

**Barbara Braun**

Uniwersytet Warszawski  
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych  
Zakład Geoekologii  
e-mail: bjbraun@uw.edu.pl

**WSPÓŁCZESNE ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI GLEB ROLNICZYCH  
W KRAJOBRAZIE MŁODOGLACJALNYM**

**Contemporary changes of agricultural soil's characteristic  
in the young glacial landscape**

**Abstract:** The researches were conducted in the area of Bytów District. The following analysis were performed: thickness of the humus horizon, reserves of humus, soil reaction, the acid and alkaline cations in soil adsorption complex, and bulk density. Application of machines in agriculture caused acceleration of erosion particularly in rolling and hilly country. The deluvial horizons of the area with *diversified relief* reach thickness of 50–100 cm. These horizons are richer in organic matter than humus horizons located on flat-topped mountains and mountain sides. Deluvial horizons are characterized by a bit less acid reaction, sometimes even neutral, and slightly greater the acid and alkaline cations in soil adsorption complex. Longstanding mechanization of agriculture leads also to formation of the thickened layer at the depth of 30 cm. The intensive fertilization with *mineral fertilizers, especially nitric ones*, leads to soil acidification.

**Key words:** agricultural soils, Colluvic Anthrosols, soil reaction, cations acid and alkaline, humus, bulk density

**Słowa kluczowe:** gleby rolnicze, gleby deluwialne, odczyn gleb, kationy kwasowe i zasadowe, próchnica, gęstość objętościowa

**WPROWADZENIE**

Uprawa mechaniczna, intensywne nawożenie gleb powoduje zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i fizyko-chemicznych w glebach. Mechanizacja w rolnictwie prowadzi do zagęszczenia warstwy podglebia (Stojek 2004, Włodek, Kukuła i in. 1998). Zmiana użytkowania z leśnego na rolnicze w obszarach

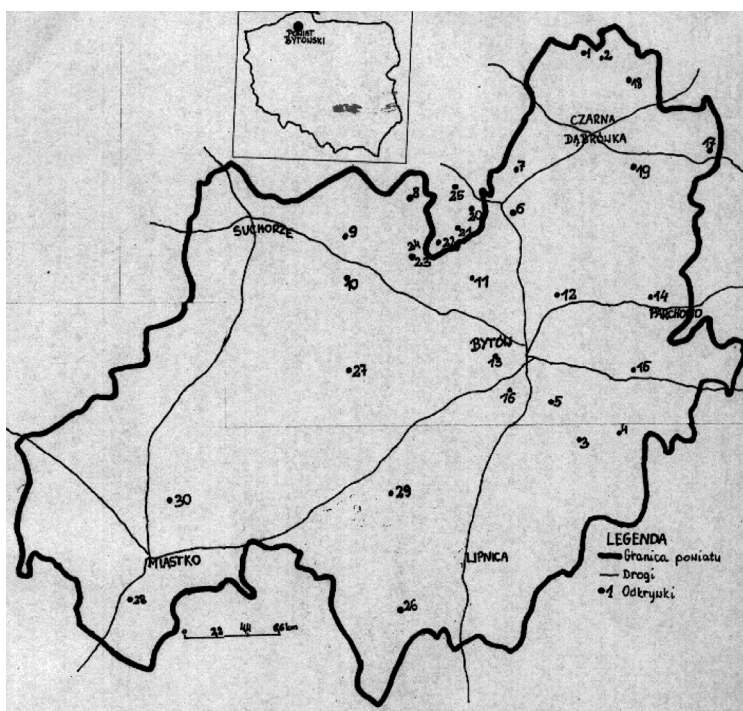
urzeźbionych i zastosowanie maszyn rolniczych, powoduje przyspieszenie erozji wodnej, tzw. denudację antropogeniczną. Efektem denudacji antropogenicznej są gleby deluwialne i namyte znajdujące się w obniżeniach terenu (Koćmit 1998, Sinkiewicz 1998, Snakin, Krechetov i in. 1996, Sowiński, Smółczyński i in. 2004). Poziomy deluwialne i namyte charakteryzują się zazwyczaj większą zawartością materii organicznej, odczyn ich często jest mniej kwaśny, chociaż nie zawsze poziomy te mają większe wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi (Koćmit 1998, Linczar 1995, Snakin, Krechetov i in. 1996, Sowiński, Smółczyński i in. 2004). Przemieszczanie się próchnicy i najdrobniejszych cząstek glebowych po stoku doprowadza do zubożenia gleb wyżej położonych topograficznie w próchnicę, w makroelementy i mikroelementy, co wpływa na zmiany właściwości powietrzno-wodnych, porowatości, odczynu, pojemności sorpcyjnej i aktywności biologicznej (Koćmit 1998, Linczar 1995, Snakin, Krechetov i in. 1996, Sowiński, Smółczyński i in. 2004). Wraz z próchnicą i frakcją ilastą mogą także przemieszczać się zanieczyszczenia gleb, np. metale ciężkie, glin i pestycydy (Koćmit 1998, Lal, Follet i in. 1999, Snakin, Krechetov i in. 1996).

Innym objawem współczesnej uprawy gleb są wahania odczynu i zawartości materii organicznej. Większe nawożenie mineralne w gospodarstwach wielkoobszarowych, w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku skutkowało wzrostem pH na tych gruntach. W latach dziewięćdziesiątych XX wieku grunty te były często odłogowane, co spowodowało dalsze zakwaszenie tych gleb, wzrost kwasowości hydrolitycznej w pojemności sorpcyjnej a często też ubytek materii organicznej (Stojek 2005, Tomaszewicz 1998). Na zakwaszenie gleb wpływa też stosowanie nawozów fizjologicznie kwaśnych, głównie azotowych (Mazur 1995).

## OBSZAR I METODY BADAŃ

Obszar badań zlokalizowany na Pojezierzu Bytowskim i Wysoczyźnie Polanowskiej zajmuje powierzchnię około 900 km<sup>2</sup> (ryc. 1). Badania prowadzono metodą katen glebowych. W trakcie badań terenowych wykonano 30 odkrywek glebowych oraz 86 odwiertów. Przy każdej odkrywce zostało wykonane od 2 do 5 odwiertów (na wzniesieniu lub u podnóża stoku, w zależności od tego, gdzie zlokalizowana była odkrywka oraz na stoku). Z odkrywek glebowych, z każdego poziomu, pobrano materiał glebowy do analiz laboratoryjnych. Z odwiertów pobrano materiał glebowy tylko z poziomu próchnicznego.

Analizy obejmowały różne typy gleb: gleby bielicoziemne (rdzawe wykształcone na utworach piaszczystych z dodatkiem pyłu, na ogół pochodzenia sandrowego); gleby brunatnoziemne (głównie gleby płowe wykształcone na utworach gliniastych i piaskach zwałowych, często z dużym udziałem pyłu); gleby



Ryc. 1. Obszar badań

Fig. 1. The region study

bagienne (głównie gleby murszowo-torfowe wykształcone w zagłębieniach terenu, często przykryte osadami deluwialnymi). Badaniami objęto gleby użytkowane rolniczo (gospodarstwa indywidualne, i byłe PGR-y, obecnie gospodarstwa wielkoobszarowe), zarówno grunty orne, jak i użytki zielone.

Celem pracy jest ukazanie współczesnych zmian w glebach, wynikających z użytkowania rolniczego w krajobrazach pagórkowatych i falistych.

Do udokumentowania zmian wykonano oznaczenia następujących właściwości gleb:

1. Skład granulometryczny metodą areometryczną Bouyoucosa – Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego,
2. Odczyn w 1M KCl metodą potencjometryczną,
3. Zawartość węgla organicznego (Corg.) metodą Tiurina
4. Kwasowość hydrolityczną (Hh) i sumę zasadowych kationów wymiennych (S) metodą Kappena, z ich sumy obliczono pojemność sorpcyjną gleb ( $T=H-h+S$ ) (Bednarek, Dziadowiec, Pokojska, Prusinkiewicz., 2004),
5. Gęstość objętościową metodą cylindrów miarowych o pojemności 100 cm<sup>3</sup> (w celu stwierdzenia warstwy zagęszczonej na głębokości około 30 cm)

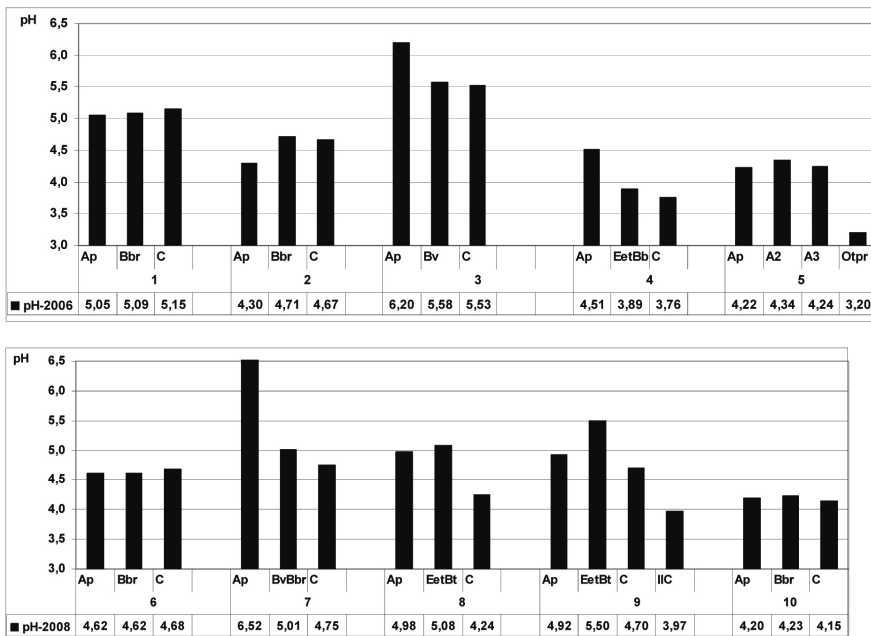
## WYNIKI

## Skład granulometryczny

Większość gleb użytkowanych rolniczo w okolicach Bytowa wykazuje dwudzielność; w górnej części profilu zbudowane są z piasków gliniastych, a od głębokości 50–80 cm z glin. W glebach powstałych na sandrze całą miąższość profilu budują piaski luźne lub piaski słabo gliniaste, często z dużym udziałem pyłu. U podnóża stoków (z wyjątkiem katen na sandrze) poziomy deluwialne wykazują niewielkie wzbogacenie we frakcję iłową (do 10%). Wzbogacenie w najdrobniejsze cząstki glebowe nie ma jednak wpływu na grupę granulometryczną. Grupa granulometryczna u podnóża stoków na ogół jest taka sama jak na wierzchołkach czy na stokach. Najprawdopodobniej najdrobniejsze cząstki glebowe są wynoszone poza badane kateny lub osadzają się w zarastających zbiornikach wodnych, znajdujących się w zagłębieniach terenu.

## Odczyn

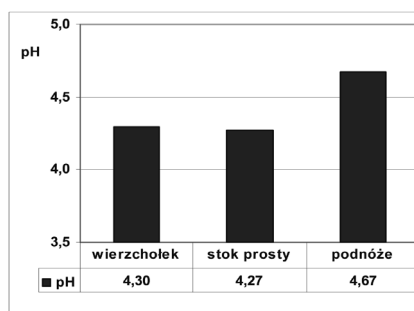
Odczyn gleb powiatu bytowskiego kształtuje się w przedziale 4,5 – 6,5 pH, czyli jest kwaśny i lekko kwaśny.



Ryc. 2. Odczyn gleb użytkowanych rolniczo w powiecie bytowskim  
Fig. 2. The soil reaction in agricultural soils of Bytów District

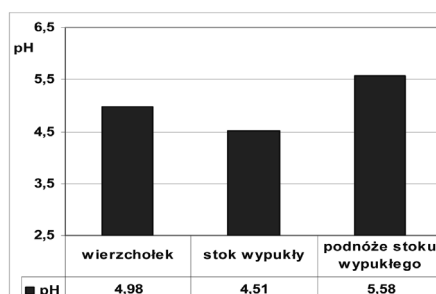
**Ryc. 3.** Odczyn poziomu próchnicznego gleb w katenie stoku jednostajnie pochylonego (stok prosty)

**Fig. 3.** The soil reaction in the humus horizon of 'straight' slope



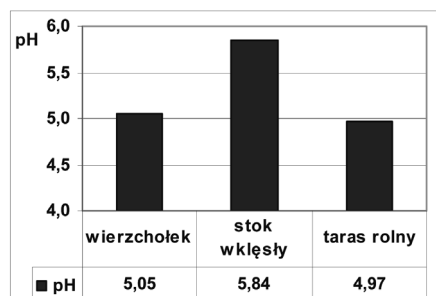
**Rys. 4.** Odczyn poziomu próchnicznego gleb w katenie stoku wypukłego

**Fig. 4.** The soil reaction in the humus horizon of convex slope



**Ryc. 5.** Odczyn poziomu próchnicznego gleb w katenie stoku wklęsłego

**Fig. 5.** The soil reaction in the humus horizon of concave slope



Odczyn gleb brunatnoziemnych w poziomie próchnicznym waha się od 4,5 do 6,2 pH. Natomiast w poziomach podpróchnicznych odczyn często jest bardziej kwaśny niż w poziomie próchnicznym. Zjawisko to może wskazywać na niedawne wapnowanie gleb. Ponadto gleby brunatnoziemne gospodarstw wielkoobszarowych (kiedyś w użytkowaniu PGR-ów) wykazują na ogół nieco wyższe wartości pH (ryc. 2, profile: 1, 8, 9) niż gleby będące od kilkudziesięciu lat w użytkowaniu rolników indywidualnych (ryc. 2, profile: 2, 4, 10).

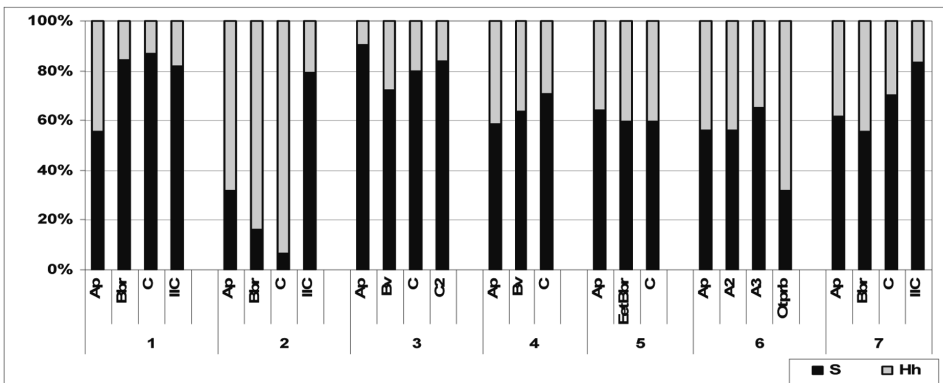
Gleby rdzawe użytkowane są głównie przez rolników indywidualnych. Charakteryzują się one silnie kwaśnym odczynem; wartości pH nie przekraczają na ogół 5 (ryc. 2, profil 7). W glebach rdzawych, powstałych na piaskach sandrowych bliskiego transportu, odnotowano odczyn lekko kwaśny (ryc.2, profil 3).

Takie zjawisko tłumaczy się intensywnymi procesami wietrzenia (Słomczyński 1997, Stojek 1999).

W obszarach falistych i pagórkowatych Pojezierza Kaszubskiego, u podnóża wzniesień często spotyka się poziomy deluwialne. Poziomy te na ogół mają odczyn nieco wyższy niż poziomy próchniczne na wzniesieniu, czy na stoku. Odczyn poziomów deluwialnych waha się od 4,6 do nawet 7 pH i jest on co najmniej pół jednostki pH wyższy od wartości na wierzchołku i na stoku (ryc. 3, ryc. 4). Warunkowane jest to spływem składników mineralnych wraz z próchnicą w dół stoku, w tym również związków zasadowych (Lecomte, Le Bissonais 1999). Inaczej przedstawia się odczyn gleb na stoku wklęsłym, gdzie dochodzi do gromadzenia próchnicy oraz związków mineralnych już na stoku (rys. 5).

### Wysycenie kompleksu sorpcyjnego

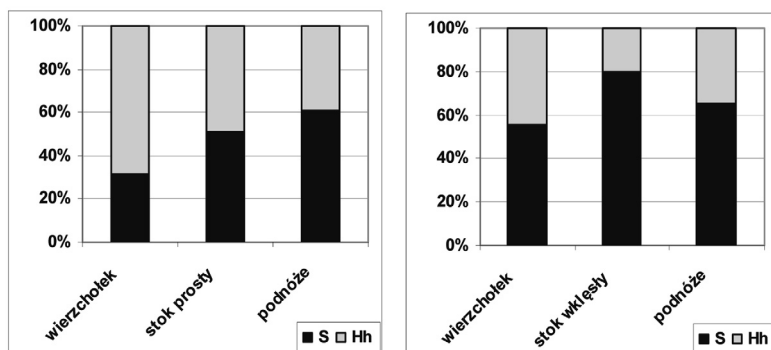
Pomimo kwaśnego odczynu badanych gleb, w kompleksie sorpcyjnym poziomów próchnicznych przeważają kationy zasadowe (ryc. 6).



**Ryc. 6.** Wysycenie kationami zasadowymi i kwasowymi kompleksu sorpcyjnego gleb  
**Fig. 6.** The acid and alkaline cations content in soil adsorbtion complex

Niekiedy w katenach gleb stoków jednostajnie pochyłonych na wierzchołkach (odczyn gleb jest kwaśny) stwierdzono w kompleksie sorpcyjnym większą zawartość kationów kwasowych (ryc. 2, ryc. 7). Przy kwaśnym odczynie kationy zasadowe są łatwiej uwalniane z kompleksu sorpcyjnego i przemieszczane w głąb profilu lub po stoku.

W kompleksie sorpcyjnym gleb na stokach wklęsłych odnotowano wyższe zawartości kationów zasadowych niż na wierzchołku, czy u podnóża tych stoków (rys. 7). Wskazuje to na zatrzymywanie roztworów zawierających kationy zasadowe na stoku.



**Ryc. 7.** Wysycenie kationami zasadowymi i kwasowymi kompleksu sorpcyjnego w poziomie próchnicznym gleb w katenie stoku jednostajnie pochylonego i wklęsłego  
**Fig. 7.** The acid and alkaline cations content in soil adsorbtion complex of humus horizons for straight slope and concave slope profiles.

Badane gleby pomimo wapnowania zachowują stały, kwaśny i słabo kwaśny odczyn, co może wskazywać na dobre właściwości buforowe tych gleb. Pomimo kwaśnego odczynu zachowują prawidłowe proporcje kationów zasadowych i kwasowych w kompleksie sorpcyjnym.

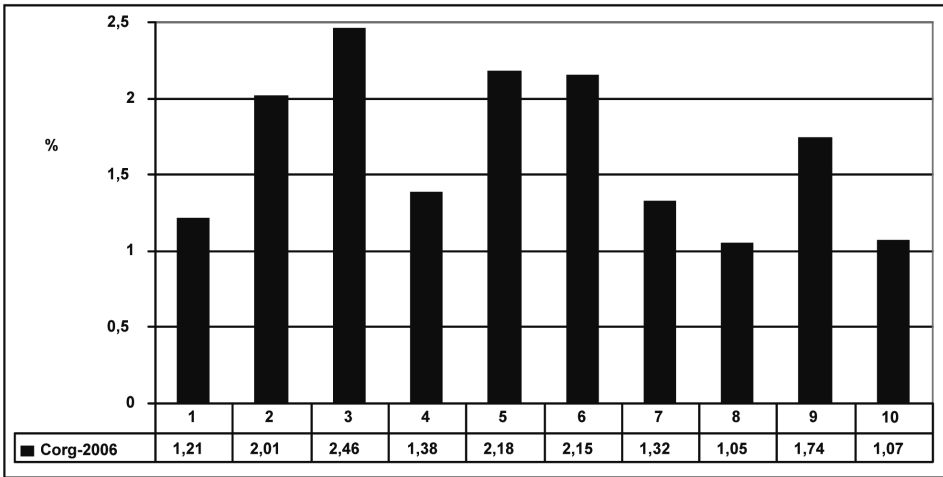
### Zawartość węgla organicznego

Kolejnym ważnym parametrem charakteryzującym żyzność gleb jest ilość próchnicy, którą oceniano na podstawie zawartości węgla organicznego. Próchnica jest największym magazynem łatwo dostępnych substancji pokarmowych: mikro- i makroelementów.

Najbardziej zasobne w materię organiczną są gleby organiczne, w których zawartość materii organicznej waha się od około 60 do 95%. Nie bez znaczenia jest fakt, że gleby murszowo-torfowe na ogół są użytkowane jako użytki zielone, co przyczynia się do ich wzbogacenia w materię organiczną nawet o kilka procent (Eve, Sperow i in. 2002, Lal, Follett. i in. 1999).

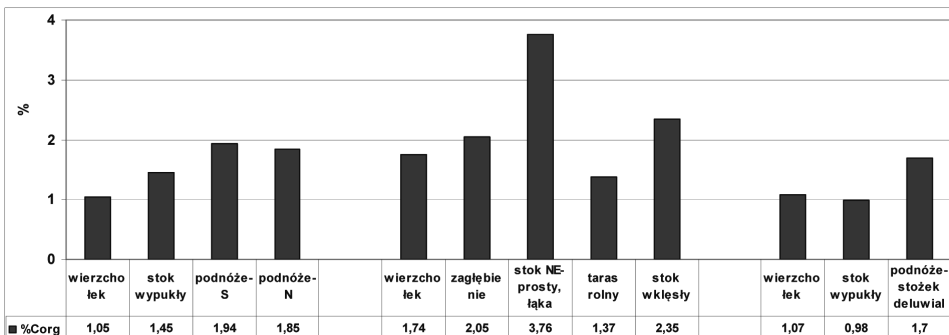
Śpośród gleb mineralnych duże wartości węgla organicznego (ponad 2%) stwierdzono w glebach rdzawych (ryc. 8, profil 3 i 7). Jednak zasoby materii organicznej są tam niewielkie (wahają się w przedziale 60–70 t·ha<sup>-1</sup>) ze względu na małą miąższość poziomu próchnicznego, sięgającą do 20 cm.

Duże zasoby materii organicznej wiążą się z poziomami deluwialnymi i wynoszą od 118 do prawie 300 t·ha<sup>-1</sup>. Zawartość węgla organicznego w poziomach deluwialnych często przekracza 3%, a miąższość tych poziomów waha się od 40 do nawet 100 cm (ryc. 9, ryc. 10).



Ryc. 8. Zawartość węgla organicznego w poziomie próchnicznym gleb  
Fig. 8. The organic matter content in humus horizon

W glebach płowych zawartość węgla organicznego waha się od około 1% do około 2,5% (ryc. 8, profile 1, 2, 4, 8, 9, 10), więc są to gleby średnio bogate w próchnicę. Zasoby materii organicznej tych gleb wahają się od około 70 t·ha<sup>-1</sup> do 160 t·ha<sup>-1</sup>.

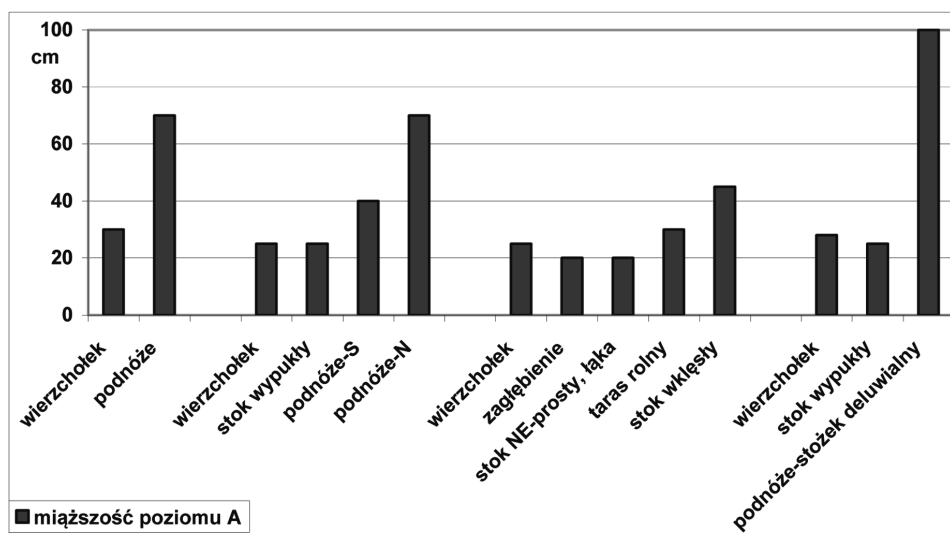


Ryc. 9. Zawartość węgla organicznego w katenach glebowych  
Fig. 9. The organic matter content in slope profiles

### Miąższość poziomu próchnicznego

Charakterystycznym wskaźnikiem procesów erozji w glebach terenów fali-  
stych i pagórkowatych jest miąszość poziomu próchnicznego. W klasycznie  
ukształtowanych glebach rolniczych terenów równinnych lub położonych na





**Ryc. 10.** Miąższość poziomu próchnicznego w układzie wierzchołek–stok–podnóże stoku

**Fig. 10.** The thickness of humus horizon along the slope profile (from the top of the slope to the foot of the slope)

wzniesieniach miąższość poziomu próchnicznego wynosi 25–35 cm. Taką miąższość poziomu próchnicznego warunkuje zasięg pług. Natomiast u podnóża stoków lub na tarasach rolnych miąższość poziomów próchnicznych często wynosiła ponad 50 cm, a niekiedy sięgała nawet 1 metra (ryc. 10).

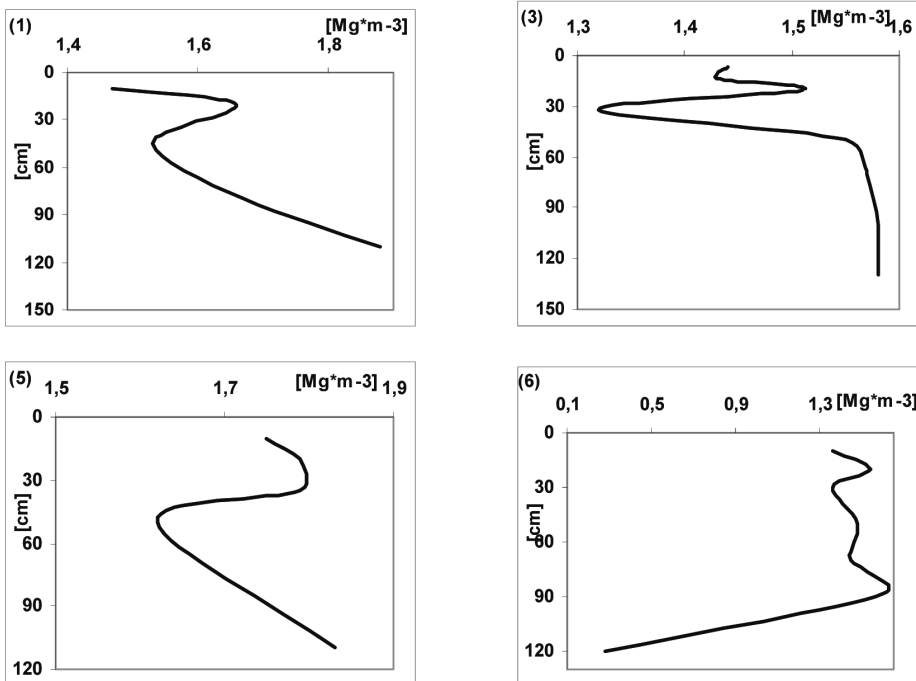
Większe miąższości poziomów deluwialnych zaobserwowano u podnóża stoków jednostajnie pochyłonych lub wypukło-jednostajnie pochyłonych. U podnóża stoków wklęsłych miąższość poziomów deluwialnych była zbliżona do poziomów próchnicznych na szczytach wierzchołków. Na stokach wypukłych często stwierdzano spływanie lub brak poziomu próchnicznego. Wskazuje to najprawdopodobniej na zniszczenie tego poziomu przez maszyny rolnicze i częściowo przez spływ powierzchniowy. Na stokach wklęsłych poziom próchniczny miał podobną miąższość jak poziom na wierzchołkach, czyli około 30 cm (ryc. 10). Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że obecność tarasów rolnych lub miedz na stokach sprzyja akumulacji materii organicznej. Poziomy deluwialne u podnóża stoków zadarnionych na ogół nie przekraczają 40–50 cm (ryc. 10).

### Gęstość objętościowa

Współczesną cechą wpływu mechanizacji w rolnictwie jest zagęszczenie gleby na głębokości 25–35 cm.

Wartości gęstości objętościowej badanych gleb wahały się od 1,1–1,4  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  dla gleb piaszczystych do około 2  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  dla gleb gliniastych. Wartości gęstości objętościowej warstwy 25–35 cm różnią się o 0,05–0,2  $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  w stosunku do poziomu 0–25 cm. Można przypuszczać, że w przyszłości powstanie tam podszwa płużna, czyli nastąpi wzrost zwięzłości gleby tuż pod poziomem próchnicznym, a w konsekwencji niewłaściwy przepływ wody w głąb profilu glebowego i złe napowietrzenie poziomów podpróchnicznych.

Zagęszczenie warstwy podornej pojawia się najczęściej w glebach zbudowanych z utworów piaszczystych, rzadziej w utworach pylastych i gliniastych (ryc. 11). Na stopień zagęszczenia warstwy podornej wpływ ma również typ użytkowania gruntu. Uprawa metodami klasycznymi, tzn. oparta na systemie płużnym, zapewnia spulchnianie gleby w poziomie powierzchniowym i zagęszczenie na głębokości 25–35 cm (Stojek 2004, Włodek, Kukuła i in. 1998). Przy metodach uproszczonych, najczęściej bez wykonania orki przed siewem, powstaje zagęszczenie zarówno poziomu próchnicznego, jak i warstwy podglebia



**Ryc. 11.** Gęstość objętościowa w glebach użytkowanych rolniczo powiatu bytowskiego (1 – piasek gliniasty na glinie; 3 – piasek luźny; 5 – glina lekka na glinie średniej; 6 – piasek gliniasty na torfie)

**Fig. 11.** The bulk density in agricultural soils of Bytów District (1 – loamy sand on loam; 3 – sand; 5 – loam on clay loam, 6 – loamy sand on peat)

(Białczyk, Czarnecki i in. 2000), jednak w okresie wzrostu roślin zauważono rozpulchnianie warstwy do 20 cm (Hryńczuk, Weber 2005, Alakukku 1998). W przypadku łąk stwierdzono zagęszczenie gruntu od samej powierzchni. Jest to skutek używania maszyn rolniczych i ugniatania gleby. Poza tym grunty łąkowe należą do gleb o zwiększonej zawartości materii organicznej i często bywają meliorowane, co skutkuje mineralizacją materii organicznej i zagęszczaniem warstwy powierzchniowej (Stojek, 2005).

## DYSKUSJA

Działalność rolnicza w obszarach młodoglacjalnych z rzeźbą falistą i pagórkowatą (rzeźba taka dominuje na Pojezierzu Kaszubskim i Wysoczyźnie Polanowskiej) powoduje uruchomienie procesów denudacji antropogenicznej, efektem której jest poziom próchniczny o miąższości dochodzącej do kilkudziesięciu centymetrów lub nawet metra (Koćmit 1998, Linczar 1995, Sinkiewicz 1998). Przemieszczające się cząstki gleby, próchnica i składniki mineralne akumulują się u podnóża stoków, doprowadzając do powstania nowych gleb o właściwościach innych niż na terenach wyżej położonych (Sowiński, Smólczyński, Orzechowki 2004). Spośród badanych gleb najbardziej podatne na erozję okazały się gleby powstałe z piasków luźnych z domieszką pyłu. W glebach powiatu bytowskiego próchniczne poziomy deluwialne miały średnio 40–60 cm, ale odnotowano też ponad metrowe. Podobne miąższości poziomów deluwialnych zaobserwował Koćmit (1998) na Pomorzu Zachodnim. Odczyn poziomów deluwialnych często jest mniej kwaśny, a nawet obojętny, aniżeli poziomów próchnicznych gleb na wzniesieniu czy na stokach. Wyjątkiem są gleby powstałe z piasków sandrowych, w których wartości pH poziomów deluwialnych są niższe. Gleby deluwialne mają większe zasoby materii organicznej niż gleby położone w wyższych partiach stoku czy na wzniesieniach. Bardziej zasobne w materię organiczną są poziomy deluwialne powstałe z utworów gliniastych lub pylastych, a najmniej zasobne poziomy deluwialne powstałe z piasków luźnych.

Na stokach wypukłych i jednostajnie pochylonych dochodzi często do odsłonięcia poziomów wymywania, poziomów wzbogacania lub skały macierzystej oraz objęcie ich uprawą. Gorsze właściwości fizyczne i chemiczne (m.in. bardziej kwaśny odczyn, mniejsza zawartość próchnicy czy mniejsze wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami) tych poziomów oraz trudniejszy dostęp do składników pokarmowych dla roślin skutkuje obniżeniem plonów roślin. Na stokach wklęsłych, tarasach rolnych i w miejscach zadrzewień i zadarnień dochodzi do gromadzenia się materiału glebowego. Materiał ten wzbogacony jest w próchnicę i związki odżywcze dla roślin. W kilku przypadkach stwierdzono, że odczyn poziomu próchnicznego we wklęsnięciu stoku i na tarasach jest mniej

kwaśny niż na wzniesieniu, czy u podnóża stoku. Poziom ten odznacza się też wzbogaceniem kompleksu sorpcyjnego w kationy zasadowe. Podobne zależności fizycznych i chemicznych właściwości gleb w katenach były obserwowane na Pomorzu Zachodnim (Koćmit 1998) i Pojezierzu Mazurskim (Sowiński, Smółczyński i in. 2004). Jest faktem powszechnie znanym, że użytkowanie gruntów orných zgodnie z przebiegiem poziomíc, tarasowanie ich, zadrzewianie, zakrzaczenie i zadarnianie zapobiega przemieszczaniu się materii organicznej do wypłaszczeń podstokowych. Zadarnienie gleb wpływa również na wzrost materii organicznej, co objawia się poprawą właściwości fizycznych i chemicznych gleb (Eve, Sperow i in. 2002, Lal, Follett i in. 1999).

W gruntach użytkowanych przez rolników indywidualnych od kilkunastu lat, o małym areale uprawnym, odczyn utrzymuje się na jednakowym poziomie. Pozwala to twierdzić, że w tych gospodarstwach częściej stosuje się nawożenie organiczne, a nawozy mineralne (najczęściej azotowe lub wieloskładnikowe) stosowane są w wyrównanych dawkach od dłuższego czasu. W gospodarstwach małoobszarowych rzadsze jest też wapnowanie gleb, gdyż odczyn tych gleb jest kwaśny w całym profilu. Większe wahania odczynu wykazują gleby intensywnie nawożone mineralnie i wapnowane, co najczęściej obserwuje się w gospodarstwach wielkoobszarowych (często po byłych PGR-ach). Gleby te po okresie transformacji w Polsce (po roku 1990) często były pozostawione w odłogowaniu, co doprowadziło do ich zakwaszenia (Stojek 2005, Tomaszewicz 1998). Ponowna uprawa tychże gleb spowodowała intensywne nawożenie, w tym wapnowanie, i często gwałtowny wzrost wartości pH. Zmiany odczynu mają wpływ na zawartość materii organicznej w glebach i stopniu wysycenia kationami zasadowymi i kwasowymi.

## PODSUMOWANIE

Obszary młodoglacjalne charakteryzują się żywym urzeźbieniem. Rzeźba falista i pagórkowata oraz użytkowanie rolnicze powodują uaktywnienie się procesów erozji antropogenicznej. Przemieszczający się materiał po stokach akumuluje się w zagłębieniach terenu, często przykrywając gleby hydrogeniczne. Procesy denudacji sprzyjają powstawaniu deluwialnych poziomów próchnicznych o miąższości nawet 100 cm.

Deluwialne poziomy próchniczne charakteryzują się dużymi zasobami materii organicznej (118–300 t·ha<sup>-1</sup>), mniej kwaśnym odczynem niż poziom próchniczny gleb otaczających, wyższym stosunkiem kationów zasadowych do kwasowych w kompleksie sorpcyjnym.

Pomimo kwaśnego odczynu gleb Pojezierza Kaszubskiego i Wysoczyzny Polanowskiej w kompleksie sorpcyjnym duży udział mają kationy zasadowe.

Gleby gospodarstw wielkoobszarowych wykazują większe wahania odczynu, co spowodowane jest intensywniejszym nawożeniem i odłogowaniem w przeszłości, a w chwili obecnej ponowną, intensywną uprawą. Gleby gospodarstw małoobszarowych odznaczają się bardziej stabilnym odczynem.

W glebach uprawianych rolniczo dochodzi do niewielkiego zagęszczenia warstwy podpróchnicznej na głębokości 25–35 cm, co w przyszłości może skutkować powstaniem podeszwy płużnej i pogorszeniem właściwości powietrzno-wodnych.

## Literatura

- Alakukku L., 1988, Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage, *Soil Till. Res.*, 47, p. 83–89.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojka U., Prusinkiewicz Z., 2004, *Badania ekologiczno-gleboznawcze*, PWN Warszawa.
- Białczyk W., Czarnecki J., Kordas L., Pieczarka K., 2000, Zmiany niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych gleby w różnych technologiach uprawy, *Inżynieria Rolnicza*, nr 6, p. 47–53.
- Eve M.D., Sperow M., Paustian K., Follett R.F., 2002, National-scale estimation of changes in soil carbon stocks on agricultural lands, *Environmental Pollution*, 116, p. 431–438.
- Hryńczuk B., Weber R., 2005, Wpływ uproszczeń w uprawie roli na niektóre właściwości fizyczne gleby, *Rocz. Glebozn.*, t. 56, nr 1–2, p. 77–83.
- Koćmit A., 1998, Charakterystyka zmian w morfologii i właściwościach gleb uprawnych spowodowanych erozją wodną w obszarach młodoglacjalnych Pomorza, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 460, p. 531–557.
- Lal R., Follett R.F., Kimble J.M., Cole V.R., 1999, Managing U.S. cropland to sequester carbon in soil, *J. Soil Water Cons.*, 54, p. 374–381.
- Lecomte V., LE Bissonais Y., 1999, Transfert de pesticides par ruissellement et érosion de la parcelle au bassin versant, dans la région agricole du Pays de Caux, *Paysages agraires et Environnement*, CNRS, Paris, p. 239–251.
- Linczar M., 1995, Erozja gleb w Polsce, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 418, p. 91–100.
- Łętkowska A., Strączyńska S., 2001, Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb odłogowanych i użytkowanych rolniczo, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 478, p. 241–248.
- Mazur T., 1995, Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 418, 25–35.
- Sinkiewicz M., 1998, *Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski Północnej*, UMK Toruń.
- Słomczyński J., 1997, *Gleby proksymalnej części sandru dobrzyńskiego w Górznieńsko-Lidzbarskim Parku Krajobrazowym na wzorcowej powierzchni glebowej nr 9*, Praca magisterska w Zakładzie Gleboznawstwa UMK Toruń, maszynopis.
- Snakin V.V., Krechetov P.P., Kuzovnikova T.A., Alyabina I.O., Gurov A.F., Stepichev A.V., 1996, The system of assessment of soil degradation, *Soil Technology*, 8, p. 331–343.

- Sowiński P., Smólczyński S., Orzechowski M., 2004, Wpływ rolniczego użytkowania na właściwości fizyczno-wodne gleb w katenie moreny dennej Pojezierza Mazurskiego, *Annales UMCS, Sec. E*, v.59 nr 3, p. 1057–1064.
- Stojek B., 1999, Gleby ścieżki przyrodniczo-dydaktycznej do rezerwatu „Szumny Zdrój” w Górznieńsko-Lidzbarskim Parku Krajobrazowym, Praca magisterska w Zakładzie Gleboznawstwa UMK Toruń, maszynopis.
- Stojek B., 2004, Plough Sole as the Result of the Agricultural Land Use, *Miscellanea Geographica*, Warszawa, z. 11, p. 63–69.
- Stojek B., 2005, Zmiany właściwości chemicznych i fizykochemicznych w glebach użytkowanych rolniczo, [w:] Zintegrowane badania krajobrazowe i ich zastosowania, *Prace i Studia Geogr.*, t. 36, Warszawa, p. 97–106.
- Tomaszewicz T., 1998, Wybrane właściwości chemiczne gleb uprawnych, jako wskaźnik ich degradacji, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 460, p. 651–660.
- Włodek S., Kukuła S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A., 1998, Zmiany gęstości, związłości i wilgotności gleby powodowane różnymi sposobami uprawy roli, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, z. 460, p. 413–420.