

## WYKORZYSTANIE SATELITARNEGO SYSTEMU GPS DO MONITOROWANIA PARAMETRÓW PRACY POJAZDÓW I MASZYN W ROLNICTWIE

Piotr Komarnicki

*Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W opracowaniu przedstawiono ocenę satelitarnego systemu monitorowania parametrów eksploatacyjnych pracy pojazdów oraz wykorzystania jego możliwości do wspomagania procesu zarządzania i poprawy funkcjonowania gospodarstwa. Przeprowadzono również ocenę porównawczą raportów zarejestrowanych przez system monitoringu GPS z wykazem kart pracowniczych oraz faktur.

**Słowa kluczowe:** monitoring pojazdów, nawigacja satelitarna, GPS, lokalizacja, kontrola

### Wstęp i cel badań

Nawigacja satelitarna jest powszechnie i z powodzeniem wykorzystywana w różnych dziedzinach życia. Pojazdy nawigowane po elektronicznych mapach pokładowych, sterowane precyzyjnie od miejsca załadunku do miejsca dostawy, przenośne komputery wyposażone w książki telefoniczne z zeszytami lokalizacji ludzi to duże oszczędności czasu i energii [Cousins D. 2008, Narkiewicz 2007; Turowski 2001].

Podobne przesłanki przyczyniły się do wprowadzenia w/w technologii w rolnictwie. Udostępnienie do celów cywilnych tzw. globalnego systemu lokalizacji GPS-NAVSTAR (*Global Positioning System NAVigation Signal Timing And Ranging*) obiektów otworzyło zupełnie nowe możliwości w technice rolniczej, dając podstawy zastosowania w produkcji polowej tzw. systemu rolnictwa precyzyjnego (przestrzennie zmiennej aplikacji nawozów i pestycydów, zmiennej ilości wysiewu nasion oraz w nawigacji równoległej ciągników i maszyn po polu) [Doruchowski 2005, 2008]. Powstała całkiem nowa generacja maszyn i technologii pracy z dużym zaangażowaniem elektroniki, komputeryzacji i systemów łączności satelitarnej. Podstawowym ogniwem technicznym systemu GPS jest specjalny komputer współpracujący z systemem lokalizacyjnym, wykorzystującym jednocześnie informacje z satelitów i radiowych stacji naziemnych. We współczesnych systemach komputer lokalizacyjny współpracuje lub jest dodatkowym wyposażeniem pokładowego komputera maszyny roboczej, montowanego na ciągnikach współpracujących z różnymi maszynami rolniczymi [Dreszer 2005; El-Rabbany 2002]. Warunki polskie wskazują na występowanie szeregu czynników utrudniających szersze rozpowszechnienie systemów szczególnie dla rolnictwa precyzyjnego, do których należy zaliczyć: silne rozdrobnienie struktury agrarnej, niechęć rolników do zrzeszania się w związki producenckie, wysokie ceny systemów na-

wigacji satelitarnej i maszyn. Farmerzy krajów UE z uwagi na większe arealy pól stosują systemy satelitarne w swoich maszynach oraz dość powszechnie korzystają z usług wyspecjalizowanych firm, świadczących usługi w szerokim zakresie prac polowych od zbioru płodów aż po transport [Dreszer 2005; Minta 2008].

W Polsce rynek firm (gospodarstw) świadczących usługi dla rolnictwa zaczyna się powoli rozwijać, dlatego też należy sądzić że w najbliższych latach gospodarstwa wielkoobszarowe z uwagi na poprawę organizacji, wydajności pracy oraz minimalizację kosztów będą stosować stosunkowo tanie systemy monitoringu ruchu i lokalizacji pojazdów. Umożliwia to ocenę wykorzystania i wydajności maszyn a ponadto, opcjonalnie (na żądanie) można uzyskać dostęp do rejestru danych o parametrach pracy ciągnika (np. zużyciu paliwa, obciążeniu silnika, przebytej odległości), szczegółowych zapisach serwisowych, dokładnym umiejscowieniu ciągnika [Šařec P. i in. 2009]. Systemy lokalizacyjne GPS to kompleksowe narzędzia wspierające kontrolę, rozliczanie oraz zarządzanie taborem maszyn i pojazdów oraz pracownikami w przedsiębiorstwie rolniczym. Szereg dedykowanych rozwiązań opracowanych na potrzeby monitorowania i zarządzania pracami polowymi oraz logistyką w transporcie rolniczym sprawiają, że jest to niezastąpione narzędzie w nowoczesnych gospodarstwach rolnych, przedsiębiorstwach sadowniczych i ogrodniczych, przedsiębiorstwach leśnym, oraz w firmach usługowych-wynajmu sprzętu rolniczego.

Najważniejsze korzyści płynące z zastosowania systemu monitoringu ruchu pojazdów to:

- pełna kontrola pracy maszyn w czasie rzeczywistym, kontrola czasu potrzebnego na wykonanie danego zlecenia, rozliczenie rzeczywistego czasu pracy (operatorów, kierowców i sprzętu), rozliczanie poszczególnych ekip z wykonanych zadań, wychwylenie nadużyć pracowników w zakresie niewłaściwej eksploatacji, ewidencjonowanie czasu pracy pracowników,
- kontrola paliwa, raporty rzeczywistego zużycia paliwa odniesionego do określonej normy (tworzonej na podstawie parametrów pracy),
- monitorowanie miejsc w których była wykonana praca, możliwość sporządzania raportów z przeprowadzonych prac - określających miejsce zakończenia prac na polu, analizowanie poszczególnych procesów (czas trwania obsiewu, efektywny czas pracy siewczarni itd.),
- wizualizacje wykonanej pracy na dokładnej, indywidualnie opracowanej mapie cyfrowej terenu uprawnego [Materiały handlowe XTrack].

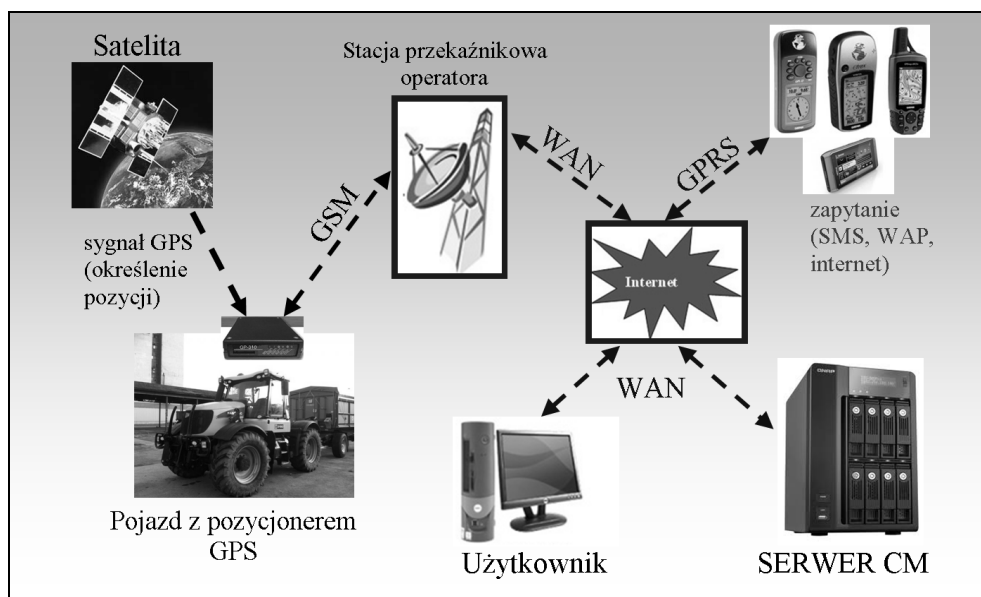
Podstawowym celem wdrożenia systemu monitoringu jest szeroko pojęta kontrola funkcjonowania parku pojazdów oraz zatrudnionej kadry pracowników, których optymalizacja pracy przyczynia się do obniżenia kosztów, podniesienia produktywności firmy oraz jakości wykonywanych usług. Dlatego też celami niniejszej publikacji były:

1. Ocena monitoringu ruchu – parametrów eksploatacyjnych pracy pojazdów rolniczych wykorzystujących satelitarny system monitorowania,
2. Weryfikacja funkcjonowania systemu w gospodarstwie przeprowadzona na podstawie porównania różnic pomiędzy raportami zarejestrowanymi przez system monitoringu GPS a wykazami kart pracowniczych.

## Materiał i metoda badań

Do realizacji badań wykorzystano dane operacyjne dwóch ciągników rolniczych typu FASTRAC 3190 i 3220 o mocy 140 kW oraz 160 kW. Materiałem badawczym były dane, które system zapisał z przebiegu ich pracy w okresie od stycznia 2009 do grudnia 2010 roku na terenie Republiki Czeskiej oraz Polski. Oba pojazdy należały do gospodarstwa świadczącego usługi rolnicze. Ciągniki zostały wyposażone w system monitoringu GPS firmy ECS Invention. Schemat jego funkcjonowania przedstawiono na rysunku 1. W skład systemu lokalizacji wchodziły:

- rejestrator sygnału GPS (GP 310), który wyznaczał, na podstawie sygnału satelitarnego pozycję pojazdu, dokonywał zapisu przy każdorazowym uruchomieniu lub wyłączeniu silnika i był zamontowany na stałe w ciągniku,
- moduł on-line (modem GPRS), który umożliwiał transmisję danych do stacji roboczej - serwerów Centrum Monitorowania (CM) poprzez infrastrukturę sieci GSM z wykorzystaniem technologii GPRS,
- przepływomierz cyfrowy, który umożliwiał kontrolę gospodarki paliwowej poprzez bardzo dokładny pomiar spalania chwilowego i całkowitego zużycia,
- transponder (pozycjoner) identyfikował kierowcę spełniał również funkcję klucza cyfrowego.



Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 1. Ogólny schemat funkcjonowania systemu monitoringu GPS  
Fig. 1. General diagram showing GPS monitoring system functioning. [Source: author's own study]

System pracował wykorzystując technologię klient/serwer, co oznaczało, że wszystkie informacje były dostępne z każdego punktu świata. Do zebrania danych z serwera CM wystarczyło posiadanie firmowej aplikacji GPSystem z dostępem do Internetu. Dokładność urządzenia była określona przez jakość odbieranego sygnału przez satelitę, ze średnim odchyleniem pozycjonowania około 2 metrów, i z możliwością zapisu danych od 5 s do 18 h. System nawigacji satelitarnej zarejestrował dokładne parametry dotyczące aktualnej pozycji – lokalizacji, czasu uruchomienia oraz zatrzymania silnika, obrotów silnika, czasu i długości przebytej drogi, średniej i maksymalnej prędkości przemieszczania, oraz bieżącego zużycia paliwa. Z badanego okresu 24 miesięcy wyeksportowano raporty do arkusza kalkulacyjnego i wyznaczono wybrane parametry:

- wykorzystanie pracy ciągników, które odniesiono do norm ustalonych wewnątrz gospodarstwa [h],
- całkowite (rzeczywiste) zużycie paliwa w badanym okresie [litr],
- liczbę przebytych kilometrów w badanym okresie [km].

Badania obejmowały również wykazanie nieprawidłowości w sporządzaniu ewidencji wykazu kart pracowniczych za okres czterech miesięcy podczas zimowych prac komunalnych od grudnia 2009 do marca 2010. Przeprowadzono analizę użytkownika dwóch ciągników, która polegała na weryfikacji danych zaczerpniętych z faktur i porównania ich z raportami wygenerowanymi przez system monitorowania GPS.

## Wyniki badań i ich dyskusja

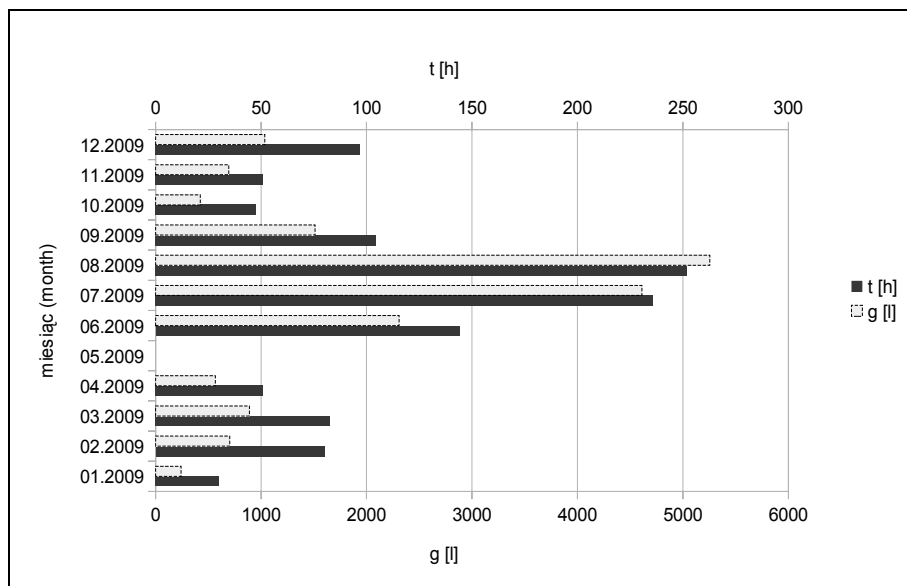
Przeprowadzona analiza danych zarejestrowanych przez system GPS wykazała, że roczne wykorzystanie godzinowe pojazdów dla lat 2009 oraz 2010 wynosiło odpowiednio 1175 h i 1120 h dla ciągnika (Fastrac 3190) oraz 1363 h i 891 h dla ciągnika (Fastrac 3220) (rys. 2a, b, c, d). Porównując otrzymane wyniki z normą wykorzystania przyjętą przez ekonomistów w przedsiębiorstwie usługowym na poziomie  $3000 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$ , ciągniki spełniały ją w zakresie 30-45%.

Przedstawione rysunki 2a i 2c wskazują, że największe obciążenie pracą ciągników występowało na przełomie od czerwca do października 2009 roku. Informacje zaczerpnięte od kierownika gospodarstwa pozwoliły określić, przy jakich zabiegach użytkowano w tym okresie ciągniki i zweryfikować je ostatecznie z raportami systemu monitoringu. W tym czasie ciągniki wykorzystywano najintensywniej przy: koszeniu zielonek na siano, sianokiszonki, opryskiwaniu, transporcie ziarna, zbiorze słomy, podorywce, orce, przygotowaniu gleby, siewie, zbiorze ziemniaków oraz buraków. Maksymalne wykorzystanie godzinowe na poziomie 250 h zaobserwowano w sierpniu 2009 r. W 2010 roku dodatkowym okresem wzmoczonych prac były również styczeń oraz luty, ze względu na usługi transportowe oraz świadczone zimowe prace komunalne. Analizując rzeczywiste (sumaryczne dla dwóch lat) zużycie paliwa oraz przejechany dystans stwierdzono, że najwyższe wartości zarejestrowano dla ciągnika Fastrac 3190 i kształtowały się one na poziomie 36037 litrów spalonego paliwa oraz przebytych 32145 km. Natomiast Fastrac 3220 zużył 29209 litrów oleju napędowego, czyli o 19% mniej. Najwyższe roczne zużycie paliwa zaobserwowano dla ciągnika Fastrac 3190, który w 2009 roku, spalił łącznie 18242 litrów. W tabeli 1 przedstawiono porównanie wyników wykorzystania godzinowego oraz przejechanych odległości zarejestrowanych przez system monitoringu z wykazami danych kart pracowniczych i faktur wykonanych podczas zimowych prac komunalnych świadczonych przez dwa badane ciągniki.

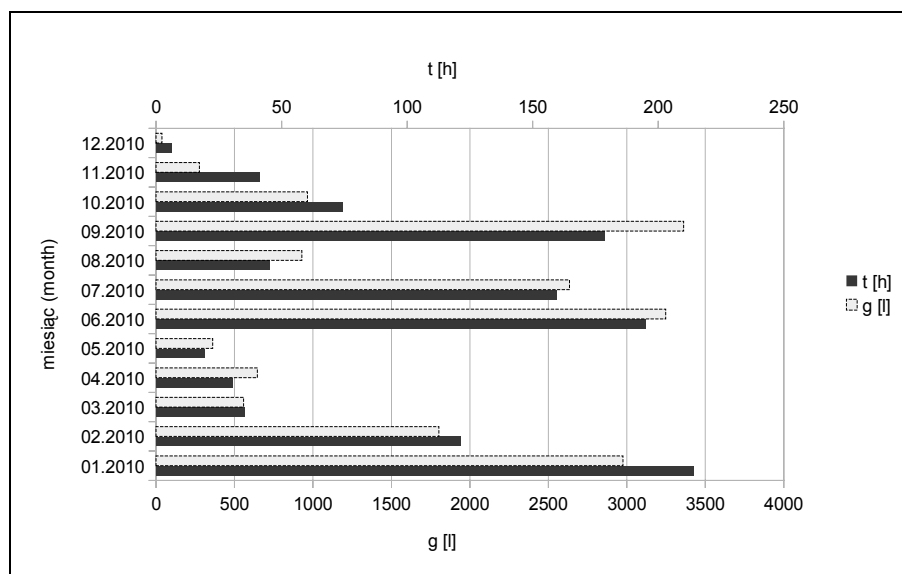
## Wykorzystanie satelitarnego systemu...

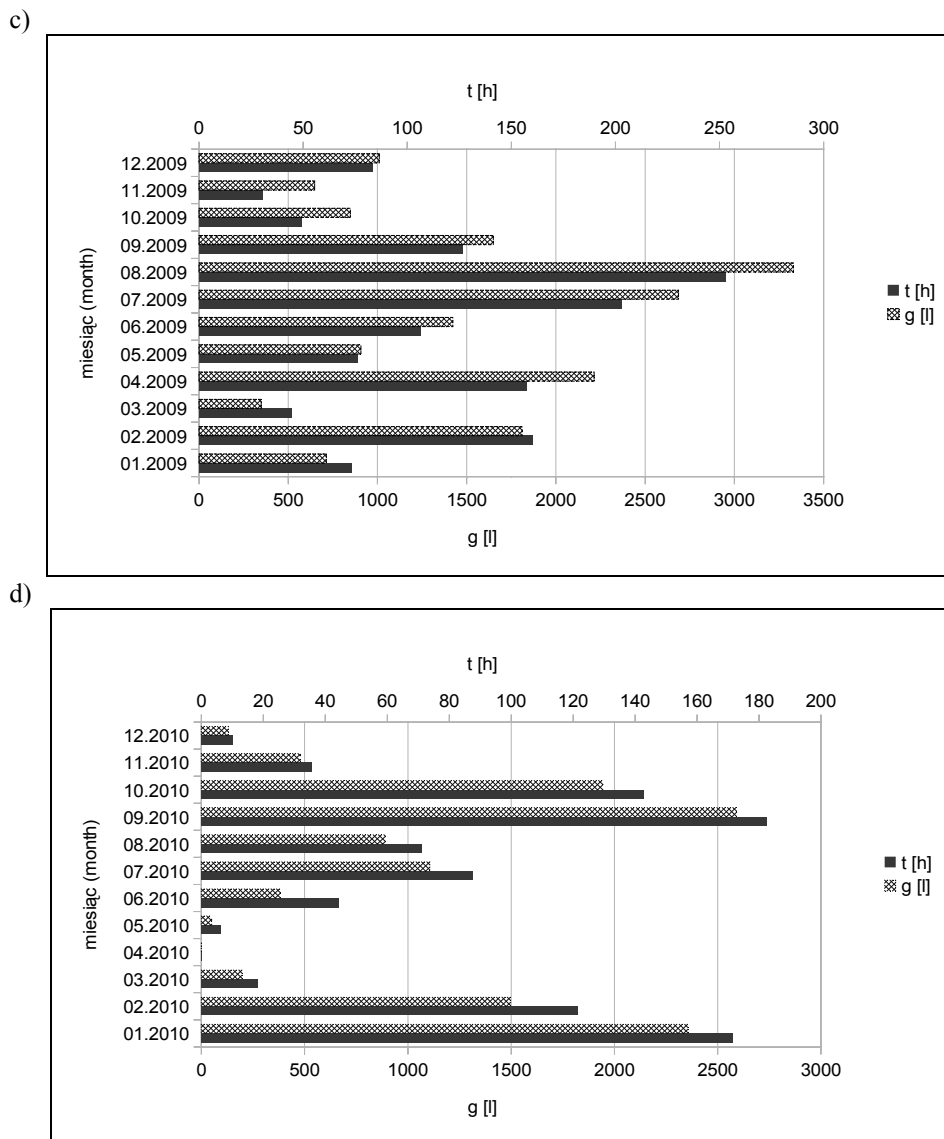
Przeprowadzone badania wykazały znaczne różnice w zapisach, których największe wystąpiły między raportami odległości osiągając sumarycznie 26% dla ciągnika Fastrac 3190 oraz 11% dla Fastrac 3220. Weryfikacja raportów z systemu GPs pozwoliła określić przekłamania (zwiększanie przebytej odległości) w wykazach widniejących na fakturach.

a)



b)





Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 2. Rozkład danych wykorzystania godzinowego  $W_{GPS}$  [h] oraz rzeczywistego zużycia paliwa  $g$  [litr], zarejestrowanych przez system monitorowania GPS w poszczególnych miesiącach 2009 oraz 2010 roku: a, b – dla ciągnika Fastrac 3190, c, d – dla ciągnika Fastrac 3220

Fig. 2. Data distribution for hourly use  $W_{GPS}$  [h] and actual fuel consumption  $g$  [litre], registered by GPS monitoring system in individual months of 2009 and 2010: a, b – for the Fastrac 3190 tractor, c, d – for the Fastrac 3220 tractor, [Source: author's own study]

Rozpatrując wykorzystanie godzinowe obu ciągników stwierdzono, że maksymalne zmiany w zapisach wystąpiły w marcu i kształtowały się na poziomie 28-34%. Przeprowadzona analiza nieprawidłowości (zawyżanie czasu pracy przez pracowników) spowodowana była mniejszym wykorzystaniem ciągników oraz zwiększonym wykonywaniem prac dodatkowych związanych z naprawą i obsługą maszyn (niższą stawką godzinową). Powyższa analiza pracy dwóch badanych ciągników pozwoliła ustalić niepotrzebne straty finansowe wynikające z różnic wykorzystania godzinowego na średnim poziomie 5,5% oraz liczby przebytych kilometrów około 18,5%.

Tabela 1. Porównanie wyników zmian wykorzystania godzinowego oraz przebytych kilometrów zarejestrowanych przez system GPS z wykazem dziennych kart pracy

Table 1. Comparison of results following changes in hourly use and mileage registered by GPS system with a list of daily work records

miesiąc		W <sub>KP</sub>	W <sub>GPS</sub>	W <sub>KP</sub> -W <sub>GPS</sub>	zmiana	S <sub>GPS</sub>	S <sub>FA</sub>	S <sub>FA</sub> -S <sub>GPS</sub>	zmiana
		[h]	[h]	[h]	[%]	[km]	[km]	[km]	[%]
Fastrac 3190	XII 2009	113,5	96,81	16,69	15%	1213,4	1327	113,6	9%
	I 2010	206,25	214,64	-8,39	-4%	2635	3694	1059	29%
	II 2010	139,75	128,69	11,06	8%	1325,2	1932	606,8	31%
	III 2010	53,5	35,18	18,32	34%	456,8	615	158,2	26%
	Suma	513	475,32	37,68	7%	5630,4	7568	1937,6	26%
Fastrac 3220	XII 2009	88	83,64	4,36	5%	1095,6	1179	83,4	7%
	I 2010	170,25	172	-1,75	-1%	2536,2	2958,5	422,3	14%
	II 2010	127,75	121,56	6,19	5%	1153,8	1270,5	116,7	9%
	III 2010	25,25	18,17	7,08	28%	276,7	296	19,3	7%
	Suma	411,25	395,37	15,88	4%	5062,3	5704	641,7	11%

gdzie: W<sub>KP</sub> – zapis wykorzystania godzinowego w kartach pracowniczych, W<sub>GPS</sub> – zapis wykorzystania godzinowego w systemie monitoringu, S<sub>GPS</sub> – zapis odległości w systemie monitoringu, S<sub>FA</sub> – zapis odległości w wykazie faktur  
W<sub>KP</sub> – hourly use record in work records, W<sub>GPS</sub> – hourly use record in monitoring system, S<sub>GPS</sub> – distance record in monitoring system, S<sub>FA</sub> – distance record in invoices list

Źródło: opracowanie własne autora

## Wnioski

1. Analiza rzeczywistego zużycia paliwa (sumarycznego dla dwóch lat) oraz przebytej drogi wykazała, że najwyższe wartości zarejestrowano dla ciągnika Fastrac 3190 i kształtowały się one na poziomie 36037 litrów spalonego paliwa oraz przebytych 32145 km. Badania wykorzystania godzinowego obydwu ciągników dla 2009 i 2010 roku wykazały, że jego poziom nie przekraczał 30-45% normy ustalonej w obrębie gospodarstwa.
2. Badania przeprowadzone podczas zimowych prac komunalnych potwierdziły występowanie znacznych różnic między zapisami systemu lokalizacji GPS z danymi ewidencji kart pracy i faktur na poziomie do 7% (średnio 5,5%) dla wykorzystania godzinowego oraz do 26% (średnio 18,5%) dla liczby przebytych kilometrów.
3. Przeprowadzone badania wykazały przydatność zastosowania systemu monitoringu GPS, który stanowi narzędzie wspierające kontrolę, rozliczanie, zarządzanie taborem maszyn i pojazdów oraz pracownikami w przedsiębiorstwie rolniczym.

## Bibliografia

- Cousins D.** 2008. Telematics options to aid monitoring and security. *Farmers Weekly*. Vol. 149. No. 23. s. 67.
- Doruchowski G.** 2005. Elementy rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(66). s. 131-139.
- Doruchowski G.** 2008. Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(107). s. 19-31.
- Dreszer K. A.** 2005. Globalny system pozycjonowania i możliwości wprowadzenia go w polskim rolnictwie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70). s. 57-63.
- El-Rabbany, A.** 2002. Introduction to GPS: The Global Positioning System, Norwood (USA), Artech House, Boston.
- Minta S.** 2008. Rolnictwo precyzyjne jako nowoczesny sposób podniesienia konkurencyjności gospodarstw rolniczych - aspekty ekonomiczne i środowiskowe. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, Rocznik Naukowy tom X. Zeszyt 3*, s. 403-406.
- Narkiewicz J.** 2007. GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne. WKiŁ Warszawa, ISBN 978-83-206-1642-2.
- Turowski J., Kapela K.** 2001. Możliwość wykorzystywania globalnego systemu pozycjonowania w rolnictwie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1(21). s. 333-338.
- Šařec P., Šařec O., Klain P.** 2009. Monitorowanie wykorzystania ciągnika – bezprzewodowa transmisja danych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(118) s. 227-234.
- Materiały handlowe XTrack. Systemy monitorowania pojazdów i maszyn [online], [dostęp 26-08-2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.xtrack.pl/pl/agroma>

## USING THE SATELLITE GPS SYSTEM FOR MONITORING WORK PARAMETERS OF VEHICLES AND MACHINES IN AGRICULTURE

**Abstract.** The study presents the evaluation of a satellite system for monitoring operating parameters of vehicles and using its potential to support farm management process and improvement in functioning. Moreover, the researchers have completed comparative analysis of reports registered by GPS monitoring system with a list of work records and invoices.

**Key words:** vehicles monitoring, satellite navigation, GPS, location, check

### Adres do korespondencji:

Piotr Komarnicki; e-mail: [piotr.komarnicki@up.wroc.pl](mailto:piotr.komarnicki@up.wroc.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław