

STANISŁAW BARAN*, JACEK PRANAGAL**, MARTA BIK***

Możliwości wykorzystania wełny mineralnej Grodan i osadu ściekowego do kształtowania właściwości wodnych w glebach zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha

Wprowadzenie

Górnictwo siarkowe powoduje specyficzne przekształcenia środowiska przyrodniczego, w tym szczególnie glebowego, co wynika z chemicznie aktywnej kopaliny, historycznie uwarunkowanych właściwości środowiska oraz przebiegu samego procesu wydobywczego (Drożdż-Hara 1978; Dziewoński 1988; Gołda 2000; Jońca 2004; Kirejczyk, Krańców 1987; Warzybok 2000). Emitowane w procesie wydobywczym: siarka rodzima, siarczki i tlenki siarki są potencjalnymi nośnikami kwasu siarkowego w glebach, co nieuchronnie prowadzi do spadku ich pH. Silne zakwaszenie stwarza toksyczne warunki dla większości roślin uprawnych w postaci obniżonego pH, a także ostrego niedoboru składników pokarmowych oraz zwiększonej mobilności pierwiastków fitotoksycznych (Motowicka-Terelak 1989; Turski 1993).

Długotrwałe zanieczyszczanie gleb siarką przyczynia się także do pogorszenia ich właściwości sorpcyjnych wskutek ubytku wymiennego wapnia i magnezu. Dzieje się tak za sprawą nadmiernej koncentracji jonów H^+ . Powstający w warunkach zanieczyszczenia kwas siarkowy osłabia ochronne działanie kompleksu sorpcyjnego przed wymywaniem składników mineralnych, co jest podstawą degradacji chemicznej gleb zanieczyszczonych siarką (Baran 2000, 2001; Baran, Turski 1999; Gołda 2000; Jońca 2004).

Rekultywacja, szczególnie biologiczna terenów poeksploatacyjnych w górnictwie wydobywczym otworowym siarki jest zagadnieniem złożonym i trudnym, bowiem dotyczy

* Prof. dr hab., ** Dr inż., *** Mgr., Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin; e-mail: jacek.pranagal@ar.lublin.pl

rewitalizacji zasiarzonych utworów bezglebowych, ubogich w substancję organiczną i o złych właściwościach chemicznych i fizykochemicznych. Istotnym czynnikiem zmniejszającym efekty rekultywacji biologicznej jest częsty niedobór wody, jako wynik działalności górniczej i słabej jakości gruntów rodzimych (Baran 2006).

Zagadnienia wiązania i ruchu wody w glebie oraz jej użyteczności i dostępności dla roślin stanowią jeden z podstawowych problemów fizyki gleby. „Idealna” gleba, to taka, w której jedną połowę objętości zajmuje faza stała, a drugą – pory glebowe (Thompson, Troeh 1978). Za optymalny stan uważa się taki, kiedy pory w połowie objętości wypełnione są wodą, a w połowie powietrzem. Korzenie roślin mają wówczas dogodne warunki zarówno do pobierania wody z rozpuszczonymi w niej składnikami pokarmowymi, jak i do oddychania (Kowda 1984).

Celem niniejszej pracy jest ocena możliwości zastosowania poużytkowej wełny mineralnej Grodan z upraw pod osłonami do rekultywacji pokrywy bezglebowej obszarów zdewastowanych w procesie wydobywania siarki metodą Frasha oraz kształtowania ich właściwości wodnych.

1. Materiał i metody badań

Doświadczenie poletkowe (poletka o powierzchni 500 m²) realizowano na zdewastowanym terenie w obszarze wpływu Kopalni Siarki „Jeziórko”. Do odkwaszenia zdewastowanego rodzimego gruntu (piasek słabogliniasty) zastosowano jednorazowo wapno poflotacyjne (100 t/ha), a do użyźnienia, w różnych dawkach wełnę mineralną (Grodan), na tle melioracyjnej (100 ton s.m./ha) dawki osadu ściekowego z komunalnej oczyszczalni ze Stalowej Woli (tab. 1). Integrację zastosowanych substancji z gruntem wykonano przy wykorzystaniu brony talerzowej i glebogryzarki. Obiekt kontrolny stanowił utwór bezglebowy odkwaszony wapnem poflotacyjnym i nawożony corocznie NPK w dawkach (kg/ha): 80; 40; 60.

Na poletkach wysiano mieszankę rekultywacyjną traw o składzie gatunkowym: Kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) – 41,2%, Kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) – 19,2%; Życica trwała (*Lolium perenne*) – 14,7%; Życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*) – 12,4%; Kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*) – 6,5%; Koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense*) – 6%. Dla określenia właściwości wodnych gleby pobrane próbki, o nienaruszonej budowie, do metalowych cylindrów o pojemności 100 cm³, które zostały doprowadzone do stanu pełnego nasycenia wodą (–0,098 kPa). Następnie wykorzystano je do oznaczenia w komorach niskociśnieniowych na płytach ceramicznych zawartości wody, w stanie połowego wysycenia gleby wodą przy wartości potencjału w kPa –15,54.

Oznaczenia zawartości wody w glebie w stanach potencjału: –490 kPa (punkt całkowitego zahamowania wzrostu roślin) i –1550 kPa (punkt trwałego wędnięcia) prowadzono w komorach wysokociśnieniowych, stosując jako membranę celofan o odpowiednich parametrach.

Polową pojemność wodną gleby przy potencjale wody glebowej $-15,54$ kPa obliczono ze stosunku masy wody zawartej w glebie do suchej masy gleby wysuszonej w temperaturze 105°C . Wyniki wyrażono w $\text{g } 100 \text{ g}^{-1} - \%$, w/w.

Właściwości retencyjne gleby poszczególnych kategorii wody obliczono jako różnicę pojemności wodnej w odpowiednich stanach wysycenia gleby wodą:

- retencję wody produkcyjnej wyliczono na podstawie wartości połowej pojemności wodnej ($-15,54$ kPa) i pojemności wodnej odpowiadającej punktowi całkowitego zahamowania wzrostu roślin (-490 kPa),
- retencję wody użytecznej wyliczono na podstawie wartości połowej pojemności wodnej ($-15,54$ kPa) i pojemności wodnej odpowiadającej punktowi trwałego wędnięcia roślin (-1550 kPa),
- retencja wody niedostępnej dla roślin (adsorpcyjna) jest równoznaczna z pojemnością wodną odpowiadającą punktowi trwałego wędnięcia roślin (-1550 kPa),
- pełna pojemność wodna odpowiada zawartości wody w glebie przy ciśnieniu ssącym wynoszącym $-0,098$ kPa.

Wyniki oznaczeń właściwości retencyjnych podano w $\text{g } 100 \text{ g}^{-1} - \%$ w/w (masa wody odniesiona do masy gleby wysuszonej w temperaturze 105°C).

TABELA 1

Schemat doświadczenia poletkowego

TABLE 1

Diagram of the field experiment

Sposoby rekultywacji
Grunt + wapno + NPK: 80;40;60 (kontrola)
Grunt + wapno +osad ściekowy (100 t s.m./ha)
Grunt + wapno +osad ściekowy 100 t s.m./ha + wełna 200 m ³ /ha
Grunt + wapno +osad ściekowy 100 t s.m./ha + wełna 400 m ³ /ha
Grunt + wapno +osad ściekowy 100 t s.m./ha + wełna 800 m ³ /ha
Grunt + wapno + wełna 200 m ³ /ha
Grunt + wapno + wełna 400 m ³ /ha
Grunt + wapno + wełna 800 m ³ /ha
Grunt + wapno + wełna 200 m ³ /ha + NPK (80; 40; 60)
Grunt + wapno + wełna 400 m ³ /ha + NPK (80; 40; 60)
Grunt + wapno + wełna 800 m ³ /ha + NPK (80; 40; 60)

2. Wyniki badań

2.1. Właściwości materiałów zastosowanych w doświadczeniu

Doświadczenie poletkowe założono na gruncie bezglebowym o składzie granulometrycznym piasku słabogliniastego, silnie zakwaszonym, o niskiej zawartości węgla organicznego ($2,1 \text{ g kg}^{-1}$), azotu ($9,18 \text{ g kg}^{-1}$), złych właściwościach sorpcyjnych i wodnych (Baran i in. 2007).

Wełna mineralna jest produktem naturalnym wytworzonym ze skał magmowych, które zmielone wraz z wapniem oraz koksem i stopione w temperaturze $1600\text{--}2000^\circ\text{C}$ wylewane są na bębny obrotowe i wyciągane w nić o średnicy około $0,05 \text{ mm}$, a następnie prasowane w maty.

Wełna mineralna zawiera głównie krzem (SiO_2) – 47%, a następnie wapń (CaO) – 16%, glin (Al_2O_3) – 14%, magnez (MgO) – 10%, żelazo (Fe_2O_3) – 8%, sól (Na_2O) – 2%, potas (K_2O) – 1%, mangan (MnO) 1%, tytan (TiO_2) – 1%. Jest to odpad o wysokiej pojemności wodnej, bardzo dobrych właściwościach kapilarnych i wysokiej zdolności zatrzymywania wody, co może mieć bardzo korzystny wpływ na proces rekultywacji biologicznej gleb zdegradowanych i odtwarzania gleb na gruntach zdewastowanych.

Komunalny osad ściekowy charakteryzował się korzystnymi właściwościami sorpcyjnymi oraz wysoką zawartością węgla organicznego i azotu (Baran 2006; Baran i in. 2007). Zawartość metali ciężkich kształtowała się na dopuszczalnym poziomie (Dz.U. Nr 134, poz. 1140 z dnia 27 sierpnia 2002 r.). Osad ściekowy spełniał również wymagania sanitarne.

2.2. Właściwości wodne utworu bezglebowego rekultywowanego przy wykorzystaniu wełny mineralnej Grodan i osadu ściekowego

Realizowane sposoby rekultywacji z wykorzystaniem użytkowej wełny mineralnej Grodan i osadu ściekowego na tle nawożenia mineralnego NPK, wykazały zróżnicowany wpływ na kształtowanie właściwości wodnych rekultywowanego utworu bezglebowego.

Bardzo niska wartość polowej pojemności wodnej w gruncie rodzimym (utwór bezglebowy), uległa istotnej ($234\text{--}834\%$) i zróżnicowanej poprawie pod wpływem stosowanych sposobów rekultywacji (tab. 2, rys. 1). Uwzględniając średnią wartość polowej pojemności wodnej, stwierdzone zmiany szeregują sposoby rekultywacji: grunt + osad ściekowy + wełna (278%) > grunt + wełna + NPK (207%) – grunt + wełna (186%) > grunt + osad ściekowy (136%) > grunt + NPK (100%). W badanym okresie stwierdzono spadek polowej pojemności wodnej w gruncie rekultywowanym, z wyjątkiem poletek z nawożenia NPK, gdzie odnotowano wzrost. Uwzględniając zmiany polowej pojemności wodnej w relacji: początek ($P = 100\%$) – koniec doświadczenia (K), uszeregowanie badanych sposobów rekultywacji jest następujące: grunt + NPK (17%) > grunt + wełna (-2%) > grunt + wełna + NPK (-3%) > grunt + osad ściekowy (-4%) > grunt + osad ściekowy + wełna (-20%).

Tak wyraźny podczas trzyletnich badań spadek (-20%) polowej pojemności wodnej gruntu z dodatkiem wełny mineralnej i osadu ściekowego wiązać należy z mineralizacją substancji organicznej wprowadzonej z osadem (Baran 1992, 2006; Baran i wsp. 2007), a także z początkiem przebudowy struktury analizowanego utworu, co wpłynęło prawdopodobnie na zwiększenie udziału makro- i mikroporów, a zmniejszenie zawartości mezoporów.

Wielkość dawki wełny mineralnej (200, 400, 800 m^3/ha) powodowała systematyczny wzrost wartości polowej pojemności wodnej (%) w rekultywowanym gruncie (rys. 2):

- wełna: 126,9 (200): 183,4 (400); 252,8 (800);
- wełna + NPK: 174,1 (200); 197,2 (400); 267,1 (800).

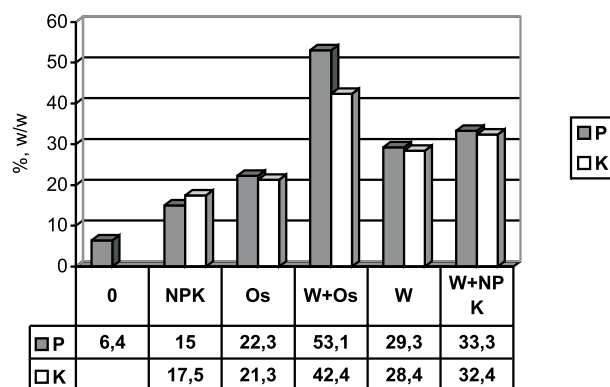
TABELA 2

Polowa pojemność wodna (% w/w) rekultywowanego gruntu (wartości średnie)

TABLE 2

Field water capacity (% w/w) of the reclaimed ground (mean values)

Sposoby rekultywacji	Początek badań	I rok	II rok	III rok
Grunt + wapno + NPK (kontrola)	15,0	14,1	18,4	17,5
Grunt + wapno + osad ściekowy	22,3	22,3	22,9	21,3
Grunt + wapno + osad ściekowy + wełna	53,1	47,7	38,1	42,4
Grunt + wapno + wełna	29,3	31,8	31,7	28,6
Grunt + wapno + wełna + NPK	33,3	34,4	34,9	32,4

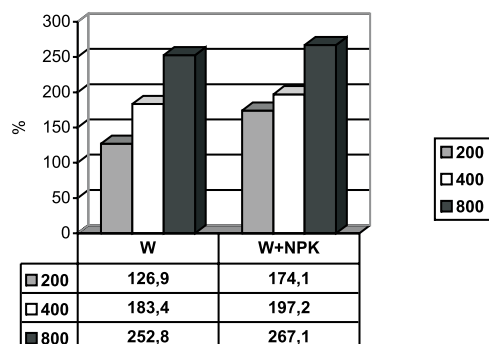


Rys. 1. Wpływ sposobów rekultywacji na zmiany polowej pojemności wodnej (wartości średnie)

- 0** – grunt rodzimy; **NPK** – grunt + wapno + NPK; **Os** – grunt + wapno + osad ściekowy);
- W + Os** – grunt + wapno + osad ściekowy + wełna; **W** – grunt + wapno + wełna;
- W + NPK** – grunt + wapno + NPK + wełna

Fig. 1. The effect of methods of land reclamation on changes in field water capacity (mean values)

- 0** – initial ground; **NPK** – ground + lime + NPK; **Os** – ground + lime + sewage sludge;
- W + Os** – ground + lime + sewage sludge + wool; **W** – ground + lime + wool;
- W + NPK** – ground + lime + NPK + wool



Rys. 2. Wpływ dawki (200; 400; 800 m³/ha) wełny mineralnej i nawożenia mineralnego (NPK) na względną (%) zmianę polowej pojemności wodnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 2. The effect of doses (200; 400; 800 m³ ha⁻¹) of mineral wool and mineral fertilization (NPK) on relative changes (%) in field water capacity (mean values; description as in fig. 1)

Nawożenie mineralne dodatkowo intensyfikowało wzrost wartości tej cechy.

Retencja wody produkcyjnej w gruncie rodzimym kształtowała się na bardzo niskim poziomie i wynosiła 4,3%, w/w. Po przeprowadzeniu rekultywacji uległa istotnej (140–295%), lecz pod wpływem stosowanych sposobów rekultywacji zróżnicowanej poprawie (tab. 3, rys. 3 i 4). Uwzględniając średnią wartość retencji wody produkcyjnej, badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + osad ściekowy + wełna (295%) > grunt + + wełna + NPK (196%) > grunt + wełna (189%) > grunt + osad ściekowy (140%) > grunt + + NPK (100%), którego sekwencja jest identyczna jak w przypadku polowej pojemności wodnej. W badanym okresie stwierdzono różnokierunkowe zmiany retencji wody produkcyjnej. Analizując zmiany retencji wody produkcyjnej w relacji: początek (P = 100%) – koniec doświadczenia (K), badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + NPK (25,0%) > grunt + wełna + NPK (6,3%) > grunt + wełna + osad ściekowy (-2,0%) > grunt + + wełna (-8,7%) > grunt + osad ściekowy + wełna (-37,5%).

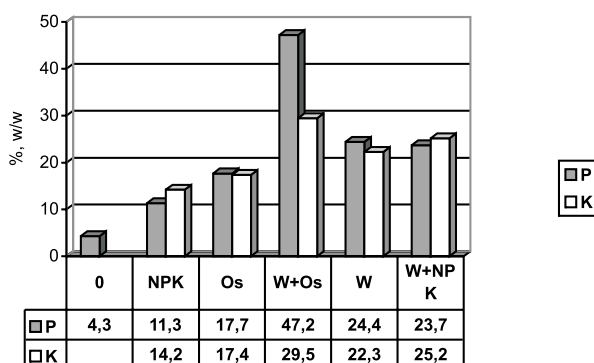
TABELA 3

Retencja wody produkcyjnej (% w/w) rekultywowanego gruntu (wartości średnie)

TABLE 3

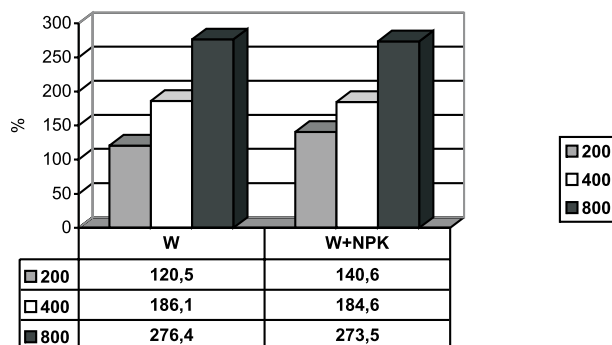
Retention of productive water (% w/w) of the reclaimed ground (mean values)

Sposoby rekultywacji	Początek badań	I rok	II rok	III rok
Grunt + wapno + NPK (kontrola)	11,3	10,7	14,9	14,2
Grunt + wapno + osad ściekowy	17,7	16,7	19,6	17,4
Grunt + wapno + osad ściekowy + wełna	47,2	42,4	31,9	29,5
Grunt + wapno + wełna	24,4	25,6	24,5	22,3
Grunt + wapno + wełna + NPK	23,7	26,1	25,5	25,2



Rys. 3. Wpływ sposobów rekultywacji na retencję wody produkcyjnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 3. The effect of methods of land reclamation on changes in retention of productive water (mean values; description as in fig. 1)



Rys. 4. Wpływ dawki (200; 400; 800 m³/ha) wełny mineralnej i nawożenia mineralnego (NPK) na względne (%) zmiany retencji wody produkcyjnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 4. The effect of doses (200; 400; 800 m³ha⁻¹) of mineral wool and mineral fertilization (NPK) on relative changes (%) in retention of productive water (mean values; description as in fig. 1)

Zwiększenie dawki wełny mineralnej (200, 400, 800 m³/ha) spowodowało zbliżony w zakresie dawek wyższych, wzrost wartości retencji wody produkcyjnej (%) w rekultywowanym gruncie (rys. 4):

— wełna: 120,5 (200); 186,1 (400); 276,4 (800),

— wełna + NPK: 140,6 (200); 184,6 (400); 273,5 (800).

W tym przypadku dawka wełny mineralnej w większym stopniu niż nawożenie mineralne wpływała na zmiany zasobności badanego gruntu w wodę produkcyjną.

Bardzo niska (4,7%, w/w) wartość retencji wody użytecznej w rekultywowanym gruncie rodzimym, uległa pod wpływem stosowanych sposobów rekultywacji istotnej (126–263%) i jak w przypadku wcześniej omówionych kategorii wody, zróżnicowanej poprawie (tab. 4, rys. 5 i 6). Uwzględniając średnią wartość retencji wody użytecznej, badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + osad ściekowy + wełna (263%) > grunt + wełna (181%)

TABELA 4

Retencja wody użytecznej (% w/w) rekultywowanego gruntu (wartości średnie)

TABLE 4

Retention of useful water (% w/w) of the reclaimed ground (mean values)

Sposoby rekultywacji	Początek badań	I rok	II rok	III rok
Grunt + wapno + NPK (kontrola)	18,5	11,4	15,1	15,0
Grunt + wapno + osad ściekowy	18,7	18,2	21,0	17,7
Grunt + wapno + osad ściekowy + wełna	48,3	43,6	34,9	30,8
Grunt + wapno + wełna	19,6	29,6	26,4	22,9
Grunt + wapno + wełna + NPK	22,4	28,6	27,7	26,4

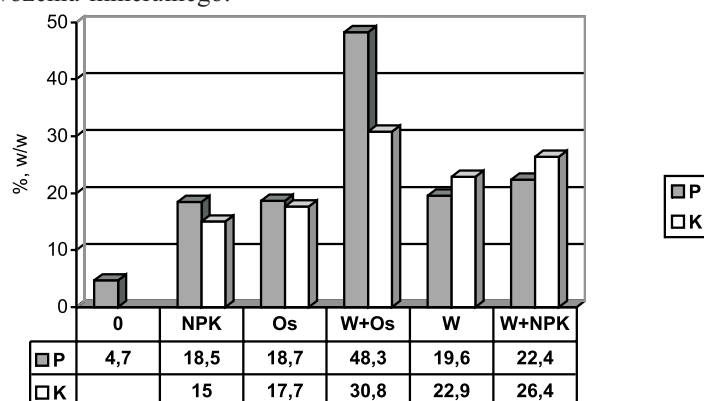
> grunt + wełna + NPK (172%) > grunt + osad ściekowy (126%) > grunt + NPK (100%). Układ tego szeregu jest bliźniaczo podobny do szeregu utworzonego dla retencji wody produkcyjnej. W badanym okresie zmiany retencji wody użytecznej w wyniku przyjętych sposobów rekultywacji także były zróżnicowane. Analizując jej zmiany w relacji: początek (P = 100%) – koniec doświadczenia (K), badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + + NPK (23,0%) > grunt + wełna + NPK (17,8%) > grunt + wełna (16,8%) > grunt + osad ściekowy (-5,4%) > grunt + osad ściekowy + wełna (-36,3%).

Zwiększenie dawki wełny mineralnej (200, 400, 800 m³/ha) powodowało w rekultywowanym gruncie (rys. 6) wzrost wartości retencji wody użytecznej (%):

— wełna: 125,6 (200); 183,4 (400); 270,8 (800),

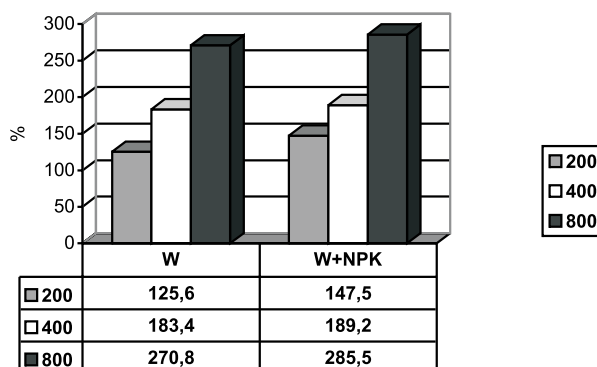
— wełna + NPK: 147,5 (200); 189,2 (400); 285,5 (800),

Zmiany omawianej retencji były bardziej, niż od dawki wełny, uzależnione od dodatkowego nawożenia mineralnego.



Rys. 5. Wpływ sposobów rekultywacji na retencję wody użytecznej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 5. The effect of methods of land reclamation on changes in retention of useful water (mean values; description as in fig. 1)



Rys. 6. Wpływ dawki (200; 400; 800 m³/ha) wełny mineralnej i nawożenia mineralnego (NPK) na względne (%) zmiany retencji wody użytecznej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 6. The effect of doses (200; 400; 800 m³ha⁻¹) of mineral wool and mineral fertilization (NPK) on relative changes (%) in retention of useful water (mean values; description as in fig. 1)

Niska (1,7%, w/w) wartość retencji wody niedostępnej w rekultywowanym gruncie rodzimym, wzrosła o zróżnicowanym nasileniu (141–238%), zależnym niewątpliwie od sposobów rekultywacji (tab. 5, rys. 6 i 7). Uwzględniając średnią wartość retencji wody niedostępnej, badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + wełna + NPK (238%) > > grunt + wełna (189%) – grunt + osad ściekowy + wełna (189%) > grunt + osad ściekowy (141%) > grunt + NPK (100%). Wyraźny wpływ na wzrost udziału wody niedostępnej odnotowano w wariantach z wełną mineralną, co wynika z jej higroskopijnych właściwości. Uwzględniając udział wody niedostępnej w pełnej pojemności wodnej, badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + wełna + NPK (13,5%) > grunt + wełna (12,1%) > grunt + osad ściekowy (12,0%) > grunt + NPK (11,2%) > grunt + osad ściekowy + wełna (8,5%).

W badanym okresie stwierdzono różnokierunkowe zmiany retencji wody niedostępnej i były one głównie uzależnione od zastosowanej dawki wełny mineralnej. Analizując zmiany tej właściwości w relacji: początek (P = 100%) – koniec doświadczenia (K), badane sposoby

TABELA 5

Retencja wody niedostępnej (% w/w) rekultywowanego gruntu (wartości średnie)

TABLE 5

Retention of unavailable water (% w/w) of the reclaimed ground (mean values)

Sposoby rekultywacji	Początek badań	I rok	II rok	III rok
Grunt + wapno + NPK (kontrola)	3,3	2,5	3,3	2,5
Grunt + wapno + osad ściekowy	3,5	4,1	5,1	3,5
Grunt + wapno + osad ściekowy + wełna	4,1	4,0	5,7	7,6
Grunt + wapno + wełna	5,7	5,1	5,3	5,7
Grunt + wapno + wełna + NPK	8,5	7,1	5,9	6,0

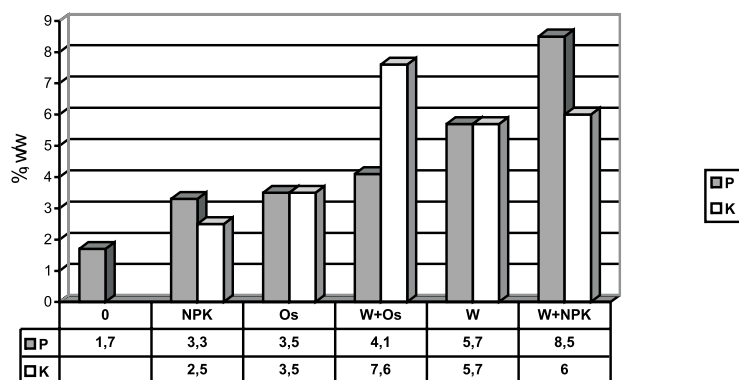
rekultywacji tworzą szereg: grunt + osad ściekowy + wełna (85,0%) > grunt + osad ściekowy (0,0%) – grunt + wełna (0,0%) > grunt + NPK (-24,3%) > grunt + wełna + NPK (-31,5%).

Zwiększenie dawki (200, 400, 800 m³/ha) wełny mineralnej w rekultywowanym gruncie (rys. 8) spowodowało także wzrost wartości retencji wody użytecznej (%):

- wełna: 152,7 (200); 162,5 (400); 257,3 (800),
- wełna + NPK: 224,9 (200); 240,5 (400); 255,3 (800).

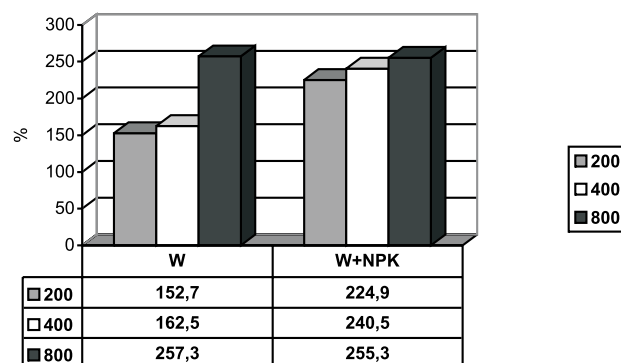
Stwierdzono, że na wyższy udział wody niedostępnej dla roślin w badanym gruncie zdecydowanie silniej wpływało nawożenie mineralne NPK aniżeli stosowane dawki wełny mineralnej.

Pełna pojemność wodna rekultywowanego gruntu rodzimego (21,4%, w/w) rosła również w sposób zróżnicowany (132–252%) i uzależniony od przyjętej metody jego rekultywacji



Rys. 7. Wpływ sposobów rekultywacji na retencję wody niedostępnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 7. The effect of methods of land reclamation on changes in retention of unavailable water (mean values; description as in fig. 1)



Rys. 8. Wpływ dawki (200; 400; 800 m³/ha) wełny mineralnej i nawożenia mineralnego (NPK) na względne (%) zmiany retencji wody niedostępnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 8. The effect of doses (200; 400; 800 m³ha⁻¹) of mineral wool and mineral fertilization (NPK) on relative changes (%) in retention of unavailable water (mean values; description as in fig. 1)

(tab. 6, rys. 9 i 10). Uwzględniając średnią wartość pełnej pojemności wodnej badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + osad ściekowy + wełna (252%) > grunt + wełna + NPK (198%) > grunt + wełna (177%) > grunt + osad ściekowy (132%) > grunt + NPK (100%). W badanym okresie stwierdzono spadek pełnej pojemności wodnej w wariantach z wełną mineralną, zaś wzrost z nawożeniem mineralnym i osadem ściekowym. Analizując zmiany tej właściwości w relacji: początek (P = 100%) – koniec doświadczenia (K), badane sposoby rekultywacji tworzą szereg: grunt + NPK (12,0%) > grunt + osad ściekowy (9,0%) > grunt + + osad ściekowy + wełna (-8,5%) > grunt + wełna + NPK (-11,3%) > grunt + wełna (-14,4%).

Zwiększenie dawki (200, 400, 800 m³/ha) wełny mineralnej spowodowało w rekultywowanym gruncie (rys. 10) wzrost wartości pełnej pojemności wodnej (%):

- wełna: 118,1 (200); 172,2 (400); 243,2 (800),
- wełna + NPK: 153,8 (200); 183,4 (400); 258,3 (800).

Znaczący wpływ na wzrost tej właściwości miało także nawożenie mineralne NPK.

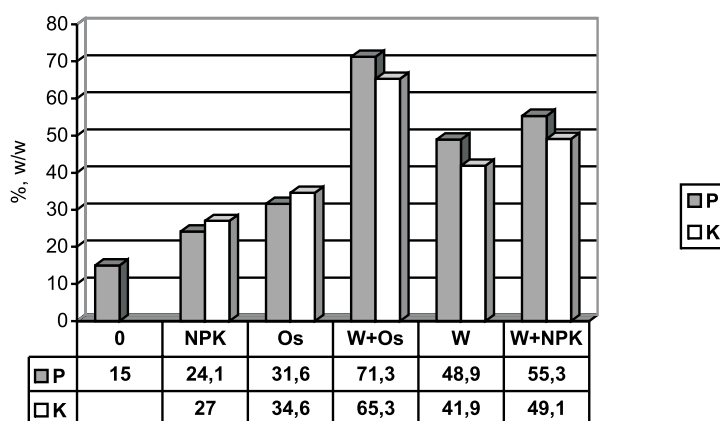
TABELA 6

Pełna pojemność wodna (% w/w) rekultywowanego gruntu (wartości średnie)

TABLE 6

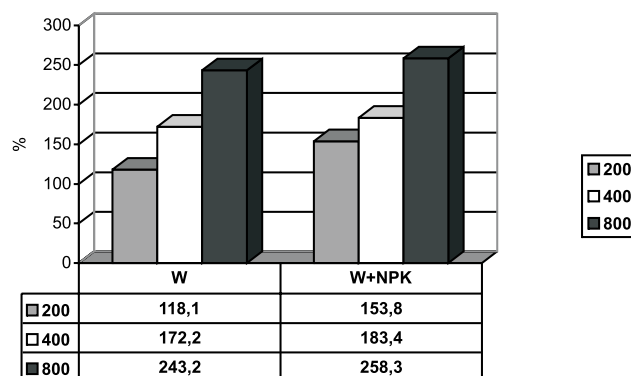
Full water capacity (% w/w) of the reclaimed ground (mean values)

Sposoby rekultywacji	Początek badań	I rok	II rok	III rok
Grunt + wapno + NPK (kontrola)	24,1	24,0	28,1	27,0
Grunt + wapno + osad ściekowy	31,6	35,3	34,9	34,6
Grunt + wapno + osad ściekowy + wełna	71,3	65,7	57,7	65,3
Grunt + wapno + wełna	48,9	44,9	46,8	41,9



Rys. 9. Wpływ sposobów rekultywacji na pełną pojemność wodną (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 9. The effect of methods of land reclamation on changes in full water capacity (mean values; description as in fig. 1)



Rys. 10. Wpływ dawki (200; 400; 800 m³/ha) wełny mineralnej i nawożenia mineralnego (NPK) na względną (%) zmianę pełnej pojemności wodnej (wartości średnie; oznaczenia jak na rys. 1)

Fig. 10. The effect of doses (200; 400; 800 m³ha⁻¹) of mineral wool and mineral fertilization (NPK) on relative changes (%) in full water capacity (mean values; description as in fig. 1)

Podsumowanie

Na podstawie prezentowanych w niniejszym opracowaniu rezultatów można stwierdzić, że analizowane sposoby rekultywacji utworu bezglebowego wywierały, w porównaniu do obiektów tylko z nawożeniem mineralnym, bardzo korzystny, lecz w poszczególnych latach obserwacji, różnie ukierunkowany wpływ na badane właściwości wodne. W okresie pomiarowym obserwowano, bowiem wahania wartości badanych cech. Niemniej jednak wzrost dawki wełny mineralnej powodował każdorazowo proporcjonalne zwiększenie analizowanych właściwości wodnych zdewastowanego gruntu, intensyfikowane dodatkowo przez nawożenie mineralne.

Połowa pojemność wodna rodzimego gruntu charakteryzowała się niską wartością (15,0%, w/w), a w wyniku prowadzonych zabiegów rekultywacyjnych uległa bardzo istotnej poprawie, gdyż w niektórych przypadkach odnotowano nawet wielokrotny jej wzrost (234–834%). Konsekwencją tak radykalnej zmiany wielkości połowej pojemności wodnej była również zmiana wielkości pozostałych analizowanych kategorii wody glebowej. W efekcie dodania wapna poftotacyjnego, odpadowej wełny mineralnej i komunalnego osadu ściekowego nastąpił znaczny wzrost ich wartości. Uzyskany stan podłoża w zakresie właściwości wodnych, bezglebowej pokrywy obszaru zdewastowanego przez przemysł wydobywczy, sprzyjał rekultywacji biologicznej związanej z wprowadzoną na omawiany teren roślinnością. Należy w tym miejscu podkreślić, że na poprawę właściwości wodnych utworów tego obszaru niebagatelny wpływ miała także sama roślinność trawiasta. Rozwój systemu korzeniowego traw i związana z tym większa aktywność biologiczna rekultywowanego podłoża, niewątpliwie wspomagało – inicjowało odbudowę i tworzenie się naturalnej jego struktury.

Wyraźny wzrost zawartości wody niedostępnej (adsorpcyjnej) dla roślin odczytywany jest zwykle jako efekt niekorzystny. Jednak w przypadku zdewastowanych utworów bezglebowych należy uznać to za zjawisko pozytywne, ponieważ wzrost ten nastąpił nie kosztem jakiegokolwiek cennej dla roślin kategorii wody, lecz w wyniku wielokrotnego powiększenia pełnej pojemności wodnej. W związku ze zwiększeniem zawartości wody adsorpcyjnej powstały również korzystniejsze warunki ułatwiające bytowanie, a w sytuacjach ekstremalnych, także przetrwanie wielu gatunkom mikrofauny glebowej.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy rozwojowy Nr R12 065 03.

LITERATURA

- Baran S., 1992 – The type of sewage sediments and the mineralization process of their organic substance and the zinc content in a plant. *Pol. J. Soil Sc.* Vol. XXV/2, 135–140.
- Baran S., 2001 – Ocena oddziaływania nawozów niekonwencjonalnych na właściwości fizykochemiczne rekultywowanego gruntu w obrębie wpływu Kopalni Siarki „Jeziórko” oraz wypracowanie wpływu ich optymalizacji. *AR Lublin*, s. 6.
- Baran S., 2000 – Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb. *Wyd. AR Lublin.*, s. 225.
- Baran S., 2006 – Ability to use used mt of mineral wool in postmining reclamation. *Development in Production and Use of New Agrochemicals. Chemistry for Agriculture*, vol. 7, (Eds. H. Górecki, Z. Dobrzański, P. Kafarski), Czech-Pol Trade, Prague-Brussels (ISBN 80-239-7759-8), 662–670.
- Baran S., i wsp. 2007 – Przydatność wełny mineralnej (Grodan) i osadów ściekowych do rekultywacji biologicznej gruntów zdewastowanych mechanicznie i przez intensywne zakwaszenie. *Sprawozdanie merytoryczne. AR Lublin*, s. 210.
- Baran S., Turski R. 1996 – Degradacja, ochrona i rekultywacja gleb. *Wyd. AR Lublin*, s. 223.
- Drożdż-Hara M., 1978 – Studia nad wpływem zanieczyszczenia siarką na przemiany gleb uprawnych w sąsiedztwie Kopalni Siarki. *Rocz. Glebozn.* XXIX, 2, 141–162.
- Dziewański J., 1988 – Oddziaływanie przemysłu siarkowego na środowisko przyrodnicze woj. tarnobrzeckiego. *Wyd. PAN Studia i rozprawy*. I, s. 159.
- Gołda T., 2000 – Podstawowe uwarunkowania rekultywacji terenów pogórnich Kopalni Siarki „Jeziórko”, *Inżynieria Ekologiczna* Nr 1. Warszawa, 44.
- Jońca M., 2004 – Możliwości odbudowy gleb na gruntach zdewastowanych w obszarze wpływu Kopalni Siarki Jeziórko. *AR Lublin*, s. 89.
- Kirejczyk J., Krańców M., 1987 – Rozwój techniki i technologii otworowej eksploatacji siarki w Polsce. *Przegląd Górniczy*, nr 4, 17.
- Kowda W.A., 1984 – Podstawy nauki o glebach. *PWRiL*: s. 895.
- Motowicka-Terelak T., 1989 – Badania modelowe nad mechanizmem i skutkami degradacji gleb zanieczyszczonych siarką. *Pam. Puł. Cz.* I, 94, 11–27.
- Thompson L.M., Troeh F.R., 1978 – *Soils and soil fertility*. McGraw – Hill, Inc.: 516 pp.
- Turski R., 1993 – Przyrodnicze aspekty zakwaszania gleb w Polsce. *Symp. Nauk. nt. „Przyrodnicze i antropogeniczne przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb”*. *Wyd. AR Lublin* 102.
- Warzybok W., 2000 – Rekultywacja terenów górniczych Kopalni Siarki „Jeziórko”, *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Baranów Sandomierski. Inżynieria Ekologiczna*, Nr 1. Warszawa, 77.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WEŁNY MINERALNEJ GRODAN I OSADU ŚCIEKOWEGO DO KSZTAŁTOWANIA
WŁAŚCIWOŚCI WODNYCH W GLEBACH ZDEWASTOWANYCH W PROCESIE WYDOBYCIA SIARKI METODĄ FRASHA

Słowa kluczowe

Górnictwo otworowe siarki, utwory bezglebowe, rekultywacja, wełna mineralna, osady ściekowe, właściwości wodne

Streszczenie

Górnictwo siarkowe powoduje specyficzne przekształcenia środowiska przyrodniczego, w tym głównie glebowego. Wynika to z chemicznie aktywnej kopaliny, historycznie uwarunkowanych właściwości środowiska oraz przebiegu samego procesu wydobywczego.

Rekultywacja, szczególnie biologiczna terenów poeksploatacyjnych górnictwa otworowego siarki jest zagadnieniem złożonym i trudnym. Dotyczy ona, bowiem rewitalizacji zasiarzonych utworów bezglebowych, ubogich w substancję organiczną i o złych właściwościach chemicznych i fizykochemicznych. Istotnym czynnikiem zmniejszającym efekty rekultywacji biologicznej jest częsty niedobór wody. Jest to najczęściej efekt działalności górniczej oraz słabej jakości gruntów rodzimych. Zagadnienia wiązania i ruchu wody w glebie oraz jej użyteczności i dostępności dla roślin stanowią jeden z podstawowych problemów fizyki gleby. „Idealna” gleba, to taka, w której jedną połowę objętości zajmuje faza stała, a drugą – pory glebowe. Za optymalny stan uważa się taki, kiedy pory w połowie objętości wypełnione są wodą, a w połowie powietrzem. Korzenie roślin mają wówczas dogodnie warunki zarówno do pobierania wody z rozpuszczonymi w niej składnikami pokarmowymi, jak i do oddychania.

W pracy analizowano wpływ różnych sposobów rekultywacji utworów bezglebowych zdewastowanych przez przemysł wydobywczy na ich właściwości wodne. Do rekultywacji wykorzystano osad ściekowy i poużytkową wełnę mineralną Grodan. Uzyskany stan podłoża w zakresie właściwości wodnych, bezglebowej pokrywy obszaru zdewastowanego przez przemysł wydobywczy, sprzyjał rekultywacji biologicznej związanej z wprowadzoną na omawiany teren roślinnością. Na podstawie prezentowanych w niniejszym opracowaniu rezultatów można stwierdzić, że analizowane sposoby rekultywacji wywierały bardzo korzystny wpływ na badane właściwości wodne. W poszczególnych latach badań wpływ ten był różnie ukierunkowany. Obserwowano bowiem wahania wartości badanych cech. Niemniej jednak każdorazowy wzrost dawki wełny mineralnej powodował zwiększenie wartości analizowanych właściwości wodnych, które dodatkowo było intensyfikowane przez nawożenie mineralne.

USEFULNESS OF MINERAL WOOL GRODAN AND SEWAGE SLUDGE IN MANAGEMENT OF WATER PROPERTIES
IN SOILS DEVASTATED DURING EXTRACTION OF SULPHUR BY FRASH METHOD

Key words

Borehole sulphur mining, soil-less grounds, land reclamation, mineral wool, sewage sludge, water properties

Abstract

Sulphur mining transforms the environment, particularly soil. It results from chemical activity of sulphur ore, historical management of an environment and the course of extractive processes. Rehabilitation, especially biological reclamation of post-exploitation areas used by borehole sulphur mining, is a complex and difficult issue. It is connected with the revitalization of soil-less grounds contaminated with sulphur showing undesirable chemical and physico-chemical properties and poor in organic matter. Frequent water shortages are a significant factor reducing positive effects of biological reclamation. It is very often the result of mining activity and the poor quality of parent material of grounds. Hydration and water migration in soil and its usefulness and availability for plants are among the fundamental problems of soil physics. In the ‘ideal’ soil, solid phase fills half of its volume

soil and soil pores make the remaining part. The state is considered to be optimal if soil pores are filled in 50% with water, and in 50% with gas phase. Plant roots have then convenient conditions, both for taking up water with alimentary nutrients solved in it, and for respiration.

This paper presents the impact of various methods of land reclamation on water properties of soil-less grounds devastated by extractive industry. Sewage sludge and mineral-wool scrap Grodan were used in the field experiment. Soil water properties of the soil-less grounds in the area devastated by extractive industry were favourable for biological reclamation conducted with the use of plants introduced to the mine. The analyzed methods of reclamation had a very positive effect on the water properties studied. However, the effect was diverse during the study period: fluctuations in values of the properties investigated were observed. Each increase in mineral wool doses resulted in a beneficial effect on water properties of the ground, which was additionally intensified by NPK fertilization.