

OCENA ODDZIAŁYWANIA NA GLEBĘ MECHANIZMÓW JEZDNYCH RÓŻNYMI METODAMI POMIARU

Jerzy Buliński

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Oddziaływanie mechanizmów jezdnych agregatów rolniczych na glebę jest zagadnieniem dość dobrze poznanym i opisanym w literaturze. Podstawą uzyskiwania wiarygodnych wyników pomiarów, pozwalających równocześnie na dokonywanie oceny porównawczej z wynikami badań prowadzonych w innych ośrodkach naukowych, jest stosowanie ujednoczonych metod badawczych, zgodnych z wymaganiami stosownych norm, bądź zapewniających możliwie najdokładniejsze odzwierciedlenie rzeczywistego stanu gleby.

Przy założeniu pewnych uogólnień, metody opisu oddziaływania mechanizmów jezdnych na glebę można podzielić na bezpośrednie i pośrednie. Do grupy metod bezpośrednich, najczęściej stosowanych, można zaliczyć te, które są związane z liczbowymi wartościami parametrów gleby, charakteryzujących zmiany w profilu rozpatrywanej warstwy. W metodach pośrednich opisu badacze najczęściej posługują się różnego typu wskaźnikami, współczynnikami, bądź ogólnym opisem zachodzących w glebie zjawisk, związanych z przejazdem agregatu.

Przyjmując taki podział, w grupie metod opisu bezpośredniego, oddziaływanie mechanizmów jezdnych na glebę najczęściej jest charakteryzowane zmianami gęstości i zwięzłości gleby w warstwie ornej, porowatością gleby, podatnością jej na rozciąganie, przepuszczalnością powietrza i wody, wytrzymałością na ścinanie, zmianami w strukturze i ułożeniu porów glebowych.

W grupie metod opisu pośredniego, w literaturze można spotkać posługiwanie się takimi wielkościami, jak: analiza deformacji profilu poprzecznego powierzchni pola, wartość jednostkowego nacisku koła na podłoże, wskaźnik intensywności ugniecenia, stopień ugniecenia, ogólna powierzchnia ugniecenia pola, skumulowany procent pokrycia powierzchni pola gleby śladami kół, wskaźnik wyrażający iloraz masy agregatu i długości drogi pokonanej na polu, krotność ugniecenia powierzchni pola, rozkład śladów kół na powierzchni pola w przekroju poprzecznym i wskaźnik niedopasowania szerokości agregatu.

Ukazywane wielkości nie wyczerpują wszystkich sposobów opisu, pozwalają jednak na dość szeroką interpretację zjawisk związanych z przejazdem agregatu po polu, mogą stanowić podstawę do oceny pojedynczego agregatu, bądź całej technologii zmechanizowanych prac polowych pod kątem zmian stanu gleby. Dla

uzyskania pełniejszej charakterystyki powstających zależności, często w opisie wykorzystuje się kilka parametrów równocześnie.

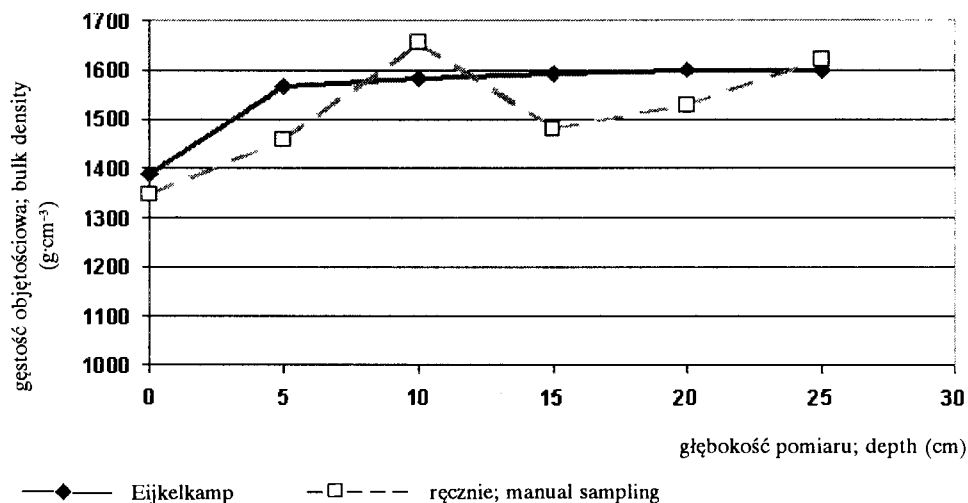
Do metod najczęściej stosowanych przez badaczy można zaliczyć pomiary gęstości objętościowej i zwięzłości gleby. Z badań LEJMANA i OWSIAKA [2001] wynika, że zależność między tymi dwiema wielkościami ma charakter zależności potęgowej o postaci:

$$\gamma = 947z_d^{0,078}, \quad (1) \quad \gamma = 953z_s^{0,075}, \quad (2)$$

wyrażającej gęstość γ w funkcji zwięzłości dynamicznej z_d (na podstawie wartości chwilowych) i statycznej z_s (na podstawie wartości średnich).

Z badań autorów wynika, że średnie wartości błędów bezwzględnych, powstających przy użyciu tych funkcji, nie przekraczały 1% dla zwięzłości dynamicznej i 5% dla zwięzłości statycznej.

Pomiar gęstości objętościowej gleby, w badaniach polowych, jest wykonywany głównie metodą pobierania próbek z określonych warstw profilu glebowego. Metody ręcznego wciskania pojedynczych cylinderków w glebę zazwyczaj są obciążone dość znacznym błędem, wynikającym z niejednakowych warunków wykonywania pomiaru w kolejnych powtórzeniach. Powstające różnice wynikają głównie z naruszenia struktury gleby w chwili pobierania próbki, niedokładnego wypełnienia cylinderka pomiarowego glebą, zwłaszcza w części końcowej, odcinanej od badanej warstwy. Metodą dokładniejszą jest pomiar z wykorzystaniem sondy Eijkelkamp do pobierania próbek glebowych w stanie nienaruszonym. Z badań autora wynika, że różnice uzyskiwanych wartości sondą firmy Eijkelkamp i metodą ręcznego pobierania próbek mogą dochodzić nawet do 15% (rys. 1). Na glebach silnie ugniecionych, ze względu na trudności w utrzymaniu jednakowych warunków zagłębienia się sondy, zastosowanie mechanizmu wciskającego sondę zmniejsza ryzyko powstania błędu.



Rys. 1. Porównanie wyników pomiaru gęstości objętościowej sondą Eijkelkamp z metodą ręcznego pobierania próbek

Fig. 1. Comparison between the soil bulk density measurements by Eijkelkamp probe and manual sampling

Metoda pomiaru zwięzłości przy użyciu sondy stożkowej jest powszechnie stosowana i nie budzi wątpliwości. Sposób wykonania pomiaru może natomiast prowadzić do uzyskiwania rezultatów, niepozwalających na porównywanie ich ze sobą i prawidłowe wnioskowanie. Wątpliwości dotyczą zwłaszcza kształtu, wielkości końcówki stożkowej i prędkości wciskania jej w glebę. Sposób wykonania pomiaru oraz wymiary końcówki stożkowej precyzuje norma ASAE, wymieniając dwie wielkości stożka ($\phi = 12,8$ mm, kąt rozwarcia 60° oraz $\phi = 20,27$ mm i kąt rozwarcia 30°) i prędkość wciskania w glebę $30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Badania wykonane w warunkach kanału glebowego [BULIŃSKI, MAJEWSKI 1998], przy użyciu sond wyposażonych w takie końcówki wykazały, że wyniki pomiarów prowadzonych w bardzo zbliżonych warunkach glebowych, dawały statystycznie istotne różnice zwięzłości, dochodzące nawet do 65%. Pomiedzy wskazaniami obydwu sond istniała zależność, którą autorzy opisali równaniem:

$$St_2 = 0,644 \cdot St_1 - 7,77, \quad r = 0,96, \quad (3)$$

gdzie St_1 , St_2 – zwięzłości gleby mierzone sondą 1 i 2, w kPa.

Podobne spostrzeżenia zanotowali w badaniach laboratoryjnych KARCZEWSKI i SKWAREK [1994], wskazujące także na statystycznie istotne zróżnicowanie wyników pomiarowych uzyskiwanych różnymi końcówkami. Badania te, jak i wcześniej cytowane, wymagają jednak weryfikacji w warunkach polowych.

Prędkość wciskania sondy w glebę również istotnie zmienia wartości odczytu. Przy sondach ręcznych, utrzymanie jednakowej prędkości sondy w kolejnych powtórzeniach jest bardzo utrudnione. Z badań autora wynika, że w zakresie prędkości ruchu sondy $10\text{--}30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, rozbieżności uzyskiwanych wskazań sondy mogą dochodzić nawet do 50%.

Pobieranie próbek gleby w badaniach polowych jest uciążliwe. Badania polowe prowadzone przez WALCZYK [2000] wskazują na możliwość częściowego uproszczenia pomiarów poprzez pomiar naprężeń ścinających ścinarką skrzydełkową Eijkelkamp, której wskazania w zakresie stosowanych głębokości pomiaru wykazały dość dobrą zbieżność z wartościami zwięzłości gleby. Może to mieć istotne znaczenie dla ułatwienia procesu monitorowania zmian stanu gleby poprzez pomiar właściwości pozwalającej na kompleksową ocenę badanej warstwy.

Wielu badaczy w metodach analizy oddziaływania kół na glebę wykorzystuje zależności wiążące porowatość ogólną z naciskiem jednostkowym. Znane są równania:

$$\text{SÖHNEGO [1958]:} \quad P_o = -B \ln \sigma + A, \quad (4)$$

$$\text{DAWIDOWSKIEGO [1995]:} \quad P_o = BO - B \log \left(\frac{\sigma}{\sigma_o} \right). \quad (5)$$

w których porowatość (P_o) w powiązaniu z naciskiem jednostkowym (σ) oraz zestawem parametrów związanych z właściwościami gleby (BO , B , A) może wchodzić w skład modeli opisujących zmiany zagęszczenia gleby w funkcji wywieranego nacisku, wykorzystywanych do prognozy skutków przejazdów kół agregatów rolniczych po polu. Według DAWIDOWSKIEGO [2000], dokładność tych zależności modelowych nie jest w pełni zadowalająca.

Przykładem powiązania przestrzennego zakresu zmian stanu gleby z ich wartością może być równanie ADAMA i ERBACHA [1995]:

$$Y = 13,9 \cdot X^{0,7}, \quad (6)$$

ukazujące zależność pomiędzy zagłębieniem się koła (Y) pojazdu i głębokością (X), do której następuje zagęszczenie gleby w wyniku powstałego nacisku.

Do oceny rozkładu zagęszczenia gleby na polu BŁASZKIEWICZ [2000] wykorzystuje współczynnik wyrażający wzrost zagęszczenia gleby po kolejnych przejazdach ciągników, poruszających się po glebie nieugniecionej o postaci:

$$k_n = \frac{\rho_n}{\rho_0}, \quad (7)$$

gdzie ρ_n , ρ_0 wyrażają gęstości objętościowe gleby suchej w koleinie po przejazdach ciągnika tym samym śladem i bezpośrednio po orce. Stosowanie tej zależności do innych warunków glebowych wymaga wprowadzenia współczynników korekcyjnych.

Zbliżony układ zależności proponuje FORSSBLAD [1981], według którego zagęszczenie gleby można oceniać stopniem jej ugniecenia, wyrażającym stosunek gęstości gleby na polu do maksymalnego jej zagęszczenia uzyskiwanego w warunkach laboratoryjnych. Podejście takie uwzględnia podatność gleby na zagęszczenie, cechy istotnej zwłaszcza przy wykonywaniu przejazdów na glebie o różnej wilgotności.

W literaturze przedmiotu spotyka się ocenę ugniatającego działania kół na podstawie procentowego pokrycia powierzchni pola śladami przejazdów. Przy założeniu, że już pojedynczy przejazd agregatu prowadzi do wytworzenia jednostkowych nacisków kół o wartościach przekraczających dopuszczalne ze względów agrotechnicznych, udział powierzchni ugniecionej może stanowić ważną informację o prawidłowości doboru agregatów oraz sposobie ich poruszania się po polu. Rozszerzeniem takiego podejścia jest wskaźnik intensywności ugniecenia [BULIŃSKI 2000], wyrażający stosunek udziału powierzchni pola poddanej wielokrotnemu ugnieceniu (F_{ui}) do powierzchni nieugniecionej (F_0):

$$W_i = \frac{\sum_{i=2}^n F_{ui}}{F_0}, \quad (8)$$

gdzie i – liczba przejazdów tym samym śladem.

W ocenie intensywności ugniecenia pola stosuje się również wskaźnik oparty na iloczynie masy obciążającej koła i drogi przebytej przez agregat odniesionych do jednostki powierzchni ($t \cdot km \cdot ha^{-1}$) [WALCZYK 1995]. Za pomocą tego wskaźnika trudno jednak porównywać agregaty o jednakowej szerokości roboczej, lecz różniące się sposobem połączenia – co jest szczególnie istotne ze względu na intensywność ugniatania gleby kołami. Podobne spostrzeżenia można odnieść do wskaźnika wyrażającego wartość skumulowanego procentu pokrycia gleby śladami, sumarycznej powierzchni śladów wszystkich przejazdów odniesionej do jednostki powierzchni ($ha \cdot ha^{-1}$). Parametry te dają bardzo ogólną wiedzę o oddziaływaniu kół na glebę i nie pozwalają na wnioskowanie o doborze agregatów i technologii uprawy. Dotyczy to zwłaszcza rozkładu śladów na polu,

wielokrotności przejazdów tym samym śladem, prowadzących do zmiany właściwości gleby w miejscach przejazdu kół.

Podsumowanie

Przedstawione rozważania nie obejmują całości problematyki związanej z opisem współpracy mechanizmów jezdnych z glebą, stanowiąc jedynie przybliżenie zagadnień z tym związanych. Ze względu na złożony charakter środowiska glebowego i mnogość parametrów je opisujących, w literaturze daje się zauważyć dążenia do opracowania wskaźników o uniwersalnym charakterze, jak np. „tilth index” [SIGH i in. 1992], pozwalających w sposób bardziej pełny opisać stan gleby, opartych na wartościach kilku parametrów. Podstawowym problemem w prowadzeniu badań nadal jest stosowanie jednakowych metod pomiaru, zapewniających porównywalność uzyskiwanych wyników.

Literatura

- ADAM K.M., ERBACH D.C. 1995. *Relationship of tire sinkage depth to depth of soil compaction*. Transaction of the ASAE 38(4): 1011–1016.
- BŁASZKIEWICZ Z. 2000. *Wpływ krotności przejazdów kół wybranych ciągników rolniczych na zagęszczenie gleby lekkiej w koleinach*. Inżynieria Rolnicza 6(17): 91–95.
- BULIŃSKI J. 2000. *A method for determination of compaction distribution in soil packed by the wheels of tractor outfits*. Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW. Agriculture (Agricultural Engineering) 37: 19–27.
- BULIŃSKI J., MAJEWSKI Z. 1998. *Ocena rozbieżności wyników pomiaru zwięzłości gleby w różnych warunkach wykonywania badań*. Problemy Inżynierii Rolniczej 2: 5–11.
- DAWIDOWSKI B. 1995. *Proces ugniatania gleby i metoda prognozowania jej zagęszczenia w zmechanizowanych technologiach prac polowych*. AR w Szczecinie. Rozprawy Nr 163.
- DAWIDOWSKI B. 2000. *Zagęszczanie gleby kołami pojazdów rolniczych*. Inżynieria Rolnicza 6(17): 23–30.
- FORSSBLAD L. 1981. *Vibratory soil and rock fill compaction*. Dynapac Maskin AB. (wyd.). Solna, Sweden: 175 ss.
- KARCZEWSKI T., SKWAREK W. 1994. *Próba określenia gęstości gleby przez pomiar oporu wciskania penetrometru*. Mat. VI Konf. „Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń”. Polit. Warszawska – IMiUR, Płock, 20–21 VI 1994: 288–294.
- LEJMAN K., OWSIAK Z. 2001. *Penetrometryczna metoda wyznaczania rozkładu gęstości w profilu glebowym*. Inżynieria Rolnicza 1(21): 189–195.
- SIGH K.K., COLVIN T.S., ERBACH D.C., MUGHAL A.Q. 1992. *Tilth index: An approach to quantifying soil tilth*. Transaction of the ASAE 35(6): 1777–1785.
- SÖHNE W. 1958. *Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires*. Agricultural Engineering. ASAE, St. Joseph Michigan 5: 276–281.

WALCZYK M. 1995. *Wybrane techniczne i technologiczne aspekty ugniatania gleb rolniczych agregatami ciągnikowymi*. Zesz. Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie 202: 108 ss.

WALCZYK M. 2000. *Wpływ uproszczonej technologii uprawy wybranych roślin na zagęszczenie gleby*. Inżynieria Rolnicza 6(17): 9–14.

Słowa kluczowe: zwięzłość gleby, gęstość gleby, wskaźniki, ugniatanie, metody pomiaru

Streszczenie

Podstawą uzyskiwania wiarygodnych wyników pomiarów, pozwalających równocześnie na dokonywanie oceny porównawczej z wynikami badań prowadzonych w innych ośrodkach naukowych, jest stosowanie ujednoczonych metod badawczych, zgodnych z wymaganiami stosownych norm, bądź zapewniających możliwie najdokładniejsze odtworzenie rzeczywistego stanu gleby. W pracy poddano ocenie metody bezpośrednie i pośrednie opisu oddziaływania mechanizmów jezdnych na glebę, podkreślając aspekt dokładności uzyskiwanych wyników pomiarów oraz powstających błędów, które utrudniają porównywanie badań ze sobą i prawidłowe wnioskowanie.

EVALUATION OF THE WHEEL IMPACT ON SOIL BY VARIOUS MEASUREMENT METHODS

Jerzy Buliński

Department of Agricultural and Forest Machinery,
Warsaw Agricultural University, Warszawa

Key words: soil compaction, soil density, indices, compaction, measurement methods

Summary

The work presents the impact of machine working unit wheels on soil. Some problems connected with methods of measurements and restrictions for obtaining the comparable and reliable results of the investigations were analysed.

Dr hab. Jerzy **Buliński**, prof. SGGW
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166
02-787 WARSZAWA