

Stosunki wodne rekultywowanych rolniczo gruntów pogórnich

*Czesław Szafrński, Piotr Stachowski
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza, Poznań*

*Recenzent: Tomasz Heese
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Odkrywkowa eksploatacja węgla brunatnego powoduje duże przeobrażenia środowiska przyrodniczego. Pod jej wpływem zmienia się pokrywa glebowa i budowa geologiczna oraz ukształtowanie terenu i struktura użytkowania gleb. Miejsce rolniczej bądź leśnej przestrzeni produkcyjnej zajmują hałdy, zwałowiska i wyrobiska. Zagadnieniami przywracania gleb do stanu rolniczej lub leśnej przydatności zajmuje się nowa gałąź wiedzy - rekultywacja przemysłowych nieużytków. Dominującym kierunkiem jest rekultywacja rolnicza, dzięki której grunty zdegradowane odzyskują swoją uprzednią funkcję. Mniej ostre stają się również granice między zwałowiskami a terenami przyległymi, w większości użytkowymi rolniczo.

Do 1994 roku w Konińsko-Tureckim Zagłębiu Węgla Brunatnego zabrano rolnictwu i leśnictwu ogółem 9150 ha. Według Gilewskiej (1994) rekultywacji biologicznej poddano dotąd tylko 3284ha, w tym rekultywacji rolniczej 2534ha (77%), a leśnej 750ha (23%). Do 2020 roku przewiduje się przejście przez KWB-Konin w celach eksploatacyjnych dalszych 4700ha gruntów użytkowanych rolniczo (Gach i in. 1992).

Ze względu na dużą skalę przeobrażenia środowiska ważnym zadaniem stała się sprawa opracowania właściwych metod rekultywacji tych terenów. Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego realizowana jest według koncepcji Bendera zwanej „modelem PAN” (Bender 1982). Opiera się on na założeniu, że proces glebotwórczy zachodzący w gruntach pogórnich i kształtowanie się ich produktywności są uzależnione od stosowanych zabiegów rekultywacyjnych.

Grunty terenów pogórnich charakteryzują się typowo opadowo-retencyjną gospodarką wodną (Przybyła i Stachowski 1994). Właściwe rozpoznanie oraz racjonalna gospodarka wodna tych terenów, w oparciu o istniejące warunki glebowo-wodne, może zwiększyć nie tylko efektywność stosowanych zabiegów rekultywacyjnych, lecz także stać się najważniejszym sposobem ochrony ich zasobów wodnych (Marcilonek 1989, Mosiej 1993). Dotychczas w rejonie Konińsko-Tureckiego Zagłębia Brunatnego nie prowadzono szczegółowych badań terenowych właściwości fizyko-wodnych i zdolności retencyjnych gruntów pogórnich poddanych rekultywacji rolniczej. Stale rosnąca powierzchnia terenów pogórnich wskazuje na konieczność podjęcia tego typu badań (Szafrński i Stachowski 1997).

Celem pracy jest analiza kształtowania się stosunków wodnych w rekultywowanych rolniczo gruntach pogórnich, na tle przebiegu warunków meteorologicznych.

2. Metodyka badań

W pracy przedstawiono wyniki badań i obserwacji terenowych prowadzonych od jesieni 1992 roku w Doświadczalnej Stacji Badawczej Katedry Rekultywacji AR w Poznaniu, zlokalizowanej 10km na północ od Konina, przy trasie Konin-Bydgoszcz.

Obszar objęty badaniami położony jest na zwałowisku wewnętrznym odkrywki Państwów, na którym od 1978 roku prowadzona jest rekultywacja rolnicza. Badania i obserwacje terenowe przeprowadzone są na 5 doświadczalnych powierzchniach o wielkości 0,11ha każda, o zróżnicowanym rolniczym ich użytkowaniu: sukcesja naturalna, lucerna siewna, żyto ozime, ugór zielony i czarny ugór.

Szczegółowej analizie poddano stosunki wodne na poletkach z uprawą sukcesji naturalnej, lucerny siewnej i żyta ozimego, ponieważ użytki te są dominującymi w modelu żytnio-motylkowym rolniczej rekultywacji, prowadzonej na powierzchni zwałowiska przez Katedrę Rekultywacji. Na poletku pokrytym sukcesją naturalną (spontaniczną) dominują niektóre gatunki traw oraz chwastów, z przewagą perzu właściwego, bylicy, piołunu i krwawnika.

Lucerna siewna uprawiana na drugiej powierzchni jest wykorzystywana gospodarczo. Co 5 lat następuje likwidacja plantacji i ponowny obsiew powierzchni. Na powierzchni zajętej przez żyto ozime prowadzone są typowe zabiegi agrotechniczne i uprawowe, ziarno wykorzy-

stywane jest gospodarczo, a słoma i resztki poźniwne są przyorywane na głębokość 30-35cm (Gilewska 1991).

Stałe obserwacje i pomiary na wybranych powierzchniach obejmowały:

- codzienne pomiary opadów deszczomierzem Hellmanna, a w okresie wegetacyjnym dodatkowo pluwiografem,
- okresowe pomiary wilgotności gleby w typowych profilach glebowych metodą suszarkowo-wagową, którą uznano za wzorcową przy cechowaniu sondy neutronowej (Scheffe 1973),
- systematyczne pomiary wilgotności gleby za pomocą sondy neutronowej.

Badania i obserwacje terenowe na analizowanych powierzchniach obejmowały również prace gleboznawcze, polegające na wykonaniu odkrywek i wierceń glebowych, z których pobierano próbki do analiz laboratoryjnych. Terenowe pomiary fizyko-wodnych właściwości gruntów obejmowały oznaczenie połowej pojemności wodnej (PPW) i infiltracji wierzchnich warstw badanych powierzchni. Określenie zawartości wody w glebie przy PPW wykonano na powierzchniach zalewanych o wymiarach 2x2m, po swobodnym odcieku wody grawitacyjnej. Infiltrację wierzchnich warstw badanych gruntów oznaczono metodą podwójnych cylindrów.

Właściwości fizyczne i chemiczne badanych, typowych dla wybranych 3 powierzchni doświadczalnych, profili glebowych oznaczono w laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska AR w Poznaniu ogólnie znanymi metodami. Przebieg warunków meteorologicznych w badanym okresie przeanalizowano na podstawie pomiarów we własnym posterunku opadowym oraz na podstawie danych ze stacji IMGW Konin-Gostawice.

3. Wyniki badań

3.1. Przebieg warunków meteorologicznych w okresie badań

W okresie prowadzonych badań od 1992 do 1996 roku wystąpiły lata, które można zaliczyć do mokrych, średnio-mokrych i średnich (rys. 1). Średni roczny opad w tym regionie wynosi 475mm, a średnia roczna temperatura powietrza 8,4°C. Opady w półroczu zimowym (171mm) stanowią 36% rocznej sumy opadów, natomiast opady w okresie letnim wynoszą 304mm i stanowią 64% rocznej sumy opadów. Przy ocenie

uwilgotnienia poszczególnych lat hydrologicznych (XI-X), poza wysokością opadów i temperatur powietrza oraz ich odchyłeń od średniej z wielolecia, bardzo istotne jest także następstwo półroczy i lat mokrych lub suchych. Uwzględniając powyższy czynnik, wytypowano do analizy kształtowania się stosunków wodnych na badanych powierzchniach, dwa lata hydrologiczne 1992/1993 (mokry) i 1993/1994 (średni).

W roku hydrologicznym 1992/93 suma opadów była wyższa od średniej z wielolecia o 138mm, o prawdopodobieństwie wystąpienia razem z wyższymi 1 raz na około 5 lat. Półrocze zimowe tego roku miało sumę opadów wyższą o 23mm od średniej z wielolecia, a temperatury powietrza zbliżone do średniej (rys. 1). Bardzo mokre było zwłaszcza półrocze letnie roku hydrologicznego 1992/1993, w którym suma opadów była wyższa o 115mm od średniej z wielolecia. Temperatura powietrza tego półrocza była z kolei niższa od średniej z wielolecia o 0,6°C. W półroczu tym opady miały nierównomierny rozkład i charakteryzowały się dużym natężeniem.

Rok hydrologiczny 1993/1994 można przyjąć z uwagi na sumę opadów (490mm) jako zbliżony do średnich. W półroczu zimowym tego roku suma opadów była wyższa o 79mm od średniej z wielolecia, przy wyższych także o 0,4 °C od średniej temperaturach powietrza. Suche natomiast było półrocze letnie 1994 roku. Suma opadów w tym okresie była niższa od średniej z wielolecia o 51mm, przy temperaturze wyższej od średniej o 0,4 °C.

3.2. Charakterystyka badanych gruntów

Grunty pogórnice są mieszaniną wszystkich skał występujących w nadkładzie-glin zwałowych, piasków czwartorzędowych i miocen-skich. W pokrywie glebowej badanego zwałowiska dominuje glina zwałowa szara, pochodząca ze zlodowacenia środkowopolskiego. Przeprowadzone szczegółowe badania wykazały duże zróżnicowanie składu granulometrycznego nawet na niewielkiej powierzchni (0,11ha), na której występują profile zbudowane z piasków luźnych, słabogliniastych oraz profile wytworzone z piasków gliniastych mocnych i glin lekkich (tab.1). Wynika to z nieselektywnej gospodarki nadkładem, stosowanej przez polskie górnictwo odkrywkowe. O tym, jakie skały i w jakim stopniu ilościowym zostały zmieszane decydowało położenie poszczególnych poziomów wydobywczych węgla brunatnego oraz aktualna sytuacja w obrębie frontu eksploatacyjnego i transportowego (Gilewska 1994).

W tabeli 2 przedstawiono niektóre właściwości fizyczne, chemiczne i wodne 3 profili glebowych, typowych dla wybranych do analizy powierzchni badawczych. Najmniejsze wartości gęstości objętościowej występują w wierzchnich warstwach, natomiast głębsze warstwy wykazują większe zagęszczenie, gdzie średnia gęstość objętościowa osiąga wartość $1,93 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Analizowane profile glebowe wykazują się także zróżnicowaną zawartością materii organicznej. Najmniejsze wartości występują na powierzchniach z sukcesją naturalną oraz z lucerną. Na poletku z uprawą żyta ozimego zawartość materii organicznej w warstwie $0\div 15\text{cm}$ jest znacznie wyższa i wynosi $1,67\%$. Odczyn badanych gruntów jest obojętny lub zasadowy. Wynika to z dużej zawartości CaCO_3 w poszczególnych analizowanych warstwach (tab. 2). Zawartość Fe_2O_3 jest niewielka i nie wpływa ujemnie na właściwości fizyko-wodne badanych gruntów.

Zróżnicowanie składu granulometrycznego analizowanych powierzchni, wpływa na duże zróżnicowanie w zapasach przy połowej pojemności wodnej (PPW). Najmniejsze wartości PPW występują w profilach o lżejszym składzie granulometrycznym (profil 2 i 1) i wynoszą od 86 do 97mm w warstwie $0\div 50\text{cm}$ oraz od 157 do 180mm w warstwie $0\div 100\text{cm}$. W profilu 3 zbudowanym z gliny lekkiej, PPW jest znacznie wyższa i w warstwie $0\div 50\text{cm}$ osiąga wartość 120mm, a w jednometrowej warstwie wynosi 237mm. Przeprowadzone badania wykazały także istotny wpływ budowy profilu glebowego na zdolności infiltracyjne wierzchnich warstw badanych gruntów. Współczynnik infiltracji ustalonej w warstwie $0\div 40\text{cm}$ waha się od 1,5 do $7,03 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$ (tab 2). Natomiast współczynnik przesiąkania w warstwie $40\div 70\text{cm}$ jest znacznie mniejszy i osiąga wartości od 0,38 do $0,63 \text{ cm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabela 1. Skład granulometryczny badanych profili glebowych

Nr profilu użytkowanie	Poziom- oznaczenia (cm)	Symbol składu granulo- metrycznego	Fracja części ziemistych(%)							
			piaskowe			pyłowe		spławialne		
			1-0,50	0,50-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002
1 sukcesja naturalna	0-15	gl	14	21	27	11	7	6	3	12
	15-40	pgm	15	22	27	9	8	7	3	10
	40-70	pgm	15	22	27	10	7	6	2	11
	70-100	pgm	13	22	29	9	8	7	3	10
2 lucerna siew- na	0-15	pgm	15	23	28	10	6	6	3	9
	15-40	psg	21	35	34	2	2	3	0	3
	40-70	pl	23	37	32	1	3	2	0	2
	70-100	psg	20	32	30	4	4	4	1	5
3 żyto ozime	0-15	gl	7	14	27	14	8	10	6	14
	15-40	gl	7	17	29	13	8	8	5	13
	40-70	gl	6	13	29	14	9	9	7	13
	70-100	gl	7	16	29	12	10	8	6	12

Tabela 2. Niektóre właściwości fizyczne, chemiczne i wodne badanych profili glebowych

Nr profilu, użytkowanie	Głębokość oznaczenia (cm)	Symbol składu granulo- metrycznego	Gęstość objęto- ściowa (g·cm ⁻³)	Poro- watość (%)	Zawartość materii organi- cznej (%)	pH		CaCO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Polowa pojemność wodna PPW (mm)		Współczynnik infiltracji ustalonej (cm·h ⁻¹)	
						w H ₂ O	w KCl			0-50 (cm)	0-100 (cm)	0-40 (cm)	40-70 (cm)
						1 sukcesja naturalna	0-15			gl	1.7	39.8	0.84
15-40	pgm	1.8	34.6	0.79	8.1		7.7	6.8	0.9				
40-70	pgm	1.85	32.4		8.2		7.7	5.8	0.8				
70-100	pgm	1.83	32.7		8.1		7.7	5.9	0.8				
2 lucerna siewna	0-15	pgm	1.92	24.1	1.63	7.7	7.6	6.4	0.7	86	157	7.03	0.63
	15-40	psg	1.98	23	0.44	8.2	7.9	4.6	0.6				
	40-70	pl	2.02	23.4		8.1	7.9	4.1	0.6				
	70-100	psg	1.96	24.3		8.0	7.7	5.0	0.7				
3 żyto ozime	0-15	gl	1.82	31.1	1.67	7.8	7.6	7.6	1.1	120	237	1.50	0.38
	15-40	gl	1.85	30	1.22	8.1	7.7	8.0	1.3				
	40-70	gl	1.97	29.2		8.0	7.7	4.3	1.4				
	70-100	gl	1.92	30.1		7.9	7.7	6.4	1.3				

3.3. Kształtowanie się stosunków wodnych gruntów pogórnicych na tle warunków meteorologicznych

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły, że grunty terenów pogórnicych, kształtują swoją wilgotność i zapasy wody użytecznej tylko pod wpływem warunków meteorologicznych. Widać to wyraźnie na przedstawionych na rycinie 2 i 3 wykresach przebiegu zapasów wody w badanych gruntach na tle opadów i temperatur powietrza. Okres wegetacyjny w mokrym pod względem sumy opadów roku hydrologicznym 1992/93 rozpoczął się przy dużych niedoborach wody w wierzchnich warstwach analizowanych profili glebowych (rys. 2). W półroczu zimowym tego roku nie nastąpiło odbudowanie zapasów wody, po suchym półroczu letnim 1991/92. Przy niskich sumach opadów w kwietniu i maju oraz wyższych od średnich z wielolecia temperaturach powietrza, nastąpiło dalsze obniżenie zapasów wody w badanych warstwach. W połowie maja 1993 roku zapasy wody w warstwie 0÷50cm spadły poniżej wilgotności krytycznej (Wk), przyjętej jako 60% zapasów przy PPW (Dzieżyc 1989). Na podkreślenie zasługuje fakt, że niedobory wilgoci wystąpiły w okresie dużego zapotrzebowania wody przez rośliny uprawne na powierzchniach doświadczalnych (szczególnie żyta i lucerny). Wzrost zapasów wody w wierzchniej warstwie gleby, powyżej wilgotności krytycznej, nastąpił dopiero w II połowie czerwca, po opadach o większej wydajności. Przy wyższych od średniej z wielolecia sumie opadów w lipcu, zapasy wody pod koniec tego miesiąca wzrosły do PPW. Przy niskich i nierównomiernych opadach w sierpniu 1993 roku, nastąpiło kolejne obniżenie zapasów wody w warstwie 0÷50cm do wilgotności krytycznej (rys. 2). Odbudowa zapasów w badanych profilach glebowych nastąpiła dopiero pod koniec okresu wegetacyjnego, po wyższej sumie opadów i przy zmniejszonym parowaniu terenowym.

W suchym okresie wegetacyjnym 1994 roku wystąpiło jeszcze bardziej niekorzystne kształtowanie się stosunków wodnych na badanych powierzchniach. Na poletkach z sukcesją naturalną i lucerna zapasy wody, w okresie od kwietnia do połowy maja, były w warstwie 0÷50cm poniżej wilgotności krytycznej (rys. 3). Na poletku 3 będącym pod uprawą żyta ozimego, zapasy wody w tej warstwie były znacznie wyższe, a okres niedoborów wody na początku okresu wegetacyjnego był krótszy. Spowodowane jest to przede wszystkim cięższym składem granulometrycznym tego profilu oraz jego lepszymi zdolnościami retencyjnymi. Przy bardzo małych opadach w lipcu tego roku oraz dużym parowaniu terenowym, nastąpił gwałtowny spadek wilgotności gleby,

zwłaszcza w wierzchniej warstwie analizowanych gruntów. Wzrost zapasów wody w tej warstwie nastąpił dopiero pod koniec sierpnia 1994 roku. Dopiero pod koniec okresu wegetacyjnego zapasy wody w warstwach 0÷50cm i 0÷100cm osiągnęły wartości zbliżone do W_k na powierzchni z uprawą lucerny, a na poletku z sukcesją naturalną były jeszcze poniżej tej wilgotności. Jedynie na poletku z uprawą żyta ozimego, zapasy wody w warstwie 0÷50cm przekroczyły w tym okresie wilgotność krytyczną i były średnio o 30mm wyższe od zapasów na pozostałych dwóch analizowanych powierzchniach.

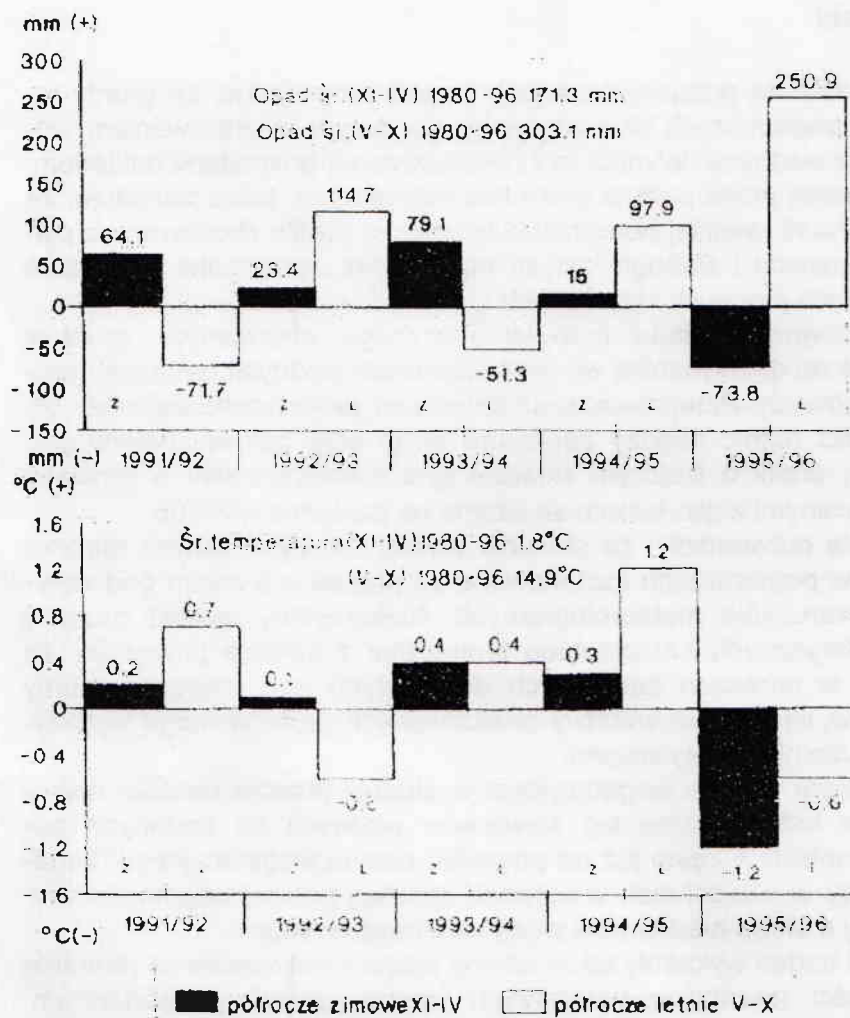
Z przeprowadzonej analizy wynika, że stosunki wodne gruntów pogórnicych są także w dużym stopniu uzależnione od składu granulometrycznego zwałowiska oraz sposobu użytkowania. Zróżnicowanie składu granulometrycznego badanych gruntów wpłynęło na duże różnice we właściwościach wodnych omawianych profili glebowych. Przeprowadzone testem t-studenta obliczenia istotności różnic wykazały, że otrzymane wielkości różnic między zapasami wody przy PPW profil o lżejszym składzie granulometrycznym (profil 1 i 2), a profilem zbudowanym z gliny lekkiej (profil 3) są istotne na poziomie $\alpha = 0,05$.

Badania potwierdziły także istotny wpływ użytkowania na zdolności retencyjne wierzchnich warstw gruntów pogórnicych. Na powierzchni z uprawą żyta ozimego zawartość materii organicznej w warstwie 0÷40 cm jest znacznie wyższa niż na dwóch pozostałych powierzchniach. Wyniki te są zgodne z badaniami Gilewskiej (1991), która stwierdziła, że uprawa żyta ozimego i zielony ugór są najkorzystniejszymi dla praktyki rekultywacyjnej użytkami. Umożliwiają one lepszy rozwój procesu próchnicotwórczego i tworzenie się w stosunkowo krótkim czasie gleby uprawnej, ze wszystkimi atrybutami biogenności i produktywności.

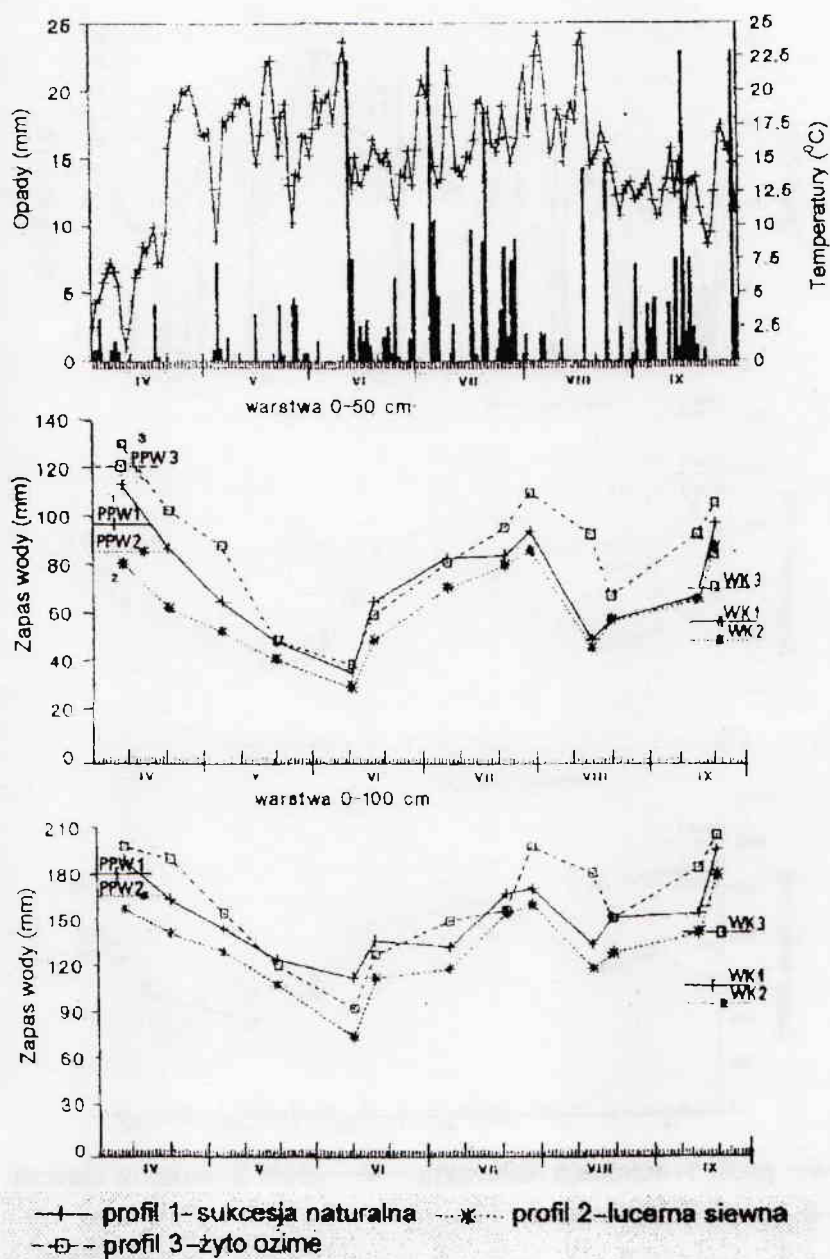
Zagadnienia te mają duże znaczenie dla gospodarki wodnej gleb terenów pogórnicych, które jak wynika z omówionych wyników badań kształtują swoją wilgotność i zapasy wody użytecznej jedynie pod wpływem opadów atmosferycznych. Poprawa zdolności retencyjnych tych gruntów, poprzez właściwe ich użytkowanie, umożliwia większe magazynowanie wody w profilu glebowym w okresach o dużym uwilgotnieniu, co wpływa na zmniejszenie niedoborów wilgoci w okresach suchych. Ma to duże znaczenie dla rolnictwa, gdyż może to zwiększyć efektywność stosowanych zabiegów rekultywacyjnych w terenach pogórnicych.

4. Wnioski

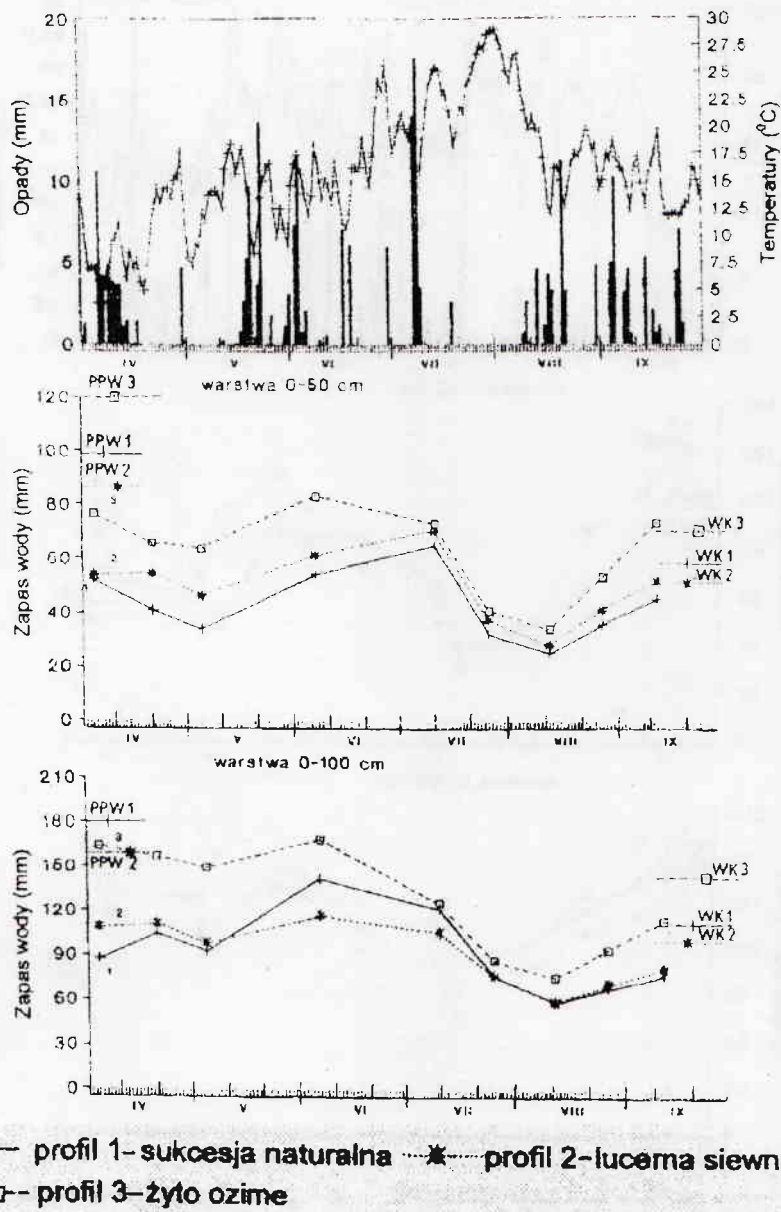
1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że grunty terenów pogórnicych charakteryzują się dużym zróżnicowaniem stosunków wodnych. Wynika to z nieselektywnej gospodarki nakładem, stosowanej przez polskie górnictwo odkrywkowe, która powoduje, że nawet na niewielkiej powierzchni występują profile zbudowane z piasków luźnych i słabogliniastych oraz profile wytworzone z piasków gliniastych mocnych i glin lekkich.
2. Zróżnicowanie składu granulometrycznego omawianych gruntów wpływa na duże różnice we właściwościach wodnych badanych profili glebowych. Przeprowadzone obliczenia statystyczne wykazały, że wielkości różnic między zapasami wody przy połowej pojemności wodnej profili o lżejszym składzie granulometrycznym, a profilami zbudowanymi z glin lekkich są istotne na poziomie $\alpha = 0,05$.
3. Badania potwierdziły, że stosunki wodne rekultywowanych rolniczo gruntów pogórnicych kształtowane są przede wszystkim pod wpływem warunków meteorologicznych. Niekorzystny rozkład opadów atmosferycznych lub przebieg temperatur powietrza powoduje, że nawet w okresach zaliczanych do mokrych pod względem sumy opadów, wierzchnie warstwy analizowanych gruntów mogą wykazywać duże niedobory wilgoci.
4. W suchym okresie wegetacyjnym występuje jeszcze bardziej niekorzystne kształtowanie się stosunków wodnych na badanych powierzchniach. Często już na początku okresu wegetacyjnego, zapasy wody w wierzchnich warstwach spadają poniżej wilgotności krytycznej a okres niedoborów wody trwa bardzo długo.
5. Wyniki badań wykazały także istotny wpływ użytkowania na poprawę zdolności retencyjne wierzchnich warstw gruntów pogórnicych. Umożliwia to większe magazynowanie wody w okresach o dużym uwilgotnieniu, co wpływa na zmniejszenie niedoborów wilgoci w okresach suchych. Ma to duże znaczenie dla rolnictwa, gdyż może to zwiększyć efektywność stosowanych zabiegów rekultywacyjnych na terenach pogórnicych.



Rys. 1. Odchylenia półrocznych sum opadów oraz półrocznych średnich temperatur powietrza od średnich z wielolecia (1980÷1996) dla lat hydrologicznych od 1991/92 do 1995/96 według stacji IMGW Konin-Gostawice



Rys. 2. Przebieg zapasów wody w warstwach 0÷50 cm i 0÷100 cm na tle dobowych opadów oraz średnich dobowych temperatur powietrza w okresie wegetacji 1993, w analizowanych profilach glebowych



Rys. 3. Przebieg zapasów wody w warstwach 0÷50 cm i 0÷100 cm na tle dobowych opadów oraz średnich dobowych temperatur powietrza w okresie wegetacji 1994, w analizowanych profilach glebowych

Literatura

1. **Bender J.:** Problemy kształtowania i ochrony środowiska przyrodniczego w konińskim regionie przemysłowym. *Rocz. konin* 10: 169-190. 1982r.
2. **Dzięzyk J.:** Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN Warszawa, 53-57, 146-150. 1989r.
3. **Gach St., Kasztelewicz Zb., Kica J., Michalski A., Świder M., Kowalczykiewicz Z., Adamski J.:** Eksploatacja węgla brunatnego, a ochrona środowiska. Wyd. KWB Konin-Kleczew: 5-25. 1992r.
4. **Gilewska M.:** Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. *Rocz. AR Poznań* 211, 5-52. 1991r.
5. **Gilewska M.:** Rekultywacja i zagospodarowanie terenów dewastowanych działalnością górnictwa odkrywkowego. *Komun. Ogólnopolskiej Kon. Nauk. AR Poznań*: 79-89. 1994r.
6. **Przybyła Cz., Stachowski P.:** Gospodarka wodna gleb terenów pogórnich. *Rocz. AR Poznań*, t.268, s. Melioracje i Inżynieria Środowiska 15, cz.1, 219-227. 1994r.
7. **Marcilonek S.:** W sprawie ekologicznych podstaw melioracji. *Wiad. Mel. I Łąk.* 8-9, 157-159. 1989r.
8. **Mosiej J.:** Środowiskowe aspekty kompleksowego regulowania warunków siedliskowych na terenach zmeliorowanych. *Fragmenta Agronomica* 1, 86-95. 1993r.
9. **Schefke R.:** Zastosowanie sond neutronowych WO-65 i NIW-1 do badania dynamiki wilgotności gleb piaszczystych. *Zesz.Probl.Post.Nauk Rol.*, z.140. 1973r.
10. **Szafrański Cz., Stachowski P.:** Skład granulometryczny i właściwości fizyko-wodne rekultywowanych gruntów pogórnich. *Rocz. AR Poznań*, z.18, s.Melioracje i Inżynieria Środowiska. 1997r.