

Janusz Miczyński¹, Monika Siwecka¹

ZMIANY KLIMATYCZNE W SANDOMIERZU W LATACH 1971–2006

Streszczenie. Celem podjętych badań była ocena i charakterystyka warunków termicznych i opadowych zmian klimatycznych w Sandomierzu w okresie wielolecia 1971-2006. Analiza opierała się o wartości średnie miesięczne i roczne dotyczące temperatury oraz opadu. Szczególną uwagę zwrócono na ich wzajemne relacje w raz z wykreśleniem trendów na przyszłość do roku 2020. Po scharakteryzowaniu struktury średniej wartości temperatury powietrza i opadu atmosferycznego w poszczególnych miesiącach, dokonaniu charakterystyki zmienności i ich wysokości, oraz ustaleniu czasowych tendencji temperatury i opadów w badanym okresie, stwierdzono, iż w ostatnim 36-leciu wystąpił zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych skutkujących przyspieszeniem procesu globalnego ocieplenia. Potwierdzając tym przewidywania i obawy naukowców. Analiza przedstawionego materiału upoważnia do prognozy, iż do roku 2020 następować będzie dalszy spadek opadów atmosferycznych, oraz wzrost temperatury powietrza. Zmiany klimatyczne będą wpływać także na roślinność oraz rolnictwo. Wydłuży się okres wegetacyjny roślin wymuszając potrzebę wprowadzania nowych odmian uprawnych, oraz zrezygnowania z dotychczasowo uprawianych. Ocieplenie może doprowadzić do zmian w porach roku. Na tej podstawie można stwierdzić, iż w Sandomierzu do roku 2020 zmiany będą zachodziły i pokryją się z międzynarodowymi raportami o zmianach klimatu.

Słowa kluczowe: klimat, warunki termiczne, warunki opadowe, Sandomierz.

WSTĘP, CEL I ZAKRES PRACY

Klimat Polski charakteryzuje się zmiennością poszczególnych elementów meteorologicznych. Wpływa na to przede wszystkim położenie kraju, do którego docierają różne masy powietrza.

Wiek XIX spowodował, że zmiany stały się na tyle istotnym problemem, iż zaczęto zwracać na nie o wiele większą uwagę niż dotychczas. Susze, powodzie, huragany, tajfuny i inne zjawiska atmosferyczne stały się problemem nie tylko jednego czy dwóch państw, ale całego globu.

¹ Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmiczyn@cyf-kr.edu.pl

Temperatura powietrza i opady atmosferyczne stanowią bardzo dobry i precyzyjny materiał do przeanalizowania czasowej zmienności warunków termicznych i opadowych w Sandomierzu w okresie 36-lecia. Pozwala on także na wykreślenie czasowej tendencji. Odnosnie zmian klimatu w wieloleciu w Sandomierzu brak jest szczegółowych publikacji poruszających wyżej wymienione zagadnienia.

Celem pracy jest ocena i charakterystyka warunków termicznych i opadowych w Sandomierzu w latach 1971-2006. Analiza opiera się o wartości średnie miesięczne i roczne dotyczące temperatury powietrza jak też sum opadów atmosferycznych. Szczególną uwagę zwrócono na czasowe przebiegi powyższych elementów meteorologicznych, określenie ich wzajemnych relacji oraz wykreślenie trendów na przyszłość do roku 2020.

W zakres opracowania wchodzi scharakteryzowanie struktury średniej wartości temperatury i opadu w poszczególnych miesiącach, oraz określenie wzajemnych ich relacji na podstawie tych średnich. Opisanie zmienności wysokości opadów atmosferycznych oraz temperatur powietrza i ich znaczenie w przyrodzie. Ustalenie tendencji czasowych temperatury i opadów w badanym okresie 36-lecia w Sandomierzu.

Praca ta dąży do sprawdzenia hipotezy, iż w ostatnim 36-leciu wystąpił zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych skutkujących przyspieszeniem procesu globalnego ocieplenia.

DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Termiczne warunki dla okresu 1951-1980 opracował Czarnecki [3]. Jako podstawowe parametry przyjął średnie, średnie minimalne i maksymalne dla miesięcy i dla roku. Inne termiczne parametry opracował na podstawie danych za okres 1951-1965. W odniesieniu do opadów atmosferycznych wykorzystał okres obserwacji od 1951-1985. Autor przeprowadził ogólną analizę klimatu Wyżyny Sandomierskiej z uwzględnieniem danych z terenów przyległych.

Opracowanie Michny [15] również skupia się na zróżnicowaniu klimatu Wyżyny Sandomierskiej jednak w oparciu o temperaturę powietrza w latach 1951-1970.

Najnowszym opracowaniem są wzmianki w formie materiałów z sympozjum Suszyny [2000]. Analizuje on warunki klimatyczne pod kontem możliwości rolniczych regionu. Przeanalizował zarówno przebieg opadów i temperatury jak i usłonecznienie w okresie 1985-1996. Podjął również próbę odpowiedzi na pytanie, „który czynnik klimatyczny i w jakim stopniu decyduje o specyfice tego mikroregionu”.

Można, więc stwierdzić, że nie ukazało się wiele opracowań dotyczących charakterystyki klimatu w Sandomierzu, a powyższe, ograniczają się wyłącznie do czystej analizy danych bez określania trendów oraz zmian zachodzących w atmosferze. Żadne z opracowań nie bazuje na latach 1971-2006 i żadne nie ogranicza się wyłącznie do klimatu lokalnego Sandomierza.

MATERIAŁY I METODY OPRACOWANIA

Podstawowym źródłem danych liczbowych są materiały archiwalne ze Stacji hydrologiczno-meteorologicznej w Sandomierzu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Krakowie, dotyczą one danych średnich miesięcznych temperatur powietrza i opadów atmosferycznych w latach 1978-2006. Natomiast dane z lat 1971-1977 pochodzą z Miesięcznego Przeglądu Agrometeorologicznego IMGW.

Po weryfikacji materiałów obserwacyjnych w niniejszym opracowaniu wykorzystano dane pomiarowe z okresu 36-lecia. Dla uzyskania lepszego wyjaśnienia zmian czasowych okres ten podzielono na dwa przedziały czasowe obejmujące 30-lecie, czyli lata 1971-2000, oraz dla lepszej analizy zmian zachodzących w ostatnich latach okres 6-letnich obserwacji 2001-2006. Uwzględniono też cały analizowany okres w przedziale 1971-2006. Opierając się na średnich arytmetycznych wyliczonych z 36-letnich obserwacji określono tendencje zmian ekstrapolując do roku 2020 w oparciu o linię trendu prostoliniowego badanych parametrów.

Zcharakteryzowano strukturę średniej wartości temperatury i opadów w poszczególnych miesiącach, oraz określono wzajemne ich relacje na podstawie tych średnich.

OPIS TERENU I JEGO KLIMAT

Miasto Sandomierz położone jest na granicy trzech województw: podkarpackiego, lubelskiego i świętokrzyskiego. Jest siedzibą powiatu sandomierskiego oraz wielu oddziałów terenowej administracji samorządowej i państwowej szczebla wojewódzkiego. Jest także stolicą diecezji Sandomierskiej, erygowanej w roku 1818. Sąsiaduje z gminami Dwikozy, Wilczyce, Obrazów, Samborzec z powiatu sandomierskiego, Gorzycami z powiatu ziemskiego tarnobrzeskiego i miastem Tarnobrzeg (rys. 1).



Rys. 1. Położenie [Urząd Miasta Sandomierz. Program Ochrony Środowiska]

Wisła rozdziela Sandomierz na dwie części. Część lewobrzeżną, północną, położoną głównie na Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej i prawobrzeżną, południową, w całości położoną w Kotlinie Sandomierskiej, a rzeka Trześniówka od wschodu ogranicza część południową.

Dolina Wisły jest monotonna, urozmaicona jedynie zagłębieniami starorzeczy, podmokła, ale rzadko wypełniona jest wodą [Urząd Miasta Sandomierz. Plan Rozwoju Miasta].

Miasto Sandomierz i okolice są obszarem uznanym za ciepły. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi ok. 8°C, średnia temperatura najcieplejszego miesiąca (lipiec) wynosi około 18°C, natomiast najchłodniejszego (grudzień) 2,7°C. Największe opady występują w lipcu (od 80 mm w suchych latach do 190 mm w latach mokrych). Najbardziej suchą porą roku jest zima (XII–II), suma opadów wtedy waha się między 49-64 mm słupa wody. Średnie roczne opady oscylują między 490-700 mm, przy średniej wieloletniej na poziomie 550 mm. Wiatry słabe i łagodne przeważające w Sandomierzu wieją z kierunku zachodniego 23,2%, rzadziej wiatry południowo-wschodnie i wschodnie 17,8%, a najrzadziej zaobserwować można wiatry północno-wschodnie. Najczęstsza prędkość wiatru wynosi 3 m/s, a w przedziale prędkości od 0-5 m/s mieści się 83,7%.

Bardzo urozmaicona rzeźba terenu, użytkowania oraz roślinność ma wpływ na kształtowanie klimatu lokalnego. Częstym zjawiskiem są, więc inwersje termiczne, odznaczając się wyraźnym spadkiem temperatur.

Na terenie miasta Sandomierz przy ulicy Ożarowskiej 65 zlokalizowana jest stacja meteorologiczna, której wskazania i pomiary są reprezentatywne dla Sandomierza.

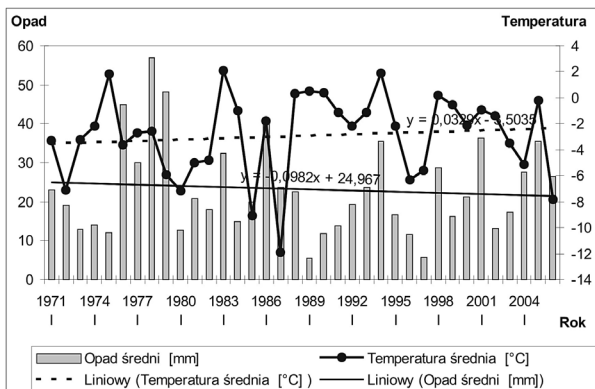
Charakterystyka lokalizacyjna stacji meteorologicznej w Sandomierzu:

- współrzędne geograficzne: szer. geogr. 50° N 41'48" i dł. geogr. 21° E 42'56";
- wysokość stacji n.p.m. 217 m;
- wysokość wiatromierza nad gruntem – 15 m.

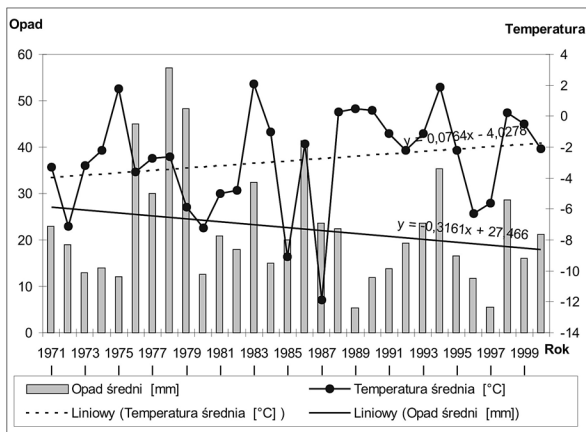
WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Przebieg średnich miesięcznych temperatur i sum opadów atmosferycznych w Sandomierzu w wydzielonych okresach 1971-2006, 1971- 2000, 2001- 2006

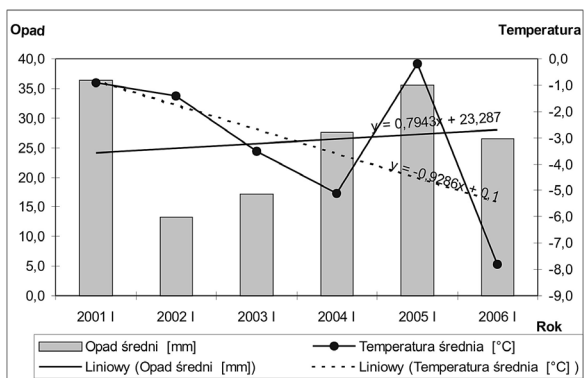
Styczeń (rys.2a) charakteryzował się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0329x - 3,5035$, zaś dla opadu atmosferycznego $y = -0,0982x + 24,967$. Bardziej znaczące nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.2b). W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys.2c) zmiany wyglądają odwrotnie, trend opadu rośnie, natomiast spada trend temperatury. Wynika to z bardzo wąskiego 6-letniego okresu obserwacji, gdzie duże opady w 2005 roku i bardzo niskie temperatury w 2006 roku wynoszące -7,8°C przeważały o takim ułożeniu trendów w tym okresie jednak nie wpływają istotnie na rozpatrywany cały okres 36-lecia. Porównu-



Rys. 2a. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 2b. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



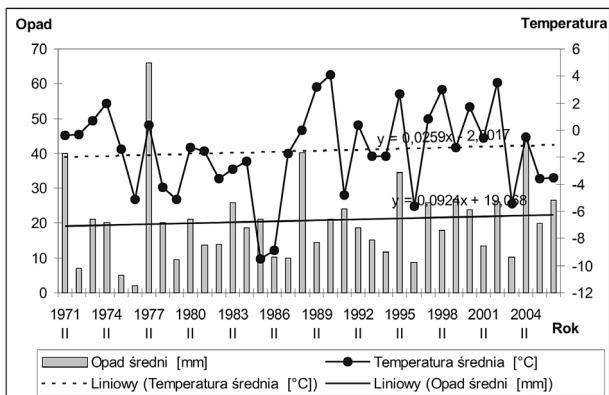
Rys. 2c. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

jąc średnią temperaturę stycznia w danym 36-leciu (rys. 1a) zauważyć należy, że oscyluje ona między $2,1^{\circ}\text{C}$ w 1983 roku do $-11,9^{\circ}\text{C}$ w roku 1987. Różnica między najcieplejszym, a najzimniejszym styczniem jest, więc znacząca i wynosi 14°C . W odniesieniu do opadów atmosferycznych najniższa średnia roczna suma opadów wyniosła w 1989 roku $5,4\text{mm}$, a największy opad wystąpił w 1978 roku i był równy 57mm . Różnica jest prawie 10-krotna. Roczny przebieg opadów był bardzo zmienny, co jest zjawiskiem charakterystycznym dla klimatu Polski.

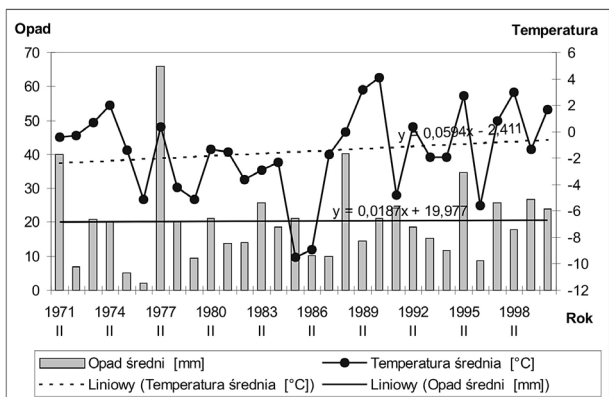
Luty (rys. 3a) Równanie linii trendu dla temperatury w miesiącu lutym wynosi $y=0,0259x-2,0017$, zaś dla opadów $y=0,0924x+19,068$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje zdecydowany charakter wzrostowy. Wartości temperatur powietrza wahały się od $-9,5^{\circ}\text{C}$ do $4,1^{\circ}\text{C}$. Największe średnie miesięczne opady w tym miesiącu wystąpiły w roku 1977 i wyniosły 66mm , a najmniejsze opady odnotowano zaledwie rok wcześniej, bo 1976 i wyniosły 2mm . Rys. 3b przedstawiający okres 1971-2000 nie odbiega od wyżej omówionego 36-lecia. Różnice widoczne są natomiast podobnie jak w miesiącu styczniu podczas rozpatrywania 6-letniego okresu (rys. 3c) gdzie trend czasowego przebiegu średniej miesięcznej wartości temperatury powietrza znacząco opada.

Marzec podczas rozpatrywania wielolecia 1971-2006 (rys. 4a) charakteryzuje się przeciwnie do omawianych wcześniejszych miesięcy wzrostem trendu opadu atmosferycznego, oraz niewielkiej tendencji spadkowej w odniesieniu do temperatury powietrza. Trend opadu zaznacza się mocniej, a jego równanie wynosi $y=0,2973x+20,614$. Podczas analizy okresu 30-letniego (rys. 4b) sytuacja nie uległa zmianie nieznacznie zmniejszyło się tylko nachylenie trendu temperatury. Niskie temperatury marca (rys. 4c) w 2006 roku wynoszące $-0,4^{\circ}\text{C}$ i dość wysokie w 2002 $5,1^{\circ}\text{C}$ nadały malejący charakter linii trendu temperatury powietrza w tym wąskim 6-letnim okresie badawczym. Bardzo duże opady w 2006 roku (rys. 4c), które jednocześnie były najwyższymi zanotowanymi w okresie 36-lecia w Sandomierzu i wyniosły $61,8\text{mm}$ wpłynęły na takie ukształtowanie linii trendu opadu.

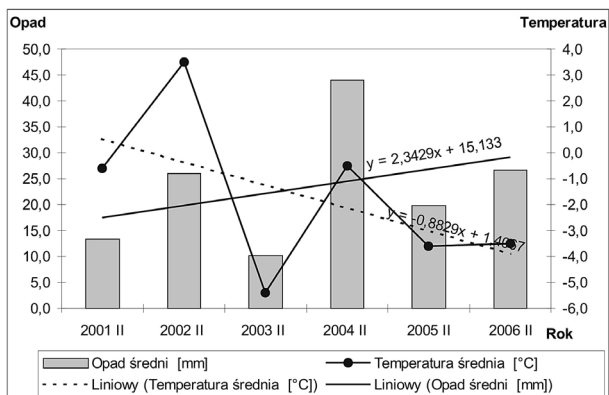
Kolejnym omawianym miesiącem jest kwiecień. Równanie linii trendu dla średniej temperatury w miesiącu kwietniu dla omawianego 36-lecia (rys. 5a) wynosi $=0,0641x+6,9608$, zaś dla opadów atmosferycznych $y=0,5033x+30$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje zdecydowany wzrostowy charakter. Najsuchszym kwietniem (rys. 5a) był kwiecień 1974 roku ze średnim miesięcznym opadem równym 11mm . Natomiast najwilgotniejszym był kwiecień 1998 roku z opadem w ilości 92mm . Najcieplejszy kwiecień był w roku 2000 z temperaturą równą $12,5^{\circ}\text{C}$, a najzimniejszy z średnią miesięczną temperaturą równą 5°C w roku 1997. Rys. 5b przedstawiający okres 1971-2000 nie odbiega od wyżej omówionego 36-lecia. W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys. 5c) trend opadu wykazał tendencję spadkową. Trend temperatury powietrza nie uległ zmianie dalej wykazywał charakter wzrostowy. Nie oznacza to jednak, iż kwiecień w tym okresie był znacząco ubogi w opady. Na takie ukształtowanie trendu wpłynęły dość wysokie sumy, opady w 2001 roku równe $71,6\text{mm}$ i niższe opady w latach kolejnych.



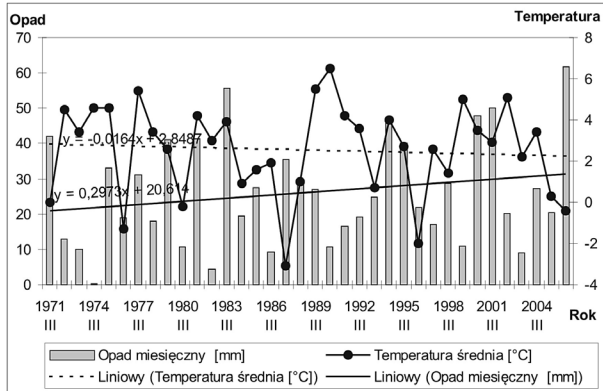
Rys. 3a. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



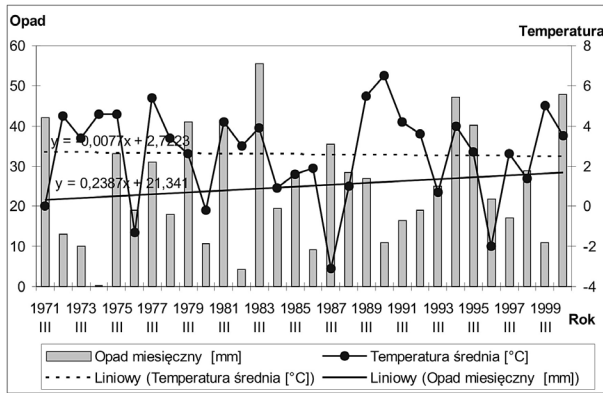
Rys. 3b. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



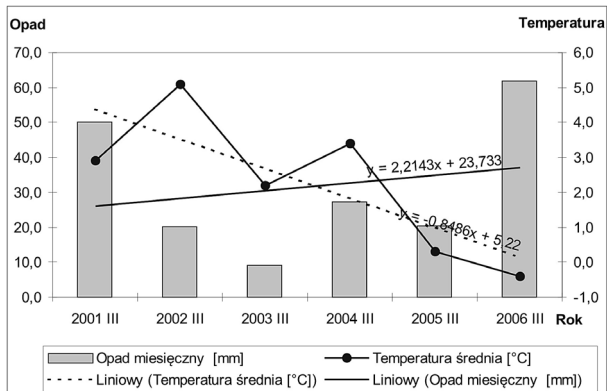
Rys. 3c. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



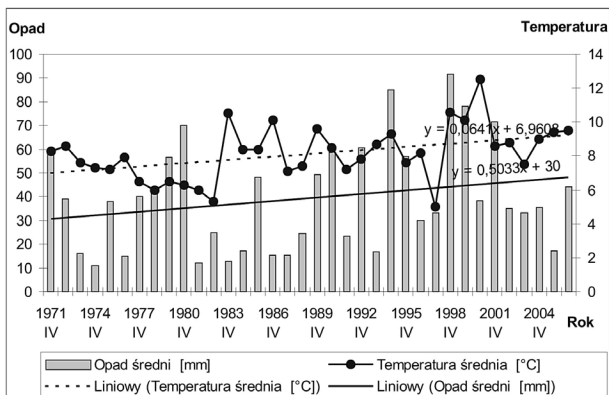
Rys. 4a. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



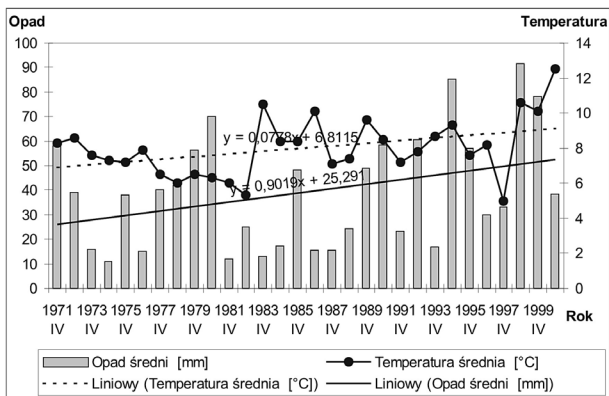
Rys. 4b. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



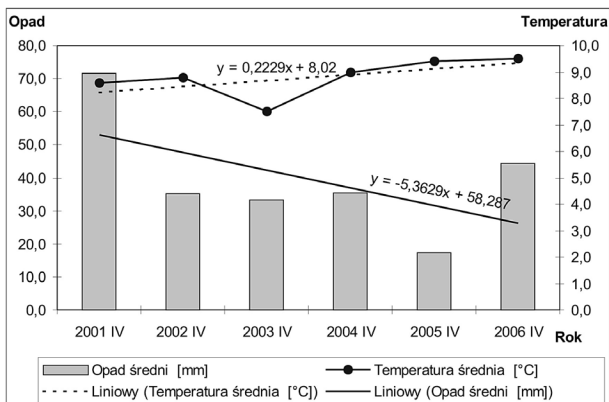
Rys. 4c. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 5a. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 5b. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



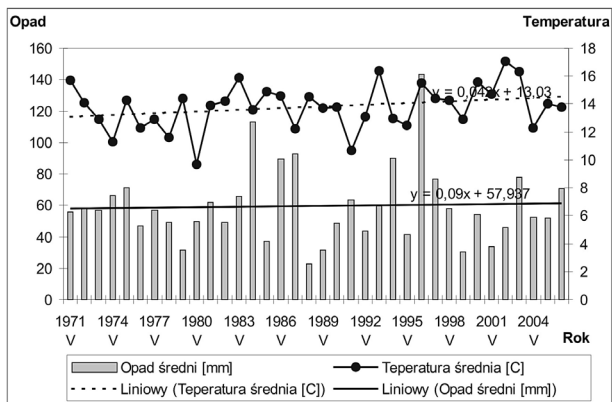
Rys. 5c. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

Maj (rys.6a) charakteryzuje się wyraźnym wzrostem temperatury i bardzo słabym wzrostem trendu opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,042x + 13,03$, zaś dla opadów $y = 0,09x + 57,937$. Bardziej znaczące nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.5b) po wyeliminowaniu 6-letniego okresu. Średnia temperatura maja (rys.6c) wynosiła $14,7^{\circ}\text{C}$, więc nie odbiegała od wartości z 30-letniego okresu obserwacji. Wąski 6-letni okres pomiarów nie może być jednak rozpatrywany jako reprezentatywny. W roku 2002 temperatury powietrza były najwyższymi zanotowanymi w okresie 36-lecia w Sandomierzu i wynosiły $17,1^{\circ}\text{C}$ wpłynęło to na takie ukształtowanie trendu (rys.5c). Najzimniejszym majem w danym 36-leciu (rys.6a) był maj roku 1980 ze średnią miesięczną temperaturą $9,7^{\circ}\text{C}$. Różnica między najcieplejszym, a najzimniejszym majem wynosiła $7,4^{\circ}\text{C}$. Najwilgotniejszym majem był maj w roku 1996 gdzie średnie miesięczne sumy opadu wynosiły 143mm. Najsuchszym był maj roku 1988 z opadem wynoszącym 22,8mm.

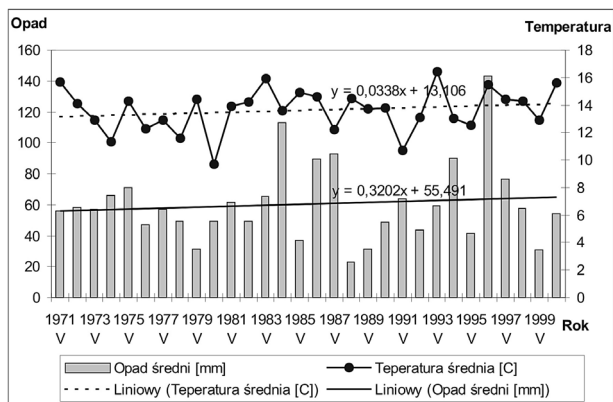
Czerwiec (rys.7a) charakteryzuje się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0366x + 15,723$, zaś dla opadu atmosferycznego $y = -0,2659x + 75,437$. Mniej widoczne nachylenie owych linii trendu jest w okresie 1971-2000 który przedstawia rys.6b. Złagodzenie linii trendu (rys. 7b) wynika z wydzielenia okresu 6-letniego, który widocznie przyczynił się do takiego ukształtowania trendu opadu w latach 1971-2006. Można wysunąć wniosek, iż czerwiec w latach 2001-2006 (rys.7c) był uboższy w opady w porównaniu z okresem 30-lecia. Linie trendu prezentują się odwrotnie, spada trend temperatury natomiast trend opadu rośnie, pomimo tego, iż w roku 2005 wystąpiły najniższe średnie miesięczne opady (32,6mm) w czerwcu w całym rozpatrywanym 36-leciu. Wynika to z bardzo wąskiego 6-letniego okresu obserwacji. Porównując średnią miesięczną temperaturę czerwca w danym 36-leciu zauważyć należy, że oscyluje ona w zakresie od $14,1^{\circ}\text{C}$ do 19°C .

Równanie linii trendu dla lipca (rys.8a) w okresie 1971-2006 wynosi $y = 0,0788x + 16,908$ dla temperatury powietrza, zaś dla opadów atmosferycznych $y = 0,2915x + 74,676$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje wzrostowy charakter zarówno na rys.8a jaki i rys.8b. Najsuchszym lipcem (rys.7c) był lipiec 1994 roku ze średnią miesięczną sumą opadu równą zaledwie 13,1mm. Rok 2006 w Sandomierzu był najgorętszym lipcem z całego 36-letniego okresu obserwacji ze średnią miesięczną temperaturą równą $22,3^{\circ}\text{C}$ był on zarazem ubogi w opady atmosferyczne. W związku z tym okres 2001-2006 (rys.8c) przedstawiający trend opadu $y = -25,657 + 172,73$ wykazał dużą tendencję spadkową, a zmianie nie uległ trend temperatury powietrza, który dalej wykazywał wzrostowy charakter.

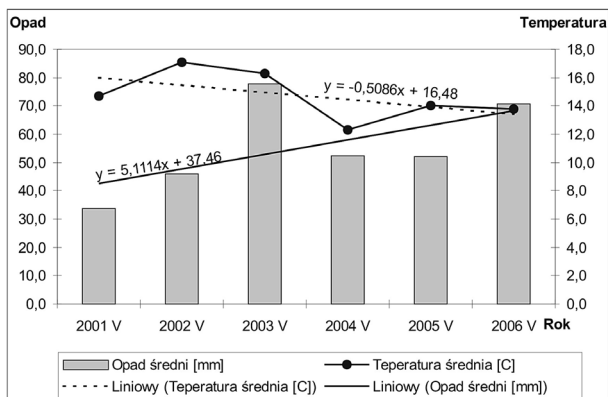
Sierpień (rys.9a) charakteryzuje się wzrostem linii trendu temperatury i spadkiem linii trendu opadów atmosferycznych. Równanie linii trendu dla średniej miesięcznej temperatury sierpnia wynosi $y = 0,0452x + 16,989$, zaś dla opadów $y = -0,2751x + 70,975$. Bardziej znaczące różnice widoczne były w okresie 1971-2000 (rys.9b) po wyeliminowaniu 6-letniego okresu ułożenie linii trendu opadu atmosferycznego wykazało charakter wzrostowy. Jeśli chodzi o tempe-



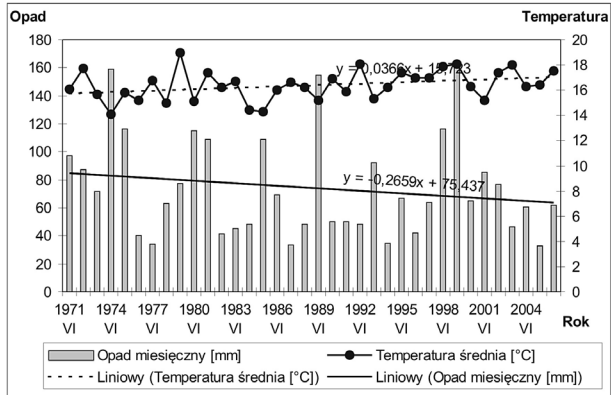
Rys. 6a. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



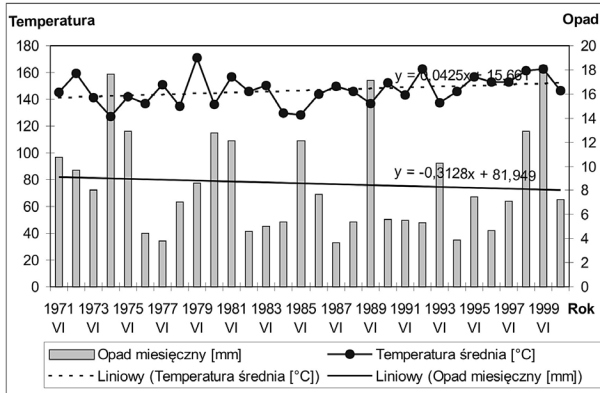
Rys. 6b. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



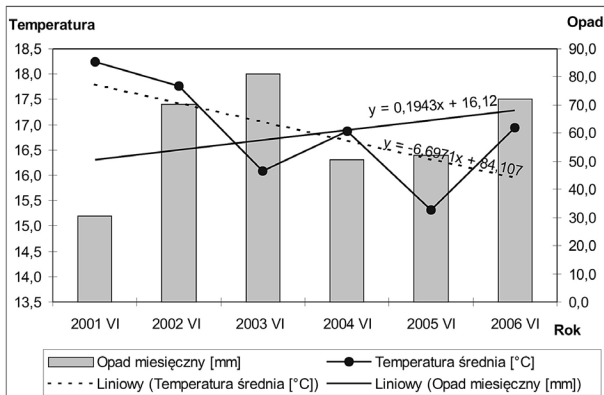
Rys. 6c. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



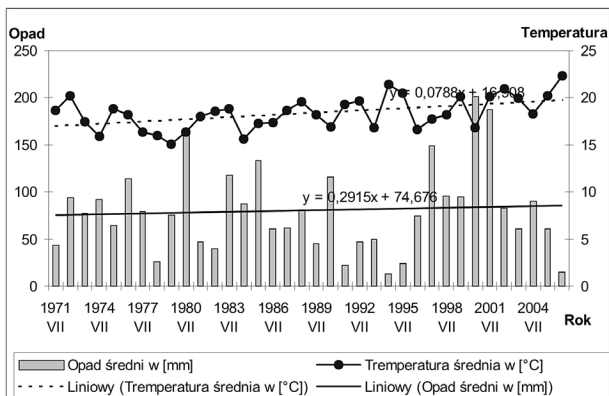
Rys. 7a. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



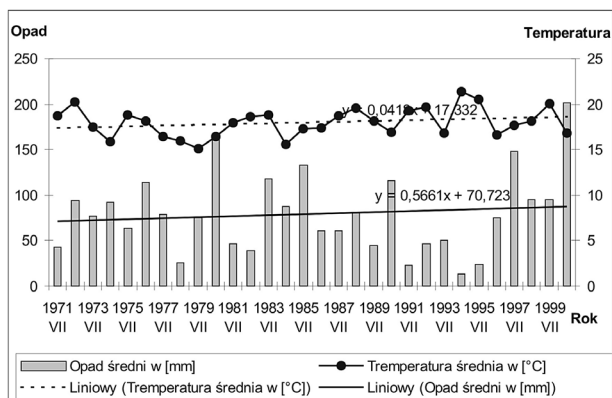
Rys. 7b. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



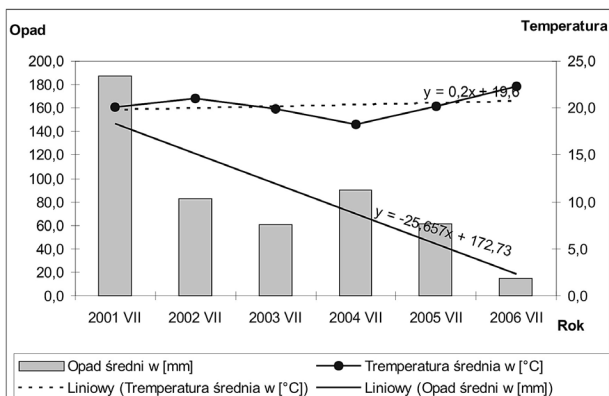
Rys. 7c. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



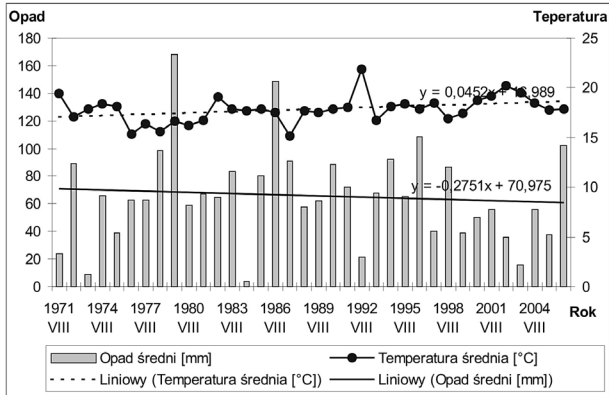
Rys. 8a. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



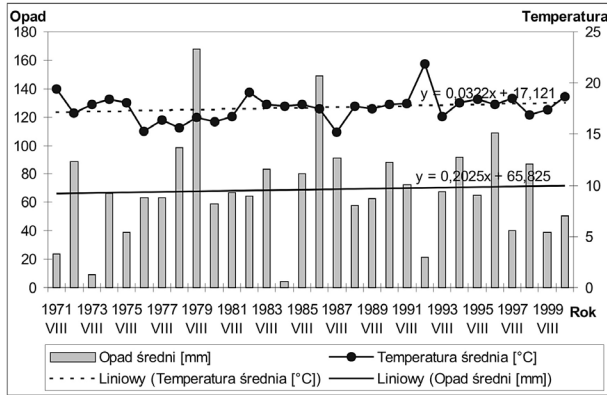
Rys. 8b. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



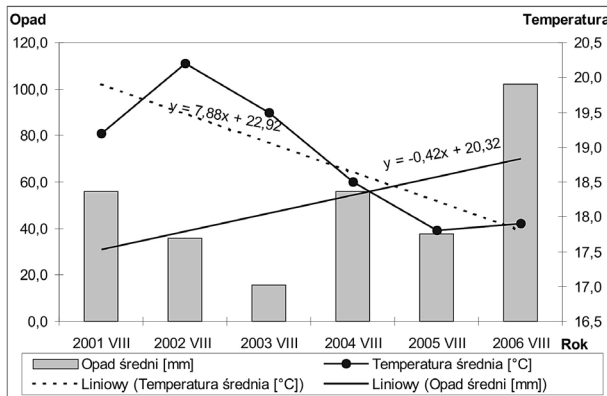
Rys. 8c. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 9a. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 9b. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



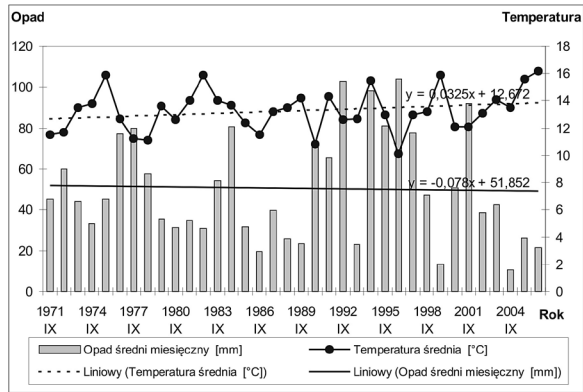
Rys. 9c. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

raturę powietrza linia trendu nie uległa znacznej zmianie. Okres 6-letni znacząco wpłynął na cały rozpatrywany 36-letni okres badań. Trend temperatury na rys.9c wykazał charakter malejący, co nie oznacza jednak, że sierpień w latach 2001-2006 był znacznie chłodniejszy od sierpnia w latach 1971-2000. Średnia miesięczna temperatura sierpnia w 6-leciu nie spadła poniżej 17,8°C, jednak wysoka temperatura w 2002 roku i niewiele niższa w latach kolejnych wpłynęła na malejące ukształtowanie trendu temperatury w tym okresie. Decydująco zaznaczyła się linia trendu opadu. Bardzo niewielkie opady w roku 2003 w ilości 15,7mm i bardzo duże opady w 2006 w ilości 102mm spowodowały, iż trend opadu uzyskał wyraźnie wzrostowy charakter. Rozpatrując jednak okres 36-lecia (rys.9a) wyraźnie zaznacza się prawie 10-letnia cykliczność w odniesieniu do opadów atmosferycznych. W latach 1973, 1984, 1992, 2003 zauważyć można występowanie bardzo niskich opadów, a okresy między nimi charakteryzują się wysokimi opadami atmosferycznymi. Lata 2000 przypadły na rozpoczęcie nowego cyklu 10-letniego, dlatego też trend opadu na rys.8a wykazuje malejący charakter.

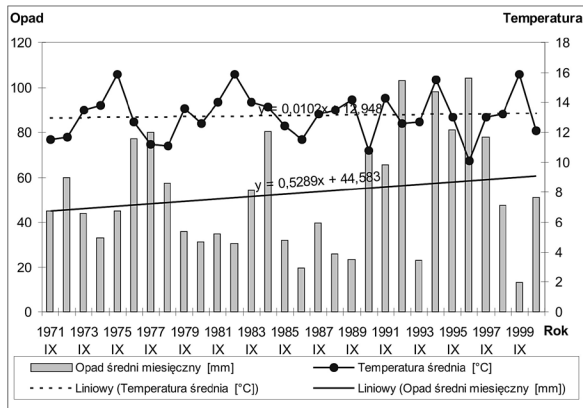
Wrześniowe wykresy bardzo przypominają sierpniową sytuację jednak cykliczność już nie jest widoczna. Wrzesień (rys.10a) charakteryzuje się wzrostem linii trendu temperatury i spadkiem linii trendu opadów atmosferycznych. Równanie linii trendu dla średniej miesięcznej temperatury września wynosi $y = 0,0325x + 12,672$, zaś dla opadów $y = -0,078x + 51,852$. Bardziej znaczące i widoczne zarazem różnice były w okresie 1971-2000 (rys.10b) ułożenie linii trendu opadu atmosferycznego wykazało charakter wzrostowy z linią trendu o równaniu $y = 0,5289x + 44,583$. Trend temperatury powietrza wykazywał wzrostowy charakter. Lata 2001-2006 (rys.10c) wpłynęły na cały rozpatrywany 36-letni okres badań. Trend temperatury na rys.10c wykazał charakter wzrostowy, a wrzesień roku 2006 był najcieplejszym z całego 36-lecia z wartością 16,2°C. W 2004 roku wystąpiły najniższe średnie miesięczne opady równe 10,5mm, dlatego też 36-letnia linia trendu opadu atmosferycznego maleje, a wzrasta linia trendu temperatury.

Październik (rys.11a) charakteryzuje się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0719x + 6,7316$, zaś dla opadu $y = -0,4744x + 50,545$. Kierunki nachyleń linii trendów temperatury na rys.11b i rys.11c wykazują charakter wzrostowy, a opadów spadkowy. Najzimniejszym październikiem w całym rozpatrywanym 36-leciu był październik w roku 2003 ze średnią miesięczną temperaturą 5,5°C, najcieplejszym zaś lata 2000 i 2001, gdzie średnia miesięczna października nie spadła poniżej 11°C. Najsuchszym był październik w roku 1977 ze średnią miesięczną opadu 4mm, najwilgotniejszym zaś rok 1974 ze średnim miesięcznym opadem równym 181mm. Okres 2001-2006 (rys.11c) nie wpłynął znacząco na układ linii trendu w całym rozpatrywanym okresie wielolecia.

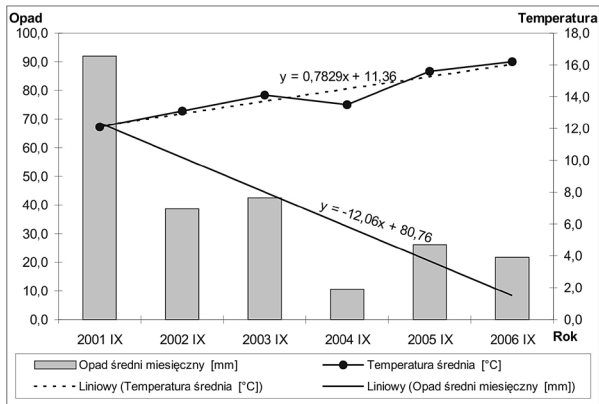
Listopad. Równanie linii trendu dla średniej temperatury w danym miesiącu (rys.12a) wynosi $y = 0,0356x + 1,9671$, zaś dla opadu $y = -0,033x + 28,986$. Trend temperatury powietrza wykazuje zdecydowany wzrostowy charakter natomiast opadu spada. W odniesieniu do okresu (rys.12b) 1971-2000 linie trendów ulegają zmianie



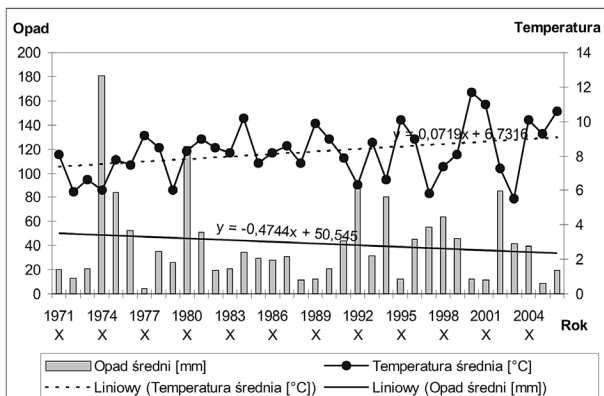
Rys. 10a. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



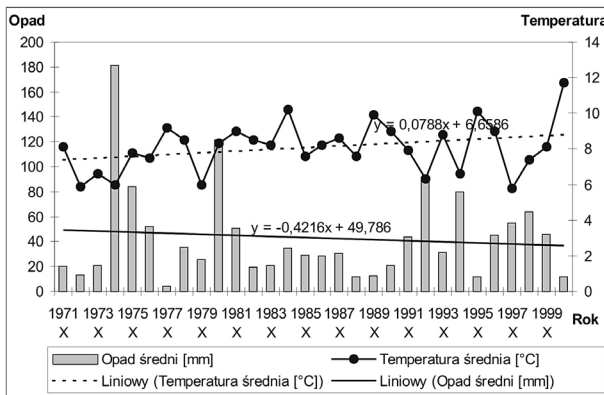
Rys. 10b. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



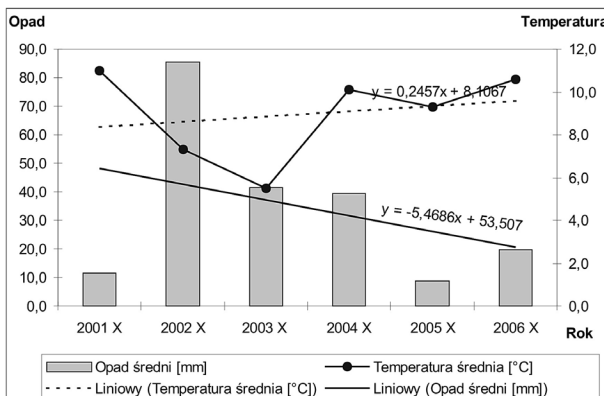
Rys. 10c. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



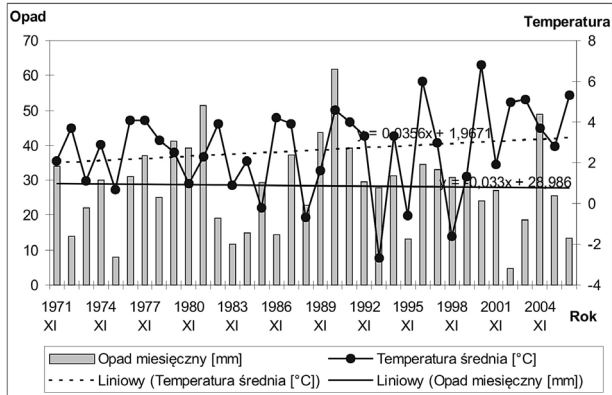
Rys. 11a. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



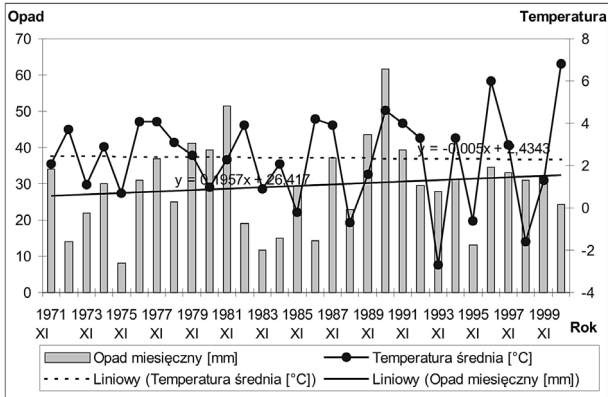
Rys. 11b. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



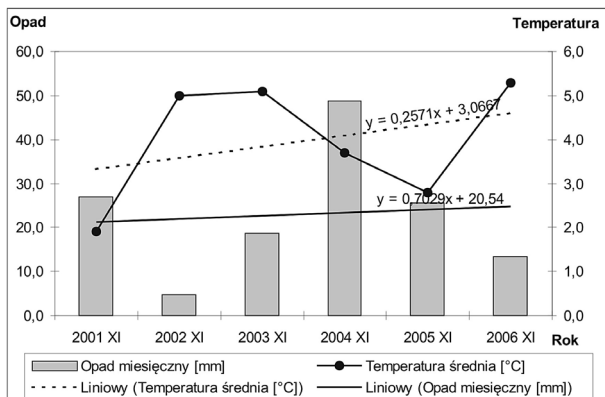
Rys. 11c. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 12a. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 12b. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



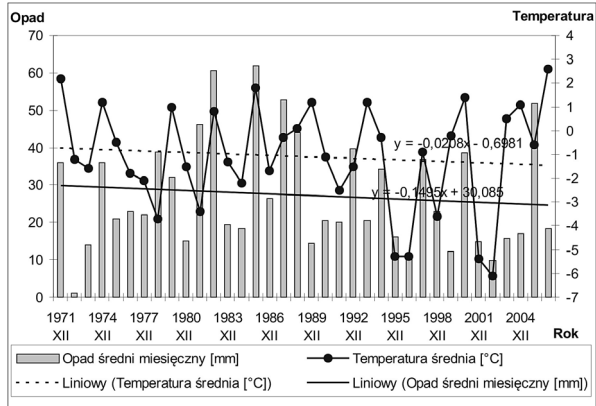
Rys. 12c. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

trend temperatury spada natomiast rośnie trend opadu wynika to z wydzielenia 6-letniego okresu. W latach 2000-2006 wystąpiły najwyższe średnie miesięczne wielkości temperatur powietrza 2002, 2003, 2006, które nie spadły poniżej 5°C. Wpłynęło to znacząco na ukształtowanie się trendów na rys.12b, na którym trend temperatury powietrza ulega niewielkiemu spadkowi. Odwrotnie sytuacja wygląda w odniesieniu do opadu atmosferycznego (rys.12.b), ponieważ listopad roku 2002 był bardzo ubogi w opady, wyeliminowanie lat 2001-2006 spowodowało przesunięcie linii trendu ku górze. Zauważyć należy, iż nawet niewielki okres pomiarów może znacząco wpłynąć na ukształtowanie linii trendów długookresowych badań.

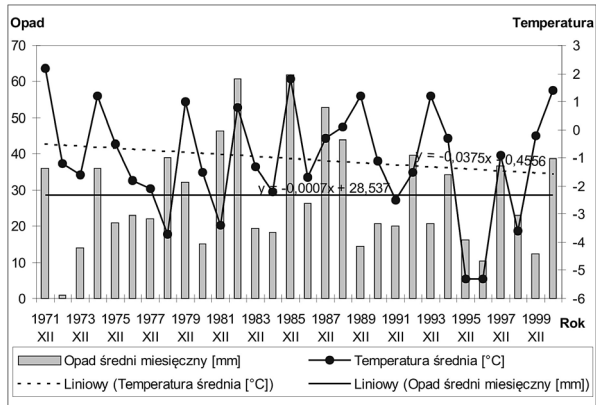
Grudzień (rys.13a) charakteryzuje się spadkiem zarówno temperatury powietrza, jak i opadu atmosferycznego. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = -0,0208x - 0,6981$, zaś dla opadu $y = -0,1495x + 30,085$. Bardziej łagodne nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.13b). W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys.13c) zmiany wyglądają odwrotnie rośnie zarówno trend opadu, jaki i temperatury. Wynika to z faktu, iż grudzień roku 2005 był bardzo obfity w opady atmosferyczne w porównaniu do lat sąsiednich. W 2002 roku zanotowano najniższe temperatury, których średnia miesięczna wyniosła -6,1°C, a w roku 2006, najwyższe 2,6°C, co zadecydowało ułożeniu trendu temperatury na rys.13c. Dane jednak z tego okresu nie wpłynęły znacząco na cały badany okres obserwacji.

Ocena okresu wielolecia 1971-2006 w Sandomierzu uwzględniająca najniższe i najwyższe wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza oraz jej amplitudy

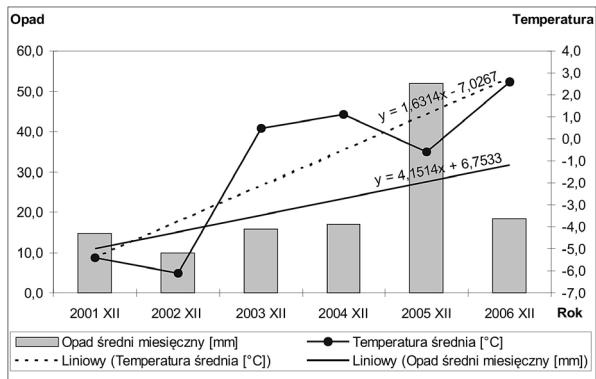
Najchłodniejszym miesiącem był styczeń o średniej temperaturze -2,9°C. Jeśli chodzi o temperaturę powietrza zaznaczył się on również największymi różnicami. Najzimniejszym był styczeń roku 1987 ze średnią miesięczną temperaturą równą -11,9°C, najcieplejszy zaś styczeń roku 1983 ze średnią miesięczną 2,1°C. Amplituda wynosi więc 14°C i jest bardzo duża w przybliżeniu można powiedzieć, że wynosi tyle ile różnica średniej temperatury między lipcem i listopadem, bądź lipcem i marcem. Duże różnice temperatur spotykamy także w lutym gdzie średnie miesięczne wahały się od -9,5°C w roku 1985 do 4,1°C w roku 1990. Dużą termiczną zmiennością charakteryzował się marzec, różnice może nie zaznaczają się tak wyraźnie w styczniu czy w lutym, ale amplituda temperatur najcieplejszego i najzimniejszego marca i tak jest wysoka i wynosi 9,6°C. Od marca również średnie miesięczne temperatury w kolejnych miesiącach nie spadają poniżej 0°C stan taki utrzymywał się aż do października. Średnia temperatura kwietnia wahała się od 5°C w roku 1997 do 12,5°C w 2000, więc amplituda dla kwietnia wynosiła 7,5°C. Jeśli chodzi o maj to średnia temperatura wahała się od 9,7°C w roku 1980 i 17,1°C w 2002, co dało amplitudę równą 7,8°C. Najmniejszymi wahaniami temperatury w Sandomierzu odznaczył się miesiąc czer-



Rys. 13a. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 13b. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2000



Rys. 13c. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

wiec najniższa średnia miesięczna temperatura wynosiła 14,1°C w roku 1974, a najwyższa 19°C w roku 1979 w czerwcu zaznaczyła się, więc najniższą amplitudą równą 4,9°C. Najcieplejszym miesiącem był zaś lipiec ze średnią roczną temperaturą równą 18,4°C. Średnia temperatura sierpnia wahała się od 15,2°C w 1987 do 21,9°C w 1992 roku. Amplituda wynosiła, zatem 6,7°C podobnie jak amplituda dwóch kolejnych miesięcy, czyli września i października gdzie w kolejności wyniosła 6,1°C i 6,2°C. Średnia temperatura września wahała się od 10,1°C w roku 1996 do 16,2°C w 2006, a średnia temperatura października wahała się od 5,5°C w roku 2003 do 11,7°C w 2000. Średnia temperatura listopada wynosi -2,7°C w 1993 do 6,8°C w 2000, amplituda wynosiła zatem 9,5°C. Średnia temperatura pierwszego zimowego miesiąca, czyli grudnia w Sandomierzu oscyluje między -6,1°C w 2002 do 2,6°C w roku 2006, amplituda wyniosła więc 8,7°C.

Największe amplitudy temperatury w Sandomierzu można zaobserwować w kolejności w miesiącach styczeń, luty, marzec, listopad powyżej 9,5°C. Najniższe zaś w czerwcu, wrześniu, sierpniu, wrześniu i październiku.

Zauważyć można pewne odchylenia temperatury powietrza w ciągu roku. Najwyraźniej różnice te widać w styczniu i lutym. W 36-letnim okresie 12 razy luty był najzimniejszym miesiącem roku. Podobnie jak między styczniem i lutym sytuacja wygląda z letnimi miesiącami. Jak się okazuje uważany za najcieplejszy miesiąc lipiec nie zawsze był najcieplejszy w 36-letnim okresie pomiarów. Na 36 możliwości w 12 sierpień wygrał tę rywalizację i to on był tym najcieplejszym miesiącem roku, a w 2 nawet czerwiec. Zmiany te mogą świadczyć o pewnych przemianach klimatu.

Ocena okresu wielolecia 1971-2006 w Sandomierzu uwzględniająca najniższe i najwyższe wartości średnich miesięcznych sum opadów atmosferycznych oraz ich zmienność

Miesiącem o największych opadach w Sandomierzu był lipiec o średniej miesięcznej sumie opadu z 36-lecia równej 80mm, najmniejsze opady wystąpiły zaś w miesiącach zimowych, czyli w grudniu średnia miesięczna suma wynosiła 27,3 mm; w styczniu wyniosła 23,2 mm, a w lutym zaś 20,8 mm. Duża była także zmienność opadów w kolejnych miesiącach. Różnicą największą (188 mm) odznaczył się lipiec gdzie najniższa miesięczna suma w roku 1994 wynosiła 13,1 mm najwyższa natomiast przypadła na rok 2000 o wartości 201,1 mm. Wahania najmniejsze zauważamy w styczniu różnica między największym, a najmniejszym średnim miesięcznym opadem wynosi 51,4 mm.

Najsuchszym miesiącem w Sandomierzu w latach 1971-2006 był marzec 1974 roku z opadem 0,3 mm. Ubogimi były też grudzień z opadem równym 1mm w roku 1972, oraz luty 1976 z opadem równym 2mm. Zauważyć należy, iż wszystkie z wymienionych miesięcy jako ubogie w opady należą do miesięcy zimowych. Najwilgotniejszymi w związku z tym są miesiące letnie tj. czerwiec, lipiec, sierpień.

W lipcu w roku 2000 odnotowano najwięcej opadów, a średnia miesięczna wyniosła 201,1 mm. Równie wysoka jest średnia sierpnia z 1979 równa 167,9 mm, oraz czerwca z 1999 roku w ilości 165 mm.

PODSUMOWANIE OKRESU WIELOLECIA 1971-2006 W SANDOMIERZU

Średnia temperatura (tab. 1) z wielolecia w badanym 36-letnim okresie w Sandomierzu wyniosła 7,9°C. Najzimniejszym był rok 1980 gdzie temperatura osiągnęła średnią wartość 6,3°C. Natomiast najgorętszym okazał się rok 2000 roku gdzie średnia temperatura osiągnęła wartość 9,6°C. Dość ciepłe były również lata 1989, 1990, 2002 gdzie średnia roczna temperatur również przekroczyła 9°C. Zaznaczyć należy, że w latach 2002-2006 średnia roczna temperatura powietrza wynosiła powyżej 8,3°C. Średni roczny opad w badanym okresie wyniósł 44,3mm. Rok 1980 i 1974 były najobfitszymi rocznikami pod względem opadów atmosferycznych średnia roczna wynosiła 59,0 mm. Najniższe średnie roczne opady o wartości 31,3mm odnotowano w roku 1973. Niską wielkość opadu odnotowano również w lata 2003, 2005 poniżej 33 mm. Średnie roczne sumy opadów w okresach 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2006 wykazują widoczne 10-letnie cykliczne odchylenia świadczące, iż lata 1971-1980 i 1991-2000 były bogatsze w opady niż analogiczne kolejne lata 1981-1990, 2001-2006 uznane wg powyższych badań za suche.

LINIA TRENDU I ŚREDNIA ROCZNA TEMPERATURA POWIETRZA W SANDOMIERZU W LATACH 1971-2006

Trend temperatury powietrza (rys. 14a) w okresie 1971-2006 w Sandomierzu wykazuje tendencję wzrostową. Podobnie jak dwa pozostałe rysunki 14b i 14c. Średnia roczna temperatura w latach 1971-1990 osiągnęła wartość powyżej 8°C 6 razy. W latach kolejnych natomiast tą wartość przekroczyła aż 12 razy. Wzrost temperatury jest, więc bezdyskusyjny. Wzrost średnich rocznych temperatur widoczny jest systematycznie w poszczególnych 10-letnich okresach badawczych. Lata 1971-1980 był cieplejsze o 0,4°C od lat 1981-1990 w których średnia roczna temperatura była równa 7,9°C. Kolejne lata 1991-2000 były natomiast cieplejsze od wcześniejszego 10-lecia o 0,3°C ze średnią roczną temperaturą równą 8,2°C.