

JAN GIEROBA, JANUSZ NOWAK
Instytut Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej w Lublinie

OCENA TECHNOLOGII ZBIORU SŁOMY I SIANA PRZYCZEPĄ STOGUJĄCĄ

CZ. I

ANALIZA STRUKTURY CZASU PRACY MASZYNY ZBIERAJĄCEJ

Wprowadzenie

Najbardziej uproszczoną technologią zbioru suchych pasz objętościowych, wymagającą wykonania małej liczby operacji, jest linia, w której główne ogniwo stanowi przyczepa stogująca. Maszyna ta formuje zbierany materiał w postaci dużych prostopadłościennych bel o wypukłej powierzchni górnej. W skład tej technologii wchodzi ponadto transporter stogów i urządzenia rozdrabniająco-dożujące [1, 2, 5, 8].

Proces zbioru suchych pasz objętościowych wymaga szybkiego ich sprzętu z pola lub łąki ze względu na uzyskanie produktu o wysokiej wartości pokarmowej i konieczności prowadzenia dalszych zabiegów agrotechnicznych. Powyższe względy zmuszają do zwrócenia szczególnej uwagi na technologie charakteryzujące się dużą wydajnością, dobrą jakością pracy tworzących je maszyn i urządzeń oraz małymi nakładami pracy ludzkiej i uprzedmiotowionej.

Mając na uwadze brak w kraju doświadczeń w zakresie zbioru słomy i siana przyczepami stogującymi, uznano za celowe podjęcie badań, których wyniki mogą pozwolić na przeanalizowanie przydatności tego typu technologii w warunkach krajowego rolnictwa.

Podstawowym czynnikiem decydującym o możliwości przeprowadzenia takich badań eksploatacyjnych jest fakt, że w Polsce znajduje się jedna przyczepa stogująca.

Cel i metodyka badań

Celem badań było określenie podstawowych współczynników eksploatacyjnych pracy przyczepy stogującej JD 300 podczas zbioru słomy pokombajnowej i siana. Badania eksploatacyjne prowadzono zgodnie z obowiązującymi metodykami [13, 14, 15].

W celu dokonania oceny zależności pomiędzy badanymi cechami zastosowano analizę regresji [6, 10].

Uwzględnione w badaniach eksploatacyjnych czynniki niezależne: parametry zbieranego materiału (rodzaj, wilgotność, masa 1 mb wału), średnia droga przejazd-

dów ze stogami do miejsca składowania, moc oraz wydajność pompy hydraulicznej stosowanych środków napędowych decydują o jakości pracy maszyny zbierającej, wydajności oraz wartości poszczególnych wskaźników i współczynników eksploatacyjnych. Zależności te opisano równaniami regresji wielokrotnej stopnia pierwszego.

Warunki i przebieg badań

Podczas trzyletnich badań eksploatacyjnych (Zakład Rolny w Turnie, woj. chełmskie) przyczepa stogująca została objęta pełnym chronometrażem pracy. Pomiary dotyczyły 57 zmian kontrolnych, w tym 29 podczas zbioru siana oraz 28 przy zbiorze słomy. Badania pracy maszyny zbierającej prowadzono na dwóch typach gleb. Pierwsza z nich to gleba torfowo-murszowa wytworzona z torfów niskich (turzycowo-szuwarowych), należąca do kompleksu wilgotnościowo-glebowego wilgotnego. Zbiór słomy pokombajnowej realizowano na glebie piaszczystej. Szczegółowe informacje dotyczące warunków glebowych zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka warunków glebowych oraz średnia droga przejazdów (S_{ij}) w czasie badań eksploatacyjnych przyczepy stogującej JD 300

Zestaw zbierający (materiał)	Typ gleby	Nr zmiany kontr.	Rok badań								
			I			II			III		
			Nachyl. pow. pola	Wysokość ściern.	S_{ij}	Nachyl. pow. pola	Wysokość ściern.	S_{ij}	Nachyl. pow. pola	Wysokość ściern.	S_{ij}
			%	cm	m	%	cm	m	%	cm	m
JD + Ursus C-1201 (słoma)	piasek luźny piasek gliniasty	1	0-3	22	220	0-3	21	320	0-3	15	410
		2	0-3	21	320	0-2,5	19	310	0-2	18	150
		3	0-1,5	12	200	0-3	20	220	0-1	22	190
		4	0-1	13	210	0-1	8	220	0-1	20	410
		5	0-1	12	350	0-1	9	310	-	-	-
JD + T-150K (słoma)	piasek luźny piasek gliniasty	1	0-3,5	18	640	0-1,5	20	390	0-1,5	19	270
		2	0-5	20	150	0-2	19	520	0-2	21	320
		3	0-4	21	190	0-1,5	8	160	0-1	15	500
		4	0-2	12	370	0-1	7	220	0-2	9	390
		5	0-2,5	11	320	-	-	-	0-3,5	9	190
JD + Ursus C-1201 (siano)	torfowo-murszowa	1	0-1	7	340	0-1,5	6	470	0-2	7	860
		2	0-1,5	8	480	0-1,5	7	360	0-1	8	920
		3	0-1	8	730	0-2	6	410	0-1	6	520
		4	0-1,5	7	1080	0-1	8	760	0-1	8	320
		5	-	-	-	0-1	8	1120	0-1	7	630
JD + T-150K (siano)	torfowo-murszowa	1	0-1	8	900	0-1,5	7	900	0-1	7	1120
		2	0-1,5	8	730	0-2	8	490	0-1	7	260
		3	0-1	8	300	0-1	7	430	0-1	8	530
		4	0-1,5	7	260	0-1	6	1020	0-1	6	600
		5	0-2	9	820	0-1	6	640	0-1,5	8	930

Warunki meteorologiczne panujące w okresie badań były korzystne dla pracy tego typu maszyn zbierających. Średnia prędkość wiatru (dla trzyletniego okresu badań) nie przekraczała $2,3 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Informacje dotyczące tego parametru zostały zebrane w Stacji Badawczej w Sosnowicy podległej IMiUZ (Oddział w Lublinie), tj. w pobliżu miejsca prowadzenia badań.

Materiałem zbieranym były słoma pszenna, żytnia i jęczmienna oraz siano. Wały ze słomy były uformowane przez kombajn zbożowy, a ich rozstaw był zbliżony i zawierał się w granicach 3,7–4,1 m. Natomiast znaczne rozpiętości masy jednego metra bieżącego wału wynikały głównie ze zróżnicowanych warunków w okresie wegetacji roślin w poszczególnych latach badań, tabela 2. Przygotowanie siana do zbioru realizowano przetrząsaczo-zgrabiarką, którą formowano wały o zróżnicowanej masie jednego metra bieżącego. Pozwalało to na określenie ich wpływu na wydajność i wartość podstawowych współczynników i wskaźników eksploatacyjnych badanej maszyny zbierającej.

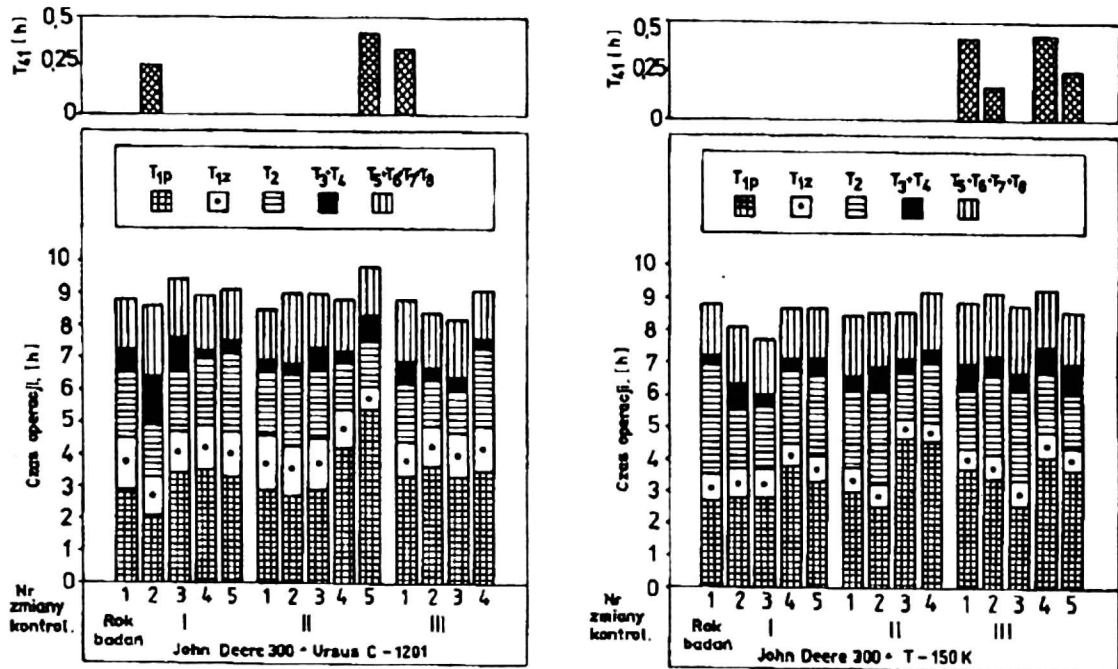
Tabela 2

Parametry zbieranego materiału

Rodzaj materiału (zestaw zbierający)	Nr zmiany kontrolnej	Wilgotność (w) %			Rozstaw wałów m			Masa 1 mb (M_{mb}) $\text{kg} \times \text{m}^{-1}$			Plon ($S \times m$) $\text{t} \times \text{ha}^{-1}$		
		Rok badań											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Słoma (JD + Ursus C-1201)	1	14,0	13,6	20,5	380	380	380	1,37	1,21	1,26	3,61	3,18	3,32
	2	13,5	14,1	19,5	390	380	385	1,40	1,32	1,23	3,59	3,47	3,19
	3	14,5	13,2	19,5	385	395	410	0,89	1,29	1,48	2,31	3,27	3,61
	4	12,1	11,8	20,5	370	380	395	0,93	0,63	1,53	2,51	1,66	3,87
	5	13,8	23,5	–	375	375	–	1,00	0,51	–	2,67	1,36	–
Słoma (JD + T-150K)	1	15,2	13,1	24,3	395	380	390	1,42	1,15	1,15	3,59	3,03	3,87
	2	14,3	12,4	22,3	405	390	405	1,38	1,40	3,41	3,41	3,46	3,46
	3	14,7	11,5	16,1	410	410	410	1,44	0,53	1,29	3,51	1,29	3,15
	4	14,1	14,5	25,1	390	380	390	0,81	0,61	1,00	2,08	1,61	2,56
	5	12,5	–	19,8	385	–	375	0,96	–	0,89	2,49	–	2,37
Siano (JD + Ursus C-1201)	1	23,4	29,1	18,5	870	745	590	3,26	3,33	2,52	3,75	4,47	4,27
	2	20,3	16,7	20,8	845	810	475	3,11	2,84	1,81	3,68	3,51	3,85
	3	15,3	17,2	19,3	385	825	640	1,91	2,71	2,17	4,24	3,28	3,39
	4	17,8	18,0	27,7	654	730	865	1,57	2,33	3,60	2,18	3,19	4,19
	5	–	22,1	26,4	–	480	915	–	1,20	3,16	–	2,50	3,45
Siano (JD + T-150K)	1	22,6	27,3	24,1	750	515	435	2,76	1,96	1,44	3,68	3,84	3,35
	2	28,6	20,4	21,4	690	960	695	2,92	3,21	2,67	4,23	3,34	3,84
	3	22,1	21,2	25,1	860	980	855	1,91	3,08	3,27	2,22	3,14	3,82
	4	18,9	17,1	20,8	520	1080	920	1,33	2,59	2,33	2,56	2,39	2,53
	5	17,8	16,9	19,3	715	540	675	1,65	1,28	1,61	2,31	2,37	2,39

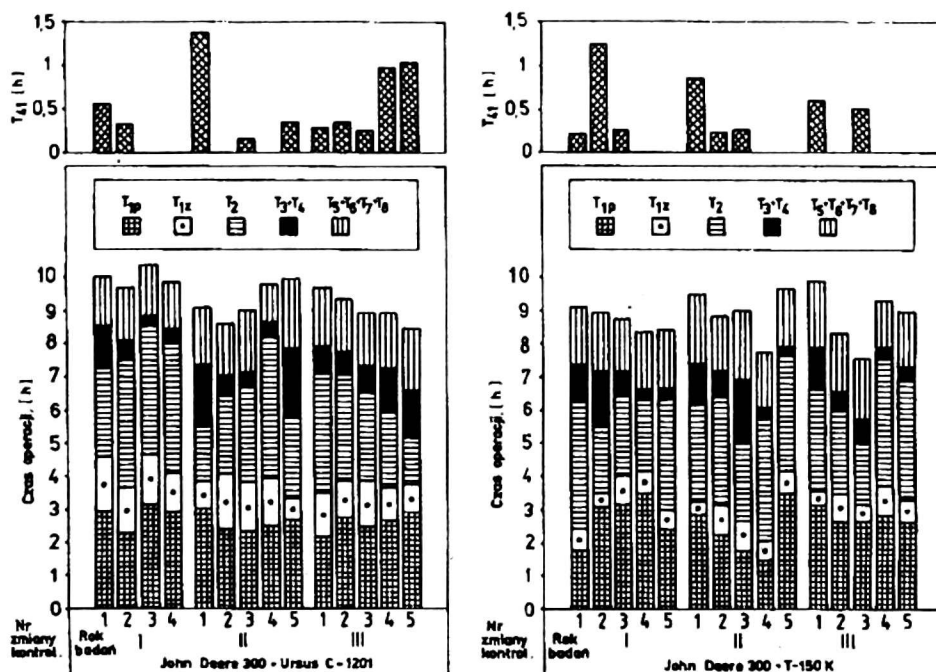
Wyniki badań i ich analiza

Podczas badań eksploatacyjnych przyczepa stogująca została objęta pełnym chronometrażem pracy. Do napędu maszyny zbierającej stosowano dwa typy ciągników (Ursus C-1201 i T-150K).



Rys. 1. Struktura czasu pracy przyczepy stogującej JD 300 podczas zbioru słomy pokombajnowej.

Z danych zamieszczonych na rysunku 1 i 2 wynika, że czasy poszczególnych zmian kontrolnych T_{08} nie różniły się znacznie. Świadczy o tym wartość odchylenia standardowego (ok. 34 min), będąca miarą rozproszenia czasu ogólnego 57 zmian kontrolnych. Było to wynikiem bardzo korzystnych warunków atmosferycznych w okresie prowadzenia badań oraz właściwej organizacji pracy.

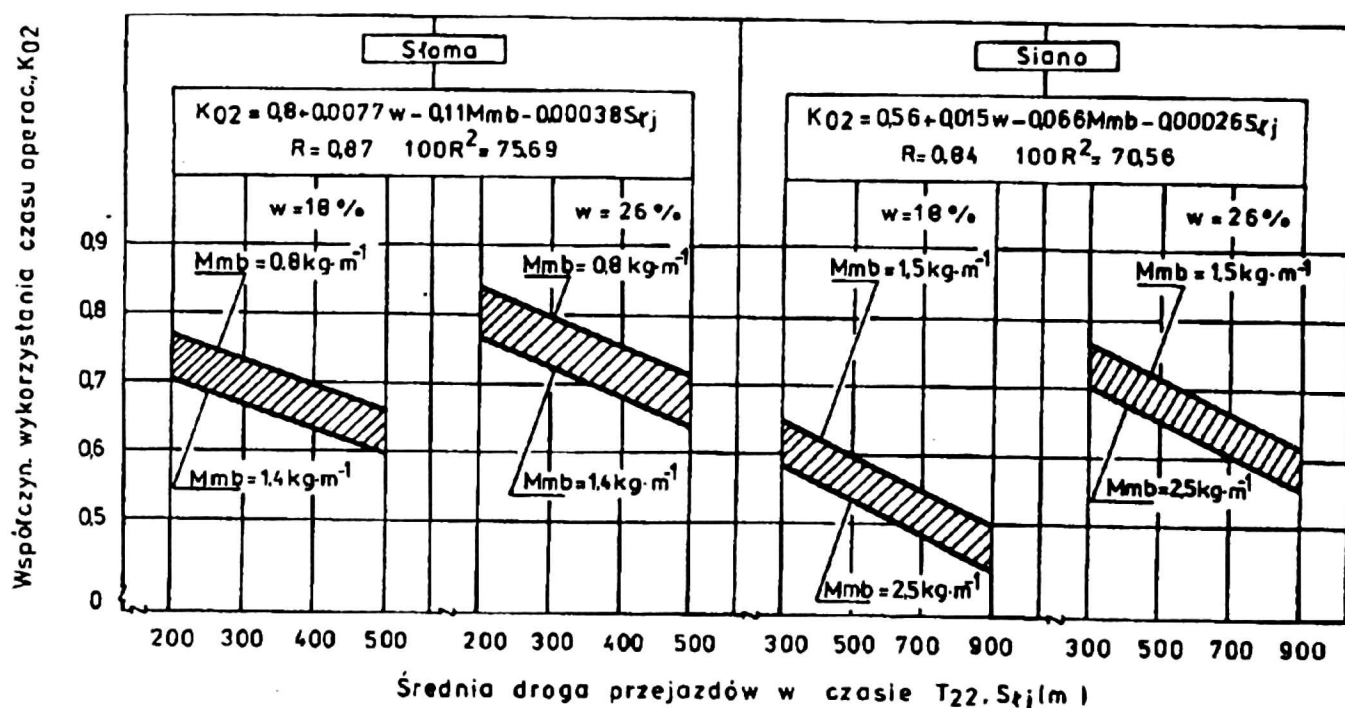


Rys. 2. Struktura czasu pracy przyczepy stogującej JD 300 podczas zbioru siana łąkowego.

Udział czasu zagęszczania stogów T_{1z} w czasie pracy efektywnej T_1 poszczególnych zmian kontrolnych jest duży i wynosi od 0,11 do 0,4. Należy jednak zwrócić

uwagę na to, że istnieją znaczne różnice w wartości tych wskaźników, które dotyczą zbioru tego samego materiału, jeśli do napędu przyczepy stogującej stosowano ciągniki o odmiennych wydajnościach pompy hydraulicznej. Przeprowadzona analiza statystyczna z wykorzystaniem testu dla dwóch średnich (wskaźników struktury) wykazała, że różnice między nimi są istotne ($\alpha = 0,05$). Wynoszą one 0,112 (zbiór siana) oraz 0,11 (zbiór słomy) „na korzyść” zestawu zbierającego o mniejszej wydajności. Jest to wynikiem przede wszystkim zróżnicowanych wydajności pompy hydraulicznej stosowanych ciągników. Czas jednego cyklu zagęszczania materiału formowanego maszyną zbierającą napędzaną ciągnikiem T-150K jest prawie 3-krotnie mniejszy w zestawieniu z czasem realizowania wymienionej operacji za pomocą pompy hydraulicznej ciągnika Ursus C-1201.

Z zależności przedstawionych na rysunku 3 wynika, że o wartości współczynnika wykorzystania czasu operacyjnego K_{02} decydują parametry zbieranego materiału oraz średnia droga przejazdów w czasie T_{22} . Przeprowadzona analiza statystyczna



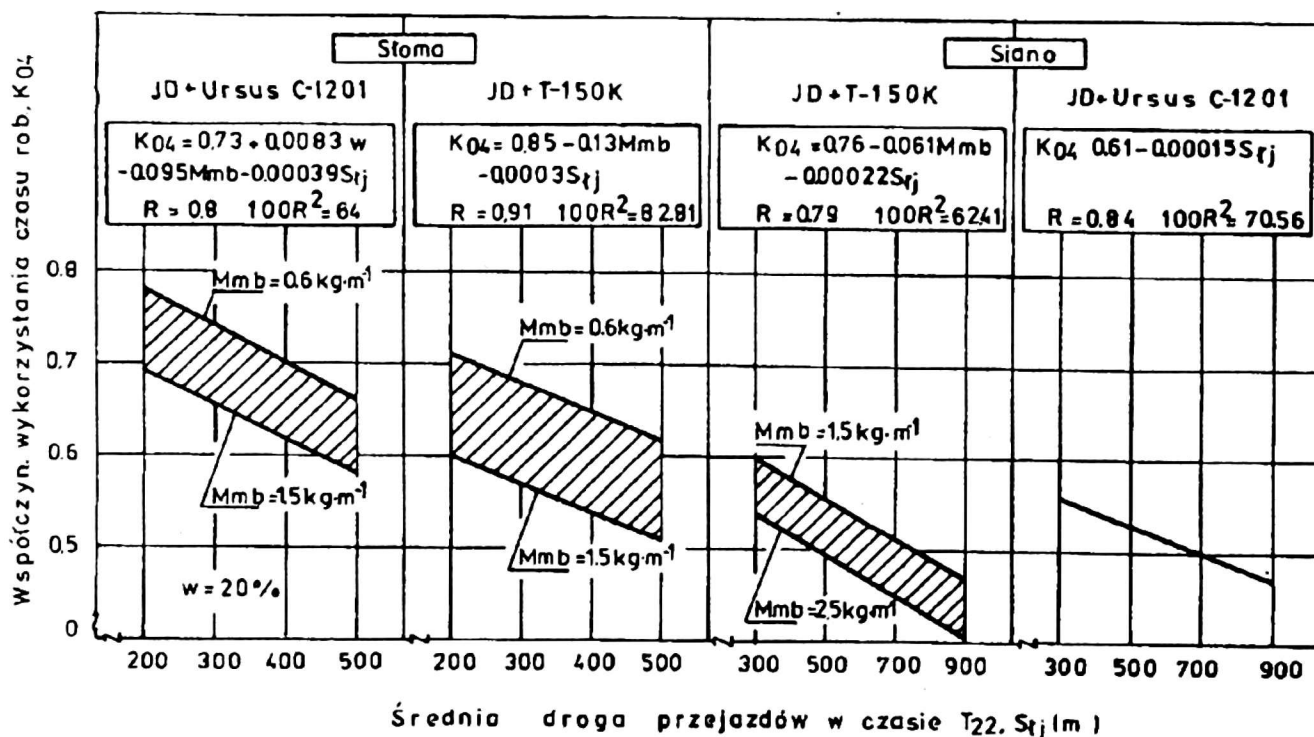
Rys. 3. Współczynnik wykorzystania czasu operacyjnego K_{02} w zależności od parametrów zbieranego materiału i średniej drogi przejazdów w czasie T_{22} : w – wilgotność, M_{mb} – sucha masa metra bieżącego wału.

wykazała, że współczynniki korelacji wielokrotnej dla tego typu związków są istotne na wymaganym poziomie $\alpha = 0,05$. Wpływ wilgotności zbieranego materiału określony jest dodatnią wartością współczynnika regresji, wyrażającą się tym, że wzrostowi wymienionego argumentu towarzyszy wzrost zmiennej zależnej. O odmiennych oddziaływaniach pozostałych zmiennych objaśniających informują związane z nimi współczynniki regresji, których wartości są mniejsze od zera.

Z porównania średnich wartości współczynników K_{02} dotyczących zbioru tego samego rodzaju materiału badaną przyczepą stogującą napędzaną odmiennymi ciągnikami wynika, że różnice między nimi są statystycznie nieistotne. Największe wartości współczynnika K_{02} związane są z pracą zestawu JD + Ursus C-1201 przy zbiorze słomy o małej masie metra bieżącego wału. Wynoszą one nawet 0,78 i 0,83 dla 4 i 5 zmiany kontrolnej w drugim roku badań. Najmniejsze wartości analizowanego współczynnika K_{02} dotyczą zbioru siana przyczepą stogującą napędzaną ciągnikiem T-150K (0,36 i 0,38). Wynika to głównie ze zróżnicowanych prędkości roboczych poszczególnych zestawów zbierających oraz parametrów obrabianego materiału, a zwłaszcza jego masy metra bieżącego wału (liczba cykli zagęszczania wynosiła 4). Znaczną rolę należy rów-

niez przypisać średniej drodze przejazdów S_{ij} w czasie T_2 , która dla wymienionych zmian kontrolnych związanych ze zbiorem siana wynosiła odpowiednio 1025 m i 900 m. Średnia wartość tego parametru przy zbiorze słomy (4 i 5 zmiana, II roku badań JD + Ursus C-1201) wynosiła około 273 m. Znaczne różnice pomiędzy wartościami tego czynnika wynikały z odmiennych przesłanek, którymi kierowano się przy wyborze miejsca składowania stogów siana i słomy. Stogi ze słomy transportowano do najbliższego skraju pola. Nie uwzględniano przy tym możliwości dojazdu do nich w trudnych warunkach jesienno-zimowych, ponieważ nie planowano pełnego wykorzystania tego typu materiału w gospodarstwie. Przy wyborze miejsca składowania stogów siana uwzględniono stan podłoża oraz łatwość dojazdu do nich w okresie opadów atmosferycznych, a zwłaszcza śniegu.

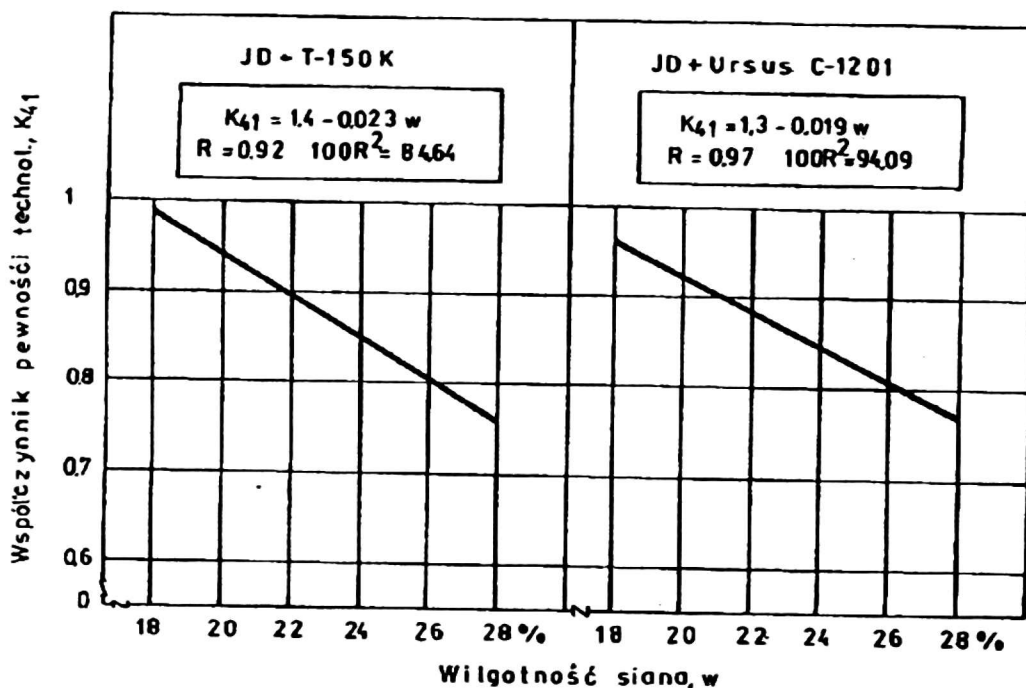
Z porównania średnich wartości współczynników wykorzystania czasu roboczego zmiany K_{04} dotyczących zbioru tego samego rodzaju materiału przyczepą stogującą napędzaną dwoma typami ciągników wynika, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotez zerowych H_0 o ich równości. Oznacza to, że różnice średnich, które wynoszą 0,059 (zbiór słomy) i 0,032 (zbiór siana) na korzyść zestawu zbierającego o mniejszej wydajności nie są statystycznie istotne na wymaganym poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (rys. 4).



Rys. 4. Współczynnik wykorzystania czasu roboczego K_{04} w zależności od parametrów zbieranego materiału i średniej drogi przejazdów w czasie T_{22} : w – wilgotność, M_{mb} – sucha masa metra bieżącego wału.

Podobne zależności występują pomiędzy średnimi wartościami współczynników K_{08} związanych z porównywanymi grupami zmian kontrolnych ($\bar{K}_{08} = 0,53$ dla JD + Ursus C-1201 przy zbiorze słomy, $\bar{K}_{08} = 0,48$ dla JD + T-150K przy zbiorze słomy, $\bar{K}_{08} = 0,38$ dla JD + T-150K przy zbiorze siana oraz $\bar{K}_{08} = 0,41$ dla JD + Ursus C-1201 przy zbiorze siana). Są to wartości stosunkowo niskie, gdyż badaną maszyną transportowano stogi do miejsca ich składowania.

Na szczególną uwagę zasługuje przeprowadzona analiza statystyczna wyników badań związanych z oceną współczynnika pewności technologicznej K_{41} , charakteryzującego jakość pracy przyczepy stogującej podczas zbioru siana. Z zależności przedstawionych na rysunku 5 wynika, że o wartości tego współczynnika decyduje wilgotność zbieranego materiału. Współczynniki wymienionych związków są wysoce istotne i informują o przydatności zmiennej niezależnej dla predykcji. Natomiast



Rys. 5. Współczynnik pewności technologicznej K_{41} w funkcji wilgotności zbieranego siana przy czepie stogującej JD 300.

parametry słomy nie mogą być na wymaganym poziomie istotności $\alpha = 0,05$ zmiennymi objaśniającymi w związkach określających wartości analizowanego współczynnika K_{41} . Warto również podkreślić, że wymieniony współczynnik dla dwu grup zmian kontrolnych związanych ze zbiorem słomy osiąga wysokie wartości ($\bar{K}_{41} = 0,99$ dla JD + Ursus C-1201 oraz $\bar{K}_{41} = 0,98$ dla JD + T-150K). Zdecydowały o tym parametry zbieranego materiału oraz stosunkowo niska wydajność efektywna przyczepy stogującej. Średnie wartości tych współczynników związanych z pracą badanej maszyny przy zbiorze siana łąkowego ($\bar{K}_{41} = 0,92$ dla JD + T-150K i $\bar{K}_{41} = 0,91$ dla JD + Ursus C-1201) są niższe w zestawieniu z wartością karty wymagań nr 8–25 SMR [14], która wynosi 0,94. Różnice te jednak wynikają z większej wilgotności zbieranego materiału w porównaniu z tą, która uważana jest za dopuszczalną ($w \leq 20\%$).

Wnioski

Na podstawie trzyletnich wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. Przyczepa stogująca John Deere 300 pozwala na sprawny zbiór suchych pasz objętościowych, których wilgotność nie przekracza: słomy 28%, siana 23–24%.
2. Korzystne jest agregowanie tego typu maszyn z ciągnikami dużej mocy oraz charakteryzujących się wysoką wydajnością hydrauliki zewnętrznej z racji stosowania większych prędkości roboczych i skracania czasu zagęszczania materiału w skrzyni ładunkowej.
3. Współczynnik pewności technologicznej charakteryzujący sprawność agregatu; podczas zbioru słomy osiąga wartości znacznie wyższe w zestawieniu z tymi, które podaje SMR jako minimalne. Średnie wartości tego współczynnika związane ze zbiorem siana okazały się natomiast niższe.