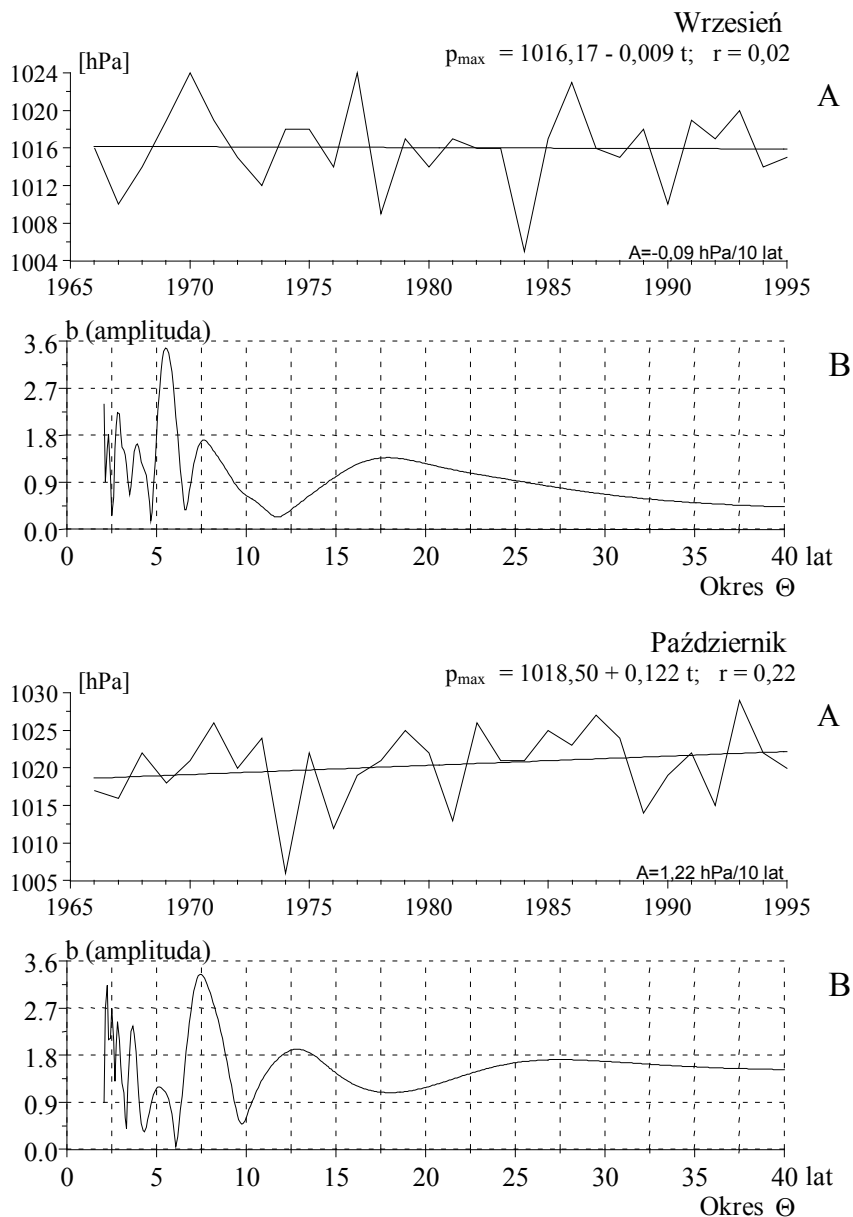
A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,59$ ; sierpień  $A = -0,41$  hPa/10 lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – July, August

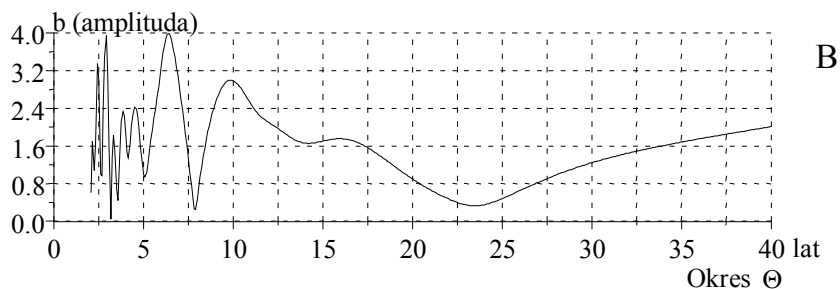
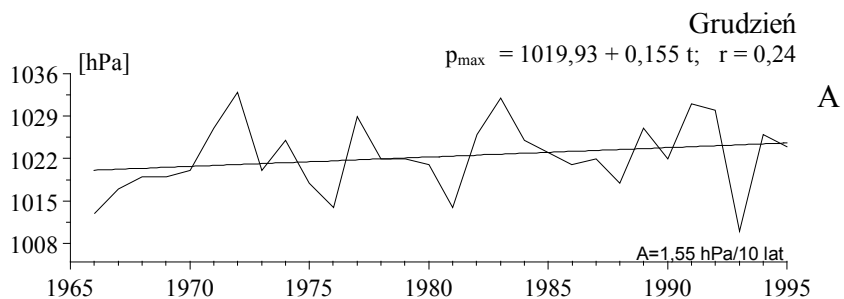
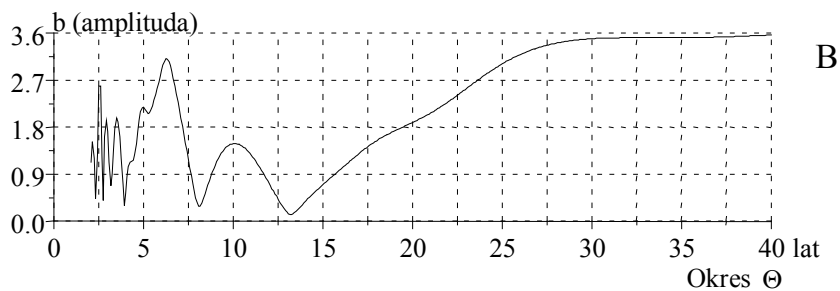
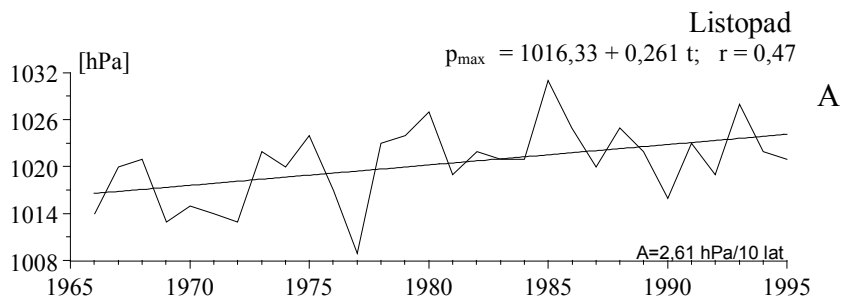
A. The tendency of secular: July  $A = 0,59$ ; August  $A = -0,41$  hPa/10 years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 34. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

- A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -0,09$ ; październik  $A = 1,22 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – September, October  
 A. The tendency of secular: September  $A = -0,09$ ; October  $A = 1,22 \text{ hPa}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 35. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

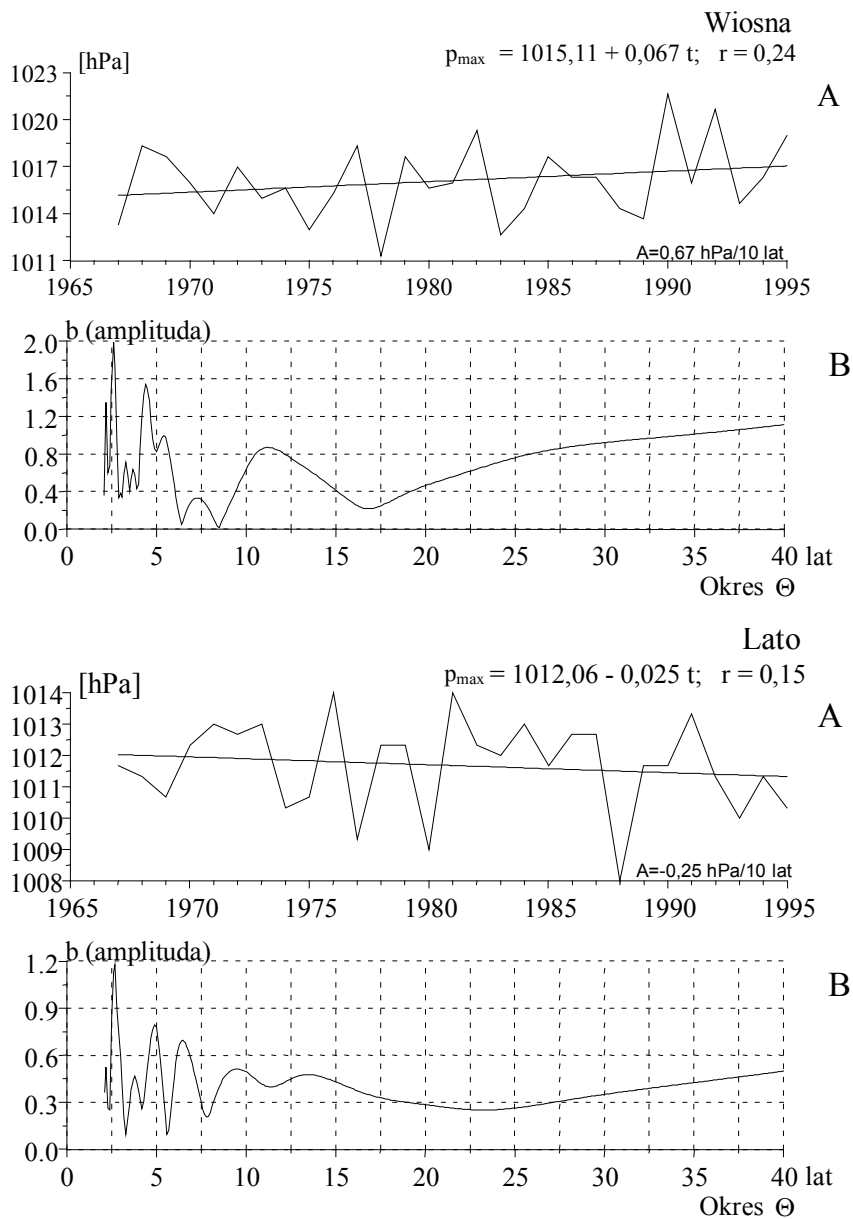
A. Tendencje zmian: listopad  $A = 2,61$ ; grudzień  $A = 1,55 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – November, December

A. The tendency of secular: November  $A = 2,61$ ; December  $A = 1,55 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 36. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato

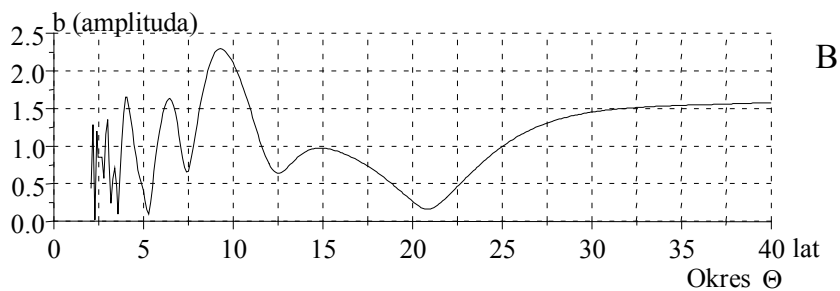
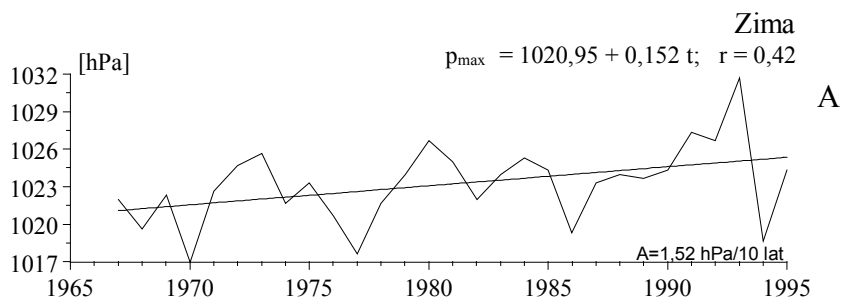
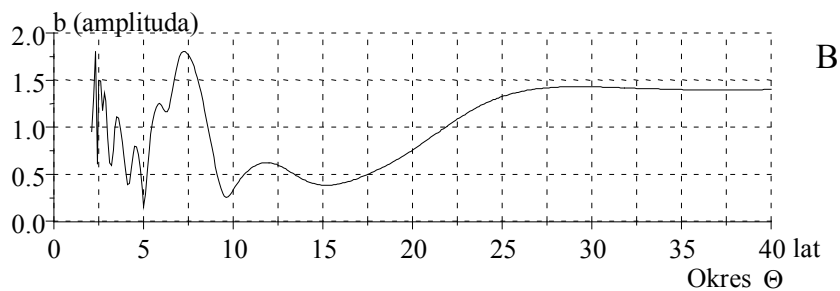
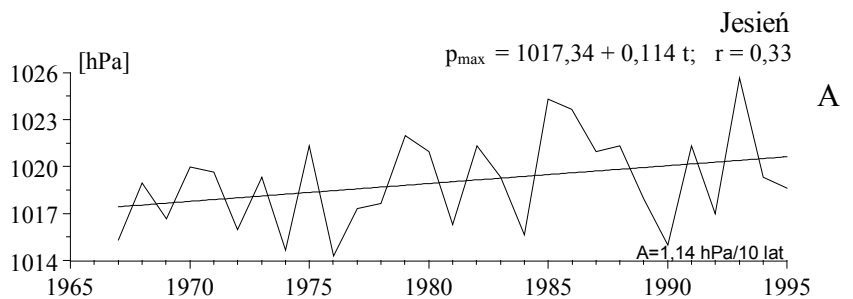
A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,67$ ; lato  $A = -0,25 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – spring, summer

A. The tendency of secular: spring  $A = 0,67$ ; summer  $A = -0,25 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 37. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima

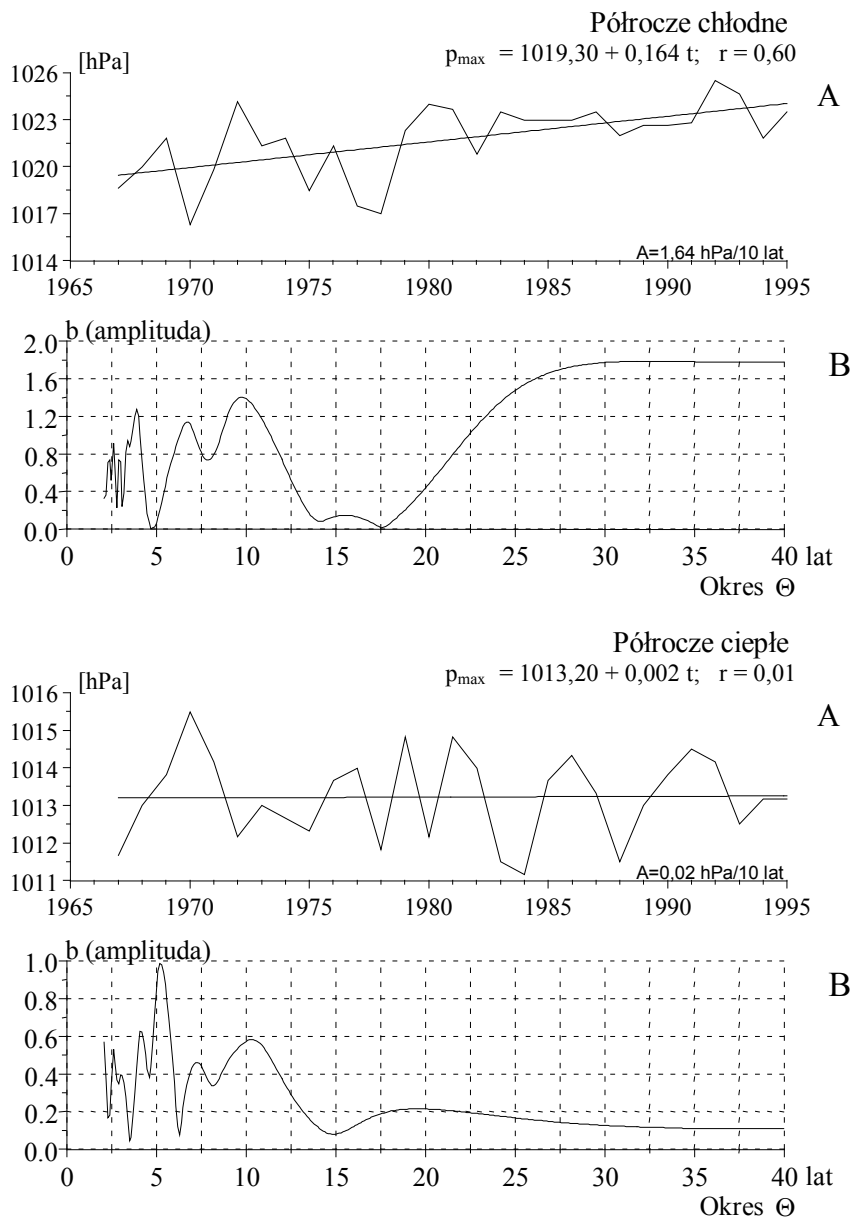
A. Tendencje zmian: jesień  $A = 1,14$ ; zima  $A = 1,52 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter

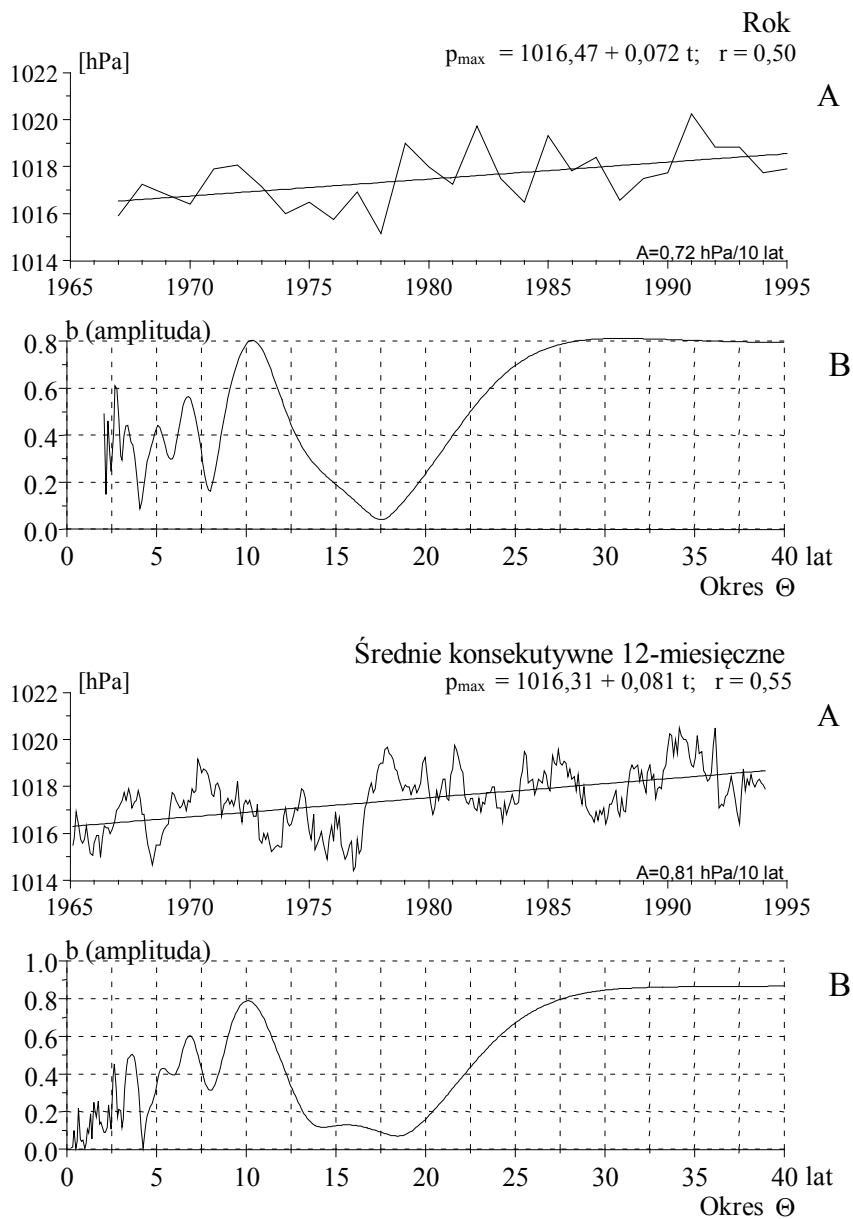
A. The tendency of secular: autumn  $A = 1,14$ ; winter  $A = 1,52 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 38. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

- A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 1,64$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,02$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period  
 A. The tendency of secular: cold period  $A = 1,64$ ; warm period  $A = 0,02$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 39. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwentne 12-miesięczne

A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,72$ ; konsekwentne 12-miesięczne  $A = 0,81 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

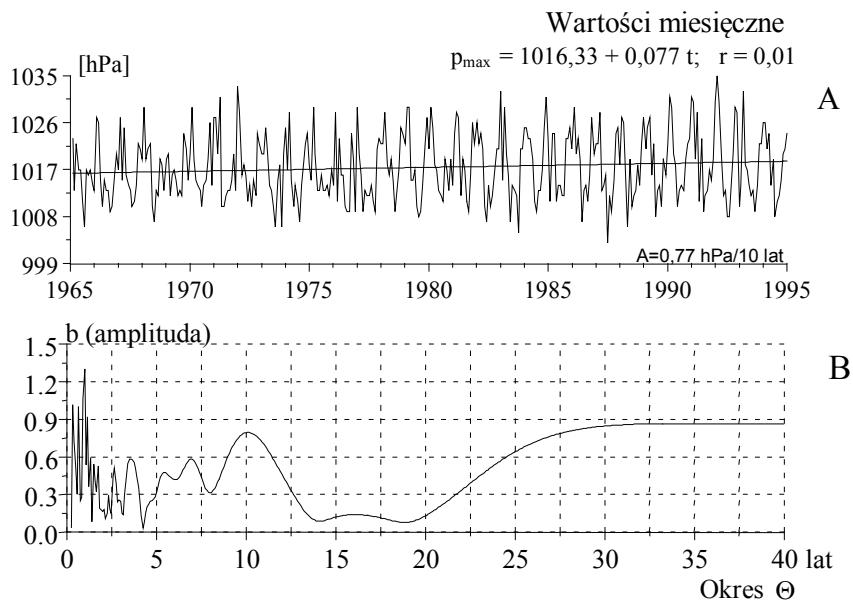
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat – rok, 0,25-40 lat – konsekwentne 12-miesięczne

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month

A. The tendency of secular: year  $A = 0,72$ ; consecutive 12 month  $A = 0,81 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years – year, 0,25-40 years – consecutive 12 month





Rys. 40. Maksymalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

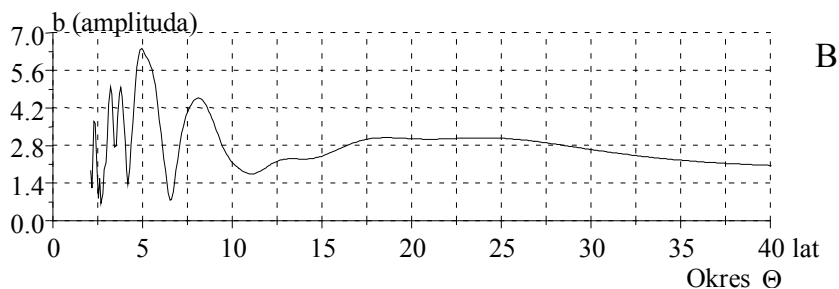
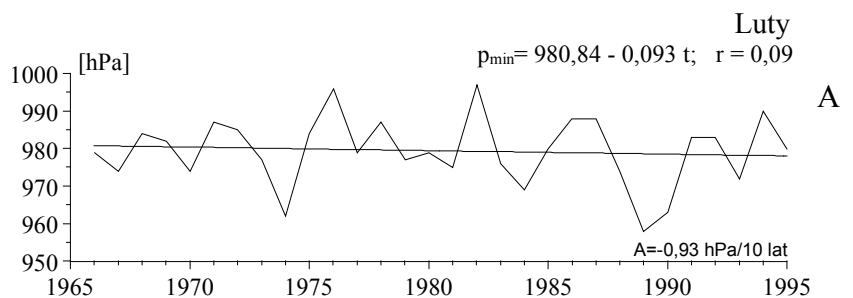
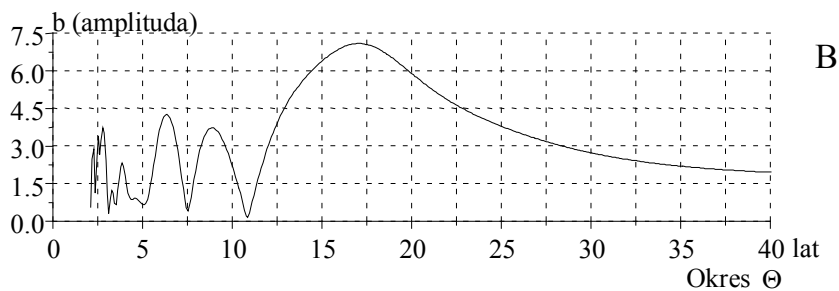
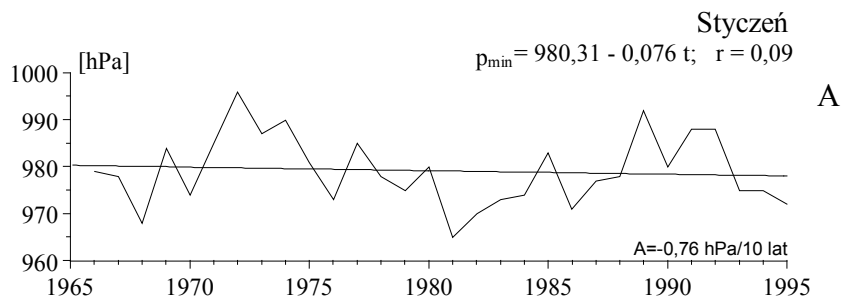
A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,77 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Maximal air pressure in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,77 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 41. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

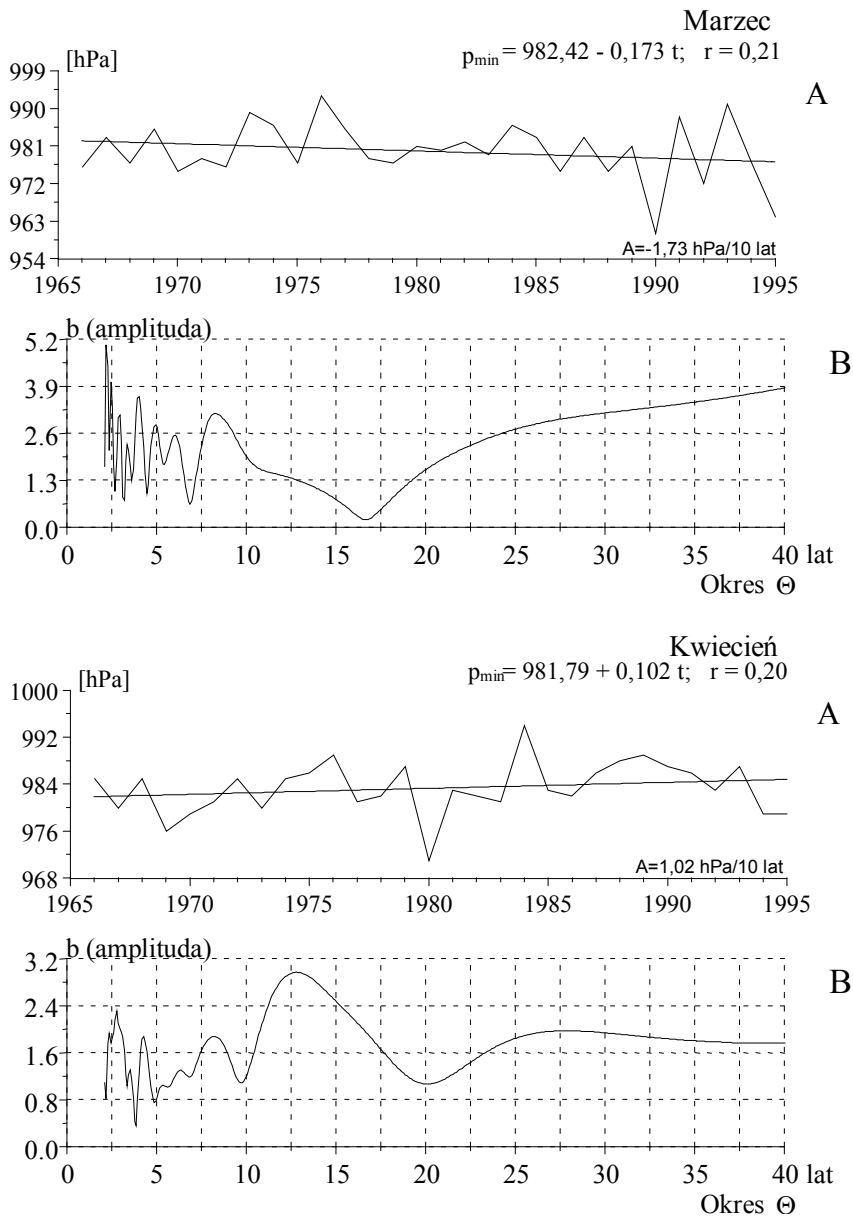
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = -0,76$ ; luty  $A = -0,93 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

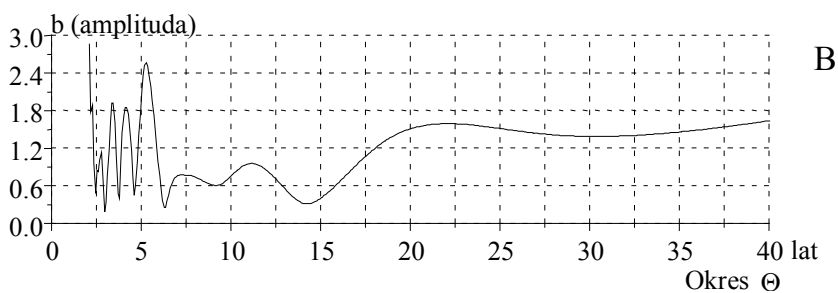
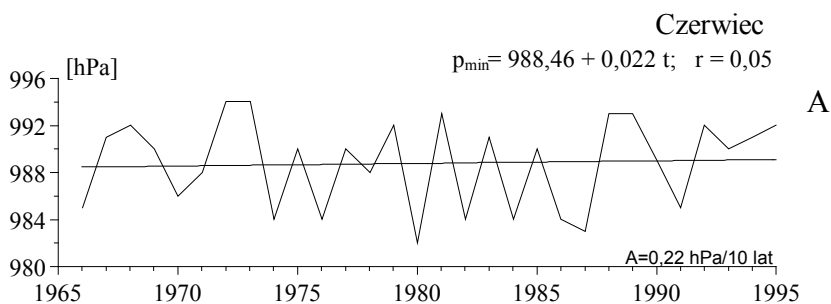
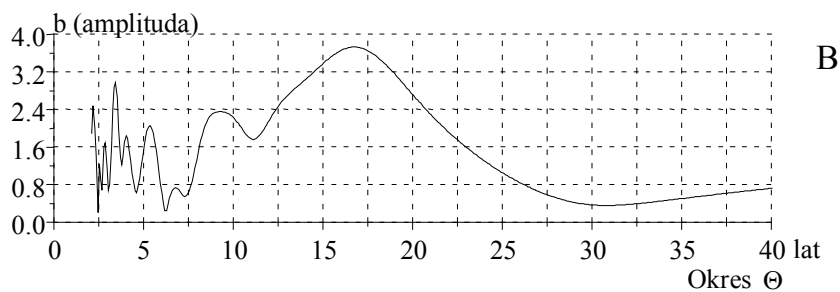
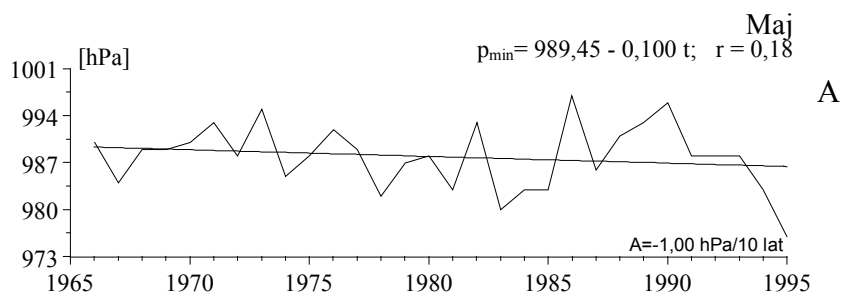
Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = -0,76$ ; February  $A = -0,93 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 42. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień  
 A. Tendencje zmian: marzec  $A = -1,73$ ; kwiecień  $A = 1,02 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – March, April  
 A. The tendency of secular: March  $A = -1,73$ ; April  $A = 1,02 \text{ hPa}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 43. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

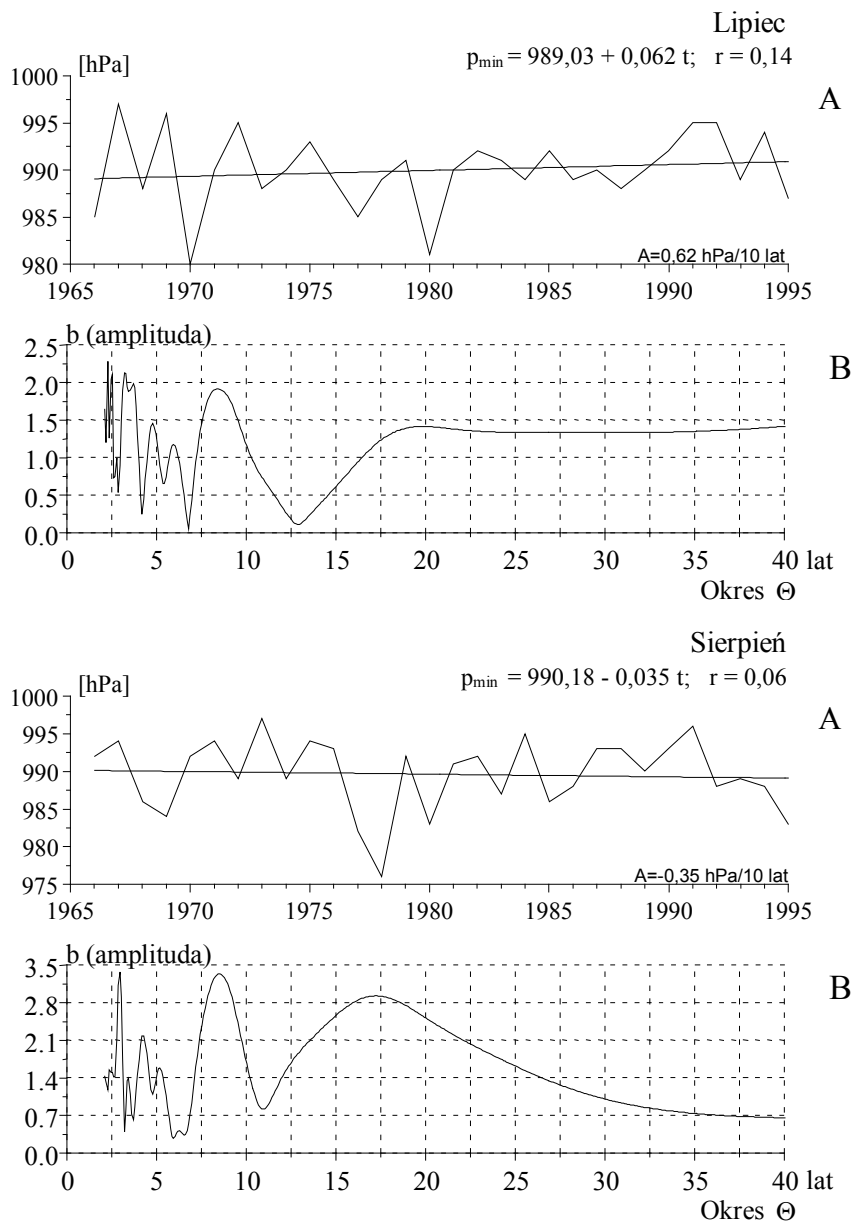
A. Tendencje zmian: maj  $A = -1,00$ ; czerwiec  $A = 0,22$  hPa/10 lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

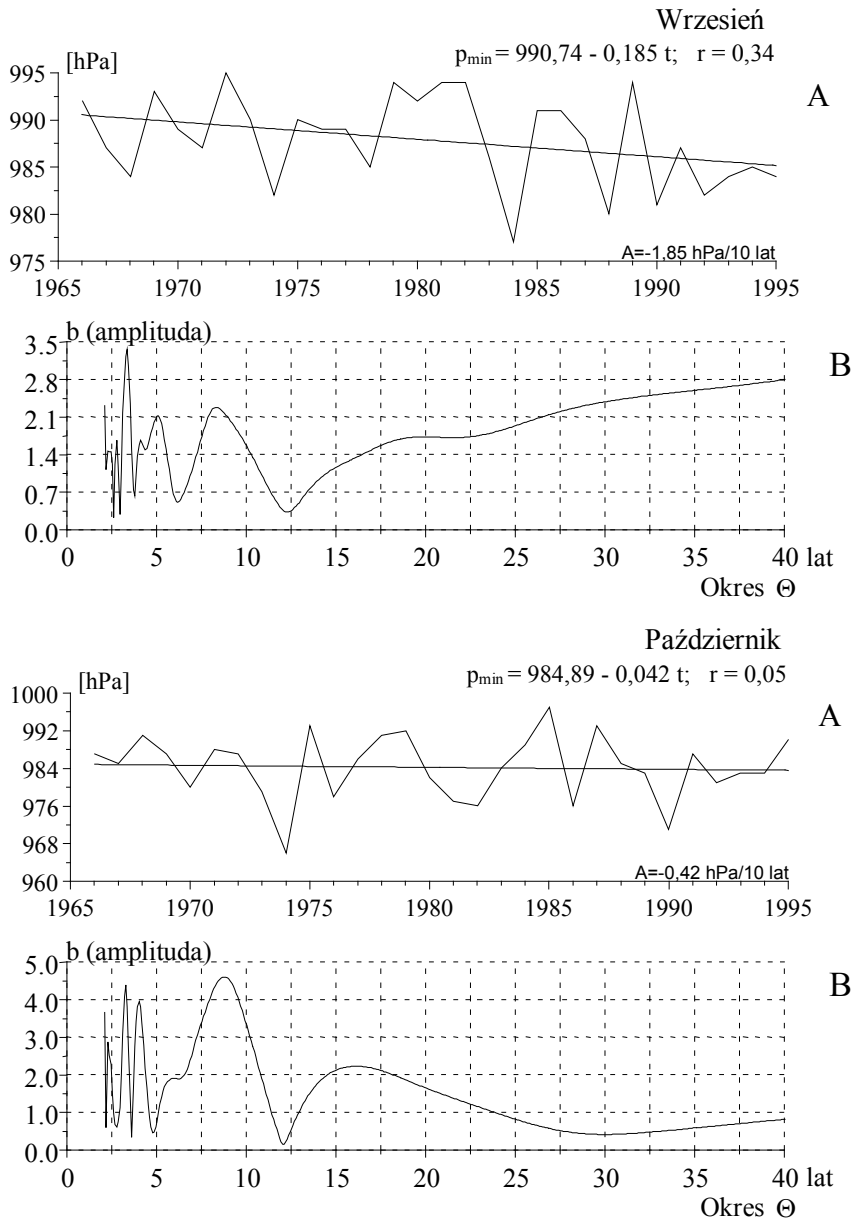
Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – May, June

A. The tendency of secular: May  $A = -1,00$ ; June  $A = 0,22$  hPa/10 years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

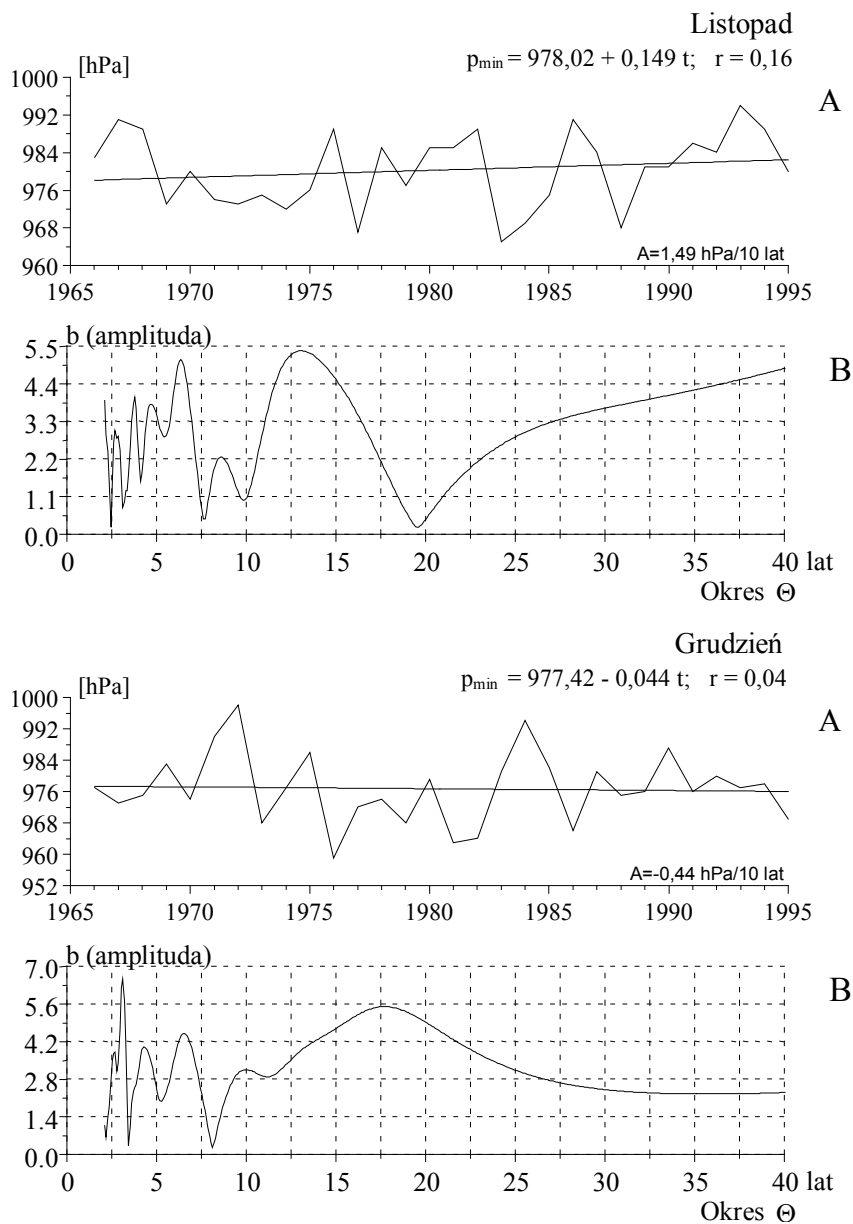


Rys. 44. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień  
 A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,62$ ; sierpień  $A = -0,35$  hPa/10 lat  
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – July, August  
 A. The tendency of secular: July  $A = 0,62$ ; August  $A = -0,35$  hPa/10 years  
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 45. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

- A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -1,85$ ; październik  $A = -0,42 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – September, October  
 A. The tendency of secular: September  $A = -1,85$ ; October  $A = -0,42 \text{ hPa}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 46. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

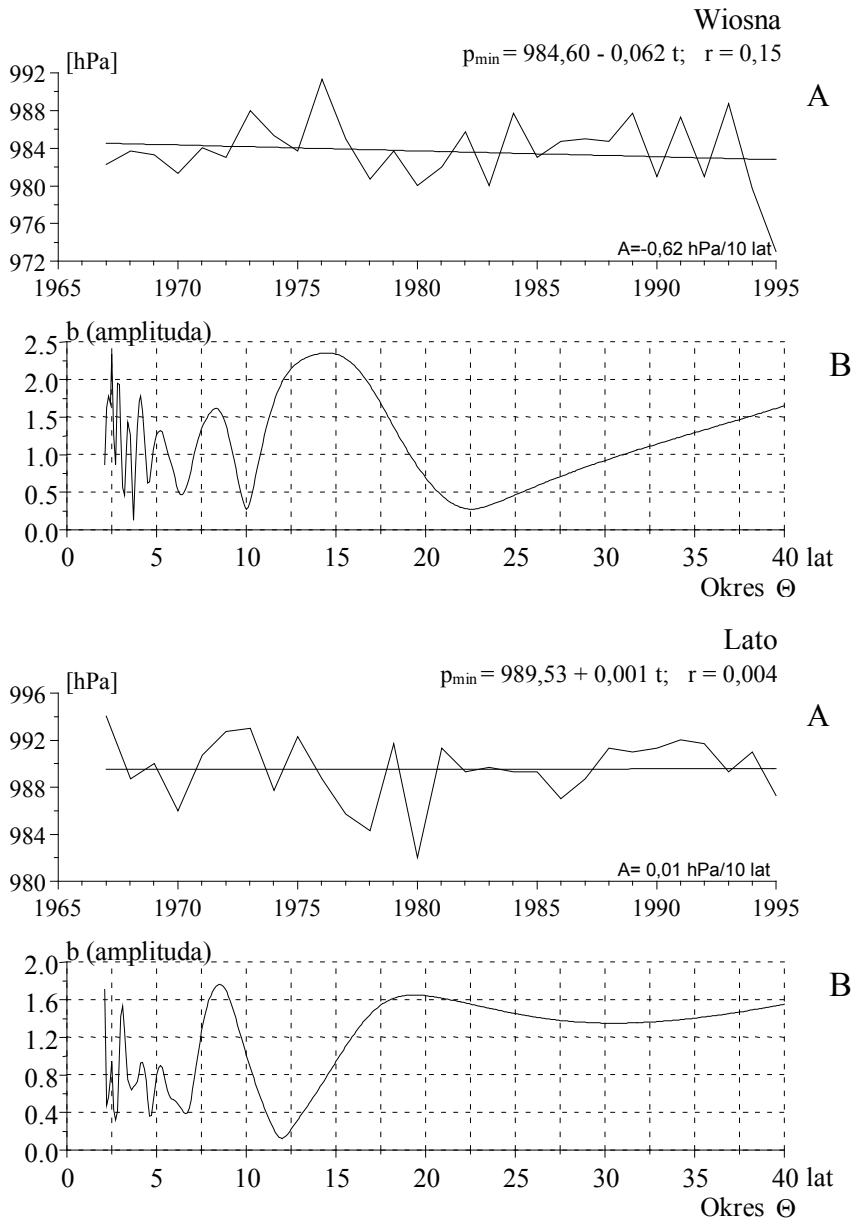
A. Tendencje zmian: listopad  $A = 1,49$ ; grudzień  $A = -0,44 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – November, December

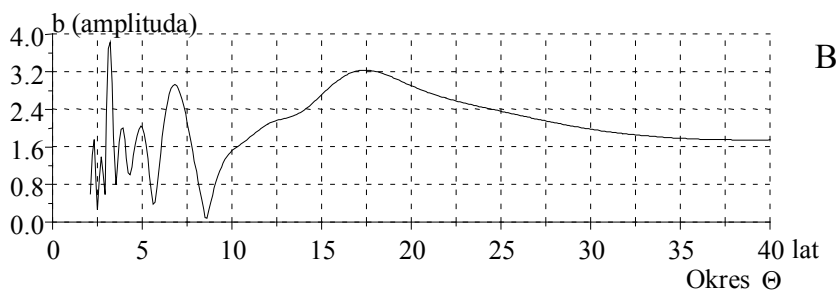
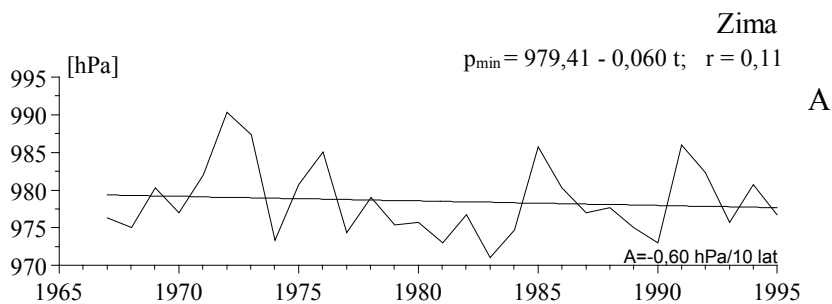
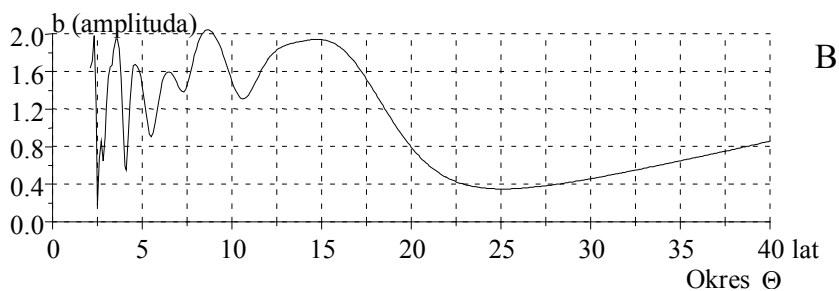
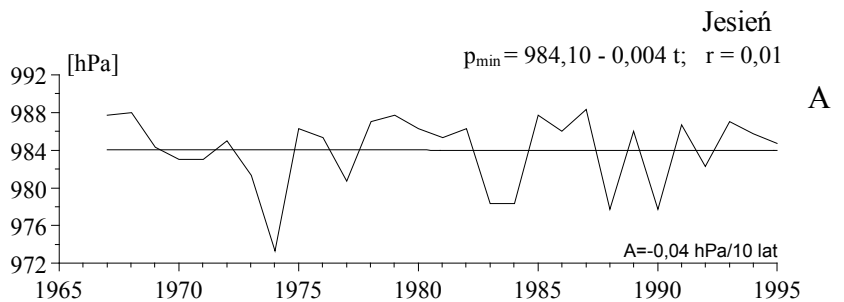
A. The tendency of secular: November  $A = 1,49$ ; December  $A = -0,44 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 47. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato  
 A. Tendencje zmian: wiosna  $A = -0,62$ ; lato  $A = 0,01 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – spring, summer  
 A. The tendency of secular: spring  $A = -0,62$ ; summer  $A = 0,01 \text{ hPa}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 48. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima

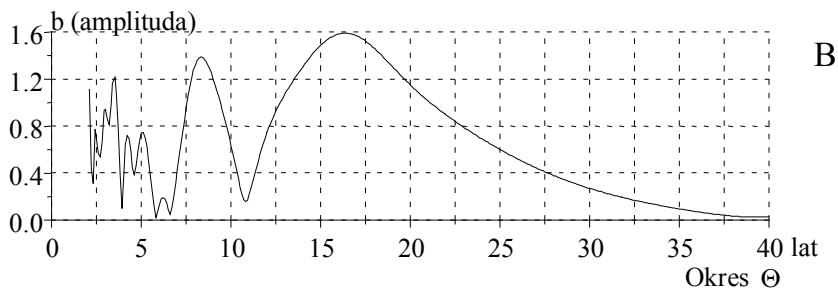
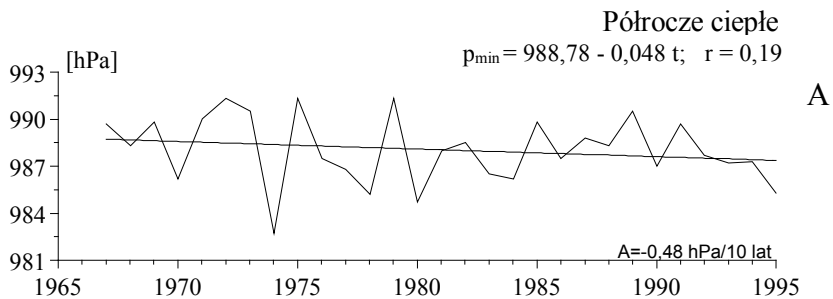
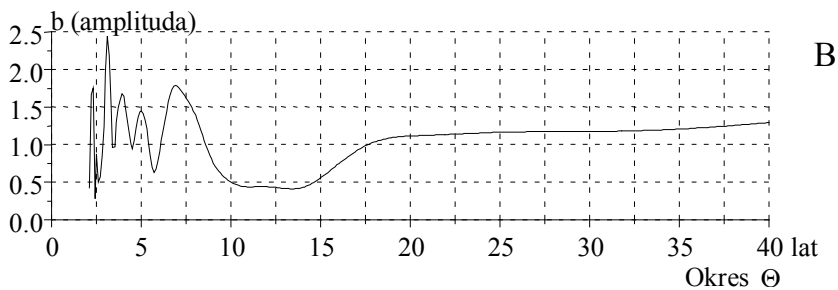
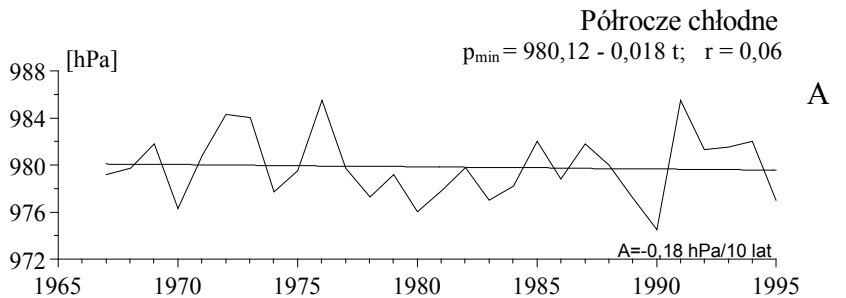
A. Tendencje zmian: jesień  $A = -0,04$ ; zima  $A = -0,60 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter

A. The tendency of secular: autumn  $A = -0,04$ ; winter  $A = -0,60 \text{ hPa}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 49. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

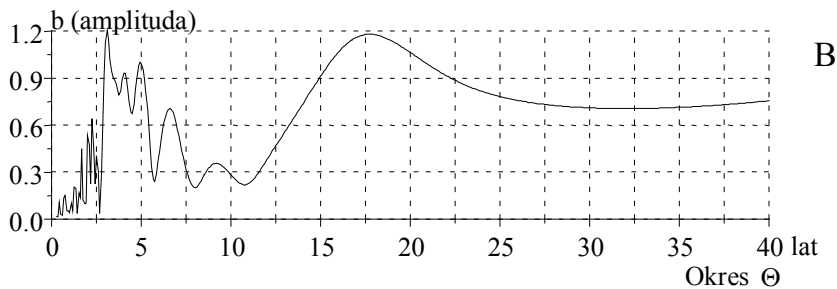
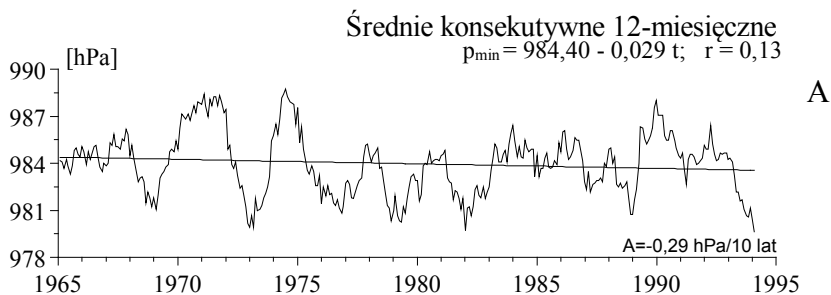
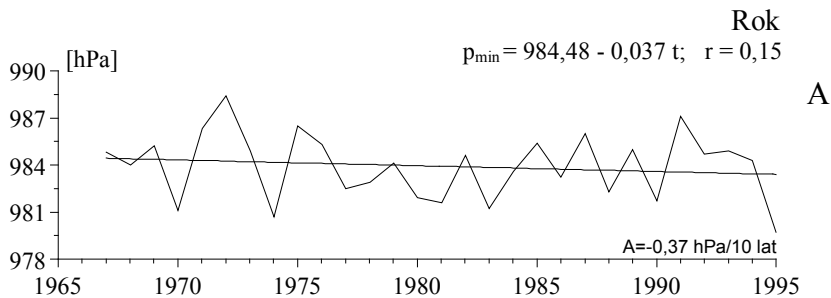
A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = -0,18$ ; półrocze ciepłe  $A = -0,48$  hPa/10 lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period

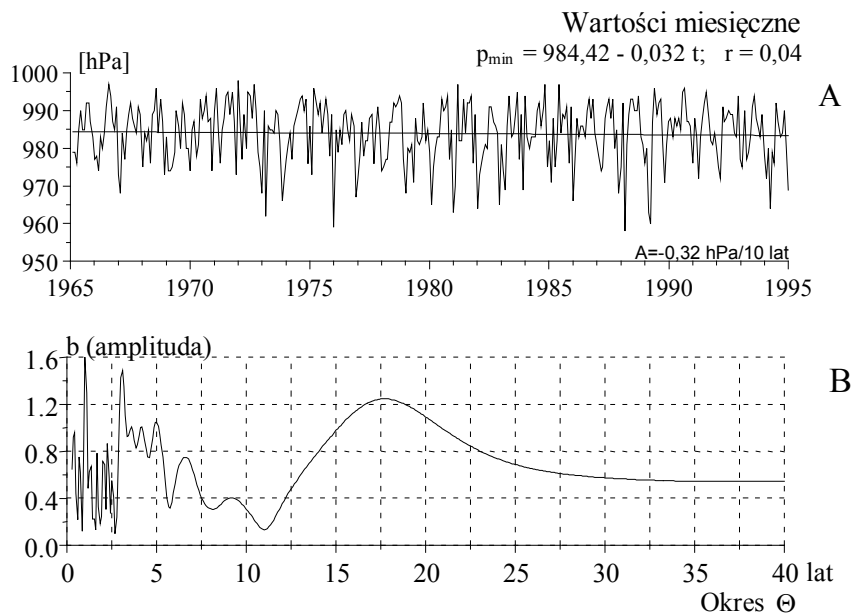
A. The tendency of secular: cold period  $A = -0,18$ ; warm period  $A = -0,48$  hPa/10 years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 50. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwtywne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = -0,37$ ; konsekwtywne 12-miesięczne  $A = -0,29$  hPa/10 lat
  - B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat – konsekwtywne 12-miesięczne
- Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month
- A. The tendency of secular: year  $A = -0,37$ ; consecutive 12 month  $A = -0,29$  hPa/10 years
  - B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years - consecutive 12 month



Rys. 51. Minimalne ciśnienie atmosferyczne w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

- A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = -0,32 \text{ hPa}/10 \text{ lat}$
- B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat
- Minimal air pressure in Warsaw (1965-1995) – monthly values
- A. The tendency of secular: monthly values  $A = -0,32 \text{ hPa}/10 \text{ years}$
- B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years

Tab. 16. Równania prostych regresji ciśnienia atmosferycznego ( $p$ )  
 Linear regression equations for atmospheric pressure ( $p$ )

	$p = a_0 + a t$	$p$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{obl.}$
I	$p = 1003 + 0,02492 t$	1003	5,21	5,40	0,041	0,05
II	$p = 1001 + 0,1442 t$	1004	5,07	5,10	0,246	1,80
III	$p = 1002 + 0,02759 t$	1002	3,83	3,96	0,062	0,11
IV	$p = 1000 + 0,01313 t$	1000	2,40	2,49	0,047	0,06
V	$p = 1002 - 0,03849 t$	1002	2,63	2,70	0,127	0,46
VI	$p = 1002 - 0,05072 t$	1001	2,08	2,11	0,211	1,30
VII	$p = 1001 + 0,04449 t$	1002	2,27	2,32	0,170	0,83
VIII	$p = 1003 - 0,04917 t$	1002	1,82	1,83	0,234	1,63
IX	$p = 1005 - 0,09544 t$	1003	2,61	2,56	0,317	3,12
X	$p = 1004 - 0,06452 t$	1005	4,09	4,20	0,136	5,30
XI	$p = 1001 + 0,1582 t$	1003	4,07	3,97	0,336	3,58
XII	$p = 1002 + 0,02803 t$	1002	5,52	5,71	0,044	0,05
III-V	$p = 1001 + 0,02244 t$	1002	3,20	3,23	0,059	0,29
VI-VIII	$p = 1002 - 0,02735 t$	1002	2,14	2,15	0,107	0,98
IX-XI	$p = 1003 + 0,0369 t$	1004	3,78	3,81	0,082	0,57
XII-II	$p = 1003 + 0,05186 t$	1003	5,34	5,34	0,081	0,57
X-III	$p = 1003 + 0,05584 t$	1003	4,76	4,76	0,098	1,68
IV-IX	$p = 1002 - 0,02125 t$	1002	2,52	2,53	0,070	0,86
Śr. kons.	$p = 1002 + 0,02336 t$	1002	1,10	1,10	0,178	11,33
Śr. mies.	$p = 1002 + 0,02976 t$	1003	3,88	3,88	0,066	1,59

Tab. 17. Równania parabol regresji ciśnienia atmosferycznego ( $p$ )  
 Parabolic regression equations for atmospheric pressure ( $p$ )

	$p = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{obl.}$
I	$p = 1004 - 0,2240 t + 0,00803 t^2$	5,47	0,111	0,17
II	$p = 997,6 + 0,8814 t - 0,02378 t^2$	4,90	0,399	2,55
III	$p = 1000 + 0,3087 t - 0,009068 t^2$	3,98	0,170	0,40
IV	$p = 999,3 + 0,1504 t - 0,00443 t^2$	2,51	0,132	0,24
V	$p = 1002 + 0,05296 t - 0,0004668 t^2$	2,75	0,127	0,22
VI	$p = 1002 - 0,1422 t + 0,00295 t^2$	2,14	0,231	0,76
VII	$p = 1003 - 0,2646 t + 0,009971 t^2$	2,22	0,339	1,76
VIII	$p = 1003 + 0,04212 t - 0,002945 t^2$	1,85	0,258	0,96
IX	$p = 1003 + 0,2688 t - 0,01175 t^2$	2,47	0,437	3,19
X	$p = 1004 + 0,1015 t - 0,001192 t^2$	4,27	0,138	0,26
XI	$p = 1002 - 0,05149 t - 0,006763 t^2$	4,01	0,354	1,93
XII	$p = 1002 - 0,04863 t + 0,002473 t^2$	5,81	0,053	0,04
III-V	$p = 1001 + 0,1588 t - 0,004757 t^2$	3,24	0,110	0,51
VI-VIII	$p = 1003 - 0,193 t + 0,005681 t^2$	2,13	0,198	1,71
IX-XI	$p = 1003 + 0,7071 t - 0,00114 t^2$	3,84	0,084	0,30
XII-II	$p = 1002 + 0,1015 t - 0,001761 t^2$	5,41	0,084	0,30
X-III	$p = 1002 + 0,1344 t - 0,002797 t^2$	4,77	0,105	0,95
IV-IX	$p = 1002 - 0,01098 t - 0,0003531 t^2$	2,54	0,710	0,48
Śr. kons.	$p = 1002 + 0,06757 t - 0,001509 t^2$	1,09	0,198	7,04
Śr. mies.	$p = 1002 + 0,08895 t + 0,001967 t^2$	3,88	0,075	1,00

Tab. 18. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995;  
 styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995;  
 January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Styczeń</b>					
2,18	3,982	1,735	0,270	25,257	1003,434
2,52	4,196	3,029	0,283	25,051	1003,386
2,93	2,676	-0,566	0,184	26,319	1003,369
3,27	1,912	-0,678	0,130	26,781	1003,384
3,77	4,154	0,197	0,281	25,086	1003,408
4,68	3,350	3,117	0,228	25,822	1003,481
6,18	3,392	0,143	0,233	25,758	1003,410
9,02	9,770	2,765	0,665	15,197	1003,744
17,77	8,520	-1,120	0,544	19,176	1002,771
<b>Luty</b>					
2,18	4,274	1,961	0,306	23,317	1003,761
2,43	4,424	2,768	0,314	23,188	1003,794
2,68	2,122	-3,071	0,151	25,144	1003,753
3,18	2,454	0,828	0,170	24,989	1003,734
3,60	6,414	2,520	0,452	20,469	1003,850
4,27	6,466	-1,940	0,452	20,481	1003,747
5,77	5,018	3,114	0,354	22,511	1003,821
9,18	5,200	1,591	0,355	22,484	1003,664
<b>Marzec</b>					
2,18	2,978	2,195	0,289	13,440	1002,278
2,68	3,514	-0,794	0,327	13,098	1002,239
3,43	4,298	-0,108	0,404	12,273	1002,266
4,18	5,090	2,139	0,464	11,502	1002,285
5,85	3,104	-1,543	0,285	13,470	1002,289
9,18	4,026	1,821	0,362	12,739	1002,246
14,68	4,038	-2,026	0,377	12,581	1002,309
<b>Kwiecień</b>					
2,18	1,634	3,031	0,248	5,423	1000,224
2,52	2,228	-0,891	0,332	5,142	1000,234
2,77	3,132	1,208	0,454	4,590	1000,259
3,18	3,850	1,528	0,565	3,933	1000,282
3,93	2,008	2,912	0,297	5,270	1000,258
4,68	1,026	2,983	0,152	5,646	1000,259
6,27	2,096	-1,886	0,304	5,243	1000,193
6,93	2,156	-1,056	0,313	5,213	1000,204
10,68	1,530	0,031	0,230	5,472	1000,220
25,27	1,346	2,801	0,188	5,574	1000,270

Tab. 19. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Maj					
2,18	3,230	-2,034	0,407	5,767	1002,194
2,68	1,562	0,823	0,208	6,612	1002,225
3,43	3,928	1,421	0,519	5,052	1002,294
5,02	1,680	-0,088	0,226	6,558	1002,235
6,35	0,966	-0,138	0,131	6,793	1002,221
12,85	3,706	1,698	0,484	5,296	1002,201
Czerwiec					
2,18	2,186	-0,623	0,394	3,660	1001,000
2,68	3,494	2,007	0,589	2,829	1001,019
3,27	2,624	-0,842	0,444	3,477	1000,981
5,02	1,160	-1,104	0,197	4,164	1000,999
8,43	1,316	0,302	0,223	4,117	1000,961
13,85	0,572	1,449	0,098	4,292	1000,983
Lipiec					
2,27	2,170	2,599	0,353	4,513	1001,691
2,52	2,176	-2,226	0,336	4,575	1001,658
2,77	1,202	-2,830	0,186	4,977	1001,658
3,35	2,904	1,832	0,453	4,096	1001,671
3,77	2,160	-2,908	0,336	4,573	1001,662
4,52	1,544	-2,189	0,242	4,853	1001,648
5,35	1,132	-1,590	0,176	4,996	1001,641
6,68	1,490	-2,637	0,232	4,879	1001,699
8,68	1,710	-1,471	0,265	4,794	1001,642
13,60	1,834	-0,420	0,279	4,755	1001,631
24,27	2,878	1,445	0,443	4,143	1001,482
Sierpień					
2,18	0,882	-2,696	0,166	3,208	1002,357
2,43	1,810	-1,378	0,356	2,882	1002,345
2,93	1,984	-2,237	0,382	2,818	1002,377
3,35	1,372	-1,396	0,268	3,063	1002,364
4,18	0,362	-1,869	0,070	3,283	1002,369
5,93	1,150	-0,688	0,223	3,135	1002,366
8,58	3,150	1,578	0,603	2,099	1002,369
15,93	1,456	-1,812	0,277	3,046	1002,326
27,43	1,840	-0,478	0,344	2,909	1002,372



Tab. 20. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995;  
 wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995;  
 September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wrzesień					
2,43	1,806	2,075	0,250	6,379	1003,192
2,85	3,104	0,272	0,422	5,592	1003,160
3,85	1,016	0,488	0,138	6,675	1003,175
5,43	3,742	1,830	0,506	5,064	1003,256
9,70	2,496	-2,749	0,344	5,998	1003,265
14,93	1,546	-1,293	0,210	6,506	1003,170
Październik					
2,52	2,374	1,447	0,206	16,051	1004,807
3,18	3,550	0,467	0,305	15,204	1004,776
3,77	4,260	2,896	0,369	14,480	1004,795
4,52	1,936	-2,565	0,169	16,279	1004,793
6,18	3,468	2,013	0,297	15,284	1004,847
8,35	8,460	-2,002	0,564	11,421	1004,734
13,18	3,512	-1,924	0,302	15,229	1004,938
Listopad					
2,27	3,062	-0,934	0,275	15,306	1003,067
2,52	4,798	0,437	0,412	13,751	1003,121
3,60	4,404	-2,942	0,385	14,104	1003,171
4,43	2,184	-0,674	0,190	15,958	1003,076
5,27	2,300	-1,088	0,196	15,920	1003,045
6,77	3,996	-0,052	0,348	14,548	1002,957
9,52	4,328	0,922	0,383	14,125	1002,999
15,93	4,156	2,199	0,354	14,486	1003,214
Grudzień					
2,18	1,458	-0,607	0,099	30,140	1002,400
2,43	6,730	1,756	0,435	24,690	1002,481
2,85	4,396	-0,471	0,281	28,031	1002,338
3,27	4,212	1,825	0,266	28,287	1002,410
3,77	7,084	2,287	0,456	24,122	1002,402
4,60	2,354	3,086	0,151	29,750	1002,448
6,77	8,180	2,744	0,526	22,024	1002,694
17,10	7,116	-0,944	0,427	24,900	1001,948

Tab. 21. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995;  
wiosna, lato, jesień, zima  
True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995;  
spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,20	1,998	2,119	0,224	9,725	1001,594
2,70	2,428	-2,296	0,273	9,476	1001,621
3,10	1,098	-1,428	0,121	10,089	1001,621
3,50	1,670	-2,170	0,187	9,878	1001,638
4,20	1,926	-1,219	0,211	9,782	1001,598
5,80	1,636	-0,303	0,181	9,903	1001,609
8,40	1,612	2,542	0,177	9,916	1001,657
14,10	1,898	-2,231	0,211	9,782	1001,631
Lato					
2,70	1,428	-0,618	0,241	4,308	1001,694
3,10	1,278	1,699	0,208	4,374	1001,709
3,70	1,244	-0,939	0,203	4,384	1001,699
4,70	0,702	0,482	0,117	4,510	1001,704
5,80	0,540	1,301	0,090	4,536	1001,713
8,10	1,230	1,075	0,206	4,379	1001,703
Jesień					
2,30	2,072	2,647	0,193	13,774	1003,760
2,50	1,552	3,007	0,146	14,004	1003,749
2,80	0,786	-2,915	0,074	14,231	1003,747
3,50	2,426	-1,922	0,224	13,589	1003,753
4,50	0,604	0,526	0,056	14,264	1003,725
5,60	1,122	2,435	0,103	14,156	1003,740
8,50	2,292	-0,835	0,213	13,660	1003,667
Zima					
2,20	2,822	1,516	0,189	27,439	1003,267
2,60	0,978	1,544	0,065	28,336	1003,280
2,90	2,326	2,584	0,154	27,781	1003,278
3,30	2,838	-2,392	0,189	27,445	1003,311
4,00	3,520	-0,741	0,232	26,926	1003,322
5,30	1,572	-2,656	0,104	28,148	1003,335
6,60	3,690	3,088	0,244	26,764	1003,380
9,40	4,498	-3,281	0,299	25,920	1003,334
16,60	4,160	-0,912	0,260	26,528	1003,027

Tab. 22. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995;  
półrocze chłodne, półrocze ciepłe, wartości miesięczne  
True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; cold  
period, warm period, monthly values

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,20	2,400	1,174	0,174	21,948	1003,284
2,50	1,004	2,510	0,076	22,503	1003,295
2,80	0,586	-2,911	0,043	22,591	1003,296
3,40	2,126	-2,387	0,157	22,072	1003,337
3,90	2,060	-1,264	0,153	22,104	1003,321
4,80	0,510	0,288	0,038	22,600	1003,293
6,60	2,316	2,945	0,171	21,970	1003,340
9,50	1,712	-2,448	0,127	22,270	1003,301
15,80	2,606	-1,080	0,185	21,845	1003,183
Półrocze ciepłe					
2,70	1,034	0,986	0,142	6,239	1001,786
3,50	1,054	-1,665	0,147	6,229	1001,810
4,10	0,404	-0,360	0,056	6,347	1001,799
5,00	0,916	1,491	0,128	6,264	1001,811
7,90	0,816	1,757	0,114	6,284	1001,820
10,70	0,764	0,404	0,109	6,292	1001,782
17,10	0,554	-0,406	0,073	6,334	1001,757
Wartości miesięczne					
0,33	1,620	-1,199	0,148	14,698	1002,531
0,67	1,392	-2,146	0,127	14,784	1002,531
1,00	2,456	2,026	0,224	14,273	1002,531
1,33	1,204	-1,174	0,110	14,845	1002,526
1,50	0,600	1,045	0,055	14,982	1002,531
1,67	0,452	1,993	0,041	15,001	1002,531
1,83	0,496	-2,281	0,045	14,996	1002,534
2,25	1,234	-0,587	0,112	14,837	1002,524
2,50	0,630	-0,057	0,057	14,977	1002,531
3,42	1,520	2,277	0,137	14,743	1002,548
4,00	1,362	-2,298	0,124	14,795	1002,548
4,75	0,820	-1,085	0,074	14,945	1002,531
5,83	0,672	-0,928	0,061	14,971	1002,534
6,75	0,768	2,621	0,070	14,953	1002,552
9,42	0,992	-2,794	0,091	14,902	1002,553
16,17	1,566	-1,405	0,138	14,741	1002,474

Tab. 23. Cykle ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) w Warszawie w latach 1966-1995;  
 średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles atmospheric pressure ( $p$ ) in Warsaw in the years 1966-1995;  
 averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,168	-2,629	0,056	1,121	1002,559
0,67	0,272	-0,968	0,091	1,116	1002,558
0,92	0,108	-2,958	0,036	1,123	1002,560
1,17	0,156	2,919	0,052	1,122	1002,560
1,33	0,360	1,321	0,120	1,109	1002,561
1,50	0,302	2,992	0,102	1,113	1002,562
1,67	0,284	-2,695	0,095	1,115	1002,562
1,83	0,166	-0,997	0,055	1,121	1002,559
2,25	0,862	0,876	0,288	1,032	1002,561
2,58	0,558	2,304	0,185	1,086	1002,560
3,41	1,386	3,045	0,461	0,886	1002,585
4,00	1,124	-1,618	0,374	0,967	1002,571
4,83	0,642	0,100	0,214	1,073	1002,560
6,58	0,880	2,423	0,292	1,029	1002,578
9,25	1,000	-2,784	0,334	1,000	1002,576
16,00	1,506	-1,255	0,480	0,866	1002,490

Tab. 24. Równania prostych regresji ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ )  
 Linear regression equations for atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ )

	$p_{\max} = a_0 + a t$	$p$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{\text{obl.}}$
I	$P_{\max} = 1024 + 0,003115 t$	1024	5,64	5,84	0,005	0,0006
II	$P_{\max} = 1018 + 0,3384 t$	1023	5,78	5,16	0,506	9,66
III	$p_{\max} = 1019 + 0,08142 t$	1020	4,80	4,92	0,147	0,62
IV	$p_{\max} = 1015 - 0,04116 t$	1014	3,38	3,48	0,105	0,31
V	$p_{\max} = 1013 + 0,09143 t$	1014	4,06	4,12	0,195	1,11
VI	$p_{\max} = 1013 - 0,07875 t$	1011	2,89	2,91	0,236	1,65
VII	$p_{\max} = 1010 + 0,05851 t$	1011	2,38	2,40	0,213	1,33
VIII	$p_{\max} = 1013 - 0,04116 t$	1012	2,39	2,45	0,149	0,64
IX	$p_{\max} = 1016 - 0,008676 t$	1016	4,14	4,28	0,018	0,009
X	$p_{\max} = 1019 + 0,1224 t$	1020	4,88	4,93	0,217	1,39
XI	$p_{\max} = 1016 + 0,2605 t$	1020	4,81	4,39	0,469	7,90
XII	$p_{\max} = 1020 + 0,1548 t$	1022	5,64	5,67	0,238	1,68
III-V	$p_{\max} = 1015 + 0,06688 t$	1016	2,36	2,38	0,237	1,61
VI-VIII	$p_{\max} = 1012 - 0,02515 t$	1012	1,42	1,46	0,148	0,60
IX-XI	$p_{\max} = 1017 + 0,114 t$	1019	2,92	2,86	0,326	3,22
XII-II	$p_{\max} = 1021 + 0,1518 t$	1023	3,03	2,85	0,419	5,74
X-III	$p_{\max} = 1019 + 0,1637 t$	1022	2,29	1,91	0,598	14,99
IV-IX	$p_{\max} = 1013 + 0,001892 t$	1013	1,11	1,15	0,014	0,005
I-XII	$p_{\max} = 1016 + 0,07209 t$	1018	1,20	1,08	0,501	9,06
Śr. kons.	$p_{\max} = 1016 + 0,08129 t$	1017	1,24	1,04	0,550	150,6
Śr. mies.	$p_{\max} = 1016 + 0,07699 t$	1017	6,31	6,30	0,105	4,00

Tab. 25. Równania parabol regresji ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ )  
 Parabolic regression equations for atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ )

	$p_{\max} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{\text{obl.}}$
I	$p_{\max} = 1027 - 0,6108 t + 0,0198 t^2$	5,78	0,235	0,79
II	$p_{\max} = 1015 + 0,8338 t - 0,01598 t^2$	5,13	0,539	5,53
III	$p_{\max} = 1021 - 0,2375 t + 0,01029 t^2$	4,95	0,205	0,59
IV	$p_{\max} = 1016 - 0,1757 t + 0,00434 t^2$	3,53	0,136	0,25
V	$p_{\max} = 1015 - 0,3584 t + 0,01451 t^2$	4,07	0,308	1,42
VI	$p_{\max} = 1010 + 0,3435 t - 0,01362 t^2$	2,80	0,394	2,48
VII	$p_{\max} = 1010 + 0,04527 t + 0,0004271 t^2$	2,45	0,214	0,64
VIII	$p_{\max} = 1013 - 0,06825 t + 0,000874 t^2$	2,49	0,151	0,32
IX	$p_{\max} = 1016 - 0,0293 t + 0,0006654 t^2$	4,36	0,021	0,006
X	$p_{\max} = 1018 + 0,2313 t - 0,003516 t^2$	5,01	0,222	0,70
XI	$p_{\max} = 1014 + 0,6996 t - 0,01416 t^2$	4,36	0,509	4,72
XII	$p_{\max} = 1017 + 0,6210 t - 0,01504 t^2$	5,68	0,297	1,31
III-V	$p_{\max} = 1016 - 0,1511 t + 0,007265 t^2$	2,38	0,305	1,34
VI-VIII	$p_{\max} = 1011 + 0,09512 t - 0,004009 t^2$	1,46	0,230	7,28
IX-XI	$p_{\max} = 1017 + 0,2555 t - 0,004718 t^2$	2,90	0,342	1,72
XII-II	$p_{\max} = 1021 + 0,1935 t - 0,001389 t^2$	2,91	0,420	2,88
X-III	$p_{\max} = 1019 + 0,2128 t - 0,001636 t^2$	1,94	0,599	7,28
IV-IX	$p_{\max} = 1013 - 0,01229 t + 0,0004728 t^2$	1,17	0,030	0,012
I-XII	$p_{\max} = 1016 + 0,7117 t + 0,00003055 t^2$	1,10	0,501	4,36
Śr. kons.	$p_{\max} = 1016 + 0,09262 t - 0,0003887 t^2$	1,04	0,551	75,22
Śr. mies.	$p_{\max} = 1016 + 0,09894 t - 0,000734 t^2$	6,30	0,105	2,00

Tab. 26. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Styczeń					
2,60	5,040	-2,390	0,317	28,602	1024,023
3,10	2,904	1,946	0,180	30,768	1024,112
3,93	5,920	2,091	0,366	27,529	1024,192
4,85	5,866	-1,797	0,365	27,552	1024,114
6,27	3,262	-0,532	0,205	30,458	1024,022
10,85	8,358	-1,084	0,505	28,697	1023,738
26,10	4,152	0,996	0,271	29,465	1023,806
Luty					
2,18	4,510	2,114	0,288	30,664	1022,988
2,43	5,988	-2,902	0,362	29,049	1023,015
2,68	2,556	-2,613	0,157	32,609	1022,986
2,93	4,584	3,073	0,286	30,708	1023,023
3,77	5,844	-2,956	0,357	29,169	1022,955
4,43	6,106	-0,867	0,372	28,809	1022,885
6,43	4,846	-1,477	0,292	30,573	1022,833
9,43	5,022	2,247	0,299	30,432	1022,967
16,10	4,040	2,904	0,252	31,316	1023,032
Marzec					
2,18	3,902	-0,688	0,305	20,904	1020,130
2,60	6,894	-1,590	0,504	17,183	1020,015
2,93	2,698	0,075	0,202	22,109	1020,101
3,43	4,684	0,987	0,341	20,362	1020,197
4,60	6,666	-2,281	0,492	17,468	1020,126
6,18	1,750	2,201	0,131	22,655	1020,140
9,52	4,328	2,181	0,312	20,806	1020,118
28,77	3,232	2,186	0,237	21,751	1020,090
Kwiecień					
2,35	1,752	-1,548	0,181	11,057	1014,350
2,77	3,752	0,496	0,388	9,713	1014,396
3,10	3,946	-0,135	0,419	9,423	1014,358
3,60	5,428	0,216	0,571	7,709	1014,280
4,27	3,520	1,776	0,368	9,887	1014,362
5,35	3,584	2,797	0,372	9,847	1014,452
8,27	2,776	-1,859	0,293	10,452	1014,312
14,43	2,256	0,133	0,234	10,804	1014,343

Tab. 27. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Maj</b>					
2,18	4,374	-1,706	0,367	14,271	1014,053
2,60	3,432	-1,555	0,297	15,037	1014,041
3,18	4,616	-1,600	0,401	13,836	1014,041
3,60	3,704	-2,282	0,319	14,812	1014,125
4,77	2,678	0,192	0,236	15,569	1014,043
5,93	0,530	1,255	0,046	16,454	1014,097
7,77	2,612	1,202	0,224	15,659	1014,143
13,27	6,264	1,565	0,534	11,793	1013,939
<b>Czerwiec</b>					
2,35	3,040	0,453	0,365	7,244	1011,364
2,68	3,682	1,644	0,442	6,723	1011,342
2,93	2,186	-3,078	0,272	7,739	1011,359
3,77	3,184	-2,845	0,389	7,092	1011,326
4,77	2,544	-1,525	0,306	7,572	1011,330
6,18	1,300	0,199	0,161	8,138	1011,338
8,68	1,984	0,966	0,241	7,870	1011,299
21,43	3,450	-2,959	0,416	6,906	1011,708
31,43	3,466	-1,061	0,417	6,900	1011,259
<b>Lipiec</b>					
2,27	2,524	2,703	0,392	4,778	1011,262
2,68	2,262	2,024	0,334	5,014	1011,246
3,02	1,938	-1,965	0,287	5,179	1011,228
3,35	1,612	2,760	0,241	5,318	1011,231
3,85	1,386	-3,052	0,209	5,398	1011,228
4,60	8,172	-2,016	0,324	5,054	1011,216
6,77	2,832	2,850	0,423	4,637	1011,336
8,85	2,446	-1,902	0,359	4,918	1011,268
17,85	2,640	-0,182	0,378	4,838	1011,054
<b>Sierpień</b>					
2,43	3,128	-1,572	0,462	4,494	1012,402
3,02	2,556	-0,073	0,378	4,895	1012,439
3,35	0,992	0,541	0,146	5,590	1012,436
3,85	1,866	0,142	0,280	5,266	1012,441
5,10	2,428	1,302	0,355	4,993	1012,459
6,35	1,472	0,509	0,222	5,431	1012,439
8,85	3,110	2,050	0,455	4,528	1012,500
16,60	1,098	-1,529	0,156	5,573	1012,382
31,52	1,082	0,354	0,164	5,559	1012,441



Tab. 28. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,35	3,632	1,283	0,301	15,548	1016,073
2,85	4,448	0,22	0,382	14,609	1016,020
3,93	3,256	0,273	0,282	15,742	1016,026
5,52	6,932	2,081	0,592	11,099	1016,196
7,68	3,400	-2,714	0,292	15,636	1016,012
17,93	2,738	-1,052	0,220	16,270	1015,822
<b>Październik</b>					
2,27	6,260	-1,322	0,455	18,860	1020,348
2,52	5,392	1,218	0,390	20,164	1020,419
2,85	4,878	1,984	0,352	20,827	1020,491
3,68	4,716	2,709	0,343	20,980	1020,435
5,18	2,380	-0,878	0,172	23,073	1020,365
7,52	6,672	2,870	0,484	18,193	1020,399
12,68	3,814	-1,202	0,270	22,045	1020,354
31,68	3,286	-2,899	0,244	22,352	1020,384
<b>Listopad</b>					
2,18	3,046	2,214	0,236	21,817	1020,378
2,60	5,168	2,001	0,378	19,803	1020,456
2,93	3,854	2,727	0,288	21,177	1020,414
3,51	3,938	2,832	0,289	21,165	1020,432
5,02	4,358	2,896	0,321	20,715	1020,364
6,27	6,212	-0,966	0,451	18,408	1020,246
10,10	2,966	2,080	0,218	22,000	1020,378
38,27	7,072	-2,009	0,536	16,458	1019,906
<b>Grudzień</b>					
2,18	3,414	0,545	0,204	30,496	1022,372
2,43	6,684	1,897	0,425	26,072	1022,421
2,93	7,892	1,072	0,486	24,292	1022,306
3,35	3,636	2,373	0,229	30,153	1022,333
3,85	4,656	-3,037	0,296	29,037	1022,316
4,52	4,812	2,918	0,304	28,874	1022,402
6,43	7,965	1,975	0,489	24,208	1022,576
9,85	5,992	-2,874	0,375	27,342	1022,364
15,52	3,4800	-1,694	0,214	30,362	1022,274

Tab. 29. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie  
w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years  
1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wiosna</b>					
2,20	2,700	2,061	0,410	4,638	1016,435
2,60	3,976	0,874	0,590	3,632	1016,096
3,00	1,890	-2,106	0,112	5,505	1016,104
3,30	1,414	2,152	0,212	5,323	1016,127
3,70	1,264	3,052	0,192	5,370	1016,111
4,40	3,068	-1,850	0,460	4,398	1016,064
5,40	1,986	-2,269	0,295	5,090	1016,143
7,30	0,658	-1,316	0,099	5,521	1016,113
11,40	1,734	-0,260	0,253	5,217	1016,007
<b>Lato</b>					
2,20	1,050	-2,065	0,246	1,897	1011,678
2,70	2,354	-2,202	0,574	1,355	1011,647
3,80	0,928	-0,830	0,229	1,914	1011,660
4,90	1,582	0,927	0,391	1,711	1011,689
6,50	1,386	2,645	0,345	1,779	1011,728
9,50	1,022	-2,705	0,255	1,888	1011,685
13,70	0,948	-0,727	0,230	1,913	1011,681
<b>Jesień</b>					
2,30	3,606	2,166	0,435	6,918	1019,090
2,50	2,994	3,126	0,396	7,374	1019,046
2,80	2,722	2,725	0,334	7,582	1019,091
3,50	2,214	-2,485	0,267	7,925	1019,070
4,60	1,580	2,657	0,193	8,215	1019,078
5,80	2,488	-1,914	0,301	7,760	1019,046
7,30	3,608	3,126	0,438	6,896	1019,041
11,70	1,240	-1,598	0,149	8,343	1019,032
36,40	2,788	-2,225	0,359	7,436	1018,927
<b>Zima</b>					
2,20	2,566	-0,360	0,315	8,289	1023,206
2,40	2,400	0,712	0,281	8,478	1023,222
2,60	1,712	-0,387	0,203	8,823	1023,216
3,00	2,704	1,600	0,309	8,322	1023,277
3,40	1,410	2,869	0,164	8,954	1023,253
4,10	3,294	-0,958	0,381	7,866	1023,230
6,40	3,252	1,165	0,380	7,871	1023,252
9,30	4,582	-3,043	0,534	6,576	1023,293
15,10	1,942	-3,066	0,231	8,712	1023,229

Tab. 30. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe, rok  
 True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period, year

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,40	1,472	0,316	0,230	4,975	1021,746
2,60	1,822	1,222	0,276	4,854	1021,749
2,90	1,468	1,743	0,227	4,983	1021,752
3,40	1,882	2,421	0,289	4,814	1021,791
3,90	2,548	-2,256	0,391	4,452	1021,757
6,70	2,280	1,331	0,346	4,624	1021,730
9,80	2,802	-2,744	0,434	4,265	1021,741
15,60	0,292	-2,951	0,047	5,242	1021,753
Półrocze ciepłe					
2,60	1,058	1,947	0,332	1,100	1013,229
3,10	0,778	-0,011	0,249	1,160	1013,212
4,20	1,246	2,910	0,400	1,039	1013,222
5,30	1,958	3,031	0,623	0,757	1013,280
7,20	0,916	-2,215	0,292	1,131	1013,228
10,20	1,162	-0,908	0,363	1,073	1013,197
19,90	0,428	-0,520	0,123	1,215	1013,184
Rok					
2,30	0,916	2,000	0,266	1,345	1017,562
2,80	1,190	2,817	0,354	1,266	1017,568
3,30	0,876	2,423	0,260	1,350	1017,554
5,10	0,884	1,848	0,255	1,354	1017,571
6,80	1,130	2,364	0,328	1,292	1017,565
10,30	1,604	-1,752	0,462	1,138	1017,504

Tab. 31. Cykle ciśnienia atmosferycznego (maksymalnego –  $p_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wartości miesięczne, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles atmospheric pressure (maximum –  $p_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	2,208	-1,153	0,114	39,329	1017,480
0,67	1,998	-2,392	0,112	39,344	1017,480
1,00	12,518	1,266	0,701	39,252	1017,480
1,17	1,840	1,930	0,103	39,423	1017,490
1,33	1,186	-1,854	0,066	39,668	1017,481
1,50	1,082	1,056	0,061	39,697	1017,481
1,75	1,050	-2,478	0,060	39,705	1017,485
2,08	0,354	-1,966	0,020	39,828	1017,483
2,33	0,582	0,257	0,033	39,801	1017,480
2,67	1,020	1,610	0,057	39,714	1017,474
2,92	0,508	2,560	0,028	39,812	1017,483
3,58	1,160	2,900	0,065	39,675	1017,498
5,50	0,950	-2,888	0,053	39,731	1017,508
6,92	1,164	2,134	0,064	39,679	1017,484
10,08	1,590	-2,234	0,089	39,528	1017,476
16,08	0,280	-2,434	0,016	39,834	1017,478
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,196	-2,435	0,056	1,534	1017,495
0,67	0,434	-1,195	0,124	1,515	1017,494
0,92	0,098	-1,192	0,028	1,538	1017,495
1,17	0,212	-2,039	0,060	1,533	1017,495
1,33	0,376	0,694	0,108	1,521	1017,495
1,50	0,494	2,976	0,141	1,508	1017,498
1,75	0,512	-0,875	0,146	1,506	1017,491
1,92	0,290	1,951	0,082	1,528	1017,494
2,33	0,466	1,488	0,133	1,512	1017,494
2,67	0,904	2,594	0,258	1,436	1017,497
2,92	0,420	-2,968	0,120	1,517	1017,495
3,67	1,008	-2,329	0,288	1,411	1017,492
5,42	0,858	-2,753	0,247	1,445	1017,518
6,33	1,208	2,334	0,338	1,363	1017,496
10,08	1,576	-1,939	0,448	1,231	1017,471
15,75	0,256	-2,668	0,076	1,530	1017,495

Tab. 32. Równania prostych regresji ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ )  
 Linear regression equations for atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ )

	$p_{\min} = a_0 + a t$	$p$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{\text{obl.}}$
I	$p_{\min} = 990,3 - 0,07608 t$	979,1	7,33	7,56	0,898	0,23
II	$p_{\min} = 980,8 - 0,09299 t$	979,4	8,93	9,20	0,090	0,23
III	$p_{\min} = 982,4 - 0,1731 t$	979,7	6,98	7,05	0,215	1,35
IV	$p_{\min} = 981,8 + 0,1017 t$	983,4	4,39	4,46	0,200	1,17
V	$p_{\min} = 989,4 - 0,09989 t$	987,9	4,76	4,84	0,182	0,96
VI	$p_{\min} = 988,5 + 0,02225 t$	988,8	3,66	3,79	0,052	0,08
VII	$p_{\min} = 989,0 + 0,06229 t$	990,0	3,90	4,00	0,138	0,54
VIII	$p_{\min} = 990,2 - 0,03493 t$	989,6	4,68	4,83	0,065	0,12
IX	$p_{\min} = 990,7 - 0,1851 t$	987,9	4,68	4,55	0,342	3,71
X	$p_{\min} = 984,9 - 0,04249 t$	984,2	6,77	6,99	0,544	0,08
XI	$p_{\min} = 978,0 + 0,1495 t$	980,3	7,84	8,00	0,165	0,78
XII	$p_{\min} = 977,4 - 0,04449 t$	976,7	8,73	9,03	0,044	0,05
III-V	$p_{\min} = 984,5 - 0,06005 t$	983,7	6,45	6,50	0,078	0,52
VI-VIII	$p_{\min} = 989,5 - 0,002708 t$	989,6	4,14	4,19	0,005	0,002
IX-XI	$p_{\min} = 984,2 - 0,00823 t$	984,0	7,32	7,40	0,009	0,007
XII-II	$p_{\min} = 979,4 - 0,06012 t$	978,5	8,53	8,61	0,059	0,30
X-III	$p_{\min} = 980,8 - 0,05614 t$	980,0	8,18	8,21	0,057	0,57
IV-IX	$p_{\min} = 988,2 - 0,02007 t$	987,9	4,93	4,96	0,034	0,20
Śr. kons.	$p_{\min} = 984,4 - 0,02882 t$	984,0	1,96	1,95	0,124	5,38
Śr. mies.	$p_{\min} = 984,4 - 0,03244 t$	983,9	7,80	7,82	0,036	0,46

Tab. 33. Równania parabol regresji ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ )  
 Parabolic regression equations for atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ )

	$p_{\min} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{\text{obl.}}$
I	$p_{\min} = 981,0 - 0,2089 t + 0,004122 t^2$	7,69	0,097	0,13
II	$p_{\min} = 979,7 + 0,1144 t - 0,006689 t^2$	9,36	0,103	0,14
III	$p_{\min} = 977,7 + 0,7096 t - 0,02847 t^2$	6,90	0,347	1,85
IV	$p_{\min} = 980,2 + 0,392 t - 0,00938 t^2$	4,49	0,246	0,87
V	$p_{\min} = 988,2 + 0,131 t - 0,007449 t^2$	4,90	0,210	0,62
VI	$p_{\min} = 990,6 - 0,3708 t + 0,01268 t^2$	3,75	0,237	0,80
VII	$p_{\min} = 990,4 - 0,1885 t + 0,008089 t^2$	4,03	0,196	0,54
VIII	$p_{\min} = 990,5 - 0,1022 t + 0,00217 t^2$	4,92	0,072	0,07
IX	$p_{\min} = 988,2 + 0,2946 t - 0,01547 t^2$	4,51	0,407	2,69
X	$p_{\min} = 986,4 - 0,3245 t + 0,009097 t^2$	7,09	0,105	0,15
XI	$p_{\min} = 984,6 - 1,081 t + 0,03968 t^2$	7,66	0,377	2,23
XII	$p_{\min} = 979,5 - 0,4267 t + 0,01233 t^2$	9,16	0,104	0,15
III-V	$p_{\min} = 982,3 + 0,4169 t - 0,01664 t^2$	6,46	0,179	1,40
VI-VIII	$p_{\min} = 991,2 - 0,337 t + 0,01165 t^2$	4,15	0,176	1,34
IX-XI	$p_{\min} = 995,6 - 0,295 t + 0,009666 t^2$	7,42	0,083	0,29
XII-II	$p_{\min} = 980,4 - 0,2949 t + 0,008335 t^2$	8,65	0,849	0,30
X-III	$p_{\min} = 981,8 - 0,2915 t + 0,008382 t^2$	8,22	0,086	0,64
IV-IX	$p_{\min} = 987,9 - 0,03949 t - 0,002048 t^2$	4,97	0,043	0,16
Śr. kons.	$p_{\min} = 985,0 - 0,1582 t + 0,004437 t^2$	1,93	0,189	6,41
Śr. mies.	$p_{\min} = 984,7 - 0,08982 t + 0,001907 t^2$	7,83	0,040	0,28

Tab. 34. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Styczeń</b>					
2,27	5,750	-2,902	0,277	49,589	979,179
2,52	6,802	-2,828	0,324	48,065	979,105
2,77	7,454	-1,232	0,362	46,671	979,097
3,27	2,430	0,153	0,119	52,954	979,106
3,85	4,634	1,119	0,220	51,106	979,195
4,60	1,858	1,698	0,090	53,285	979,171
6,35	8,510	1,014	0,412	44,578	979,270
8,85	7,438	2,543	0,359	46,791	979,411
16,60	14,114	-1,517	0,653	30,829	978,468
<b>Luty</b>					
2,35	7,264	-0,981	0,295	72,759	979,369
2,60	3,164	0,508	0,126	78,442	979,415
3,18	9,978	0,041	0,395	67,281	979,264
3,77	9,902	2,825	0,393	67,387	979,390
4,93	12,810	-0,701	0,503	59,517	979,383
8,10	9,152	-1,816	0,362	69,284	979,172
23,35	6,160	-1,687	0,237	75,242	979,765
<b>Marzec</b>					
2,18	10,098	1,843	0,519	35,563	979,811
2,43	8,036	-2,867	0,402	40,801	979,795
2,93	6,200	3,044	0,320	43,677	979,810
3,35	4,576	-1,498	0,232	46,040	979,725
4,02	7,222	2,293	0,366	42,128	979,90,1
4,93	5,684	-2,102	0,290	44,572	979,771
6,02	5,084	-2,030	0,257	45,440	979,726
8,27	6,298	-0,197	0,316	43,817	979,517
<b>Kwiecień</b>					
2,35	3,862	1,496	0,305	17,0	983,405
2,77	4,624	1,555	0,370	16,0	983,399
3,02	3,906	-0,768	0,316	17,0	983,368
3,52	2,610	2,517	0,209	18,0	983,418
4,27	3,740	-1,239	0,301	17,0	983,370
5,35	2,094	0,646	0,166	18,0	983,310
6,35	2,606	1,769	0,205	18,0	983,435
8,18	3,754	0,404	0,307	17,0	983,329
12,85	5,936	2,799	0,478	14,0	983,656
30,18	3,866	-2,973	0,312	17,0	983,364

Tab. 35. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Maj</b>					
2,18	4,966	-2,278	0,345	19,930	987,839
2,52	2,464	-0,634	0,185	21,848	987,904
2,85	3,360	1,596	0,249	21,222	987,958
3,43	5,944	0,625	0,443	18,187	987,690
4,02	3,688	1,369	0,274	20,930	987,940
5,35	4,118	1,430	0,306	20,508	987,982
6,77	1,474	2,675	0,110	22,350	987,952
9,27	4,706	-2,482	0,357	19,740	988,058
16,27	7,395	-1,203	0,525	16,377	987,599
<b>Czerwiec</b>					
2,52	1,698	1,403	0,164	13,065	988,805
2,77	2,260	-2,845	0,218	12,790	988,784
3,35	3,842	1,452	0,370	11,585	988,809
4,18	3,702	-2,998	0,362	11,667	988,846
5,27	5,132	-1,485	0,487	10,242	988,680
7,18	1,544	0,376	0,151	13,119	988,769
18,18	1,910	-1,210	0,179	12,998	988,710
22,68	3,172	-0,193	0,303	12,192	988,534
<b>Lipiec</b>					
2,27	4,558	2,480	0,431	12,372	990,052
2,52	4,222	-2,334	0,378	13,025	989,982
2,77	2,000	-1,969	0,178	14,716	989,983
3,18	4,252	0,460	0,383	12,964	989,966
3,68	3,966	3,091	0,363	13,192	990,037
4,77	2,906	-2,043	0,261	14,165	990,028
5,93	2,346	-1,064	0,212	14,518	990,005
8,35	3,826	0,411	0,349	13,348	989,921
21,77	2,748	0,485	0,247	14,270	989,713
<b>Sierpień</b>					
2,52	3,064	-1,228	0,230	30,744	989,630
2,93	6,756	-2,799	0,515	16,098	989,705
3,43	2,800	-0,905	0,211	20,921	989,602
4,27	4,354	-0,804	0,328	19,544	989,633
5,18	3,166	0,792	0,240	20,642	989,672
6,27	0,820	-0,343	0,063	21,813	989,625
8,43	6,668	1,540	0,505	16,313	989,783
16,93	5,842	-0,707	0,419	18,046	989,305



Tab. 36. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,43	2,908	2,474	0,225	20,803	987,910
2,77	3,348	-1,630	0,251	20,534	987,842
3,35	6,734	0,327	0,507	16,280	987,884
4,10	3,328	1,685	0,248	20,566	987,887
5,02	4,238	0,437	0,320	19,674	987,873
8,35	4,560	2,776	0,338	19,408	988,056
<b>Październik</b>					
2,27	5,764	-1,758	0,291	41,910	984,210
3,27	8,794	1,207	0,454	36,311	984,196
4,02	7,914	-2,389	0,412	37,997	984,258
5,93	3,814	0,271	0,200	43,951	984,215
8,77	9,200	-1,049	0,478	35,335	983,982
16,10	4,458	0,982	0,233	43,292	984,342
<b>Listopad</b>					
2,68	6,076	1,692	0,269	57,035	980,350
2,85	5,744	2,975	0,259	57,352	980,389
3,77	8,008	-2,038	0,360	53,523	980,314
4,68	7,622	-1,167	0,343	54,246	980,196
6,35	10,222	-0,987	0,451	48,967	980,066
8,60	4,516	-0,328	0,202	58,973	980,123
13,10	10,740	0,985	0,487	46,892	979,830
<b>Grudzień</b>					
2,60	7,546	-2,434	0,306	69,160	976,673
3,10	13,082	0,884	0,527	55,102	976,902
4,35	7,972	-0,717	0,325	68,252	976,713
6,52	8,990	1,760	0,361	66,392	976,991
10,02	6,306	-2,886	0,255	71,354	976,731
17,43	10,984	-0,504	0,421	62,818	976,001

Tab. 37. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wiosna</b>					
2,30	3,546	-2,382	0,193	40,076	983,713
2,50	4,682	2,956	0,253	38,964	983,743
2,90	3,862	0,155	0,212	39,758	983,667
3,40	2,864	3,030	0,156	40,607	983,724
4,10	3,556	-0,748	0,195	40,044	983,681
5,20	2,636	1,911	0,145	40,746	983,695
8,20	3,218	1,689	0,177	40,315	983,682
13,90	4,672	-1,905	0,261	38,798	983,762
<b>Lato</b>					
2,50	1,894	1,382	0,164	16,684	989,562
3,10	3,064	1,995	0,258	16,002	989,559
4,20	1,866	0,272	0,161	16,700	989,553
5,20	1,794	0,833	0,154	16,736	989,531
8,50	3,522	2,371	0,298	15,617	989,641
20,40	3,264	0,584	0,273	15,868	989,219
<b>Jesień</b>					
2,30	3,966	1,952	0,187	51,641	984,099
2,70	1,714	-1,180	0,081	53,150	984,013
3,60	3,890	-1,614	0,188	51,609	984,046
4,60	3,350	0,141	0,164	52,060	983,960
6,40	3,194	0,495	0,154	52,231	983,964
8,60	4,084	-0,590	0,197	51,430	983,902
14,00	3,852	1,470	0,189	51,598	983,971
<b>Zima</b>					
2,30	3,506	3,055	0,146	71,228	978,554
2,70	2,766	1,721	0,117	71,779	978,515
3,20	7,648	-2,601	0,315	65,565	978,515
3,80	3,950	-1,168	0,166	70,780	978,506
4,90	4,078	1,878	0,168	70,719	978,543
6,80	5,850	-2,848	0,242	68,528	978,630
17,50	6,466	-0,507	0,249	68,249	977,975

Tab. 38. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe, wartości miesięczne  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period, monthly values

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,30	3,508	2,696	0,154	65,233	979,977
2,50	1,750	-3,055	0,076	66,444	979,986
3,10	4,894	2,655	0,209	63,895	979,940
3,90	3,348	-0,918	0,144	65,439	979,987
5,00	2,890	1,542	0,127	65,755	979,982
6,90	3,580	-3,047	0,152	65,277	979,991
26,90	2,344	0,771	0,102	66,132	979,899
Półrocze ciepłe					
2,40	1,542	-0,187	0,109	24,025	987,918
3,00	1,886	1,105	0,137	23,858	987,924
3,50	2,430	-1,807	0,174	23,576	987,949
4,20	1,440	-0,291	0,104	24,054	987,914
5,10	1,486	1,477	0,107	24,035	987,938
6,20	0,386	1,705	0,028	24,297	987,927
8,40	2,770	2,742	0,198	23,361	988,031
16,00	3,168	-0,764	0,216	23,175	987,768
Wartości miesięczne					
0,42	1,918	-3,036	0,087	60,429	983,928
0,77	1,498	-2,034	0,068	60,608	983,928
1,00	0,678	-2,106	0,574	40,800	983,928
1,33	1,340	-1,267	0,064	60,664	983,923
1,67	1,570	0,940	0,071	60,581	983,928
2,00	1,434	2,807	0,065	60,632	983,928
2,25	1,734	-0,932	0,078	60,516	983,924
2,50	1,096	-0,030	0,050	60,739	983,928
3,08	2,970	0,171	0,135	59,780	983,907
3,58	2,010	2,890	0,091	60,382	983,957
4,17	2,010	-1,673	0,091	60,380	983,950
5,00	2,096	0,093	0,095	60,339	983,928
6,58	1,496	1,451	0,068	60,606	983,933
9,17	0,806	2,431	0,036	60,811	983,935
17,50	2,490	-0,630	0,105	60,216	983,747

Tab. 39. Cykle ciśnienia atmosferycznego (minimalnego –  $p_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles atmospheric pressure (minimum –  $p_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,208	-2,364	0,038	3,825	983,984
0,75	0,298	0,470	0,054	3,819	983,984
0,92	0,106	1,891	0,019	3,829	983,985
1,08	0,202	0,685	0,037	3,825	983,984
1,25	0,406	-2,001	0,074	3,810	983,986
1,50	0,332	-2,196	0,060	3,816	983,986
1,67	0,896	2,826	0,162	3,730	983,992
2,00	1,070	-2,162	0,194	3,687	983,988
2,25	1,282	0,401	0,232	3,624	983,985
2,50	0,808	1,359	0,174	3,748	983,987
3,08	2,412	1,150	0,435	3,106	983,964
4,08	1,860	-1,187	0,336	3,398	983,995
4,92	2,004	0,498	0,364	3,322	983,988
6,58	1,410	1,933	0,253	3,585	983,991
9,17	0,710	2,662	0,126	3,770	983,986
17,83	2,358	-0,411	0,396	3,228	983,773

## VI. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W OSTATNICH STULECIACH (1659–1990)

Jednym z głównych problemów klimatologii są zmiany wiekowe klimatu i ich przyczyny. Po wykryciu 11-letniego cyklu aktywności Słońca i przyrostów rocznych słoii drzew starano się wykazać, iż temperatura powietrza ulega także 11-letniej periodyczności.

W badaniu okresowości temperatury powietrza stosuje się coraz rzadziej analizę harmoniczną (szereg Fouriera) ze względu na niezgodność fikcyjnych okresów z wynikami pomiarów. Jest ona stosowana nadal do opisu rocznych i dobowych zmian temperatury (Ewert, 1984).

Wiekowe zmiany są zwykle określane za pomocą średnich konsekwentnych 5-, 10-, 25-letnich i zależności od czasu (Budyko, 1971, Trepńska, 1973).

Najczęściej stosowaną ostatnio metodą jest analiza spektralna i metoda autokorelacji. Według np. Ch. D. Schönwiese (Kozuchowski, 1990) temperatura w środkowej Anglii w latach 1659–1980 ulegała okresowym zmianom  $\approx 200; 25; 14; 5; 3,4; 3,1$  i 2,15 lat. Landsberg (1980) uważa, że tylko cykl 99 lat i dwuletni średniej temperatury powietrza na półkuli północnej są istotne statystycznie — wyjaśniają one znaczną część jej wariancji

Trzeba zauważyć, że metoda autokorelacyjna umożliwia wykrywanie jedynie okresów krótkich – do kilkunastu lat. „Uprzywilejowane” statystycznie są cykle najkrótsze, które są wyznaczone na podstawie największej liczby  $n - k$  pomiarów ( $n$  – długość ciągu chronologicznego,  $k$  – okres). Spadek współczynników autokorelacji przy małych częstościach  $\frac{2\pi}{k}$  zmian może wynikać z niedoskonałości samej metody, a nie z braku

długich okresów. Po prostu kolejne współczynniki korelacji między ciągiem pierwotnym (o liczebności  $n$ ) i ciągami otrzymanymi z translacji czasu o  $k$  jednostek są obliczane na podstawie coraz to mniejszej  $n - k$  liczby danych empirycznych.

Analiza oscylacji – wyznaczenie widm oscylacji i prawdziwych okresów metodą sinusoid regresji jest nowym doskonalszym narzędziem badań periodycznych zmian klimatu (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1992).

Cykliczność temperatury powietrza w Europie wyznaczono na podstawie ciągów czasowych średnich miesięcznych, sezonowych, półrocznych i rocznych z różnych przedziałów czasu – od 100 do 300 lat (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1998, 1999).

Głównymi przyczynami naturalnymi zmian klimatu są aktywność Słońca i erupcje wulkaniczne. Podczas maksimum aktywności Słońca obserwuje się na ogół wyższe wartości temperatury powietrza niż w latach spokojnego Słońca, gdy liczba plam słonecznych jest najmniejsza. Minimum wiekowych zmian temperatury powietrza przypada na najsłabszy 13-letni cykl (1811–1823), a maksimum w pobliżu maksimum absolutnego plam słonecznych (1957), licząc od roku 1700.

Aktywność Słońca kształtuje klimat Ziemi poprzez cyrkulację atmosferyczną. W cyklu 11-letnim liczb Wolfa zmienia się stała słoneczna o 2,5% (Kondratiew, Nikolski, 1970), a więc dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi. Dystrybucję energii cieplnej na Ziemi warunkuje cyrkulacja atmosferyczna i cyrkulacja wód oceanicznych (prądy morskie, El Niño). Wpływ aktywności Słońca na cyrkulację (zmienność stałej

słonecznej i stanu jonosfery – Rakipowa, 1960) determinuje wahania temperatury powietrza.

Na klimat duży wpływ mają również erupcje wulkaniczne – emisja ogromnych ilości pyłów do atmosfery. Na przykład po wybuchu wulkanu Katmai (Alaska, 1912 r.) stwierdzono spadek promieniowania bezpośredniego (w skali globalnej) o 10–20%. Drobną pył wulkaniczny pozostaje w stratosferze przez wiele lat i ogranicza dopływ promieniowania do powierzchni Ziemi – powoduje ochłodzenie w skali globalnej.

Oddzielenie wpływów aktywności Słońca i aktywności wulkanicznej na klimat Ziemi jest bardzo trudne. Wynika to ze zbliżonej okresowości tych czynników. Erupcja wulkanów (wskaźnik *DVI*, dust veil index H. Lamba) ulegają analogicznej cykliczności jak aktywność Słońca:

aktywność Słońca (liczby Wolfa, 1700–1993) — 11,0; 101,3; 192,1 lat,  
erupcja wulkanów (*DVI*, 1680–1980) — 11,4; 90,5; 221,5 lat.

### 1. Cykle około 4–5-letnie temperatury powietrza

Należy zauważyć, że daty wybuchów wulkanów o największych wartościach wskaźnika zapylenia atmosfery *DVI* na ogół pokrywają się z latami spokojnego Słońca (załącznik 1).

Ciągi czasowe temperatury powietrza w Europie cechują się okresowością 4–5-letnią:

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Warszawa	3,5	4,0	3,9	4,7	4,7
Praga	3,5	4,4	3,9	4,7	4,7
Genewa	3,8	3,9	3,9	3,7	3,9
Anglia	3,8	3,7	3,1	4,3	5,2

Jest to również okres zmienności opadów atmosferycznych w Polsce (Brazdil, Kożuchowski, 1986), odpływów Wisły (Jokiel, Kożuchowski, 1989), poziomu Morza Bałtyckiego (Kożuchowski, Boryczka, 1997), cyrkulacji na poziomie 500 hPa nad Polską i Bałtykiem (Kożuchowski, Stolarczuk, Wibig, 1994), zlodzenia Bałtyku (Kożuchowski, 1994) oraz cyrkulacji atmosferycznej – makrotypów strefowej (*W*) i południkowej (*C*), a także cyrkulacji cyklonalnej nad Polską (Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1997). Przyczyną tego okresu może być siła pływania na Ziemi, wywoływana ruchem planet o bardzo silnym cyklu 4,0 lat (współczynnik korelacji  $R = 0,37$ ). Tezę tę wspiera także cykl 3,0 lat erupcji wulkanicznej na Ziemi (zmiennej  $\lg DVI$ ). Natomiast cyklu 4-letniego nie ma w widmie oscylacji aktywności Słońca. Prawdopodobnie podczas maksymów wypadkowej sił pływowych luni-solarno-planetarnych na Ziemi powstają warunki oddziaływań grawitacyjnych zmieniające cyrkulację atmosferyczną i sprzyjające erupcjom wulkanicznym.

## 2. Cykle około 7–8-letnie temperatury powietrza.

W ciągach czasowych temperatury powietrza w Europie dominuje cykl o długości ok. 7–8 lat:

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Warszawa	8,3	7,8	7,1	6,5	7,7
Kraków	8,2	7,9	7,0	5,5	7,8
Wrocław	7,6	7,9	7,7	8,7	7,7
Zurych	7,5	7,8	5,9	6,9	7,7
Praga	7,7	6,9	8,4	7,5	7,8
Genewa	5,8	7,8	7,8	6,8	7,4
Poczdami	7,7	7,8	7,9	6,9	7,7
Anglia	7,7	6,9	8,3	7,3	7,4

Zbliżoną cyklicznością cechuje się cyrkulacja atmosferyczna:

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Wschodnia $C_E$	7,4	7,7	7,9	7,7	8,0
Zachodnia $C_W$	7,6	9,0	6,0	7,6	9,4
Południkowa $C$	7,6	8,9	6,9	6,5	7,8
Cyklonalna $C_L$	7,4	5,4	7,9	6,9	8,5
Strefowa $C_I$	7,8	8,3	8,9	7,7	8,9

W ciągach czasowych liczb Wolfa w latach 1749–1993 i 1700–1993 występują okresy 8,1 i 8,5 lat o amplitudach 21,2 i 23,5 (2b). Wskaźnik zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze  $DVI$  ma okres 7,9 lat. Taki sam okres stwierdza się w zmienności parametrów Układu Słonecznego: przyspieszenia Słońca – 7,8 lat, sił pływowych na Słońcu – 7,4 lat.

Okresowość 7,8-letnią stwierdzono również w serii pomiarów (od 1720 roku) zlodowaceń Bałtyku (Kozuchowski, 1994). Okresowość 7,7-letnią stwierdzono także w Alpach (Lorenc, 1994) i wcześniej w kilkudziesięciu seriach europejskich (Malcher, Schönwiese, 1987).

Wcześniejszą koncepcję autorów o przyczynowo–skutkowym powiązaniu klimatu Ziemi z ruchem planet i Słońca, aktywnością słoneczną i aktywnością wulkaniczną potwierdzają badacze czescy I. Charvatova i J. Strestik (1994). Zaliczają oni 7,8-letni cykl do podstawowej grupy harmonik, cechujących ruch planet (Jowisz, Saturn, Uran, Neptun), które oddziaływując na Słońce kształtują 11-letni cykl słoneczny.

## 3. Cykle około 10–12-letnie temperatury powietrza.

Interesujące jest porównanie okresowości temperatury powietrza w Europie i aktywności Słońca w paśmie 9,5–12,8 lat:

Liczby Wolfa 1700–1993		
$\Theta$	$b$	$R$
9,5	15,1	0,13
10,0	48,3	0,42
10,5	44,7	0,39
<u>11,0</u>	<u>60,1</u>	<u>0,53</u>
12,0	32,2	0,28
12,7	15,5	0,14

Liczby Wolfa 1749–1993		
$\Theta$	$b$	$R$
9,5	22,2	0,19
10,0	49,0	0,42
.	.	.
<u>11,0</u>	<u>57,9</u>	<u>0,50</u>
11,9	31,3	0,27
12,0	12,1	0,10

Wiadomo (Kondratiew, Nikolski, 1970), że stała słoneczna w znacznym stopniu zależy od aktywności Słońca. Zależność jej od liczb Wolfa wyraża wzór empiryczny

$$s = 1,903 + 0,11W^{0,5} - 0,0006W, [\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}]$$

Stała słoneczna ( $s$ ) w cyklu 11-letnim zmienia się maksymalnie o 2,5%. Jest największa, gdy  $W = 84$ .

W ciągu czasowym stałej słonecznej w latach 1700–1993 wyróżnia się pasmo widma 9,6–14,5 lat (minima wariancji resztkowej):

$\Theta$	$R$	$2b$
9,6	0,057	0,0017
10,1	0,209	0,0063
10,5	0,326	0,0098
11,1	0,609	0,0182
11,9	0,186	0,0056
12,7	0,227	0,0064
13,7	0,141	0,0042
14,5	0,170	0,0051

Cykl 11,1-letni stałej słonecznej można wyrazić równaniem sinusoidy

$$s = 1,94357 + 0,009163 \sin\left(\frac{2\pi}{11,1}t - 1,9549\right)$$

przyjmując datę 1699 jako  $t = 0$ .

Amplituda zmian stałej słonecznej w tym cyklu wynosi średnio  $s_{\max} - s_{\min} = 0,0182 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$  i stanowi prawie 1% w odniesieniu do średniej  $1,9436 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ . Należy zauważyć, że okres 11,1 lat jest rezultatem uśrednienia pojedynczych rytmów plam słonecznych, od 9 do 14 lat.

Przy obecnej ekscentryczności orbity Ziemi ( $e = 0,016751$ ) wraz ze zmianą odległości Ziemi od Słońca (147 mln km – styczeń, 152 mln km – lipiec) stała słoneczna zmienia się w granicach  $\pm 3,3\%$  wartości średniej (od peryhelium do aphelium) i zakres rocznych wahań stałej słonecznej wynosi  $s_{\max} - s_{\min} = 6,6\%$ . Dopływ energii słonecznej do Ziemi podczas maksimów plam słonecznych w zimie (w styczniu) jest o 9,1% większy niż w latach spokojnego Słońca w lecie (lipiec).



Nawet niewielkie zmiany stałej słonecznej mogą oddziaływać na cyrkulację atmosferyczną – dystrybucję ciepła na Ziemi.

Znajomość granic zmian stałej słonecznej w zależności od aktywności Słońca – jej tendencji – może być kluczem do wyjaśnienia globalnych wahań klimatu.

Analogiczna okresowość występuje w seriach pomiarowych temperatury powietrza w Europie. Oto okresy o długościach 9,3–14,2 lat i amplitudy wahań (2*b* w °C):

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
Warszawa	9,7	0,8	9,8	0,4	9,6	0,1	9,1	0,4	9,2	0,3
	10,2	0,7	10,4	0,1	10,5	0,2	<u>10,6</u>	0,4	10,4	0,2
	.	.	<u>11,2</u>	<u>0,7</u>	11,3	0,3	11,4	0,2	11,1	0,3
	11,9	0,5	12,1	0,4	.	.	11,8	0,2	.	.
	<u>12,9</u>	<u>1,0</u>	<u>12,9</u>	<u>0,8</u>	13,3	0,3	13,0	0,3	12,9	0,4
	14,0	0,8	14,2	0,6	14,5	0,3	14,3	0,4	14,0	0,4
Praga	9,4	0,6	9,7	0,5	<u>9,7</u>	<u>0,4</u>	9,7	0,2	9,7	0,2
	<u>10,1</u>	<u>1,0</u>	10,4	0,6	.	.	<u>10,4</u>	<u>0,5</u>	<u>10,3</u>	<u>0,4</u>
	10,9	0,3	11,2	0,6	10,8	0,2	11,1	0,2	11,4	0,2
	.	.	.	.	11,7	0,2	11,9	0,2	.	.
	11,8	0,5	12,1	0,3	12,8	0,4	12,9	0,2	12,9	0,4
	12,9	0,8	13,0	0,6	<u>13,9</u>	<u>0,5</u>	.	.	.	.
	<u>14,2</u>	<u>1,0</u>	<u>14,3</u>	<u>0,7</u>	.	.	14,0	0,3	<u>14,1</u>	<u>0,5</u>
Genewa	9,3	0,4	9,6	0,2	9,6	0,2	9,5	0,3	9,3	0,2
	<u>10,3</u>	<u>0,6</u>	<u>10,3</u>	<u>0,8</u>	<u>10,6</u>	<u>0,4</u>	10,4	0,4	10,3	0,3
	11,0	0,4	11,2	0,4	11,3	0,3	11,2	0,1	11,1	0,2
	<u>11,7</u>	<u>0,6</u>	12,0	0,2	12,0	0,1	12,5	0,1	11,9	0,2
	12,9	0,5	<u>12,9</u>	<u>0,6</u>	12,7	0,3	.	.	12,8	0,3
	.	.	14,0	0,3	13,8	0,6	14,4	0,1	14,0	0,2
Anglia	9,5	0,3	9,7	0,2	9,4	0,3	9,9	0,3	9,5	0,2
	10,5	0,2	<u>10,5</u>	<u>0,3</u>	10,0	0,3	<u>10,3</u>	<u>0,4</u>	10,4	0,1
	11,1	0,4	11,1	0,2	11,1	0,2	11,2	0,2	11,1	0,2
	<u>11,7</u>	<u>0,6</u>	11,6	0,2	11,6	0,2	12,0	0,2	11,6	0,1
	<u>12,4</u>	<u>0,7</u>	12,4	0,2	<u>12,8</u>	<u>0,4</u>	12,6	0,3	12,5	0,2
	13,2	0,3	13,2	0,4	13,9	0,2	13,8	0,2	14,1	0,2

Na ogół amplitudy zmian temperatury powietrza w cyklu 11-letnim są mniejsze niż w cyklach nieco dłuższych: 12, 13, 14 lat – zbliżonych do okresów obiegu Jowisza (największej planety) 11,86 lat i jego położenia względem Neptuna 12,78 lat i Uranu 13,81 lat.

Zakres wahań temperatury powietrza w wyznaczonych cyklach o długościach 9,3–14,2 lat jest największy w zimie: np. w Warszawie w cyklu 12,9 lat wynosi 1°C, w Pradze w cyklu 14,2 lat – 1°C, w Genewie w cyklu 11,7 lat – 0,6°C, w Anglii w cyklu 12,4 – 0,7°C. W lecie wahania temperatury powietrza w okresach należących do pasma 9,3–14,2 lat są znacznie mniejsze. Prawdopodobnie wynika to z wahań rocznej stałej słonecznej  $\pm 3,3\%$  i jej zmian o 2,5% w cyklu 11-letnim – zależy od dystrybucji ogromnej ilości ciepła dopływającego od strefy okołorównikowej w kierunku biegunów.

#### 4. Cykle około 100–200-letnie temperatury powietrza.

W kształtowaniu klimatu Ziemi dużą rolę odgrywają około 100-letnie i 200-letnie okresy aktywności Słońca i stałej słonecznej w latach 1700–1993:

aktywność Słońca

$$W = 49,368 + 17,254 \sin\left(\frac{2\pi}{101,6}t - 2,2588\right), \quad R = 0,304$$

$$W = 48,431 + 12,759 \sin\left(\frac{2\pi}{192,1}t - 1,1804\right), \quad R = 0,223$$

stała słoneczna

$$s = 1,9434 + 0,004158 \sin\left(\frac{2\pi}{102,0}t - 2,1359\right), \quad R = 0,277$$

$$s = 1,9435 + 0,002084 \sin\left(\frac{2\pi}{187,8}t - 1,0349\right), \quad R = 0,136$$

Zmiany stałej słonecznej w cyklu 102-letnim wynoszą  $0,0082 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ , a w cyklu 187,8-letnim –  $0,0042 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ . W odniesieniu do jej wartości średniej w latach 1700–1993 stanowi to 0,4% i 0,2%. Wynikiem nakładania się tych dwóch cykli są zmiany stałej słonecznej rzędu 0,6%, a łącznie z okresem 11-letnim – 1,6% – w odniesieniu do średniej z lat 1700–1993. Długookresowe zmiany stałej słonecznej mają zasadniczy wpływ na tendencję zmian klimatu (akumulacja ciepła przez głębsze warstwy wód oceanicznych i warstwy ziemi). Znamienne jest, że temperatura powietrza podlega około 100-letnim zmianom, tak jak aktywność Słońca (stała słoneczna). Długość tego około wiekowego cyklu temperatury powietrza, wyznaczono na podstawie najdłuższych serii pomiarów w poszczególnych sezonach, zestawiono poniżej:

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	Θ	2b	Θ	2b	Θ	2b	Θ	2b	Θ	2b
Warszawa	113,1	0,7	72,9	0,6	91,2	0,4	66,8	0,4	104,7	0,2
Genewa	93,4	0,4	73,1	0,8	76,6	1,0	74,6	0,6	75,8	0,6
Anglia	99,1	0,6	102,8	0,5	101,9	0,3	104,9	0,7	101,8	0,7

Minima temperatury powietrza w tych cyklach występują w pobliżu daty 1811, minimum stałej słonecznej w cyklu 102-letnim (np. Warszawa, średnia roczna, 1817).

W Europie istnieje też około dwuwiekowy okres zmian temperatury powietrza. Wyrażają tę zmienność równania sinusoid regresji o parametrach:

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\ominus$	$2b$	$\ominus$	$2b$	$\ominus$	$2b$	$\ominus$	$2b$	$\ominus$	$2b$
Warszawa	218,3	1,8	217,0	1,4	208,2	0,3	.	.	223,9	1,1
Genewa	216,6	1,0	.	.	147,4	0,7	177,5	0,6	166,3	0,7
Anglia	170,2	0,6	175,7	0,5	220,8	0,4	197,9	0,5	175,6	0,4

Prognozowanie minimum (2059) stałej słonecznej w cyklu 187,8 lat i prognozowanie minimum średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie (2057) w cyklu 223,9 lat przypadają w połowie przyszłego stulecia.

Długość tego około dwuwiekowego okresu, zbliżona do szerokości przedziału aproksymacji, bardzo zależy od długości serii pomiarów. Uwzględnienie dodatkowych kilku lat prowadzi do zmiany okresu nawet o kilkanaście lat.

Należy jednak zauważyć, że parametry Układu Słonecznego w szerokich przedziałach aproksymacji (1700–2100) cechują się okresowością zbliżoną do 200 lat.

O realności tych najdłuższych cykli klimatycznych, około 100–letnich i 200–letnich, świadczą np. ciągi czasowe substancji organicznych zdeponowanych w osadach Jez. Święte w ciągu ostatnich 10 000 lat. W ciągach czasowych substancji organicznych, zachowanych o osadach Jez. Święte, okresy 120 i 190 lat powtarzają się wielokrotnie (Boryczka, Wicik, 1994). Analogicznym problemem w analizie akumulacji osadów jeziornych jest uznanie jako realne okresów 7350 lat i dłuższych na podstawie danych sprzed 10 000 lat.

Wyjaśniając przyczyny okresowych zmian klimatu nie można pominąć roli erupcji wulkanicznych – emisji dużej ilości pyłów do atmosfery. Nie wiadomo, dlaczego wskaźnik zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze  $DVI$  ulega zbliżonym rytmom jak aktywność Słońca:

4,0      6,8      9,3      11,4      13,3      16,4      92,5      211,4 lat

Nie wiadomo, jaki jest udział drobnego pyłu wulkanicznego pozostającego w stratosferze przez wiele lat w kształtowaniu promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię Ziemi.

Prognoza temperatury powietrza w stuleciu XXI przedstawia się następująco: (minimum  $T_{\max} - T_{\min}$ ) temperatury powietrza w Warszawie w stuleciach XVIII–XXI (wg superpozycji cykli, trendów  $T = F(t)$  występują w czasie:

	$T_{\min}$	Data	$T_{\max}$	Data
Styczeń	-7,6	1801	-0,9	1916
Lipiec	17,7	1822	19,6	1944
Rok	6,5	1823	8,5	1949

Minimum absolutne średniej rocznej temperatury powietrza  $T_{\min} = 6,5^{\circ}\text{C}$  występuje w roku 1823 – podczas minimum absolutnego aktywności Słońca (1811–1823 – najślabszy cykl 11–letni). Maksimum zaś absolutne temperatury powietrza  $T_{\max} = -8,5^{\circ}\text{C}$  nieco wyprzedza datę maksimum absolutnego aktywności Słońca (1957).

Analogiczne ekstrema wiekowe temperatury powtórzyły się, ewentualnie wystąpią w latach:

	$T_{\min}$	Data	$T_{\max}$	Data
Styczeń	-6,8	2011	-1,2	2044
Lipiec	17,6	1977	19,5	2085
Rok	6,8	2008	8,3	2093

Można oczekiwać, iż na początku przyszłego stulecia – w roku 2011 wystąpią duże spadki temperatury powietrza w styczniu. W lutym jeszcze pod koniec bieżącej dekady prawdopodobnie wystąpią niskie wartości temperatury powietrza.

Przyczyną naturalnych zmian Klimatu Polski w XVIII–XXI wieku są periodyczne zmiany aktywności Słońca. Widma oscylacji temperatury powietrza w Warszawie i liczb Wolfa w latach 1779–1979 są prawie identyczne. Zgodność tych widm występuje we wszystkich pasmach czystości  $\omega = \frac{2\pi}{\Theta}$  o maksimach, tj. okresach prawdziwych  $\Theta$ :

Liczby Wolfa	11	21	28	43	59	91	(179) lat
--------------	----	----	----	----	----	----	-----------

Temperatura powietrza	13	22	28	41	60	90	194 lat
-----------------------	----	----	----	----	----	----	---------

Mało prawdopodobne jest, by ta zgodność 7 pasm częstości oscylacji temperatury powietrza i aktywności Słońca była przypadkowa (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1992).

## VII. OKRESOWE ZMIANY TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W 30–LECIU (1966–1995) I 210–LECIU (1779–1990)

Warszawa jest dobrym punktem odniesienia w badaniach modelowych zmian klimatu Środkowej Polski, a także Europy, ze względu na położenie geograficzne (miasto nizinne) i najdłuższą serię pomiarów temperatury powietrza.

Ogólne cechy okresowości klimatu w Warszawie na tle innych miast Europy zostały przedstawione we wcześniejszych pracach wykonanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego (Boryczka, 1984, 1993, 1998, Boryczka, Stopa-Boryczka i inni, 1992, 1998, 1999).

Dotychczasowe badania długich ciągów pomiarów wykazały, że w Warszawie, podobnie jak w innych miastach Polski (Kraków 1826–1990, Wrocław 1851–1980) czy też europejskich (Praga 1771–1980, Genewa 1768–1980, Zurych 1864–1980, Poczdam 1893–1992), występuje kilka cykli temperatury powietrza o znaczących amplitudach. Są to cykle około 3–5, 7–8, 10–13, 73–113 lat i planetarny 178,9 lat. Ich obecność prawie we wszystkich ciągach chronologicznych (miesięcznych i sezonowych wartości) i synchroniczności wahań (zbliżone daty ekstremów), głównie około 8-, 10–13-, 180-letniego, wykazują, że cykliczność ta jest cechą pola temperatury powietrza w Europie i Polsce.

Wyniki badań krótszych serii pomiarów temperatury powietrza z lat 1951–1990 w Polsce, przedstawiono w pracy doktorskiej E. Żmudzkiej pt. „Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce”. (1998), potwierdziły częściowo tę tezę o cykliczności pola temperatury powietrza. Rozszerzeniem są krótkie i średnie cykle temperatury powietrza oraz ich przestrzenne zróżnicowanie (okresów, amplitud i faz) na terenie Polski. Synchroniczność krótkich i średnich cykli temperatury powietrza w latach 1951–1990 autorka wykazała na podstawie map izarytm uwzględniających dane z 58 stacji meteorologicznych reprezentujących wszystkie jednostki fizycznogeograficzne Polski. Nie bez znaczenia jest wyznaczenie parametrów cykli: okresów, amplitud i faz z zastosowaniem tej samej metody badań „sinusoid regresji” (Boryczka, 1993).

Na obszarze Polski, podobnie jak w Europie, występuje kilka istotnych cykli temperatury powietrza: około 3, 4, 6–8, 10–17, 21–28 lat o znaczących zakresach wahań. Ich obecność w ciągach chronologicznych sezonowych i rocznych wartości w 58 punktach pola temperatury powietrza i synchroniczność świadczą o deterministycznych wahaniami klimatu Polski. Zarówno w Polsce, jak i w Europie dominują cykle: około 8-letni w zimie i 4-letni w lecie. Dla przykładu podano zakres wahań temperatury powietrza w cyklu około 8-letnim w Warszawie w odniesieniu do innych miejscowości (Żmudzka, 1998):

	Zima					Lato				
	$\Theta$	$\Delta T$	%	$R$	$D_{\max}$	$\Theta$	$\Delta T$	%	$R$	$D_{\max}$
Warszawa	7,7	3,9	80	0,61	1958	7,4	0,5	27	0,19	1959
Kołobrzeg	7,7	3,1	73	0,57	1958	7,8	0,8	60	0,42	1958
Suwałki	7,8	4,1	77	0,60	1957	7,1	0,3	16	0,11	1959
Wrocław	7,7	3,6	80	0,61	1958	7,5	0,7	45	0,32	1959
Zamość	7,7	3,8	75	0,58	1958	7,1	0,4	21	0,14	1959

W zimie dominuje cykliczność 7,7–7,8-letnia o zakresie wahań od 3,9°C w Warszawie do 4,1°C w Suwałkach. Wahania względne, odniesione do przedziału  $\pm s$ , wynoszą 73–80%. Współczynniki korelacji  $R$  zmieniają się w przedziałach 0,57–0,61 i są istotne statystycznie na poziomie  $< 0,05$ . Maksymalne temperatury powietrza w tym cyklu wystąpiły na obszarze Polski w latach 1957–1958.

W lecie zakres zmian temperatury w cyklach 7,1–7,8 lat jest mniejszy (21–60%), a maksimum wystąpiło o jeden rok później: 1958–1959. W cyklu tym na ogół po cieplej zimie występuje ciepłe lato, a po mroźnej zimie – chłodne. Należy jeszcze dodać, że cykliczność około 8-letnia temperatury powietrza występuje we wszystkich sezonach i w roku.

W lecie dominującym okresem temperatury powietrza w Warszawie i innych miastach polski jest cykl około 4-letni (Żmudzka, 1998):

	Zima					Lato				
	$\Theta$	$\Delta T$	%	$R$	$D_{\max}$	$\Theta$	$\Delta T$	%	$R$	$D_{\max}$
Warszawa	3,1	2,0	40	0,31	1951	3,8	1,1	62	0,43	1951
Kołobrzeg	3,1	1,7	40	0,32	1951	3,7	0,6	45	0,32	1951
Suwałki	3,1	2,0	38	0,30	1951	4,0	1,0	53	0,37	1950
Wrocław	3,2	1,6	35	0,27	1950	3,8	0,9	59	0,41	1951
Zamość	3,1	2,2	45	0,35	1951	3,8	1,1	64	0,43	1951

Dyspersja tego krótszego okresu na terenie Polski wynosi 0,3 roku (3,7–4,0 lat), amplituda zmienia się od 0,6 do 1,1°C (45–64%), a współczynniki korelacji  $R$  wahają się od 0,32 do 0,46.

W zimie zakres cyklicznych zmian temperatury powietrza jest ponad dwukrotnie większy niż w lecie. Na ogół wahania względne są także większe.

Analogiczne 8-letnie cykliczności cyrkulacji atmosferycznej (makrotypu  $W$ ) i liczb Wolfa świadczą, iż przyczyną 7,7–7,8-letniego cyklu pola temperatury w Polsce jest 7,8-letni cykl aktywności Słońca podczas zim w latach 1951–1990.

W rozdziale tym wykazano synchroniczność krótkich i średnich cykli temperatury powietrza (średniej dobowej, maksymalnej, minimalnej oraz maksimów i minimów absolutnych) w Warszawie w latach 1966–1995 (tab. 45–50, 53–58, 61–66, 69–74, 77–80).

Porównano także tendencje temperatury powietrza w Warszawie w 30-leciu 1966–1995 z tendencją dwuwiekową (1779–1990). Celem jest zbadanie, czy omówiona wcześniej cykliczność temperatury powietrza ulega dyspersji i o ile zwiększa się w ostatnich 3 dekadach tempo globalnego ocieplenia.

## 1. Cykl roczny temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995 i 1779–1979

O ociepleniu klimatu Warszawy w ostatnich latach świadczą przede wszystkim dodatnie różnice średnich wartości temperatury powietrza z lat 1966–1995 i 1779–1979:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
1966–1995	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
1779–1979	-4,2	-2,9	1,7	7,3	13,4	17,0	18,6	17,7	13,5	7,9	2,1	-2,0	7,5
$\Delta T$	1,6	1,3	0,8	0,4	0,2	-0,5	-0,4	-0,1	-0,4	0,3	0,9	1,4	0,5

Interesujące jest, że różnice temperatury powietrza ( $\Delta T$ ) między 30–leciem i 200–leciem są w zimie dodatnie (w styczniu  $\Delta T = 1,6^{\circ}\text{C}$ ), a w lecie (i we wrześniu) ujemne (czerwiec  $\Delta T = -0,5^{\circ}\text{C}$ ). Tak więc średnia temperatura stycznia w ostatnich latach wzrosła aż o  $1,6^{\circ}\text{C}$  w porównaniu do średniej z lat 1779–1979. Natomiast czerwece są coraz chłodniejsze – średnio o  $0,5^{\circ}\text{C}$  w odniesieniu do lat 1779–1979.

Z porównania tego wyniku, że zimy w 30–leciu 1966–1995 są znacząco cieplejsze niż w 200–leciu, a lata chłodniejsze.

Zmienność temperatury powietrza (ekstrema średniej dobowej Max, Min, Data) w latach 1966–1995 i 1779–1979 charakteryzuje tabelka:

	Ekstrema (1966–1995)					Ekstrema (1779–1979)				
	Max	Data	Min	Data	$\Delta T$	Max	Data	Min	Data	$\Delta T$
I	3,2	1983	-12,3	1987	15,5	3,2	1776	-16,9	1803	20,1
II	4,7	1990	-9,6	1986	14,3	3,6	1843	-13,9	1929	17,5
III	6,6	1990	-2,2	1987	8,8	7,5	1863	-6,4	1808	13,9
IV	9,7	1983	6,4	1977 1978	3,3	13,6	1918	2,6	1817	11,0
V	16,5	1993	9,9	1980	6,6	18,7	1801	7,9	1864	10,8
VI	19,8	1979	14,4	1984	5,4	22,7	1811	13,1	1810	9,6
VII	22,0	1994	15,0	1979	7,0	22,8	1811	14,1	1832	8,7
VIII	21,5	1992	15,2	1987	6,3	24,2	1807	13,4	1833	10,8
IX	16,4	1967	11,1	1971 1978 1990	5,3	16,9	1806	9,3	1897	7,6
X	11,3	1967	5,7	1992	5,6	13,6	1907	-9,8	1858	23,4
XI	5,4	1969	-2,7	1992	8,1	7,6	1926	-3,1	1919	10,7
XII	2,3	1974	-8,5	1969	10,8	3,4	1871	-14,3	1788	17,7
I-XII	22,0	1994	-12,3	1987	15,5	24,2	1807	-16,5	1803	23,4

Zakres zmian średniej miesięcznej temperatury powietrza w poszczególnych latach badanego 30–lecia wynosi od  $-12,3^{\circ}\text{C}$  w styczniu 1987 do  $22,0^{\circ}\text{C}$  w lipcu 1994 r. Natomiast w 200–leciu 1779–1979 był on znacznie większy: od  $-16,9^{\circ}\text{C}$  w styczniu 1803 roku do  $24,2^{\circ}\text{C}$  w sierpniu 1807 r. Różnica  $\Delta T = \text{Max} - \text{Min}$  zmienia się odpowiednio: 1966–1995 – od 3,3 do  $15,5^{\circ}\text{C}$ , 1779–1979 – od 7,6 do  $23,4^{\circ}\text{C}$ .

W badanym 30-leciu 1966–1995 średnia temperatura maksymalna ( $T_{\max} = 12,2^{\circ}\text{C}$ ) jest o  $4,2^{\circ}\text{C}$  wyższa od średniej rocznej ( $8,0^{\circ}\text{C}$ ), a średnia temperatura minimalna ( $T_{\min} = 4,1^{\circ}\text{C}$ ) – niższa o  $3,9^{\circ}\text{C}$ :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$T$	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
$T_{\max}$	0,0	1,5	6,6	12,8	19,1	21,9	<u>23,7</u>	23,3	18,2	12,5	5,6	1,7	12,2
$T_{\min}$	-5,3	-4,4	-1,0	3,0	8,1	11,2	12,8	12,2	8,7	4,5	0,5	-3,1	3,9

Największa wartość temperatury maksymalnej wynosi  $T_{\max} = 23,7^{\circ}\text{C}$ , a najmniejsza minimalnej  $T_{\min} = -5,3^{\circ}\text{C}$ . Zakres wahań temperatury powietrza w ciągu roku (średni wieloletni) określa ich amplituda  $T_{\max} - T_{\min} = 24,0^{\circ}\text{C}$ .

Średnie najwyższe maksimum temperatury powietrza ( $T_{\text{MAX}}$ ) najniższe minima ( $T_{\text{MIN}}$ ), obliczone z pojedynczych lat, zestawiono w niżej:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$T$	-2,6	-1,6	2,5	7,7	13,6	16,5	18,2	17,6	13,1	8,2	3,0	-0,6	8,0
$T_{\text{MAX}}$	7,2	8,3	16,5	22,2	26,9	29,3	30,7	30,6	26,1	21,2	12,9	8,6	20,0
$T_{\text{MIN}}$	-15,6	-14,0	-8,6	-3,4	1,2	5,0	8,0	6,4	1,8	-3,4	-7,4	-12,9	-3,6

Mimo, że nie są to zmienne ciągu (wartości z pojedynczych pomiarów), to średnie maksima absolutne  $T_{\text{MAX}}$  są bardziej skorelowane ze średnimi wartościami temperatury ( $T$ ) niż minima absolutne  $T_{\text{MIN}}$ .

Średnie różnice  $T_{\text{MAX}} - T$  i  $T_{\text{MIN}} - T$  w roku wynoszą:  $12,0^{\circ}\text{C}$  i  $4,4^{\circ}\text{C}$ .

Najwyższą temperaturę powietrza w Warszawie w ciągu całego 30-lecia 1966–1995  $T_{\text{MAX}} = 36,4^{\circ}\text{C}$  zanotowano w dniu 1 sierpnia 1994 roku. Natomiast najniższą wartość temperatury  $T_{\text{MIN}} = -30,7^{\circ}\text{C}$  zmierzono 8 stycznia 1987 roku. Zakres wahań temperatury wyniósł  $67,1^{\circ}\text{C}$ .

Miarą zmienności temperatury powietrza (wskaźników  $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\text{MAX}}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\text{MIN}}$ ) są odchylenia standardowe:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T$	3,5	3,3	2,2	1,1	1,5	1,2	1,6	1,2	1,4	1,4	1,8	2,4
$T_{\max}$	3,2	3,2	2,6	1,4	1,7	1,5	2,0	1,7	1,9	1,7	1,8	2,2
$T_{\text{MAX}}$	3,3	3,6	3,6	2,8	2,2	1,9	2,4	2,5	2,2	2,7	2,1	3,0
$T_{\min}$	4,0	3,7	2,0	1,1	1,3	9,4	1,1	1,0	1,1	1,5	2,0	2,6
$T_{\text{MIN}}$	6,2	6,3	4,8	1,0	2,3	1,7	1,2	1,5	1,8	2,2	3,7	4,7

Odchylenia standardowe wszystkich wskaźników termicznych są znacznie większe w zimie niż w lecie:  $T$  – od 1,1 do  $3,5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\max}$  – od 1,4 do  $3,2^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{MAX}}$  – od 1,9 do  $3,6^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\min}$  – od 1,1 do  $4,0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{MIN}}$  – od 1,0 do  $6,3^{\circ}\text{C}$ . Świadczy to, że zmienność temperatury powietrza w miesiącach zimowych jest większa niż w miesiącach letnich. W przypadku średniej temperatury powietrza odchylenie standardowe np. w styczniu jest trzykrotnie większe ( $s = 3,5^{\circ}\text{C}$ ) niż np. w czerwcu ( $s = 1,2^{\circ}\text{C}$ ). Największą zmiennością w zimie cechuje się  $T_{\text{MIN}}$  ( $s = 6,3^{\circ}\text{C}$ ).



## 2. Tendencja temperatury powietrza w 30–leciu 1966–1995 i 210–leciu 1779–1990

Tendencje zmian klimatu Warszawy określono na podstawie ciągów czasowych średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, średnich ekstremalnych oraz średnich z maksimum i minimum absolutnych zmierzonych na stacji peryferyjnej Okęcie (tab. 43, 51, 59, 67, 75; rys. 52–106).

W porównaniach wykorzystano również długie serie wyników pomiarów z 210–lecia 1779–1990.

Tendencje temperatury powietrza ( $\frac{\partial T}{\partial t} = A$ ) określają równania prostych regresji

$$T = A_0 + At$$

Charakteryzują one średnie przyrosty temperatury powietrza w °C/10 lat w odpowiednich przedziałach aproksymacji: 1966–1995 i 1779–1990:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966–1995	1,66	0,34	0,29	0,29	0,10	-0,26	0,28	0,24	0,06	-0,14	-0,76	0,39
1779–1990	0,12	0,05	0,10	0,08	0,04	0,03	0,02	-0,00	0,02	0,06	0,11	0,14

Mimo różnych przedziałów czasowych można wnioskować, że postępujące ocieplenie w zimie jest znacznie większe w ostatnich dekadach XX wieku niż w ostatnich dwóch stuleciach. Na ogół współczynniki regresji są dodatnie ( $A > 0$ , tendencje rosnące). W niektórych miesiącach letnich i jesiennych bywają ujemne ( $A < 0$ , tendencje malejące).

Nachylenia ( $\text{tg}\alpha = A$ ) prostych regresji na rysunkach wskazują w badanych przedziałach czasu na postępujące ocieplenia lub ochłodzenia.

Na przykład tendencje temperatury powietrza w styczniu są rosnące w obydwu przedziałach czasu i wynoszą: 1,7°C/10 lat w 30–leciu i 0,12°C/10 lat w 210–leciu. Tempo wzrostu temperatury pod koniec XX wieku jest o ponad 1°C/10 lat większe niż średnie w latach 1779–1990.

Inaczej jest w miesiącach letnich i jesiennych, w których obserwuje się ochłodzenie, zwłaszcza pod koniec bieżącego stulecia. W ostatnich trzech dekadach czerwece, wrzesnie, październiki i listopady są coraz chłodniejsze. Spadki temperatury powietrza w tych miesiącach wynoszą odpowiednio: -0,26; -0,06; -0,16; -0,76°C/10 lat. W listopadzie tendencja malejąca temperatury osiąga nawet -0,8°C/10 lat.

W Warszawie w ostatnich dwóch stuleciach (1779–1990) tendencje temperatury powietrza w miesiącach letnich są na ogół dodatnie i zbliżone do zera (nieistotne statystycznie).

Podobnie jest w przypadku innych charakterystyk termicznych (średniej maksymalnej i minimalnej oraz średnich maksimum i minimum absolutnych):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T$	1,66	0,34	0,29	0,29	0,10	-0,26	0,28	0,24	-0,06	-0,14	-0,76	0,39
$T_{\text{max}}$	1,57	0,41	0,34	0,36	0,24	0,28	0,43	0,35	0,33	0,02	0,71	0,37
$T_{\text{MAX}}$	2,23	0,36	0,09	-0,02	-0,27	-0,24	0,64	1,43	-0,44	0,07	-0,95	1,55
$T_{\text{min}}$	1,90	0,28	0,30	2,26	-0,12	-0,14	0,02	0,09	0,18	-0,20	-0,09	0,42
$T_{\text{MIN}}$	2,12	1,16	0,12	-0,28	-0,27	0,46	-0,12	0,25	0,69	-0,24	-0,69	0,45

Największymi tendencjami rosnącymi cechują się ekstrema absolutne temperatury powietrza w styczniu:  $T_{MAX} - 2,23^{\circ}\text{C}/10$  lat,  $T_{MIN} - 2,12^{\circ}\text{C}/10$  lat. Na ogół w miesiącach letnich tendencje temperatury  $T_{MAX}$ ,  $T_{MIN}$  są malejące. Największe ochłodzenia występują jednak w miesiącach jesiennych, np.  $-0,95^{\circ}\text{C}/10$  lat w listopadzie ( $T_{MAX}$ ) o  $-0,69^{\circ}\text{C}/10$  lat ( $T_{MIN}$ ). Interesujące jest, że w czerwcu  $T_{MAX}$  maleje o  $0,24^{\circ}\text{C}/10$  lat, a  $T_{MIN}$  – wzrasta o  $0,46^{\circ}\text{C}/10$  lat.

Tendencje rosnące i malejące temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995 i 1779–1990 nie wspierają, a nawet przeczą hipotezie o globalnym ociepleniu klimatu, wynikającym z efektu cieplarnianego wywołanego wzrostem zawartości dwutlenku węgla i innych gazów szklarniowych w atmosferze. Tendencje rosnące temperatury powietrza w zimie są prawdopodobnie wywołane głównie zmianami częstości występowania makrotypów cyrkulacji powietrza napływającego nad obszar Polski.

Skądinąd wiadomo, że tendencje rosnące temperatury powietrza w ostatnich dwóch stuleciach są efektem nakładania się (interferencji) naturalnych cykli temperatury powietrza w przedziałach aproksymacji.

Dość duże wartości współczynnika  $A$  w miesiącach zimowych mogą być wywołane przez czynniki lokalne – „miejską wyspę ciepła”. Mogą wynikać też z mniejszego albedo i coraz większej akumulacji ciepła przez zabudowę (przez powierzchnie sztuczne), zwłaszcza w zimie.

Równania parabol regresji (wielomiany 2-go stopnia względem czasu, tab. 44, 52, 60, 68, 76):

$$T = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

określają zmienne tendencje temperatury powietrza  $\frac{\partial T}{\partial t} = a_1 + 2a_2 t$ .

Ponadto wskazują one w 30-leciu 1966–1995 ekstrema temperatury powietrza:  $t_{min}$ , gdy  $a_2 > 0$  i  $t_{max}$ , gdy  $a_2 < 0$ :

$$t_{ext} = \frac{a_1}{2a_2}, \quad \text{Data} = 1965 + t_{ext}$$

W przypadkach  $a_2 \approx 0$  tendencje temperatury według tych równań ( $\frac{\partial T}{\partial t} \approx a_1$ ) są zbliżone do określonych przez proste regresji.

### 3. Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995 i 1779–1990

Cykliczność temperatury powietrza w Warszawie dłuższą od jednego roku badano zwykle odmiennymi metodami, ograniczając się do samych okresów.

Nie znana była dyspersja parametrów cykli: okresów, amplitud i dat ekstremów w przypadkach cykli o długościach od 1 do 200 lat. Nie wiadomo było też, czy cykle temperatury powietrza są synchroniczne na obszarze Polski i w Europie.

Wyłonił się więc problem zbadania, czy pole temperatury powietrza jest jednorodne pod względem cykliczności w różnych przedziałach czasowych.

W tym celu wyznaczono metodą „sinusoid regresji” (Boryczka, 1993) parametry cykli (okresy  $\Theta$ , amplitudy  $b$ , fazy  $c$ ):

$$T = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right).$$

W badaniach cykliczności temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995 uwzględniono oprócz ciągów czasowych średnich wartości również ciągi wartości ekstremalnych temperatury powietrza (ekstrema dobowe  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$  i absolutne  $T_{\text{MAX}}$  i  $T_{\text{MIN}}$ ).

Duże znaczenie poznawcze ma porównanie widm oscylacji średniej dobowej temperatury powietrza w paśmie 0,1–30 lat, wyznaczonych na podstawie danych 30–letnich (1966–1995) i 210–letnich (1779–1990). Dodatkowe informacje o zmienności temperatury powietrza zawierają widma wartości ekstremalnych temperatury powietrza w latach 1966–1995. Wykryte cykle – ich parametry (okresy, amplitudy  $\Delta T = 2b$ , fazy) oraz współczynniki korelacji  $R$  zestawiono w tabelach zbiorczych (tab. 40–42). Wyodrębniono poszczególne miesiące i sezony (wiosna, lato, jesień, zima).

We wszystkich badanych ciągach chronologicznych ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\text{MAX}}$ ,  $T_{\text{MIN}}$ ) występuje zbliżona liczba cykli (9–11), spośród których 5–6 jest istotnych statystycznie (na poziomie istotności 0,05). Na ogół są to cykle:

1966–1995	2,2–1,8	2,9–4,4	5,7–9,2	10,2–11,4	13,8–15,8	17,9–19,9	lat
1779–1990	2,2–2,6	3,1–4,0	6,5–8,5	10,2–11,2	12,9–15,9	18,0–23,9	lat

### Cykle 2–3–letnie temperatury powietrza

Temperatura powietrza ( $T$ ) w cyklu najkrótszym 2,2–2,8 lat (tab. 1) waha się w przedziale 0,8–3,7°C w 30–leciu i 0,4–2,0°C w 210–leciu. Największe amplitudy temperatury w tym cyklu występują w styczniu, a najmniejsze w lecie. Cykl ten jest najbardziej zdeterminowany w miesiącach letnich 30–lecia 1966–1995: czerwiec –  $R = 0,67$ , lipiec –  $R = 0,45$ .

Analogiczną cykliczność wykryto w ciągach czasowych wartości ekstremalnych ( $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) i absolutnych ( $T_{\text{MAX}}$ ,  $T_{\text{MIN}}$ ) w latach 1966–1995:

	$\Theta$	$\Delta T$ °C
$T_{\max}$	2,2–3,0	1,0–3,3
$T_{\text{MAX}}$	2,2–2,8	0,8–4,2
$T_{\min}$	2,2–2,8	1,2–3,2
$T_{\text{MIN}}$	2,2–2,8	0,9–7,1

Największym zakresem wahań charakteryzują się minima absolutne temperatury powietrza ( $T_{\text{MIN}}$ ) w styczniu:  $T \pm 3,55^\circ\text{C}$ .

Współczynniki korelacji  $R$  są największe w miesiącach letnich – np. w czerwcu:  $T_{\max}$  (0,62),  $T_{\min}$  (0,54),  $T_{\text{MAX}}$  (0,41),  $T_{\text{MIN}}$  (0,42).

### Cykle 3–4–letnie temperatury powietrza

Wszystkie widma temperatury powietrza zawierają pasma o minimach wariancji resztkowej (maksimach amplitudy i współczynnika korelacji) w przedziale 3–4 lat. Zakresy wahań temperatury w tych cyklach wynoszą:

	1966–1995			1779–1990		
	$\Theta$	$\Delta T$	$R$	$\Theta$	$\Delta T$	$R$
Wiosna	3,6	1,4	0,10	3,5	1,2	0,18
Lato	3,3	1,2	0,29	3,4	0,7	0,17
Jesień	4,0	0,9	0,07	3,9	0,8	0,23
Zima	3,0	2,3	0,25	3,0	0,4	0,11

Dużymi wahaniami w tym cyklu cechują się średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w 30–leciu 1966–1995:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	2,9	4,1	4,4	3,6	3,5	3,4	3,2	3,4	3,0	3,6	4,4	<u>4,4</u>
$\Delta T$	2,2	1,3	1,9	1,1	2,2	1,2	2,0	1,6	1,4	1,0	2,5	<u>3,4</u>
$R$	0,22	0,13	0,32	0,36	0,5	0,35	0,45	0,46	0,36	0,26	0,48	<u>0,51</u>

Na przykład w grudniu w cyklu 4,4–letnim temperatura powietrza waha się o 3,4°C, a współczynnik korelacji wynosi 0,51.

Największymi amplitudami w cyklach 3–4–letnich charakteryzują się ekstremalne wartości temperatury powietrza, głównie minima absolutne. Zakres wahań  $T_{\text{MIN}}$  w lutym w cyklu 3,1–letnim wynosi aż 7,6°C.

### Cykle 8–9–letnie temperatury powietrza

Istotną rolę w zmienności klimatu Warszawy, zwłaszcza zimą i wiosną, odgrywa cykl około 8–9–letni. Cykliczność ta występuje zarówno w 210–letnich, jak i 30–letnich seriach średnich miesięcznych i sezonowych wartości temperatury powietrza (tab. 3). Zakres zmian temperatury w sezonach wynosi:

	1966–1995			1779–1990		
	$\Theta$	$\Delta T$	$R$	$\Theta$	$\Delta T$	$R$
Wiosna	8,6	1,2	0,09	7,8	0,8	0,20
Lata	6,6	0,5	0,10	7,8	0,4	0,15
Jesień	7,3	1,5	0,12	8,5	0,4	0,10
Zima	7,8	3,4	0,37	8,3	1,5	0,23

Dominuje cykl około 8–letni temperatury powietrza w zimie: 7,8 lat – w latach 1966–1995 i 8,3 lat – w latach 1779–1990. Temperatura powietrza w tym cyklu waha się odpowiednio o 3,4°C i 1,5°C.

Średnie miesięczne wartości temperatury w cyklu 7,6–letnim w 30–leciu 1966–1995 wahają się np. w lutym o 5,7°C:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	8,8	<u>7,6</u>	8,2	8,8	7,4	6,1	5,7	9,8	7,1	7,3	7,1	9,2
$\Delta T$	4,2	<u>5,7</u>	3,3	1,2	0,4	0,3	1,8	1,8	2,6	1,6	1,8	2,2
$R$	0,41	<u>0,61</u>	0,55	0,39	0,11	0,09	0,40	0,52	0,68	0,40	0,34	0,32

Natomiast w lecie cykl ten jest na ogół krótszy i znacznie słabszy, zwłaszcza w czerwcu (nieistotny statystycznie).

Zakres zmian jest największy w przypadku minimum absolutnego temperatury powietrza ( $T_{\text{MIN}}$ ) w lutym. W cyklu 7,6–letnim wynosi on aż 10,6°C ( $R = 0,60$ ). Wahania

temperatury  $T_{\text{MIN}}$  są również bardzo duże: w cyklu 7,1-letnim w styczniu ( $\Delta T = 8,1^{\circ}\text{C}$ ) i w cyklu 7,8-letnim w marcu ( $\Delta T = 8,6^{\circ}\text{C}$ ).

### Cykle 10–11-letnie temperatury powietrza

Cykliczność 10–11-letnia temperatury powietrza dominuje w miesiącach letnich i jesiennych zarówno w 30-leciu 1966–1995, jak i 210-leciu 1779–1990:

1966–1995

	VI	VII	VIII	Lato	IX	X	XI	Jesień
$\Theta$	11,4	10,2	9,8	11,4	.	10,3	10,3	10,8
$\Delta T$	1,5	1,3	1,8	1,0	.	1,5	1,9	1,0
$R$	0,43	0,28	0,52	0,25	.	0,38	0,37	0,08

1779–1990

	VI	VII	VIII	Lato	IX	X	XI	Jesień
$\Theta$	11,4	11,4	10,0	11,3	11,1	10,1	10,8	10,6
$\Delta T$	0,3	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	1,4	0,4
$R$	0,07	0,15	0,12	0,10	0,09	0,11	0,22	0,11

W widmach temperatury powietrza pozostałych miesięcy pasmo 10–11 lat cechuje się małymi maksymami amplitudy – nieistotnymi statystycznie na poziomie istotności 0,05.

W lecie zakres wahań temperatury powietrza w tym cyklu jest znaczący, np. w latach 1966–1995 w cyklu 11,4-letnim w czerwcu wynosi  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

W ciągach czasowych średnich miesięcznych i sezonowych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995 występują także cykle dłuższe o dość dużych amplitudach:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	15,6	19,9	14,4	26,7	19,9	.	.	.	15,2	18,6	16,9	13,9
$\Delta T$	4,3	3,6	2,2	1,7	1,3	.	.	.	1,1	2,1	0,6	2,7
$R$	0,43	0,38	0,34	0,55	0,29	.	.	.	0,28	0,54	0,12	0,40

W lecie nie wykryto obecności cykli dłuższych od 11-letniego w paśmie widma 1–30 lat na podstawie danych z lat 1966–1995. Tych kilkunastoletnich cykli temperatury o znacznych amplitudach (styczeń –  $\Theta = 15,6$ ,  $\Delta T = 4,3^{\circ}\text{C}$ , luty –  $\Theta = 19,9$ ,  $\Delta T = 3,6^{\circ}\text{C}$ ) nie można pominąć w prognozach zmian klimatu Warszawy na najbliższe lata.

Należy zauważyć, że np. ekstrema w cyklu 7,8-letnim zimowych wartości temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966–1995:

$$T = -1,46 + 1,72 \sin\left(\frac{2\pi}{7,80}t + 2,180\right)$$

pokrywają się z ekstremami aktywności Słońca w cyklu 7,8 lat oraz ze zbliżonymi cyklami cyrkulacji strefowej zachodniej ( $W$ ) i cyrkulacji strefowej wschodniej ( $E$ ):

Temperatura powietrza w Warszawie (1966–1995)	1964,	1972,	1980,	1987
Aktywność Słońca (7,8 lat)	1964,	1972	1980,	1988
Cyrkulacja strefowa zachodnia ( $W$ )	1965,	1973,	1981,	1988
Cyrkulacja strefowa wschodnia ( $E$ )	1965,	1973,	1981,	1988

Zimą około 8-letnia zmienność temperatury powietrza w Warszawie jest bezpośrednio wywołana przez makrotypy cyrkulacji strefowej: zachodniej ( $W$ ) i wschodniej ( $E$ ).

Tab. 40. Cykle 2-3-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990  
 The 2-3-years cycles of air temperature monthly values ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$T$																
210	$\Theta$	2,6	2,3	2,5	2,4	2,3	2,5	2,4	2,5	2,6	2,4	2,2	2,4	2,3	2,6	2,6
	$\Delta T$	2,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,4	0,4	0,5	0,7	0,5	1,0	0,6	0,4	0,4	1,0
	$R$	0,20	0,10	0,10	0,18	0,10	0,11	0,10	0,11	0,15	0,08	0,12	0,13	0,13	0,12	0,15
$T$																
30	$\Theta$	2,6	2,6	2,2	2,5	2,4	2,8	2,4	2,4	2,2	2,5	2,4	2,3	2,8	2,5	2,2
	$\Delta T$	3,7	2,8	1,7	0,9	1,3	2,1	0,8	1,2	1,3	2,0	1,8	0,9	0,9	1,1	1,4
	$R$	0,37	3,0	0,29	0,29	0,32	0,45	0,22	0,32	0,34	0,39	0,26	0,07	0,20	0,09	0,16
$T_{\max}$																
30	$\Theta$	2,6	2,6	2,2	2,5	2,4	2,3	2,4	2,4	2,2	2,4	2,8	2,2	3,3	2,5	3,0
	$\Delta T$	3,3	3,1	2,0	1,7	1,5	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	2,6	1,0	1,6	1,2	2,0
	$R$	0,36	0,35	0,28	0,44	0,31	0,62	0,28	0,32	0,38	0,42	0,42	0,07	0,29	0,08	0,25
$T_{\min}$																
30	$\Theta$	2,6	2,6	2,7	2,7	2,4	2,8	2,4	2,4	2,2	2,5	2,4	2,6	2,5	2,5	2,2
	$\Delta T$	4,2	2,9	1,5	0,8	1,0	1,6	1,0	0,8	1,2	2,1	2,2	0,9	0,8	1,0	1,7
	$R$	0,37	0,28	0,28	0,27	0,28	0,49	0,37	0,28	0,30	0,37	0,29	0,45	0,22	0,10	0,16
$T_{\max}$																
	$\Theta$	2,5	2,4	2,6	2,3	2,7	2,6	2,5	2,8	2,2	2,4	2,2	2,2	2,6	2,3	2,4
	$\Delta T$	3,2	3,2	3,5	2,7	2,1	1,6	2,4	1,6	2,7	2,0	2,3	1,9	1,4	1,2	1,6
	$R$	0,35	0,35	0,35	0,33	0,34	0,41	0,34	0,25	0,36	0,34	0,26	0,40	0,31	0,28	0,24
$T_{\min}$																
	$\Theta$	2,8	2,6	2,4	2,4	2,7	2,3	2,5	2,4	2,2	2,3	2,2	2,6	2,2	2,5	2,2
	$\Delta T$	7,1	5,6	3,4	1,2	3,0	2,1	2,3	2,0	2,9	3,1	3,0	2,3	0,9	1,8	3,2
	$R$	0,40	0,31	0,25	0,41	0,45	0,42	0,53	0,37	0,47	0,29	0,23	0,44	0,34	0,41	0,27

Tab. 41. Cykle 3-4-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

The 3-4-years cycles of air temperature monthly values ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

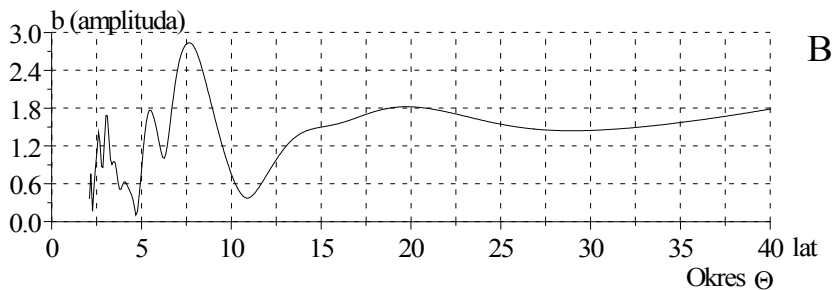
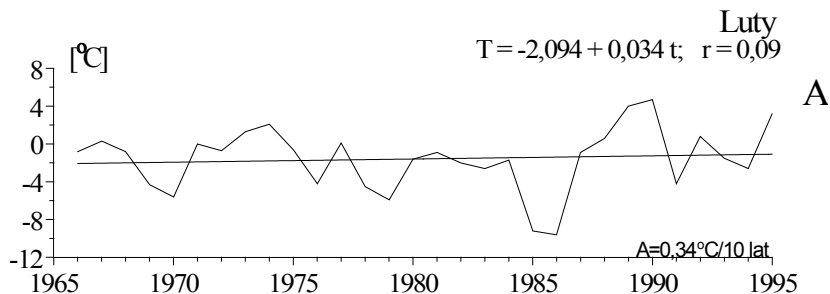
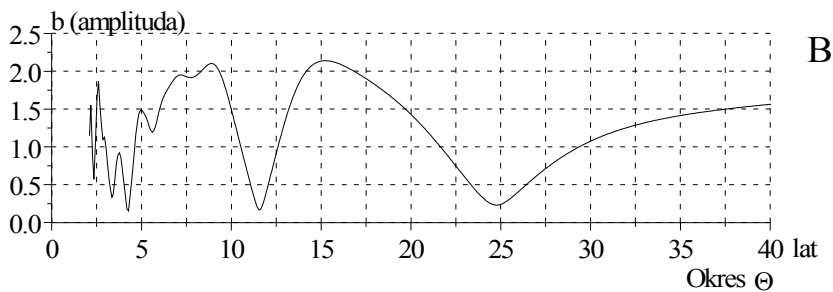
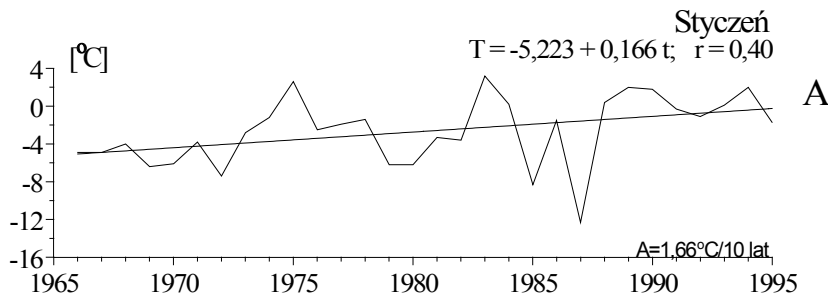
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$T$																
210	$\ominus$	3,3	3,8	4,0	3,1	3,4	3,9	3,9	3,6	3,5	3,8	3,9	3,5	3,4	3,9	3,4
	$\Delta T$	1,4	1,6	1,4	0,9	0,6	0,9	1,0	0,5	0,6	0,8	1,3	1,2	0,7	0,8	0,4
	$R$	0,14	0,17	0,18	0,16	0,14	0,21	0,23	0,12	0,13	0,15	0,15	0,18	0,17	0,23	0,11
$T$	$\ominus$	2,9	4,1	4,4	3,6	3,5	3,2	3,4	3,0	3,6	4,4	4,4	3,6	3,3	4,0	3,0
30	$\Delta T$	2,2	1,3	1,9	1,1	2,2	2,0	1,6	1,4	1,0	2,5	3,4	1,4	1,2	0,9	2,3
	$R$	0,22	0,13	0,32	0,36	0,50	0,45	0,46	0,36	0,26	0,48	0,51	0,10	0,29	0,07	0,25
$T_{\max}$	$\ominus$	3,8	3,0	3,6	3,6	3,5	3,2	3,4	3,1	4,0	4,4	3,8	3,6	3,3	4,0	3,0
30	$\Delta T$	1,8	2,9	2,4	1,3	2,6	1,7	2,0	1,9	1,1	2,6	3,1	1,6	1,6	1,2	2,0
	$R$	0,20	0,33	0,32	0,32	0,53	0,40	0,41	0,35	0,24	0,50	0,49	0,10	0,29	0,08	0,25
$T_{\min}$	$\ominus$	3,8	3,1	3,8	3,8	3,6	3,2	3,4	3,9	3,6	3,6	3,8	3,7	3,3	3,4	3,0
30	$\Delta T$	2,0	4,0	2,2	1,1	1,5	1,2	1,2	1,0	1,4	1,2	3,4	1,2	0,7	0,8	2,5
	$R$	0,17	0,38	0,38	0,37	0,40	0,39	0,45	0,33	0,35	0,21	0,44	0,60	0,22	0,08	0,24
$T_{\max}$	$\ominus$	3,8	3,4	3,7	3,0	3,4	3,3	3,4	4,1	3,4	3,2	3,8	3,6	3,3	3,3	3,1
	$\Delta T$	0,9	2,0	4,8	3,4	3,3	2,4	2,2	1,4	2,7	1,0	2,9	2,3	1,6	1,0	2,1
	$R$	0,10	0,19	0,47	0,42	0,52	0,35	0,32	0,22	0,35	0,17	0,34	0,49	0,36	0,25	0,31
$T_{\min}$	$\ominus$	4,0	3,1	3,6	3,0	3,4	4,0	3,8	3,9	3,8	3,4	3,8	3,0	3,6	3,4	4,4
	$\Delta T$	2,4	7,6	3,9	1,2	2,7	1,4	1,0	2,5	1,7	4,2	5,5	1,3	0,9	1,8	2,9
	$R$	0,14	0,42	0,29	0,39	0,40	0,29	0,45	0,48	0,28	0,40	0,41	0,25	0,32	0,42	0,25

Tab. 42. Cykle 8-9-letnie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995 i 1779-1990

The 8-9-years cycles of air temperature monthly values ( $T$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$ ,  $T_{\min}$ ) in Warsaw in years 1966-1995 and 1779-1990

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II
$T$ 210	$\Theta$	7,7	7,7	7,8	8,2	7,9	7,1	7,7	8,0	7,5	6,5	8,2	7,8	7,8	8,5	8,3
	$\Delta T$	1,8	2,0	1,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	1,0	1,6	0,8	0,4	0,4	1,5
	$R$	0,18	0,22	0,24	0,15	0,13	0,14	0,17	0,16	0,15	0,13	0,18	0,18	0,20	0,15	0,10
$T$ 30	$\Theta$	8,8	7,6	8,2	8,8	7,4	6,1	5,7	9,8	7,1	7,3	9,2	8,6	6,6	7,3	7,8
	$\Delta T$	4,2	5,7	3,3	1,2	0,4	0,3	1,8	1,8	2,6	1,6	2,2	1,2	0,5	1,5	3,4
	$R$	0,41	0,61	0,55	0,39	0,11	0,09	0,40	0,52	0,68	0,40	0,34	0,32	0,09	0,10	0,37
$T_{\max}$ 30	$\Theta$	8,8	7,6	8,3	8,8	7,3	6,1	5,7	9,4	7,3	7,1	9,3	8,6	5,6	7,3	7,8
	$\Delta T$	3,9	5,5	4,2	1,5	0,4	0,5	2,4	2,6	3,8	1,6	2,0	1,7	0,7	1,9	3,2
	$R$	0,43	0,62	0,57	0,38	0,09	0,13	0,41	0,52	0,70	0,34	0,35	0,31	0,11	0,12	0,38
$T_{\min}$ 30	$\Theta$	8,8	7,7	8,2	9,0	5,4	8,8	7,4	6,4	9,1	7,4	9,2	9,1	7,3	7,4	7,9
	$\Delta T$	5,0	6,2	2,8	1,0	1,2	0,8	1,5	0,6	1,1	1,7	2,2	1,1	0,7	1,2	3,8
	$R$	0,44	0,59	0,51	0,34	0,33	0,32	0,47	0,23	0,36	0,42	0,33	0,29	0,56	0,19	0,37
$T_{\max}$	$\Theta$	9,2	7,6	8,8	9,0	8,4	8,9	8,4	6,9	7,7	9,6	7,2	9,0	5,9	7,3	8,1
	$\Delta T$	4,4	5,4	3,9	4,5	1,1	1,0	1,7	1,6	5,1	2,3	3,3	1,8	1,3	2,7	2,5
	$R$	0,46	0,52	0,38	0,58	0,18	0,19	0,24	0,22	0,81	0,31	0,36	0,38	0,39	0,66	0,37
$T_{\min}$	$\Theta$	7,1	7,6	7,8	8,8	8,4	7,4	7,2	7,8	9,9	6,9	9,4	7,9	7,0	6,4	7,6
	$\Delta T$	8,1	10,6	8,6	1,0	2,0	1,9	1,8	0,5	1,5	1,7	4,9	3,3	1,2	1,2	7,1
	$R$	0,45	0,60	0,65	0,32	3,1	0,40	0,52	0,12	0,28	0,27	0,30	0,36	0,64	0,26	0,60





Rys. 52 Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

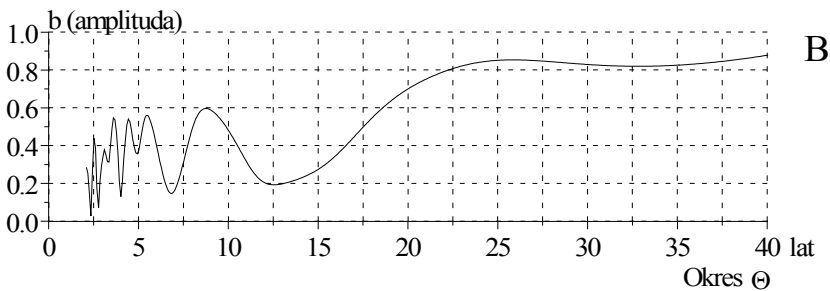
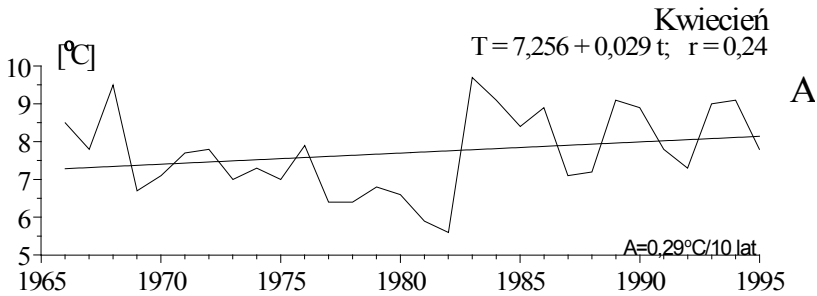
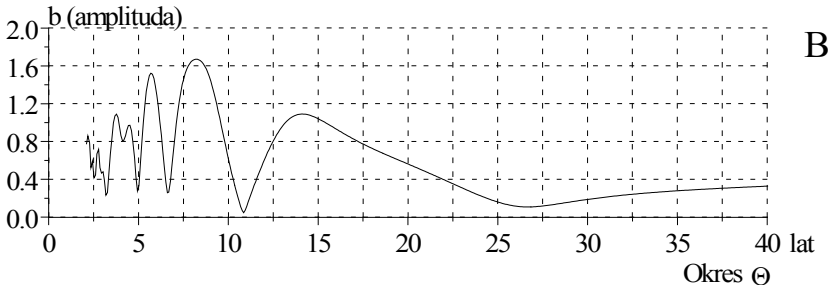
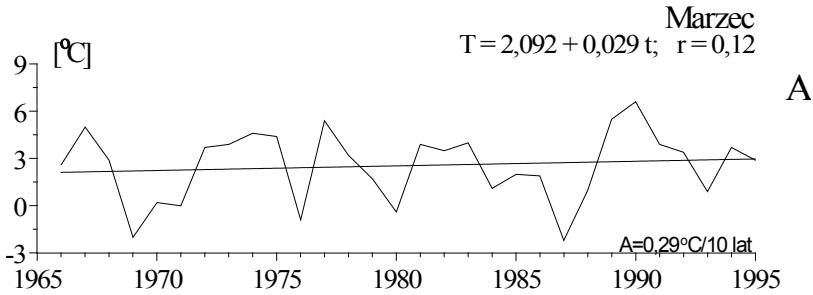
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 1,66$ ; luty  $A = 0,34^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 1,66$ ; February  $A = 0,34^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 53. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

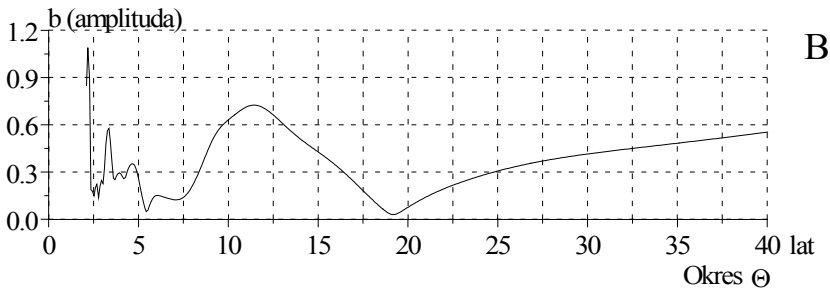
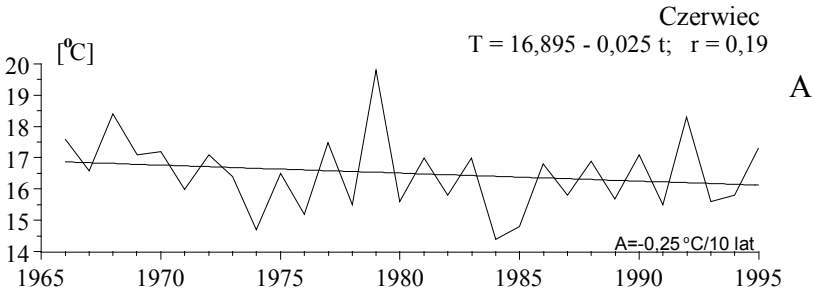
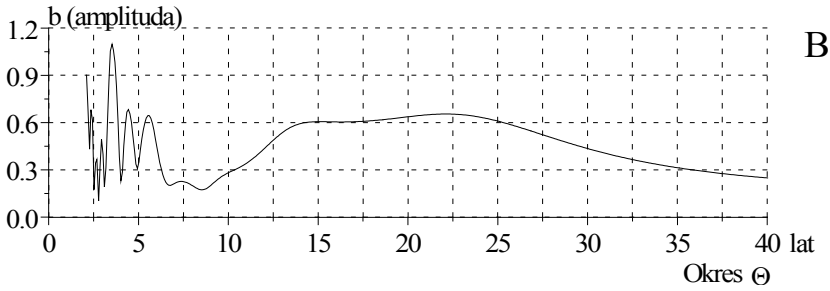
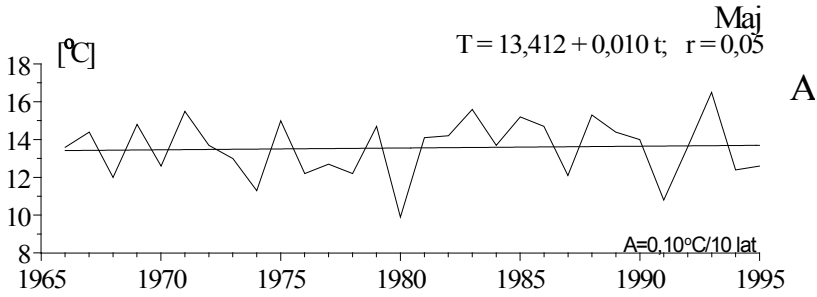
A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,29$ ; kwiecień  $A = 0,29^{\circ}\text{C}/10$  lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – March, April

A. The tendency of secular: March  $A = 0,29$ ; April  $A = 0,29^{\circ}\text{C}/10$  years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 54 Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

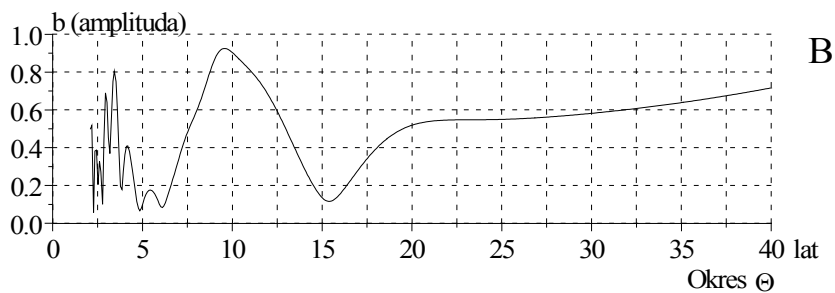
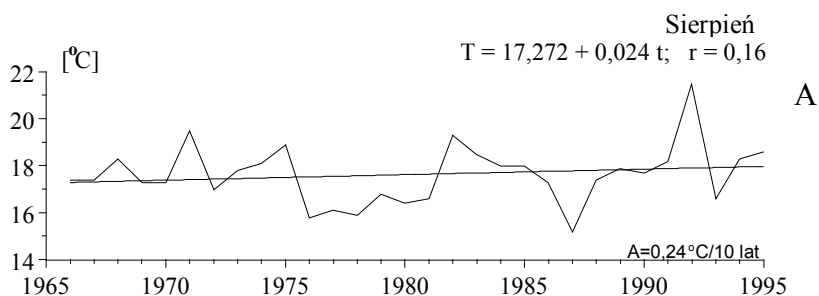
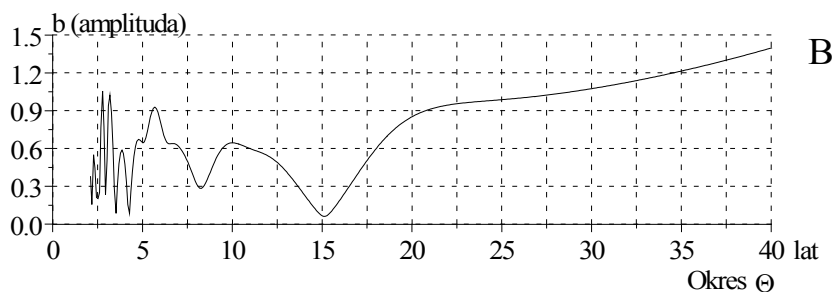
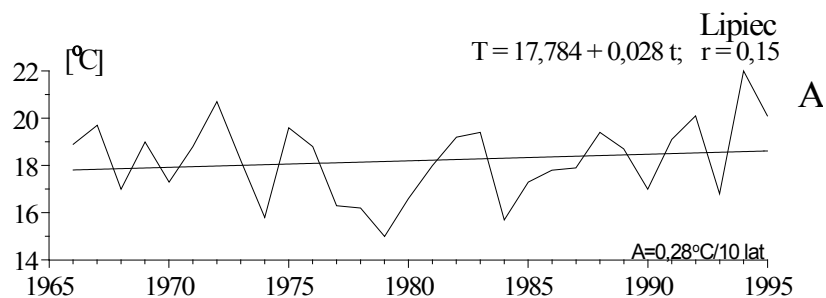
A. Tendencje zmian: maj  $A = 0,10$ ; czerwiec  $A = -0,25^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – May, June

A. The tendency of secular: May  $A = 0,10$ ; June  $A = -0,25^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 55. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

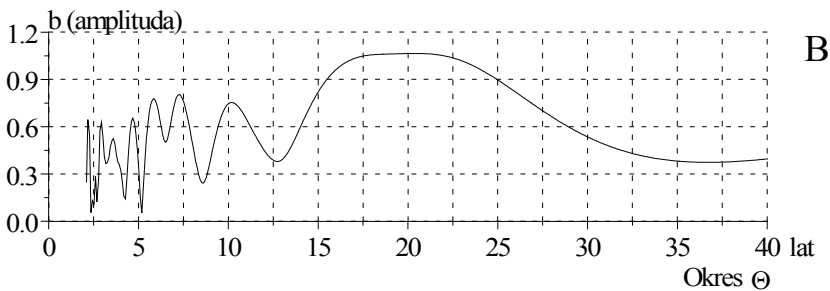
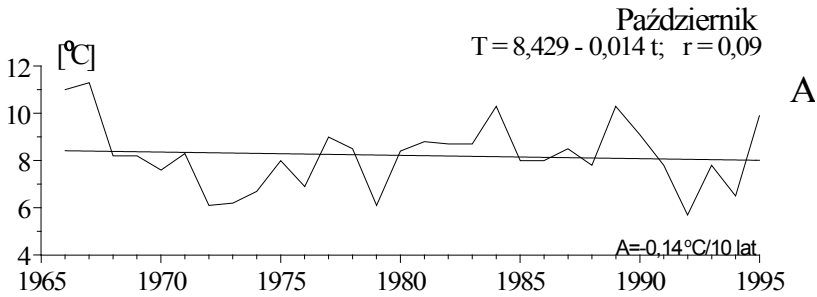
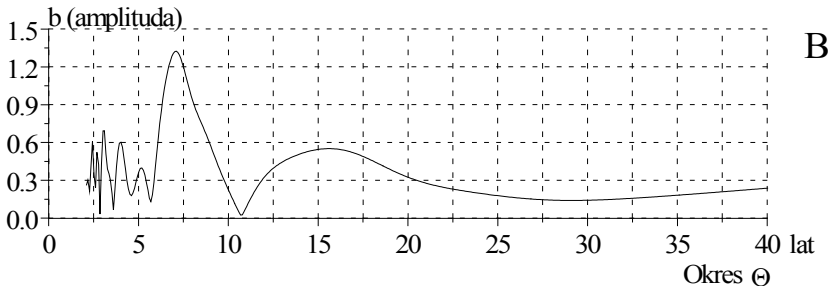
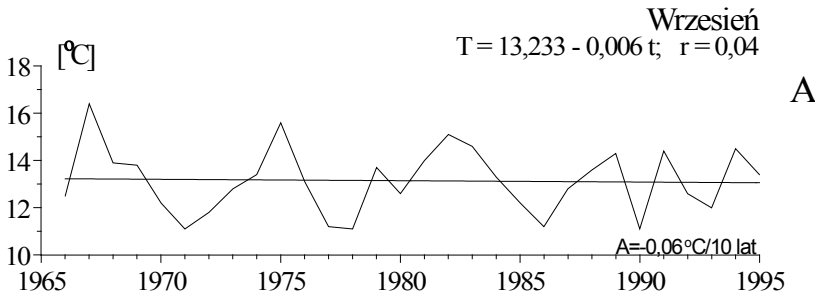
A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,28$ ; sierpień  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – July, August

A. The tendency of secular: July  $A = 0,28$ ; August  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 56. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

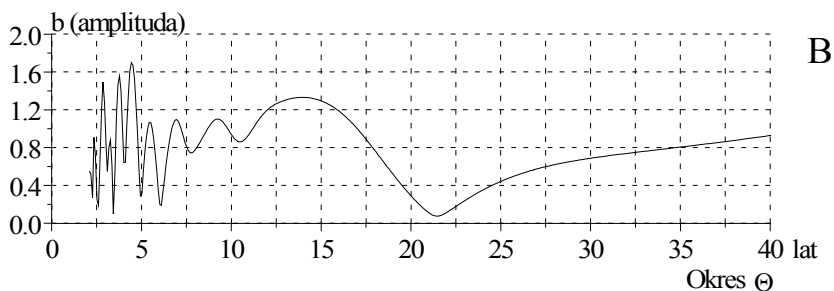
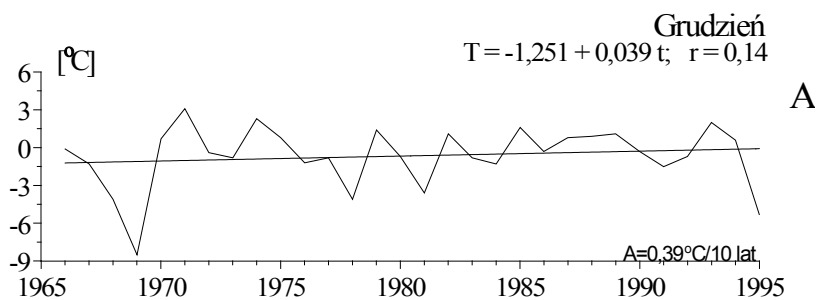
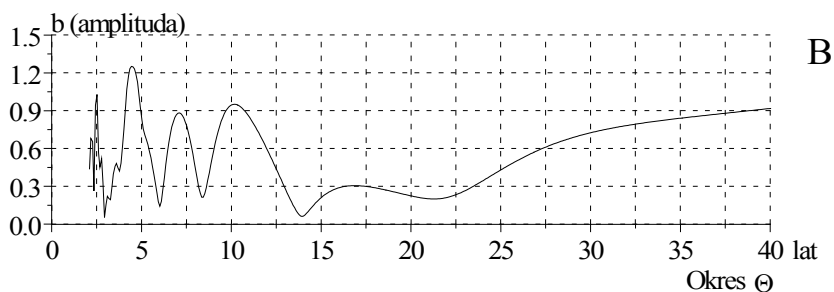
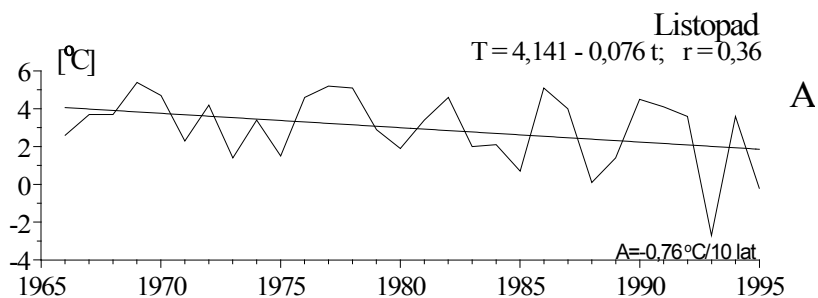
A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -0,06$ ; październik  $A = -0,14^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – September, October

A. The tendency of secular: September  $A = -0,06$ ; October  $A = -0,14^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 57. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

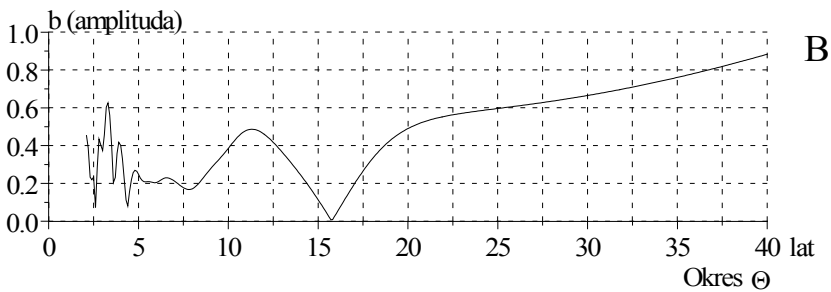
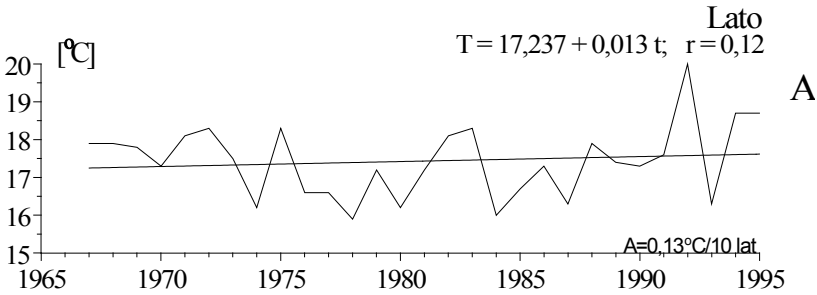
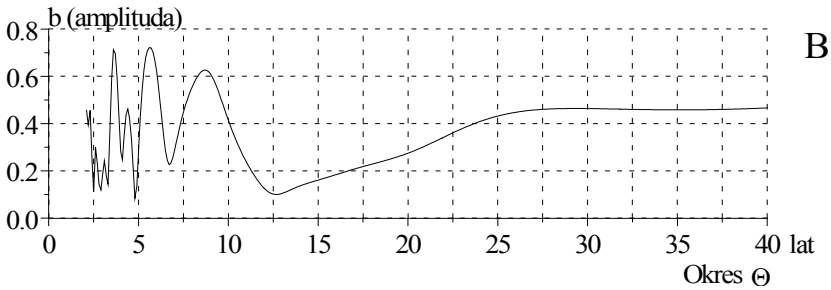
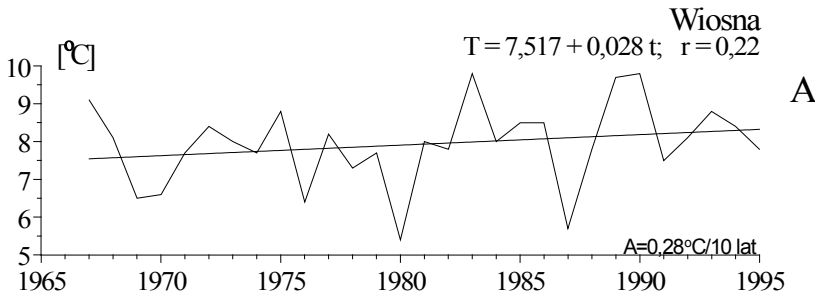
A. Tendencje zmian: listopad  $A = -0,76$ ; grudzień  $A = 0,39^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – November, December

A. The tendency of secular: November  $A = -0,76$ ; December  $A = 0,39^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 58. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato

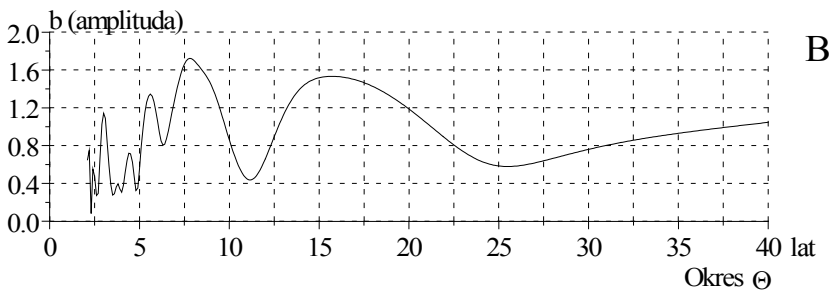
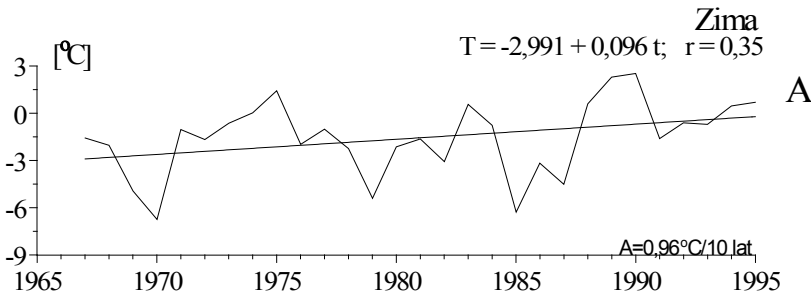
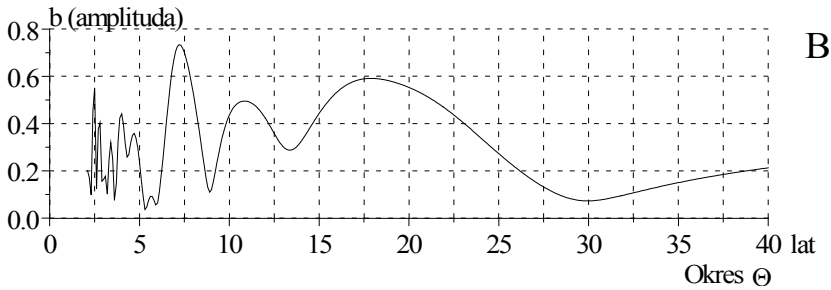
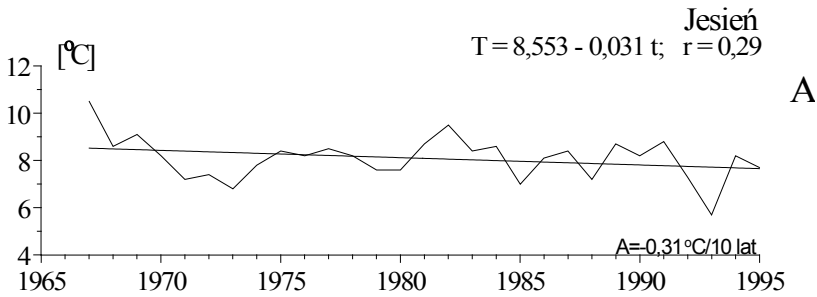
A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,28$ ; lato  $A = 0,13^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – spring, summer

A. The tendency of secular: spring  $A = 0,28$ ; summer  $A = 0,13^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 59. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima

A. Tendencje zmian: jesień  $A = -0,31$ ; zima  $A = 0,96^{\circ}\text{C}/10\text{ lat}$

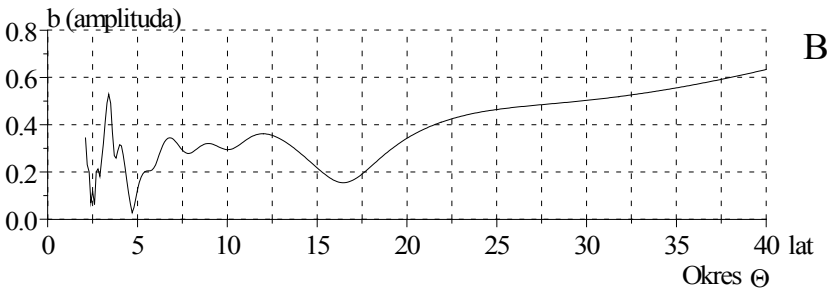
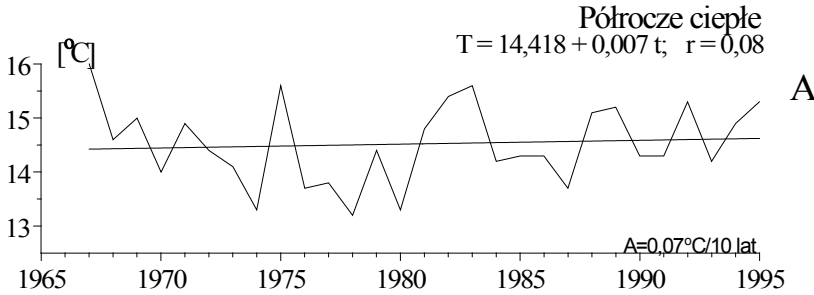
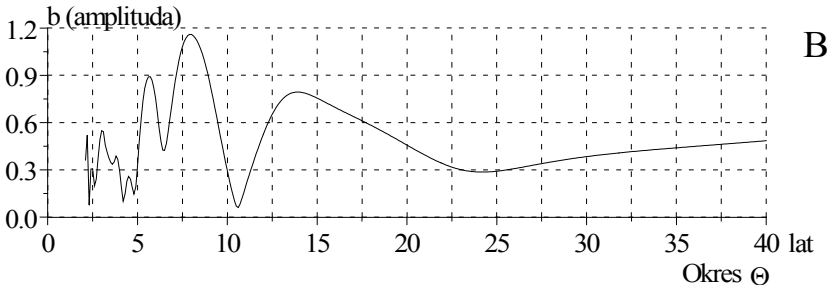
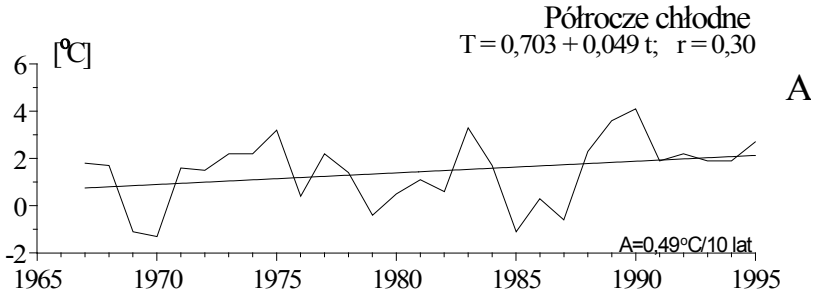
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter

A. The tendency of secular: autumn  $A = -0,31$ ; winter  $A = 0,96^{\circ}\text{C}/10\text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 60. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

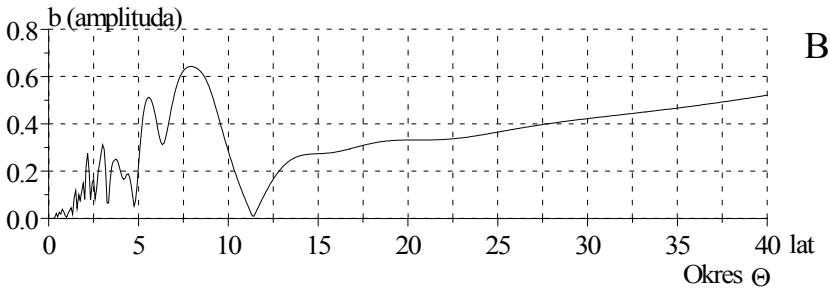
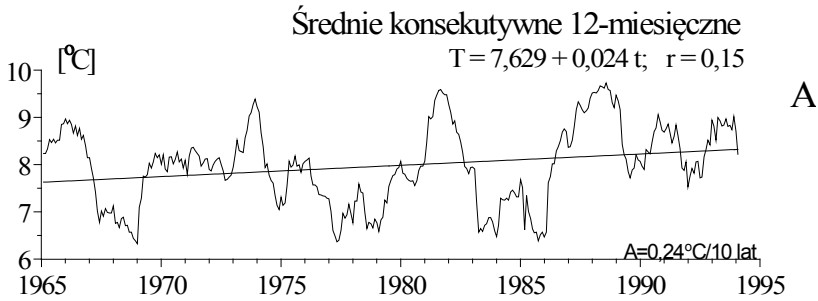
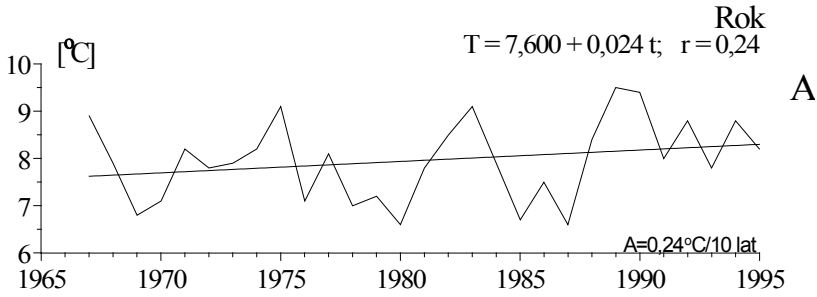
A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,49$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,07^\circ\text{C}/10$  lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period

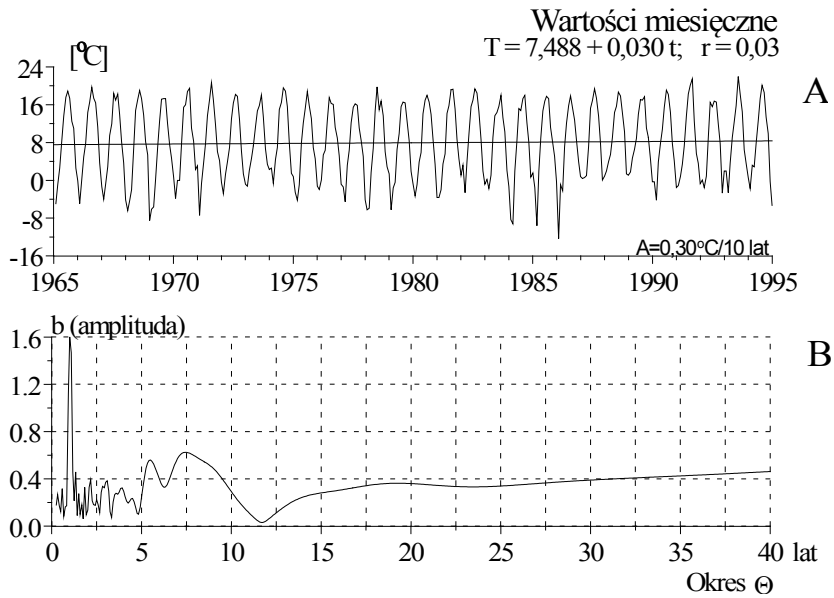
A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,49$ ; warm period  $A = 0,07^\circ\text{C}/10$  years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 61. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekutywne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,24$ ; konsekutywne 12-miesięczne  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10$  lat
- B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat - konsekutywne 12-miesięczne
- Air temperature in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month
- A. The tendency of secular: year  $A = 0,24$ ; consecutive 12 month  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10$  years
- B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years - consecutive 12 month



Rys. 62. Temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

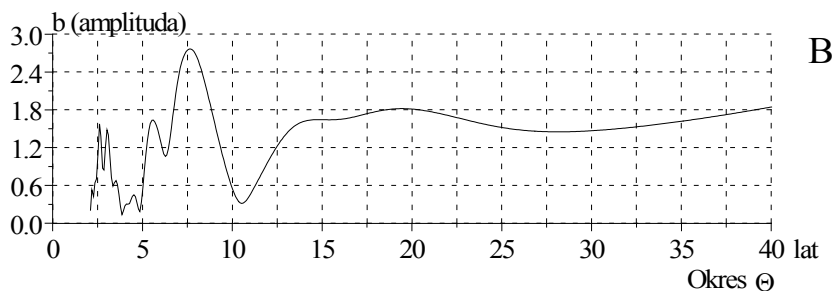
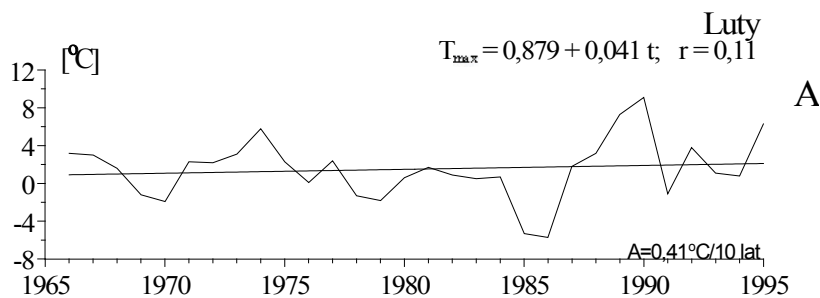
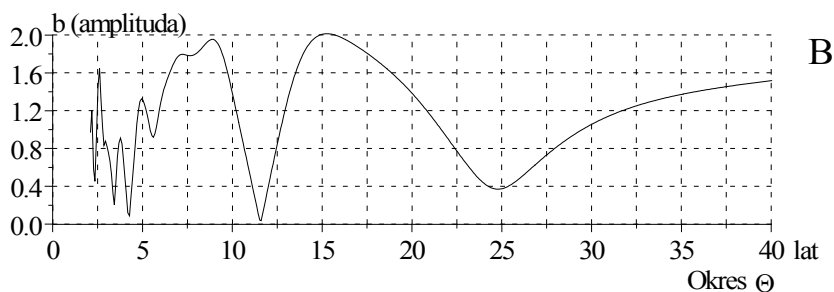
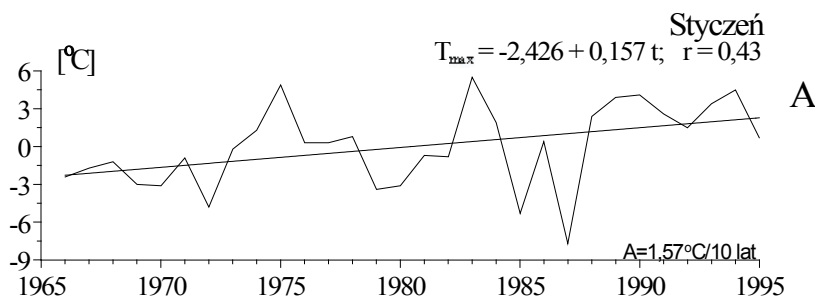
A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,30^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Air temperature in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,30^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 63. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

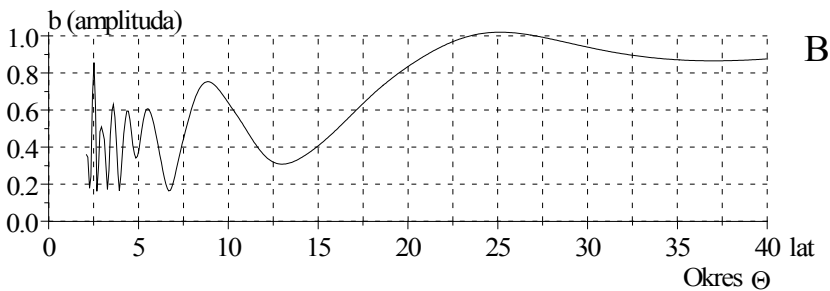
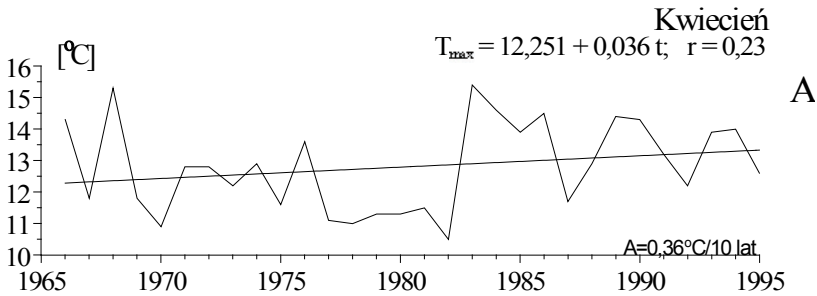
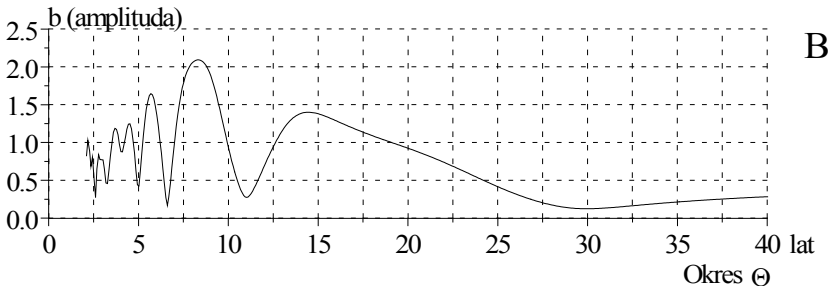
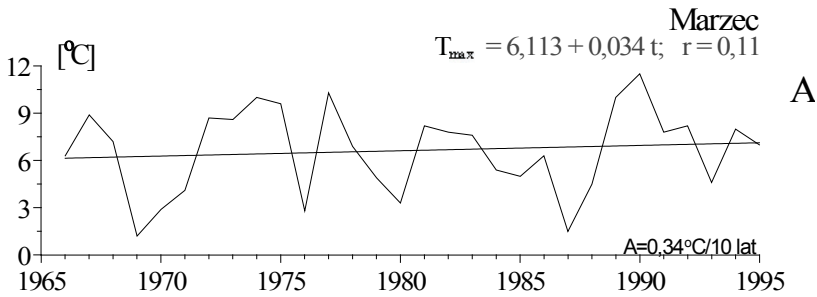
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 1,57$ ; luty  $A = 0,41^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 1,57$ ; February  $A = 0,41^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 64. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

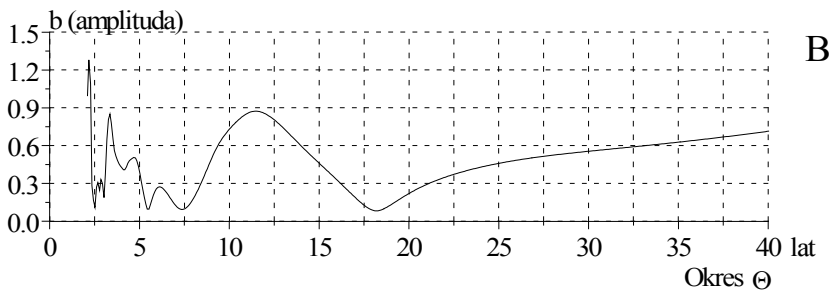
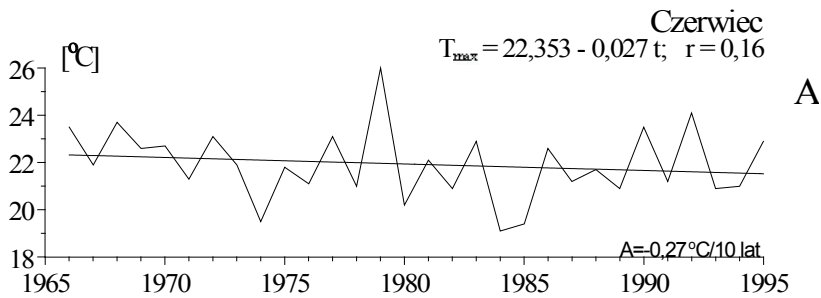
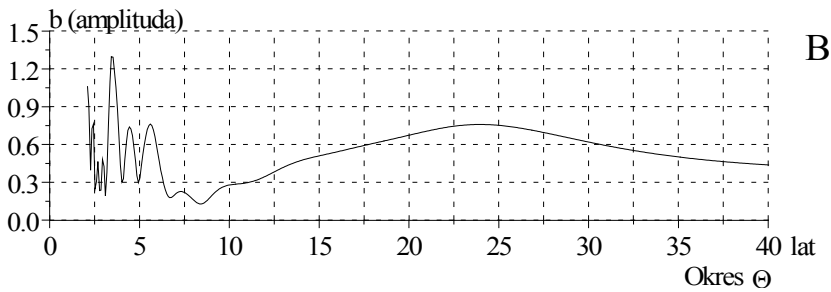
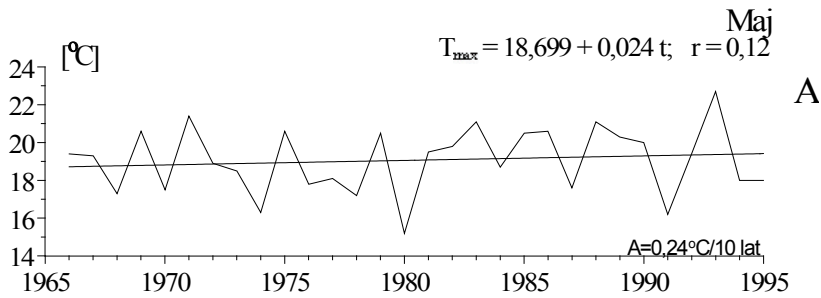
A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,34$ ; kwiecień  $A = 0,36^{\circ}\text{C}/10$  lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – March, April

A. The tendency of secular: March  $A = 0,34$ ; April  $A = 0,36^{\circ}\text{C}/10$  years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 65. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

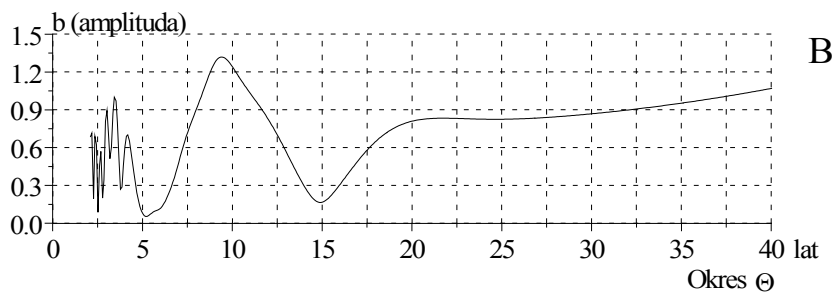
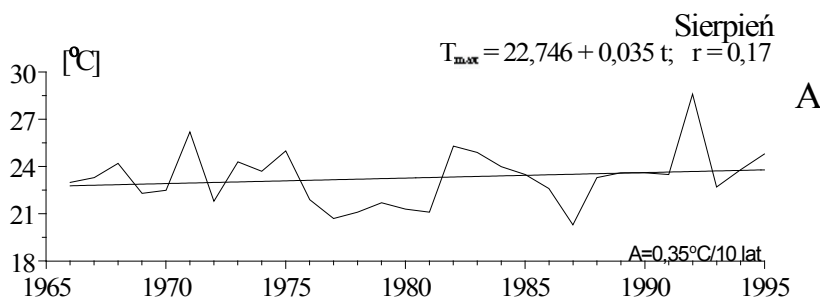
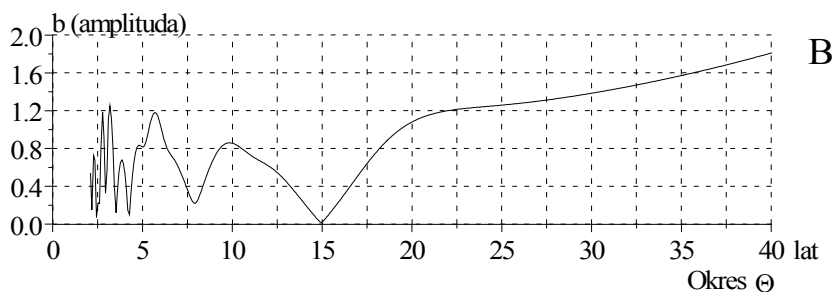
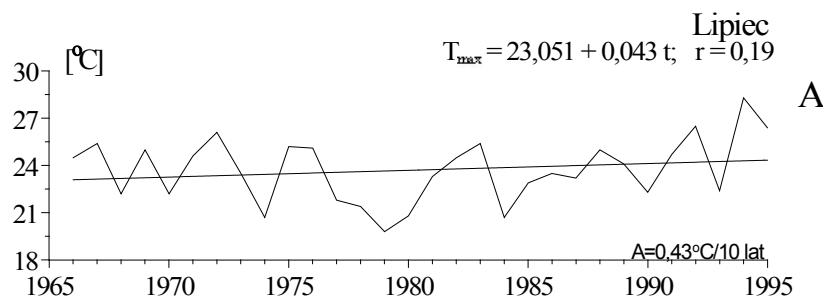
A. Tendencje zmian: maj  $A = 0,24$ ; czerwiec  $A = -0,27^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – May, June

A. The tendency of secular: May  $A = 0,24$ ; June  $A = -0,27^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 66. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

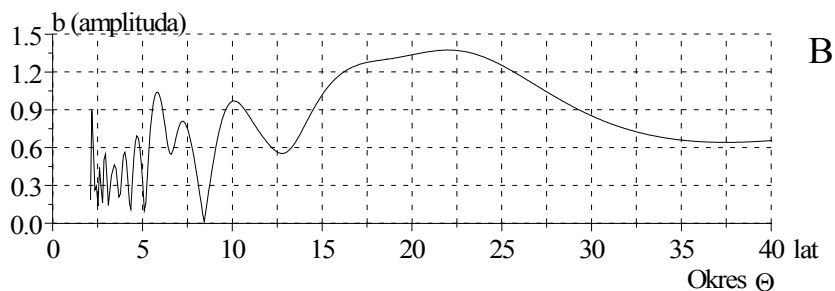
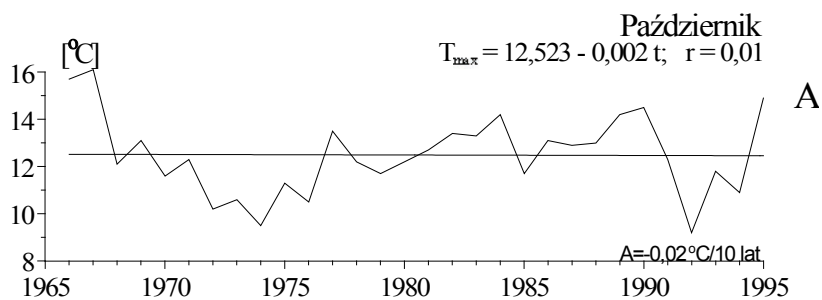
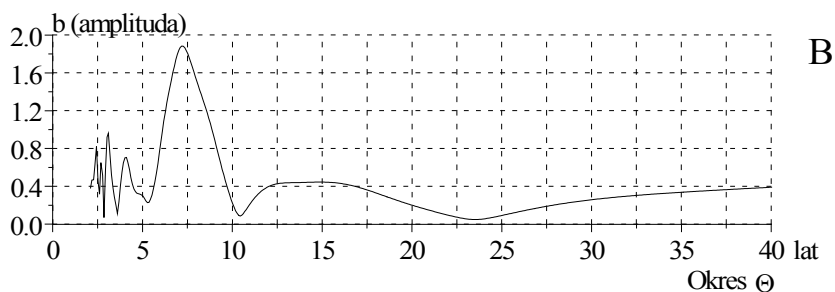
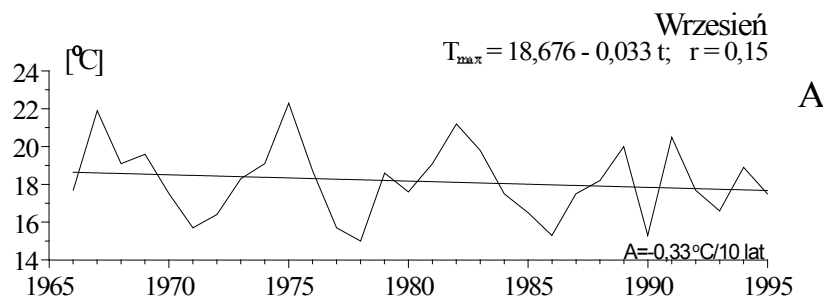
A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,43$ ; sierpień  $A = 0,35^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – July, August

A. The tendency of secular: July  $A = 0,43$ ; August  $A = 0,35^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 67. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -0,33$ ; październik  $A = -0,02^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

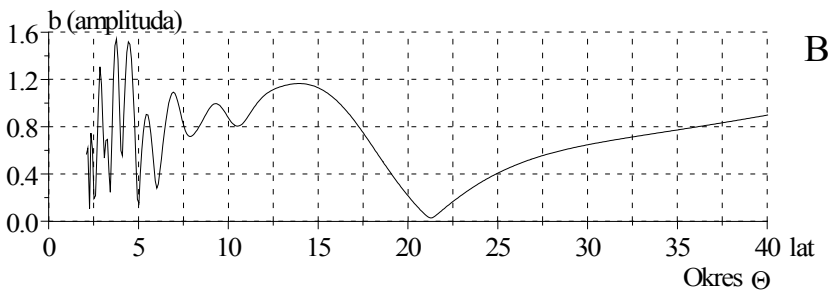
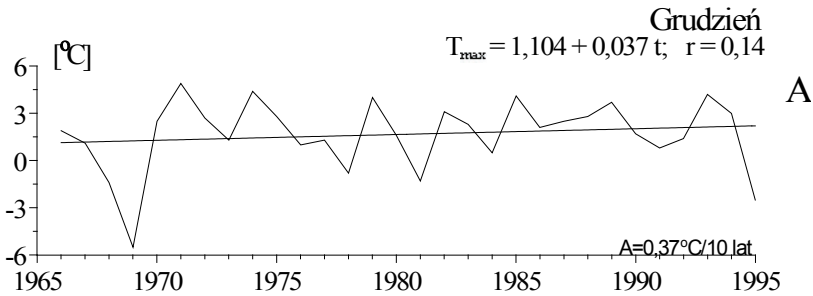
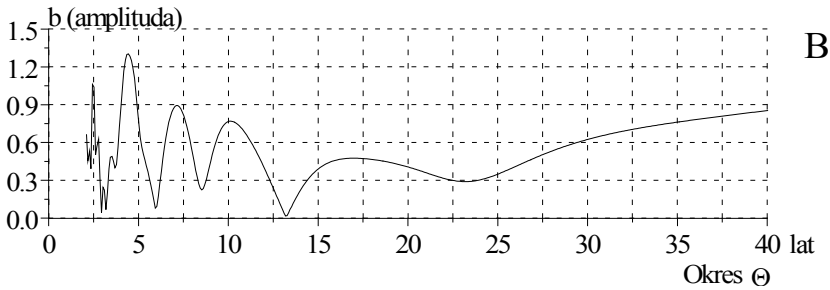
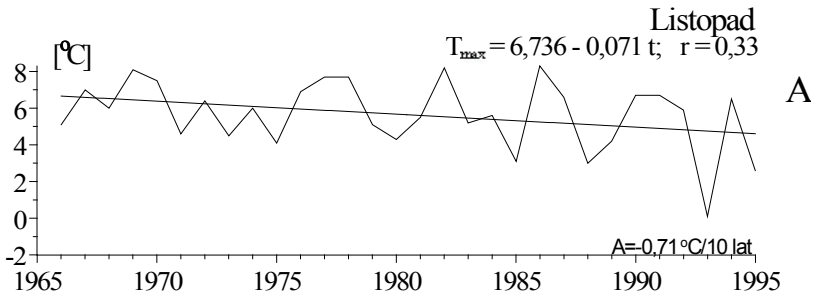
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – September, October

A. The tendency of secular: September  $A = -0,33$ ; October  $A = -0,02^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 68. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

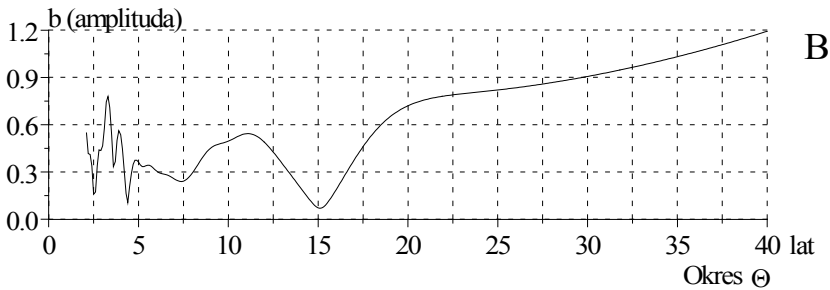
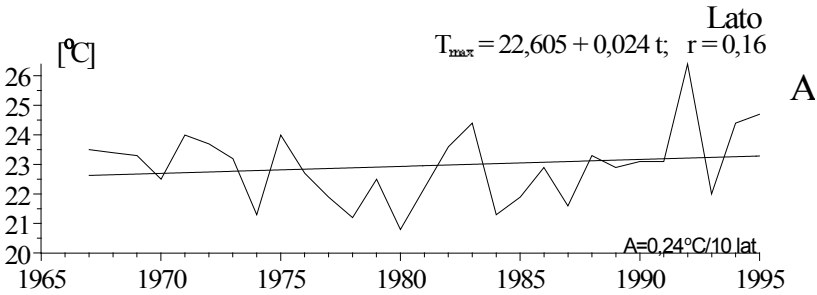
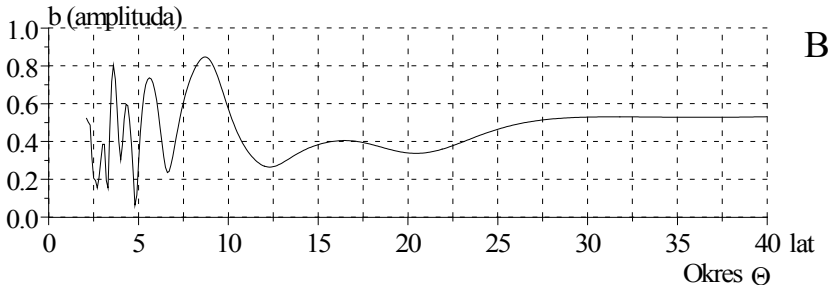
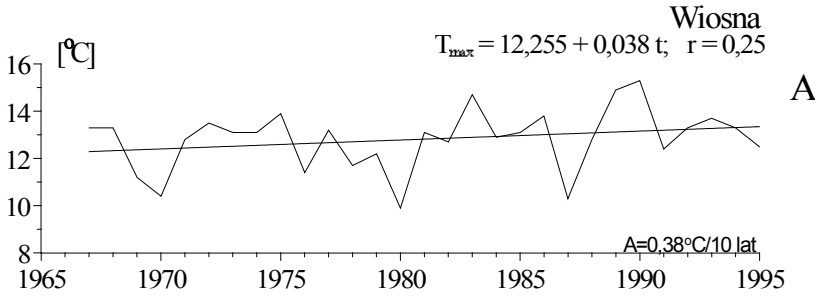
A. Tendencje zmian: listopad  $A = -0,71$ ; grudzień  $A = 0,37^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – November, December

A. The tendency of secular: November  $A = -0,71$ ; December  $A = 0,37^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 69. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato

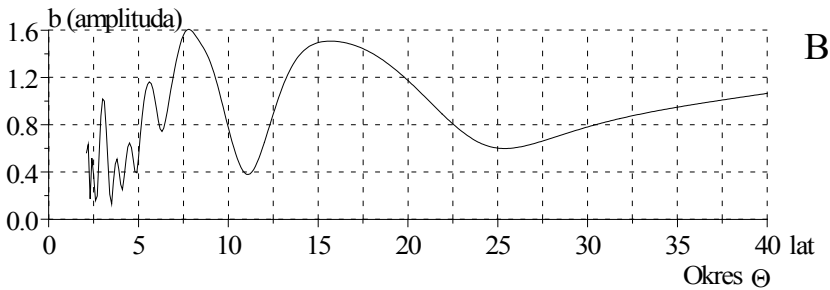
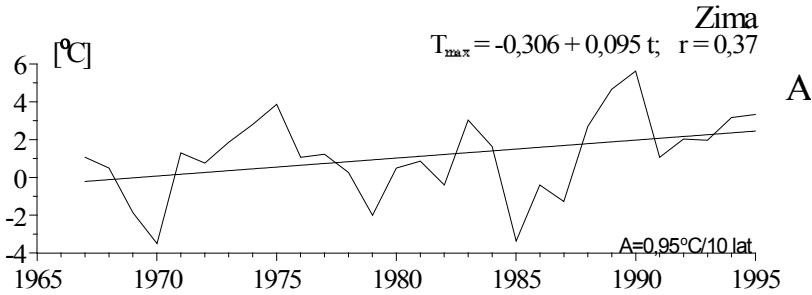
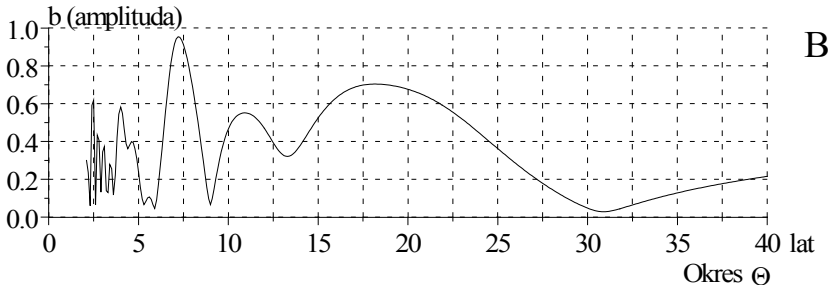
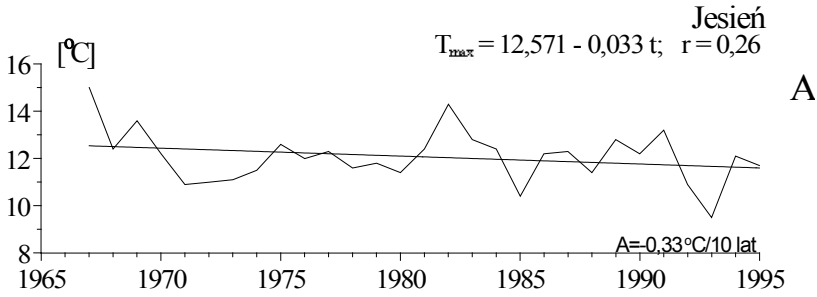
A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,38$ ; lato  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – spring, summer

A. The tendency of secular: spring  $A = 0,38$ ; summer  $A = 0,24^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 70. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima

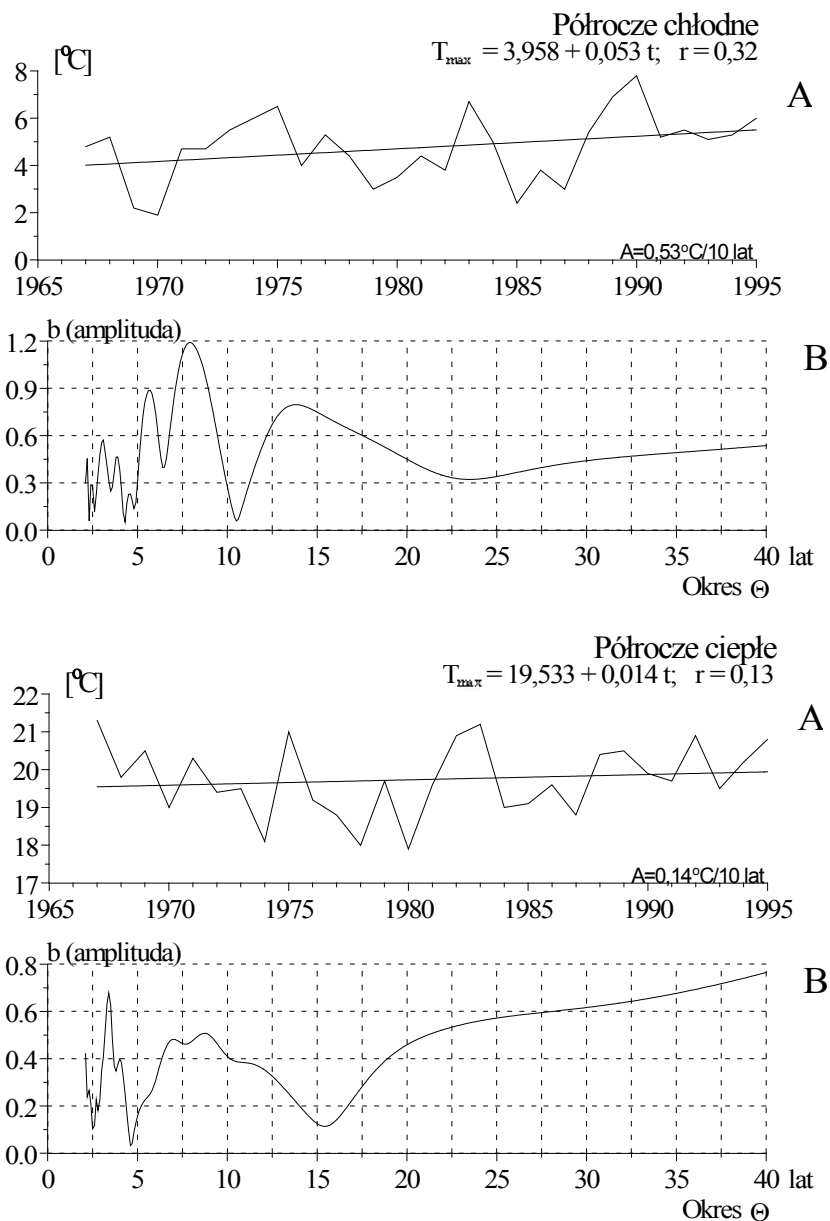
A. Tendencje zmian: jesień  $A = -0,33$ ; zima  $A = 0,95^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter

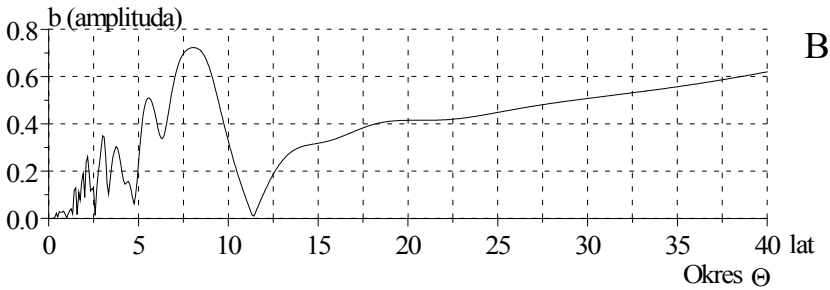
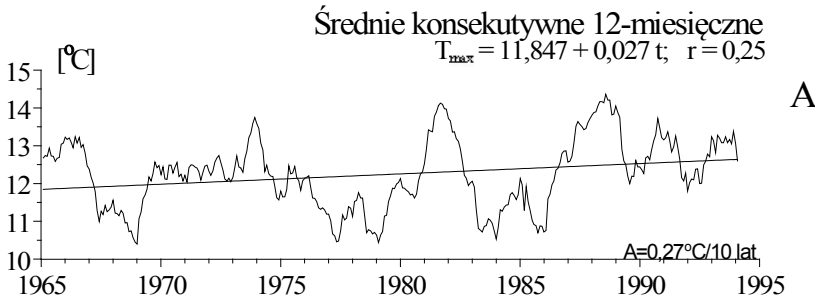
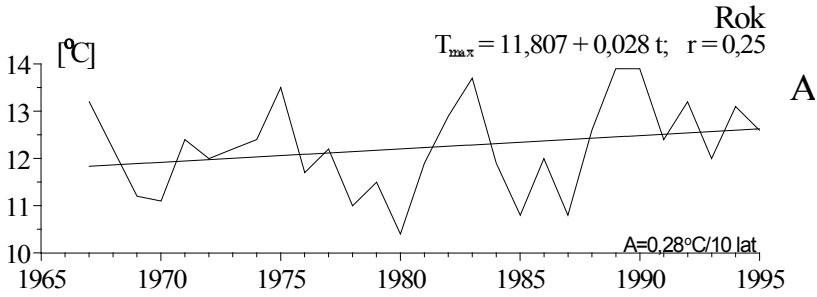
A. The tendency of secular: autumn  $A = -0,33$ ; winter  $A = 0,95^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



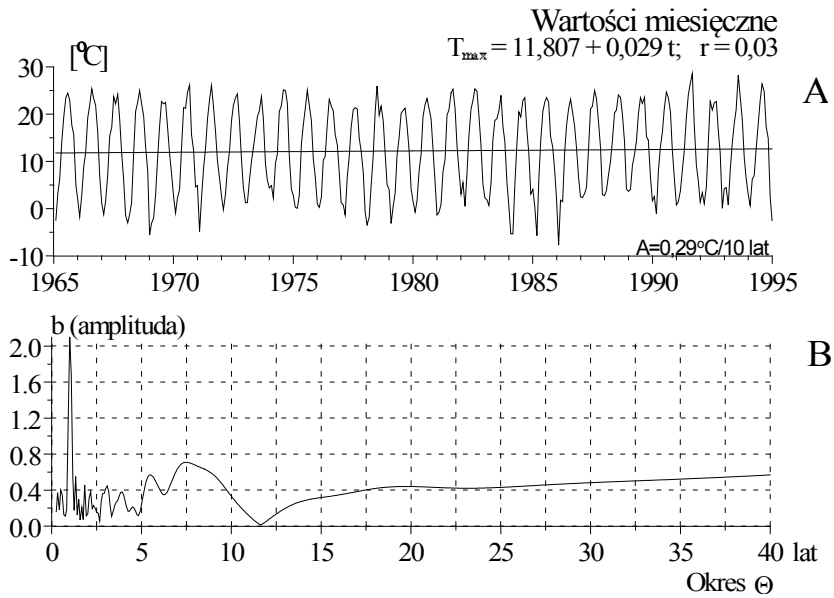
Rys. 71. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

- A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,53$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,14^{\circ}\text{C}/10\text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period  
 A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,53$ ; warm period  $A = 0,14^{\circ}\text{C}/10\text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 72. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwtywne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,28$ ; konsekwtywne 12-miesięczne  $A = 0,27^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$
- B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat - konsekwtywne 12-miesięczne
- Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month
- A. The tendency of secular: year  $A = 0,28$ ; consecutive 12 month  $A = 0,27^\circ\text{C}/10 \text{ years}$
- B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years - consecutive 12 month



Rys. 73. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

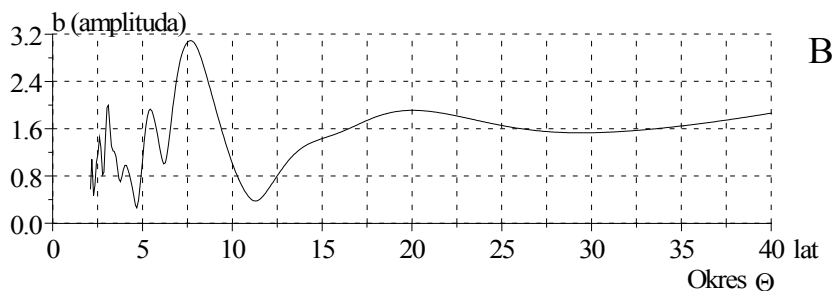
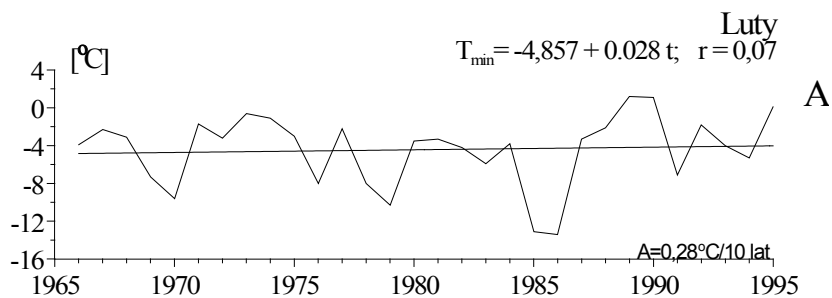
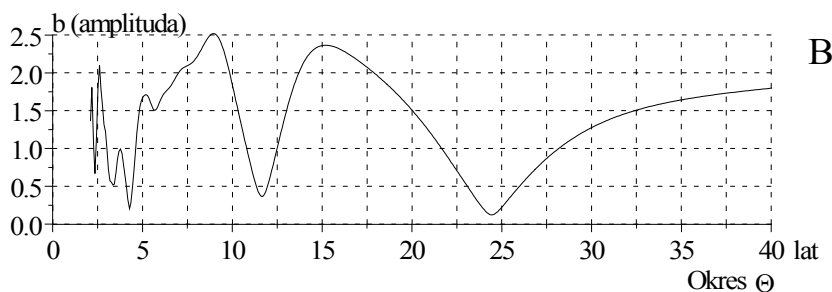
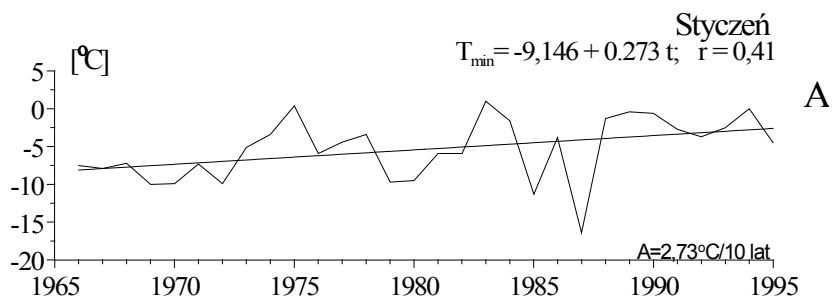
A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,29^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,29^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 74. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

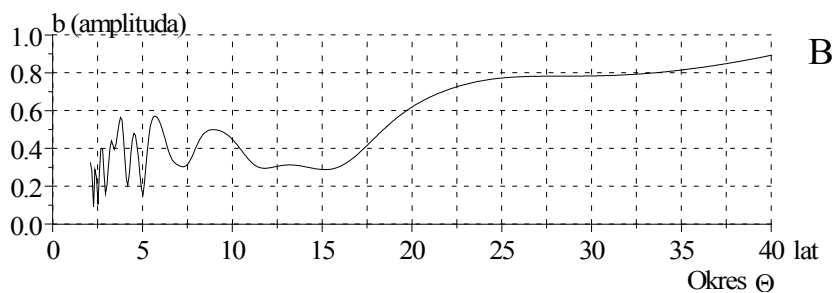
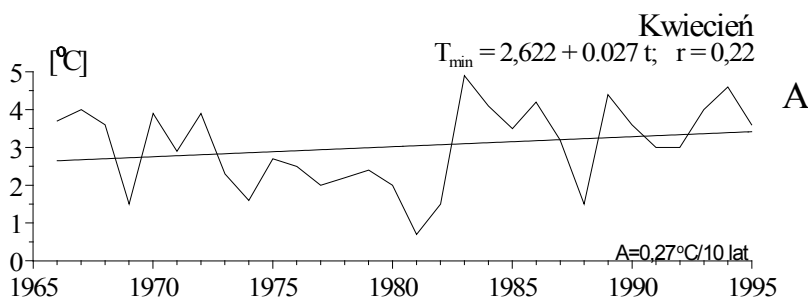
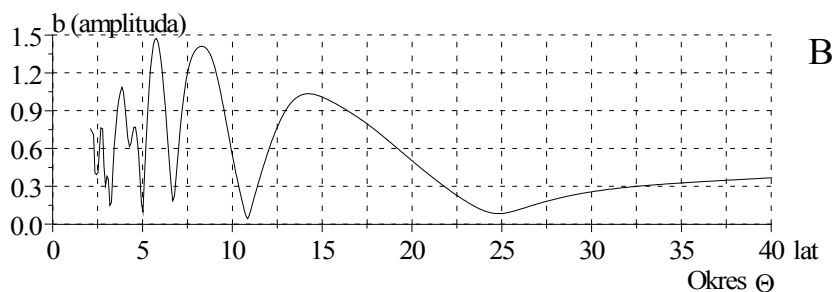
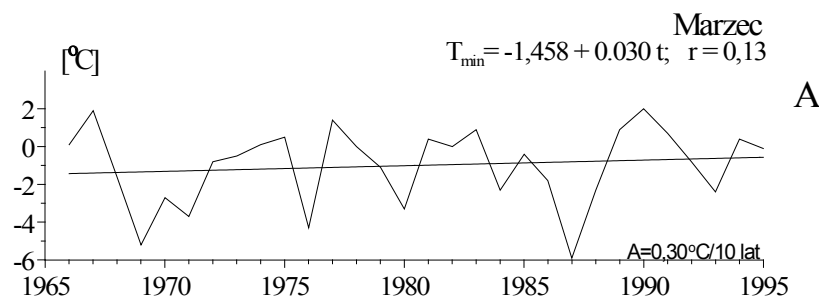
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 2,73$ ; luty  $A = 0,28^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 2,73$ ; February  $A = 0,28^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 75. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,30$ ; kwiecień  $A = 0,27^{\circ}\text{C}/10\text{lat}$

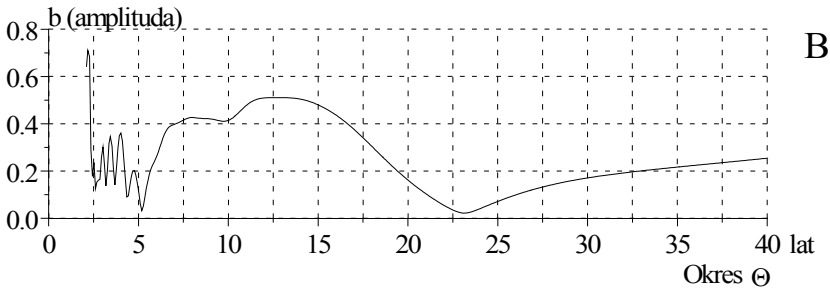
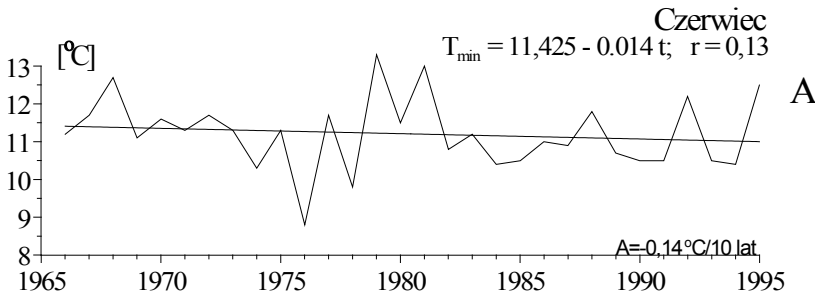
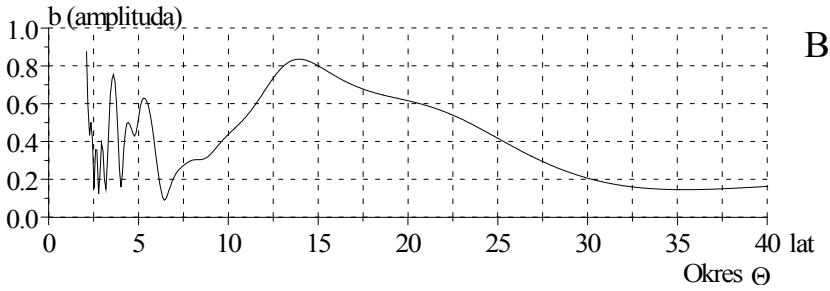
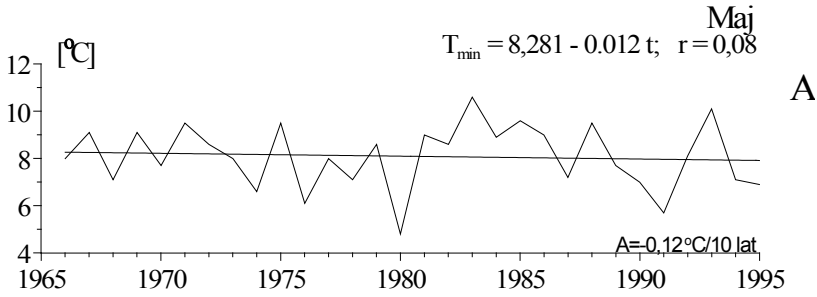
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – March, April

A. The tendency of secular: March  $A = 0,30$ ; April  $A = 0,27^{\circ}\text{C}/10\text{years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 76. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

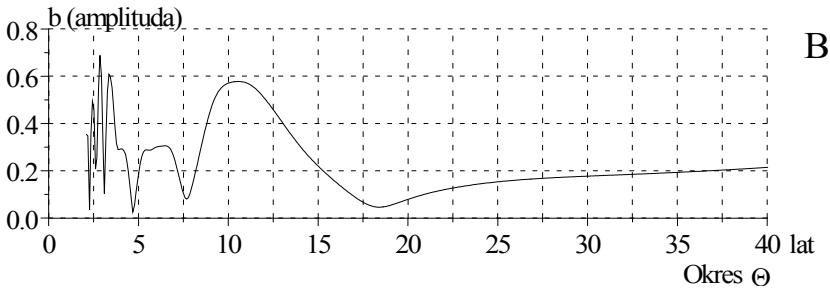
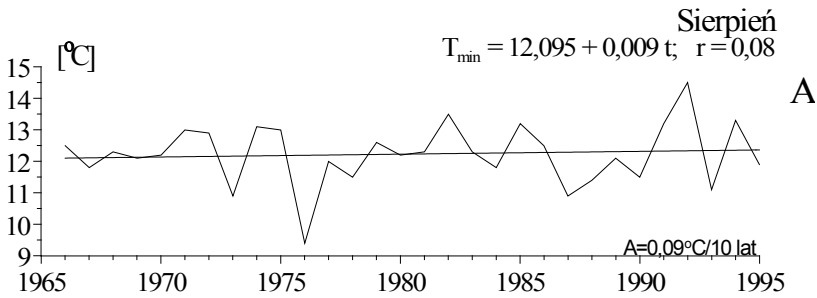
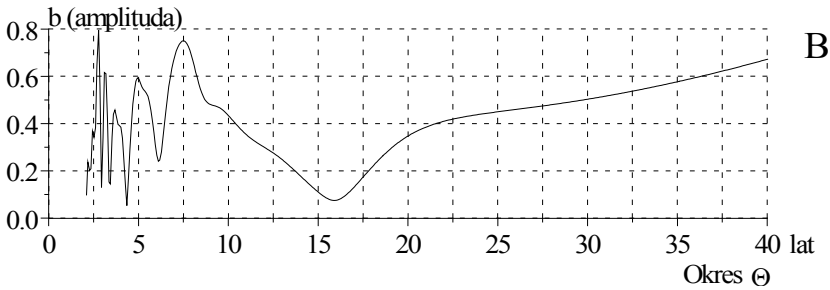
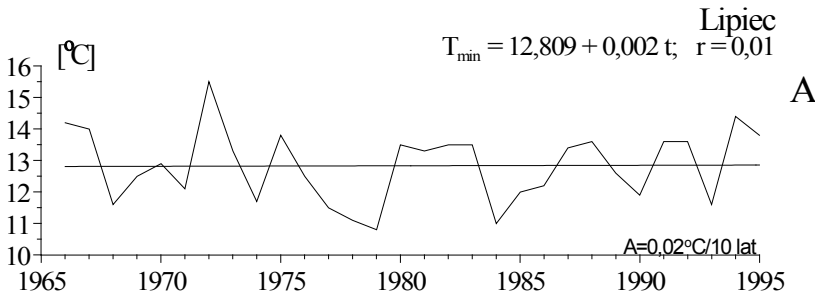
A. Tendencje zmian: maj  $A = -0,12$ ; czerwiec  $A = -0,14^{\circ}\text{C}/10$  lat

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – May, June

A. The tendency of secular: May  $A = -0,12$ ; June  $A = -0,14^{\circ}\text{C}/10$  years

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 77. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

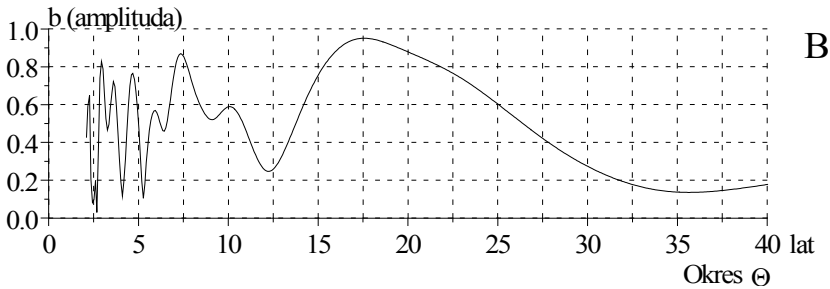
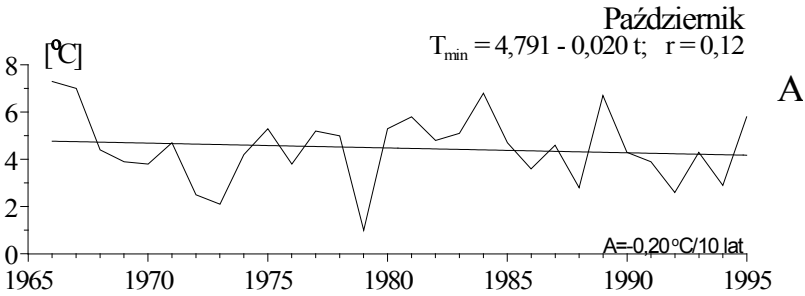
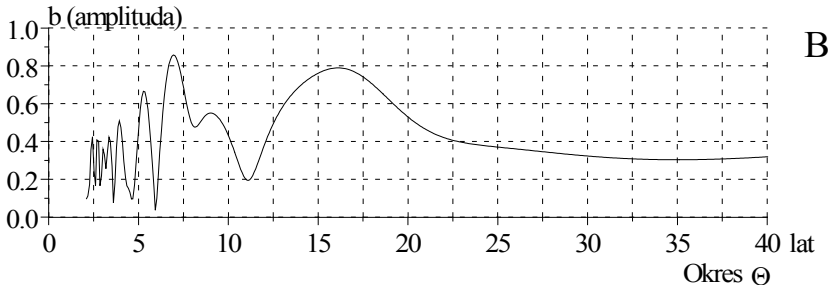
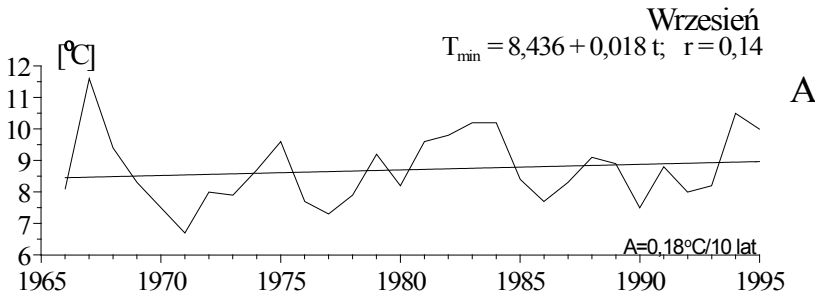
A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,02$ ; sierpień  $A = 0,09^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – July, August

A. The tendency of secular: July  $A = 0,02$ ; August  $A = 0,09^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 78. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

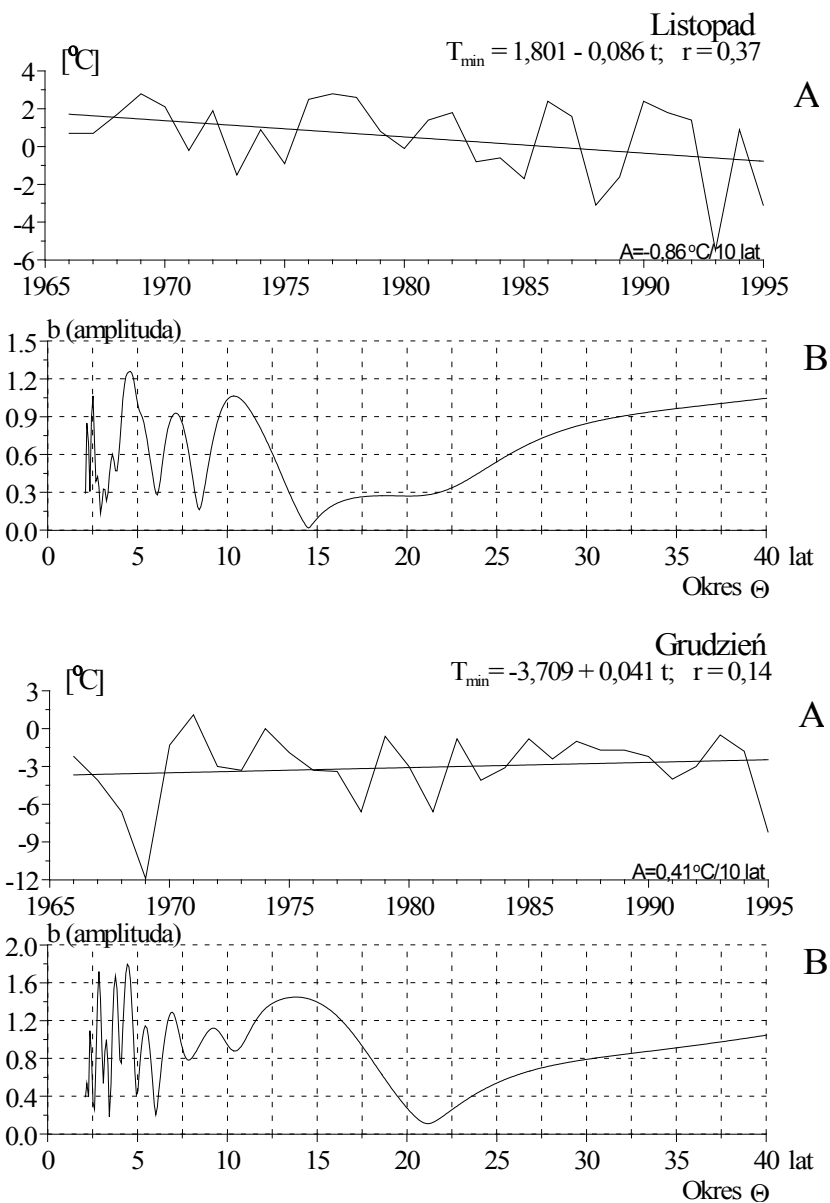
A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = 0,18$ ; październik  $A = -0,20^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – September, October

A. The tendency of secular: September  $A = 0,18$ ; October  $A = -0,20^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 79. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

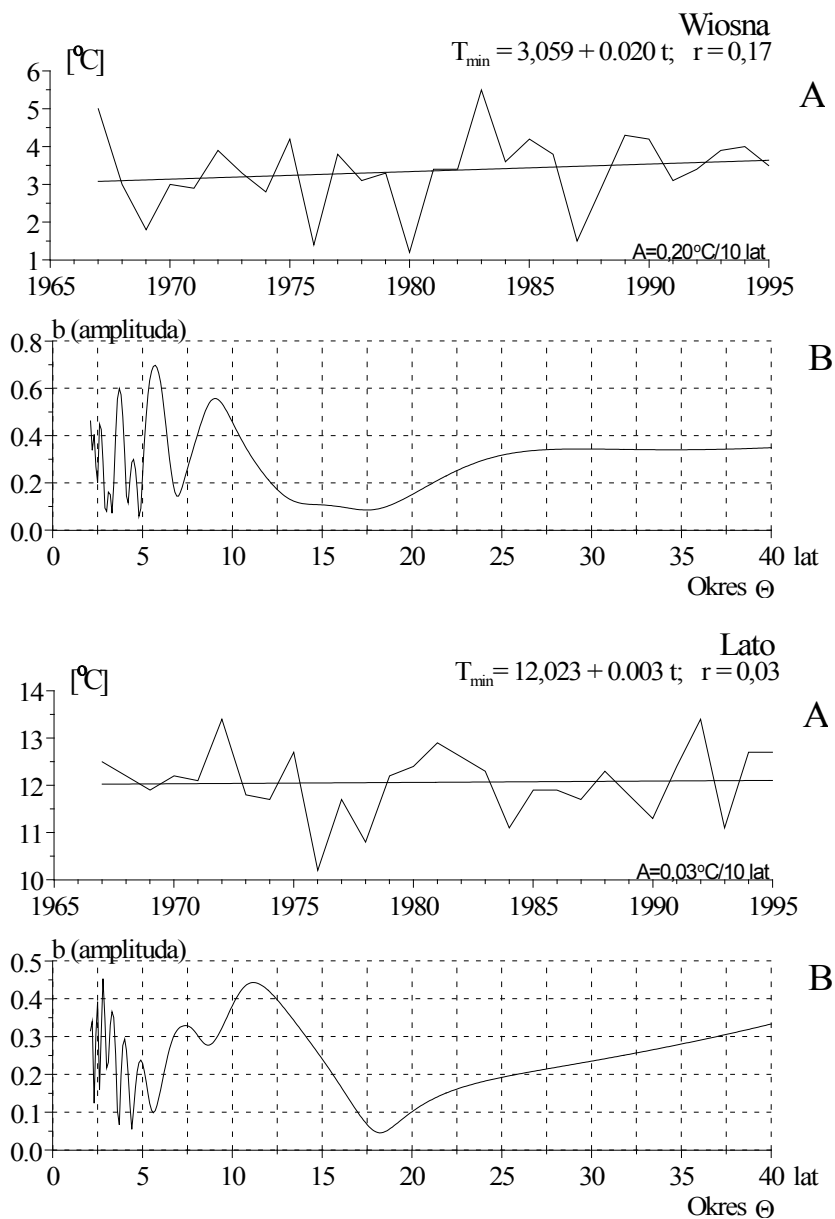
A. Tendencje zmian: listopad  $A = -0,86$ ; grudzień  $A = 0,41^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

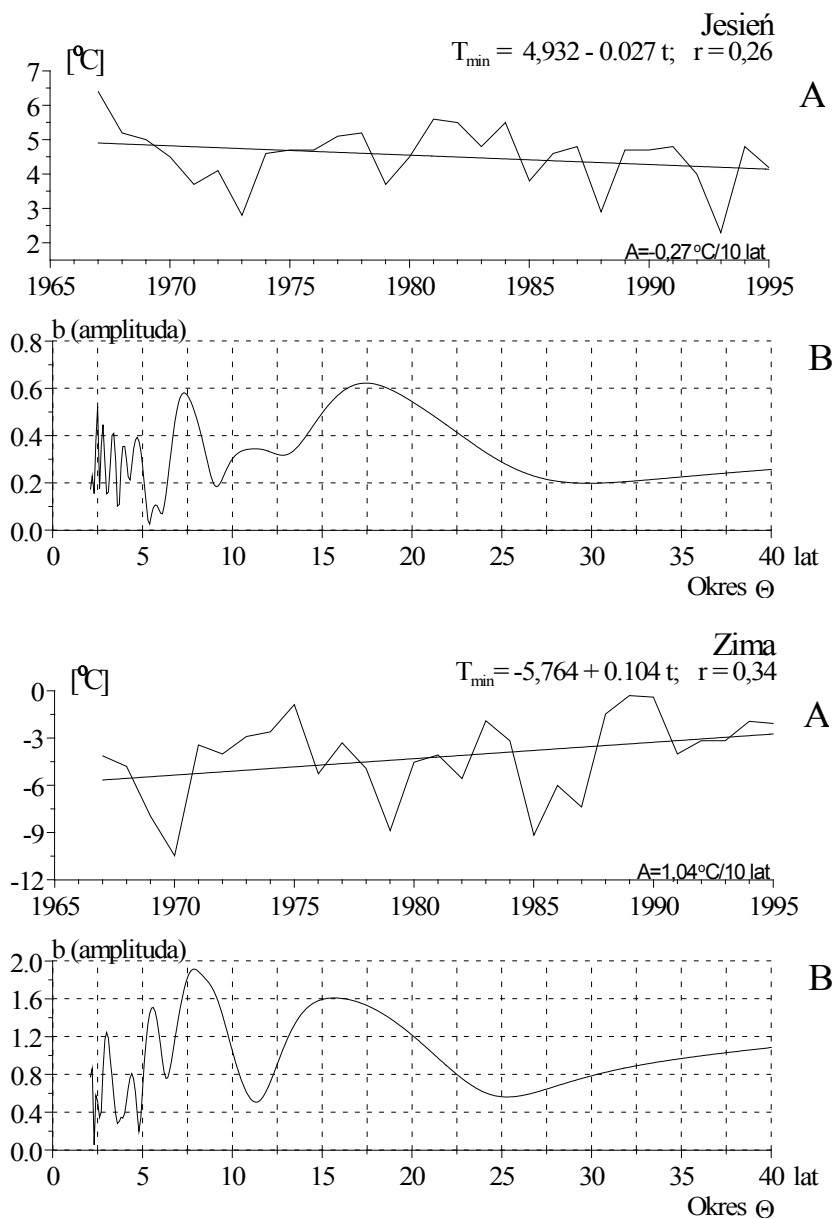
Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – November, December

A. The tendency of secular: November  $A = -0,86$ ; December  $A = 0,41^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

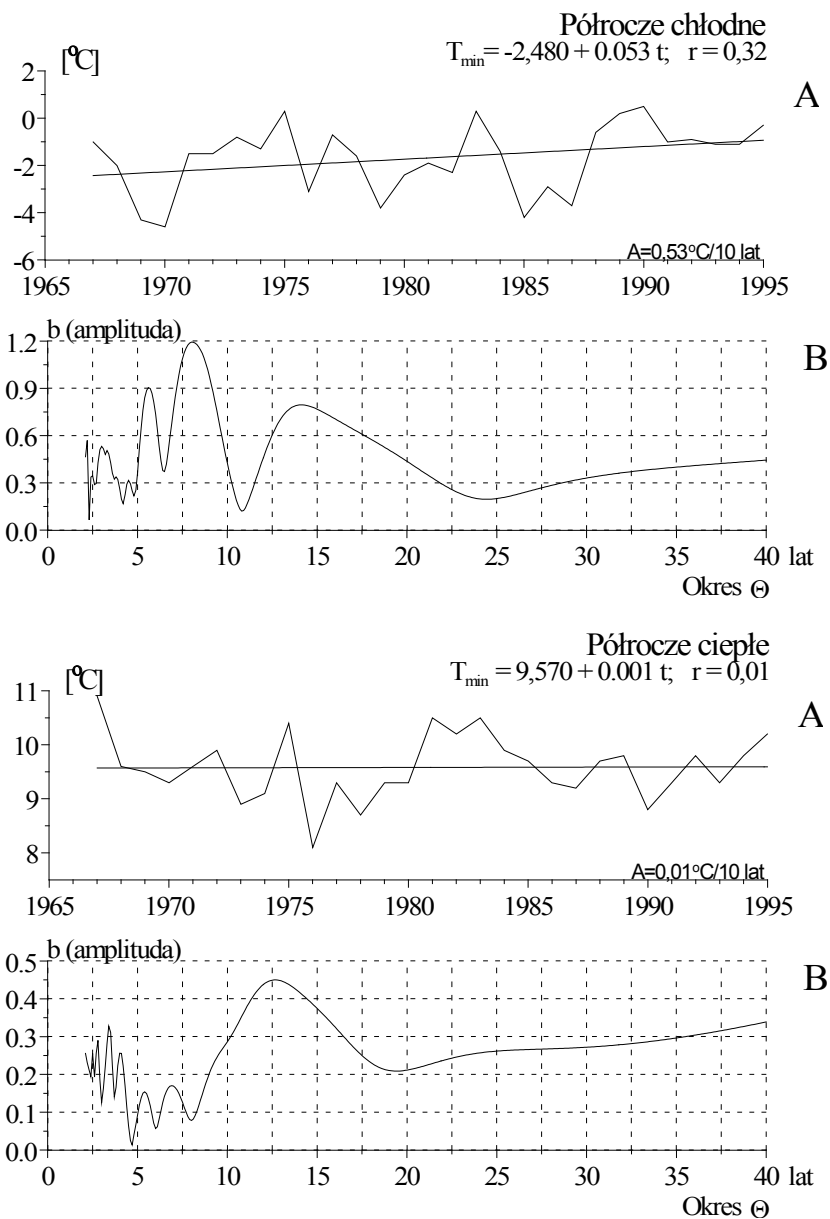
B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 80. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato  
 A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,20$ ; lato  $A = 0,03^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – spring, summer  
 A. The tendency of secular: spring  $A = 0,20$ ; summer  $A = 0,03^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 81. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima  
 A. Tendencje zmian: jesień  $A = -0,27$ ; zima  $A = 1,04^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter  
 A. The tendency of secular: autumn  $A = -0,27$ ; winter  $A = 1,04^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 82. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

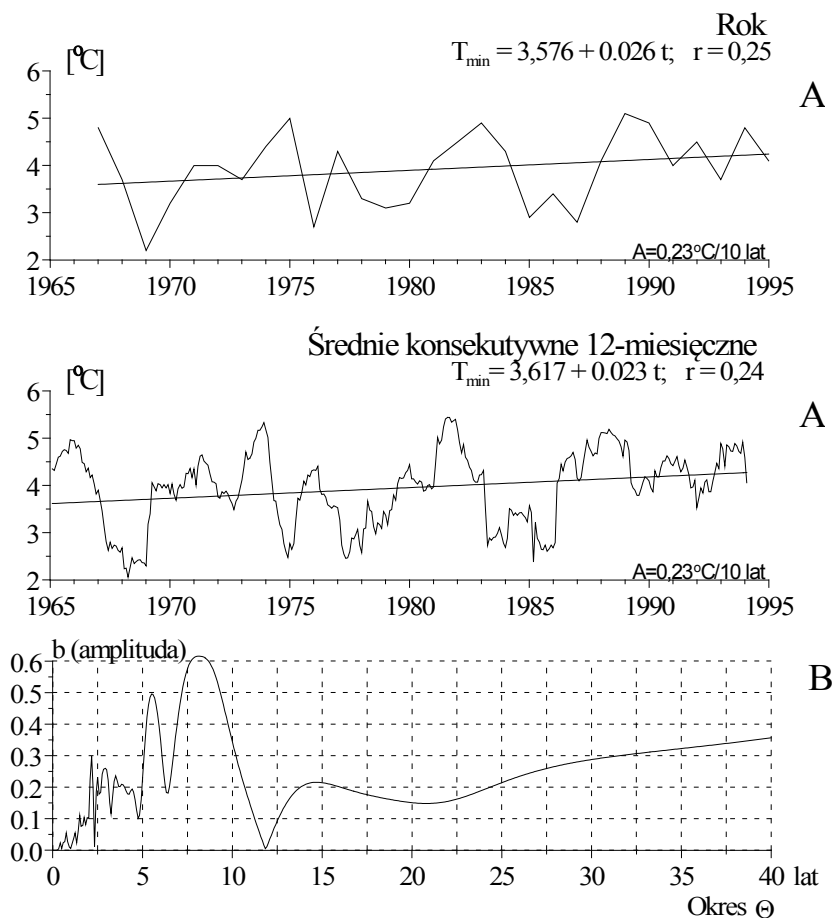
A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,53$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,01^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period

A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,53$ ; warm period  $A = 0,01^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

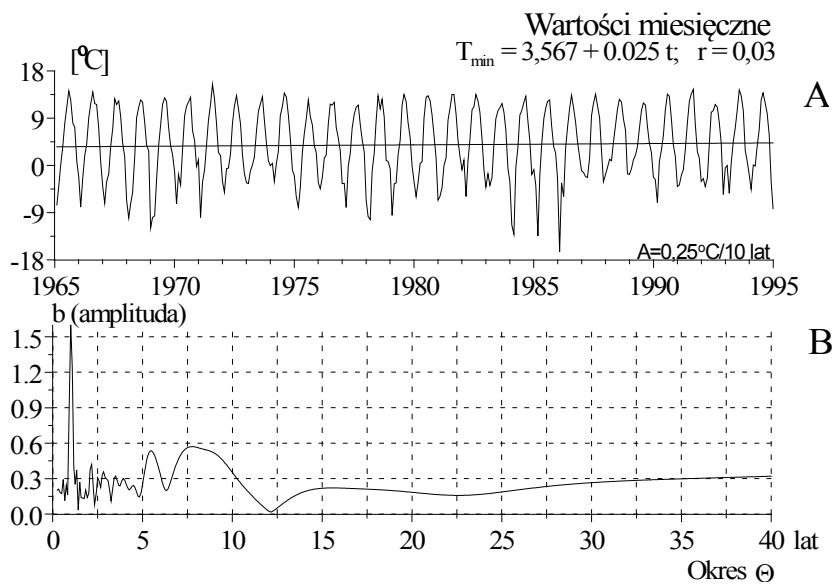
B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 83. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekutywne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,23$ ; konsekutywne 12-miesięczne  $A = 0,23^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat - konsekutywne 12-miesięczne  
 Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month  
 A. The tendency of secular: year  $A = 0,23$ ; consecutive 12 month  $A = 0,23^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years - consecutive 12 month





Rys. 84. Minimalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

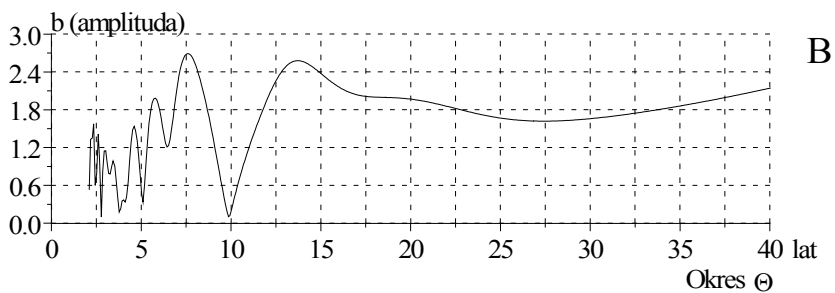
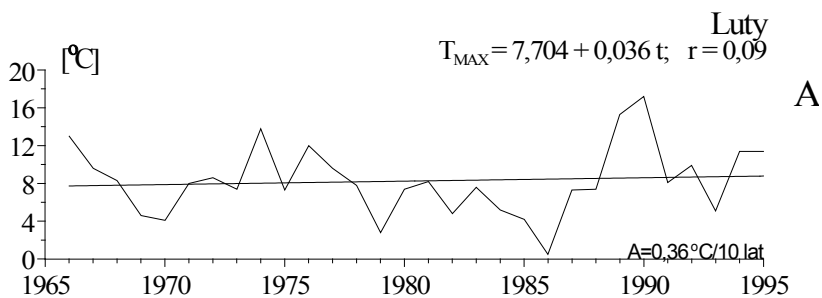
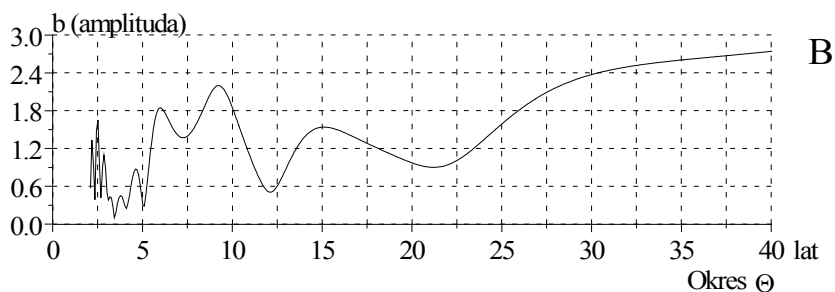
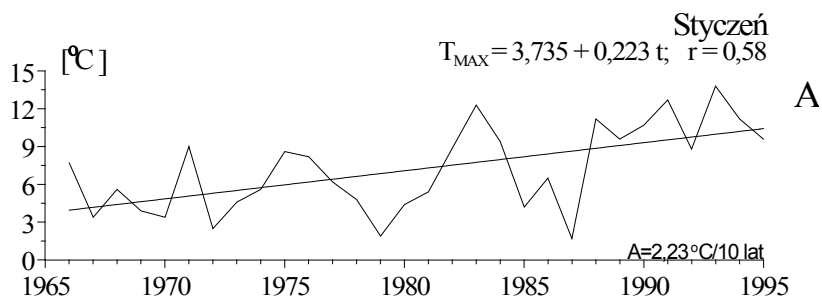
A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,25^{\circ}\text{C}/10\text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,25^{\circ}\text{C}/10\text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 85. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

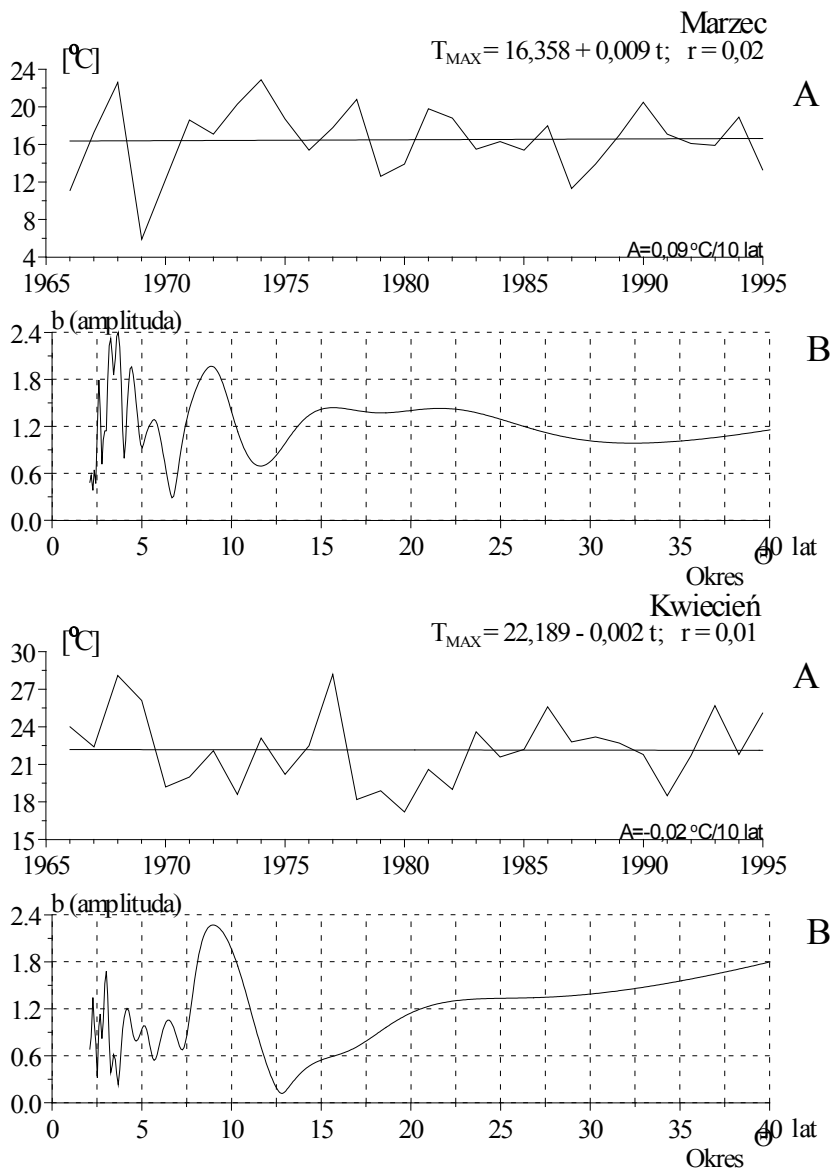
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = 2,23$ ; luty  $A = 0,36^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = 2,23$ ; February  $A = 0,36^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

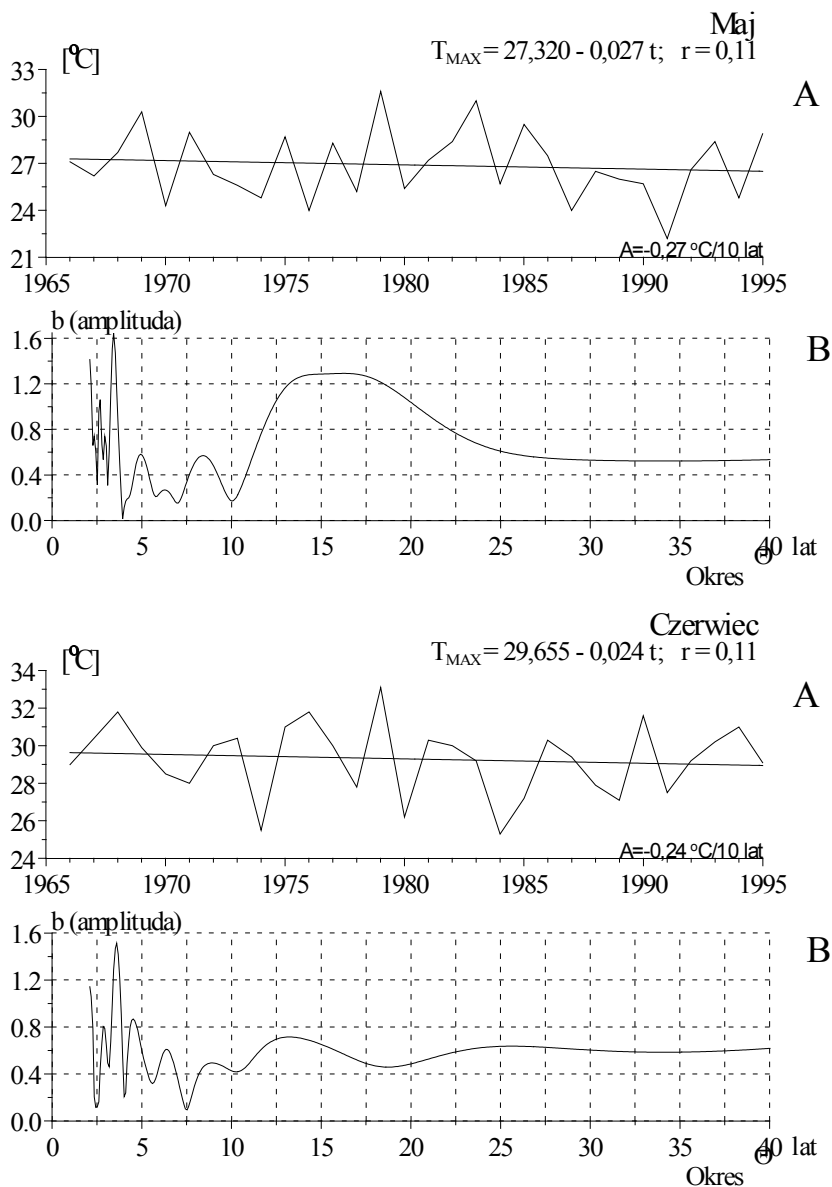


Rys. 86. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

- A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,09$ ; kwiecień  $A = -0,02^{\circ}C/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – March, April

- A. The tendency of secular: March  $A = 0,09$ ; April  $A = -0,02^{\circ}C/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

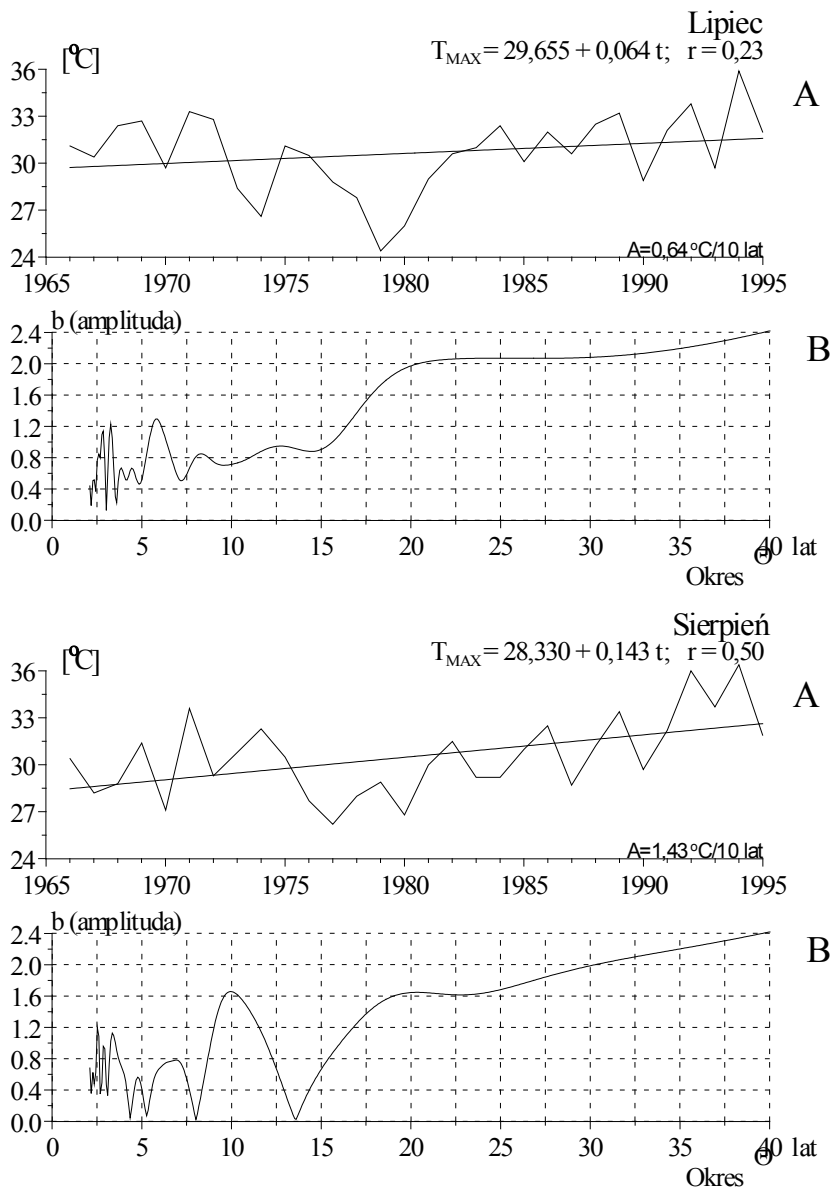


Rys. 87. Maksima absolute temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

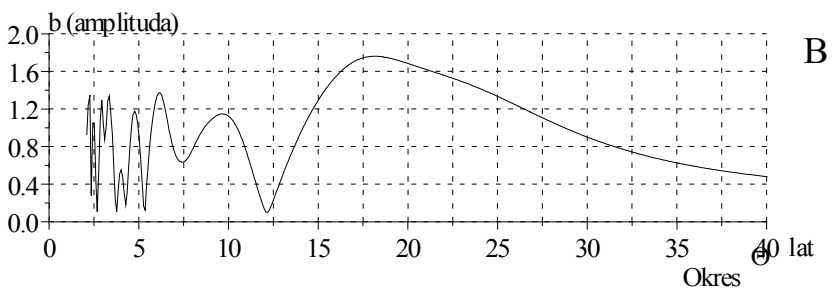
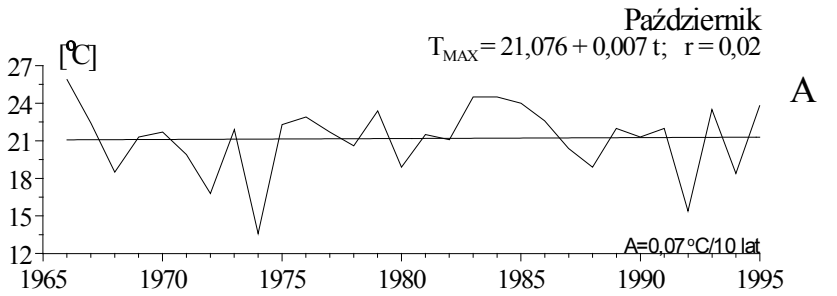
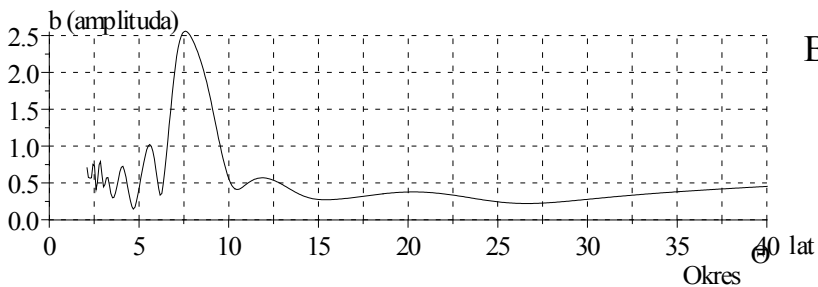
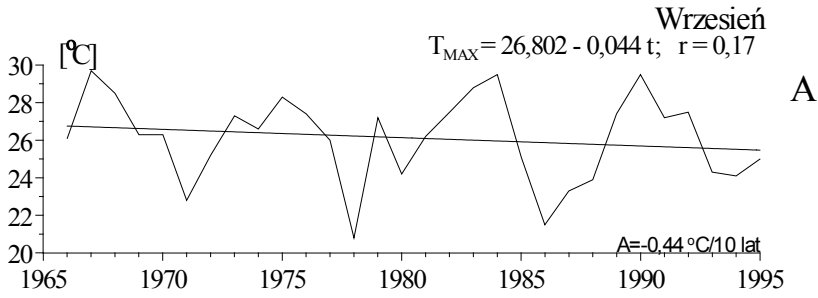
- A. Tendencje zmian: maj  $A = -0,27$ ; czerwiec  $A = -0,24^{\circ}C/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – May, June

- A. The tendency of secular: May  $A = -0,27$ ; June  $A = -0,24^{\circ}C/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 88. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień  
 A. Tendencje zmian: lipiec  $A = 0,64$ ; sierpień  $A = 1,43^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – July, August  
 A. The tendency of secular: July  $A = 0,64$ ; August  $A = 1,43^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 89. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

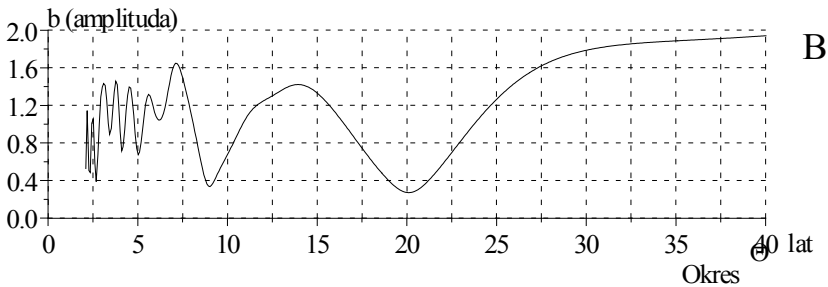
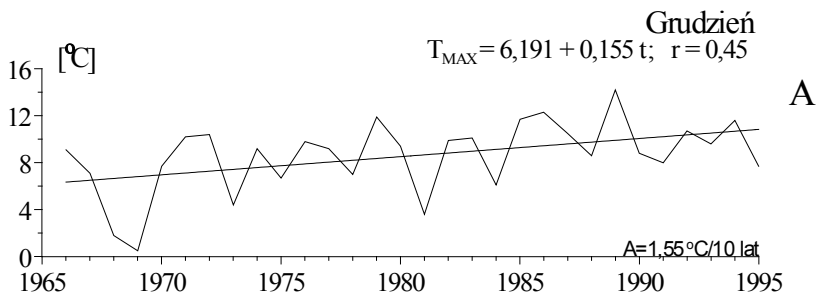
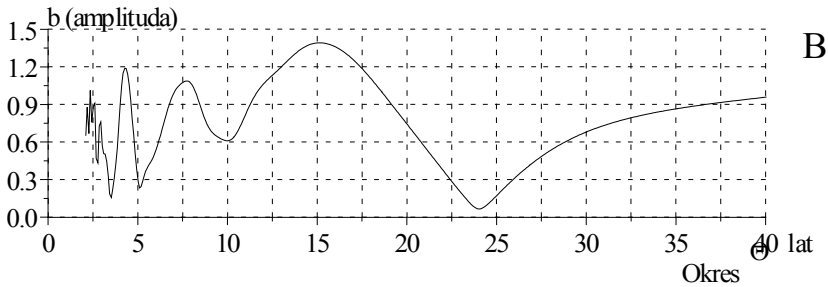
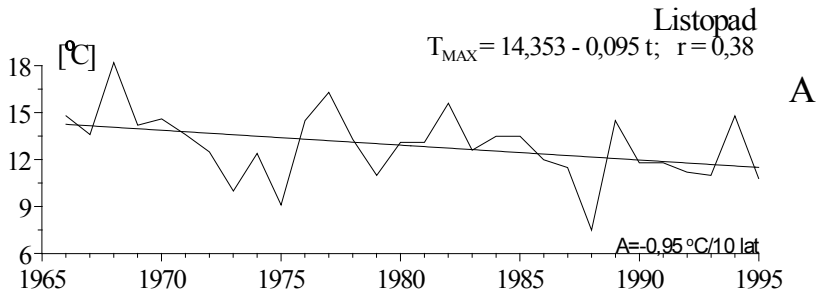
A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = -0,44$ ; październik  $A = 0,07 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – September, October

A. The tendency of secular: September  $A = -0,44$ ; October  $A = 0,07 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 90. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

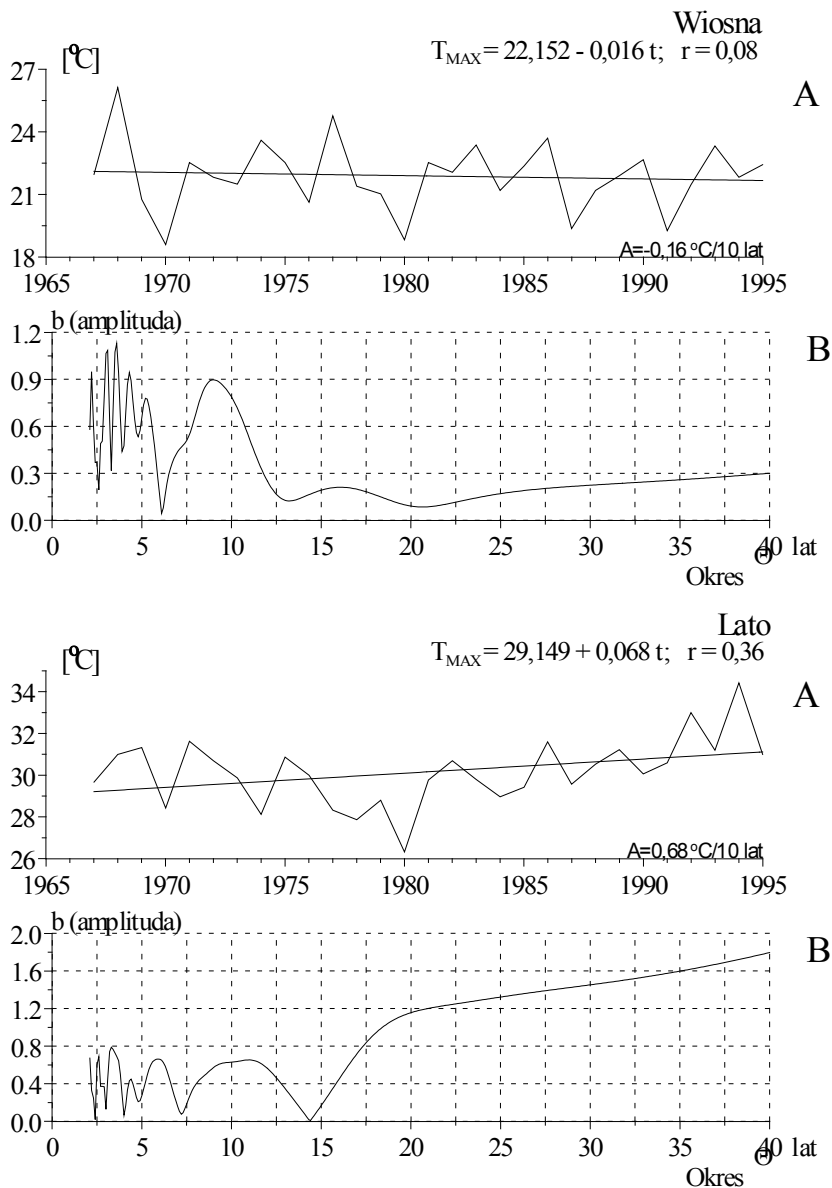
A. Tendencje zmian: listopad  $A = -0,95$ ; grudzień  $A = 1,55^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – November, December

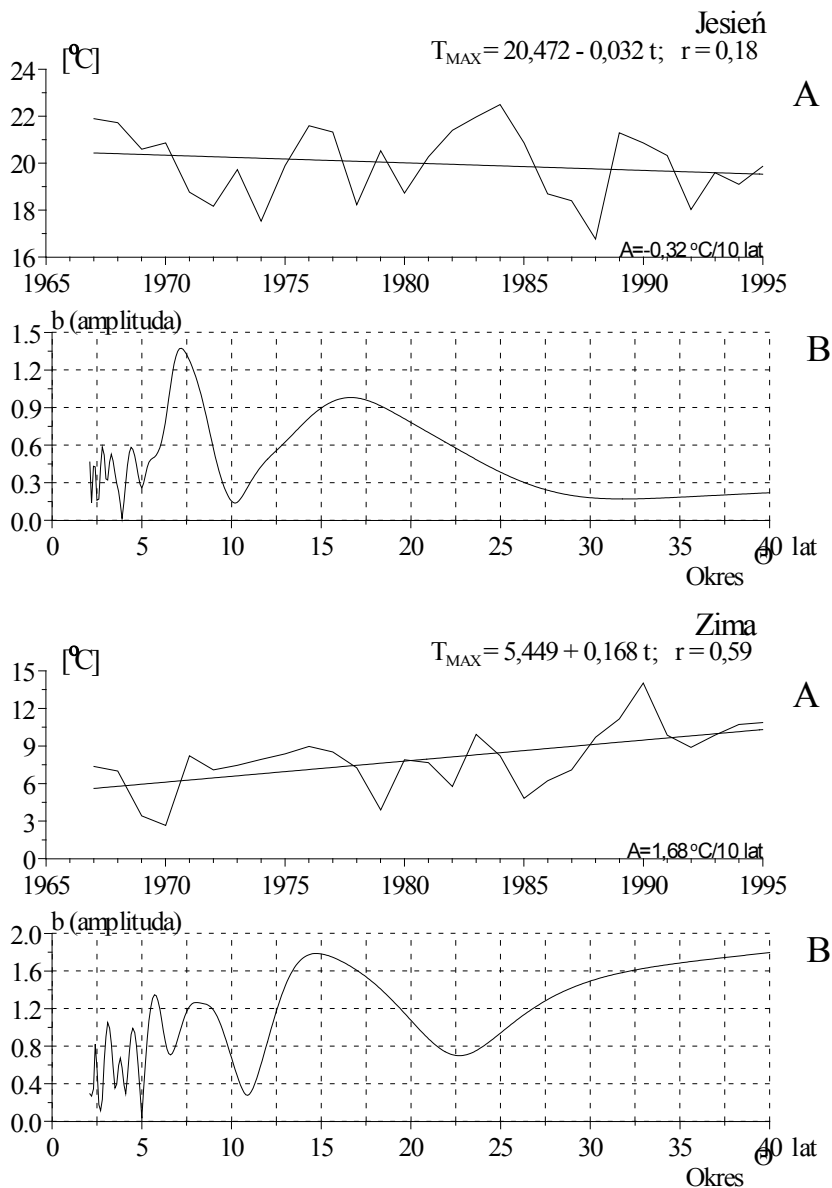
A. The tendency of secular: November  $A = -0,95$ ; December  $A = 1,55^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

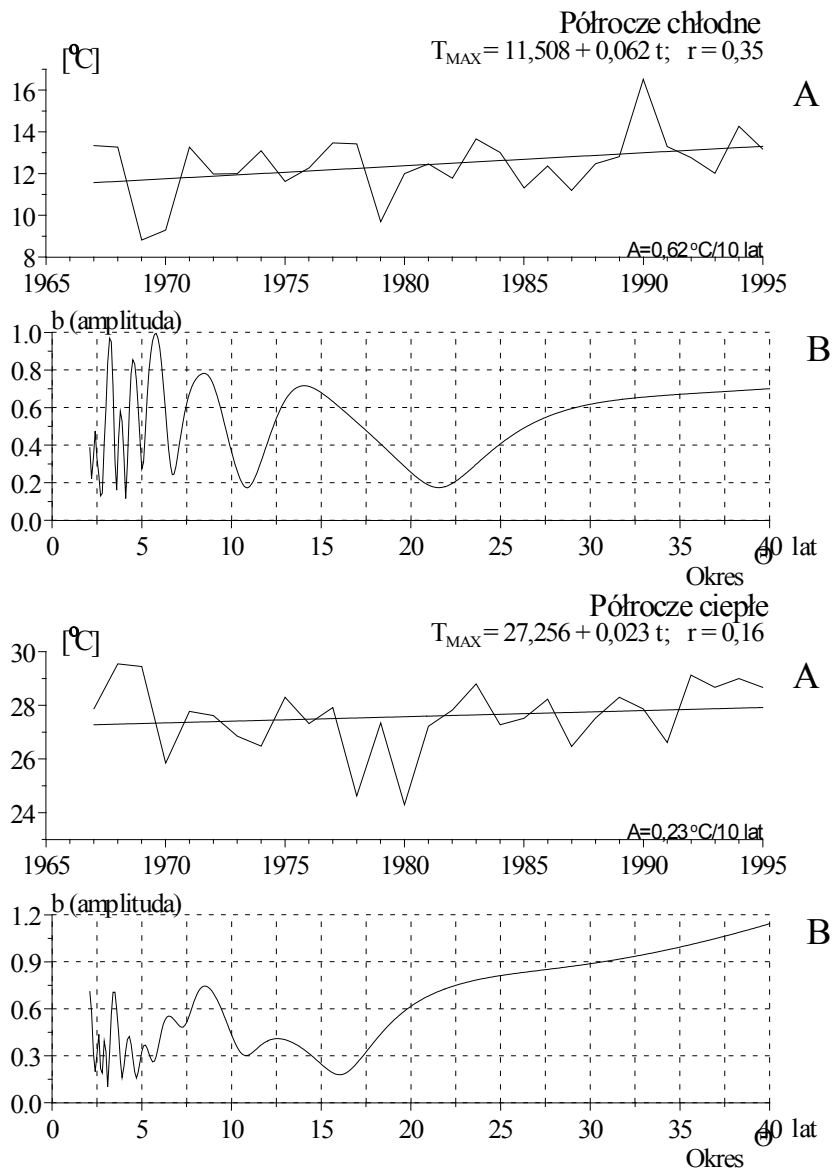


Rys. 91. Maksyma absolute temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato  
 A. Tendencje zmian: wiosna  $A = -0,16$ ; lato  $A = 0,68^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – spring, summer  
 A. The tendency of secular: spring  $A = -0,16$ ; summer  $A = 0,68^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years





Rys. 92. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima  
 A. Tendencje zmian: jesień  $A = -0,32$ ; zima  $A = 1,68^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat  
 Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter  
 A. The tendency of secular: autumn  $A = -0,32$ ; winter  $A = 1,68^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

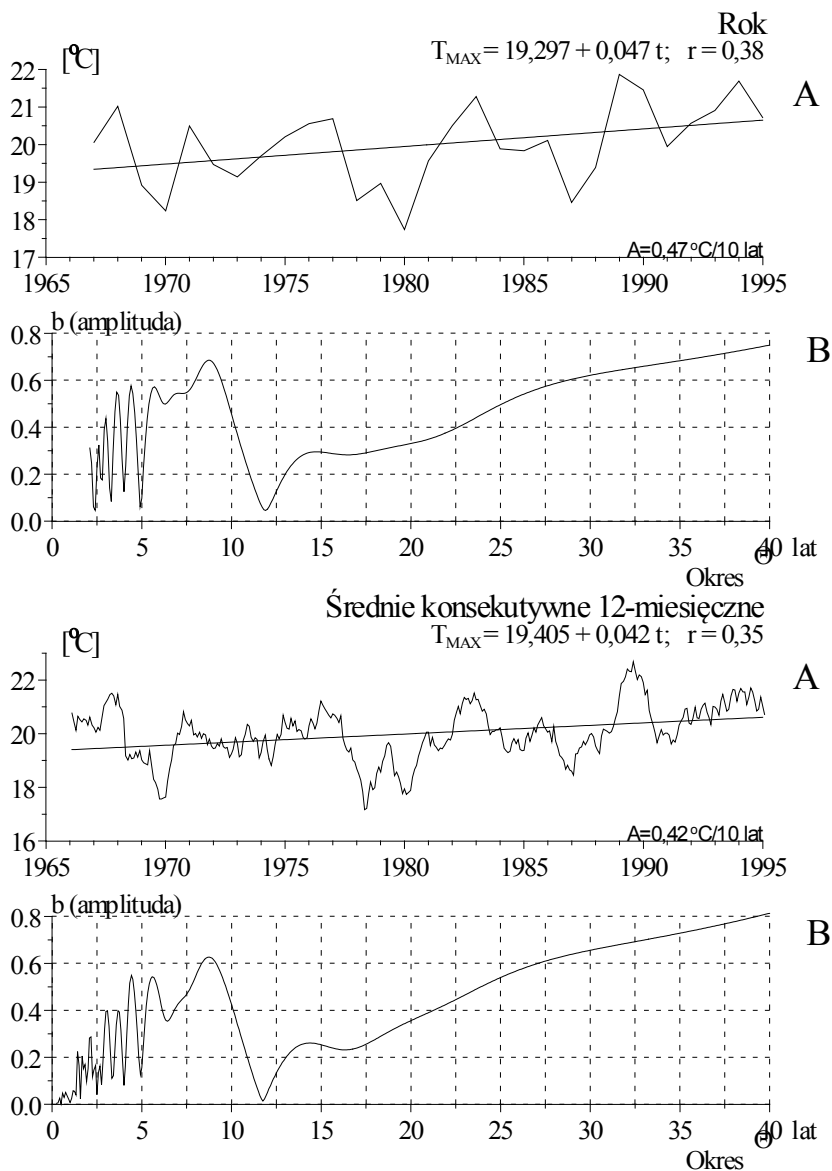


Rys. 93. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

- A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,62$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,23^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

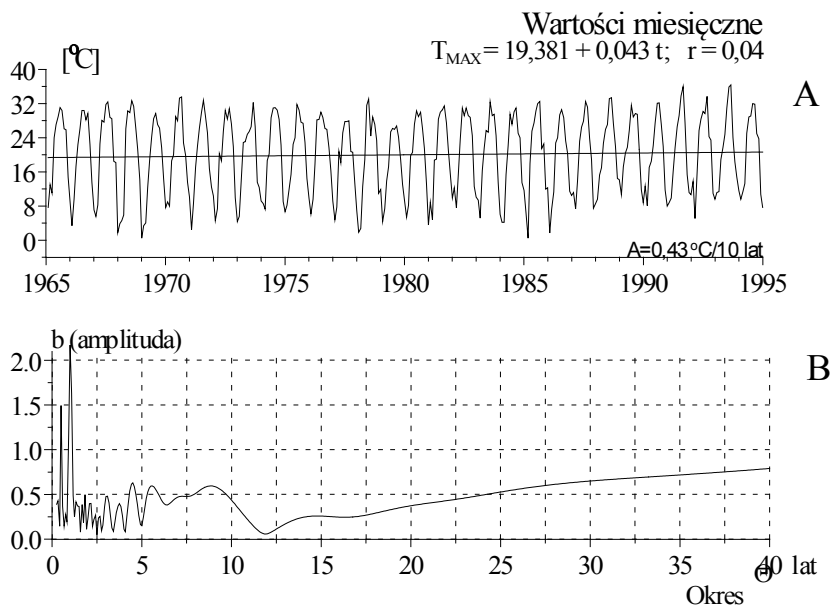
Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period

- A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,62$ ; warm period  $A = 0,23^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 94. Maksymalna temperatura powietrza w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwentne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,47$ ; konsekwentne 12-miesięczne  $A = 0,42^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat – rok, 0,25-40 lat – konsekwentne 12-miesięczne
- Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month
- A. The tendency of secular: year  $A = 0,47$ ; consecutive 12 month  $A = 0,42^\circ\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years – year, 0,25-40 years – consecutive 12 month

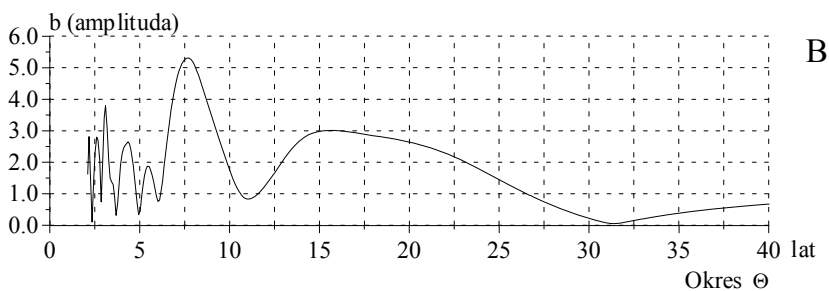
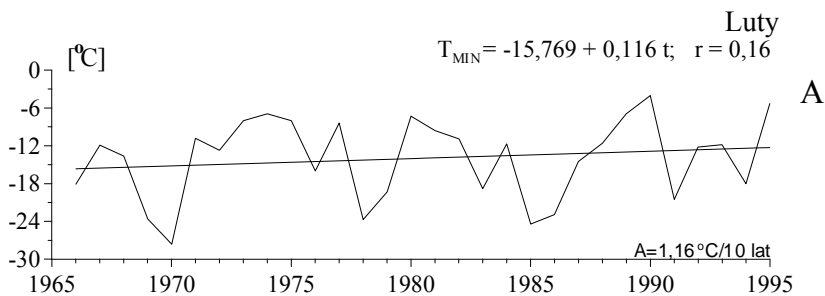
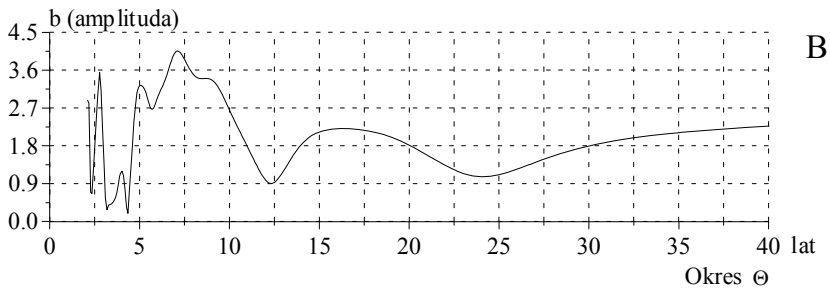
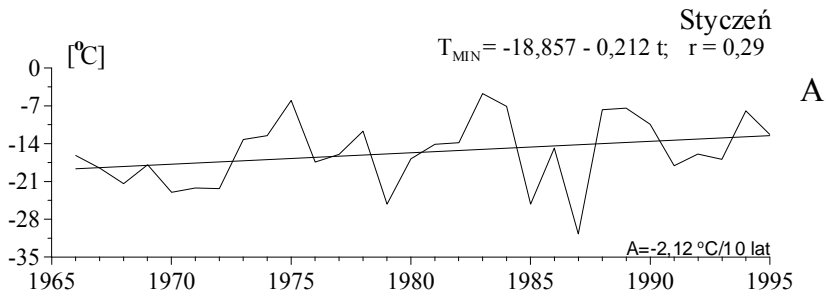


Rys. 95. Maksyma absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

- A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,43^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Absolutely maximum air temperature in Warsaw (1965-1995) – monthly values

- A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,43^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years



Rys. 96. Minima absolutej temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – styczeń, luty

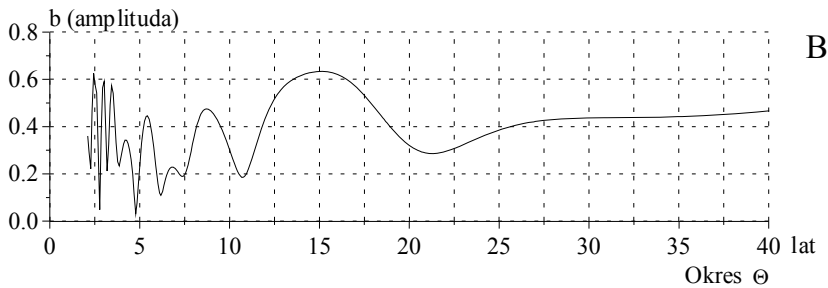
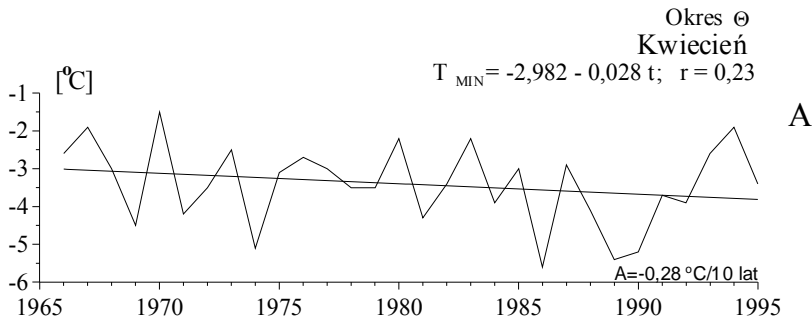
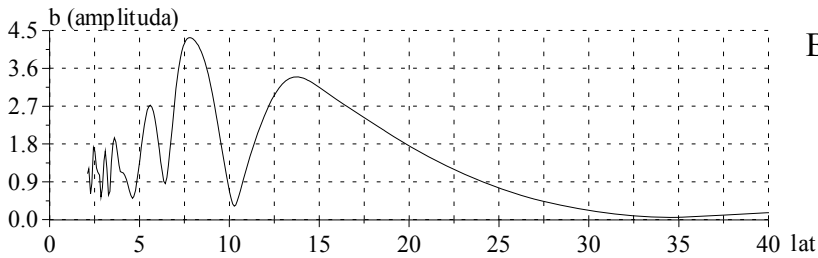
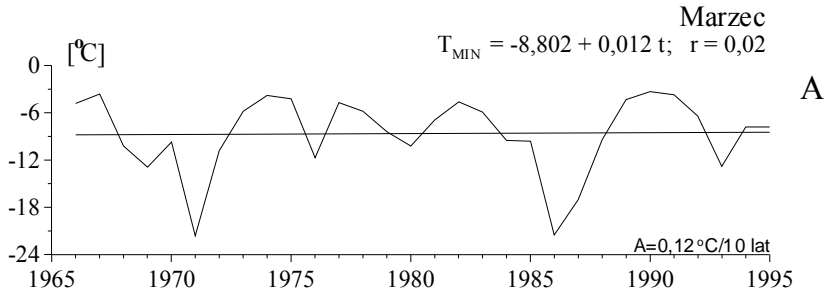
A. Tendencje zmian: styczeń  $A = -2,12$ ; luty  $A = 1,16 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – January, February

A. The tendency of secular: January  $A = -2,12$ ; February  $A = 1,16 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

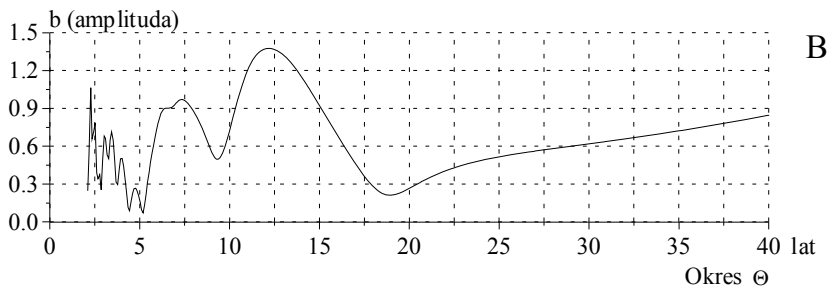
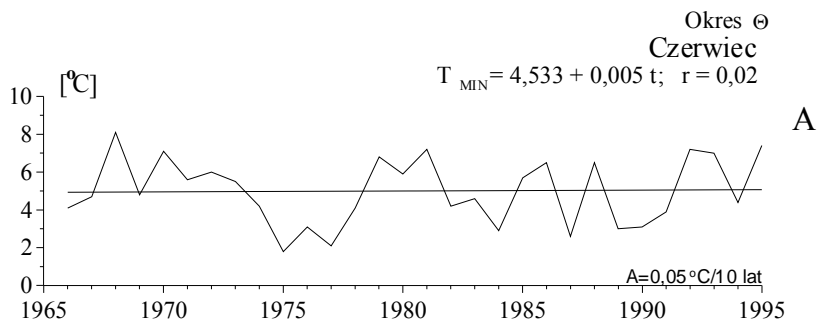
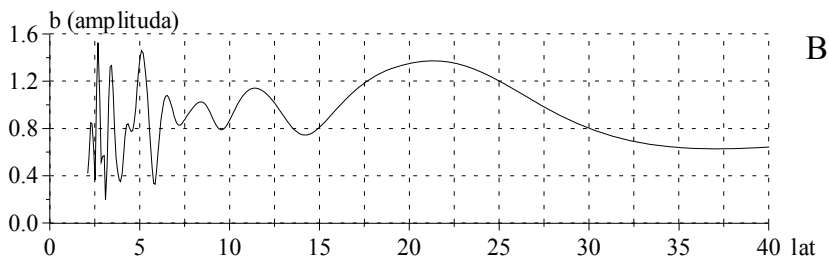
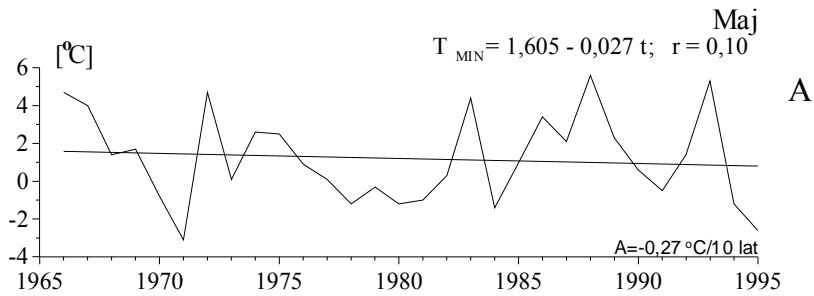


Rys. 97. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – marzec, kwiecień

- A. Tendencje zmian: marzec  $A = 0,12$ ; kwiecień  $A = -0,28^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – March, April

- A. The tendency of secular: March  $A = 0,12$ ; April  $A = -0,28^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 98. Minima absolutejnej temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – maj, czerwiec

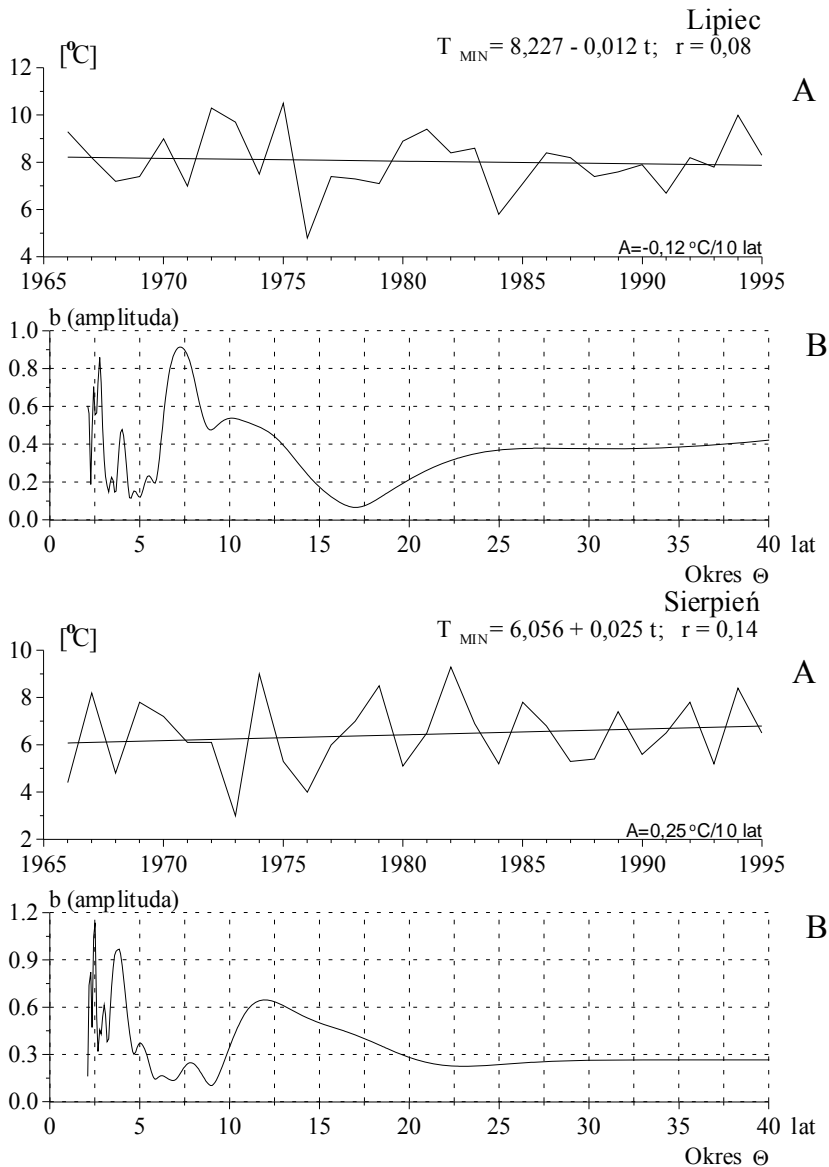
A. Tendencje zmian: maj  $A = -0,27$ ; czerwiec  $A = 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – May, June

A. The tendency of secular: May  $A = -0,27$ ; June  $A = 0,05 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 99. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – lipiec, sierpień

A. Tendencje zmian: lipiec  $A = -0,12$ ; sierpień  $A = 0,25^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

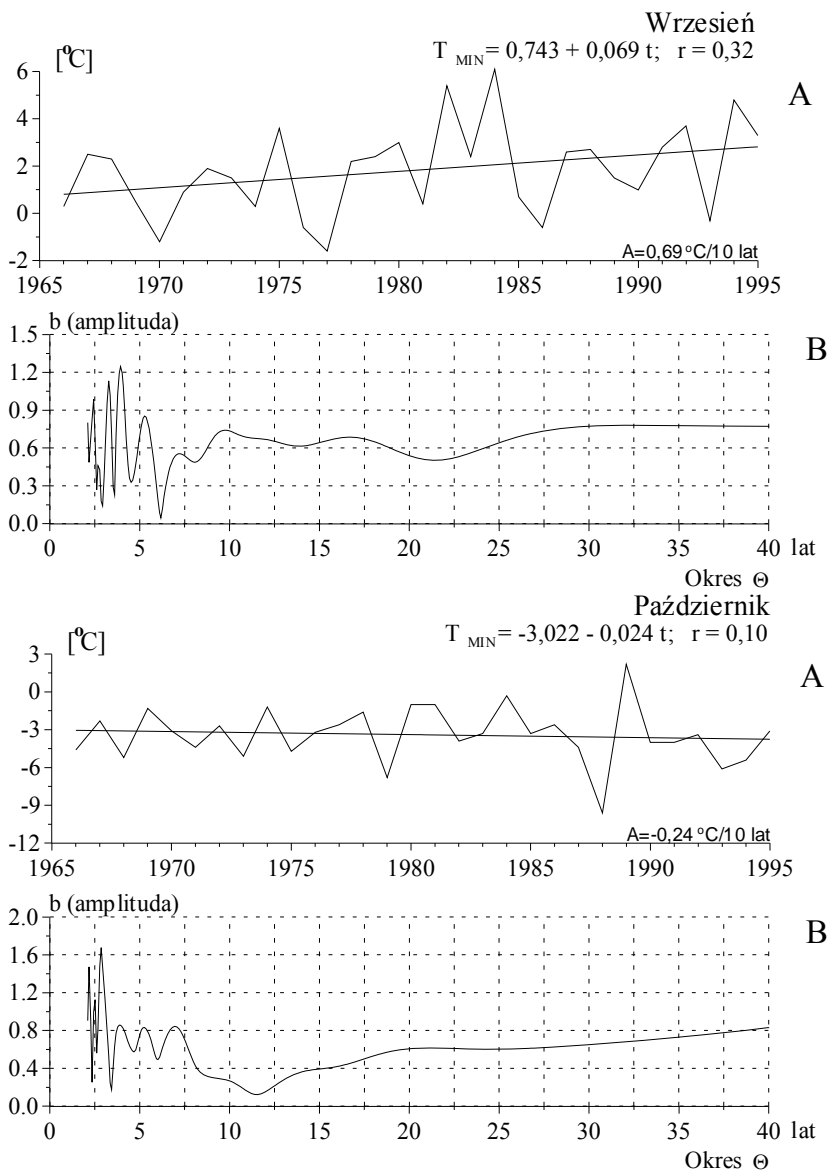
B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – July, August

A. The tendency of secular: July  $A = -0,12$ ; August  $A = 0,25^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



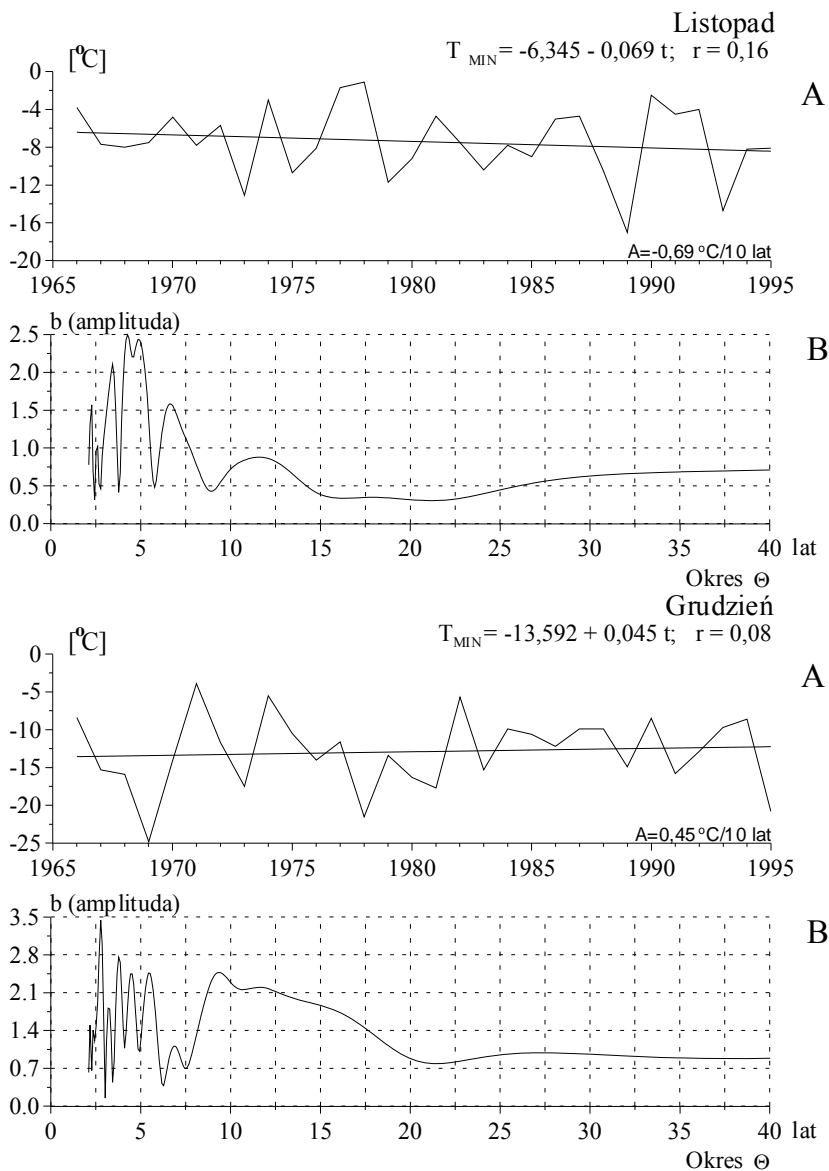


Rys. 100. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wrzesień, październik

- A. Tendencje zmian: wrzesień  $A = 0,69$ ; październik  $A = -0,24 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – September, October

- A. The tendency of secular: September  $A = 0,69$ ; October  $A = -0,24 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

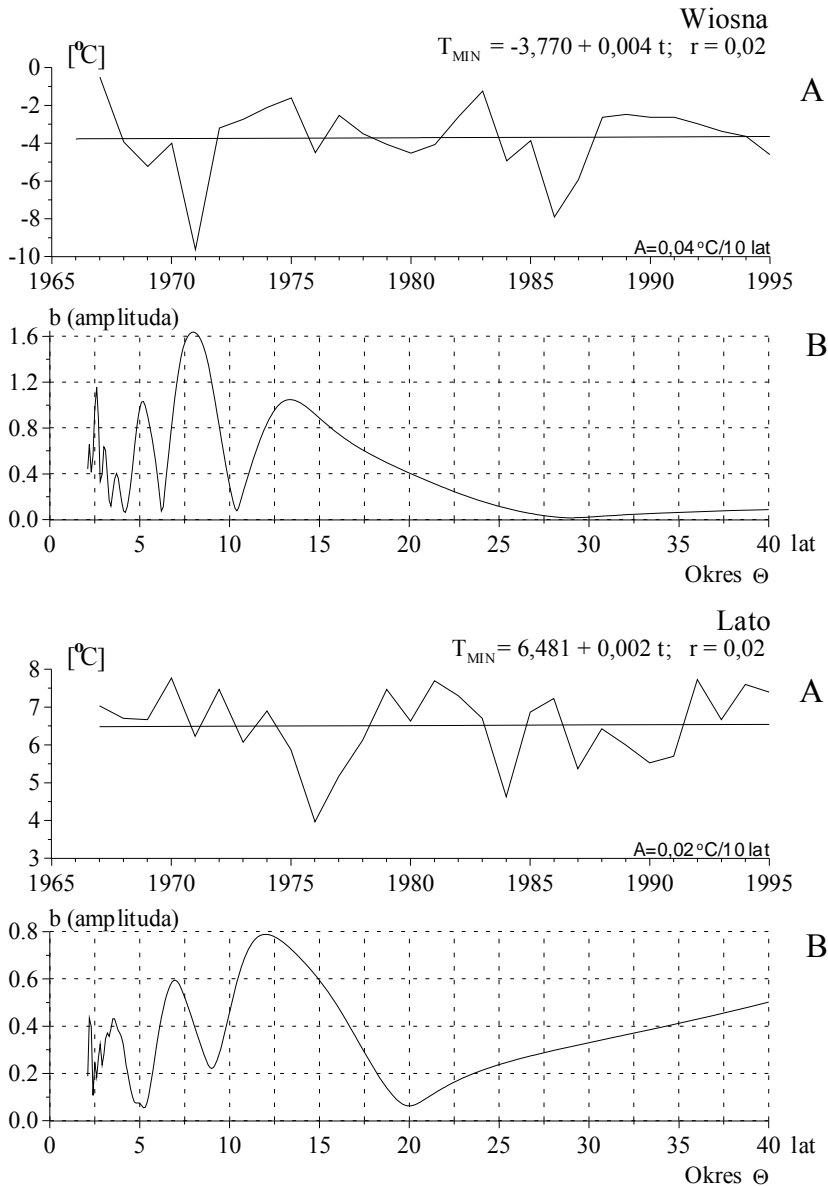


Rys. 101. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – listopad, grudzień

- A. Tendencje zmian: listopad  $A = -0,69$ ; grudzień  $A = 0,45 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – November, December

- A. The tendency of secular: November  $A = -0,69$ ; December  $A = 0,45 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 102. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wiosna, lato

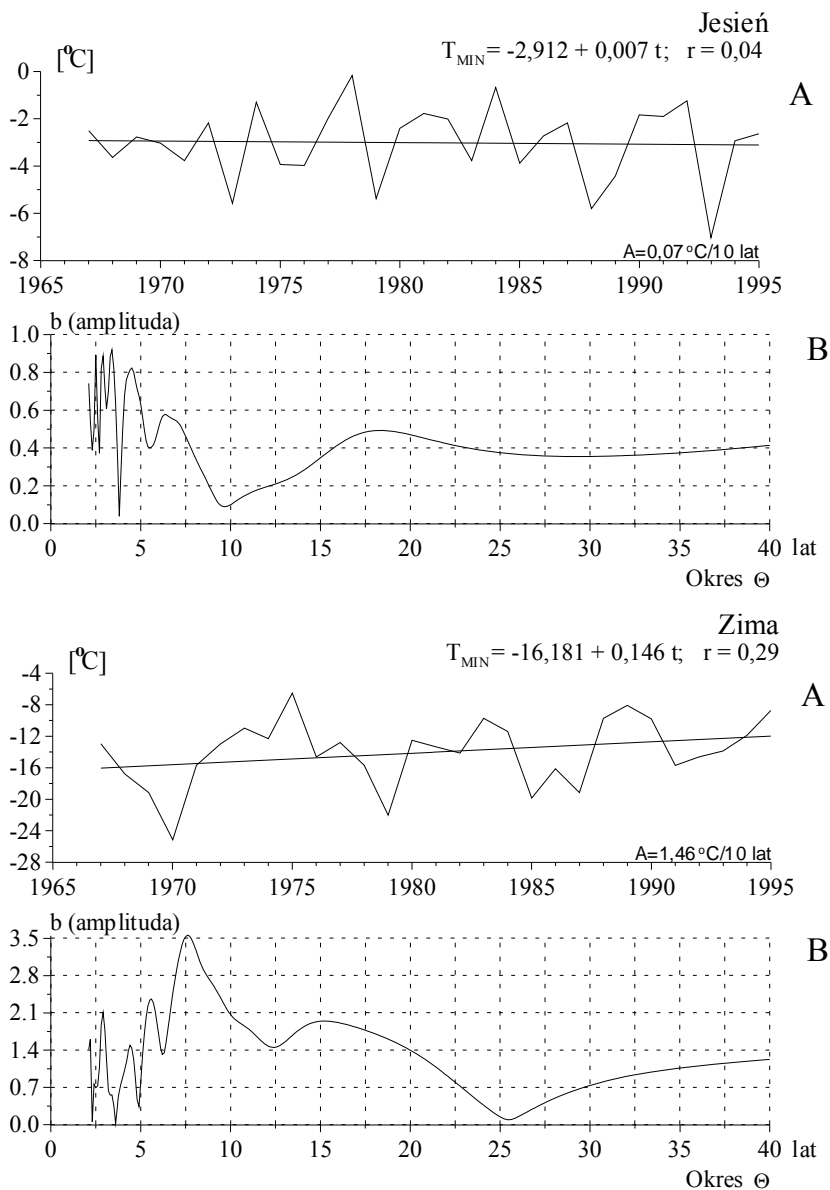
A. Tendencje zmian: wiosna  $A = 0,04$ ; lato  $A = 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – spring, summer

A. The tendency of secular: spring  $A = 0,04$ ; summer  $A = 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 103. Minima absolute temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – jesień, zima

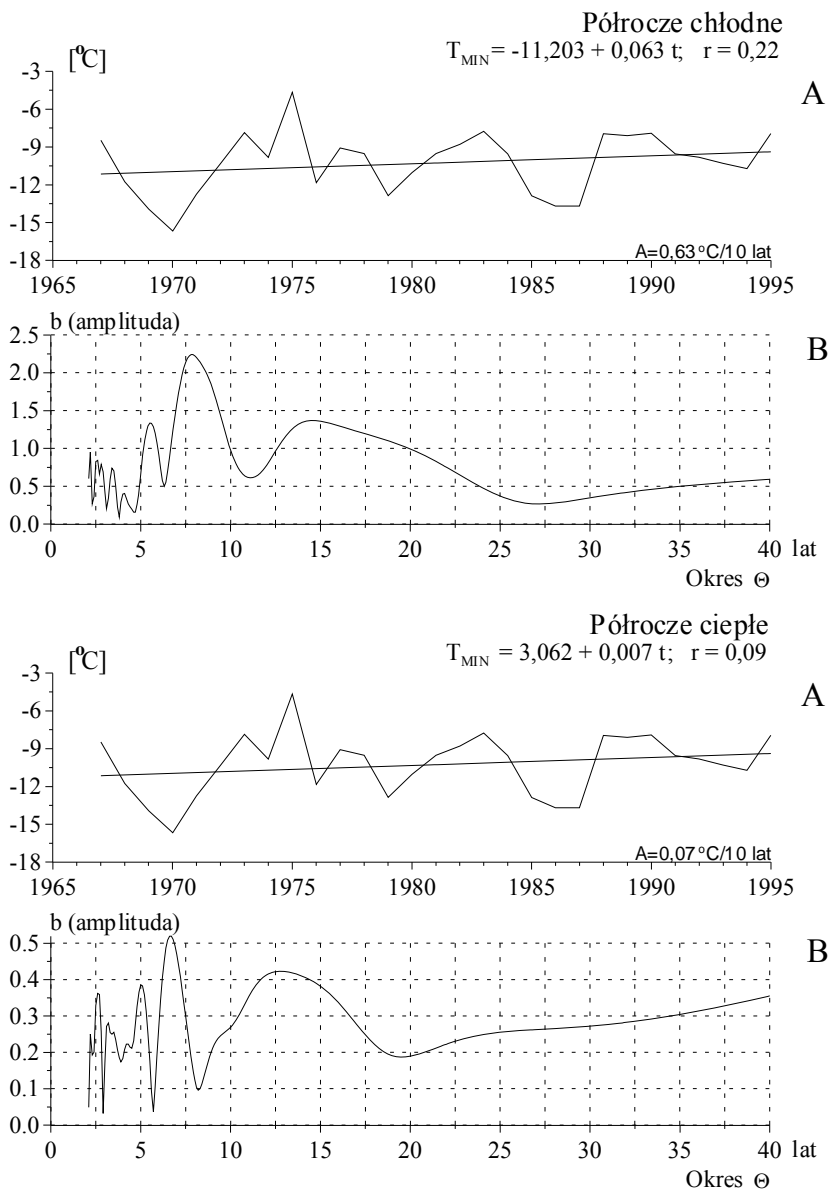
A. Tendencje zmian: jesień  $A = 0,07$ ; zima  $A = 1,46 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – autumn, winter

A. The tendency of secular: autumn  $A = 0,07$ ; winter  $A = 1,46 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years

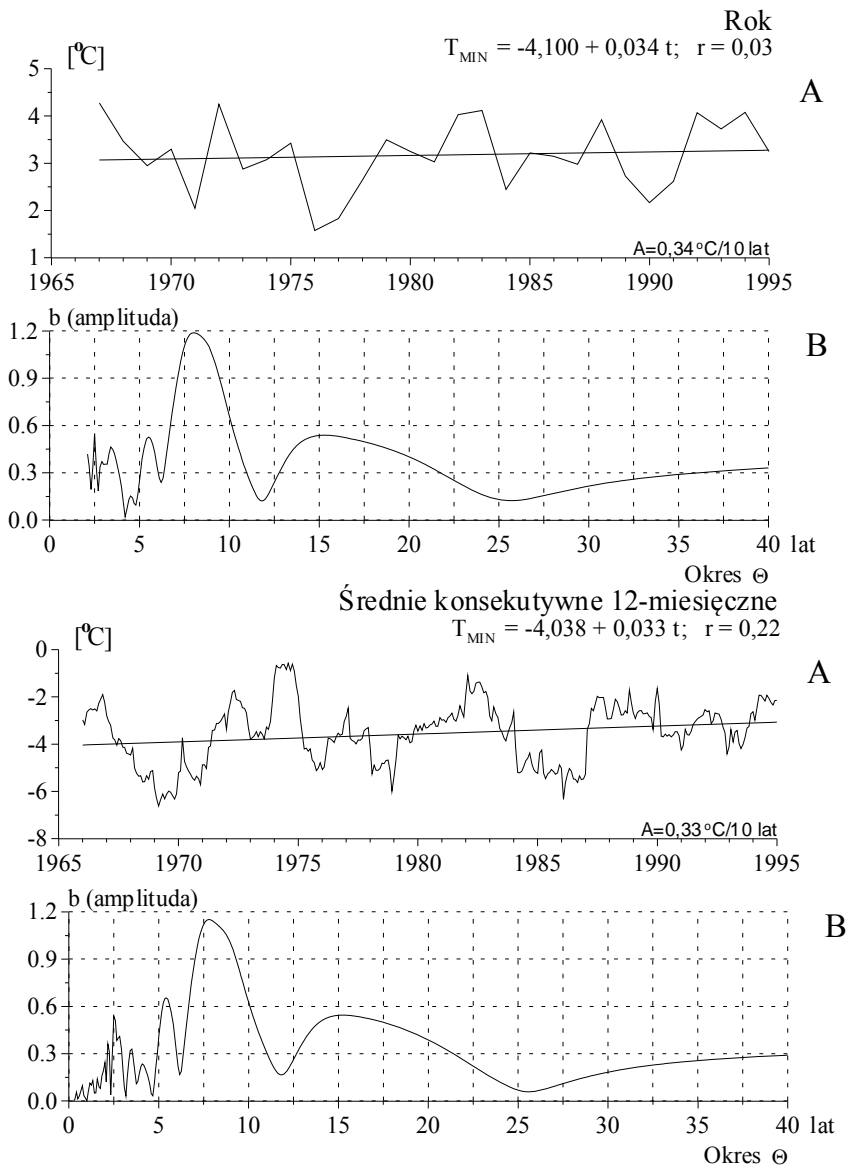


Rys. 104. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – półrocze chłodne, półrocze ciepłe

- A. Tendencje zmian: półrocze chłodne  $A = 0,63$ ; półrocze ciepłe  $A = 0,07^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$   
 B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat

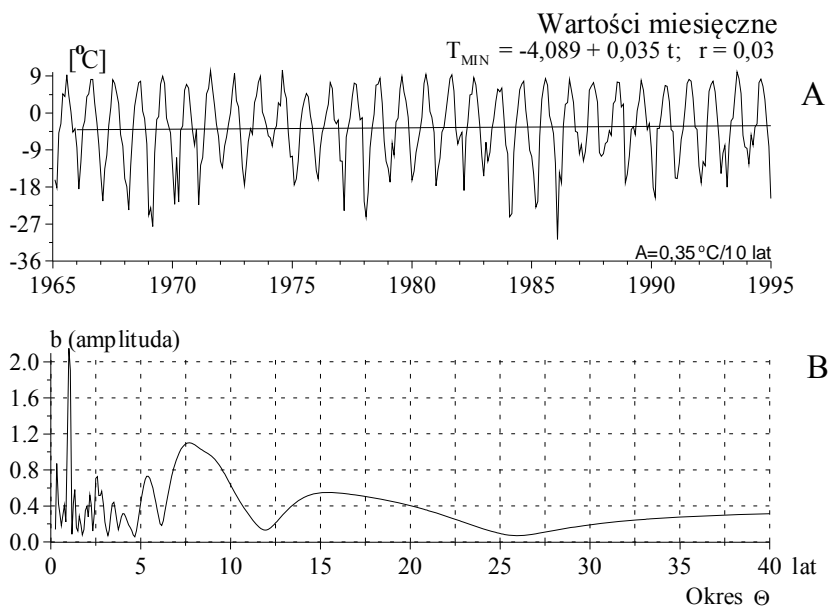
Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – cold period, warm period

- A. The tendency of secular: cold period  $A = 0,63$ ; warm period  $A = 0,07^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$   
 B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years



Rys. 105. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – rok, konsekwentne 12-miesięczne

- A. Tendencje zmian: rok  $A = 0,34$ ; konsekwentne 12-miesięczne  $A = 0,33^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$
  - B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 2,1-40 lat – rok, 0,25-40 lat – konsekwentne 12-miesięczne
- Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – year, consecutive 12 month
- A. The tendency of secular: year  $A = 0,34$ ; consecutive 12 month  $A = 0,33^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$
  - B. Dense spectra of oscillation in the strip 2,1-40 years – year, 0,25-40 years – consecutive 12 month



Rys. 106. Minima absolutne temperatury powietrza w Warszawie (1965-1995) – wartości miesięczne

A. Tendencje zmian: wartości miesięczne  $A = 0,35^{\circ}\text{C}/10 \text{ lat}$

B. Gęste widma oscylacji w paśmie: 0,25-40 lat

Absolutely minimum air temperature in Warsaw (1965-1995) – monthly values

A. The tendency of secular: monthly values  $A = 0,35^{\circ}\text{C}/10 \text{ years}$

B. Dense spectra of oscillation in the strip 0,25-40 years

Tab. 43. Równania prostych regresji temperatury powietrza ( $T$ )  
 Linear regression equations for air temperature ( $T$ )

	$T = a_0 + a t$	$T$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{obl.}$
I	$T = -5,22 + 0,16600 t$	-2,65	3,54	3,36	0,405	5,50
II	$T = -2,09 + 0,03379 t$	-1,57	3,30	3,41	0,088	0,22
III	$T = 2,09 + 0,02932 t$	2,54	2,19	2,25	0,115	0,38
IV	$T = 7,29 + 0,0295 t$	7,71	1,08	1,09	0,236	1,65
V	$T = 13,41 + 0,009522 t$	13,56	1,52	1,57	0,054	0,08
VI	$T = 16,90 - 0,02549 t$	16,50	1,17	1,19	0,188	1,03
VII	$T = 17,78 + 0,02772 t$	18,21	1,61	1,65	0,149	0,63
VIII	$T = 17,27 + 0,02352 t$	17,64	1,24	1,27	0,164	0,77
IX	$T = 13,23 - 0,005806 t$	13,14	1,37	1,41	0,037	0,04
X	$T = 8,43 - 0,01393 t$	8,21	1,40	1,44	0,086	0,21
XI	$T = 4,14 - 0,07597 t$	2,96	1,85	1,79	0,355	4,04
XII	$T = -1,25 + 0,03902 t$	-0,65	2,40	2,46	0,140	0,56
III-V	$T = 7,48 + 0,03177 t$	7,93	4,81	4,85	0,055	0,26
VI-VIII	$T = 17,23 + 0,01378 t$	17,43	1,54	1,56	0,074	0,47
IX-XI	$T = 8,60 - 0,03499 t$	8,08	4,44	4,48	0,066	0,37
XII-II	$T = -2,90 + 0,096 t$	-1,55	3,24	3,18	0,247	5,50
X-III	$T = 1,04 + 0,03429 t$	1,52	4,42	4,44	0,065	0,73
IV-IX	$T = 14,20 + 0,01712 t$	14,45	3,82	3,84	0,037	0,24
Śr.kons.	$T = 7,63 + 0,02392 t$	7,98	0,81	0,81	0,242	21,51
Śr. mies.	$T = 7,57 + 0,02639 t$	7,97	7,70	7,72	0,030	0,32



Tab. 44. Równania parabol regresji temperatury powietrza ( $T$ )  
 Parabolic regression equations for air temperature ( $T$ )

	$T = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{obl.}$
I	$T = -4,93 - 0,1112 t + 0,001768 t^2$	3,42	0,406	2,67
II	$T = 0,21 - 0,3978 t + 0,01392 t^2$	3,33	0,296	1,29
III	$T = 2,38 - 0,02533 t + 0,001763 t^2$	2,29	0,128	0,22
IV	$T = 8,26 - 0,1587 t + 0,006072 t^2$	1,02	0,443	3,29
V	$T = 13,41 + 0,009476 t + 0,00000149 t^2$	1,60	0,054	0,04
VI	$T = 17,60 - 0,1580 t + 0,004276 t^2$	1,17	0,308	1,42
VII	$T = 19,64 - 0,3208 t + 0,01124 t^2$	1,48	0,489	4,25
VIII	$T = 18,14 - 0,1387 t + 0,005234 t^2$	1,24	0,326	1,61
IX	$T = 13,66 + 0,08541 t + 0,002568 t^2$	1,43	0,131	0,24
X	$T = 9,13 - 0,1449 t + 0,004224 t^2$	1,44	0,220	0,69
XI	$T = 3,36 + 0,07044 t - 0,004723 t^2$	1,79	0,394	2,48
XII	$T = -2,52 - 0,2772 t - 0,00222 t^2$	2,45	0,256	0,94
III-V	$T = 7,78 - 0,03187 t + 0,00222 t^2$	4,88	0,062	0,16
VI-VIII	$T = 18,28 - 0,201 t + 0,007362 t^2$	1,50	0,306	4,35
IX-XI	$T = 8,69 - 0,005168 t + 0,0005627 t^2$	4,51	0,066	0,19
XII-II	$T = -2,27 - 0,04145 t + 0,004863 t^2$	3,18	0,264	3,14
X-III	$T = 1,19 - 0,04471 t + 0,002813 t^2$	4,45	0,076	0,50
IV-IX	$T = 13,93 - 0,1329 t + 0,005157 t^2$	3,84	0,092	0,74
Śr.kons.	$T = 8,16 - 0,08552 t + 0,003752 t^2$	0,77	0,373	28,01
Śr. mies.	$T = 7,99 - 0,05701 t + 0,002772 t^2$	7,73	0,038	0,26

Tab. 45. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Styczeń					
2,18	3,100	-2,106	0,289	11,537	-2,688
2,60	3,738	1,346	0,371	10,856	-2,591
2,93	2,252	0,792	0,222	11,964	-2,665
3,77	1,840	-1,884	0,183	12,165	-2,654
5,02	2,964	3,098	0,296	11,486	-2,653
8,77	4,188	1,238	0,413	10,442	-2,692
15,60	4,256	-3,014	0,432	10,235	-2,657
Luty					
2,18	1,516	-2,303	0,152	10,667	-1,588
2,60	2,834	-1,518	0,301	9,027	-1,619
3,02	3,366	0,982	0,358	9,517	-1,559
3,43	1,900	-2,259	0,202	10,473	-1,594
4,10	1,260	-2,370	0,134	10,722	-1,555
5,52	3,526	-0,410	0,379	9,352	-1,677
7,60	5,670	0,590	0,606	6,906	-1,541
19,85	3,642	-0,822	0,378	9,361	-1,881
Marzec					
2,18	1,516	-0,960	0,291	4,393	2,540
2,43	1,178	1,644	0,191	4,623	2,560
2,77	1,434	-2,208	0,227	4,550	2,534
3,02	0,958	1,990	0,156	4,682	2,548
3,77	2,176	-1,470	0,351	4,206	2,543
4,43	1,934	-2,590	0,315	4,322	2,530
5,68	3,044	-0,545	0,492	3,634	2,489
8,18	3,338	0,928	0,548	3,354	2,580
14,35	2,170	2,605	0,343	4,234	2,545
Kwiecień					
2,52	0,876	-0,216	0,286	1,078	7,716
3,10	0,756	2,107	0,244	1,104	7,724
3,60	1,092	2,035	0,356	1,025	7,728
4,43	1,080	-1,172	0,348	1,032	7,696
5,52	1,116	-0,926	0,364	1,018	7,684
8,85	1,198	0,444	0,390	0,996	7,665
26,68	1,702	2,605	0,550	0,818	7,651

Tab. 46. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Maj					
2,35	1,362	2,928	0,325	2,072	13,554
2,68	0,730	-1,442	0,167	2,251	13,558
2,93	0,988	-1,632	0,226	2,198	13,558
3,52	2,192	2,400	0,507	1,720	13,605
4,43	1,362	-0,363	0,320	2,078	13,551
5,52	1,288	0,627	0,298	2,110	13,539
7,35	0,452	-2,618	0,106	2,290	13,564
19,93	1,270	1,136	0,294	2,114	13,525
Czerwiec					
2,18	2,178	-1,263	0,670	0,756	16,484
2,68	0,442	0,623	0,134	1,347	16,497
2,93	0,492	0,335	0,150	1,340	16,495
3,35	1,152	0,540	0,346	1,207	16,503
3,93	0,588	-2,585	0,180	1,327	16,498
4,68	0,702	-2,708	0,212	1,310	16,512
6,10	0,300	-0,590	0,091	1,360	16,499
11,43	1,448	-0,072	0,430	1,118	16,432
Lipiec					
2,26	1,100	2,803	0,251	2,438	18,226
2,77	2,108	-2,012	0,454	2,065	18,195
3,18	2,048	-0,350	0,451	2,073	18,177
3,85	1,172	-2,986	0,260	2,426	18,208
4,77	1,342	-0,922	0,293	2,379	18,195
5,68	1,854	1,309	0,401	2,183	18,196
10,18	1,282	2,796	0,284	2,393	18,216
Sierpień					
2,35	0,762	-1,091	0,222	1,464	17,632
2,60	0,652	-0,572	0,186	1,486	17,628
2,93	1,378	1,169	0,386	1,310	17,633
3,43	1,608	2,558	0,462	1,210	17,648
4,18	0,816	-0,642	0,232	1,457	17,630
5,43	0,350	-2,906	0,100	1,524	17,643
9,76	1,838	2,815	0,518	1,126	17,641
36,85	1,328	2,406	0,333	1,368	17,772

Tab. 47. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,18	0,602	1,617	0,154	1,822	13,149
2,43	1,218	2,536	0,324	1,670	13,161
2,68	1,044	2,801	0,276	1,724	13,153
3,02	1,382	-2,452	0,356	1,630	13,139
4,02	1,202	-1,817	0,311	1,686	13,131
5,18	0,794	-2,238	0,205	1,787	13,133
7,10	2,646	-0,706	0,675	1,014	13,114
15,18	1,094	1,116	0,282	1,717	13,150
<b>Październik</b>					
2,18	1,288	3,008	0,338	1,729	8,206
2,43	0,258	-1,515	0,066	1,943	8,210
2,60	0,566	-2,159	0,143	1,912	8,206
2,93	1,254	-0,726	0,321	1,751	8,200
3,60	1,046	-1,176	0,264	1,816	8,202
4,68	1,306	-0,370	0,333	1,735	8,180
5,85	1,554	0,616	0,398	1,642	8,193
7,27	1,608	-0,596	0,401	1,638	8,207
10,27	1,502	0,440	0,383	1,665	8,223
18,60	2,118	1,529	0,542	1,377	8,305
<b>Listopad</b>					
2,27	1,310	2,275	0,259	3,196	2,978
2,52	2,054	-2,199	0,389	2,909	2,955
2,77	1,038	-2,287	0,195	3,296	2,954
3,10	0,442	-0,320	0,086	3,401	2,961
3,60	0,962	1,254	0,181	3,314	2,964
4,43	2,502	2,766	0,483	2,626	2,980
7,10	1,764	-2,371	0,342	3,026	3,005
10,27	1,896	-0,536	0,365	2,970	2,952
16,93	0,608	0,352	0,121	3,376	2,957
<b>Grudzień</b>					
2,18	1,050	-0,242	0,162	5,631	-0,642
2,35	1,812	0,330	0,264	5,380	-0,630
2,85	2,984	1,550	0,437	4,676	-0,596
3,27	1,758	-2,281	0,258	5,396	-0,633
3,77	3,114	-1,642	0,458	4,572	-0,653
4,43	3,396	-0,270	0,506	4,300	-0,664
5,43	2,130	0,814	0,314	5,512	-0,654
6,93	2,192	1,416	0,317	5,202	-0,664
9,18	2,200	2,332	0,317	5,201	-0,617
13,85	2,660	-2,593	0,400	4,857	-0,552

Tab. 48. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima

True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,30	0,910	-0,464	0,066	22,996	7,917
2,60	0,596	-0,014	0,043	23,054	7,930
3,10	0,484	-0,422	0,035	23,068	7,927
3,60	1,424	-0,113	0,104	22,846	7,931
4,40	0,922	0,515	0,067	22,992	7,910
5,60	1,442	1,478	0,108	22,830	7,906
8,60	1,250	2,326	0,090	22,908	7,942
32,90	0,918	3,028	0,069	22,986	7,960
Lato					
2,50	0,466	-0,168	0,105	2,374	17,425
2,80	0,868	1,578	0,195	2,309	17,428
3,30	1,250	-2,820	0,290	2,199	17,435
3,90	0,834	-0,349	0,191	2,313	17,414
4,80	0,536	0,542	0,123	2,364	17,431
5,60	0,418	2,628	0,094	2,379	17,433
6,60	0,458	-0,510	0,104	2,374	17,420
11,40	0,970	-0,680	0,218	2,287	17,379
Jesień					
2,50	1,100	0,161	0,089	19,548	8,081
2,80	0,804	0,556	0,064	19,624	8,077
3,10	0,354	1,415	0,028	19,689	8,087
3,40	0,636	-0,020	0,051	19,654	8,076
4,00	0,882	0,993	0,070	19,607	8,075
4,70	0,716	-0,118	0,057	19,640	8,078
5,60	0,182	0,324	0,015	19,700	8,083
7,30	1,460	0,137	0,117	19,436	8,088
10,80	0,990	0,880	0,081	19,575	8,090
17,90	1,180	1,818	0,093	19,534	8,159
Zima					
2,20	1,492	-2,724	0,155	10,249	-1,554
2,40	1,104	-2,707	0,119	10,352	-1,554
3,00	2,282	-1,394	0,253	9,829	-1,545
3,80	0,792	0,525	0,085	10,424	-1,568
4,40	1,436	1,294	0,157	10,241	-1,572
5,60	2,686	2,067	0,295	9,588	-1,590
7,80	3,444	2,180	0,372	9,050	-1,456
15,80	3,062	-1,896	0,339	9,293	-1,622

Tab. 49. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe  
 True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; cold period, warm period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,20	1,038	-2,405	0,080	19,436	1,520
2,50	0,612	-0,543	0,050	19,512	1,518
3,00	1,096	-1,480	0,089	19,407	1,526
3,80	0,772	0,993	0,062	19,486	1,507
4,50	0,516	0,993	0,041	19,527	1,506
5,60	1,778	1,808	0,144	19,155	1,490
7,90	2,318	2,086	0,186	19,886	1,575
14,20	1,578	-2,727	0,125	19,254	1,525
Półrocze ciepłe					
2,50	0,238	-0,787	0,022	14,589	14,448
2,80	0,424	1,307	0,039	14,574	14,447
3,40	1,058	-1,967	0,098	14,456	14,456
4,00	0,630	0,050	0,058	14,546	14,443
6,80	0,688	-0,268	0,063	14,538	14,440
8,90	0,640	2,159	0,058	14,548	14,448
12,00	0,722	-0,324	0,066	14,532	14,418
39,10	1,234	0,727	0,093	14,470	14,632

Tab. 50. Cykle temperatury powietrza ( $T$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; miesięczne wartości, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles air temperature ( $T$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12-month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	0,530	1,364	0,024	59,308	7,969
0,58	0,632	2,135	0,029	59,293	7,970
1,00	20,986	-2,119	0,963	4,286	7,969
1,33	0,914	-0,576	0,042	59,239	7,962
1,50	0,546	-0,454	0,025	59,306	7,969
1,67	0,358	0,097	0,016	59,327	7,969
1,83	0,656	0,338	0,030	59,289	7,963
2,17	0,782	-0,190	0,036	59,266	7,966
2,50	0,446	-2,856	0,020	59,319	7,969
2,83	0,672	0,029	0,030	59,287	7,960
3,08	0,766	-2,098	0,035	59,269	7,966
3,58	0,554	-1,594	0,025	59,305	7,972
3,92	0,644	-0,915	0,029	59,292	7,958
4,50	0,464	-0,417	0,021	59,317	7,959
5,50	1,116	0,328	0,051	59,187	7,937
7,50	1,124	0,418	0,057	59,148	7,969
19,50	0,724	-0,493	0,032	59,284	7,899
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,41	0,042	2,454	0,018	0,681	7,977
0,58	0,050	-2,894	0,022	0,691	7,977
0,75	0,076	2,583	0,032	0,690	7,978
1,25	0,088	-0,190	0,038	0,690	7,977
1,50	0,234	1,560	0,099	0,684	7,977
1,67	0,198	1,938	0,084	0,686	7,978
1,92	0,294	-2,250	0,126	0,680	7,979
2,17	0,548	1,379	0,233	0,654	7,976
2,50	0,330	-1,782	0,142	0,677	7,976
3,00	0,622	-2,344	0,267	0,641	7,978
3,75	0,500	-0,554	0,211	0,660	7,971
4,42	0,376	0,310	0,160	0,673	7,970
5,58	1,022	1,231	0,440	0,558	7,960
7,92	1,284	1,454	0,552	0,480	7,999

Tab. 51. Równania prostych regresji temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ )  
 Linear regression equations for air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ )

	$T_{\max} = a_0 + a t$	$T$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{\text{obl}}$
I	$T_{\max} = -2,43 + 0,1569 t$	0,01	3,17	2,97	0,428	0,63
II	$T_{\max} = 8,79 + 0,04113 t$	1,51	3,16	3,25	0,113	0,36
III	$T_{\max} = 6,11 + 0,03379 t$	6,64	2,65	2,73	0,110	0,34
IV	$T_{\max} = 12,25 + 0,03606 t$	12,81	1,38	1,40	0,225	1,50
V	$T_{\max} = 18,70 + 0,092396 t$	19,07	1,72	1,77	0,121	0,41
VI	$T_{\max} = 22,35 - 0,0275 t$	21,93	1,48	1,51	0,161	0,74
VII	$T_{\max} = 23,05 + 0,04296 t$	23,72	1,99	2,02	0,187	1,02
VIII	$T_{\max} = 22,75 + 0,03488 t$	18,16	1,73	1,76	0,174	0,88
IX	$T_{\max} = 18,68 - 0,03328 t$	12,49	1,89	1,19	0,153	0,67
X	$T_{\max} = 12,52 - 0,0021 t$	5,64	1,66	1,71	0,111	0,34
XI	$T_{\max} = 6,74 - 0,0707 t$	1,67	1,85	1,81	0,331	3,44
XII	$T_{\max} = 1,10 + 0,03675 t$	12,82	2,20	2,26	0,144	0,59
III-V	$T_{\max} = 12,20 + 0,04321 t$	22,95	5,45	5,51	0,066	0,38
VI-VIII	$T_{\max} = 22,60 + 0,02424 t$	12,07	1,93	1,94	0,105	0,95
IX-XI	$T_{\max} = 12,65 - 0,03869 t$	1,12	5,42	5,47	0,060	0,30
XII-II	$T_{\max} = -0,22 + 0,09501 t$	4,69	2,97	2,90	0,268	6,55
X-III	$T_{\max} = 4,18 + 0,03642 t$	19,81	4,87	4,89	0,062	0,68
IV-IX	$T_{\max} = 19,48 + 0,02258 t$	18,03	4,13	4,15	0,046	0,36
Śr.kons.	$T_{\max} = 11,85 + 0,02729 t$	12,25	0,92	0,89	0,250	23,03
Śr. mies.	$T_{\max} = 11,81 + 0,02909 t$	12,24	8,84	8,86	0,028	0,29



Tab. 52. Równania parabol regresji temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ )  
 Parabolic regression equations for air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ )

	$T_{\max} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{\text{obl.}}$
I	$T_{\max} = -1,91 + 0,05989 t + 0,00313 t^2$	3,01	0,433	3,12
II	$T_{\max} = 3,26 - 0,4046 t + 0,01438 t^2$	3,15	0,325	1,59
III	$T_{\max} = 6,31 - 0,00363 t + 0,001207 t^2$	2,78	0,114	0,18
IV	$T_{\max} = 13,12 - 0,1265 t + 0,005244 t^2$	1,37	0,339	1,76
V	$T_{\max} = 18,82 + 0,001654 t + 0,0007195 t^2$	1,80	0,124	0,21
VI	$T_{\max} = 23,27 - 0,1992 t + 0,005539 t^2$	1,49	0,297	1,31
VII	$T_{\max} = 25,45 - 0,4067 t + 0,0145 t^2$	1,78	0,523	5,08
VIII	$T_{\max} = 24,04 - 0,2076 t + 0,007822 t^2$	1,71	0,349	1,87
IX	$T_{\max} = 19,07 - 0,1078 t + 0,002404 t^2$	1,96	0,175	0,42
X	$T_{\max} = 13,52 - 0,1883 t + 0,006005 t^2$	1,69	0,243	0,85
XI	$T_{\max} = 5,96 + 0,07547 t - 0,004715 t^2$	1,81	0,372	2,17
XII	$T_{\max} = -0,13 + 0,268 t - 0,00746 t^2$	2,24	0,269	1,05
III-V	$T_{\max} = 12,41 - 0,0006333 t + 0,001529 t^2$	5,54	0,068	0,20
VI-VIII	$T_{\max} = 24,00 - 0,2611 t + 0,009783 t^2$	1,85	0,334	5,27
IX-XI	$T_{\max} = 12,81 - 0,07163 t + 0,00111 t^2$	5,51	0,061	0,16
XII-II	$T_{\max} = 0,44 - 0,04925 t + 0,005122 t^2$	2,90	0,288	3,81
X-III	$T_{\max} = 4,58 - 0,05106 t + 0,003115 t^2$	4,90	0,074	0,47
IV-IX	$T_{\max} = 20,33 - 0,1521 t + 0,006008 t^2$	4,15	0,102	0,90
Śr.kons.	$T_{\max} = 12,48 - 0,1026 t + 0,004453 t^2$	0,85	0,394	31,89
Śr. mies.	$T_{\max} = 12,35 - 0,07876 t + 0,003585 t^2$	0,89	0,394	0,29

Tab. 53. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Styczeń					
2,18	2,414	-2,195	0,251	9,429	-0,023
2,60	3,294	1,396	0,365	8,720	0,060
2,93	1,754	0,839	0,194	9,686	-0,004
3,77	1,818	-2,039	0,202	9,652	0,002
4,93	2,648	2,707	0,294	9,196	0,015
8,77	3,896	1,213	0,430	8,206	-0,037
15,68	4,000	-2,984	0,456	7,974	0,001
Luty					
2,18	1,062	-1,829	0,113	9,852	1,504
2,60	3,146	-1,460	0,350	8,758	1,461
3,02	2,962	0,962	0,330	8,894	1,526
3,52	1,352	-1,701	0,151	9,750	1,495
4,10	0,606	-1,867	0,067	9,934	1,518
4,52	0,902	-0,918	0,100	9,880	1,496
5,60	3,272	-0,174	0,370	8,609	1,424
7,60	5,526	0,549	0,618	6,162	1,544
19,35	3,634	-0,955	0,394	8,432	1,219
Marzec					
2,18	2,054	-1,124	0,283	6,468	6,625
2,43	1,614	1,727	0,217	6,702	6,656
2,77	1,676	-2,250	0,219	6,694	6,622
2,93	1,542	0,522	0,206	6,734	6,622
3,68	2,370	-2,010	0,315	6,339	6,652
4,52	2,492	-2,185	0,334	6,246	6,607
5,68	3,290	-0,576	0,439	5,675	6,576
8,27	4,180	1,058	0,566	4,783	6,683
14,77	2,782	3,000	0,398	6,079	6,640
Kwiecień					
2,52	1,710	-0,375	0,439	1,548	12,814
2,93	1,016	0,854	0,257	1,791	12,804
3,60	1,258	1,898	0,320	1,720	12,825
4,35	1,188	-1,863	0,301	1,744	12,800
5,52	1,214	-1,011	0,310	1,733	12,780
8,85	1,504	0,736	0,383	1,635	12,760
25,68	2,034	1,954	0,502	1,434	12,738

Tab. 54. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Maj					
2,43	1,524	-1,760	0,309	2,677	19,058
2,68	0,926	-1,179	0,189	2,854	19,065
2,93	0,960	-1,512	0,194	2,848	19,067
3,52	2,582	2,256	0,528	2,134	19,125
4,43	1,478	-0,383	0,307	2,681	19,060
5,60	1,520	1,084	0,309	2,677	19,054
7,27	0,452	-3,009	0,094	2,934	19,076
23,60	1,514	1,888	0,293	2,706	19,032
Czerwiec					
2,18	2,558	-1,222	0,624	1,340	21,909
2,68	0,610	0,724	0,145	2,152	21,923
2,85	0,660	-1,625	0,154	2,143	21,916
3,35	1,700	0,308	0,404	1,838	21,931
4,68	1,010	-2,440	0,240	2,071	21,939
6,10	0,544	0,340	0,130	2,160	21,929
11,43	1,744	0,008	0,411	1,826	21,949
Lipiec					
2,27	1,450	2,670	0,269	3,662	23,733
2,52	0,444	-2,367	0,078	3,924	23,715
2,77	2,370	-2,043	0,414	3,270	23,696
3,18	2,500	-0,399	0,447	3,159	23,971
3,85	1,354	-3,020	0,244	3,713	23,711
4,77	1,662	-0,985	0,294	3,607	23,693
5,68	2,360	1,323	0,414	3,271	23,695
9,93	1,714	2,282	0,304	3,582	23,714
Sierpień					
2,35	1,376	-1,428	0,280	2,763	23,275
2,68	1,138	0,978	0,229	2,841	23,282
3,02	1,788	2,342	0,367	2,594	23,286
3,43	1,996	2,479	0,411	2,493	23,303
4,18	1,402	-0,871	0,283	2,758	23,279
9,43	2,634	2,242	0,525	2,172	23,287
36,77	1,978	2,395	0,356	2,618	23,486

Tab. 55. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,18	0,926	1,700	0,173	3,457	18,168
2,43	1,638	2,511	0,315	3,211	18,184
2,68	1,300	2,919	0,249	3,343	18,173
3,10	1,922	-1,505	0,354	3,118	18,128
4,02	1,400	-1,810	0,262	3,320	18,146
7,27	3,760	-0,564	0,695	1,843	18,144
13,93	0,878	0,813	0,169	3,462	18,130
<b>Październik</b>					
2,18	1,788	-2,832	0,375	2,353	12,472
2,43	0,588	-1,872	0,124	2,696	12,486
2,60	0,882	-2,239	0,189	2,640	12,480
2,93	1,094	-0,981	0,234	2,588	12,480
3,43	0,924	-1,273	0,195	2,634	12,477
4,02	1,124	-0,504	0,240	2,580	12,464
4,68	1,384	-0,637	0,298	2,495	12,456
5,77	2,074	0,312	0,450	2,183	12,451
7,27	1,616	-0,415	0,342	2,419	12,480
10,18	1,934	0,158	0,417	2,262	12,495
20,18	2,682	1,691	0,593	1,184	12,557
<b>Listopad</b>					
2,27	1,062	2,457	0,212	3,268	5,652
2,43	2,120	2,411	0,416	2,830	5,672
2,77	1,254	-2,346	0,235	3,232	5,629
3,02	0,486	-2,112	0,093	3,392	5,638
3,52	0,976	0,159	0,187	3,302	5,632
4,43	2,604	2,683	0,502	2,558	5,661
7,10	1,784	-2,242	0,345	3,015	5,680
10,18	1,536	-0,515	0,296	3,122	5,635
17,02	0,948	0,591	0,190	3,298	5,642
<b>Grudzień</b>					
2,18	1,232	0,093	0,200	4,659	1,683
2,35	1,490	0,380	0,236	4,583	1,688
2,85	2,610	1,432	0,418	4,004	1,715
3,27	1,384	-2,140	0,221	4,616	1,682
3,77	3,084	-1,723	0,494	3,666	1,667
4,43	3,034	-0,302	0,494	3,670	1,657
5,43	1,806	0,583	0,290	4,443	1,655
6,93	2,182	1,444	0,344	4,278	1,658
9,27	1,988	2,399	0,312	4,379	1,696
13,77	2,326	-2,629	0,382	4,143	1,762

Tab. 56. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,20	1,004	-2,354	0,066	29,620	12,829
3,00	0,768	-1,647	0,051	29,673	12,820
3,60	1,606	-0,232	0,104	29,429	12,824
4,30	1,192	-0,193	0,076	29,577	12,801
5,60	1,472	1,463	0,097	29,471	12,797
8,60	1,688	2,437	0,108	29,403	12,847
15,90	0,802	-1,283	0,050	29,675	12,786
38,40	1,056	-2,763	0,072	29,594	12,885
Lato					
3,30	1,558	-2,991	0,289	3,414	22,960
3,90	1,122	-0,287	0,206	3,567	22,928
4,90	0,748	0,836	0,137	3,645	22,956
5,60	0,684	2,485	0,123	3,668	22,953
11,00	1,084	-1,186	0,197	3,581	22,907
Jesień					
2,50	1,236	0,205	0,082	29,188	12,067
2,70	0,866	-0,512	0,057	29,290	12,065
3,10	0,744	1,008	0,048	29,318	12,067
3,40	0,556	0,374	0,036	29,347	12,066
4,00	1,164	0,982	0,076	29,216	12,056
4,60	0,798	-0,895	0,052	29,307	12,062
5,60	0,212	0,380	0,014	29,380	12,068
7,30	0,900	0,233	0,124	28,931	12,074
10,80	1,100	0,821	0,074	29,225	12,073
18,10	1,406	1,759	0,091	29,140	12,149
Zima					
2,40	1,032	-2,734	0,122	8,698	1,120
3,00	2,032	-1,438	0,246	8,296	1,129
3,80	1,014	0,543	0,119	8,703	1,101
4,50	1,288	1,782	0,153	8,622	1,104
5,60	2,322	2,003	0,278	8,144	1,087
7,80	3,214	2,169	0,378	7,564	1,211
15,70	3,012	-1,946	0,364	7,660	1,059

Tab. 57. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,20	0,908	-2,334	0,063	23,619	4,695
2,40	0,574	-1,875	0,041	23,674	4,695
3,10	1,140	-0,567	0,082	23,554	4,702
3,90	0,926	1,307	0,068	23,606	4,674
4,60	0,456	0,992	0,034	23,688	4,684
5,60	1,766	1,685	0,130	23,313	4,664
7,90	2,082	2,082	0,173	23,003	4,751
14,00	1,588	-2,805	0,114	23,407	4,704
Półrocze ciepłe					
2,30	0,530	0,191	0,045	17,033	19,802
2,70	0,454	-0,701	0,038	17,043	19,803
3,40	1,356	-2,109	0,116	16,836	19,819
4,00	0,796	-0,020	0,068	16,988	19,799
7,10	0,960	0,039	0,082	16,954	19,805
8,60	1,010	1,862	0,085	16,944	19,805
34,00	1,322	2,456	0,105	16,880	19,909

Tab. 58. Cykle temperatury powietrza (średniej maksymalnej –  $T_{\max}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; miesięczne wartości, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles air temperature (maximum mean –  $T_{\max}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	0,738	0,976	0,030	77,980	12,224
0,50	0,800	-2,134	0,032	77,968	12,224
1,00	24,196	-2,077	0,968	4,864	12,224
1,33	1,096	-0,489	0,044	77,898	12,237
1,50	0,596	-0,376	0,024	78,004	12,244
1,67	0,414	0,065	0,017	78,027	12,244
1,83	0,910	0,210	0,036	77,944	12,236
2,16	0,760	-0,247	0,030	77,976	12,242
2,33	0,456	-1,324	0,018	78,023	12,242
3,08	0,888	-2,054	0,036	77,949	12,241
3,92	0,758	-0,915	0,030	77,978	12,231
4,50	0,424	-0,530	0,017	78,027	12,236
5,50	1,138	0,302	0,046	77,886	12,212
7,58	1,410	0,475	0,057	77,798	12,247
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,042	2,710	0,017	0,843	12,246
0,58	0,054	-2,779	0,021	0,843	12,246
0,83	0,060	-2,855	0,023	0,843	12,246
1,25	0,080	0,322	0,031	0,843	12,245
1,50	0,256	1,568	0,099	0,835	12,245
1,67	0,220	1,818	0,085	0,838	12,246
1,92	0,378	-2,449	0,146	0,825	12,248
2,17	0,520	1,323	0,200	0,810	12,244
2,42	0,252	2,771	0,098	0,836	12,246
3,00	0,698	-2,317	0,271	0,782	12,246
3,75	0,606	-0,745	0,231	0,798	12,237
4,42	0,310	0,245	0,119	0,832	12,240
5,58	1,018	1,201	0,396	0,711	12,228
7,92	1,442	1,352	0,563	0,576	12,264

Tab. 59. Równania prostych regresji temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ )  
 Linear regression equations for air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ )

	$T_{\min} = a_0 + a t$	$T$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{\text{obl}}$
I	$T_{\min} = -8,28 + 0,1897 t$	-5,34	4,02	3,80	0,41	5,60
II	$T_{\min} = -4,36 + 0,028801 t$	-4,42	3,69	3,81	0,066	0,12
III	$T_{\min} = -1,46 + 0,02979 t$	-1,00	2,00	2,05	0,129	0,47
IV	$T_{\min} = 2,62 + 0,02652 t$	0,30	1,07	1,07	0,215	1,36
V	$T_{\min} = 8,28 - 0,0121 t$	8,09	1,33	1,37	0,079	0,17
VI	$T_{\min} = 11,42 - 0,01406 t$	11,21	9,36	9,61	0,130	0,48
VII	$T_{\min} = 12,81 + 0,001557 t$	12,83	1,12	1,16	0,012	0,004
VIII	$T_{\min} = 12,09 + 0,008943 t$	8,71	0,96	0,99	0,081	0,18
IX	$T_{\min} = 8,44 + 0,01769 t$	4,47	1,10	1,12	0,140	0,56
X	$T_{\min} = 4,79 - 0,02047 t$	0,47	1,46	1,50	0,121	0,42
XI	$T_{\min} = 1,80 - 0,0859 t$	3,07	2,00	1,92	0,372	4,50
XII	$T_{\min} = -3,71 + 0,04147 t$	3,36	2,67	2,72	0,135	0,52
III-V	$T_{\min} = 3,01 + 0,02406 t$	12,07	4,04	4,08	0,050	2,12
VI-VIII	$T_{\min} = 12,03 + 0,003096 t$	4,52	1,21	1,22	0,021	0,04
IX-XI	$T_{\min} = 4,97 - 0,02999 t$	-4,20	3,72	3,75	0,067	0,39
XII-II	$T_{\min} = -5,66 + 0,1036 t$	-1,44	3,65	3,58	0,234	5,10
X-III	$T_{\min} = -1,96 + 0,03765 t$	9,34	4,31	4,32	0,073	0,92
IV-IX	$T_{\min} = 9,18 + 0,01145 t$	7,60	3,49	3,51	0,027	0,13
Śr.kons.	$T_{\min} = 3,62 + 0,002256 t$	3,95	0,78	0,76	0,243	21,80
Śr. mies.	$T_{\min} = 3,57 + 0,02451 t$	3,94	6,69	6,71	0,031	0,36



Tab. 60. Równania parabol regresji temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ )  
 Parabolic regression equations for air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ )

	$T_{\min} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{\text{obl.}}$
I	$T_{\min} = -8,16 + 0,1671 t + 0,000726 t^2$	3,87	0,408	2,70
II	$T_{\min} = -2,46 - 0,422 t + 0,01452 t^2$	3,74	0,271	1,07
III	$T_{\min} = -1,05 - 0,04603 t + 0,002446 t^2$	2,08	0,153	0,32
IV	$T_{\min} = 3,72 - 0,1789 t + 0,006627 t^2$	0,99	0,468	3,80
V	$T_{\min} = 8,04 + 0,03257 t - 0,001441 t^2$	1,39	0,107	0,16
VI	$T_{\min} = 11,76 - 0,07762 \cdot t + 0,002050 t^2$	0,97	0,196	0,54
VII	$T_{\min} = 13,75 - 0,1743 t + 0,005672 t^2$	1,12	0,338	1,74
VIII	$T_{\min} = 12,35 - 0,03829 t + 0,001524 t^2$	1,00	0,133	0,24
IX	$T_{\min} = 8,88 - 0,06577 t + 0,002692 t^2$	1,13	0,216	0,66
X	$T_{\min} = 5,24 - 0,1046 t + 0,002714 t^2$	1,52	0,174	0,42
XI	$T_{\min} = 0,93 + 0,0768 t - 0,005248 t^2$	1,92	0,412	2,75
XII	$T_{\min} = -5,14 + 0,3096 t - 0,00865 t^2$	2,70	0,257	0,95
III-V	$T_{\min} = 3,27 - 0,03057 t + 0,001905 t^2$	4,10	0,058	0,14
VI-VIII	$T_{\min} = 12,45 - 8,325 t + 0,00296 t^2$	1,21	0,155	1,03
IX-XI	$T_{\min} = 4,88 - 0,011291 t - 0,0005754 t^2$	3,78	0,068	0,20
XII-II	$T_{\min} = -5,08 - 0,02242 t + 0,004475 t^2$	3,59	0,250	2,80
X-III	$T_{\min} = -1,68 - 0,02581 t + 0,00226 t^2$	4,33	0,080	0,55
IV-IX	$T_{\min} = 9,59 - 0,07325 t + 0,002912 t^2$	3,51	0,059	0,30
Śr.kons.	$T_{\min} = 3,95 - 0,04615 t + 0,2356 t^2$	0,74	0,31	18,25
Śr. mies.	$T_{\min} = 3,80 - 0,02124 t + 0,001521 t^2$	6,72	0,035	0,22

Tab. 61. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Styczeń</b>					
2,18	3,316	-2,097	0,297	14,738	-5,387
2,60	4,198	1,390	0,367	13,986	-5,276
3,77	1,986	-1,734	0,174	15,676	-5,348
5,18	3,420	-2,187	0,300	14,718	-5,392
8,85	5,026	1,370	0,435	13,107	-5,386
15,60	4,698	-3,010	0,421	13,302	-5,352
<b>Luty</b>					
2,18	2,162	-2,531	0,196	13,078	-4,448
2,60	2,904	-1,507	0,276	12,563	-4,474
3,10	3,992	1,856	0,377	11,671	-4,359
4,10	1,956	-2,527	0,187	13,126	-4,396
5,43	3,860	-0,577	0,368	11,764	-4,540
7,68	6,178	0,763	0,591	8,856	-4,365
20,35	3,814	-0,680	0,355	11,888	-4,762
<b>Marzec</b>					
2,18	1,472	-0,951	0,273	3,693	-1,002
2,68	1,526	-3,002	0,275	3,690	-0,982
3,07	0,754	2,840	0,134	3,919	-0,998
3,85	2,168	-0,959	0,383	3,404	-1,018
4,52	1,536	-1,931	0,272	3,696	-1,022
5,77	2,946	-0,262	0,523	2,897	-1,041
8,18	2,814	0,830	0,508	2,962	-0,979
14,43	2,062	2,178	0,361	3,470	-1,015
<b>Kwiecień</b>					
2,35	0,574	0,386	0,188	1,095	3,039
2,68	0,798	2,430	0,267	1,054	3,040
3,27	0,878	-1,682	0,287	1,042	3,035
3,77	1,126	-2,658	0,373	0,978	3,031
4,52	0,958	-0,641	0,315	1,023	3,014
5,68	1,140	-0,044	0,384	0,968	3,006
9,02	0,996	0,488	0,335	1,008	3,993
13,10	0,624	-0,998	0,200	1,090	3,028
28,43	1,562	1,968	0,521	0,828	3,002

Tab. 62. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Maj					
2,35	1,002	2,647	0,276	1,635	8,092
2,60	0,710	2,954	0,190	1,706	8,098
2,93	0,782	-1,530	0,204	1,696	8,091
3,60	1,506	-2,780	0,401	1,485	8,115
4,43	0,998	0,038	0,270	1,641	8,094
5,35	1,254	-0,072	0,334	1,573	8,070
14,27	1,660	-0,664	0,431	1,441	8,098
Czerwiec					
2,18	1,418	-1,402	0,536	0,624	11,194
2,52	0,470	2,412	0,180	0,848	11,206
2,77	0,322	2,822	0,124	0,863	11,206
3,02	0,602	1,872	0,229	0,831	11,207
3,43	0,690	2,795	0,265	0,815	11,209
4,02	0,720	-2,495	0,271	0,812	11,211
4,77	0,402	-2,027	0,150	0,857	11,210
8,85	0,842	-2,439	0,317	0,788	11,235
13,27	1,018	0,076	0,391	0,743	11,159
Lipiec					
2,43	0,736	1,227	0,227	1,198	12,838
2,77	1,590	-1,972	0,492	0,958	12,820
3,18	1,220	-0,439	0,386	1,075	12,811
3,68	0,914	1,221	0,286	1,160	12,828
4,93	1,186	-0,395	0,371	1,089	12,829
7,43	1,496	0,808	0,473	0,981	12,827
Sierpień					
2,18	0,692	-0,792	0,270	0,854	12,232
2,43	0,986	1,833	0,368	0,796	12,246
2,85	1,376	-0,112	0,508	0,683	12,221
3,35	1,214	1,958	0,449	0,735	12,235
4,10	0,582	-0,261	0,217	0,877	12,222
6,43	0,610	0,539	0,229	0,873	12,233
10,43	1,154	-2,372	0,427	0,753	12,218

Tab. 63. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,43	0,846	2,542	0,280	1,105	8,722
2,68	0,816	2,667	0,268	1,113	8,718
3,02	0,716	-2,342	0,230	1,136	8,708
3,35	0,844	2,764	0,274	1,110	8,709
3,93	1,016	-2,116	0,329	1,070	8,697
5,27	0,330	-1,796	0,426	0,982	8,683
6,93	1,714	-0,726	0,552	0,834	8,672
9,10	1,096	0,874	0,356	1,047	8,674
15,60	1,564	1,271	0,497	0,903	8,739
<b>Październik</b>					
2,18	1,180	2,420	0,303	1,934	4,475
2,60	0,394	-1,898	0,095	2,111	4,467
2,93	1,654	-0,493	0,408	1,776	4,454
3,60	1,440	-1,408	0,346	1,874	4,460
4,68	1,528	-0,200	0,373	1,834	4,435
5,85	1,130	0,804	0,278	1,966	4,459
7,43	1,728	-0,410	0,417	1,760	4,472
10,02	1,176	0,823	0,285	1,957	4,474
17,60	1,900	1,568	0,451	1,692	4,578
<b>Listopad</b>					
2,18	1,696	0,114	0,302	3,626	0,484
2,52	2,130	-2,158	0,374	3,434	0,462
2,77	0,848	-2,220	0,148	3,904	0,463
3,10	0,650	0,128	0,117	3,936	0,471
3,60	1,202	1,267	0,210	3,815	0,471
4,52	2,510	-2,950	0,450	3,184	0,584
7,10	1,854	-2,448	0,334	3,547	0,515
10,43	2,124	-0,430	0,380	3,415	0,447
18,02	0,538	1,356	0,097	3,953	0,491
<b>Grudzień</b>					
2,18	1,070	-0,387	0,151	6,868	-3,064
2,35	2,186	0,266	0,289	6,438	-3,048
2,85	3,434	1,652	0,456	5,564	-3,006
3,27	1,994	-2,321	0,266	6,530	-3,051
3,77	3,338	-1,676	0,445	5,637	-3,073
4,43	3,590	-0,256	0,486	5,371	-3,084
5,43	2,284	0,905	0,306	6,371	-3,068
6,93	2,574	1,500	0,337	6,228	-3,080
9,18	2,236	2,353	0,292	6,426	-3,035
13,68	2,894	-2,668	0,395	5,929	-2,950

Tab. 64. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,30	0,808	-0,577	0,404	16,234	3,347
2,60	0,896	0,152	0,448	16,218	3,356
3,10	0,320	0,412	0,160	16,302	3,352
3,70	1,196	0,727	0,599	16,130	3,356
4,50	0,596	1,158	0,298	16,270	3,346
5,70	1,394	1,811	0,697	16,068	3,346
9,10	1,112	2,590	0,556	16,168	3,355
34,70	0,678	-3,072	0,340	16,252	3,387
Lato					
2,20	0,678	-2,687	0,207	1,397	12,078
2,50	0,782	-0,180	0,226	1,385	12,060
2,80	0,904	1,740	0,261	1,361	12,071
3,30	0,730	-2,339	0,217	1,391	12,070
4,00	0,586	0,207	0,173	1,416	12,063
4,90	0,474	1,229	0,138	1,432	12,075
7,30	0,656	2,132	0,192	1,406	12,074
11,30	0,884	-0,725	0,254	1,366	12,024
Jesień					
2,20	0,456	-1,649	0,041	13,807	4,524
2,50	1,044	0,057	0,101	13,691	4,517
2,80	0,890	0,518	0,085	13,723	4,512
3,40	0,818	-0,144	0,078	13,748	4,508
4,00	0,708	1,032	0,067	13,768	4,514
4,70	0,784	0,134	0,075	13,753	4,513
5,70	0,212	0,388	0,020	13,825	4,521
7,40	1,156	0,113	0,111	13,660	4,525
11,00	0,684	0,956	0,067	13,769	4,523
17,50	1,242	2,023	0,113	13,655	4,616
Zima					
2,20	1,722	-2,856	0,160	12,949	-4,205
2,40	1,152	-2,644	0,110	13,128	-4,202
3,00	2,486	-1,421	0,245	12,493	-4,192
3,80	0,688	0,378	0,066	13,232	-4,215
4,40	1,614	1,254	0,157	12,968	-4,224
5,60	3,012	2,109	0,293	12,145	-4,242
7,90	3,824	1,320	0,367	11,501	-4,081
15,70	3,216	-1,934	0,316	11,960	-4,268

Tab. 65. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,20	1,138	-2,526	0,090	18,408	-1,437
2,50	0,688	-0,620	0,057	18,497	-1,437
3,00	1,062	-1,581	0,088	18,415	-1,428
3,30	1,008	0,023	0,081	18,435	-1,448
3,80	0,674	1,026	0,055	18,502	-1,446
4,50	0,630	1,078	0,052	18,508	-1,451
5,60	1,806	1,925	0,150	18,141	-1,464
8,00	0,384	2,192	0,196	17,844	-1,376
14,40	1,582	-2,736	0,130	18,247	-1,434
Półrocze ciepłe					
2,50	0,510	-0,375	0,051	12,131	9,334
2,80	0,578	1,414	0,058	12,121	9,338
3,40	0,654	-1,539	0,066	12,109	9,340
4,00	0,510	0,250	0,052	12,129	9,335
5,40	0,308	1,143	0,031	12,151	9,336
6,90	0,340	0,945	0,035	12,148	9,335
12,70	0,898	-0,218	0,090	12,064	9,311

Tab. 66. Cykle temperatury powietrza (średniej minimalnej –  $T_{\min}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; miesięczne wartości, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles air temperature (minimum mean –  $T_{\min}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	0,422	2,303	0,022	44,769	3,935
0,58	0,582	2,136	0,031	44,748	3,936
0,75	0,486	2,108	0,026	44,761	3,935
1,00	17,936	-2,177	0,948	4,574	3,935
1,33	0,742	-0,701	0,039	44,722	3,931
1,50	0,536	-0,639	0,028	44,755	3,935
1,83	0,406	0,618	0,022	44,770	3,932
2,17	0,836	-0,078	0,044	44,703	3,933
2,50	0,612	-2,818	0,032	44,744	3,935
2,83	0,714	0,090	0,038	44,728	3,936
3,50	0,642	-1,415	0,034	44,739	3,930
3,91	0,598	-0,868	0,031	44,747	3,925
4,50	0,480	-0,398	0,025	44,763	3,925
5,50	1,068	0,400	0,056	44,648	3,906
7,83	1,138	1,117	0,060	44,627	3,949
15,92	0,438	-2,513	0,024	44,766	3,932
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,046	2,239	0,021	0,607	3,946
0,75	0,108	2,780	0,049	0,605	3,946
1,25	0,108	-0,463	0,049	0,605	3,946
1,50	0,218	1,398	0,100	0,601	3,945
1,75	0,206	-0,659	0,094	0,602	3,944
1,92	0,204	-1,676	0,094	0,602	3,947
2,17	0,594	1,461	0,269	0,563	3,944
2,50	0,460	-1,738	0,210	0,580	3,944
2,92	0,518	2,631	0,236	0,573	3,946
3,50	0,470	-0,778	0,212	0,580	3,944
3,92	0,414	0,072	0,189	0,585	3,938
4,42	0,388	0,340	0,175	0,588	3,939
5,50	0,990	1,038	0,453	0,482	3,924
8,08	1,230	1,792	0,561	0,416	3,974
14,92	0,428	-2,955	0,197	0,583	3,946

Tab. 67. Równania prostych regresji temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ )  
 Linear regression equations for air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ )

	$T_{MAX} = a_0 + a t$	$T$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{obl}$
I	$T_{MAX} = 3,74 + 0,2231 t$	7,20	3,32	2,80	0,581	14,24
II	$T_{MAX} = 7,70 + 0,0361 t$	8,26	3,63	3,75	0,086	0,21
III	$T_{MAX} = 16,36 + 0,00941 t$	16,50	3,62	3,74	0,022	0,01
IV	$T_{MAX} = 22,19 - 0,00211 t$	22,16	2,81	2,90	0,006	0,001
V	$T_{MAX} = 27,32 - 0,0273 t$	26,90	2,18	2,24	0,108	0,33
VI	$T_{MAX} = 29,66 - 0,0236 t$	29,29	1,86	1,92	0,109	0,34
VII	$T_{MAX} = 29,66 + 0,0642 t$	30,66	2,43	2,45	0,229	1,54
VIII	$T_{MAX} = 28,33 + 0,04425 t$	30,55	2,49	2,23	0,499	9,30
IX	$T_{MAX} = 26,80 - 0,04425 t$	26,12	2,25	2,30	0,170	0,83
X	$T_{MAX} = 21,08 + 0,007364 t$	21,19	2,69	2,79	0,024	0,02
XI	$T_{MAX} = 14,35 - 0,09504 t$	12,88	2,14	2,05	0,384	4,83
XII	$T_{MAX} = 6,20 + 0,1547 t$	8,59	2,99	2,76	0,448	7,05
III-V	$T_{MAX} = 22,12 - 0,01562 t$	21,89	1,64	1,69	0,080	0,17
VI-VIII	$T_{MAX} = 29,15 + 0,06793 t$	30,17	1,58	1,52	0,360	4,03
IX-XI	$T_{MAX} = 20,47 - 0,03236 t$	19,99	1,48	1,50	0,184	0,94
XII-II	$T_{MAX} = 5,45 + 0,1679 t$	7,97	2,39	2,01	0,587	14,17
X-III	$T_{MAX} = 11,51 + 0,06223 t$	12,44	1,48	1,43	0,353	3,83
IV-IX	$T_{MAX} = 27,26 + 0,02295 t$	27,60	1,24	1,26	0,156	0,67
I-XII	$T_{MAX} = 19,30 + 0,04676 t$	20,00	1,03	0,99	0,379	4,52
Śr.kons.	$T_{MAX} = 19,41 + 0,04168 t$	20,01	1,01	0,94	0,348	47,88
Śr. mies.	$T_{MAX} = 19,38 + 0,04278 t$	20,02	9,08	9,09	0,041	0,60



Tab. 68. Równania parabol regresji temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ )  
 Parabolic regression equations for air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ )

	$T_{MAX} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{obl.}$
I	$T_{MAX} = 5,58 - 0,1230 t + 0,01117 t^2$	2,74	0,623	8,55
II	$T_{MAX} = 10,57 - 0,5018 t + 0,01735 t^2$	3,61	0,331	1,66
III	$T_{MAX} = 14,66 + 0,3277 t - 0,01027 t^2$	3,74	0,191	0,51
IV	$T_{MAX} = 24,68 - 0,4691 t + 0,01506 t^2$	2,76	0,359	2,00
V	$T_{MAX} = 26,94 + 0,04478 t - 0,002325 t^2$	2,28	0,130	0,23
VI	$T_{MAX} = 30,39 - 0,1612 t + 0,0104439 t^2$	1,93	0,193	0,52
VII	$T_{MAX} = 32,58 - 0,4825 t + 0,01764 t^2$	2,16	0,536	5,45
VIII	$T_{MAX} = 30,80 - 0,3204 t + 0,002375 t^2$	2,01	0,641	9,43
IX	$T_{MAX} = 27,20 - 0,1179 t + 0,000103 t^2$	2,33	0,184	0,47
X	$T_{MAX} = 21,09 + 0,004177 t + 0,000103 t^2$	2,84	0,024	0,01
XI	$T_{MAX} = 14,94 - 0,2056 t + 0,007206 t^2$	2,07	0,399	2,56
XII	$T_{MAX} = 5,00 + 0,3781 t - 0,007206 t^2$	2,77	0,477	3,97
III-V	$T_{MAX} = 22,53 - 0,09467 t + 0,002635 t^2$	1,71	0,128	0,21
VI-VIII	$T_{MAX} = 31,23 - 0,3344 t + 0,01341 t^2$	1,28	0,642	9,12
IX-XI	$T_{MAX} = 20,51 - 0,03976 t + 0,0002467 t^2$	1,53	0,184	0,45
XII-II	$T_{MAX} = 6,34 - 0,004639 t + 0,00575 t^2$	2,01	0,606	7,53
X-III	$T_{MAX} = 11,87 - 0,008681 t + 0,002364 t^2$	1,45	0,366	2,02
IV-IX	$T_{MAX} = 28,73 - 0,2613 t + 0,009476 t^2$	1,13	0,504	4,43
I-XII	$T_{MAX} = 20,05 - 0,0985 t + 0,004842 t^2$	0,95	0,479	3,87
Śr.kons.	$T_{MAX} = 20,24 - 0,1292 t + 0,005858 t^2$	0,87	0,506	59,63
Śr. mies.	$T_{MAX} = 20,17 - 0,1144 t + 0,005226 t^2$	9,10	0,056	0,56

Tab. 69. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Styczeń</b>					
2,18	2,670	-2,596	0,271	10,246	7,163
2,52	3,296	0,014	0,348	9,715	7,205
2,85	2,184	0,522	0,233	10,457	7,199
3,18	0,862	1,785	0,092	10,964	7,207
3,77	0,900	-2,635	0,095	10,957	7,191
4,60	1,742	0,450	0,186	10,677	7,177
6,02	3,686	2,081	0,392	9,357	7,196
9,18	4,390	1,804	0,455	8,769	7,168
15,35	3,064	3,011	0,330	9,856	7,196
<b>Luty</b>					
2,35	3,146	-1,890	0,296	12,042	8,228
2,60	2,826	-0,977	0,273	12,215	8,216
2,93	2,288	0,177	0,226	12,530	8,237
3,43	1,974	-1,642	0,189	12,733	8,233
4,02	0,734	0,258	0,071	13,136	8,253
4,60	3,072	-0,804	0,297	12,035	8,182
5,77	3,968	0,350	0,392	11,169	8,188
7,60	5,382	0,312	0,525	9,559	8,283
13,85	5,148	2,510	0,485	10,101	8,286
<b>Marzec</b>					
2,18	1,150	-0,726	0,119	12,913	16,502
2,35	1,286	0,262	0,125	12,895	16,514
2,60	3,580	1,117	0,349	11,502	16,552
3,26	4,638	2,657	0,457	10,367	16,548
3,68	4,802	-2,306	0,472	10,186	16,542
4,43	3,916	-2,435	0,384	11,171	16,461
5,68	2,572	-0,948	0,248	12,291	16,474
8,77	3,922	1,620	0,379	11,221	16,533
16,10	2,864	-2,496	0,285	12,033	16,460
<b>Kwiecień</b>					
2,27	2,686	0,504	0,330	7,010	22,142
2,68	2,266	-0,776	0,288	7,217	22,139
3,02	3,360	1,115	0,422	6,469	22,167
3,43	1,228	0,946	0,153	7,683	22,173
4,18	2,406	2,700	0,304	7,142	22,179
5,10	1,966	-1,544	0,245	7,395	22,137
6,51	7,307	-1,878	0,267	7,307	22,122

9,01	5,235	-0,173	0,578	5,235	21,980
------	-------	--------	-------	-------	--------

Tab. 70. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Maj</b>					
2,35	1,480	-3,018	0,241	4,476	26,885
2,68	2,118	-0,915	0,344	4,189	26,882
2,93	1,474	0,398	0,241	4,477	26,882
3,43	3,292	1,580	0,524	3,445	26,947
4,93	1,160	2,944	0,188	4,584	26,902
6,27	0,536	2,873	0,088	4,715	26,902
8,43	1,136	-1,327	0,184	4,592	26,860
15,02	2,570	0,628	0,417	3,926	26,898
<b>Czerwiec</b>					
2,18	2,112	-1,232	0,410	2,894	29,275
2,85	1,604	2,831	0,304	3,155	29,309
3,60	3,026	2,086	0,575	2,329	29,333
4,52	1,734	-2,292	0,332	3,094	29,273
6,35	1,218	-1,684	0,228	3,296	29,261
8,93	0,986	-0,575	0,187	3,355	29,256
13,27	1,428	1,234	0,271	3,222	29,234
27,02	1,260	0,025	0,232	3,289	29,261
<b>Lipiec</b>					
2,35	1,032	-0,547	0,156	5,768	30,661
2,60	1,690	0,361	0,247	5,549	30,664
2,85	2,274	-0,641	0,330	5,267	30,624
3,27	2,454	1,166	0,353	5,173	30,648
3,85	1,332	2,791	0,197	5,682	30,663
4,43	1,326	-1,818	0,190	5,698	30,638
5,85	2,588	1,829	0,373	5,090	30,648
8,35	1,696	-0,691	0,242	5,566	30,586
12,43	1,882	-1,495	0,269	5,484	30,653
26,02	4,138	1,465	0,613	3,691	30,427
<b>Sierpień</b>					
2,27	1,246	-2,770	0,175	5,994	30,562
2,52	2,390	-1,431	0,343	5,456	30,549
2,85	1,912	-0,007	0,273	5,723	30,540
3,35	2,248	1,558	0,320	5,550	30,558
4,77	1,124	1,806	0,158	6,029	30,559
6,93	1,562	0,859	0,222	5,878	30,517
10,10	3,298	2,987	0,472	4,808	30,552

Tab. 71. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,43	1,502	1,943	0,240	4,781	26,137
2,85	1,576	2,974	0,248	4,761	26,132
3,26	1,144	-1,410	0,177	4,913	26,115
4,10	1,446	-2,226	0,225	4,815	26,130
5,60	2,040	-1,491	0,316	4,566	26,106
7,68	5,096	-0,330	0,809	1,749	26,103
11,93	1,136	0,166	0,176	4,915	26,052
19,77	0,748	1,034	0,118	5,002	26,092
<b>Październik</b>					
2,27	2,698	-1,071	0,362	6,303	21,163
2,43	2,094	-1,384	0,277	6,697	21,165
2,93	2,586	-1,984	0,333	6,448	21,196
3,35	2,676	-0,405	0,352	6,353	21,193
4,02	1,102	-0,126	0,145	7,103	21,168
4,77	2,352	0,352	0,312	6,548	21,142
6,10	2,738	1,351	0,356	6,336	21,214
9,60	2,292	0,579	0,306	6,578	21,146
18,26	3,520	1,902	0,447	5,807	21,441
<b>Listopad</b>					
2,18	1,756	0,706	0,272	4,259	12,901
2,35	2,022	-0,092	0,340	4,070	12,891
2,60	1,816	-0,354	0,300	4,186	12,862
2,93	1,520	1,330	0,246	4,323	12,880
3,18	1,004	2,703	0,166	4,473	12,898
4,27	2,376	2,995	0,312	3,895	12,884
7,60	2,164	-1,430	0,355	4,020	12,866
15,02	2,780	0,714	0,458	3,633	12,881
<b>Grudzień</b>					
2,18	2,284	0,643	0,256	8,334	8,620
2,52	2,108	-2,642	0,246	8,377	8,584
3,10	2,862	-2,705	0,342	7,872	8,573
3,77	2,910	-1,929	0,344	7,864	8,586
4,52	2,790	-0,264	0,331	7,941	8,551
5,60	2,630	0,8141	0,310	8,061	8,549
7,18	3,290	1,990	0,382	7,614	8,582
13,93	2,842	-3,118	0,335	7,919	8,659

Tab. 72. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,20	1,896	1,737	0,401	2,246	21,901
3,00	2,128	-3,001	0,468	2,092	21,886
3,60	2,258	-1,259	0,486	2,046	21,892
4,30	1,884	-1,564	0,400	2,249	21,856
5,20	1,556	-0,275	0,334	2,378	21,852
9,00	1,794	1,286	0,387	2,276	21,849
15,90	0,420	1,791	0,086	2,657	21,910
Lato					
2,60	1,374	2,447	0,311	2,246	30,177
2,90	0,734	2,594	0,165	2,419	30,168
3,30	1,576	2,852	0,360	2,165	30,168
4,40	0,894	-0,981	0,198	2,389	30,145
5,90	1,324	-2,677	0,297	2,267	30,160
10,80	1,302	-1,940	0,296	2,269	30,136
39,30	3,528	2,727	0,655	1,420	30,680
Jesień					
2,30	0,860	2,464	0,209	2,082	19,994
2,30	1,168	-1,706	0,278	2,009	19,976
3,30	1,054	0,693	0,251	2,040	19,998
4,40	1,162	-0,675	0,276	2,012	19,958
7,30	2,728	-0,606	0,656	1,240	19,984
16,50	1,958	1,654	0,451	1,734	20,095
Zima					
2,40	1,640	1,268	0,239	5,403	7,965
3,10	2,098	-2,464	0,306	5,193	7,980
3,80	1,342	-1,476	0,196	5,510	7,939
4,50	1,978	0,040	0,292	5,239	7,923
5,70	2,694	1,467	0,398	4,821	7,949
8,10	2,526	1,771	0,371	4,940	8,050
15,00	3,562	-2,748	0,532	4,105	7,943

Tab. 73. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe, rok  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period, year

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,40	0,950	1,475	0,224	2,071	12,441
3,20	1,936	-1,820	0,463	1,731	12,446
3,80	1,158	-0,673	0,276	2,014	12,420
4,50	1,708	-0,500	0,410	1,813	12,396
5,70	1,978	1,033	0,477	1,683	12,424
8,40	1,562	1,741	0,372	1,879	12,469
14,30	1,424	3,013	0,339	1,930	12,443
Półrocze ciepłe					
2,60	0,870	1,475	0,244	1,433	27,601
2,90	0,784	2,362	0,225	1,447	27,601
3,40	1,410	3,126	0,404	1,275	27,617
4,30	0,844	-1,287	0,238	1,438	27,585
5,20	0,734	-0,210	0,210	1,457	27,583
6,50	1,104	-1,164	0,316	1,372	27,572
8,50	1,488	0,630	0,425	1,248	27,549
12,60	0,816	-0,237	0,235	1,440	27,563
Rok					
2,60	0,646	2,171	0,221	1,014	20,002
3,00	0,874	-2,453	0,300	0,970	19,989
3,60	1,096	-1,662	0,375	0,916	20,001
4,40	1,150	-0,648	0,391	0,904	19,971
5,70	1,144	1,687	0,390	0,904	19,992
8,70	1,368	1,459	0,460	0,841	19,983
15,10	0,586	-3,040	0,205	1,022	19,998

Tab. 74. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{MAX}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; miesięczne wartości, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{MAX}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12-month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	0,854	1,507	0,033	82,287	20,025
0,50	2,986	-2,244	0,116	81,263	20,025
0,75	0,546	1,262	0,021	82,341	20,025
1,00	24,206	-2,039	0,943	9,136	20,025
1,33	0,828	-0,647	0,032	82,292	20,019
1,67	0,770	0,003	0,030	82,304	20,025
1,83	0,992	0,001	0,039	82,254	20,016
2,17	0,796	-0,200	0,031	82,299	20,022
2,42	0,536	0,716	0,021	82,342	20,019
2,67	0,508	1,189	0,020	82,346	20,020
3,08	0,956	-2,537	0,038	82,262	20,026
3,75	0,792	-1,524	0,031	82,300	20,025
4,50	1,258	-0,838	0,048	82,185	19,999
5,58	1,188	0,652	0,047	82,199	19,994
8,83	1,188	1,231	0,046	82,204	19,994
15,00	0,514	2,956	0,020	82,345	20,025
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,42	0,050	-2,234	0,018	1,010	20,013
0,58	0,094	-3,108	0,033	1,010	20,013
0,75	0,100	2,070	0,035	1,010	20,013
1,17	0,114	-2,415	0,040	1,008	20,013
1,42	0,446	-0,555	0,157	0,985	20,010
1,67	0,410	1,680	0,144	0,989	20,013
1,83	0,336	1,590	0,118	0,996	20,014
2,17	0,572	1,313	0,201	0,969	20,011
2,42	0,328	2,512	0,116	0,996	20,113
2,67	0,324	2,672	0,114	0,997	20,014
3,00	0,788	-2,453	0,279	0,931	20,015
3,67	0,794	-1,338	0,279	0,931	20,010
4,42	1,096	-0,525	0,383	0,862	19,989
5,58	1,084	1,285	0,385	0,860	19,994
8,75	1,252	1,577	0,435	0,818	19,989
14,58	0,518	2,959	0,183	0,976	20,013

Tab. 75. Równania prostych regresji temperatury powietrza (absolutne minimum –  $T_{\text{MIN}}$ )  
 Linear regression equations for air temperature (absolute minimum –  $T_{\text{MIN}}$ )

	$T_{\text{MIN}} = a_0 + a t$	$T$	$s$	$\delta$	$r$	$F_{\text{obl}}$
I	$T_{\text{MIN}} = -13,86 + 0,2116 t$	-15,58	6,23	6,16	0,294	2,65
II	$T_{\text{MIN}} = -15,77 + 0,1163 t$	-13,97	6,27	6,40	0,161	0,74
III	$T_{\text{MIN}} = -8,80 + 0,0116 t$	-8,62	4,76	4,93	0,021	0,01
IV	$T_{\text{MIN}} = -2,98 - 0,0276 t$	-3,41	1,05	1,06	0,227	1,53
V	$T_{\text{MIN}} = 1,61 - 0,0266 t$	1,19	2,34	2,41	0,098	0,27
VI	$T_{\text{MIN}} = 4,93 + 0,0046 t$	5,00	1,72	1,78	0,023	0,01
VII	$T_{\text{MIN}} = 8,23 - 0,0116 t$	8,05	1,25	1,29	0,081	0,18
VIII	$T_{\text{MIN}} = 6,06 + 0,0246 t$	6,44	1,51	1,54	0,141	0,57
IX	$T_{\text{MIN}} = 0,74 + 0,0693 t$	1,82	1,85	1,81	0,324	3,29
X	$T_{\text{MIN}} = -3,02 - 0,0244 t$	3,40	2,17	2,24	0,097	0,27
XI	$T_{\text{MIN}} = -6,34 - 0,0692 t$	7,42	3,71	3,79	0,161	0,75
XII	$T_{\text{MIN}} = -13,59 + 0,0453 t$	-12,89	4,72	4,86	0,083	0,20
III-V	$T_{\text{MIN}} = -3,77 + 0,00427 t$	3,71	1,83	1,90	0,020	0,01
VI-VIII	$T_{\text{MIN}} = 6,48 + 0,00225 t$	6,52	0,94	0,98	0,020	0,01
IX-XI	$T_{\text{MIN}} = -2,91 - 0,00660 t$	3,01	1,56	1,61	0,035	0,03
XII-II	$T_{\text{MIN}} = -16,18 + 0,1455 t$	14,00	4,15	4,11	0,29	2,54
X-III	$T_{\text{MIN}} = -11,20 + 0,0629 t$	10,26	2,38	2,41	0,22	1,38
IV-IX	$T_{\text{MIN}} = 3,06 + 0,00745 t$	3,17	0,72	0,74	0,09	0,21
I-XII	$T_{\text{MIN}} = -4,10 + 0,03431 t$	3,58	1,26	1,27	0,23	1,49
Śr.kons.	$T_{\text{MIN}} = -4,04 + 0,0335 t$	3,55	1,28	1,25	0,22	17,61
Śr. mies.	$T_{\text{MIN}} = -4,09 + 0,0348 t$	3,57	8,65	8,67	0,03	0,44



Tab. 76. Równania parabol regresji temperatury powietrza (absolutne minimum –  $T_{\text{MIN}}$ )  
 Parabolic regression equations for air temperature (absolute minimum –  $T_{\text{MIN}}$ )

	$T_{\text{MIN}} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$	$\delta$	$R$	$F_{\text{obl.}}$
I	$T_{\text{MIN}} = -19,89 + 0,4061 t - 0,006274 t^2$	6,26	0,302	1,35
II	$T_{\text{MIN}} = -15,87 + 0,1349 t - 0,000600 t^2$	6,52	0,161	0,36
III	$T_{\text{MIN}} = -8,22 - 0,0968 t + 0,003495 t^2$	5,02	0,053	0,04
IV	$T_{\text{MIN}} = -2,45 - 0,1279 t + 0,003234 t^2$	1,05	0,307	1,40
V	$T_{\text{MIN}} = 2,35 - 0,1658 t + 0,004493 t^2$	2,43	0,162	0,36
VI	$T_{\text{MIN}} = 6,12 - 0,2174 t + 0,007159 t^2$	1,74	0,279	1,14
VII	$T_{\text{MIN}} = 8,78 - 0,1148 t + 0,003327 t^2$	1,29	0,196	0,54
VIII	$T_{\text{MIN}} = 6,02 + 0,0323 t - 0,000248 t^2$	1,57	0,142	0,28
IX	$T_{\text{MIN}} = 0,77 + 0,0648 t + 0,000146 t^2$	1,84	0,324	1,59
X	$T_{\text{MIN}} = -4,07 + 0,1723 t - 0,00634 t^2$	2,24	0,218	0,67
XI	$T_{\text{MIN}} = -6,47 - 0,0455 t - 0,000763 t^2$	3,86	0,162	0,36
XII	$T_{\text{MIN}} = -14,53 + 0,2205 t - 0,005651 t^2$	4,94	0,116	0,18
III-V	$T_{\text{MIN}} = -3,61 - 0,0250 t + 0,001008 t^2$	1,19	0,040	0,02
VI-VIII	$T_{\text{MIN}} = 7,21 - 0,1387 t + 0,004697 t^2$	0,95	0,311	1,39
IX-XI	$T_{\text{MIN}} = -3,37 + 0,0827 t - 0,002975 t^2$	1,63	0,124	0,20
XII-II	$T_{\text{MIN}} = -16,34 + 0,1768 t - 0,001043 t^2$	4,19	0,294	1,23
X-III	$T_{\text{MIN}} = -11,57 + 0,1339 t - 0,002366 t^2$	2,45	0,229	0,72
IV-IX	$T_{\text{MIN}} = 3,56 - 0,0891 t + 0,003218 t^2$	0,72	0,294	1,23
I-XII	$T_{\text{MIN}} = -4,28 + 0,0692 t - 0,001164 t^2$	1,29	0,236	0,76
Śr.kons.	$T_{\text{MIN}} = -3,98 + 0,0226 t + 0,000374 t^2$	1,25	0,221	8,84
Śr. mies.	$T_{\text{MIN}} = -4,14 + 0,0444 t - 0,000316 t^2$	8,68	0,035	0,21

Tab. 77. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; styczeń, luty, marzec, kwiecień  
 True cycles air temperature (absolute minimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; January, February, March, April

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Styczeń</b>					
2,76	7,094	-2,120	0,395	32,699	-15,638
4,01	2,396	0,790	0,135	38,049	-15,582
5,10	6,462	-2,740	0,368	33,511	-15,617
7,10	8,108	-1,008	0,450	30,882	-15,605
16,43	4,410	3,130	0,257	36,192	-15,504
<b>Luty</b>					
2,18	6,424	-2,549	0,301	35,709	-14,031
2,60	5,594	-1,697	0,313	35,409	-14,059
3,10	7,588	2,056	0,423	32,225	-13,854
4,35	5,284	-1,927	0,294	35,860	-14,009
5,51	3,722	-0,615	0,210	37,536	-14,076
7,60	10,594	0,680	0,596	25,307	-13,908
16,18	5,982	-2,633	0,347	34,530	-14,021
<b>Marzec</b>					
2,18	2,422	-0,181	0,186	21,906	-8,610
2,43	3,446	1,329	0,252	21,256	-8,598
3,10	3,262	-1,354	0,238	21,411	-8,676
3,60	3,890	-1,054	0,289	20,800	-8,679
5,60	5,444	-0,921	0,403	19,010	-8,729
7,85	8,650	0,311	0,654	12,972	-8,593
13,85	6,784	1,972	0,491	17,206	-8,725
<b>Kwiecień</b>					
2,43	1,248	0,705	0,408	0,919	-3,412
3,01	1,180	-2,287	0,394	0,931	-3,413
3,43	1,144	-1,018	0,383	0,941	-3,424
4,26	0,684	-0,927	0,229	1,046	-3,409
5,43	0,890	0,234	0,299	1,005	-3,427
6,76	0,454	0,405	0,153	1,078	-3,423
8,76	0,948	-0,093	0,320	0,991	-3,453
14,51	1,256	0,944	0,428	0,901	-3,429

Tab. 78. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; maj, czerwiec, lipiec, sierpień  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; May, June, July, August

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Maj</b>					
2,35	1,676	2,375	0,262	5,098	1,196
2,68	3,050	-2,028	0,452	4,352	1,201
3,01	1,140	-0,422	0,173	5,311	1,194
3,43	2,662	0,819	0,400	4,596	1,225
4,35	1,678	-0,474	0,256	5,115	1,192
5,10	2,914	-1,153	0,439	4,419	1,169
6,51	2,158	-0,553	0,321	4,910	1,122
8,35	2,046	0,613	0,312	4,940	1,167
11,43	2,280	1,855	0,339	4,845	1,298
20,85	2,736	1,004	0,403	4,582	1,023
<b>Czerwiec</b>					
2,26	2,126	0,711	0,420	2,440	4,996
2,51	1,566	0,662	0,317	2,664	5,010
2,76	0,748	1,748	0,153	2,893	5,007
3,01	1,360	2,567	0,280	2,729	5,002
3,43	1,424	2,315	0,293	2,709	5,018
4,01	1,004	2,860	0,206	2,837	5,025
4,76	0,532	-2,616	0,110	2,927	5,013
7,43	1,932	2,236	0,395	2,499	5,000
12,26	2,748	-0,750	0,560	2,033	4,863
<b>Lipiec</b>					
2,18	1,122	-1,070	0,330	1,389	8,040
2,43	1,406	0,985	0,388	1,324	8,050
2,76	1,718	-2,127	0,477	1,203	8,031
3,43	0,448	0,118	0,129	1,533	8,048
4,01	0,954	0,093	0,269	1,445	8,030
4,68	0,302	-0,584	0,086	1,547	8,039
5,51	0,464	0,950	0,130	1,532	8,043
7,18	1,822	0,794	0,524	1,130	8,009
10,35	1,068	-2,967	0,307	1,411	8,043
29,10	0,752	0,534	0,213	1,488	8,039
<b>Sierpień</b>					
2,26	1,640	2,013	0,392	1,915	6,452
2,51	2,270	-2,663	0,526	1,637	6,426
2,76	0,910	-1,454	0,213	2,161	6,430
3,01	1,226	3,049	0,288	2,076	6,433
3,76	1,928	-1,535	0,452	1,800	6,433
5,01	0,744	2,870	0,175	2,195	6,436
6,26	0,328	-2,377	0,077	2,251	6,432
7,85	0,494	-2,001	0,115	2,234	6,427
12,10	1,288	-0,671	0,299	2,061	6,362

Tab. 79. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wrzesień, październik, listopad, grudzień  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; September, October, November, December

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
<b>Wrzesień</b>					
2,43	1,970	1,454	0,373	2,940	1,834
2,68	0,918	1,774	0,173	3,315	1,819
3,26	2,262	1,492	0,425	2,797	1,813
3,93	2,490	-2,480	0,480	2,627	1,801
5,26	1,704	-1,795	0,323	3,060	1,782
7,18	1,106	-0,098	0,212	3,263	1,798
9,93	1,474	2,805	0,280	3,148	1,816
16,01	1,352	1,709	0,249	3,205	1,861
<b>Październik</b>					
2,18	2,942	1,549	0,467	3,691	-3,370
2,51	2,250	-2,364	0,361	4,106	-3,409
2,85	3,352	-1,414	0,542	3,331	-3,460
3,85	1,712	0,453	0,279	4,353	-3,386
5,26	1,658	2,873	0,271	4,376	-3,376
6,93	1,680	-2,310	0,273	4,371	-3,359
<b>Listopad</b>					
2,26	3,138	1,496	0,291	12,587	-7,400
2,60	2,038	-1,568	0,193	12,240	-7,450
3,43	4,216	-1,971	0,395	11,596	-7,478
4,26	4,994	1,369	0,476	10,629	-7,426
4,93	4,852	-0,358	0,460	10,833	-7,434
6,68	3,156	2,126	0,300	12,514	-7,319
11,35	1,746	0,759	0,170	13,353	-7,424
17,51	0,690	2,395	0,061	13,701	-7,366
<b>Grudzień</b>					
2,18	3,000	-1,152	0,231	21,036	-12,908
2,35	2,812	0,236	0,210	21,812	-12,865
2,76	6,878	0,383	0,511	16,419	-12,838
3,26	3,598	3,065	0,273	20,563	-12,850
3,76	5,516	-1,803	0,412	18,443	-12,902
4,43	4,880	-0,440	0,369	19,194	-12,927
5,43	4,916	0,819	0,369	19,195	-12,905
6,85	2,222	1,247	0,164	21,629	-12,908
9,43	4,940	2,103	0,361	19,324	-12,908
11,76	4,390	3,106	0,322	19,920	-12,636
29,60	1,932	-3,073	0,144	21,770	-12,887

Tab. 80. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; wiosna, lato, jesień, zima  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; spring, summer, autumn, winter

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wiosna					
2,20	1,312	-2,936	0,257	3,122	-3,696
2,60	2,306	-1,045	0,443	2,687	-3,718
3,00	1,264	-0,188	0,248	3,138	-3,710
3,70	0,804	0,904	0,153	3,265	-3,697
5,20	2,058	-0,517	0,394	2,824	-3,763
7,90	3,266	1,091	0,638	1,979	-3,651
13,50	2,088	2,406	0,391	2,832	-3,708
Lato					
2,20	0,866	2,685	0,341	0,790	6,523
2,50	0,490	-1,045	0,180	0,865	6,506
2,80	0,646	0,785	0,237	0,843	6,513
3,20	0,742	1,279	0,277	0,825	6,513
3,60	0,860	-0,626	0,320	0,802	6,513
7,00	1,186	1,736	0,439	0,721	6,505
12,20	1,572	-0,325	0,589	0,583	6,426
Jesień					
2,50	1,784	-0,550	0,408	2,022	-3,026
2,90	1,772	1,443	0,402	2,033	-3,010
3,40	1,836	-0,779	0,415	2,008	-3,049
4,40	1,622	-2,409	0,371	2,090	-3,017
6,40	1,152	2,617	0,259	2,263	-2,968
18,80	0,980	2,779	0,209	2,319	-2,910
Zima					
2,20	3,200	0,583	0,266	15,998	-14,014
2,40	1,518	1,293	0,127	16,937	-14,000
2,90	4,212	1,788	0,359	14,997	-13,998
3,40	1,112	-1,492	0,094	17,063	-14,019
4,40	2,974	-0,257	0,252	16,115	-14,054
5,60	4,712	1,008	0,404	14,402	-14,067
7,60	7,108	1,282	0,596	11,089	-13,848
15,60	3,874	-2,484	0,337	15,258	-14,056

Tab. 81. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; półrocze chłodne, półrocze ciepłe, rok  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; could period, warm period, year

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Półrocze chłodne					
2,20	1,900	0,805	0,269	5,272	-10,265
2,60	1,686	-1,218	0,246	5,338	-10,266
2,80	1,572	0,251	0,231	5,379	-10,275
3,40	1,476	-1,688	0,218	5,413	-10,284
4,10	0,804	-0,359	0,119	5,604	-10,262
5,50	2,868	0,514	0,400	4,773	-10,319
7,90	4,476	1,465	0,660	3,204	-10,133
15,00	2,718	-2,948	0,409	4,731	-10,268
Półrocze ciepłe					
2,20	0,500	2,972	0,258	0,479	3,178
2,70	0,718	-0,196	0,361	0,446	3,175
3,20	0,560	1,497	0,275	0,475	3,173
3,50	0,508	-1,975	0,247	0,482	3,175
4,20	0,444	0,599	0,218	0,489	3,177
5,00	0,770	-0,843	0,379	0,440	3,164
6,70	1,038	0,771	0,512	0,379	3,148
12,90	0,844	0,045	0,421	0,422	3,136
Rok					
2,50	1,094	-1,195	0,303	1,433	-3,602
2,90	0,740	1,894	0,208	1,511	-3,585
3,40	0,924	-0,938	0,258	1,473	-3,605
4,50	0,302	0,693	0,085	1,568	-3,587
5,50	1,052	0,603	0,299	1,438	-3,607
8,10	2,372	1,725	0,664	0,881	-3,510
15,60	1,072	-2,854	0,311	1,425	-3,586

Tab. 82. Cykle temperatury powietrza (absolutne maksimum –  $T_{\text{MIN}}$ ) w Warszawie w latach 1966-1995; miesięczne wartości, średnie konsekwtywne 12-miesięczne  
 True cycles air temperature (absolute maximum –  $T_{\text{MIN}}$ ) in Warsaw in the years 1966-1995; monthly values, averages of consecutive 12 month period

$\Theta$	$2b$	$c$	$R$	$\varepsilon^2$	$a_0$
Wartości miesięczne					
0,33	1,736	2,641	0,071	74,457	-3,565
0,75	0,816	2,019	0,033	74,751	-3,565
1,00	22,124	-2,137	0,904	13,644	-3,565
1,33	1,164	-1,244	0,047	74,665	-3,569
1,58	0,568	3,030	0,023	74,794	-3,565
2,00	0,792	-1,265	0,032	74,756	-3,565
2,16	1,036	-0,159	0,042	74,699	-3,568
2,58	1,446	-1,522	0,059	74,572	-3,574
2,83	1,124	0,067	0,045	74,677	-3,580
3,50	0,882	-1,284	0,036	74,737	-3,574
4,00	0,628	-0,804	0,025	74,785	-3,575
5,41	1,458	0,016	0,059	74,572	-3,606
7,66	2,200	1,034	0,089	74,230	-3,548
15,83	1,092	-2,897	0,045	74,678	-3,563
Średnie konsekwtywne 12-miesięczne					
0,41	0,110	2,245	0,030	1,633	-3,549
0,75	0,190	2,608	0,052	1,630	-3,549
1,16	0,226	-1,680	0,062	1,628	-3,550
1,33	0,256	0,089	0,071	1,626	-3,550
1,58	0,276	-1,692	0,076	1,625	-3,548
2,00	0,486	0,213	0,134	1,605	-3,554
2,16	0,722	0,371	0,199	1,570	-3,552
2,50	1,072	-1,558	0,297	1,490	-3,556
2,83	0,818	1,284	0,227	1,550	-3,557
3,50	0,656	-0,604	0,180	1,581	-3,554
4,08	0,468	0,107	0,129	1,607	-3,551
5,41	1,308	0,640	0,364	1,417	-3,583
7,83	2,300	1,642	0,635	0,975	-3,495
15,58	1,084	-2,867	0,309	1,478	-3,544

## VIII. OKRESOWE ZMIANY OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE (1850–1990)

Zmienność opadów atmosferycznych w ostatnich stuleciach na przykładzie Warszawy była m.in. tematem VII tomu *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym podtytułem *Zmiany wiekowe klimatu Polski* (Boryczka, Stopa–Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1992).

Wcześniej, zmienność opadów atmosferycznych w Polsce była badana przez Z. Kaczorowską (1962) z zastosowaniem analizy harmonicznej. Wyznaczenie jednak kolejnych wyrazów szeregu Fouriera jest mało „precyzyjną” metodą wykrywania okresów opadów atmosferycznych. Okazuje się, że tylko niektóre z przyjętych a priori harmonik:  $n, \frac{n}{2}, \frac{n}{3}, \dots$  ( $n$  – długość serii) są przypadkowo równe prawdziwym okresom (np. cykl 70–lat).

Niedoskonałość tej metody można wykazać na przykładzie rocznych sum (konsekwentnych 12–miesięcznych) opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813–1980.

Okresy ( $\Theta$ ) wyznaczone metodą kolejnych sinusoid regresji (maksima lokalne współczynnika korelacji) i amplitudy zmian  $2b = P_{\max} - P_{\min}$  (w mm) wynoszą:

okres	$P_{\max} - P_{\min}$	okres	$P_{\max} - P_{\min}$	okres	$P_{\max} - P_{\min}$
0,583	5,0	4,250	72,7	11,667	53,3
1,250	11,6	4,417	54,0	13,667	29,5
1,500	18,3	4,833	50,4	16,333	76,1
1,750	29,5	5,083	55,2	19,333	67,4
2,250	29,8	5,333	76,8	22,250	44,2
2,500	35,8	6,000	62,6	<u>28,000</u>	33,6
2,833	47,0	8,083	37,0	39,250	33,6
3,500	63,1	9,667	48,5	<u>56,417</u>	60,5
3,917	46,3	10,667	27,1	112,500	57,6

Okresy te ustalono na podstawie  $n = 2005$  danych, wybierając je spośród 2400 sinusoid regresji (parametr  $\Theta$ ) zmieniano od 0,25 do 200 lat z krokiem  $\Delta\Theta = \frac{1}{12} = 0,0833$  roku.

Natomiast 20 składowych harmonicznych otrzymanych dla tego samego ciągu chronologicznego opadów liczyło  $n = 168$  lat ( $j = 1, 2, \dots, 20$ ) zestawiono niżej:

$\frac{n}{j}$	$P_{\max} - P_{\min}$	$\frac{n}{j}$	$P_{\max} - P_{\min}$
168,00	33,2	15,27	41,2
94,00	32,8	14,00	26,8
<u>56,00</u>	60,4	12,92	13,8



42,00	27,6	12,00	42,2
33,60	20,8	11,20	19,2
<u>28,00</u>	33,6	10,50	21,4
24,00	26,4	9,88	45,4
21,00	41,6	9,33	40,8
18,67	60,0	8,84	11,8
16,80	66,4	8,40	16,6

Z porównania tego wyniku, iż metodą analizy harmonicznej uzyskuje się tylko część informacji o okresach opadów atmosferycznych. Jedyne dwie harmoniki  $\frac{n}{3} = 56$  lat i  $\frac{n}{6} = 28$  lat, wynikające z podziału ciągu chronologicznego opadów o liczebności 168 lat na trzy i sześć części, wyrażają okresy prawdziwe. Okresy prawdziwe w tych przypadkach wynoszą  $\Theta = 56,47$  lat i  $\Theta = 28,00$  lat. Opady atmosferyczne nie ulegają periodyczności 168-letniej ani też 84-letniej, na co wskazują pierwsza i druga składowe harmoniczne. Najdłuższy okres opadów w Warszawie jest równy  $\Theta = 112,5$  lat – o amplitudzie 57,6 mm.

Istnieje zbieżność prawdziwych okresów opadów atmosferycznych w Warszawie (1813–1980) z okresami otrzymanymi metodą autokorelacji (Kozuchowski, 1990), w paśmie dużych częstości zmian. Oto porównanie okresów opadów w Warszawie, wyznaczonych metodą sinusoid regresji, z okresami sum rocznych opadów w Polsce (1881–1980), obliczonymi metodą autokorelacji:

autorzy Atlasu	39,3	10,7	6,0	4,8	3,5	2,5	2,3 lat
K. Kozuchowski	39,9	11,0	6,7	4,7	3,4	2,7	2,4 lat

Roczne sumy opadów w Warszawie ulegają m.in. okresowości 39,25 lat, znacznie różniącemu się od cyklu 35-letniego, stwierdzonego przez E. Brücknera (1890).

Niedoskonałość metody autokorelacyjnej występuje w pasmach średnich częstości, a szczególnie małych częstości zmian (długich okresów).

Interesujące są też wyniki badań A. Ewerta (1984), dotyczące przestrzenno-czasowych zmienności opadów atmosferycznych w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem północno-zachodniej części Polski. Wyrównując np. ciągi chronologiczne opadów (1891–1980), cyrkulacji atmosferycznej (1891–1976), zachodniej składowej wiatru geostroficznego na poziomie 500 hPa w sektorze atlantycko-europejskim (1881–1976) wyjaśnia on mechanizm występowania ekstremów wiekowych.

Innym wskaźnikiem opadów atmosferycznych są odpływy rzek. Istotne znaczenie w określeniu wiekowych odpływów rzek mają wcześniejsze prace J. Stachy'ego (1968, 1970) oraz J. Jokiel i K. Kozuchowskiego (1989). J. Stachy stwierdza istotną statystyczną zależność między cyklami odpływów rzek i cyklami wiekowymi aktywności Słońca oraz zmianami wiekowymi cyrkulacji zachodniej, wschodniej, południkowej wg klasyfikacji Wengenheima.

Natomiast J. Jokiel i K. Kozuchowski dokonali analizy spektralnej (autokorelacyjnej) odpływów rzek. Trzeba zaznaczyć, że tylko okresy krótkie (do kilkunastu lat), wyznaczone tą metodą są wiarygodne.

Należy także wspomnieć o badaniach periodyczności odpływów rzek północno-wschodniej Europy metodą Boryczki (Gutry–Korycka, Boryczka, 1989). Odpływy ośmiu dużych rzek: Łaba (1856–1969), Niemen (1812–1979), Wisła (1901–1980), Odra (1901–1980), Newa (1859–1984), Göta–alv (1807–1979), Kymijoki (1900–1979) i Kemijoki (1911–1979) cechują się okresami 5–8 lat i 10–15 lat – zbliżonymi do cyklu 11-letniego aktywności Słońca. Nieco dłuższy cykl (17–22-letni) zaznacza się w odpływach sześciu rzek (bez Kymijoki i Kemijoki). Cykle 27–36-letni, zbliżone do brücknerowskiego, występują w przypadku siedmiu rzek (bez Odry). Najdłuższe cykle, które zostały wykryte, wynoszą: Newa – 132 lata, Łaba – 101 lat, Göta – 87 lat, Niemen – 67 lat. Dwa z tych cykli: Łaba i Göta oraz podane w publikacji J. Stachy’ego (1970): Weltawa – 86 lat, Niemen – 82 lata, Łaba – 85 lat, Dniepr – 88 lat są zbliżone do 91-letniego cyklu wiekowego aktywności Słońca (1749–1980).

Interesujące są też trendy wiekowe odpływów rzek, otrzymane metodami wprowadzonymi w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego, wynikające z nakładania się cykli naturalnych (okresowych) i składnika liniowego (antropogenicznego) – Boryczka, Stopa–Boryczka, 1984.

Zmiany wiekowe opadów atmosferycznych w Polsce – ich okresowość i trend czasowy – są częściowo rozwiązywane w ramach prac magisterskich (Dębska, 1986, Tomasiak, 1990, Grzęda, 1990, Michalska, 1992).

## 1. Wielookresowa zmienność opadów atmosferycznych

Cykliczność miesięcznych, sezonowych, półrocznych i rocznych sum opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813–1980 przedstawiono w tomie VII Atlasu (Boryczka, Stopa–Boryczka, Kicińska, Żmudzka, 1992).

Okresy miesięcznych sum opadów są zawarte w przedziałach: 3–6, 9–13, 15–23, 30–44, 51–67, 74–100, 113–129 lat.

Długości najdłuższych cykli ( $\Theta$ ) i ich amplitudy ( $b$ ) wynoszą:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$ (lata)	100	93	139	64	133	80	74	100	100	129	115	113
$b$ (mm)	2,1	7,9	6,7	2,5	3,8	8,1	8,3	4,2	4,5	7,5	4,4	4,0

We wszystkich miesiącach występuje okres 9–13 lat, zbliżony do 11-letniego cyklu aktywności Słońca:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$ (lata)	10	10	10	10	11	9	11	13	10	.	10	11
$2b$ (mm)	3,9	3,2	4,0	5,8	5,7	9,8	8,2	9,5	7,9	.	7,2	7,0

z wyjątkiem października (5–17 lat:  $2=11$  lat).

Na przykład w miesiącach I kwartału roku maksima cykli 10-letnich występują w latach:

I	1817	1827	1837	1847	1857	...	1917	1927	1937	1947	1957
II	1818	1828	1838	1848	1858	...	1918	1928	1938	1948	1958
III	1818	1828	1838	1848	1858	...	1918	1928	1938	1948	1958

IV 1818 1828 1838 1848 1858 ... 1918 1928 1938 1948 1958  
o maksymalnej aktywności Słońca:

$W_{\max}$  1817 1830 1837 1848 1860 ... 1917 1927 1937 1947 1957

W drugiej połowie XIX wieku i na początku XX wieku maksima opadów atmosferycznych występują podczas minimów aktywności Słońca:

1867, 1878, 1889, 1901, 1913, 1923.

Roczne sumy opadów atmosferycznych w Warszawie (1813–1980) ulegają okresowym zmianom:

$\Theta$  (lata) 6 16 19 58 112

$2b$  (mm) 28,4 36,0 31,6 30,9 30,0

Dwa najdłuższe cykle opadów opisują równania sinusoid regresji:

$$P = 569,3 + 30,86 \sin\left(\frac{2\pi}{58}t - 2,930\right)$$

$$P = 565,0 + 30,00 \sin\left(\frac{2\pi}{112}t - 0,861\right).$$

Istnieje zbieżność czasowa ekstremów cykli: opadów atmosferycznych – 58 lat, temperatury powietrza – 60 lat i aktywności Słońca – 59 lat:

$P_{\max}$	$T_{\max}$	$W_{\max}$
1796	1780	1781
1853	1840	1840
1912	1900	1899
1970	1960	1958
2028	2020	2017

Ekstrema cyklu 112 lat opadów o amplitudzie  $2b = 60$  mm przypadają na lata: maksima – 1631, 1743, 1855, 1967, 2079, a minima – 1687, 1799, 1911, 2023.

Krzywa wiekowych zmian sum rocznych opadów atmosferycznych w latach 1700–2100 ma kilka głównych maksimów ( $P_{\max}$ ) i minimów ( $P_{\min}$ ), np.:

Data	$P_{\max}$	Data	$P_{\min}$
1756	654 (mm)	1764	468 (mm)
1852	684	1824	466
1965	690	1938	457
2025	641	2017	486

Maksimum opadów  $P_{\max} = 690$  mm przypada w Warszawie na rok 1965, a minimum  $P_{\min} = 486$  mm wystąpi w roku 2017. Krzywa trendów czasowy zmian opadów atmosferycznych w latach 1991–2023 w zasadzie znajduje się poniżej normy  $P = 569,2$  mm ( $P$  – średnia suma roczna w latach 1813–1980). Innymi słowy, możemy oczekiwać w najbliższych dekadach opadów rocznych niższych od normy  $P = 569$  mm lub do niej zbliżonych.

Opady atmosferyczne w Warszawie są uwarunkowane przede wszystkim periodycznymi zmianami cyrkulacji zachodniej. Świadczą o tym analogiczne oscylogramy korela-

cji  $R$  ( $\Theta$ ) cyrkulacji zachodniej ( $C_W$ ) i opadów ( $P$ ) w latach 1891–1976, które otrzymano na podstawie ciągów chronologicznych średnich konsekwentnych 12-miesięcznych (o liczebności  $n = 1021$ ).

Istotnym rozszerzeniem badań okresowości opadów atmosferycznych w Polsce jest praca doktorska A. Michalskiej pt. *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce* (1998). Stosując tę samą metodę „sinusoid regresji” wyznaczania cykli (Boryczka, 1993) poddano analizie statystycznej 130-letnie ciągi chronologiczne (1861–1990) sezonowych i rocznych sum opadów w 6 miejscowościach w Polsce (Koszalin, Bydgoszcz, Poznań, Wrocław, Kraków i Warszawa).

W ciągach czasowych sum rocznych (ruchomych) opadów atmosferycznych w Polsce występują cykle o różnej długości (o największych współczynnikach korelacji i amplitudach  $\Delta P = P_{\max} - P_{\min} = 2b$ ):

	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$
Koszalin	3,3	73,1	7,0	69,4	11,1	71,2	41,2	44,8	93,6	70,4
Bydgoszcz	3,6	72,0	6,0	62,0	11,4	58,2	32,1	43,4	57,7	33,0
Poznań	3,6	61,8	6,8	55,8	9,9	76,8	35,1	32,4	54,3	51,2
Warszawa	3,7	58,8	6,0	72,6	11,3	51,0	32,0	62,8	112,0	38,6
Wrocław	3,3	62,2	5,0	83,8	9,8	74,4	29,1	45,6	92,0	55,2
Kraków	3,7	70,0	6,3	38,0	10,1	35,4	30,0	90,0	60,9	95,2

W przypadku Warszawy wyniki tych badań potwierdzają omówioną już cykliczność opadów atmosferycznych (z lat 1813–1980). Podobnie jest w przypadku opadów we Wrocławiu (1859–1979) i Krakowie (1850–1987), których cykliczność określono wcześniej (np. Boryczka, 1993).

Zestawione cykle opadów są istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05 wg testu Fishera–Snedecora o 2 i  $n - 3$  stopniach swobody.

## 2. Krótkookresowa zmienność opadów atmosferycznych (3,4–5,3 lat)

Najkrótszy cykl ( $\Theta$ ), jego amplituda ( $\Delta P = P_{\max} - P_{\min} = 2b$ ) są zróżnicowane na obszarze Polski:

	okres $\Theta$	amplituda $\Delta P$
Wiosna	3,5–3,9	21,6–27,2
Lato	3,4–5,0	26,2– <u>54,8</u>
Jesień	3,4–5,3	21,8–41,4
Zima	4,0–5,0	17,8–31,0

Cykl ten wyróżnia się dużymi wartościami współczynnika korelacji i amplitudami we wszystkich sezonach.

Okresowość 3,5-letnią zmiennych meteorologicznych wykryto już wcześniej w ciągach czasowych opadów atmosferycznych (Brazdil, Kożuchowski, 1986), zachmurzenia w Krakowie (Morawska–Horawska, 1985), odpływów Wisły (Jokiel, Kożuchowski, 1989), cyrkulacji na poziomie 500 hPa nad Polską i Bałtykiem (Kożuchowski, Stolarczyk, Wibik, 1994) oraz zasięgu zlodowacenia Bałtyku (Kożuchowski, 1994).

### 3. Okres 11-letni sezonowych sum opadów

Na ogół sumy roczne opadów atmosferycznych cechują się małymi amplitudami wahań w cyklu 11-letnim plam słonecznych (nieistotnymi statystycznie). Inaczej jest w przypadku ciągów czasowych sum opadów: wiosennych, letnich, jesiennych i zimowych.

Oto okresy ( $\Theta$ ) i amplitudy względne (%) odniesione do średnich sezonowych sum opadów  $\bar{P}^{-1}(P_{\max} - P_{\min})$ :

	Wiosna		Lato		Jesień		Zima		Rok	
	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%
Koszalin	11,9	16,6	9,9	9,7	11,1	22,8	10,1	17,6	11,1	10,6
Bydgoszcz	10,9	22,4	11,3	17,7	12,2	23,9	10,0	24,6	11,6	12,4
Poznań	10,5	21,0	9,9	23,4	10,7	19,3	10,0	24,7	10,7	15,2
Warszawa	12,0	23,7	11,2	13,8	10,2	10,6	10,1	25,9	11,3	9,5
Wrocław	10,2	27,4	9,7	16,7	9,9	13,2	9,9	17,4	9,8	13,9
Kraków	10,2	18,7	10,9	12,9	10,9	17,1	9,8	12,3	9,8	5,4

Amplitudy wahań sezonowych sum opadów atmosferycznych w cyklu 11-letnim są znaczące, w zimie przekraczają 25 sumy średniej ( $P$ ): Koszalin – 17,6%, Bydgoszcz – 24,7%, Poznań – 24,7%, Warszawa – 25,9%, Wrocław – 17,4%, Kraków – 12,3%. Największym zakresem wahań ( $P_{\max} - P_{\min}$ )  $\cdot \bar{P}$  cechują się wiosenne sumy opadów we Wrocławiu – 27,4%. Zakres wahań ( $2b$ ) rocznych sum opadów w cyklach 9,8–11,6 lat wynosi: Koszalin – 75 mm, Bydgoszcz – 65,2 mm, Poznań – 77 mm, Warszawa – 53,2 mm, Wrocław – 80,2 mm, Kraków – 36,4 mm. Wartości te odniesione do rocznych sum opadów są mniejsze: 10,6; 12,4; 15,2; 9,5; 13,9; 5,4%. Sezonowe i roczne sumy opadów atmosferycznych w badanych miejscowościach w Polsce w cyklu 11-letnim zmieniają się w przedziale 5,4–27,4%.

Cykliczność 11-letnia opadów atmosferycznych jest wywołana zmianami stałej słonecznej o 2,5% (Kondratiew, Nikolski, 1970) w cyklu 11-letnim plam słonecznych. Taka sama okresowość występuje w ciągach czasowych ogólnej cyrkulacji powietrza na Ziemi (np. wskaźnik  $NAO$ ), a także nad Europą (makrotyp  $W$  – 9,5 i 11,8 lat) i nad Polską (typy cyklonalne 8,5; 10,2; 12,9 lat).

Maksyma opadów atmosferycznych w cyklu około 11-letnim przypadają na ogół na lata o maksymalnej liczbie plam słonecznych:

	Okres $\Theta$	Data
Koszalin	11,1	1935 1946 1957
Bydgoszcz	11,4	1935 1947 1958
Poznań	9,9	1937 1947 1957

Warszawa	11,3	1936 1946 1957
Wrocław	9,8	1936 1946 1956
Kraków	10,1	1936 1947 1956

Według kalendarza liczb Wolfa maksymalna aktywność Słońca wystąpiła w latach: 1937 ( $W_{\max} = 114,4$ ), 1947 ( $W_{\max} = 151,6$ ), 1957 ( $W_{\max} = 189,9$ ). Maksimum absolutne liczby plam słonecznych (od 1700 r.) wystąpiło w roku 1957.

#### 4. Okresowość 28,5–43,5-letnia opadów (cykl Brücknera)

Opady atmosferyczne w Polsce w latach 1861–1990 cechują się okresowością 28,5–43,5-letnią, zbliżona do 35-letniego cyklu wykrytego przez Brücknera (1890):

	wiosna		lato		jesień		zima		rok	
	☉	R	☉	R	☉	R	☉	R	☉	R
Koszalin	34,7	0,24	34,9	0,16	31,6	0,13	31,4	0,20	40,9	0,13
Bydgoszcz	<u>33,5</u>	<u>0,32</u>	32,4	0,19	31,9	0,18	<u>43,3</u>	<u>0,26</u>	32,2	0,17
Poznań	34,9	0,22	32,9	0,12	42,9	0,24	.	.	35,1	0,11
Warszawa	34,7	0,26	30,0	0,11	32,8	0,23	.	.	32,1	0,24
Wrocław	33,1	0,20	29,6	0,18	<u>43,5</u>	<u>0,30</u>	40,0	0,13	29,3	0,16
Kraków	28,5	0,18	<u>31,2</u>	<u>0,25</u>	29,6	0,13	.	.	<u>30,1</u>	<u>0,30</u>

Okres około 30-letni występuje prawie we wszystkich ciągach czasowych sezonowych i rocznych sum opadów w Polsce w latach 1861–1990 (z wyjątkiem zimy).

Duże znaczenie ma porównanie odpowiednich pasm widm 25–37 lat opadów atmosferycznych np. w Krakowie (1850–1990) i cyrkulacji zachodniej (1891–1976) wg klasyfikacji Wangenheima. Pasma te prawie nie różnią się, a okresy wahań są bardzo zbliżone: opady – 29,6 lat, cyrkulacja – 30,5 lat

$$P = a_0 + 54,72 \sin\left(\frac{2\pi}{29,6}t + 2,14\right) \quad R = 0,33$$

$$C_w = a_0 + 19,08 \sin\left(\frac{2\pi}{30,5}t + 1,178\right) \quad R = 0,36$$

Wahania rocznych sum opadów w Krakowie w latach 1850–1990 w cyklu 29,6 lat wynoszą 109,44 mm i są większe niż w cyklu rocznym (63,28 mm).

Oto daty występowania maksymalnych opadów atmosferycznych w Krakowie w cyklu 29,6 lat: 1906, 1935, 1965, 1994, 2024.

Cykle około 30-letnie opadów są istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05 wg testu Fishera–Snedecora. Amplitudy ich spełniają nawet kryterium Schustera ( $b \geq 3 \cdot E$ ,  $E$  – wartość przeciętna).

Interesujące jest, że szerokość pasma 29,50 lat ( $R = 0,68$ ) odległość środka masy Układu Słonecznego od płaszczyzny ekliptyki wynosi również 25–35 lat. Zbliżona jest też szerokość pasma okresu 35,4 lat ( $R = 0,41$ ) planetarnych sił pływowych na Słońcu i pasma 29,5 lat ( $R = 0,70$ ) dyspersji masy Układu Słonecznego względem płaszczyzny ekliptyki (Boryczka, 1993).

W kilku ciągach sezonowych i rocznych sum opadów występuje okresowość około 100-letnia: Warszawa – 112 lat (rok), 92,5 lat (jesień), Koszalin – 93,6 lat (rok), 109 lat (wiosna), 105 lat (lato), Wrocław – 92,0 lat (rok), 93,8 lat (jesień).

Opady atmosferyczne w Polsce w przekroju wieloletnim 1861–1990 cechują się z reguły małą tendencją, nieistotną statystycznie. Wyjątek stanowi: Koszalin – 19,9 mm/100 lat (jesień), Bydgoszcz – 18,3 mm/100 lat (lato), Wrocław – 23,9 mm/100 lat (lato), gdzie tendencja jest znacząca.

Krzywa wiekowych zmian sum rocznych opadów w Warszawie w latach 1700–2100 ma kilka wyraźnych minimów ( $P_{\min}$ ) i maksimów ( $P_{\max}$ ), np.:

$P_{\min}$	Data	$P_{\max}$	Data
468 (mm)	1764	654 (mm)	1756
466	1824	684	1852
457	1938	690	1965
486	2017	641	2025

Maksimum opadów  $P_{\max} = 690$  mm przypada w Warszawie na rok 1965, a minimum  $P_{\min} = 486$  mm wystąpi w roku 2017. Opady atmosferyczne w latach 1991–2023 będą w zasadzie poniżej normy  $\bar{P} = 569,2$  mm ( $\bar{P}$  – średnia suma roczna w latach 1813–1980) lub będą do niej zbliżone.

Przykładowo podano poniżej także odchylenia od normy ( $\bar{P} = 569$  mm) prognozowanych rocznych sum opadów atmosferycznych w latach 1991–2010:

1991	-59 (mm)	2001	-67 (mm)
1992	-79	2002	-119
1993	-66	2003	-37
1994	20	2004	48
1995	50	2005	-16
1996	-47	2006	-49
1997	-50	2007	-10
1998	-36	2008	47
1999	-119	2009	20
2000	-96	2010	-80

Opady atmosferyczne w Polsce są uwarunkowane przede wszystkim periodycznymi zmianami cyrkulacji zachodniej. Świadczą o tym analogiczne oscylogramy korelacji  $R(\Theta)$  cyrkulacji zachodniej ( $C_w$ ) i opadów ( $P$ ) w latach 1891–1976, które otrzymano na podstawie ciągów chronologicznych – średnich konsekwentnych 12-miesięcznych o liczebności  $n = 1021$  (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1992).

## IX. SYNCHRONICZNOŚĆ KRÓTKICH CYKLI KLIMATU MIAST W EUROPIE

Spór naukowy, czy rytmy klimatyczne są realne, trwa już prawie 100 lat, od ukazania się publikacji E. Brücknera (1890) o 35-letnim rytmie klimatycznym. E. Brückner uzasadniał, że istnieje jeden rytm, którego długość ma rozkład gaussowski o wartości średniej 35 lat. Okazało się, że widma wyznaczone metodami statystycznymi zawierają więcej rytmów klimatycznych.

W badaniach współczesnych zmian klimatu ważnym problemem jest wykrycie prawdziwych, naturalnych okresów klimatycznych, astronomicznych i geologicznych. Analogiczna okresowość „skutków” i domniemanych „przyczyn” umożliwia identyfikację naturalnych czynników wywołujących przy udziale składnika losowego (cyrkulacji atmosferycznej) głównie ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi.

### 1. Okresowość około 4-letnia temperatury powietrza, opadów i cyrkulacji atmosferycznej

Ciągi czasowe temperatury powietrza w Europie cechują się okresowością około 4-letnią o zakresie zmian  $\Delta T = 2b$  (tab. 83).

Tab. 83. Okresy około 4-letnie temperatury powietrza w niektórych miastach Europy  
The close-to-4-year periods of air temperature in some European towns

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$
Warszawa	3,5	1,18	4,0	0,75	3,9	0,78	4,7	0,66	4,7	0,51
Praga	3,5	1,21	4,4	0,55	3,9	0,61	4,7	0,65	4,7	0,41
Genewa	3,8	0,65	3,9	0,48	3,9	0,53	3,7	0,47	3,9	0,29
Anglia	3,8	0,48	3,7	0,29	3,1	0,36	4,3	0,29	5,2	0,21

Analogiczna okresowość 3,0–4,8-letnia występuje w seriach sezonowych i rocznych opadów atmosferycznych (tab. 84).

Tab. 84. Okresy 3,0–4,8-letnie opadów atmosferycznych w wybranych miejscowościach w Polsce (1861–1990)  
The 3,0–4,8 year long periods of atmospheric precipitation in selected localities in Poland (1861–1990)

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$	$\Theta$	$\Delta P$
Warszawa	4,8	21,0	3,6	25,0	3,4	40,0	2,6	21,8	3,6	68,6
Kraków	4,0	16,4	3,5	35,0	2,9	54,8	3,4	36,4	3,4	61,2
Wrocław	3,5	15,8	3,0	24,0	3,2	38,0	3,7	27,4	3,3	65,6



Zakres zmian w stosunku do sum sezonowych np. w Warszawie wynosi: zima  $-\bar{P} = 98 \text{ mm}$ ,  $\frac{\Delta P}{\bar{P}} = 21,4\%$ , lato  $-\bar{P} = 216 \text{ mm}$ ,  $\frac{\Delta P}{\bar{P}} = 11,6\%$ .

Taką samą okresowość ma cyrkulacja atmosferyczna i makrotyp *E*, południkowa (wg klasyfikacji Wangerheima–Girsa, 1891–1976) i typy cyklonalne (wg Osuchowskiej–Klein, 1901–1975). Okresy ( $\Theta$ ) i współczynniki korelacji (*R*) podano w tabeli 85.

Tab. 85 Okresy 2,8–4,4–letnie cyrkulacji atmosferycznej  
The 2,8–4,4 year long periods of atmospheric circulation

Cyrkulacja	Zima		Wiosna		Lato		Jesień	
	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>
Makrotyp <i>E</i>	3,0	0,28	3,0	0,25	4,4	0,21	2,9	0,22
Południkowa	3,0	0,28	3,3	0,32	4,3	0,29	2,8	0,32
Cyklonalna	4,2	0,29	3,5	0,30	2,8	0,33	3,4	0,30

Podobna okresowość 3,1 i 5,5–letnia o amplitudzie  $\Delta h = 2,2$  i  $2,9 \text{ cm}$  występuje w ciągach czasowych średniego poziomu Morza Bałtyckiego, a cykl 3,1–letni maksymalnych rocznych poziomów ma największą amplitudę  $\Delta h_{\max} = 12,5 \text{ cm}$  (Kozuchowski, Boryczka, 1997).

Okresowością 3,4–5,0–letnią wyróżniają się również odpływy rzeki Göty–Alv (1807–1979), odpływy Wisły (Jokiel, Kozuchowski, 1989, Gutry–Korycka, Boryczka, 1990), zlodzenia Bałtyku (Kozuchowski, 1994).

Istnieje także 3,0–letni cykl erupcji wulkanów (*DVI*).

Trzeba zaznaczyć, że przyczyną tych około 4–letnich okresów jest prawdopodobnie najsilniejszy okres 4,0–letni ( $R = 0,37$ ) planetarnych sił pływowych na Ziemi w latach 1700–2000, które sumują się ze znacznie większymi siłami pływowymi Księżyca i Słońca. Nieobecność tego okresu w widmie aktywności Słońca wskazuje, że jest to cykl pływów atmosfery.

## 2. Okresowość około 8–letnia temperatury powietrza, cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca

W Europie (i w Polsce) dominują około 8–letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach  $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$  (tab. 86).

Tab. 86. Okresowość około 8–letnia temperatury powietrza w Europie ( $\Delta T$  w  $^{\circ}\text{C}$ )

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$
Warszawa	8,3	1,52	7,8	0,81	7,1	0,57	6,5	0,62	7,7	0,59
Praga	7,7	1,23	6,9	0,71	8,4	0,45	7,5	0,43	7,8	0,48
Genewa	8,5	0,68	7,8	0,53	7,8	0,41	6,8	0,47	7,4	0,40
Anglia	7,7	0,49	6,9	0,31	8,3	0,29	7,3	0,36	7,4	0,26

Zakres wahań temperatury powietrza np. w Warszawie w zimie w cyklu 8,3-letnim wynosi  $\Delta T = 1,5^{\circ}\text{C}$ , a średniej rocznej (okres 7,7 lat) –  $0,6^{\circ}\text{C}$ .

Zbliżoną okresowością cechuje się cyrkulacja atmosferyczna (tab. 87).

Tab. 87. Okresowość około 8-letnia makrotypów cyrkulacji *E*, *W*, południkowej *C*, typów cyklonalnych i indeksu cyrkulacji strefowej

The close-to-8-year periodicity of the macrotypes of *E*, *W*, and meridional *C* circulation, the cyclonal types and the index of zonal circulation

Cyrkulacja	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>	$\Theta$	<i>R</i>
Makrotyp <i>E</i>	7,4	0,26	7,7	0,22	7,0	0,17	7,7	0,31	8,0	0,20
Makrotyp <i>W</i>	7,6	0,20	9,0	0,27	6,3	0,28	7,6	0,32	9,4	0,26
Południkowa <i>C</i>	7,6	0,32	8,9	0,30	6,9	0,21	6,5	0,25	7,8	0,26
Typy cyklonalne	7,4	0,41	5,4	0,31	7,9	0,28	6,9	0,18	8,5	0,24
Strefowa	7,8	0,28	8,3	0,29	8,9	0,16	7,7	0,21	8,9	0,19

Cykle 7,7–8,3-letnie temperatury w Europie (w zimie) są kształtowane głównie zbliżoną cyklicznością 7,4-letnią typów cyklonalnych ( $R = 0,41$ ) i 7,6-letnią cyrkulacji południkowej ( $R = 0,32$ ).

Okresowość 7,7-letnią temperatury powietrza stwierdzono także w Alpach (Lorenc, 1994), a wcześniej w kilkudziesięciu seriach europejskich (Malcher, Schönwiese, 1987). Okres 7,8-letni występuje również w serii pomiarów (od 1720 roku) zlodowacenia Bałtyku (Kozuchowski, 1994).

W ciągach czasowych liczb Wolfa w latach w latach 1749–1993 i 1700–1993 występują okresy: 8,1 i 8,5 lat, o amplitudzie  $\Delta W = 2b = 21,2$  i 23,5. Wskaźnik zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze (*DVI*) ma okres 7,9 lat.

Taki sam okres stwierdzono w zmienności parametrów Układu Słonecznego w latach 1700–2000: przyspieszenie Słońca – 7,8 lat oraz planetarnych sił pływowych na Słońcu.

Istotny wpływ na cyrkulację atmosferyczną może mieć 8,85-letni okres obiegu po orbicie Księżyca linii perygeum–apogeum. Składowa pozioma wypadkowej sił pływowych Księżyca i Słońca jest znacząca i prawdopodobnie powoduje cykliczność około 8-letnią cyrkulacji atmosferycznej.

Cykl około 8-letni temperatury powietrza (cyrkulacji atmosferycznej) dominuje dlatego, że nakładają się efekty planetarnych sił pływowych na Słońcu (poprzez zmienność aktywności Słońca – stałej słonecznej) ze znacznie większymi siłami pływowymi Księżyca i Słońca. Pływy atmosfery ziemskiej są dotychczas mało znane ze względu na złożony ruch Księżyca (jego zmienną orbitę). Składowa pionowa sił pływowych księżycowo-słonecznych jest mała w porównaniu z przyspieszeniem ziemskim i powoduje niewielkie zmiany grubości atmosfery (rozciąganie). Natomiast składowa pozioma, działająca przez dłuższy czas, odgrywa prawdopodobnie znaczną rolę w cyrkulacji wód oceanicznych (prądów morskich, w tym El Niño) i przemieszczaniu się wyżów i niżów (Boryczka, 1998).

### 3. Cykl około 11-letni temperatury powietrza, opadów i aktywności Słońca

Od dawna znana jest cykliczność około 11-letnia temperatury powietrza, wiązana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Okresy 10–13-letnie temperatury powietrza i amplitudy (w °C) w wybranych miejscowościach, w poszczególnych sezonach i w roku zestawiono w tab. 88.

Tab. 88. Cykle około 11-letnie temperatury powietrza i amplitudy  $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$  w wybranych miejscowościach Europy  
The close-to-11-year cycles of air temperature and amplitude  $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$  in selected localities of Europe

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$	$\Theta$	$\Delta T$
Warszawa	10,2	0,7	<u>11,2</u>	<u>0,7</u>	10,4	0,2	10,6	0,4	10,5	0,2
	<u>11,9</u>	<u>0,5</u>	12,1	0,4	<u>11,3</u>	<u>0,3</u>	<u>11,4</u>	<u>0,2</u>	<u>11,1</u>	<u>0,3</u>
	12,9	1,0	12,9	0,8	13,3	0,3	11,8	0,2	12,9	0,4
Praga	10,1	1,0	<u>11,2</u>	<u>0,6</u>	9,7	0,4	10,4	0,5	10,3	0,4
	<u>11,8</u>	<u>0,5</u>	12,1	0,3	<u>11,7</u>	<u>0,2</u>	<u>11,1</u>	<u>0,2</u>	<u>11,4</u>	<u>0,2</u>
	12,9	0,8	13,0	0,6	12,8	0,4	11,9	0,2	12,9	0,4
Genewa	11,1	0,4	10,3	0,8	10,6	0,4	10,4	0,4	10,3	0,3
	<u>11,7</u>	<u>0,6</u>	<u>11,2</u>	<u>0,4</u>	<u>11,3</u>	<u>0,3</u>	<u>11,2</u>	<u>0,1</u>	<u>11,1</u>	<u>0,2</u>
	12,4	0,7	12,0	0,2	12,0	0,1	12,5	0,1	11,9	0,2
Anglia	11,1	0,4	10,5	0,3	10,0	0,3	10,3	0,4	10,1	0,1
	<u>11,7</u>	<u>0,6</u>	<u>11,1</u>	<u>0,2</u>	<u>11,1</u>	<u>0,2</u>	<u>11,2</u>	<u>0,2</u>	<u>11,1</u>	<u>0,2</u>
	12,4	0,7	11,6	0,2	12,8	0,4	12,6	0,3	12,5	0,2

Zakres wahań temperatury powietrza w tym około 11-letnim cyklu jest na ogół ponad dwukrotnie większy w zimie (0,4–1,0°C) niż w lecie (0,1–0,4°C).

Okazało się, że istotna statystycznie jest również okresowość około 11-letnia sezonowych sum opadów atmosferycznych w Polsce (tab. 89).

Tab. 89. Okresy około 11-letnie i amplitudy względne ( $\Delta P \cdot \bar{P}^{-1}$  w %) sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych w wybranych miejscowościach w Polsce (1861–1990)

The close-to-11-year cycles and relative amplitude ( $\Delta P \cdot \bar{P}^{-1}$  w %) of the seasonal and annual precipitation dums in selected localities in Poland (1861–1990)

Miejscowości	Zima		Wiosna		Lato		Jesień		Rok	
	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%	$\Theta$	%
Warszawa	10,1	<u>25,9</u>	12,0	23,7	11,2	13,8	10,2	10,6	11,3	9,5
Kraków	9,8	12,3	10,2	18,7	10,3	12,9	10,9	17,1	9,8	5,4
Wrocław	9,9	17,4	10,2	27,4	9,7	16,7	9,9	13,2	9,8	13,9

Zakres zmienności sezonowych sum opadów atmosferycznych w cyklach 9,8–12,0 lat w stosunku do średnich wartości z lat 1861–1990 ( $\bar{P}$ ) jest duży – w zimie przekracza 1/4 część sumy  $\bar{P}$ . Amplitudy względne  $(P_{\max} - P_{\min}) \cdot \bar{P}^{-1}$  na ogół są większe w zimie niż w lecie, w przypadku sum rocznych zawierają się w przedziale 5,4–13,9%.

Przyczyną okresów około 11–letnich temperatury powietrza i opadów atmosferycznych jest niewątpliwie 11–letni cykl aktywności Słońca (i stałej słonecznej, tab. 90).

Tab. 90. Cykle około 11–letnie liczb Wolfa i stałej słonecznej w latach 1700–1993  
The close-to-11-year cycles of the Wolf numbers and the solar constant in the years 1700–1993

Liczby Wolfa		Stała słoneczna	
$\Theta$	$\Delta W$	$\Theta$	$\frac{\Delta s}{s} \%$
10,0	48,3	10,1	0,32
10,5	44,7	10,5	0,51
11,0	<u>60,1</u>	11,1	<u>0,94</u>
12,0	32,2	11,9	0,29

Oto równanie cyklu 11,1–letniego (średniego w latach 1700–1993) stałej słonecznej.

$$s = 1,9435 + 0,009163 \sin\left(\frac{2\pi}{11,1} t - 1,9549\right)$$

o minimalnej wariancji resztkowej  $\varepsilon^2 = 7,1 \cdot 10^{-5}$  i współczynnika korelacji  $R = 0,609$ .

Zakres zmian stałej słonecznej w cyklu 11,1–letnim stanowi prawie 1% średniej wartości  $1,94 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$  w latach 1700–1993. W pojedynczych 11–letnich cyklach plam słonecznych stała słoneczna zmienia się maksymalnie o 2,5% (Kondratiew, Nikolski, 1970).

Cykliczność 9–14–letnia aktywności Słońca jest prawdopodobnie związana z okresem 11,86 lat obiegu największej planety (Jowisza) dookoła Słońca. Okres ten dominuje w ciągach czasowych: wypadkowej siły grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce (11,8 lat,  $R = 0,40$ ), całkowitego momentu pędu planet (11,9 lat,  $R = 0,75$ ) i dyspersji masy planet w Układzie Słonecznym (11,9 lat,  $R = 0,58$ ).

Należy też podkreślić, że okresowość około 11–letnia występuje w ciągach czasowych (1680–1980) erupcji wulkanicznych: wskaźnika zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze  $\log DVI - \Theta = 11,4 \text{ lat}$ ,  $R = 0,31$ ; aktywności wulkanicznej  $\log \frac{DVI}{\Delta t} - \Theta = 11,7 \text{ lat}$ ,  $R = 0,29$  i odstępu czasu  $\Delta t$  między kolejnymi erupcjami eksplozywnymi –  $\Theta = 12,1$ ,  $R = 0,21$ .

Analogiczna okresowość zmiennych geologicznych, astronomicznych i klimatologicznych świadczy o grawitacyjnych uwarunkowaniach okresowości.

#### 4. Nakładanie się cykli aktywności Słońca, cyrkulacji atmosferycznej, temperatury powietrza i opadów

Cykle liczby plam słonecznych ( $W$ ), cyrkulacji atmosferycznej (wschodniej  $C_E$ , zachodniej  $C_W$ , południkowej  $C$ ), temperatury powietrza ( $T$ ) i opadów atmosferycznych ( $P$ ) i trendy czasowe, które są ich wypadkową, wskazują, iż zmiany klimatu Europy (i Polski) w XIX i XX wieku były kształtowane głównie przez aktywność Słońca (Boryczka, Stopa–Boryczka i inni, 1992).

Minimum absolutne aktywności Słońca przypada na najsłabszy cykl pojedynczy 1811–1823, a maksimum – na najsilniejszy cykl 1959–1964. Maksimum aktywności Słońca 189,9 wystąpiło w roku 1957. Te ekstrema absolutne liczby plam słonecznych były wywołane nałożeniem się 4 głównych cykli:

$$W = 50,41 + 27,45 \sin\left(\frac{2\pi}{11}t + 1,071\right)$$

$$W = 50,17 + 12,80 \sin\left(\frac{2\pi}{59}t - 1,901\right)$$

$$W = 48,09 + 18,84 \sin\left(\frac{2\pi}{91}t + 0,012\right)$$

$$W = 46,51 + 9,856 \sin\left(\frac{2\pi}{179}t - 1,32\right) \quad (\text{dane } 1700\text{--}1978)$$

Oto daty minimów i maksimów tych sinusoid regresji:

	minima	maksima
cykl 11 lat	1810	1959
cykl 59 lat	1811	1959
cykl 91 lat	1817	1954
cykl 179 lat	1871	1960

Liczba plam słonecznych cechuje się stałą tendencją wzrostową  $\frac{\partial W}{\partial t} = 8/100$  lat.

Minimum absolutne średniej rocznej temperatury powietrza  $T_{\min} = 6,5^\circ\text{C}$  (wg trendu  $F(t)$ ) przypada na rok 1823, w którym wystąpiło minimum absolutne aktywności Słońca (1811–1823 – najsłabszy cykl). Maksimum absolutne  $T_{\max} = 8,5^\circ\text{C}$  nieco wyprzedza datę maksimum absolutnego aktywności Słońca (1957).

Temperatura powietrza, podobnie jak aktywność Słońca w ostatnich dwóch stuleciach, wzrosła o  $0,6^\circ\text{C}/100$  lat:

$$W = 36,10 + 0,0803 t \quad (1700\text{--}1978),$$

$$T = 6,88 + 0,0058 t \quad (1779\text{--}1979).$$

Ten stały wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie jest wynikiem nakładania się naturalnych cykli – głównie 89 lat i 194 lat. To postępujące ocieplenie klimatu w XVIII–XX wieku jest prawdopodobnie uwarunkowane wzrostem aktywności Słońca. Temperatura powietrza jest dodatnio skorelowana z liczbą plam słonecznych.

Cykle rocznych wartości: temperatury powietrza – 60 lat, aktywności Słońca – 59 lat i cyrkulacji atmosferycznej – 61 lat są synchroniczne:  $t = 0$

$$T = 7,45 + 0,133 \sin\left(\frac{2\pi}{60}t + 1,363\right) \quad 1778$$

$$W = 50,17 + 12,80 \sin\left(\frac{2\pi}{59}t - 1,901\right) \quad 1748$$

$$C = 95,09 + 19,68 \sin\left(\frac{2\pi}{61}t + 1,525\right) \quad 1850$$

Maksima tych sinusoid regresji występują w tym samym czasie:

$T_{\max}$	$W_{\max}$	$C_{\max}$
1780	1781	1768
1840	1840	1829
1900	1899	1890
1960	1958	1951
2020	2017	2012

Synchroniczne są także cykle średnich rocznych wartości: temperatury powietrza – 89 lat i aktywności Słońca – 91 lat:

$$T = 7,46 + 0,199 \sin\left(\frac{2\pi}{89}t + 2,474\right)$$

$$W = 48,09 + 18,84 \sin\left(\frac{2\pi}{91}t + 0,012\right) \cdot$$

Ich minima przypadają na lata:

$T_{\min}$	$W_{\min}$
1632	1634
1721	1725
1810	1816
1898	1907
1988	1998
2077	2089

Minimum średniej rocznej temperatury powietrza w cyklu 194 lat:

$$T = 7,457 + 0,557 \sin\left(\frac{2\pi}{194}t + 3,042\right)$$

występuje w latach: 1636, 1830, 2024 – znacznie różniących się od dat minimów wiekowych aktywności Słońca w cyklu 179 lat: 1693, 1872, 2051.

Najdłuższymi cyklami temperatury powietrza w Warszawie w poszczególnych miesiącach są:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\Theta$	187	177	207	199	162	90	158	147	180	98	100	101
$b$	1,40	0,75	1,05	0,62	0,60	0,53	0,38	0,22	0,24	0,40	0,30	0,36

Minima tych cykli o dość dużych amplitudach  $2b$ , od  $0,44^{\circ}\text{C}$  (sierpień) do  $2,8^{\circ}\text{C}$  (styczeń), przypadają na lata:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1825	1829	1820	1832	1848	1816	1845	1867	1832	1799	1807	1797
2013	2005	2027	2031	2010	1996	2003	2014	2012	1995	2007	1999

W drugiej połowie XIX i na początku XX wieku maksima opadów występują podczas minimów aktywności Słońca: 1878, 1889, 1901, 1913, 1923.

Roczne sumy opadów atmosferycznych w Warszawie (1813–1980) ulegają okresowym zmianom:

$\Theta$	6	16	19	58	112 lat
$b$	28,4	36,0	31,6	30,9	30,0

Dwa najdłuższe cykle opadów opisują równania sinusoid regresji:

$$P = 569,3 + 30,86 \sin\left(\frac{2\pi}{58}t - 2,930\right)$$

$$P = 565,0 + 30,00 \sin\left(\frac{2\pi}{112}t - 0,861\right)$$

Istnieje zbieżność czasowa ekstremów cykli: opadów atmosferycznych – 58 lat, temperatury powietrza – 60 lat i aktywności Słońca – 59 lat:

$P_{\max}$	$T_{\max}$	$W_{\max}$
1796	1780	1781
1853	1840	1840
1912	1900	1899
1970	1960	1958
2028	2020	2017

Ekstrema cyklu 112 lat opadów o amplitudzie  $2b = 60$  mm przypadają na lata: maksimum – 1631, 1743, 1855, 1967, 2079, a minima – 1687, 1799, 1911, 2023.

Jest on znacznie dłuższy od cykli: 87–99 lat – cyrkulacji zachodniej, 89 lat – temperatury powietrza i 91 lat – aktywności Słońca.

Prawie we wszystkich miesiącach wykryto cykle 9–13 lat opadów atmosferyczny, zbliżone do cyklu 11-letniego aktywności Słońca.

Istnieje ogólna prawidłowość, że cyrkulacja wschodnia w latach 1891–1980 ma tendencję rosnącą ( $a > 0$ ), a zachodnia – malejącą ( $a < 0$ ). Natomiast składnik liniowy cyrkulacji południkowej ( $\Delta C = at$ ) zmienia znak w ciągu roku.

Spór naukowy w literaturze klimatologicznej, czy rytmy są zdeterminowane, czy też są przypadkowe (ostatnio – wg teorii chaosu nieliniowych układów dynamicznych, modulacji – wg analizy falkowej Morleta, 1983), trwa nadal, zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu.

Wbrew teorii chaosu uznano w klimatologii bardzo długie okresy temperatury: 90 000, 42 000, 21 000 lat, zdeterminowane wahaniami stałej słonecznej, wywołanymi zmianami parametrów orbity Ziemi (teoria Milankowicza, 1938). Później okresy te

potwierdzone zostały na podstawie ciągów czasowych izotopów tlenu ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ), zawartych w osadach morskich i rdzeniach lodowców.

Okresowość ta spowodowała cztery zlodowacenia Ziemi od 1 000 000 lat, a także ochłodzenia i ocieplenia od 130 000 lat (Lockwood, 1979). Czy można te długie okresy temperatury ekstrapolować? – tak, bowiem są one zdeterminowane przez okresowe wahania orbity Ziemi.

Podobnie jest w przypadku 17–20–letniego okresu poziomu morza. Okres ten jest zdeterminowany przez 18,6–letni okres precesji luni–solarnej (pływy wód morskich).

Okresy okołowiekowy i dwuwiekowy powtarzają się wielokrotnie w ciągach czasowych dendrometrycznych (danych tysiącletnich) i sedymentologicznych.



## X. ZAKOŃCZENIE

W historii klimatu Europy ochłodzenia i ocieplenia były wywoływane zmianami promieniowania całkowitego, tj. stałej słonecznej i koncentracji pyłów wulkanicznych w stratosferze (Boryczka, 1998). O astronomicznych przyczynach współczesnych zmian klimatu Europy świadczy silna korelacja aktywności Słońca (stałej słonecznej) ze zmianami zachodzącymi w Układzie Słonecznym. Z parametrami Układu Słonecznego skorelowane są także zmienne charakteryzujące klimat: cyrkulacja atmosferyczna, temperatura powietrza, opady atmosferyczne, odpływy rzek, poziom morza, a nawet erupcje wulkaniczne.

Analogiczne okresy aktywności Słońca, zmiennych klimatologicznych i parametrów Układu Słonecznego wskazują na pośredni wpływ (poprzez stałą słoneczną) zmian Układu Słonecznego na klimat Ziemi. Poza tym planetarne siły pływowe na Słońcu są w znacznie większe niż pływy atmosfery Ziemi. Silne przyciąganie grawitacyjne planet powoduje ruch Słońca (o tak dużej masie) dookoła środka Układu Słonecznego.

W widmie aktywności Słońca (i stałej słonecznej) dominują okresy planetarne obiegu czterech największych planet dookoła Słońca: Jowisza - 11,86 lat, Saturna - 29,46 lat, Urana - 84,02 lat i Neptuna - 164,79 lat. Jeszcze bardziej dominują okresy wzajemnego położenia par planet: 19,86 lat (Jowisz-Saturn), 13,8 lat (Jowisz-Uran), 12,78 lat (Jowisz-Neptun), 45,36 lat (Saturn-Uran), 35,87 lat (Saturn-Neptun), 171,47 lat (Uran-Neptun).

Planetarne okresy dominują również w kilkudziesięciu seriach pomiarowych różnych zmiennych w Europie. Mało prawdopodobne jest, by obecność kilku takich samych okresów w licznych ciągach chronologicznych np. temperatury powietrza w zimie, lecie, wiosną i jesienią była przypadkowa (mimo bardzo zmiennej lokalnej cyrkulacji powietrza). Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest bliskie zera.

O zależności (w sensie fizycznym) aktywności Słońca od parametrów Układu Słonecznego najbardziej przekonuje wspólny okres 178,9-letni. Jak wykazano w pracach (Boryczka, 1993, 1998), co 178,9 lat powtarzają się wartości roczne: odległości środka masy, wypadkowej siły grawitacji planet, dyspersji masy w Układzie Słonecznym i innych, a także - z wyjątkiem niektórych lat wartości liczb Wolfa (stałej słonecznej).

Podobną właściwość ma seria Manley'a średnich rocznych wartości temperatury powietrza w Anglii Środkowej w latach 1659-1973. W tym przypadku trudno byłoby znaleźć ciąg  $y_i$  liczb losowych, by jego 50 wyrazów (1700-1750 i 1878-1928) po numerze  $i = 178$  było zbliżone do pierwszych 50-ciu. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest w praktyce równe zeru.

Należy podkreślić, że ten fundamentalny, grawitacyjny okres zmian układu Słonecznego jest wypadkową (superpozycją) wszystkich planetarnych okresów. Tak więc wykryte okresy w seriach pomiarów klimatologicznych (istotne wg testu Fishera-Snedecora), zbliżone do okresów parametrów Układu Słonecznego, realnie występują - nie są samowzbudne, losowe.

Nie są jeszcze poznane mechanizmy przenoszenia zmian Układu Słonecznego do układu Ziemia-atmosfera (poza stałą słoneczną). Mimo to wykryta okresowość zmiennych klimatologicznych - także około 100- i 200-letnia może być wykorzystywana do rekonstrukcji klimatu w ostatnich stuleciach oraz w prognozach na XXI wiek.

W prognozach naturalnych zmian klimatu w XXI wieku przyjęto założenie, że wykryte cykle w seriach pomiarowych z XVIII–XX wieku będą się nadal powtarzać w przyszłym stuleciu.

Do przyjęcia takiego założenia upoważnia również obecność okresów około 100– i 200–letnich w ciągach czasowych: paleotemperatury, określonej na podstawie stosunku izotopów tlenu  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (Johnsen i inni, 1970), substancji organicznych i węglanów wapnia zdeponowanych w jeziorach w Polsce (Boryczka, Wicik, 1994).

Okresy około 100– i 200–letnie powtarzają się wielokrotnie w ciągach czasowych zmiennych sedymentologicznych: paleotemperatury, substancji organicznych, węglanów wapnia i odległości między warstewkami piasku w jeziorze górskim Wielki Staw (wskaźnik obfitości opadów atmosferycznych).

W prognozach zmian klimatu w przyszłym wieku niezbędne jest uwzględnienie długookresowych części widm, gdyż okresy długie, a zwłaszcza około 200–letnie, cechują się dużą amplitudą w sezonach rzędu  $2^{\circ}\text{C}$ .

Trendy czasowe to składniki deterministyczne ciągów wyników pomiarów. W istocie służą one do interpolacji (w przedziale) i ekstrapolacji wartości poza przedział aproksymacji. Określają one ogólną tendencję zmian klimatu (minima i maksima wiekowe) – umożliwiają rekonstrukcję klimatu i jego prognozę. Ze względu na składniki losowe (reszty  $\varepsilon_i$ ) nie można przewidzieć z wyprzedzeniem nawet jednego roku konkretnej wartości. Dotyczy to również cykli dobowego i rocznego.

Według teorii wnioskowania statystycznego trend hipotetyczny (w populacji) zawiera się w granicach  $f(t) \pm 1,96 \delta$  – z prawdopodobieństwem 95%. Reszty  $\varepsilon_i = T_i - f(t)$  mają rozkład prawdopodobieństwa zbliżony do rozkładu normalnego o parametrach 0,  $\delta$ , gdzie  $\delta$  - błąd standardowy.

Część globalnych zmian klimatu Ziemi jest niewątpliwie efektem nakładania się krótkich i długich naturalnych okresów temperatury powietrza; quasi okresowe zmiany klimatu w Warszawie w latach 1700–2100 w zimie i w lecie przedstawiono na wykresach w publikacjach wcześniejszych (Boryczka, 1993, 1998). Są to wypadkowe (superpozycje) istotnych statystycznie podanych już wcześniej okresów. Krzywe te dobrze aproksymują wyniki pomiarów temperatury powietrza w przedziale aproksymacji 1779–1980. Zgodne są daty ekstremów (głównych minimów i maksimów) z najchłodniejszymi i najcieplejszymi zimami i sezonami letnimi.

Proste regresji w przedziale aproksymacji 1779–1990 określają tendencje rosnące: w zimie –  $0,9^{\circ}\text{C}/100$  lat, w lecie –  $0,2^{\circ}\text{C}/100$  lat. Są to średnie tendencje naturalnych zmian temperatury w latach 1779–1990, które mało różnią się od wyznaczonych na podstawie wyników pomiarów.

Najmroźniejsze zimy, o średniej temperaturze  $-7^{\circ}\text{C}$ , wystąpią w połowie przyszłego stulecia około roku 2050. Będą one nieco łagodniejsze niż na początku XIX wieku, ze względu na coraz większy składnik antropogeniczny. Natomiast lata chłodniejsze wystąpią wcześniej, w pierwszych dwóch dekadach XXI wieku.

Na podstawie widma oscylacji sum rocznych opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813–1990 prognozowano również tendencje zmian opadów, sięgając po rok 2100 (Boryczka, 1993). Opady prognozowano ekstrapolując wartości trendu czaso-

wego – superpozycji cykli od 3,5 do 112,5 lat o współczynniku korelacji wielokrotnej  $R = 0,67$ .

Według prognozy z 1993 roku w ostatniej dekadzie XX wieku opady będą niższe od normy  $\bar{P} = 568,9$  mm. W pierwszych dwóch dekadach XXI wieku będą oscylować wokół średniej sumy  $\bar{P}$ . Maksimum wiekowe opadów 720 mm wystąpi mniej więcej w latach 2030, 2063, 2068. Najmniejsze sumy roczne, rzędu 400 mm, wystąpią prawdopodobnie w pobliżu dat: 2033, 2040.

O istnieniu realnych (deterministycznych) okresów temperatury powietrza i opadów atmosferycznych – o poprawności modeli statystycznych świadczy sprawdzalność prognoz zmian klimatu Polski w XX wieku. Sprawdziły się prognozy tendencji temperatury powietrza w Warszawie na lata 1980–1996, na podstawie danych z lat 1779–1979, przedstawione w publikacji *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII–XXI wieku* (Boryczka, 1993).

Prognozowane na rok 1980 minimum wiekowe temperatury powietrza wystąpiło w roku 1980. Średnia roczna temperatura 6,6°C w roku 1980, wg pomiarów ze stacji Warszaw-Okęcie, jest najmniejszą wartością w 30-leciu 1966-1996. W roku 1991 wystąpiło drugorzędne prognozowane minimum temperatury, zgodnie z wynikami pomiarów w latach 1982–1992:

1989	1990	1991	1992
9,2	9,4	<u>8,0</u>	8,8°C

Sprawiły się też prognozowane zimy w Warszawie – wg danych z lat 1779-1990 i w Genewie – wg danych z lat 1768-1980 (Boryczka, 1993). Zgodnie z prognozą zimy w Warszawie w roku 1990 zakończyła się jedna z serii ciepłych zim. Zimy w Warszawie od 1991 roku są coraz chłodniejsze. Ekstrapolowanym wartościom trendu czasowego w latach 1987-1996 odpowiadają chłodniejsze zimy (na stacji Warszawa-Okęcie):

Rok	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
°C	<u>-4,2</u>	0,6	2,4	2,1	<u>-2,0</u>	<u>-0,3</u>	<u>0,1</u>	<u>-0,3</u>	<u>-1,3</u>	<u>-1,6</u>

Dobra jest także zgodność z wynikami pomiarów (na Okęciu) prognozowanych rocznych sum opadów atmosferycznych w Warszawie (1813-1980) przedstawionych w pracy J. Boryczki (1993). Krzywej sum rocznych o tendencji malejącej w latach 1981-1990 odpowiada spadek zmierzonych sum opadów: od 656 mm – w roku 1981 do 456 mm – w roku 1990, a następnie wzrost 652 mm w 1993.

Dość dobra zgodność prognozowanych wartości temperatury powietrza ze zmierzonymi – poza przedziałem aproksymacji – świadczą, iż istnieją przyczynowo-skutkowe związki między okresami zmiennych klimatologicznych i astronomicznych.

Prognozy tendencji zmian klimatu na podstawie trendów czasowych można będzie sprawdzić jedynie metodami statystycznymi dysponując małą próbą losową o liczebności co najmniej 30 lat. Prognozowane minimum wiekowe temperatury powietrza czy też opadów atmosferycznych – minimum krzywej trendu czasowego – może nie wystąpić w konkretnym roku, lecz w określonym przedziale czasu.

Metody prognozowania sprawdzono również na przykładzie krótkiej, 30-letniej serii pomiarów w Zamościu z lat 1951–1980 (Stopa-Boryczka, Boryczka, 1998). Ekstrapolowane wartości trendu czasowego – wypadkowej cykli: 3,25; 7,75; 12,6 lat – w latach 1981–1990 (poza przedział aproksymacji 1951–1980) są zbliżone do wyników pomia-

rów temperatury powietrza w dziesięcioleciu 1981–1990. Na uwagę zasługuje synchroniczność ekstremów krzywej wyrównanej temperatury powietrza w Zamościu z minimum i maksimum aktywności Słońca w cyklu 11-letnim. Maksima temperatury powietrza przypadają na daty maksimum plam słonecznych: 1957, 1968, 1979, 1989.

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Tendencja rosnąca temperatury powietrza, zwłaszcza zimą, jest po prostu wypadkową nakładania się cykli naturalnych. Na przykład coraz cieplejsze zimy w Warszawie – o  $1,03^{\circ}\text{C}/100$  lat w latach 1779–1990 są efektem nałożenia się kilku okresów: 3,5; 5,5; 8,3; 12,9; 18,0; 38,3; 66,7; 113,1; 218,3 lat. Ich wypadkowa (prosta regresji) wyjaśnia wzrost temperatury powietrza podczas zim o  $0,93^{\circ}\text{C}/100$  lat. Na zmienność antropogeniczną przypada zaledwie  $0,1^{\circ}\text{C}/100$  lat. Analogicznie coraz cieplejsze zimy w Genewie – o  $0,5^{\circ}\text{C}/100$  lat, Pradze –  $0,25^{\circ}\text{C}/100$  lat są efektem nakładania się cyklicznych wahań temperatury powietrza.

Globalne ocieplenie klimatu (w Warszawie w latach 1779–1990 – średnio w roku o  $0,67^{\circ}\text{C}/100$  lat) może być wywołane wzrostem aktywności Słońca. Aktywność Słońca (liczby Wolfa) w latach 1779–1993 wzrasta średnio o  $17,2/100$  lat. Wzrosła ona w ostatnich dwóch stuleciach średnio o 34,5, tj. o ponad 50% w stosunku do średniej wartości liczb Wolfa.

Okresowe wahania klimatu (ocieplenia i ochłodzenia) są analogiczne do okresów zmian aktywności Słońca – zbliżonych do okresów planetarnych  $P_j$  (obiegu czterech największych planet i ich wzajemnego położenia): 11,7; 12,8; 13,8; 19,9; 29,5; 35,9; 45,4; 84,0; 164,0; 171,4 lat. Interesujący jest eksperyment polegający na wyznaczaniu trendu czasowego liczb Wolfa  $W = a_0 + \sin\left(\frac{2\pi}{P_j}t + c_j\right)$  przy założeniu okresowości pla-

netarnej  $P_j$ , z uwzględnieniem modulacji najkrótszego okresu 11,7 lat przez okresy najdłuższe 84 i 171,4 lat. Wypadkowa okresów planetarnych dobrze opisuje zmienność aktywności Słońca (wyniki obserwacji) w latach 1700–1993 (współczynnik korelacji  $R = 0,8$ ).

Okresowe wahania temperatury powietrza skorelowane z okresami aktywności Słońca i okresami planetarnymi implikuje tezę o ochłodzeniu klimatu w przyszłym – XXI stuleciu. Wypadkowa okresów temperatury powietrza w Warszawie podczas zim cechuje się głębokim minimum w latach 2000–2100, kiedy to prognozowane jest kolejne wiekowe minimum aktywności Słońca. Ochłodzenia klimatu wystąpiły podczas wielkich minimum plam słonecznych: Maundera (1640–1710) i Daltona (1780–1830). Zauważono (Charvatova, Strestik, 1984), że podczas minimum wiekowych aktywności Słońca (co 179 lat) ruch środka masy układu Słonecznego odbywa się po innych orbitach (chaotycznych) niż podczas maksimum (po orbitach uporządkowanych). Podobne minimum wiekowe aktywności Słońca (i ochłodzenia klimatu) autorzy ci prognozują w połowie przyszłego stulecia.

Podobnie Sazonow i Malkentin (1994) sugerują, że anomalne ciepłe zimy są wywołane specyficznym układem największych planet (Saturna, Neptuna, Urana, które znajdują się w koniunkcji ze Słońcem i Ziemią), deformujących heliosferę własnymi polami grawitacyjnymi.

Naturalne wahania klimatu są wywołane głównie zmiennością stałej słonecznej. Zmienia się ona w ciągu roku o  $\pm 3,3\%$  w wyniku różnej odległości Ziemi od Słońca: styczeń (147 mln km) –  $2,01 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ , lipiec (152 mln km) –  $1,94 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ . Stała słoneczna zależy od aktywności Słońca. Maksymalna jej wartość przypada na przedział 80-100 liczb Wolfa (Kondratiew, Nikolski, 1970).

Z wzoru K. Kondratiewa i G. Nikolskiego (1970) :  $s = 1,903 + 0,011^{0.5}\cdot W - 0,0006\cdot W \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$  wynika, iż w cyklu 11-letnim stała słoneczna waha się o 2,5%. Ciąg czasowy stałej słonecznej w latach 1700-1993 (otrzymany wg powyższego wzoru) cechuje się średnią okresowością: 11,1; 34,2; 102,0; 187,8 lat (minima wariancji resztkowej, metoda sinusoid regresji).

Tendencja stałej słonecznej w latach 1700-1993 jest rosnąca i może być przyczyną postępującego ocieplenia klimatu Ziemi.

Zmiany zachodzące na Słońcu są przenoszone na Ziemię nie tylko poprzez stałą słoneczną, ale także poprzez jonosferę (cyrkulację atmosferyczną).

Znamienne jest, że minimum absolutne trendu czasowego temperatury powietrza w Europie w ostatnich dwóch stuleciach (1779-1990) przypada na minimum absolutne aktywności Słońca (na najslabszy cykl 13-letni plam słonecznych 1811-1823) i jednocześnie na maksimum wiekowe aktywności wulkanicznej. Na początku XIX wieku wystąpiły wybuchy wulkanów o największym wskaźniku zapylenia atmosfery *DVI* (dust veil index H. Lamba, 1974): Tambora – o *DVI* = 3000 w 1815 r., Cosequina – o *DVI* = 4000 w 1835 r.

Postępujące globalne ocieplenie może też wynikać z tendencji malejącej wskaźnika *DVI* w latach 1680-1980 i większych odstępów czasu między kolejnymi wybuchami wulkanów. Na stałą słoneczną ma niewątpliwie wpływ drobny pył, pozostający w stratosferze przez wiele lat.

Okresowość zbliżona do wiekowej (120 lat) i dwuwiekowej (180 lat), która najbardziej kształtuje współczesne wahania klimatu występuje również w ciągach czasowych substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziornych sprzed 10 000 lat (w holocenie).

Te długie okresy temperatury, aktywności Słońca i erupcji wulkanicznych (okołowiekowe i dwuwiekowe) powtarzają się wielokrotnie w przypadku akumulacji substancji organicznych.

W prognozach zmian klimatu w XXI wieku można pominąć bardzo powolne zmiany, spowodowane długimi okresami wahań parametrów orbity Ziemi (90 000, 40 000, 21 000; Milankowicz, 1938). Można również pominąć najdłuższe holocenijskie cykle klimatu (powyżej 1000 lat), wykryte w ciągach czasowych zdeponowanych substancji organicznych w osadach jezior: Wikaryjskiego, Gościąż, Świętego (Boryczka, Wicik, 1994). Ich ekstrema (ochłodzenia i ocieplenia) prawdopodobnie będą powtarzać się, gdyż analogicznej okresowości ulegają parametry Układu Słonecznego. W prognozach nie można jednak zaniedbać parusetletnich holocenijskich okresów, które kształtowały klimat Ziemi w ostatnich tysiącletniach. Być może, że współczesne ocieplenie jest efektem nałożenia się bardzo długiego holocenijskiego cyklu klimatu (jego fazy rosnącej) i zmienności antropogenicznej.

Cykliczne zmiany temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, cyrkulacji atmosferycznej, aktywności Słońca i parametrów Układu Słonecznego wykorzystane

w identyfikacji astronomicznych przyczyn naturalnych wahań klimatu wykazują zbliżone rytmy (Boryczka, 1993):

1. Temperatura powietrza ( $T$ ):									
Warszawa									
.	3,42	4,17	4,75	5,17	7,75	8,42	9,25	11,17	12,83
13,92	15,08	17,50	21,75	24,83	28,50	40,92	60,08	89,67	195,17
Praga									
3,08	3,42	4,17	4,75	5,42	7,25	8,42	10,33	11,25	12,92
14,17	15,58	17,75	22,25	25,33	29,42	35,75	51,25	80,92	160,33
Anglia									
3,08	3,42	4,17	4,50	5,17	7,33	8,25	9,33	11,17	12,50
14,08	15,08	16,42	20,58	23,58	27,08	35,08	58,50	102,75	175,82
2. Opady atmosferyczne ( $P$ ):									
Warszawa									
2,83	3,50	4,25	4,83	5,33	8,08	.	9,67	10,67	11,67
13,75	.	16,33	22,25	.	28,00	39,33	56,42	112,50	.
Kraków									
3,25	3,67	4,00	4,75	5,00	7,92	.	9,83	.	.
.	14,67	16,83	.	.	.	41,83	.	73,08	.
3. Cyrkulacja Atmosferyczna:									
zachodnia ( $C_w$ ):									
3,17	3,67	3,92	5,00	5,75	6,33	8,17	9,50	.	11,83
.	14,08	17,17	21,83	.	30,50	46,25	.	.	.
południkowa ( $C$ ):									
3,00	3,33	.	4,67	5,83	6,42	7,83	9,25	11,08	.
.	.	16,33	22,83	.	.	.	61,17	.	.
4. Aktywność Słońca ( $W$ ):									
.	.	4,08	4,83	5,75	7,75	8,50	9,92	11,08	12,00
13,92	14,83	17,33	21,25	24,08	28,75	43,17	58,75	80,75	186,00
5. Parametry Układu Słonecznego:									
Siła przyptywowo-odptywowa ( $\Delta G$ ):									
3,17	3,50	4,25	4,83	5,58	7,00	8,83	9,92	11,00	11,92
14,00	15,17	17,52	19,92	23,00	29,17	35,42	45,33	69,25	185,17
Przyspieszenie Słońca ( $s$ ):									
2,24	3,50	4,00	4,83	5,58	7,75	.	10,00	14,83	12,75
13,75	.	17,83	20,00	22,83	29,25	35,25	43,83	80,67	182,92

Podobieństwo okresowości zmiennych klimatologicznych (temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, cyrkulacji atmosferycznej) i astronomicznych (aktywność Słońca, parametry Układu Słonecznego) świadczy o pośrednim – poprzez aktywność Słońca i cyrkulację atmosferyczną – lub bezpośrednim oddziaływaniu grawitacyjnym planet na klimat Ziemi.

Mało prawdopodobne jest, by obecność kilkunastu pasm częstości zmian (okresów) zarówno w widmach zmiennych klimatologicznych, jak też zmiennych astronomicznych była przypadkowa.

O bezpośrednim oddziaływaniu grawitacyjnym planet na cyrkulację atmosferyczną świadczy brak niektórych cykli temperatury powietrza, opadów atmosferycznych, cyrkulacji atmosferycznej w gęstym widmie oscylacji, aktywności Słońca, a ich obecność w widmach oscylacji parametrów Układu Słonecznego.

Nowością jest wykazanie planetarnej 178,9-letniej okresowości (Boryczka, 1998): aktywności Słońca, stałej słonecznej, a także temperatury powietrza. Jest to przede wszystkim okres powtarzalności wartości parametrów Układu Słonecznego: odległości środka masy Układu Słonecznego od Słońca, przyspieszenia Słońca względem środka masy, wypadkowej siły grawitacyjnego oddziaływania planet na Słońce, planetarnych sił pływowych na Słońcu, dyspersji masy Układu Słonecznego i innych.

Problem cykliczności klimatu i jej przyczyn nie jest nadal rozwiązany w literaturze klimatologicznej. Nastąpił znaczny postęp jedynie w zakresie metod wykrywania rytmów klimatycznych: analiza harmoniczna, analiza autokorelacyjna, transformata Fouriera, metoda „sinusoid regresji”, a szczególnie w zakresie techniki obliczeniowej – komputerowej. Mało poznane są dotąd składniki deterministyczne (okresowe) i przyczyny wahań klimatu. Istotne znaczenie mają badania okresowości aktywności Słońca zarówno w długich przedziałach czasu jak i w ostatnich dziesięcioleciach.

## LITERATURA

- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, Nr 234, Warszawa.
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1997, *Wahania klimatu Ziemi zdeterminowane cyklicznością parametrów Układu Słonecznego*, Prace i Studia Geograficzne, t. 20, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Postęp badań współczesnych wahań klimatu w drugiej połowie XX wieku*, Prace i Studia Geograficzne, t. 22, Wyd. WGRS UW, Warszawa.
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 1984, *The multiperiodical changes of air temperature in Warsaw*, Miscellanea Geographica, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. VII, *Zmiany wiekowe klimatu Polski*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1997, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. X, *Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1998, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XI, *Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J., 1999, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. XI, *Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Wicik B., 1994, *Record of holocene climatic cycles in lake sediments in Central Poland*, Miscellanea Geographica, nr 6.
- Brazdil R., Kożuchowski K., 1986, *Some aspects of precipitation variability in Poland in the period of 1881-1980*, Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., vol. 16.
- Brückner E., 1890, *Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit*, Geogr. Abh., H. 4/2, Wien.
- Budyko M.I., 1971, *Klimat i žizn*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., 1974, *Izmenienija klimata*, Gidromietieoizdat, Leningrad.
- Budyko M.I., Piwowarowa Z.I., 1967, *Wlijanije wulkanicznych izwierzenij na prichodziaszczuju k powierchnosti Ziemi solniecznuju radiacju*, Mietieorologija i Hidrologija, no. 10.
- Charvatova I., Strestik J., 1994, *Udział długofalowych naturalnych zmian w obecnym ociepleniu globalnym (w): Globalne ocieplenie a współczesne zmiany klimatyczne w Polsce*, Materiały Międzynarodowej Konferencji, Szczecin 31 V - 1 VI 1993.
- Cyberski J., 1995, *Współczesne i prognozowane zmiany bilansu wodnego i jego rola w kształtowaniu zasolenia wód Bałtyku*, Wyd. Uniw. Gdańsk., Rozprawy i Monografie nr 206, Gdańsk.
- Dąbrowska B., 1984, *Wielookresowe zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1979*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.



- Dębska D., 1986, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813-1980*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Ewert A., 1984, *Opady atmosferyczne na obszarze Polski w przekroju rocznym*, cz. I i cz. II, Wyd. Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Słupsku.
- Gorczyński W., 1917, *O przebiegu rocznym ciśnienia i o wymianie mas powietrznych na kuli ziemskiej*, Wyd. J. Cotty, Warszawa.
- Grzęda K., 1990, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Krakowie w latach 1850-1987*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J., 1989, *Long-term fluctuation of hydroclimate elements in North-Eastern Europe*, Global Change Regional Research Centres: Scientific Problems and Concept Developments, September 25-29, Warszawa.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J., 1990, *Długookresowe zmiany elementów bilansu wodnego*, Przegl. Geofiz., XXXV, z.3-4.
- Haurwitz B., 1946, *Relation between solar activity and the lower atmosphere*, Trans. Am. Geoph. Union, XXVII.
- Hurrell J., 1995, *Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation*, Science, 269, s. 676-679.
- Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*, Int. J. Climatol., 17, 1433-1450.
- Johnsen S. J., Dansgaard W., Clausen H. B., Longway C. C., 1970, *Climatic oscillations 1200-2000 A.D.*, Nature, nr 227, London.
- Jokiel P., Kożuchowski K., 1989, *Zmiany wybranych charakterystyk hydrologicznych Polski w bieżącym stuleciu*, Dok. Geogr., 6.
- Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, Prace Geogr. PAN Nr 33.
- Kierzkowska M., 1992, *Zmiany wiekowe temperatury powietrza w Alpach (XIX-XX wiek)*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Klechta K., 1990, *Wielookresowe zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1985*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Kondratiew K.J., Nikolski G.A., 1970, *Solar radiation and solar activity*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., no 96.
- Kożuchowski K. (red.), 1990, *Materiały do poznania historii klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*, Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- Kożuchowski K., 1994, *Tendencje i wahania okresowe zlodzenia Bałtyku (1720-1992)* (w): *Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin., (226) 152.
- Kożuchowski K., Boryczka J., 1997, *Cykliczne wahania i trendy zmian poziomu Morza Bałtyckiego w Świnoujściu (1811-1990)*, Przegl. Geofiz., R. XLII, z. 1.
- Kożuchowski K., Stolarczuk, Wibig J., 1994, *Wskaźniki cyrkulacji atmosferycznej na poziomie 500 hPa nad Polska i południowym Bałtykiem w latach 1951-1990* (w): *Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin., (226) 152.
- Lamb H.H., 1974, *Volcanic dust in the atmosphere with a chronology and assessment of meteorological*, Philosoph. Transactions Roy. Soc., ser. A, No .

- Landsberg H.E., 1979, *Climatic fluctuation*, Mc Graw Hill Yearbook Science and Technology, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Landsberg H.E., 1980, *Variable solar emission, the „Maunder Minimum” and climatic temperature fluctuation*, Arch. Meteor. Geoph. Bioclimat., ser. B, vol. 28.
- Lockwood J. G., 1979, *Causes of climate*, London.
- Lockwood J.G., 1984, *Procesy klimatowórcze*, PWN, Warszawa.
- Lorenc H., 1994, *Symptomy zmian klimatu w strefach ograniczonych wpływów antropogenicznych*, Mat. Bad. IMGW, Meteorologia, 19.
- Lorenc H., 1999 (redakcja), *Atlas Klimatu Polski* (przygotowany do druku w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej).
- Malcher J., Schönwiese Ch.D., 1987, *Homogeneity, spatial correlation and spectral variance analysis of long European and North American air temperature records*, Theor. Appl. Climat., 38.
- Manley G., 1974, *Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973*, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., no 100.
- Merecki R., 1974, *Klimatologia ziem polskich*, Wyd. J. Cotty, Warszawa.
- Michalska A., 1992, *Trend czasowy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1881-1980*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Michalska A., 1998, *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.
- Milankowicz M., 1938, *Matematyčeskaja klimatologija i astronomiczeskaja teorija kolebanij klimata*, Moskwa.
- Morawska-Horawska M., 1984, *Współczesne zmiany zachmurzenia i usłonecznienia w Krakowie na tle 120-lecia*, Przegl. Geofiz., XXIX, nr 3.
- Morlet J., 1983, *Sampling theory and wave propagation*, NATO ASI Series, FI Springer.
- Olszewska E., 1999, *Tendencja temperatury powietrza w Warszawie w latach 1965-1995*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Osborn T. J., Briffa K. R., Tett S. F. B., Jones P. D., Trigo R. M., 1999, *Evaluation of the North Atlantic Oscillation as stimulated by a coupled climate model*, Climate Dynamics (in press).
- Rakipowa L. R., 1960, *O wozdiejstwie solńecznoej aktywnosci na obszczuju cirkulacju atmosfiry*, Astronom. sbornik, III i IV.
- Reznikow A.P., 1982, *Priedskazanije jestiestwiennych processow obuczajuszcziesjsja sistiemoj*, Nowosybirsk.
- Rogers J. C., 1994, *A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation*, (w:) H. Van Loon (red.), *Studies in Climate*, NCAR Technical Note, February 1984, Boulder, Colorado, s. 208-241.
- Sazonow B.I., Malkentin E.K., 1994, *Znaczny wzrost temperatur zimowych w Europie Północnej (1989-1993)*, Rozprawy i Studia Uniw. Szczecin., (226) 152.
- Schönwiese Ch.D., 1983, *Spectral auto-variance, cross variance and coherence analysis of long air temperature series* (w): *II Inter. Meeting of Statistical Climatology*, Lisboa.
- Schönwiese Ch.D., Rapp J., Fuchs T., Denhard M., 1993, *Klimatrend-Atlas Europa 1891-1990*, Berichte des Zentrums Für Umweltforschung, Nr. 20, Frankfurt am Main.

- Skrzypczuk J., 1993, *Wiekowe zmiany temperatury powietrza w Środkowej Anglii w latach 1659-1973*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Stachy J., 1968, *Zmniejszenie się odpływu rzek polskich w bieżącym stuleciu*, Prace PIHM, 95, Warszawa.
- Stachy J., 1970, *Wieloletnia zmienność odpływu rzek polskich*, PIHM, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1974, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, cz. I, Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1998, *Cechy kontynentalne klimatu Polski Południowo-Wschodniej, Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Tomasik M., 1990, *Długookresowe zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie*, (maszynopis pracy magisterskiej), Warszawa.
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, Przegl. Geofiz., z. 1-2.
- Wpływ stanu termicznego powierzchni oceanu na modyfikację cyrkulacji atmosferycznej w wymiarze klimatologicznym*, 1999, Materiały Konferencji, Gdynia 6 V 1999 r., Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Wyd. Nawigacji, WSM, Gdynia.
- Zinkiewicz W., 1934, *Wahania ciśnienia atmosferycznego w Europie w latach 1910-1919*, Instytut Geofizyki i Meteorologii, Uniwersytet Jana Kazimierza, Lwów.
- Żmudzka E., 1998, *Cykliczne zmiany temperatury powietrza w Polsce*, (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.

## SUMMARY

The warming and cooling episodes of the history of climate in Europe were caused by the changes in total radiation, i.e. of the solar constant and the concentration of volcanic dusts in the stratosphere (Boryczka, 1998). Strong correlation of solar activity (solar constant) with the changes taking place in the solar system constitutes an evidence for the astronomical causes of the contemporary climate changes in Europe. The parameters of the solar system are also correlated with the variables characterizing climate: atmospheric circulation, air temperature, precipitation, river outflow, sea level, and even volcanic eruptions.

The analogous periods of solar activity, climatological variables, and parameters of the solar system indicate the indirect influence (by the intermediary of the solar constant) exerted by the changes in the solar system on the earth's climate. Side by side with this, the planetary tidal forces on the sun are much greater than the tides of the earth's atmosphere. Strong gravitational attraction of planets causes movement of the sun (having such a large mass) around the center of the solar system.

The spectrum of solar activity (and of the solar constant) is dominated by the planetary periods of revolution of the four largest planets around the sun, i.e. of Jupiter – 11.86 years, Saturn – 29.46 years, Uranus – 84.02 years, and Neptune – 164.79 years. The domination is even more pronounced in the case of mutual location of pairs of planets: 19.86 years (Jupiter–Saturn), 13.8 years (Jupiter–Uranus), 12.78 years (Jupiter–Neptune), 45.36 years (Saturn–Uranus), 35.87 years (Saturn–Neptune), 171.47 years (Uranus–Neptune).

The planetary periods dominate, as well, in several dozens of measurement series of different variables in Europe. It is little probable that the presence of several very same periods in numerous chronological sequences, like those of air temperature in winter, summer, spring and autumn, is an accidental occurrence (despite the highly variable local circulation of air temperature). Probability of such an occurrence is namely close to zero.

The dependence (in physical terms) of solar activity on the parameters of the solar system is best demonstrated by the common period of 178.9 years of length. As proven in Boryczka (1993–1998), every 178.9 years the annual values are repeated of: distance from the mass center, resultant gravitational force of the planets, mass dispersion in the solar system, and other variables, as well as – with exception of some years – the values of Wolf numbers (the solar constant).

A similar feature is displayed by the Manley's series of the average annual air temperature values in Middle England in the years 1659–1973. In this case it would have been quite difficult to find a sequence of random numbers  $y_i$ , such that its 50 elements (1700–1750 and 1878–1928) following the index value of  $i = 178$  were similar to the first 50 numbers in the sequence. Probability of such an occurrence is, again, in practice equal zero.

It must be emphasized that this fundamental, gravitational period of changes in the solar system is the resultant (superposition) of all the planetary periods. Thus, the periods determined in the climatological time series (significant according to the Fisher–

Snedecor test), which are close to the parameters of the solar system, exist in reality and are not self-generated nor random.

The mechanisms of transmission of changes in the solar system to the Earth-atmosphere system are not known as yet (except for the solar constant). In spite of this, the periodicity identified of the climatological variables – including the ones of close to 100 and 200 years of length – can be used in reconstruction of climate during the last centuries, as well as in the forecasts for the 21<sup>st</sup> century.

In the forecasts of the natural changes of climate in the 21<sup>st</sup> century the assumption was made that the cycles identified in the time series of measurements from the 18<sup>th</sup>–20<sup>th</sup> centuries will be still repeated in the next century.

The adoption of such an assumption is justified, as well, by the presence of the periods close to 100 and 200 years in the time series of palaeotemperature, determined on the basis of the ratio of oxygen isotopes  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (Johnsen et al., 1970), organic substance and calcium carbonates, deposited in the lakes in Poland (Boryczka, Wicik, 1994).

The periods close to 100 and 200 years are repeated many times over in the time series of sedimentological variables: palaeotemperature, organic substances, calcium carbonates, and the distances between the layers of sand in the mountain lake of Wielki Staw (the indicator of abundance of precipitation).

It is necessary to account in the forecasts of climate change in the next century for the long-term parts of the spectra, since the longer periods, and especially the ones close to 200 years, are characterised by high amplitudes during the seasons, of the order of 2°C.

Temporal trends are the deterministic components in the sequences of measurement results. In fact, they serve to interpolate (within the interval), and to extrapolate, the values beyond the interval of approximation. They define the general tendency of climate change (secular minima and maxima), allowing for the reconstruction of climate and for its forecasting. In view of the random components (the rests  $\varepsilon_j$ ) it is not possible to predict a concrete value even just a year ahead. This concerns, as well, anyway, the daily and the annual cycles.

According to the statistical inference theory the hypothetical trend (in a population) is contained in the interval of  $f(t) \pm 1.96\delta$  with probability of 95%. The rests  $\varepsilon_j = T_j - f(t)$  have the probability distribution close to normal, with parameters  $0, \delta$ , where  $\delta$  is the standard error.

A part of the global earth's climate changes is undoubtedly the effect of superposition of the short and long natural periods of air temperature; the quasi-periodical changes of climate in Warsaw in the years 1700–2100 in winter and in summer have been presented on diagrams in the earlier publications (Boryczka, 1993, 1998). They are the resultants (superpositions) of the statistically significant periods, defined already before. These curves approximate well the results of measurements of air temperature in the interval of approximation 1779–1980. The dates of the extrema (the primary minima and maxima) coincide with the coolest and the warmest winter and summer seasons.

Linear regressions identified in the interval of approximation of 1779–1990 define the increasing air temperature trends: for winters - 0.9°C/100 years, and for summers - 0.2°C/100 years. These are the mean trends of natural changes of temperature in the

years 1779–1990, which differ only a little from the ones determined on the basis of measurements.

The coldest winters, with the average temperatures of  $-7^{\circ}\text{C}$ , will occur in the middle of the next century, at around the year 2050. They will be slightly milder than at the beginning of the 19<sup>th</sup> century, in view of the increasing anthropogenic component. On the other hand, cooler summers will take place earlier, during the first two decades of the 21<sup>st</sup> century.

On the basis of the spectrum of oscillations of the annual sums of precipitation in Warsaw in the years 1813–1990 the trends of precipitation changes were forecasted, as well, up to the year 2100 (Boryczka, 1993). Precipitation was forecasted by extrapolating the values of the temporal trend – the superposition of cycles ranging from 3.5 to 112.5 years – characterised by the multiple correlation coefficient  $R = 0.67$ .

According to the forecast of 1993, precipitation in the last decade of the 20<sup>th</sup> century would have to be lower than the secular norm of  $P = 568.9$  mm. In the first two decades of the 21<sup>st</sup> century precipitation will oscillate around the average  $P$  value. The secular maximum of precipitation, close to 720 mm, will occur more or less in 2030, 2063, 2068. The lowest annual precipitation sums, equal approximately 400 mm, will most probably occur at around the years 2033 and 2040.

Existence of the real (deterministic) periods of air temperature and precipitation, and therefore also correctness of the respective statistical models, is demonstrated by the verifiability of the forecasts of climate of Poland in the 20<sup>th</sup> century. Thus, the forecasts concerning air temperature trends in Warsaw in the years 1980–1996, elaborated on the basis of data from the years 1779–1979, presented in the publication *Natural and anthropogenic changes of the Earth's climate in the 17<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> centuries* (in Polish, Boryczka, 1993), were positively verified.

The secular minimum of air temperature, forecasted for the year 1980, occurred in fact in the same 1980. The annual average of  $6.6^{\circ}\text{C}$  in 1980, as measured at the weather station of Warsaw–Okęcie, is the lowest value in the 30-year period of 1966–1996. Then, in 1991, a secondary forecasted air temperature minimum took place, according to the results of measurements for the years 1982–1992:

Years	1989	1990	1991	1992
Temperature, $^{\circ}\text{C}$	9.2	9.4	<u>8.0</u>	8.8

Likewise, the forecasts for winters in Warsaw, based on the data for 1779–1990, and in Geneva – based on the data for 1768–1980 (Boryczka, 1993), were also positively verified. In accordance with the forecast for winters in Warsaw one of the series of warm winters ended in 1990. Since 1991 the winters in Warsaw are getting cooler. The extrapolated values of the temporal trend in the years 1987–1996 correspond to the increasingly colder and colder winters in Warsaw (here: at the Warsaw–Okęcie weather station):

Years	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
$T, ^{\circ}\text{C}$	-4.2	0.6	2.4	2.1	<u>-2.0</u>	<u>-0.3</u>	<u>0.1</u>	<u>-0.3</u>	<u>-1.3</u>	<u>-1.6</u>

Similarly, the agreement of the forecasted annual precipitation sums for Warsaw (1813–1980), presented in Boryczka (1993), with the measurements made at Warsaw–Okęcie weather station, is quite satisfactory. The curve of the annual precipitation sums featuring decreasing tendency in the years 1981–1990 finds its counterpart in the drop of the measured precipitation sums, from 656 mm in 1981 down to 456 mm in 1990, followed by the increase to 652 mm in 1993.

The relatively good agreement of the forecasted values of air temperature with the measured ones – beyond the interval of approximation – bears the witness to existence of the cause–and–effect relations between the periods of the climatological variables and of the astronomic ones.

It will be possible to verify the forecasts of tendencies in climate change, prepared on the basis of temporal trends only with the statistical methods on the basis of a small random sample for at least 30 years. The forecasted secular minimum of air temperature or of precipitation – the minimum of the temporal trend curve – may not occur in a concrete year, but in a definite time interval.

The methods of forecasting were also tested on the example of a short, 30-year measurement series from the town of Zamość in south–eastern Poland, for the time period of 1951–1980 (Stopa–Boryczka, Boryczka, 1998). The extrapolated values of the temporal trend – the resultant of the cycles of 3.25, 7.75 and 12.6 years – for the time period 1981–1990 (beyond the interval of approximation, i.e. 1951–1980), are close to the air temperature measurement results for the decade of 1981–1990. Attention should especially be paid to the synchronicity of the extrema of the smoothed curve of air temperature in Zamość with the minima and maxima of solar activity in the 11-year cycle. The maxima of air temperature occur at the dates of maxima of the sun spots, i.e. 1957, 1968, 1979, 1989.

The time sequences of air temperature in the recent centuries in Europe witness to the proposition that the contemporary climate warming might result to a large extent from natural causes. The upward trend of air temperature, especially during winters, is simply a resultant of superposition of natural cycles. Hence, for instance, the increasingly warm winters in Warsaw – by  $1.03^{\circ}\text{C}/100$  years in the period of 1779–1990 are the effect of superposition of several periods: 3.5, 5.5, 8.3, 12.9, 18.0, 38.3, 66.7, 113.1 and 218.3 years. Their resultant (the regression line) explains the increase of air temperature during winters by  $0.93^{\circ}\text{C}/100$  years. The anthropogenic variability accounts for the mere  $0.1^{\circ}\text{C}/100$  years. Analogously, the increasingly warm winters in Geneva – by  $0.5^{\circ}\text{C}/100$  years, and in Prague – by  $0.25^{\circ}\text{C}/100$  years are the effect of superposition of the cyclical changes in air temperature.

The global climate warming (in Warsaw in the period 1779–1990 – on the average by  $0.67^{\circ}\text{C}/100$  years for the whole year) may be the effect of an increase in solar activity. Solar activity (Wolf numbers) has been increasing in the time interval 1779–1993 on the average by 17.2 per 100 years. During the last two centuries it increased on the average by 34.5, that is – by more than 50% with respect to the mean value of the Wolf numbers.

The periodical climate fluctuations (warmings and coolings) are analogous to the periods of changes in solar activity – which are similar to the planetary periods  $P_j$  (of the revolution around the sun of the four largest planets and of their mutual positions), namely: 11.7, 12.8, 13.8, 19.9, 29.5, 35.9, 45.4, 84.0, 164.0 and 171.4 years. There is an interesting experiment consisting in determination of the temporal trend of the Wolf numbers,  $W = a_0 + \sin(\frac{2\pi}{P_j}t + c_j)$ , given the assumption of the planetary periodicity  $P_j$ ,

accounting for the modulation of the shortest period of 11.7 years by the longest periods of 84 and 171.4 years. The resultant of the planetary periods describes well the variability of solar activity (results of observations) in the years 1700–1993 (correlation coefficient  $R = 0.8$ ).

The periodical fluctuations of air temperature correlated with the periods of solar activity and the planetary periods imply the proposition of a cooling of climate in the future, 21<sup>st</sup>, century. The resultant of the air temperature periods in Warsaw during winters features a deep minimum in the years 2000–2100, for which the subsequent secular minimum of solar activity is forecasted. Climate coolings occurred during the extreme minima of the sun spots, Maunder's (1640–1710) and Dalton's (1780–1830). It was noticed (Charvatova, Strestik, 1984), that during the secular minima of solar activity (occurring every 179 years) the motion of the mass center of the solar system takes place along different orbits (the chaotic ones) than during the maxima (movement along the ordered orbits). The authors mentioned forecast a similar secular minimum of solar activity (and the corresponding climate cooling) for the middle of the next century.

Similarly, Sazonov and Malkentin (1994) suggest that the abnormally warm winters are caused by the specific coincidence of the largest planets (Saturn, Neptune, Uranus, which are in conjunction with the sun and the earth), deforming the helisphere with their gravitational fields.

The natural fluctuations of climate are caused primarily by the variability of the solar constant. It changes during a year by  $\pm 3.3\%$  due to the differences in the distance between the earth and the sun, i.e. in January (147 million km) – 2.01 cal/cm<sup>2</sup>min, and in July (152 million km) – 1.94 cal/cm<sup>2</sup>min. The solar constant depends upon the solar activity. Its maximum value falls within the interval of the Wolf numbers of 80–100 (Kondratiev, Nikolski, 1970).

The formula of K. Kondratiev and G. Nikolski (1970):  $s = 1.903 + 0.011^{0.5}W - 0.0006W$  [cal/cm<sup>2</sup>min] implies that in the 11-year cycle the solar constant varies by 2.5%. The time series of the solar constant in the years 1700–1993 (obtained according to the formula quoted) is characterised by the average periodicity of 11.1, 34.2, 102.0 and 187.8 years (the minima of the rest variance, the method of regression sinusoids).

The trend of the solar constant in the years 1700–1993 is increasing and it can be the cause of the progressing warming of the earth's climate.

The changes taking place on the sun are transmitted onto the earth not only by the solar constant, but also through the ionosphere (atmospheric circulation).

It is characteristic that the absolute minimum of the temporal trend of air temperature in Europe during the last two centuries (1779–1990) coincides with the absolute minimum of solar activity (i.e. the weakest 13-year cycle of sun spots, 1811–1823), and



simultaneously – with the secular maximum of volcanic activity. Volcanic eruptions featuring the highest indicator values of atmospheric dust (DVI, the *dust veil index* of H. Lamb, 1974) took place at the beginning of the 19<sup>th</sup> century: Tambora, with DVI = 3000, in 1815, and Cosequina, with DVI = 4000, in 1835.

The progressing global warming may also result from the decreasing tendency of the DVI index noted in the years 1680–1980, and the increasing time intervals between the consecutive eruptions. The value of the solar constant is certainly influenced by the fine dust, which remains in the atmosphere for many years.

The periodicity close to the secular one (120 years) and to the two-century-periodicity (180 years), which bears the strongest impact on the contemporary fluctuations of climate, appears also in the time series of the organic substance deposited in the limnological sediments from 10,000 years ago (in Holocene).

These long-term periods of temperature oscillations, solar activity, and volcanic eruptions (close to one and two centuries) are repeated many times over in the case of accumulation of organic substance.

When forecasting the changes of climate in the 21<sup>st</sup> century we can neglect the very slow changes, caused by the long term periods of fluctuation of the earth's orbit parameters (90 000 years, 40 000 years, and 21 000 years; Milankowicz, 1938). Likewise, the longest Holocene climate cycles can be done without (exceeding 1000 years), the ones that have been identified in the time series of deposition of the organic substance in the sediments of such lakes as: Wikaryjskie, Gościąż, and Święte (Boryczka, Wicik, 1994). Their extrema (coolings and warmings) will most probably be repeated, since the parameters of the solar system undergo a similar periodicity. Yet, the forecasts cannot overlook the several-hundred-years-long Holocene periods, which shaped the climate of the earth in the last millennia. It is quite plausible that the contemporary warming is the effect of superposition of a very long Holocene climate cycle (its upward phase) with the anthropogenic variability.

The cyclical changes of air temperature, precipitation, atmospheric circulation, solar activity, and the parameters of the solar system, made use of in the identification of the astronomic causes of natural fluctuations of climate display similar rhythmicity (see Boryczka, 1993):

#### 1. Air temperature (*T*):

		Warsaw							
.	3.42	4.17	4.75	5.17	7.75	8.42	9.25	11.17	12.83
13.92	15.08	17.50	21.75	24.83	28.50	40.92	60.08	89.67	195.17
		Prague							
3.08	3.42	4.17	4.75	5.42	7.25	8.42	10.33	11.25	12.92
14.17	15.58	17.75	22.25	25.33	29.42	35.75	51.25	80.92	160.33
		Middle England							
3.08	3.42	4.17	4.50	5.17	7.33	8.25	9.33	11.17	12.50
14.08	15.08	16.42	20.58	23.58	27.08	35.08	58.50	102.75	175.82

## 2. Precipitation ( $P$ )

Warsaw									
2.83	3.50	4.25	4.83	5.33	8.08	.	9.67	10.67	11.67
13.75	.	16.33	22.25	.	28.00	39.33	56.42	112.50	.

Cracow									
3.25	3.67	4.00	4.75	5.00	7.92	.	9.83	.	.
.	14.67	16.83	.	.	.	41.83	.	73.08	.

## 3. Atmospheric circulation

western ( $C_w$ ):									
3.17	3.67	3.92	5.00	5.75	6.33	8.17	9.50	.	11.83
.	14.08	17.17	21.83	.	30.50	46.25	.	.	.

meridional ( $C$ ):									
3.00	3.33	.	4.67	5.83	6.42	7.83	9.25	11.08	.
.	.	16.33	22.83	.	.	.	61.17	.	.

## 4. Solar activity ( $W$ ):

.	.	4.08	4.83	5.75	7.75	8.50	9.92	11.08	12.00
13.92	14.83	17.33	21.25	24.08	28.75	43.17	58.75	80.75	186.00

## 5. Parameters of the solar system:

The tidal force ( $\Delta G$ ):									
3.17	3.50	4.25	4.83	5.58	7.00	8.83	9.92	11.00	11.92
14.00	15.17	17.52	19.92	23.00	29.17	35.42	45.33	69.25	185.17

Acceleration of the sun ( $s$ ):									
2.24	3.50	4.00	4.83	5.58	7.75	.	10.00	14.83	12.75
13.75	.	17.83	20.00	22.83	29.25	35.25	43.83	80.67	182.92

The similarity of periodicities of the climatological variables (air temperature, precipitation, atmospheric circulation) and the astronomic ones (solar activity, parameters of the solar system) constitutes an evidence for an indirect – through the intermediary of the solar activity and atmospheric circulation – or a direct influence exerted by the gravitational pull of planets on the earth's climate.

It is little probable that the presence of a dozen or so of the same bands of frequencies of changes (periods), both in the spectra of climatological variables and of the astronomic ones, be quite random.

The direct impact of the gravitational pull of planets on the atmospheric circulation may be evidenced by the lack of some of the air temperature, precipitation, and atmospheric circulation cycles in the dense spectrum of oscillations of the solar activity, and their presence in the spectra of oscillations of parameters of the solar system.

A definite novelty is constituted by the demonstration of the planetary 178,9-year periodicity (Boryczka, 1998) of the solar activity, solar constant, as well as air temperature. It is namely first of all the period of repetition of the values of parameters of the solar system: the distance of the center of mass of the solar system from the sun, acceleration of the sun with respect to the center of mass, resultant of the force of gravitational influence of planets on the sun, planetary tidal forces on the sun, dispersion of mass of the solar system, and other.

The question of cyclicity of climate and its causes is still not resolved in the climatological literature. An essential advance took place only in the field of methods of identification of climatic rhythms, namely the harmonic analysis, the autocorrelation analysis, the Fourier transforms, and the method of “sinusoids of regression”, and especially in the domain of computer calculation techniques. The deterministic (periodical) components and the causes of climate fluctuations remain until now little known. An essential significance should be attached to the study of periodicity of solar activity both over the very long time intervals and in the recent decades.