

Zbigniew Pasierski

Katedra Agro i Hydrometeorologii
Akademia Rolnicza
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: zbigniew.pasieski@poczta.onet.pl

Wyniki wieloletnich badań eksperymentalnych elementów bilansu wodnego w warunkach silnej antropopresji

Results of many years experimental studies soil water balance elements in high level anthropopressure conditions

Streszczenie

Praca przedstawia syntezę 8 letnich wyników badań ewapotranspiracji rzeczywistej pszenicy jarej, zmian retencji i odpływu wgłębego z gleby w warunkach ekotopu rolniczego silnie zdegradowanego przez bardzo wysoką i długotrwałą imisję pyłów przemysłowych. Pomiarów zmian retencji i odpływu prowadzono w cyklu dobowym za pomocą dużych ewaporometrów glebowych.

Summary

The paper present 8 years long studies of real evapotranspiration summer wheat, soil retention exhaustion and subterranean outflow in the agriculture ecotop conditions. The soil environment was degraded by very large and long time immision of dust industry. The measurements of soil retention exhaustion and subterranean outflow were performed by means of large soil evaporimeters.

Wprowadzenie

Degradacja gleb narażonych na duże i długotrwałe imisje zanieczyszczeń przemysłowych stwarza na tych obszarach określone trudności związane z rekultywacją mającą na celu przywrócenie produktywności tych gleb dla gospodarki leśnej czy rolnictwa. U podstaw tych działań leży rozpoznanie aktualnych warunków fizykochemicznych i biotycznych takich środowisk, które łącznie z obrazem zmian w bilansie wodnym takich gleb stanowią podstawę do racjonalnych działań w tym zakresie. Rozpoznanie charakteru i skali destrukcji tego elementu biosfery, jakim jest gleba, ma więc ważne znaczenie poznawcze jak i stosowane (Bieszczad i Sobota 1999, Falińska 1997, Kabata-Pendias i wsp. 1993).

Zakres i metodyka

Praca stanowi podsumowanie wyników badań prowadzonych w latach 1993-2000 nad wpływem wysokiego poziomu zanieczyszczeń pyłowych pochodzenia przemysłowego na komponenty bilansu wodnego gleby użytkowanej rolniczo. Na glebie o odczynie 6.1-4.1 na początku i 5.5-4.1 na końcu badań uprawiano w płodozmianie pszenicę jarą zasilaną według różnych reżimów opadów. Szczegółowy opis metodyki zamieszczono we wcześniejszych pracach autora i współautorów (Bac i Pasierski 1993; Bac, Pasierski i Żyromski 1995, 1996, Pasierski 1994, 1998, 2001). Pomiary prowadzono na terenie pola doświadczalnego w Obserwatorium Agro i Hydrometeorologicznym AR we Wrocławiu. Praca przedstawia wyniki pomiarów składowych bilansu wodnego gleby zasilanej jedynie opadami naturalnymi, w warunkach bardzo dużego zróżnicowania pod względem poziomu zanieczyszczeń. W pierwszej grupie obiektów do gleby na początku badań wprowadzono do powierzchniowej warstwy gleby zanieczyszczenia, wśród których np. ołów (811 ppm), kadm (49), miedź (609) osiągnęły poziom toksyczny w stosunku do organizmów roślinnych. Przedsięwzięcie stosowano dodatkowo nawożenie mineralne na poziomie intensywnym. Druga grupa obiektów wolna była od tych zanieczyszczeń i zasilana jedynie nawożeniem na poziomie podstawowym (tab. 1).

Składniki – Components								
Wariant Variety	SiO ₂	Al ₂ O ₃	PbO	CuO	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MgO
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	5068	2654	2671	2331	869	286	218	232
Wariant Variety	CdO	Mn ₃ O ₄	Na ₂ O	SO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	
A	-	-	-	-	85	68	102	
B	170	8	64	113	132	149	449	
Pierwiastki śladowe - Trace elements								
Wariant Variety	As	Co	Cr	F	Ni	Zn		
A	-	-	-	-	-	-		
B	0,2	0,39	1,6	0,86	1,0	1,6		

Tab. 1. Skład chemiczny oraz wielkości zanieczyszczeń w postaci pyłów przemysłowych i nawozów mineralnych. A - bez zanieczyszczeń pyłowych z nawożeniem mineralnym na poziomie podstawowym, B - z zanieczyszczeniami pyłowymi i nawożeniem mineralnym na poziomie intensywnym w kg/ha

Tab. 1. Chemical composition and contaminations doses in the form industrial dusts and mineral fertilization. A – mineral fertilization on the base level, B - industrial contaminations and mineral fertilization on the intensive level in kg/ha

Pomiary składowych bilansu, wykonywane 2-krotnie w ciągu doby, prowadzono za pomocą dużych ewaporometrow glebowych S3000 gwarantujących swobodny rozwój roślin w warunkach bez podsiąku kapilarnego, umieszczonych w otoczeniu naturalnego ładu roślinnego na polu. Pobrane na początku badań monolity glebowe z wprowadzoną dawką zanieczyszczeń nie wymieniały w okresie badań co przybliża je do warunków naturalnych środowiska glebowego zdegradowanego przez silną antropopresję.

Wyniki

Rycina 1 prezentuje wartości miesięczne odchyień podstawowych elementów meteorologicznych od wartości średnich z wielolecia. Na rycinie 2 przedstawiono wartości indeksu parowania terenowego wyrażającego stosunek wielkości parowania z ładu roślinnego na glebie zanieczyszczonej do parowania z ładu na glebie naturalnej. Wielkość indeksu, pozwalająca prześledzić kierunek i wielkość zmian w relacji parowania z obu wariantów kontrastujących pod względem stopnia zanieczyszczenia, dowodzi systematycznego zmniejszania parowania z ładu na glebie silnie zanieczyszczonej. Wyraźnie zaznaczyła się zmienność w kolejnych latach i zróżnicowanie we wszystkich dekadach. Bezpośrednią przyczyną tego stanu było, jak ilustrują to fotografie nr 1 i 2, postępujące w czasie hamowanie transpiracji wywołanej bardzo istotnymi zmianami cech fizykochemicznych i biotycznych środowiska glebowego. Spowodowało to bardzo silne ograniczenie wzrostu i rozwoju roślinności, które doprowadziło w ostatnich latach do zredukowania plonu jedynie do słomy lub jego braku. Jak wykazały badania, destrukcja środowiska wywołuje u roślin reakcje negatywne: bardzo krótki okres trwania życia liści i korzeni, krótka faza produkcji liści w okresie potencjalnej produktywności, przedwczesne zakwitanie oraz bardzo krótkie trwanie fazy dojrzałej (Falińska, 1997). Skalą degradacji ilustruje tab. 2. Obliczono współczynniki ilustrujące ilość wody zużytej w procesie ewapotranspiracji rzeczywistej na wyprodukowanie jednostki suchej masy plonu.



Fot. 1.

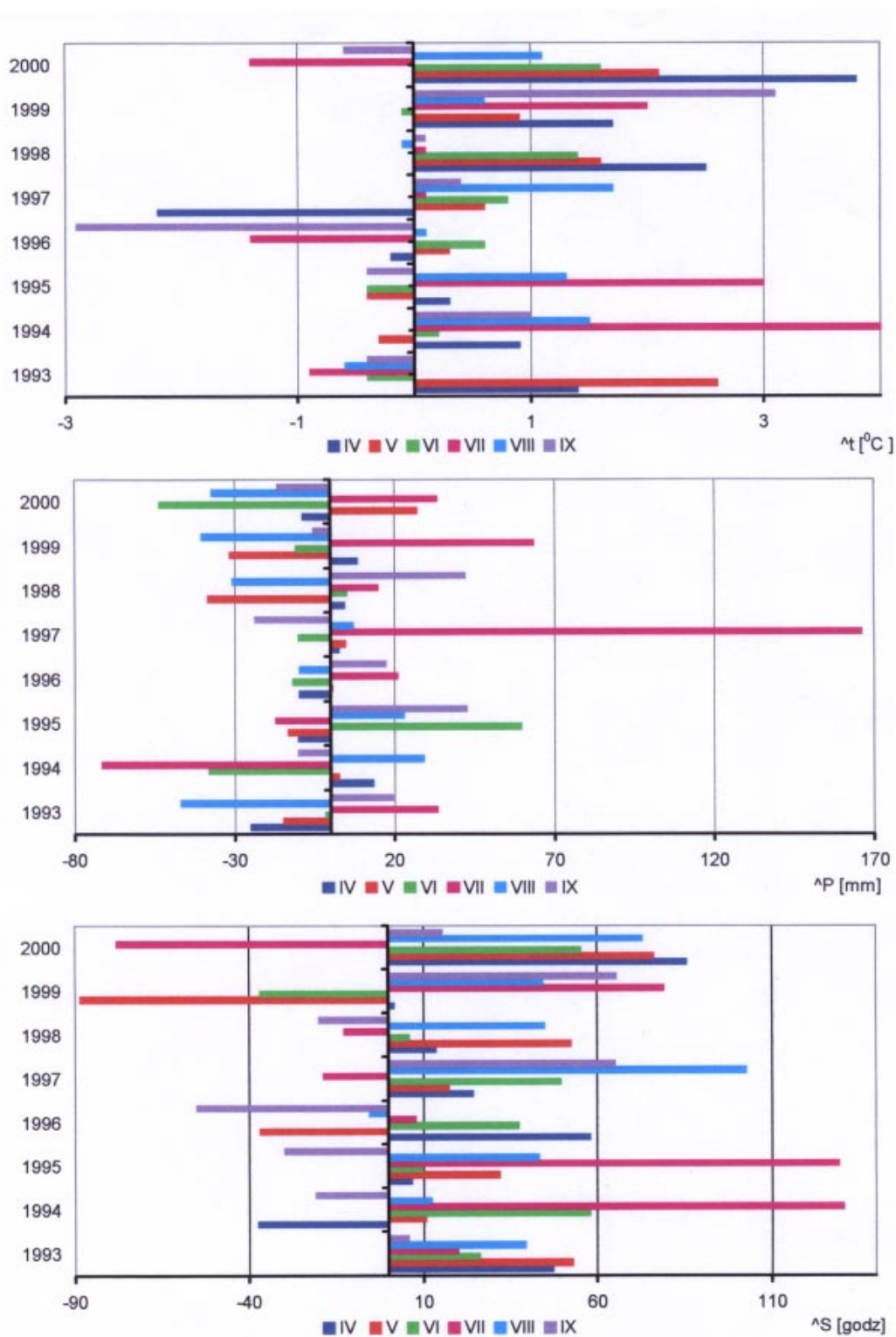


Fot. 2.

Lata-Years		1993	1994	195	1996	1999	2000
ETR	A	263	244	309	299	266	235
	B	282	227	170	164	131	147
Y	A	252	233	370	275	203	117
	B	254	136	31	6	53	13
W _{ETR}	A	1043	1043	836	1086	1309	2007
	B	1113	1664	5493	27283	2455	11587
P _{V-VII}		231	125	260	239	236	221

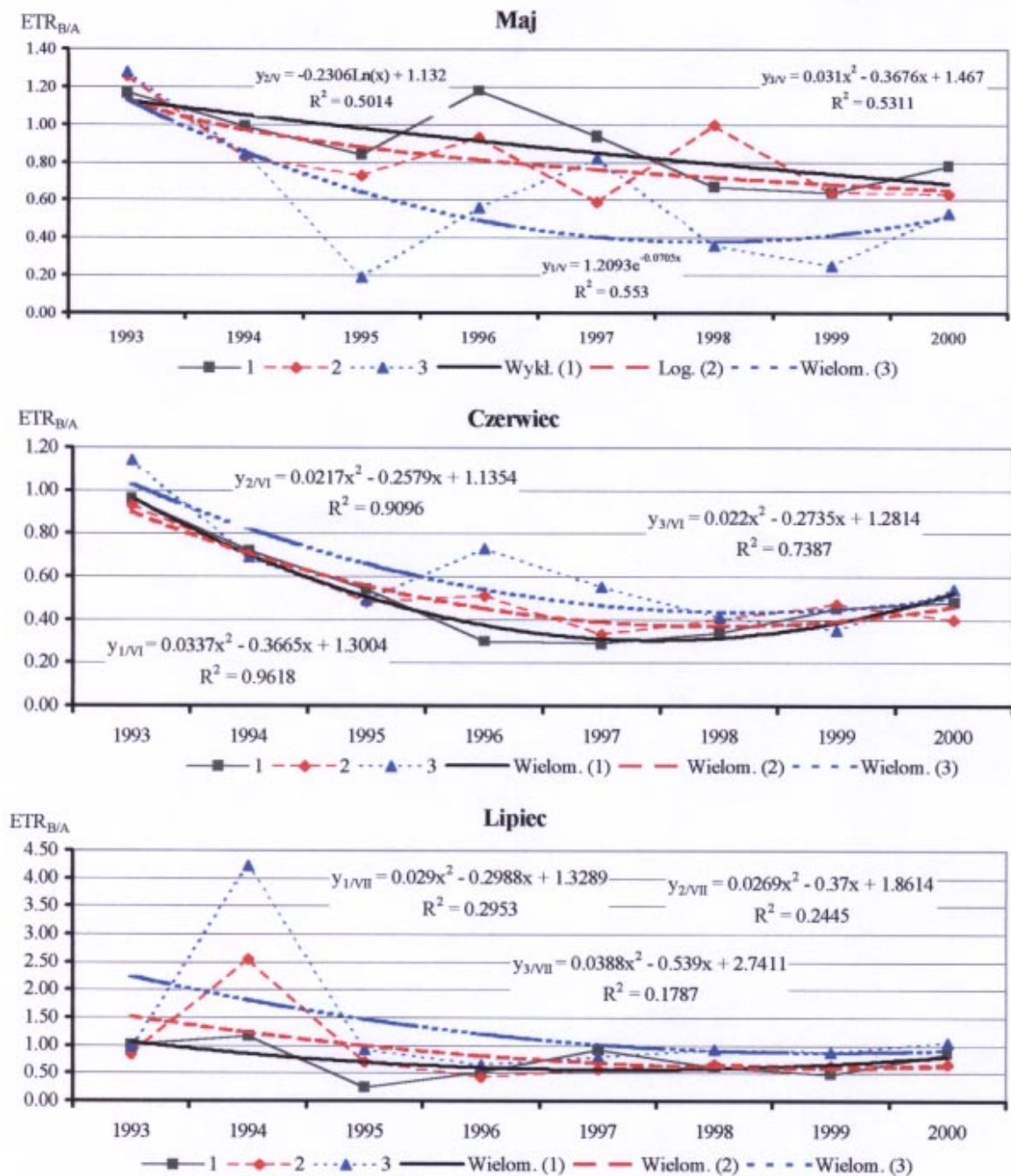
Tab. 2. Wielkości opadu atmosferycznego P i ewapotranspiracji rzeczywistej ETR w mm, plonu suchej masy Y w g oraz współczynniki ewapotranspiracji pszenicy jarej W_{ETR} na glebie naturalnej A i silnie zanieczyszczonej B w latach. Obserwatorium Agro i Hydrometeorologiczne AR we Wrocławiu

Tab. 2. The values of precipitations P and actual evapotranspiration ETR in mm, dry masses Y in g and evapotranspiration coefficients summa wheat W_{ETR} on the natural soil A and soil with high level of contaminations B in the years. Agro and Hydrometeorological Observatory AR in Wrocław



Ryc. 1. Wartości miesięczne odchyłeń temperatur powietrza t , opadów P i usłonecznienia S od średniej z wielolecia 1961-2000 dla półrocza letniego

Fig. 1. Monthly values of departures air temperatures t , precipitations P and sunshine S from 40 years mean (1961-2000) for summer half year

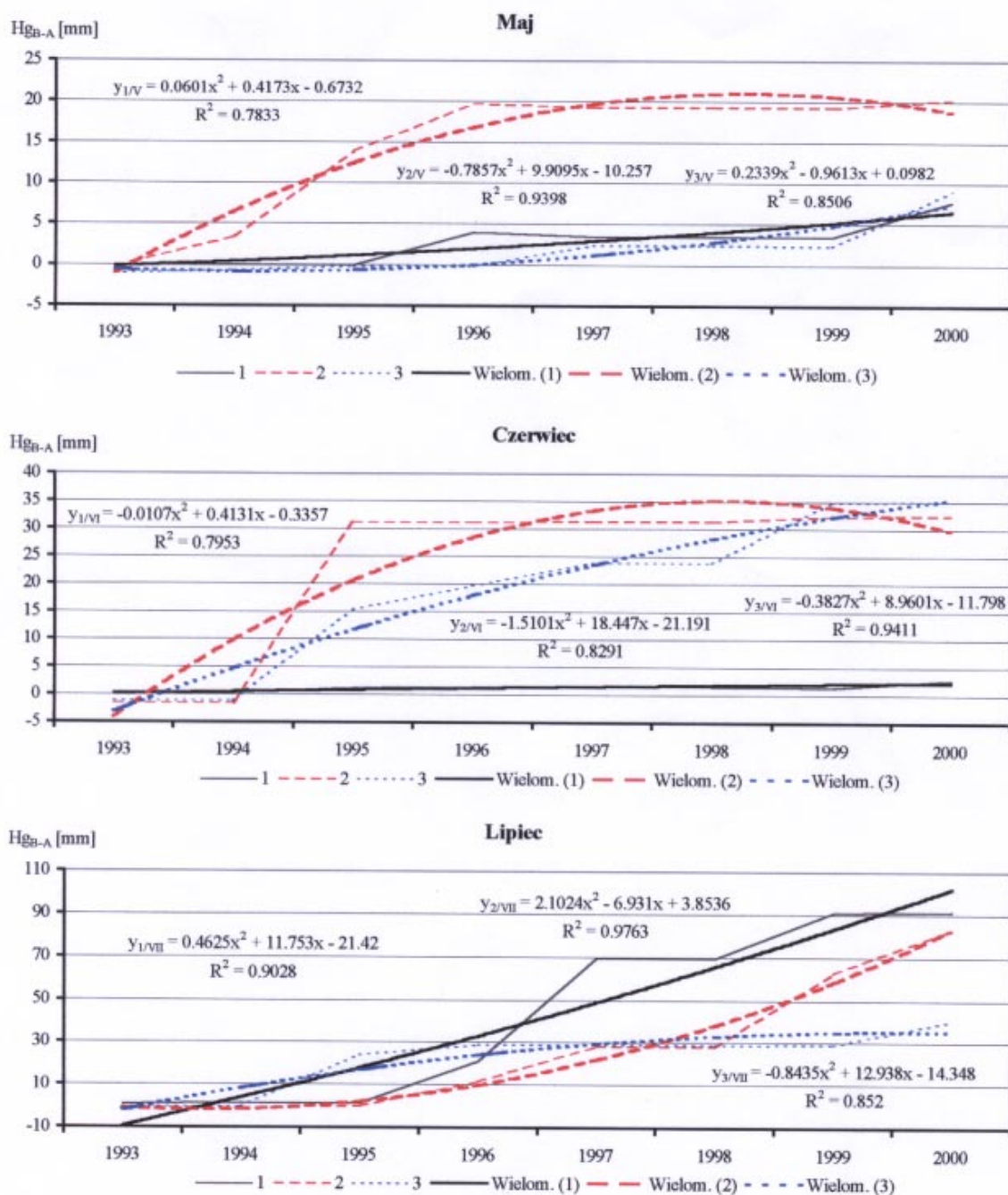


Ryc. 2. Wartości dekadowe indeksu parowania terenowego pszenicy jarej w zróżnicowanych warunkach zanieczyszczenia gleby ETR_{B/A} i linie trendu w kolejnych dekadach: 1, 2, 3, miesiącach i latach

Oznaczenia: ETR_{B/W} iloraz parowania z ładu na glebie silnie zanieczyszczonej (B) i parowania z ładu na glebie naturalnej (A)

Fig. 2. Ten-day factor curves of spring wheat actual evapotranspiration in diversified conditions of soil contamination ETR_{B/A} and trend curves in decades: 1, 2, 3, months and years

Marking: ETR_{B/A} quotient of actual evapotranspiration soil with high level contaminations (B) and actual evapotranspiration of natural soil (A)

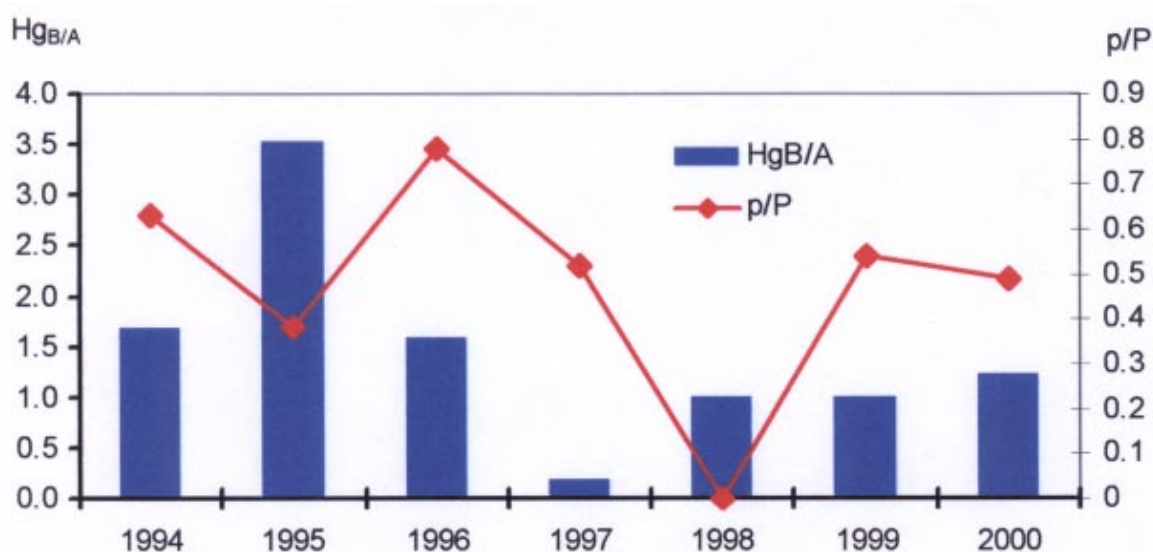


Ryc. 3. Różnice sum konsekwentnych wartości dekadowych odpływu wglębnego w zróżnicowanych warunkach zanieczyszczenia gleby Hg_{B-A} w mm w poszczególnych dekadach: 1, 2, 3, miesiącach i latach oraz linie trendu
Oznaczenia: Hg_{B-A} różnica odpływu wglębnego z gleby silnie zanieczyszczonej (B) i odpływu z gleby naturalnej (A)

Fig. 3. Curves of different ten-day cumulative values subterranean outflow in diversified conditions of soil contamination Hg_{B-A} in mm in decades: 1, 2, 3, months, years and trend curves

Marking: Hg_{B-A} difference of subterranean outflow with soil with high level contaminations (B) and outflow with of natural soil (A)

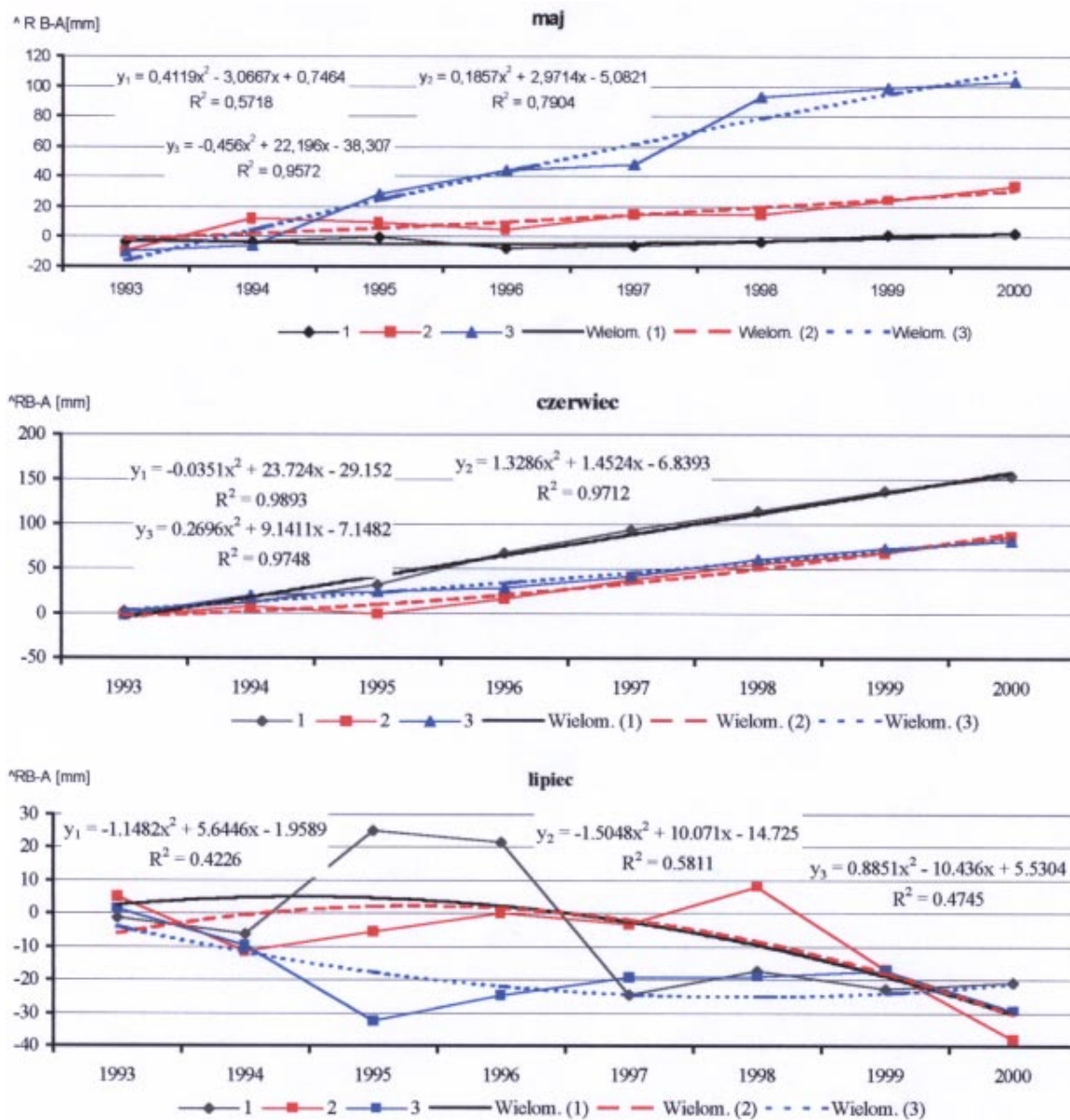
W wariancie z glebą silnie zanieczyszczoną wielkości współczynników wielokrotnie przewyższają odpowiadające im wielkości dla gleby naturalnej. Iloraz obu wielkości wykazywał dużą zmienność: od 1.06 na początku do 6.57 (rok 1995) i 5.77 przy końcu badań. W 3 dekadzie maja, odbiegającej od pozostałych, większą niezgodność linii trendu parowania z wielkościami mierzonymi stwierdzono w latach 1995 i 1997. W pierwszym przypadku wiązać to należy z dużo niższą, aniżeli w innych latach, sumą opadu o małym natężeniu i brakiem odpływu wglębnego. W konsekwencji indeks parowania kształtował się na poziomie niskim. W drugim przypadku wysokiej sumie opadu towarzyszyła wysoka wartość indeksu opadów wskazująca na duży udział w sumie opadów epizodów opadowych o większym natężeniu niwelujących różnicowanie retencji glebowej. Wartość indeksu parowania osiągnęła tym razem wartość znacznie wyższą. Najniższe wartości indeksu wystąpiły w dwu pierwszych dekadach czerwca, co niewątpliwie pozostaje w związku z intensywną vegetacją roślin i wzmożoną transpiracją. W tym okresie uwidoczniły się największe różnice we wzroście i rozwoju roślin. W rozważaniach dotyczących ewapotranspiracji rzeczywistej należy brać pod uwagę również często znaczne różnicowanie wilgotnościowe profilu glebowego w porównywalnych okresach różnych lat, ze względu na różne wielkości i strukturę opadów w okresie poprzedzającym (Pasiński, 2001). Charakter zmian w następnym składniku bilansu - odpływie wglębnym przedstawia ryc. 3. Dla uwypuklenia różnic, wynikających z zanieczyszczenia środowiska glebowego, przedstawiono wartości różnic sum konsekwentnych odpływu dla obu wariantów w kolejnych latach. Stwierdzono znaczne różnicowanie wartości w poszczególnych dekadach i miesiącach. W obrębie dekad widać wyraźnie wzrost wielkości różnic w kolejnych latach. Przebieg dekadowych wartości odpływów z gleby silnie zanieczyszczonej nie pozwalał jednak na stwierdzenie lub brak jego związku z czasem. Przyczynę tego próbuje wyjaśnić ryc. 4. Zaprezentowano na niej dekadowe wielkości indeksu odpływów oraz indeksu opadów w kolejnych latach na przykła-



Ryc. 4. Wartości dekadowe indeksu odpływu wglębnego w zróżnicowanych warunkach zanieczyszczenia gleby $Hg_{B/A}$ oraz indeksu opadów p/P w kolejnych latach dla 2 dekady maja

Oznaczenia: $Hg_{B/A}$ iloraz odpływu z gleby silnie zanieczyszczonej (B) i odpływu z gleby naturalnej (A), p/P iloraz sumy opadów z epizodów opadowych o natężeniu większym od 0.1 mm/min (p) i opadu całkowitego (P)

Fig. 4. Ten-day factors of subterranean outflow in diversified conditions of soil contamination $Hg_{B/A}$ and ten-day factors curve of precipitations p/P in 2 decade may in years
Marking: $Hg_{B/A}$ quotient of subterranean outflow with soil high level contamination (B) and outflow with of natural soil (A), p/P quotient of sums precipitations episodes intensity higher 0.1 mm/min (p) and total sum of precipitation (P)



Ryc. 5. Różnice sum konsekwentnych wartości dekadowych wyczerpania retencji w zróżnicowanych warunkach zanieczyszczenia gleby \hat{R}_{B-A} w mm w kolejnych dekadach: 1, 2, 3, miesiącach, latach oraz linie trendu

Oznaczenia: \hat{R}_{B-A} różnica wartości wyczerpania retencji z gleby silnie zanieczyszczonej (B) i wyczerpania z gleby naturalnej (A)

Fig. 5. Curves of differents ten-day cumulative values retention exhaustion in diversified conditions of soil contamination \hat{R}_{B-A} in mm in decades: 1, 2, 3, months, years and trend curves

Marking: \hat{R}_{B-A} difference of retention exhaustion with of soil high level contamination (B) and exhaustion with of natural soil (A)

dzie 2 dekady maja. Przebieg wartości indeksu odpływów w kolejnych latach nie wykazał regularności, pozostaje jednak w wyraźnym związku z indeksem opadów. Mniejszym wartościom indeksu odpływów odpowiadają większe wartości indeksu opadów. Prowadzi to do konkluzji, że wielkość odpływów w warunkach zróżnicowanej retencji, wynikającej z odmiennych warunków środowiska glebowego (gleba naturalna i zanieczyszczona) jest kształtowana nie tylko przez sumy opadów, ale i zróżnicowane natężenie opadów. Zmienność stanu wyczerpania retencji w zróżnicowanych warunkach zanieczyszczenia gleby przedstawiono na ryc. 5. Krzywe obrazują różnice sum konsekwentnych wartości dekadowych wyczerpania retencji w kolejnych latach dla określonej dekady. Wartości dodatnie wskazują na większe wyczerpanie retencji z gleby naturalnej w porównaniu do wyczerpania z gleby silnie zanieczyszczonej; wartości ujemne – na większe wyczerpanie z gleby silnie zanieczyszczonej w porównaniu do wyczerpania z gleby naturalnej lub też na większy wzrost retencji gleby naturalnej w odniesieniu do wzrostu retencji na glebie zanieczyszczonej. Stwierdzono wyraźną tendencję wzrostową różnic w kolejnych latach w określonych dekadach do wartości maksymalnej w 1 dekadzie czerwca i zmniejszanie w kolejnych.

Wnioski

Zebrany materiał upoważnia do przedstawienia następujących wniosków:

1. Stwierdzono postępujący w okresie wegetacji i nasilający się z upływem czasu spadek wielkości ewapotranspiracji łanu pszenicy jarej na glebie silnie zanieczyszczonej o odczynie kwaśnym w stosunku do ewapotranspiracji łanu na glebie naturalnej.
2. Wielkość ewapotranspiracji kształtuje się m.in. pod wpływem zmiennych warunków uwilgotnienia profilu glebowego modelowanego przez opady i podsiąk kapilarny.

Literatura

- Bac S., Pasierski Z.**, 1993: Wpływ odczynu gleby i zanieczyszczeń antropogenicznych na obieg wody ekotopu rolniczego, Biblioteka Monit. Środ., Warszawa: 74-85.
- Bac 5, Pasierski Z., Żyromski A.**, 1995: Eksperymentalny monitoring zmian obiegu wody w zróżnicowanych warunkach klimatu i antropopresji, Biblioteka Monit. Środ., Warszawa: 91-98.
- Bac S., Pasierski Z., Żyromski A.**, 1996: Sposoby pomiarów wielkości parowania terenowego w ekstremalnych warunkach środowiska, Biblioteka Monit. Środ., Warszawa: 155-163.
- Bieszczad S., Sobota J.**, (red.), 1999: Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego, Wyd. Akad. Roln. Wrocław.
- Falińska K.**, 1997: Ekologia roślin, PWN, Warszawa: 74-80; 103-114, 182-185.
- Kabata-Pendias A. i inni**, 1993: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką, Ramowe wytyczne dla rolnictwa IUNG, Puławy.
- Pasierski Z.**, 1994: Preliminary results of studies on the choice soil contamination, high mineral fertilization and soil reaction on the actual evapotranspiration of spring wheat and subterranean outflow, Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln., z. 405, Warszawa.
- Pasierski Z.**, 1998: Wpływ degradacji środowiska glebowego na wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej, Biblioteka Monit. Środ., Warszawa: 183-195.
- Pasierski Z.**, 2001: Ocena długotrwałego wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych środowiska glebowego na bilans wodny gleby, Biblioteka Monit. Środ., Warszawa, (w druku).
- Pasierski Z.**, 2001: Zmiany ilościowe składników bilansu wodnego w warunkach bardzo silnego zanieczyszczenia gleby, Dynamika obiegu wody w zlewniach rzecznych, seria: atlasy i monografie, PTG, IMGW Warszawa 2001: 175-181.

