

Dariusz GOŁASZEWSKI

Zakład Meteorologii i Klimatologii, Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

Division of Meteorology and Climatology, Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

Próba oceny wpływu dolin rzecznych na kształtowanie się wybranych parametrów meteorologicznych

Assessment of influence of river valleys on meteorological parameters

Słowa kluczowe: doliny rzek, klimat dolin
Key words: river valleys, climate of valleys

Wprowadzenie

Ocena parametrów meteorologicznych ma szczególne znaczenie w regionach charakteryzujących się odmiennymi warunkami klimatycznymi od otaczających je terenów. Miejscami takimi są doliny rzeczne wykorzystywane głównie rolniczo jako tereny użytków zielonych oraz tereny o znaczeniu rekreacyjno-wypoczynkowym. Współczesne tendencje rozwoju gospodarki w tym rolnictwa, stawiające na jakość produktu finalnego, wymagają coraz lepszej znajomości m.in. warunków klimatycznych. Mimo istniejących problemów związanych ze zgromadzeniem danych meteorologicznych w dolinach rzecznych, umożliwiających ocenę odrębności ich klimatu, problematyką tą zajmowało się wielu badaczy.

Parczewski (1960), Madany i inni (1973) prowadzili badania mikroklimatyczne w dolinie środkowej Wisły. Zróżnicowanie niedosytu wilgotności powietrza w dolinie Wisły i Kanału Bydgoskiego opisane zostało przez Hohendorfa (1970a i b) i Jakubczaka (1970). Podobną problematyką zajmowali się także Konopko (1992), Bąk (2003) i inni. O ile zagadnienie odrębności klimatycznej dolin dużych rzek poruszane było w literaturze wielokrotnie, to prac dotyczących dolin rzek małych jest niewiele. Problematyką tą zajmowali się m.in. Łykowski i Madany (1988), którzy scharakteryzowali klimat doliny Neru.

Celem niniejszego opracowania była próba określenia wpływu doliny, jej rozległości i głębokości na kształtowanie się podstawowych parametrów meteorologicznych, a tym samym na określenie ich wpływu na wielkość parowania i meteorologicznego bilansu wodnego.

go. W dalszych badaniach konieczne będzie uwzględnienie także kierunku geograficznego biegu doliny.

Materiał i metoda

Materiał pomiarowy pochodzi ze standardowych pomiarów temperatury powietrza, wilgotności względnej, niedosytu wilgotności powietrza, prędkości wiatru oraz wysokości opadów atmosferycznych prowadzonych na siedmiu stacjach meteorologicznych. Stacje te zlokalizowane są w dolinach rzek oraz w pobliżu krawędzi wysoczyzn ograniczających te doliny. Do analizy wybrane zostały trzy różnej wielkości doliny. Najmniejsza jest dolina Neru, pośredniej wielkości dolina Wisły środkowej, a największa – rozległa dolina ujścia Wisły.

Klimat doliny Neru scharakteryzowano na podstawie danych meteorologicznych z dwóch stacji w Puczniewie, który położony jest w odległości około 25 km od Łodzi w kierunku północno-zachodnim. Były to stacje pomiarowe: Puczniew Łąka i Puczniew. Zgromadzone dane pochodzą z lat 1962–1979. Stacja pomiarowa Puczniew Łąka ($h_s = 133$ m n.p.m.) zlokalizowana była w porośniętej roślinnością trawiastą dolinie, w odległości zaledwie 100 m od rzeki. W odległości około 700 m od niej, w kierunku północno-zachodnim, położona była druga stacja – Puczniew ($h_s = 144$ m n.p.m.) ulokowana na wysoczyźnie ograniczającej dolinę Neru.

Warunki klimatyczne doliny Wisły środkowej przedstawiono na podstawie danych zgromadzonych w latach 1959–1985 na stacji meteorologicznej Obory i Warszawa Wolica. Stacja Obory ($h_s =$

90 m n.p.m.) położona była w dolinie około 3 m powyżej poziomu wody w rzece i w odległości około 4 km od niej. Teren doliny pokryty roślinnością trawiastą pod względem rzeźby terenu był słabo zróżnicowany – deniwelacja nie przekraczała 0,5 m. W odległości 350 m w kierunku zachodnim znajdowała się skarpa wysoczyzny wysokości 16 m. Warunki klimatyczne wysoczyzny określono na podstawie danych zgromadzonych na stacji Wolica ($h_s = 106$ m n.p.m.) położonej na skraju wysoczyzny w odległości 10 km od stacji Obory.

Klimat największej z rozpatrywanych w pracy dolin – ujścia Wisły, scharakteryzowano na podstawie danych z lat 1951–1960, zgromadzonych na stacjach w Nowym Dworze Gdańskim, Starym Polu i Radostowie. Teren doliny odwadniany siecią rowów otwartych charakteryzował się małym zróżnicowaniem rzeźby terenu. Wysokości bezwzględne stacji w Nowym Dworze Gdańskim i Starym Polu wynosiły odpowiednio 0 i 3 m n.p.m. Analizowane stacje oddalone są od siebie o 18 km i odpowiednio o 35 i 30 km od stacji w Radostowie. Stacja ta położona jest na wysoczyźnie zamykającej dolinę od zachodu na wysokości 40 m n.p.m.

W celu wykazania różnic klimatu dolin i ograniczających je wysoczyzn obliczone zostały różnice wszystkich analizowanych wskaźników klimatycznych. Obliczenia wykonano, posługując się średnimi z rozpatrywanych okresów lat wartościami miesięcznymi, przy czym w każdym przypadku od wartości analizowanego parametru określonego dla doliny odejmowano wartość analogicznego parametru pomierzonego na

wysoczyźnie. Określono w ten sposób zróżnicowanie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, prędkości wiatru, wilgotności względnej powietrza oraz wysokości opadów.

Na podstawie danych wyjściowych obliczone również zostały wartości parowania wskaźnikowego za pomocą wzorów:

- Schmucka $E = k d V^{1/2}$ (1)

- Iwanowa $E = 0,0018 (25 + t_{mc}) \cdot (100 - f)$ (2)

gdzie:

k – miesięczny współczynnik proporcjonalności,

d – średni miesięczny niedosyt wilgotności,

V – średnia miesięczna prędkość wiatru,

t – średnia miesięczna temperatura powietrza,

f – średnia miesięczna wilgotność względna powietrza.

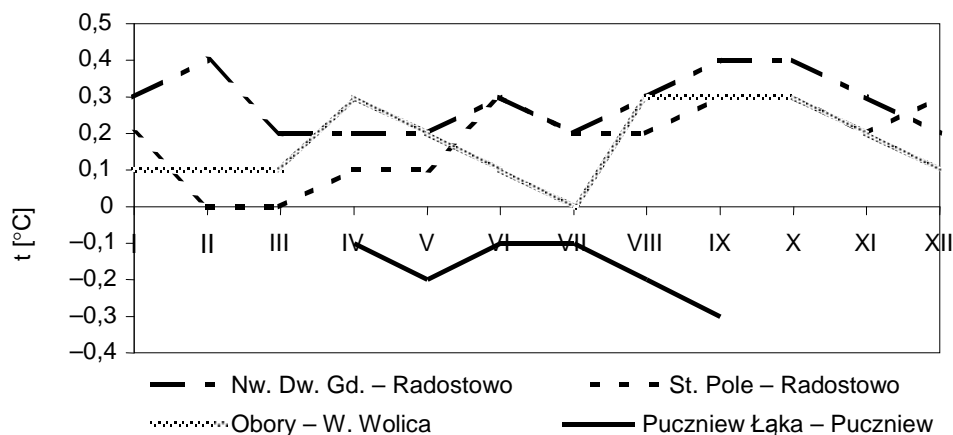
Wzory te opierają się na temperaturze powietrza, niedosycie wilgotności, wilgotności względnej powietrza i prędkości wiatru, a więc elementach zmienionych lokalnie zależnie od położenia siedliska. Przyjęte wzory dobrze więc określają warunki parowania małych obszarów (Kasperska 1998). Dysponując średnimi miesięcznymi (z rozpatrywanych lat) sumami opadów oraz wyznaczonymi na podstawie dwóch przyjętych wzorów wartościami parowania wskaźnikowego, obliczone zostały wartości meteorologicznego bilansu wodnego $P-E$. Na tej podstawie określone zostały różnice wartości tego wskaźnika (między doliną a wysoczyzną), pozwalające określić zróżnicowanie warunków wilgotnościowych powietrza między tymi terenami.

Wyniki

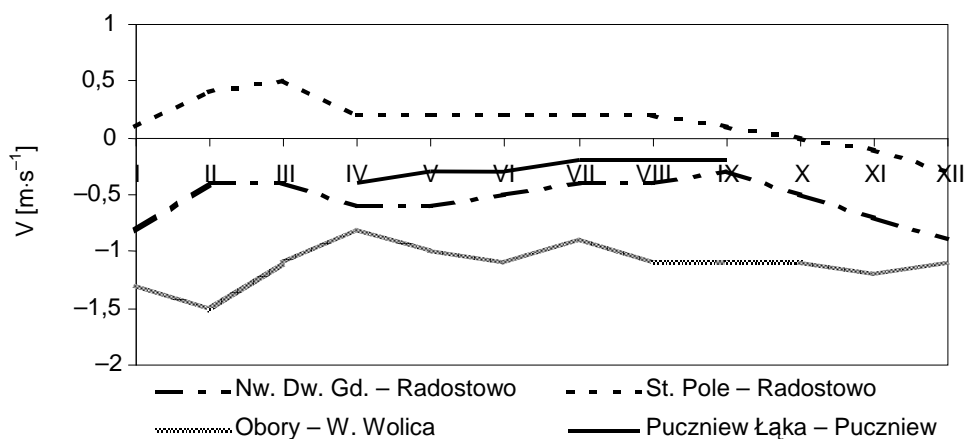
Na rysunku 1 przedstawiono zróżnicowanie temperatury powietrza między doliną a wysoczyzną. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż jedynie w przypadku najmniejszej z rozpatrywanych – dolinie Neru, różnice temperatury są ujemne. Świadczy to o występowaniu niższej temperatury powietrza (średnio o $-0,2^{\circ}\text{C}$ w analizowanych miesiącach letnich) w dolinie. Pozostałe obiekty charakteryzują się wyższą temperaturą powietrza w dolinach rzek w stosunku do otaczających je wysoczyzn.

W przypadku doliny Wisły środkowej średnie miesięczne (z analizowanych lat) różnice temperatury powietrza między doliną a wysoczyzną zawierają się w przedziale od 0 do $+0,3^{\circ}\text{C}$ i w całym okresie roku wynoszą średnio $+0,2^{\circ}\text{C}$. Z kolei dolina ujścia Wisły w porównaniu do otaczającej ją wysoczyzny charakteryzuje się wyższą o $0,3^{\circ}\text{C}$ średnią roczną temperaturą powietrza. W poszczególnych miesiącach różnice temperatury powietrza między doliną a wysoczyzną zawierają się w przedziale od 0 do $0,4^{\circ}\text{C}$.

Rysunek 2 przedstawia zróżnicowanie prędkości wiatru na wybranych obiektach. Obniżenie terenu, jakim jest dolina, prowadzi do zakłócenia pola wiatru oraz zmniejszenia jego prędkości. Jest to wyraźnie widoczne w przypadku analizowanych stacji dolinowych. Stanowisko Puczniew Łąka, charakteryzujące najpłytszą i najmniejszą z rozpatrywanych dolin, cechuje się mniejszą średnio o $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ prędkością wiatru od otaczającej ją wysoczyzny. Największe zróżnicowanie prędkości wiatru uwidacznia się w dolinie Wisły środkowej. Wynika ono z bezpośredniego



RYSUNEK 1. Średnie miesięczne zróżnicowanie temperatury powietrza w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 1. Mean monthly differentiation between air temperature in valley and upland



RYSUNEK 2. Średnie miesięczne zróżnicowanie prędkości wiatru w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 2. Mean monthly differentiation between wind velocity in valley and upland

oddziaływania na wiatr szesnastometrowej skarpy, w której pobliżu zlokalizowana była stacja Obory. W tym przypadku średnie miesięczne prędkości wiatru są mniejsze od analogicznych, mierzonych na wysoczyźnie, i zawierają się w przedziale od $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (w kwietniu) do $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (w lutym). Średnio w roku dolina Wisły środkowej na od-

cinku Obory – Wolica cechuje się mniejszą o $1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ prędkością wiatru.

Stacja w Nowym Dworze Gdańskim położona w dolinie ujścia Wisły charakteryzuje się mniejszymi średnio o $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ prędkościami wiatru w porównaniu do stacji w Radostowie. Jednak w przypadku stacji Stare Pole położonej w tej samej dolinie średnia prędkość wiatru

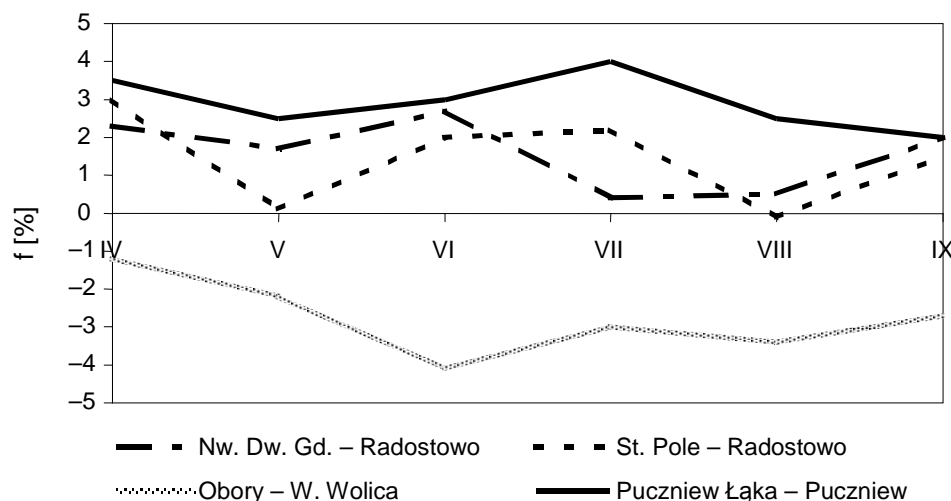
z miesięcy I–IX była większa o $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ od rejestrowanych na wysoczyźnie. W okresie X–XII prędkość wiatru w dolinie staje się mniejsza o średnio $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ od pomierzonych w Radostowie, ostatecznie jednak średnia roczna (z analizowanych lat) prędkość wiatru jest o $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ większa. Takie zróżnicowanie prędkości wiatru można tłumaczyć warunkami lokalnymi stacji, jest ona bowiem zlokalizowana na trzymetrowym wywyższeniu terenu ponad depresyjny, płaski, mało urozmaicony obszar Żuław.

Średnie miesięczne zróżnicowanie wilgotności względnej powietrza w cieplej porze roku przedstawione zostały na rysunku 3. Największym zróżnicowaniem wilgotności względnej powietrza charakteryzuje się obiekt w Puczniewie. Przepływająca w pobliżu punktu pomiarowego rzeka oraz płytko zalegające zwierciadło wód gruntowych w dolinie powodowały, że wilgotność

względna na stacji Puczew Łąka była o średnio 3% wyższa od rejestrowanej na wysoczyźnie. Zmienność średnich miesięcznych wartości różnic była niewielka i zawierała się w przedziale od 2 do 4%.

Nieco mniejsze różnice wilgotności względnej powietrza wystąpiły między doliną ujścia Wisły a ograniczającą ją wysoczyzną – zawierały się w przedziale od 0 do 3%. Na obu stacjach notowano większe wartości wilgotności względnej powietrza w stosunku do stacji położonej na wysoczyźnie.

Dolina Wisły środkowej charakteryzuje się ujemnymi wartościami różnic wilgotności względnej powietrza (średnio z analizowanych lat dla cieplej pory roku -3%). Świadczy to o wyższym uwilgotnieniu powietrza na skraju wysoczyzny. Zakres zmian analizowanych wartości zawiera się w przedziale od -1 do -4% . Jest to spowodowane osuszającym działaniem systemu rowów odwadniających dolinę, nasilającym się w okresach występowania niższych od



RYSUNEK 3. Średnie miesięczne zróżnicowanie wilgotności względnej powietrza w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 3. Mean monthly differentiation between relative humidity in valley and upland

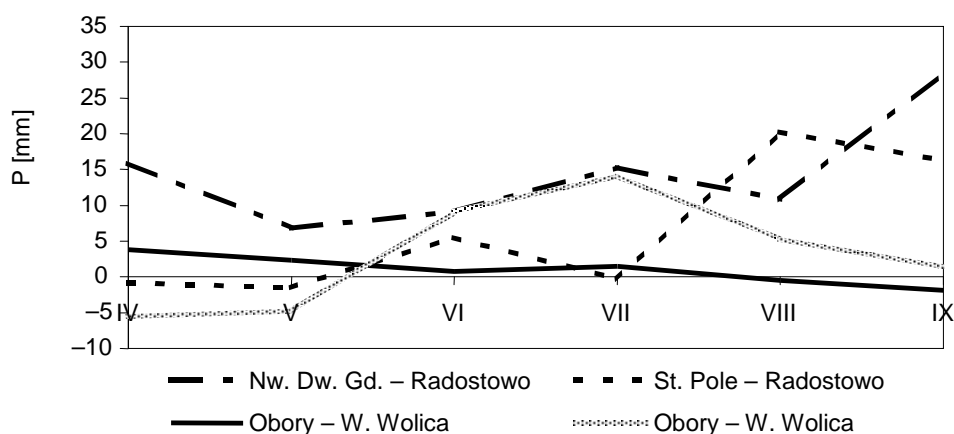
średnich rocznych stanów wody w Wiśle. Szerokość doliny Wisły w rejonie Obór dochodzi do 6 kilometrów. Pomiar patrolowe wykonywane w dolinie w odległości 1,5 km od krawędzi wysoczyzny wykazały, że wilgotność względna powietrza wzrastała w miarę zbliżania się do koryta rzeki.

Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie opadów na rozpatrywanych obszarach dla ciepłej pory roku, według średnich miesięcznych (z analizowanych lat) sum opadu, przedstawiono na rysunku 4. Dane przedstawione na rysunku wskazują, iż rozpatrywane doliny rzek w stosunku do ograniczających je wysoczyzn są terenami uprzywilejowanymi pod względem wysokości opadów. Jedynie na stacji w Oborach średnie miesięczne sumy opadów z dwóch miesięcy wiosennych (kwiecień i maj) są tylko nieznacznie (średnio o 5 mm) mniejsze od rejestrowanych na wysoczyźnie. We wszystkich branżach pod uwagę stacjach położonych w dolinach średnie (z rozpatrywanych lat) wartości sum opadów całego okresu wegetacji są

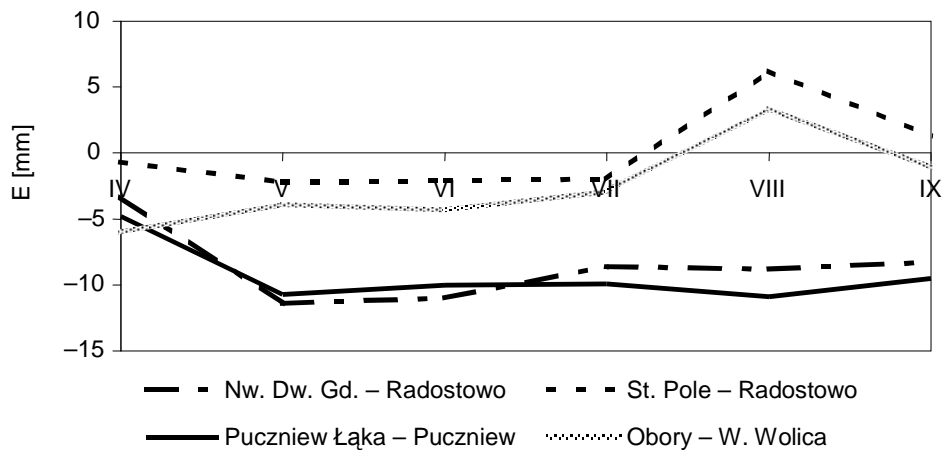
większe (od 6 mm w dolinie Neru do 64 mm w szerokiej dolinie ujścia Wisły) od analogicznych wartości pomierzonych na stacjach zlokalizowanych na wysoczyznach.

Zróżnicowanie parowania wskaźnikowego obliczonego wzorem Schmucka w dolinie i na wysoczyźnie przedstawiono na rysunku 5. Różnica parowania między najmniejszą z rozpatrywanych dolin a wysoczyzną zawiera się w przedziale od -5 mm (w kwietniu) do -11 mm (w sierpniu). Wartości te świadczą o mniejszym parowaniu w dolinie. Bardzo zbliżone wartości różnic w parowaniu uzyskano dla stacji w Nowym Dworze Gdańskim i Radostowie.

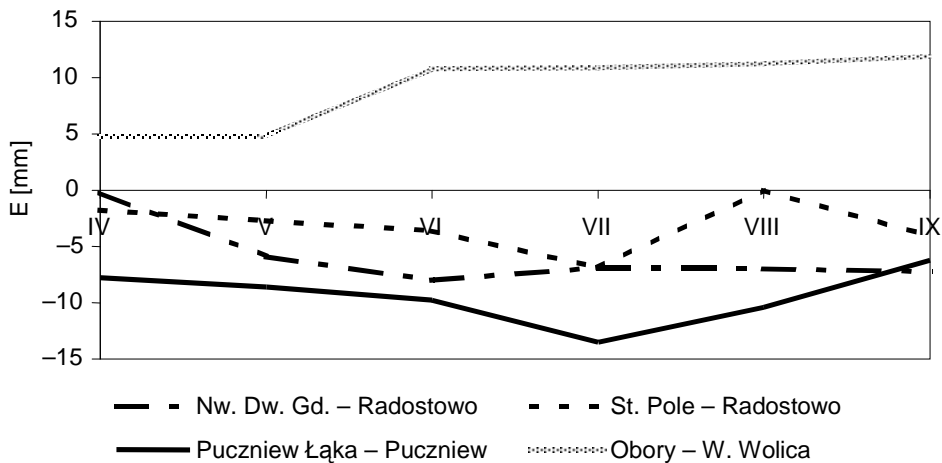
Średnie z rozpatrywanych lat sumy parowania z okresu wegetacji w dolinach rzek były mniejsze (o 15 mm w Oborach, 51 mm w Nowym Dworze Gdańskim i 56 mm na stacji Puczniew Łąka) od notowanych na wysoczyznach. Jedynie na stacji w Starym Polu suma parowania z całego okresu wegetacji była jednakowa z obliczoną dla Radostowa.



RYSUNEK 4. Średnie miesięczne zróżnicowanie wysokości opadów atmosferycznych w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 4. Mean monthly differentiation between rainfall in valley and upland



RYSUNEK 5. Średnie miesięczne zróżnicowanie między parowaniem (obliczonym wzorem Schmucka) w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 5. Mean monthly differentiation between evaporation (estimated by Schmuck formula) in valley and upland



RYSUNEK 6. Średnie miesięczne zróżnicowanie między parowaniem (obliczonym wzorem Iwanowa) w dolinie i na wysoczyźnie
 FIGURE 6. Mean monthly differentiation between evaporation (estimated by Iwanow formula) valley and upland

Na rysunku 6 przedstawione zostało przestrzenne zróżnicowanie parowania wyznaczonego wzorem Iwanowa. Wielkość parowania wyznaczonego tą metodą w głównej mierze zależy od wilgotności względnej powietrza. W związku z tym dolina Wisły środkowej w rejonie Obór, która cechuje się mniejszymi wartościami wilgotności powietrza oraz wyższą temperaturą w stosunku do wysoczyzny, jako jedyna z rozpatrywanych charakteryzuje się większym parowaniem w porównaniu z wysoczyzną. Określone średnie miesięczne różnice parowania zawierają się w zakresie 5–12 mm. W pozostałych przypadkach wyznaczone parowanie w dolinach rzek jest w całym analizowanym okresie cieplej pory roku mniejsze od uzyskanego dla wysoczyzn.

Przebieg zróżnicowania średnich miesięcznych wartości meteorologicznego bilansu wodnego $P-E$, gdzie wartości E wyznaczone na podstawie wzorów (1) i (2), przedstawiony został na rysunkach 7 i 8. W obu przypadkach różnice wartości wskaźnika $P-E$ między dolinami i wysoczyznami są dodatnie, zmienne, zawierają się w przedziale wartości od 0 do 35 mm, co wynika z ogólnie większego uwilgotnienia rozpatrywanych dolin i uprzywilejowania ich obszarów pod względem opadów atmosferycznych.

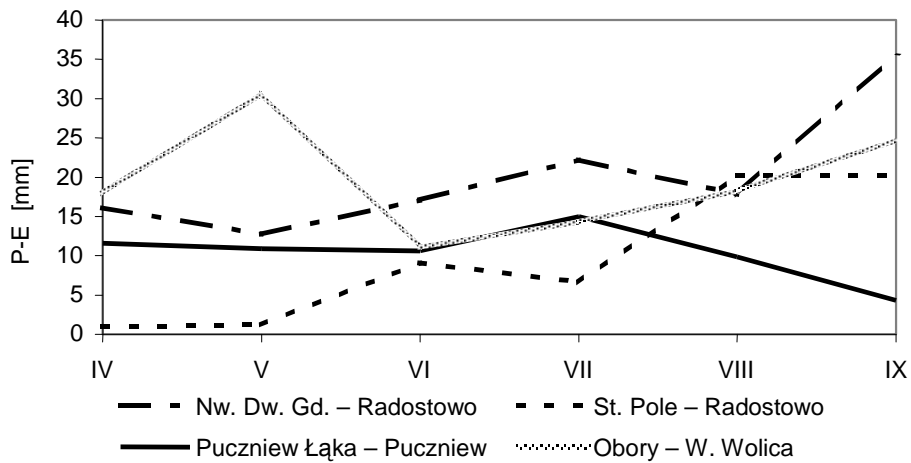
Podsumowanie

Uzyskane wyniki potwierdzają, iż bez względu na rozległość przyjętych w opracowaniu dolin charakteryzują się one wyraźną odrębnością w porównaniu z ograniczającymi je wysoczyznami.

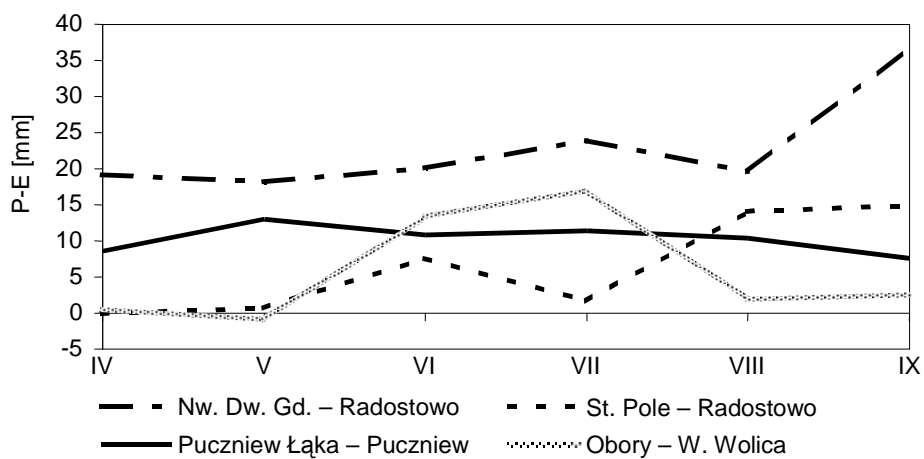
Wielkość i głębokość dolin w różnym stopniu wpływa na kształtowanie się podstawowych parametrów klimatologicznych.

Temperatura w dolinie zależy głównie od jej rozległości i głębokości. Płytką, wąską doliną Neru ograniczoną łagodnie pochylonym zboczem wysoczyzny jako jedyna charakteryzowała się mniejszymi średnimi miesięcznymi (z okresu rozpatrywanych lat) wartościami temperatury powietrza, zawierającymi się w zakresie od 0,1 do 0,3°C, w stosunku do wysoczyzny. Rozległe doliny środkowej i dolnej Wisły w porównaniu do pobliskich wysoczyzn cechują się w cieplej porze roku wyższą (z badanych lat) średnią temperaturą powietrza (od +0,2°C w Oborach do +0,3°C w Nowym Dworze Gdańskim i Starym Polu).

Stopień wyciszenia wiatru w dolinie zależy głównie od jej głębokości i rozległości (odległości punktu pomiarowego od skarpy). W przypadku analizowanych dolin (o głębokościach od 11 do 40 m) uzyskano mniejsze prędkości wiatru w porównaniu do rejestrowanych na wysoczyznach. W najmniejszej z rozpatrywanych – dolinie Neru, prędkości te są mniejsze o 0,3 m·s⁻¹, w dolinie Wisły środkowej o 1,1 m·s⁻¹, natomiast w dolinie ujścia Wisły (w Nowym Dworze Gdańskim o 0,5 m·s⁻¹. Na stacji w Starym Polu zanotowano większą o 0,1 m·s⁻¹ prędkość wiatru, co spowodowane było niewielkim wyniesieniem terenu, na którym zlokalizowana była stacja w dolinie oraz jej znaczną szerokością. Znacznie większego zróżnicowania warunków meteorologicznych między doliną a wysoczyzną można się spodziewać w przypadku rozpatrywania



RYSUNEK 7. Średnie miesięczne zróżnicowanie wskaźnika $P-E$ w dolinie i na wysoczyźnie (E obliczono wzorem Schmucka)
 FIGURE 7. Mean monthly differentiation $P-E$ index in valley and upland (E estimated by Schmuck formula)



RYSUNEK 8. Średnie miesięczne zróżnicowanie wskaźnika $P-E$ w dolinie i na wysoczyźnie (E obliczono wzorem Iwanowa)
 FIGURE 8. Mean monthly differentiation $P-E$ index in valley and upland (E estimated by Iwanow formula)

poszczególnych lat (suchych, mokrych itp.).

Doliny z płytko zalegającym zwierciadłem wody gruntowej oraz otwartymi ciekami wodnymi położonymi w pobliżu stacji pomiarowych charakteryzują się większymi średnimi wartościami wilgotności względnej powietrza (Stare Pole +1%, Nowy Dwór Gdański +1%, Puczniew Łąka +3%). Obiekty te charakteryzują się przy tym mniejszymi sumami parowania wskaźnikowego.

Analizowane doliny rzek okazały się obszarami uprzywilejowanymi pod względem wysokości opadów w porównaniu z sąsiadującymi wysoczyznami. Zanotowane różnice sum opadów są ściśle związane z wielkością dolin i wynoszą (średnio z okresu cieplej pory roku rozpatrywanych lat): w dolinie Neru +6 mm, w dolinie środkowej Wisły +8 mm, w dolinie ujścia Wisły +26 mm (Stare Pole) i +64 mm (Nowy Dwór Gdański).

Mniejsze parowanie oraz nieco większe sumy opadów powodują, że wszystkie rozpatrywane doliny rzek charakteryzują się dodatnimi wartościami *P-E*.

Literatura

- BAK B. 2003: Warunki klimatyczne Wielkopolski i Kujaw. *Wiad. IMUZ* 3, 9: 9–38.
- HOHENDORF E. 1970a: Niedosyty wilgotności powietrza niektórych dolin rzecznych polskiego pobraża Bałtyku. *Wiad. IMUZ* IX, 1: 29–47.
- HOHENDORF E. 1970b: Redukcja niedosytów wilgotności powietrza z wysoczyzny do doliny w rejonie Kanału Bydgoskiego i dolnej Wisły. *Wiad. IMUZ* IX, 1: 49–74.
- JAKUBCZAK Z. 1970: Porównanie niedosytów wilgotności powietrza na wysoczyźnie i w

dolinie Wisły w rejonie Puław. *Wiad. IMUZ* IX, 1: 75–85.

- KASPERSKA W. 1998: Wpływ uwilgotnienia gleby i stanu roślinności na wielkość ewapotranspiracji łąkowej w dolinie Noteci. Praca doktorska (maszynopis). IMUZ, Bydgoszcz.
- KONOPKO S. 1992: Zróżnicowanie klimatu lokalnego siedlisk łąkowych w dolinach na przykładzie badań w dolinie Noteci. *Wiad. IMUZ* XVII, 2: 59–79.
- ŁYKOWSKI B., MADANY R. 1988: Klimat doliny Neru na odcinku Łódź – Poddębice ze szczególnym uwzględnieniem okolic Puczniewa. Rozpr. Nauk. i Monogr. Wydaw. SGGW-AR, Warszawa.
- MADANY R., RADOMSKI Cz., ŁYKOWSKI B. 1973: O klimacie lokalnym doliny Wisły koło Warszawy. *Zesz. Nauk. AR w Warszawie. Mel. Rol.* 12: 28–42.
- PARCZEWSKI W. 1960: O klimacie lokalnym pradoliny Wisły w rejonie Warszawy. *Zesz. Nauk. SGGW, Mel. Rol.* 3–47.

Summary

Assessment of influence of river valleys on meteorological parameters. Estimation of meteorological parameters is important especially for regions with local climate conditions which are different than the conditions of surrounding areas. River valleys are the examples of such regions. Main aims of the paper were assessment of influence of valley broadness and depth on basic meteorological parameters and consequently on evaporation and other elements of meteorological water balance.

Author's address:

Dariusz Gołaszewski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
Poland