

## **Terenowe badania optycznego czujnika do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby**

### **Streszczenie**

Sonda z czujnikiem podczerwieni przeznaczona jest do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby w warstwie uprawnej. Umożliwia ona dokonywanie pomiarów gdy czujnik znajduje się w ruchu. Kierunek ruchu czujnika jest poziomy. Badany czujnik działa w oparciu o metodę spektroskopii odbiciowej. Badany element sondy ma kształt stożka. Badania terenowe wykonano na glebie lekkiej – piasek gliniasty lekki. Pomiary wykonano na glebie o różnej wilgotności na trzech różnych głębokościach przy jednakowej prędkości jazdy.

**Słowa kluczowe:** wilgotność gleby, polowe pomiary, czujnik.

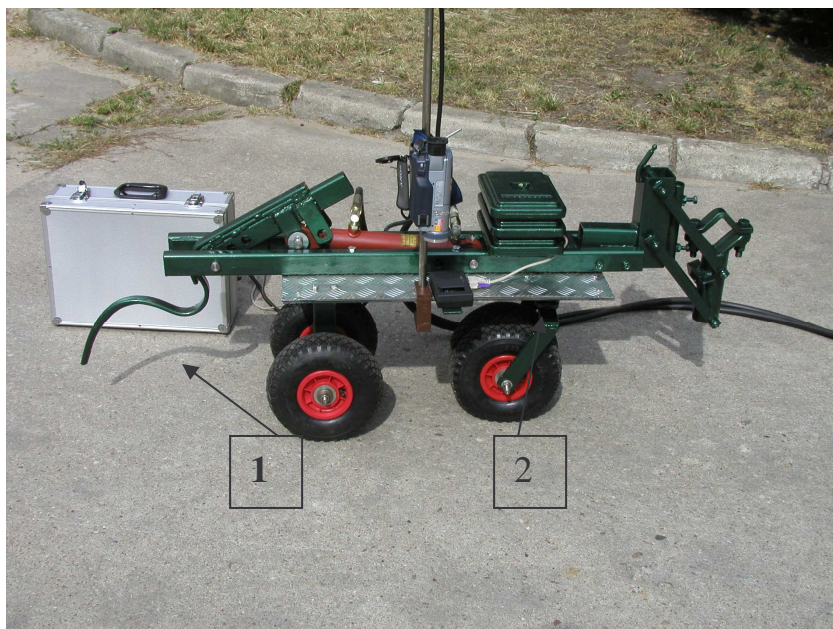
### **Wstęp**

Metoda spektroskopii odbiciowej zastosowana do pomiarów glebowych pokazuje między innymi, że absorpcja i odbicie promieni podczerwonych o określonych długościach fali zależą od zawartości wody w glebie [Kano i inni 1985, Sudduth, Hummel 1993, Cierniewski J. 1988, Piechnik 2002 a]. W innych pracach wykazano, że istnieje możliwość wykorzystania metody odbiciowej do budowy optyczno-elektronicznych systemów pomiaru wilgotności gleby [Bowman i inni 1985, Morhad i inni 2001,]. Zaletą takich systemów jest między innymi to, że umożliwiają pomiar dynamiczny [Morhad i inni 2002, Piechnik 2002 b,2003]. Pod pojęciem pomiar dynamiczny rozumie się wykonywanie pomiarów w ruchu – podczas przemieszczania się czujnika w glebie. Pomiar wilgotności w ruchu to pozytywna cecha systemów optyczno-elektronicznych, którą można wykorzystywać w rolnictwie precyzyjnym. Powstaje możliwość zbierania na bieżąco danych dotyczących aktualnej wilgotności gleby i w ten sposób wykonuje się sterowanie elementami roboczymi maszyn rolniczych [Bowman i inni 1985, Price, Gaultney 1993 ]. Trwają nadal badania nad doskonaleniem optyczno-elektronicznych systemów i zmniejszaniem kosztów wykonywania pomiarów w terenie. Dąży się

do tego aby umożliwić i upowszechnić pomiary wilgotności w trakcie wykonywania różnych prac agrotechnicznych maszynami i ciągnikami rolniczymi. W związku z tym celem pracy było zaprojektowanie i wykonanie mobilnego modułu funkcjonalnego z sondą, wyposażoną w czujnik podczerwieni (900nm) do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby w terenie. Ponadto dokonano wstępnej oceny funkcjonalności mobilnego zestawu pomiarowego i pracy sondy na trzech różnych głębokościach spulchniania gleby.

### **Materiał i metody**

Budowę sondy z czujnikiem do dynamicznych pomiarów wilgotności gleby w terenie, oparto na wynikach badań spektrofotometrycznych wykonanych dla typowych gleb obszaru Wielkopolski [Piechnik 2002 a] oraz na wynikach pomiarów laboratoryjnych pokazujących możliwości dokonywania pomiarów w ruchu przy określonych prędkościach agrotechnicznych [Piechnik 2003]. Do przemieszczania i zagłębiania sondy z czujnikiem skonstruowano specjalny mobilny moduł pomiarowy (rys. 1), który do badań zawieszano na trójpunktowym układzie zawieszenia za ciągnikiem. Pomiary wilgotności gleby w warunkach terenowych wykonywano na glebie uprawionej mechanicznie. Badania prowadzono w warstwie ornej gdzie dominowała gleba o składzie granulometrycznym odpowiadającym piaskom gliniastym lekkim. Zawartość materii organicznej kształtowała się na poziomie 0,9 %, a średnia gęstość objętościowa wynosiła  $1440 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .



Rys. 1. Mobilny moduł pomiarowy :

- 1 – miejsce montowania sondy z czujnikiem
- 2 - układ elektroniczny z wyświetlaczem

Fig. 1. Mobile measuring trolley:

- 1 - joining place for the probe with infrared gauge
- 2 - electronic system with a displayer

Na polu badawczym stosowano lokalne sztuczne nawadnianie gleby przy użyciu linii kroplujących, które rozłożono w odległości jedna od drugiej co 3m. W ten sposób powierzchnię pola nawadniano pasowo. Szerokość pasów nawodnionych wynosiła 0,6 m, a pomiędzy nimi pozostawały pasy gleby nienawadnianej o szerokości ok. 2 m. Pomiary wilgotności gleby wykonano po 48 godzinach od zakończenia nawadniania. Z pasów nawadnianych i nienawadnianych pobierano próbki gleby i określano ich wilgotność metodą suszarkową. Ponadto dokonywano pomiarów statycznych sondą z czujnikiem podczerwieni. W ten sposób dokonano statycznej kalibracji sondy, którą później użyto do badań dynamicznych. Wszystkie pomiary wykonywano na trzech głębokościach:  $hp_1 = 5\text{cm}$ ,  $hp_2 = 10\text{cm}$ ,  $hp_3 = 15\text{cm}$ . Przejazdy wykonywano w poprzek do pasów nawodnionej gleby. Pomiary dynamiczne wykonano przy jednakowej prędkości jazdy  $v = 1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Rejestracji wyników dokonywano metodą filmową. W polu widzenia obiektywu kamery był widoczny wyświetlacz miernika sondy i jednocześnie powierzchnia gleby, w której w tym czasie przemieszczała się sonda z czujnikiem. Pomiary wykonano w 6 powtórzeniach.

## Wyniki

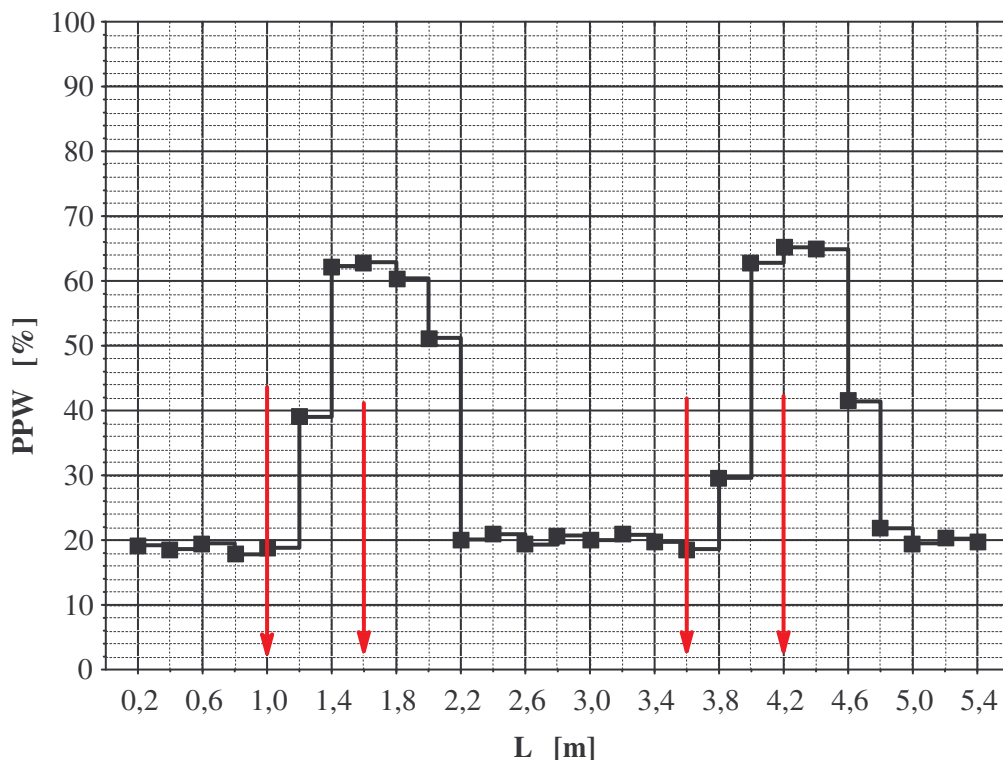
W rezultacie prac projektowych i testów laboratoryjnych przygotowano model sondy do pomiarów w płaszczyźnie poziomej w warstwie ornej gleby w warunkach terenowych (rys. 2).



Rys. 2. Sonda z czujnikiem podczerwieni przygotowana do badań  
Fig. 2. The probe with infrared gauge prepared for measurements

Element roboczy sondy z czujnikiem ma kształt stożka (rys. 2 zaznaczono strzałką). Stożek przymocowano do trzpienia, który utrzymywany jest w imaku za redliczkowym spulchniaczem. Całość znajduje się na specjalnym wózku pomiarowym. Na platformie wózka pośrodku znajduje się siłownik hydrauliczny, który służy do zagłębiania wahliwie zamocowanego w tylnej części wózka trzonu spulchniacza i sondy z czujnikiem. Sterowanie zagłębianiem i wynurzaniem tego zestawu dokonuje się za pomocą dźwigni hydrauliki zewnętrznej ciągnika. Wózek pomiarowy wyposażono w statyw kamery cyfrowej i uchwyty do obciążników. Należy dodać, że układ elektronicznego przetwarzania sygnału sondy, umożliwia odczyt wyniku pomiaru wyrażany w procentach polowej pojemności wodnej gleby (PPW %).

Wyniki pomiarów wilgotności gleby metodą grawimetryczną wykazały, że gleba nienawadniana: w strefie do głębokości  $hp_1 = 5$  cm miała wilgotność 4,4 %, na głębokości  $hp_2 = 10$  cm odpowiednio 5,1%, a na głębokości  $hp_3 = 15$ cm 5,6%. Natomiast gleba nawadniana:  $hp_1 = 8,5\%$ , a  $hp_3 = 9,1\%$ . Otrzymane wartości porównano z wynikami pomiarów statycznych i dynamicznych. Dla obydwu poziomów uwilgotnienia gleby obliczono średnie wartości i odchylenie standardowe.



Rys. 3. Wartości wilgotności gleby (PPW) zarejestrowane na odcinku pomiarowym

(L) na głębokości  $h_p = 10$  cm

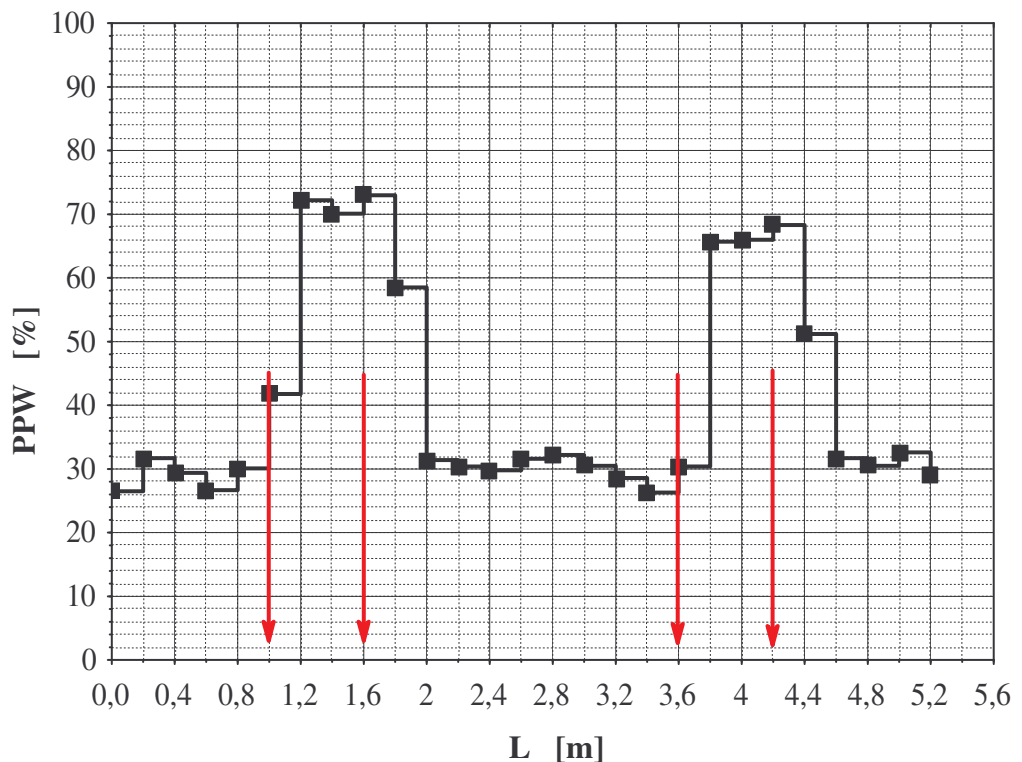
Fig. 3. The values of soil moisture (PPW – field water capacity) obtained at the

measuring length (L) for the depth  $h_p = 10$  cm.

Wyniki pomiarów dynamicznych na najmniejszej głębokości tj.  $h_{p1} = 5$ cm charakteryzowały się największym rozrzutem otrzymywanych wartości. Na tej głębokości pracy sondy większe wahania odnotowano na glebie suchej, a mniejsze na glebie nawadnianej. W obydwu przypadkach zauważono również tendencję do obniżania średniej wartości wilgotności w stosunku do pomiarów statycznych. Ogólnie należy zaznaczyć, że ilość i jakość składników zakłócających pomiar w glebie tj. zakamienienie, resztki roślinne i inne, na wszystkich badanych głębokościach były podobne. Należy zatem sądzić, że duże wahania mierzonych wartości były spowodowane mikroszczelinami powstającymi w przypowierzchniowej warstwie gleby. Sprzyjała temu mikronierówność powierzchniowa gleby i niższa w tej strefie wilgotność. Wyniki z najpłytszych pomiarów tj.  $h_{p1} = 5$ cm obarczone

były największym błędem do 12 % w stosunku do pomiarów grawimetrycznych. W związku z tak znacznym błędem uznano, iż głębokość pomiarowa  $h_{p1}$  dla tego rozwiązania konstrukcyjnego sondy nie będzie polecana do dalszych badań.

Znacznie lepszą stabilizację wartości mierzonych otrzymano na większych głębokościach pracy czujnika. Przykłady takich wyników pokazano na rys. 3 i rys. 4. (strefy gleby o większej wilgotności oznaczono strzałkami). Jak łatwo zauważyć wahania wartości występują i w strefach o niższej wilgotności jak i w strefach gleby nawodnionej. Są one spowodowane zapewne zakłóceniami mechanicznymi. Na obydwu rycinach widoczny jest efekt bezwładności pomiarowej. W tym przypadku wynikał on w znacznym stopniu z wielkości czasu samooczyszczania się czujnika. Mniejsze opóźnienie odnotowano gdy czujnik przechodzi z gleby suchej do wilgotnej, a większe gdy czujnik przemieszcza się z gleby wilgotnej do suchej.



Rys. 4. Wartości wilgotności gleby (PPW) zarejestrowane na odcinku pomiarowym (L) na głębokości  $h_p = 15$  cm

Fig. 4. The values of soil moisture (PPW – field water capacity) obtained at the measuring length (L) for the depth  $h_p = 15$  cm.

## Podsumowanie

1. Należy podkreślić, że zaprojektowany i wykonany mobilny moduł pomiarowy jest uniwersalny i spełnił swoje zadanie. Na podstawie doświadczeń i dokumentacji można później przystąpić do budowy prototypu. Jego uniwersalność polega na zapewnieniu płynnej lub skokowej regulacji głębokości pracy sondy z czujnikiem. Ponadto długość odcinka pomiarowego z zagłębionym czujnikiem może być regulowana dowolnie przez hydraulikę zewnętrzną ciągnika. Istnieje możliwość dociążania wózka, a tym samym ujednorodnienia zagęszczenia gleby w strefie pracy sondy. Moduł pomiarowy może pracować na polu w kolejnie jak i obok na glebie spulchnionej.
2. System optyczno-elektroniczny, który składa się z czujnika, układu przetwarzania sygnału, akumulatora 9V i wyświetlacza – pozwala na pomiar wilgotności gleby mineralnej (pgl). Pozytywne wyniki otrzymano dla większych głębokości pracy czujnika tj. dla głębokości  $h_{p2} = 10$  cm i  $h_{p3} = 15$  cm.

## Bibliografia

Morhad J., Kleisinger S., Piechnik L., Czaczyk Z., Wojciechowski T. 2001. A modified opto – electronic sensor for quick measurements of humidity in growing media. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium held in Potsdam: 651-656.

Morhad J., Henle W., Kleisinger S. 2002. Mobile Erfassung des Wassergehaltes in Rasentragschichten mittels IR-Remission. Rasen · Turf · Gazon, 4: 80- 88.

Kano Y., McClure W. F., Skaggs W. 1985. A Near Infrared Reflectance Soil Moisture Meter. Trans. ASAE, 1985, Vol. 28, nr 6: 1852-1855.

Piechnik L. 2002 a: Parametryzacja gleb metodą spektroskopii odbiciowej w zakresie bliskiej podczerwieni. Inżynieria Rolnicza, nr 5 (38): 233-240.

Piechnik L. 2002 b: Próba zastosowania bliskiej podczerwieni do pomiaru wilgotności w zerodowanej glebie. Zeszyty Probl. Post. Nauk Rolniczych, z.487 :259-265.

Piechnik L. 2003: Wpływ prędkości ruchu czujnika wilgotności gleby na wartość pomiaru. Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 3 (41) : 23-30.

Price R. R., Gaultney L. D. 1993: Soil Moisture Sensor For Predicting Seed Planting Depth. Trans. ASAE, Vol. 36, nr 6: 1703-1711.

Sudduth K. A., Hummel L. J. W. 1993. Portable, near-infrared spectrophotometer for rapid soil analysis. Trans. ASAE, Vol. 36, nr 1: 185-193.

## **Field studies on optical sensor for dynamic measurements of soil moisture**

### **Summary**

A probe with an infrared sensor was constructed to perform dynamical soil moisture measurements in the topsoil of arable land. It enables to make measurements of soil when the sensor is in motion. The direction of the sensor motion is horizontal. The examined probe works on the basis of near infrared reflectance spectroscopy. The tested element of the probe has the shape of a cone. The field measurements were performed on light soil - light loam sand. Soil of different moisture characteristics was tested at constant motion speed, at 3 various depths

**Key words:** soil moisture content, field measurement, sensor