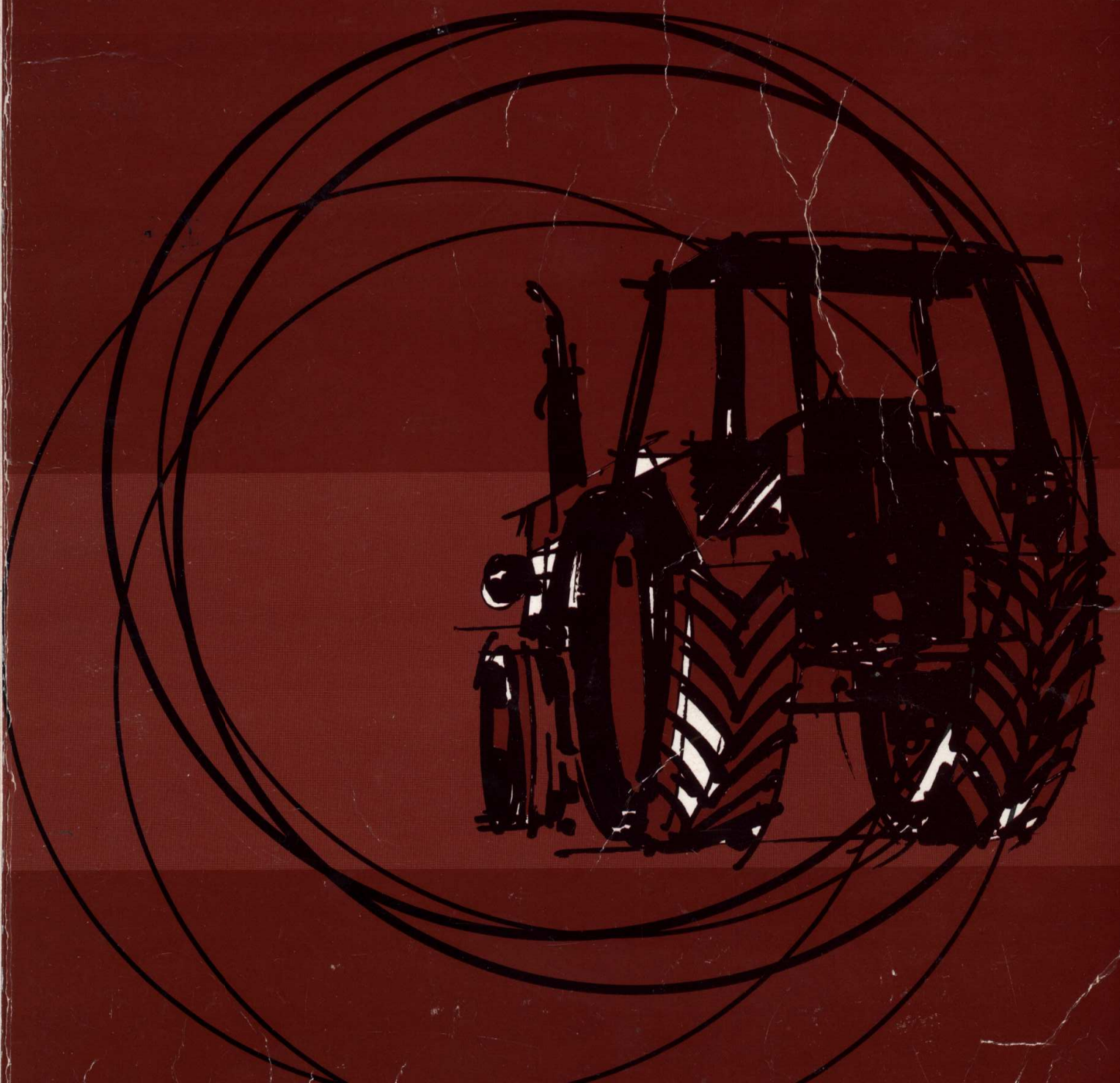


# TOMASZ PISKIER

## EKSPLOATACJA MASZYN ROLNICZYCH



POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

TOMASZ PISKIER

**EKSPLOATACJA MASZYN ROLNICZYCH**

Materiały pomocnicze do zajęć laboratoryjnych

Koszalin 2002

## **Wstęp**

Materiał edukacyjny zawarty w niniejszym skrypcie stanowi praktyczne dopełnienie wykładów z zakresu eksploatacji maszyn rolniczych, realizowanych na studiach dziennych i zaocznych Kierunku Technika Rolnicza i Leśna. Układ ćwiczeń laboratoryjnych został tak skonstruowany, aby zachować gradację kształcenia studentów poprzez możliwość wykorzystywania przez nich już zdobytych umiejętności na kolejnych zajęciach. Dobór tematów zdeterminowany był rodzajem posiadanego sprzętu rolniczego oraz możliwościami technicznymi koniecznymi do jego wykorzystania. Poszczególne zagadnienia tematyczne poprzedza kompendium z wykładu, pozwalając na przygotowanie się teoretyczne oraz w pełni świadome realizowanie proponowanych zagadnień. Kolejne rozdziały zakończone są zestawami zadań oraz wzorem karty sprawozdania co ułatwia proces poznawczy i dydaktyczny.

Koszalin dnia 04.12.2001.

*Tomasz Piskier*

## Spis treści:

1. Gleba jako środowisko pracy maszyn.....	7
2. Agregatowanie maszyn i sposoby przekazania napędu.....	12
3. Poziomowanie i parametry robocze maszyn uprawowych.....	17
4. Wydajność eksploatacyjna maszyn.....	22
5. Opór roboczy maszyn, zapotrzebowanie na moc ciągnika.....	27
6. Zużycie paliwa w pracach polowych.....	33
7. Norma wysiewu i próba kręcona siewnika.....	37
8. Dobór środków transportowych w rolnictwie.....	42
9. Czyszczenie nasion, ocena materiału siewnego i jakości pracy czyszczalni.....	48
10. Siew i ścieżki technologiczne - próby polowe.....	52
11. Pielęgnacja roślin - zasady eksploatacji maszyn.....	57
12. Rozsiewacze nawozów - ocena wydajności i jakości pracy.....	63
13. Bilans czasu pracy agregatu.....	67
14. Aneks.....	73
15. Spis literatury.....	80

## Ćwiczenie 1

### GLEBA JAKO ŚRODOWISKO PRACY MASZYN

#### WPROWADZENIE

Gleba stanowi powierzchniową warstwę skorupy ziemskiej, w której rozwijają się korzenie roślin. Wszelkie zabiegi uprawowe, ich rodzaj, zasięg oraz nasilenie mają za zadanie zoptymalizowanie warunków wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego. Stan gleby, jej parametry fizyczne decydują o doborze maszyn uprawowych, ich oporach roboczych, zużyciu paliwa, a w niektórych wypadkach przemawiają wręcz za zaniechaniem jakiegokolwiek uprawy i zastosowaniem siewu bezpośredniego.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

Ćwiczenie ma na celu praktyczne zapoznanie się ze sposobami określania podstawowych właściwości fizycznych gleby, w bezpośredni sposób rzutującymi na parametry eksploatacyjne maszyn. Określony zostanie skład mechaniczny gleby, jej kategoria agronomiczna (badanie polowe). Oznaczmy ponadto gęstość objętościową rzeczywistą i wilgotność. Badania powyższe posłużą do określenia oporu jednostkowego, stawianego przez glebę pracującym w niej maszynom.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Podstawową częścią ćwiczeń jest pobranie prób polowych do badań. Należy wykonać płytką odkrywkę (na głębokość pracy maszyny podstawowej) i pobrać z niej próbki gleby. Próbki pobierane będą do cylindrów o znanej objętości ( $50\text{cm}^3$ ). Bardzo ważne aby nie został zmieniony układ przestrzenny gleby, gdyż w istotny sposób wpływa on na uzyskane wyniki. Następnie pobrana zostanie próba gleby luzem – przeznaczona do określenia składu mechanicznego. W laboratorium zapisuje się numer cylindra i waży cylinder wraz z glebą z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Umieszcza się go w suszarce w temperaturze  $105^\circ\text{C}$  i suszy do stałej wagi. Glebę pobraną luzem należy wyłożyć na papier i suszyć do powietrznie suchej masy. Oznaczenie organoleptyczne zawartości cząstek spławialnych w glebie, przeprowadza się na pobranych w terenie próbkach. W tym celu glebę umieszcza się w kuwetach, dobrze jest aby do części gleby dodać wody w celu wytworzenia plastycznej masy. Oznaczenia zawartości cząstek spławialnych w stanie wilgotnym gleby, szczególnie dla osób początkujących, są dużo łatwiejsze.

Tab.1. Niektóre cech rozpoznawcze składu mechanicznego gleb  
[Koćmit i wsp. Gleboznawstwo z elementami geologii]

Grupa mechaniczna, %*	Określenie na podstawie obserwacji	Zachowanie się gleby w stanie	
		Suchym	Mokrym
Piasek luźny 0-5%	Widoczne tylko części piasku	Utwór sypki, przy rozcieraniu szorstki, w porach skóry nie pozostają cząstki	Drobne agregaty, rozpadają się przy bardzo lekkim nacisku, podczas wysychania nie brudzi rąk
Piasek słabogliniasty 5-10%	Widoczne części piaszczyste z niewielką ilością części drobniejszych	Sypki, przy rozcieraniu szorstki, w porach pozostaje niewielka ilość części spławialnych	Nie plastyczny, agregaty ostrokrawędziste, rozpadają się przy bardzo lekkim nacisku, lekko brudzi palce.
Piasek gliniasty lekki 10-15%	Widoczne dobrze części piaszczyste i spławialne	Przy rozcieraniu wyczuwalna przewaga piasku, agregaty, które przy niewielkim nacisku rozpadają się, w porach skóry zostają części spławialne	Nie plastyczny, agregaty ostrokrawędziste, przy bardzo małym nacisku rozpadają się (nacisk większy niż przy piasku słabogliniastym), brudzi wyraźnie palce
Piasek gliniasty mocny 15-20%	Widoczna przewaga części piaszczystych lecz dość dużo części drobniejszych	Przy rozcieraniu wyczuwa się części spławialne i przewagę piasku, w porach skóry pozostają części spławialne, tworzy drobne agregaty, które rozpadają się przy lekkim nacisku	Agregaty ostrokrawędziste rozpadają się przy słabym nacisku, przy rozcieraniu szorstki, brudzi palce i zlepia się, lecz nie można formować waleczka
Gлина lekka 20-35%	Wyraźnie widoczne ziarenka piasku na tle drobnego proszku	Przy rozcieraniu wyczuwa się cząsteczki piasku, agregaty pod małym naciskiem rozpadają się na drobniejsze, ostrokrawędziste	Tworzy agregaty, w dotyku wyraźnie szorstkie, brudzi palce, plastyczność i lepkość niewielka, przez waleczkowanie otrzymuje się krótkie waleczki
Gлина średnia 35-50%	Widoczne ziarna piasku na tle drobnego proszku	Twarde agregaty ostrokrawędziste, rozpadające się przy dość dużym nacisku, przy rozcieraniu szorstkie, brudzi palce	Miękkie agregaty, rozpadające się przy nacisku, plastyczność i lepkość wyraźna, przy waleczkowaniu tworzy długie waleczki, brudzi palce
Gлина ciężka >50%	Na tle gliniastej masy widoczne nieliczne ziarenka piasku	Tworzy agregaty twarde i zbite, silny nacisk kruszy je na odłamki, brudzi palce	Twarde agregaty, uformowana kulka przy nacisku pęka, waleczki są długie i cienkie, silnie brudzi palce

\* - % zawartości cząstek spławialnych (mniejszych niż 0,02mm)

W celu sprawdzenia poprawności oznaczeń zawartości części spławialnych, metodą organoleptyczną, część gleby zostanie poddana badaniom porównawczym metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego.

Oznaczenie metodą Casagrande'a wykonuje się następująco: wysuszoną powietrznie glebę przesiewa się przez sito o oczkach wielkość 1mm, zostaną tutaj oddzielone części szkieletowe od ziemistych. Z przesianej gleby odważa się 40g i umieszcza w emaliowanym naczyniu i dodaje się do niej 1,5g bezwodnego węgla sodu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), 500-700ml wody destylowanej. Całość gotuje się przez 30 minut. Zadaniem węgla sodu jest peptyzacja gleby, gdyż w przeciwnym razie niektóre agregaty glebowe (o najtrwalszej strukturze) mogą zachowywać się jak części ziemiste fałszując wyniki. Po ugotowaniu gleby należy ją wystudzić do temperatury otoczenia, wlać do cylindra miarowego i uzupełnić wodą destylowaną do objętości 1l. Kolejny etap, to wykonanie roztworu poprawkowego. W tym celu do drugiego cylindra miarowego wsypuje się 1,5g bezwodnego węgla sodu, dodaje około 500ml wody destylowanej i dokładnie miesza. Następnie należy uzupełnić cylinder wodą destylowaną do objętości 1l. Tak przygotowane roztwory różnią się jedynie zawartością gleby.

W cylindrze z wodą destylowaną umieszcza się termometr oraz aerometr. Natomiast cylinder z glebą zatyka się dłonią i miesza (30 obrotów góra – dół). Bezpośrednio po wymieszaniu gleby umieszcza się w cylindrze aerometr (drugi). Jeśli na powierzchni gleby wystąpiła piana, dolewa się alkoholu amylowego, w celu zmniejszenia napięcia powierzchniowego. Dokładnie taką samą ilość alkoholu należy dolać do roztworu poprawkowego (zasada porównywalności). Po upływie czasu, ustalonego na podstawie tabel gleboznawczych (dostarczonych dodatkowo na zajęcia), dokonuje się odczytu wyników badań. Różnica wskazań aerometrów, umieszczonych w cylindrach, jest równa zawartości cząstek spławialnych w badanym gruncie.

Gęstość objętościowa rzeczywista i wilgotność aktualna gleby może zostać określona na podstawie prób gleby umieszczonych w cylindrach (metoda Kopeckiego). Po wyjęciu gleby z suszarki i wystudzeniu jej dokonuje się następujących pomiarów: waży się cylinder z glebą oraz cylinder po usunięciu z niego gleby. Uzyskane wyniki podstawia się do poniższych wzorów,

$$S_o = \frac{d - e}{v} \text{ [g/cm}^3\text{]}; \quad W_{\text{wav}} = \frac{a - d}{v} \text{ [%]}.$$

10

w których:

$S_o$  – gęstość objętościowa rzeczywista [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ],

$W_{av}$  – wilgotność aktualna objętościowa [%],

$a$  – waga cylindra z glebą świeżą [g],

$d$  – waga cylindra z glebą wysuszoną [g],

$e$  – waga pustego cylindra [g],

$v$  – objętość cylindra [ $\text{cm}^3$ ].

Znając gęstość gleby, jej skład mechaniczny oraz wilgotność można określić (w przybliżony sposób) wielkość oporu jednostkowego, stawianego przez glebę maszynom uprawowym. Umiejętność ta będzie niezwykle przydatna na kolejnych ćwiczeniach, szczególnie na tych, które dotyczyć będą oporów roboczych maszyn, zużycia paliwa w pracach polowych a nawet wydajności maszyn.

#### **ZADANIA DO WYKONANIA**

1. Pobranie z poligonu próbek gleby do badań laboratoryjnych (cylindry i gleba luzem).
2. Zważenie cylindra z glebą świeżą i umieszczenie go w suszarce.
3. Zważenie cylindra z glebą wysuszoną i pustego cylindra.
4. Wyliczenie gęstości objętościowej rzeczywistej i wilgotności aktualnej gleby.
5. Określenie organoleptyczne zawartości części spławialnych w glebie, ustalenie kategorii agronomicznej gleby.
6. Umieszczenie wyników pomiarów i oznaczeń w tabeli sprawozdania.



Ćwiczenie 1	Gleba jako środowisko pracy maszyn		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Tabela pomiarów i oznaczeń

Badana cecha	Jednostka	Wartość cechy
Zawartość części splawialnych	%	
Grupa mechaniczna	opis	
Kategoria agronomiczna	opis	
Gęstość objętościowa rzeczywista	$\text{g/cm}^3$	
Stopień zbitości wg gęstości objętościowej	opis	
Wilgotność aktualna	%	

Wnioski:

## Ćwiczenie 2

### AGREGATOWANIE MASZYN I SPOSOBY PRZEKAZANIA NAPĘDU

#### WPROWADZENIE

Maszyny uprawowe, stosowane w rolnictwie, przystosowane są do współpracy z ciągnikami rolniczymi bądź nośnikami narzędzi. Połączenie maszyny i ciągnika zapewnia możliwość jej przemieszczania po polu, a w wypadku maszyn aktywnych również wykonanie określonego rodzaju pracy. Agregatowanie maszyn odbywa się kilkoma sposobami i uzależnione jest od jej rodzaju. Najprostszy sposób agregatowania, dotyczy maszyn przyczepianych. Łączą się one z ciągnikiem za pomocą stałego zaczepu, nie zmieniającego swojego położenia zarówno w czasie transportu jak i wykonywania pracy. Najczęściej są to: przyczepy jedno- lub dwuosiowe, brony zębowe, niektóre siewniki. Maszyny półzawieszane i zawieszane agregatowane są z ciągnikiem za pomocą trójpunktowego układu zawieszenia. Połączenie takie umożliwia podniesienie części, lub całej maszyny, na uwrociach lub w trakcie transportu. Jest to bardzo popularny sposób agregatowania i dotyczy większości maszyn uprawowych.

U niektórych maszyn istnieje konieczność przekazania dodatkowego napędu od ciągnika. Siłowniki hydrauliczne, służące do podnoszenia lub opuszczania części maszyn, zasilane są energią przekazywaną za pomocą zewnętrznego układu hydraulicznego, napędzanego przez pompę hydrauliczną ciągnika. Z takiego źródła energii korzystają również silniki hydrauliczne, montowane np. w rozsiewaczach wapna.

Najpopularniejszy i najbardziej efektywny sposób przekazania napędu odbywa się za pomocą wałka przekładnika mocy, napędzanego przez silnik ciągnika. Do końcówki wałka przekładnika mocy podłącza się wałek przegubowo-teleskopowy, który na drugim końcu podłącza się do maszyny. Przekazanie napędu może odbywać się z wykorzystaniem obrotów zależnych lub niezależnych. Obroty niezależne są przekazywane bezpośrednio z silnika, z pominięciem skrzyni przekładniowej ciągnika. Prędkość obrotowa wałka przekładnika mocy wynika wówczas tylko z obrotów silnika i nie zależy od włączonej przekładni w skrzyni przekładniowej oraz prędkości jazdy ciągnika. Zależność tę wykorzystuje się np. w sytuacji gdy za pomocą zmian prędkości poruszania się agregatu po polu pragnie się uzyskać np. zmianę ilości wysiewu nawozu. Obroty zależne są przekazywane przez skrzynię przekładniową, są więc zsynchronizowane z prędkością kół napędowych i długością przebytej drogi. Uzyskuje się podobny efekt jak gdyby napęd części roboczych maszyny (np.

taśmy wygarniającej rozsiewacza) pochodził od kół jezdnych. Istnieje wówczas ścisła zależność pomiędzy prędkością przemieszczania się agregatu a obrotami części roboczych maszyny (np. talerzy wysiewających).

## PROGRAM ĆWICZENIA

W ramach zajęć laboratoryjnych zostanie wykonane agregatowanie ciągnika i glebogryzarki. W tym celu wykorzystany zostanie trójpunktowy układ zawieszenia oraz wał przegubowo-teleskopowy, służący do przekazania napędu. Uczestnicy zajęć zapoznają się z przekazaniem napędu od ciągnika do glebogryzarki, z zastosowaniem obrotów zależnych i niezależnych.

## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

W celu zapoznania się z zależnym i niezależnym sposobem przekazania napędu od silnika ciągnika na maszyny współpracujące, wykonane zostanie proste doświadczenie. Ciągnik ustawia się tylnymi kołami na rolkach, służących do badań układu hamulcowego. Po umieszczeniu kół ciągnika w tym miejscu hamownie, ustawia się w taki sposób, aby rolki obracały się swobodnie. W wyniku tego, koła napędowe ciągnika będą się obracały, natomiast ciągnik pozostanie w tym samym miejscu.

Na jednym z kół napędowych ciągnika zaznacza się kredą biały pas, ułatwiający określenie liczby jego obrotów.

W trakcie doświadczenia skrzynia przekładniowa ciągnika ustawiona jest na jeden z biegów polowych i włączony jest napęd na wałek przekaźnika mocy (WOM). Koła napędowe ciągnika powinny obracać się ze stałą prędkością. Jedna z osób liczy ilość obrotów koła napędowego ciągnika. Obliczenie to powinno trwać 2 minuty. W tym samym czasie zlicza się obroty wałka przekaźnika mocy. Można wykorzystać w tym celu tachometr, którego końcówkę przykładają się do środka WOM-u. Uzyskane wyniki wpisuje się do tabeli umieszczonej w sprawozdaniu. Następnie należy dokonać ponownej próby, przy czym bieg ciągnika pozostaje bez zmian, zwiększa się natomiast obroty silnika. Pomiar wykonuje się analogicznie jak za pierwszym razem. Po zakończeniu drugiego pomiaru, ponownie zwiększa się obroty silnika (bez zmiany biegu) i powtarza cały proces.

Uzyskane wyniki podstawia się do wzoru:

$$n_1 = \frac{O_{w1}}{O_{k1}},$$

w którym:

$n_1$  – współczynnik zależności obrotów WOM i kół napędowych (dotyczy 1-go pomiaru),

$O_{w1}$  – liczba obrotów wałka przekaźnika mocy szt/min (dla 1-go pomiaru),

$O_{k1}$  - liczba obrotów koła napędowego szt/min (dla 1-go pomiaru).

Jeżeli pomiędzy współczynnikami  $n_{(1,2,3)}$  określonymi w kolejnych próbach spełniona jest zależność:

$$n_1 = n_2 = n_3,$$

to przeniesienie napędu odbywało się w sposób zależny. Jeżeli wartości współczynników nie są sobie równe:

$$n_1 \neq n_2 \neq n_3,$$

napęd został przekazany w sposób niezależny.

Po zakończeniu pomiarów, zmienia się sposób przeniesienia napędu i powtarza doświadczenie, (wyniki doświadczeń należy umieścić w sprawozdaniu).

W dalszej części ćwiczeń należy przystąpić do zapoznania się z agregatowaniem maszyn z ciągnikiem.

Agregatowanie za pomocą trójpunktowego układu zawieszenia przeprowadza się w następujący sposób:

- należy podjechać tyłem ciągnika do maszyny przeznaczonej do agregatowania,
- jako pierwszy punkt podłącza się cięgło dolne nie posiadające możliwości regulacji długości wieszaka, sworzeń maszyny po przełożeniu przez główkę cięgła zabezpiecza się przetyczką,
- w następnej kolejności należy przyłączyć drugie cięgło (o regulowanej długości wieszaka) i analogicznie, jak w wypadku pierwszego cięgła, zabezpieczyć sworzeń przetyczką,
- jako ostatni podłączany jest łącznik górny, łączący ciągnik ze wspornikiem maszyny. Założony sworzeń należy zabezpieczyć przetyczką. Ostatnią

czynnością jest napięcie łańcuchów, w celu uniemożliwienia ciąglom dolnym uderzania w koła ciągnika (należy jednak pozostawić pewien luz).

W przypadku maszyn aktywnych, należy dokonać podłączenia wałka przegubowo-teleskopowego, za pomocą którego przekazywany jest napęd od ciągnika. Można wykonać to w następujący sposób:

- sprawdzić czy wałek przekaznika mocy nie obraca się, tylko w takiej sytuacji można przystąpić do pracy,
- założyć wielowypustową końcówkę wału przegubowo-teleskopowego na końcówkę wału odbioru mocy znajdującą się w przekładni napędowej glebogryzarki. Czynność tę wykonuje się w taki sposób, aby widelki przyłączne osłony trafiły w widelki przyłączne, znajdujące się na obudowie przekładni napędowej glebogryzarki,
- przełożyć przetyczki zabezpieczające, przez otwory w widelkach,
- podłączyć końcówkę wielowypustową wałka przegubowo-teleskopowego do końcówki wałka przekaznika mocy znajdującego się w ciągniku,
- połączyć i zabezpieczyć widelki przyłączne (analogicznie jak do glebogryzarki),
- za pomocą łańcuchów przymocować osłonę wałka przegubowo-teleskopowego do nieruchomych części ciągnika (pierwszy łańcuch) i glebogryzarki (drugi łańcuch),
- sprawdzić wszystkie podłączenia oraz zabezpieczenie ich przetyczkami,
- jeśli maszyna została podłączona poprawnie można (na wolnych obrotach) przystąpić do oceny czy następuje przeniesienie napędu z ciągnika na zespoły robocze maszyny.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Określić ilość obrotów kół jezdnych ciągnika i wałka przekaznika mocy.
2. Podać, kiedy napęd przenoszony był w sposób zależny, a kiedy w sposób niezależny.
3. Wykorzystując trójpunktowy układ zawieszenia zagregatować ciągnik z glebogryzarką.
4. Dokonać podłączenia wałka przegubowo-teleskopowego.

Ćwiczenie 2	Agregatowanie maszyn i sposoby przekazania napędu		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Tabela pomiarów

Badana cecha	Kolejne pomiary		
	1	2	3
Pierwsza próba			
Liczba obrotów WOM (szt/min)			
Liczba obrotów koła jezdnego (szt/min)			
Wartość współczynnika $n$			
Druga próba			
Liczba obrotów WOM (szt/min)			
Liczba obrotów koła jezdnego (szt/min)			
Wartość współczynnika $n$			

Wnioski:

1. Jaki był sposób przeniesienia napędu w pierwszej, a jaki w drugiej próbie?
2. Jakie praktyczne znaczenia ma możliwość stosowania zależnego i niezależnego przekazania napędu? Podaj przykłady maszyn i zabiegów agrotechnicznych, w których korzystamy z tych zależności.

### Ćwiczenie 3

## POZIOMOWANIE I PARAMETRY ROBOCZE MASZYN UPRAWOWYCH

### WPROWADZENIE

Zabiegi uprawowe stosowane w rolnictwie mają na celu zoptymalizowanie fizycznych właściwości roli. Następuje to poprzez spulchnienie gleb, nadmiernie zagęszczonych, lub ugniecenie gleb zbyt luźnych. Typowymi narzędziami stosowanymi w celu spulchnienia gleby są kultywatory, głębosze, brony (bierne i czynne) oraz glebogryzarki. Narzędziami, które poza spulchnianiem również odwracają warstwę gleby są pługi. Natomiast ugniatanie gleby oraz jej kruszenie osiąga się poprzez stosowanie wałów (wgłębnych, kruszących, strunowych itd.). Elementami decydującymi o jakości wykonanego zabiegu jest głębokość oraz jej wyrównanie na całej szerokości roboczej maszyny, prędkość poruszania się maszyn i jej elementów roboczych (szczególnie u maszyn aktywnych) oraz nie pozostawianie omijaków przy kolejnych przejazdach roboczych. Wraz ze zmianą prędkości poruszania się maszyn następują zmiany intensywności ich oddziaływania na glebę, np. wyższa prędkość podczas orki powoduje intensywne kruszenie i rozrzucanie skiby przy słabym odwróceniu – wskazana jest podczas podorywki. Orki wykonywane najwolniej to orki przedzimowe, w których przede wszystkim wymagane jest dokładne odwrócenie roli. Ponadto, istotnym elementem jest zachowanie odpowiedniego stosunku szerokości do głębokości pracy poszczególnych korpusów płuznych. W podorywkach stosunek ten wynosi jak 2 : 1, w orkach siewnych 1 : 1, a w orce ziębli 1 : 1,5 lub 2. Osiągnięcie takich parametrów roboczych jest możliwe poprzez dobór odpowiednich pługów (inne do podorywki, inne do orok siewnych). Istnieje również pewna regulacja szerokości roboczej pluga, określana mianem regulacji szerokości pierwszej skiby. Kolejną regulacją jest regulacja głębokości pracy, która wykonywana jest jako regulacja kopiująca, pozycyjna, siłowa lub mieszana. W układach swobodnych agregatowania maszyn z ciągnikami (poprzez trójpunktowy układ zawieszenia) najczęściej występuje regulacja kopiująca, polegająca na odpowiednim ustawieniu kół kopiujących, ograniczających zagłębianie się maszyn w glebę poniżej żądanej wartości. Po ustawieniu głębokości pracy można przystąpić do wypoziomowania maszyny w płaszczyznach poprzecznej i podłużnej. Regulacja w płaszczyźnie podłużnej ma na celu wyrównanie pracy przedniej i tylnej części maszyny. Wykonywana jest za pomocą łącznika górnego. Regulacja w płaszczyźnie poprzecznej wykonywana jest za pomocą korby na wieszaku ciągła i ma na celu wyrównanie głębokości pracy prawej i lewej strony maszyny.

## PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie zajęć laboratoryjnych zostanie wykonane agregatowanie pługa z ciągnikiem, ustawienie głębokości pracy, wypoziomowanie maszyny oraz ustawienie szerokości roboczej pierwszej skiby. W dalszej części zostanie przeprowadzona próbna orka i dokonana ocena jej głębokości (oddzielnie dla każdego z korpusów). W przypadku nierównomiernej pracy korpusów zostanie wykonana korekta wypoziomowania maszyny.

## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

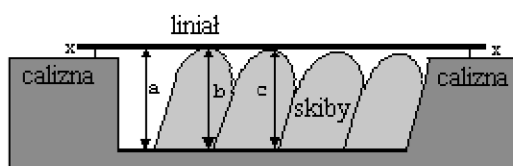
W celu przeprowadzenia ćwiczenia należy zagregatować ciągnik z pługiem. Powstały agregat maszynowy ustawia się na płaskiej powierzchni i sprawdza czy wszystkie lemieszki przylegają do podłoża na całej swojej długości. Jeżeli lemiesz pierwszego korpusu oparty jest o podłoże, a lemiesz ostatniego korpusu nie dotyka podłoża oznacza to, że maszyna nie jest wypoziomowana w płaszczyźnie podłużnej. Korekty dokonuje się poprzez wydłużanie łącznika górnego (przód maszyny pozostaje w poprzednim położeniu, tył ulega opuszczeniu). W przypadku gdy wszystkie lemieszki dotykają podłoża, lecz np. tylko częścią dziobową (tył lemieszki jest uniesiony) oznacza to niepoprawne wypoziomowanie w płaszczyźnie poprzecznej. Regulacji dokonuje się poprzez skracanie wieszaka cięgła prawego. W sytuacji takiej punkt maszyny, w którym łączy się ona z lewym cięglem dolnym – pozostaje w tym samym położeniu. Po wykonaniu regulacji poprzecznej najczęściej należy dokonać niewielkich zmian w poziomowaniu podłużnym.

Po zakończeniu poziomowania można przystąpić do ustalenia szerokości roboczej pierwszej skiby. W tym celu do płozy ostatniego korpusu płużnego przykładamy liniał (ważne aby przylegał równolegle na całej długości) i kolorową kredą na powierzchni podłogi rysujemy kreskę. Następnie należy przłożyć liniał do pierwszego korpusu płużnego i powtórzyć cały zabieg. Ważne aby narysowane kreski znajdowały się na podobnej wysokości, co ułatwi pomiar odległości pomiędzy nimi. Za pomocą mimośrodów pługa dokonujemy zmiany szerokości roboczej pierwszej skiby. Ponownie należy przłożyć liniał do płozy ostatniego korpusu płużnego i zaznaczyć kreskę (pamiętać o zmianie koloru kredy). Czynność tę powtarza się również dla pierwszego korpusu. Po wykonaniu powyższych czynności można przystąpić do pomiaru odległości pomiędzy poszczególnymi kreskami – przed i po zmianie ustawienia. Pamiętając, że odczytana wartość dotyczy szerokości roboczej dwóch skib określić jaka była i jaka jest obecnie szerokość robocza pługa? Po zakończeniu



pomiarów i obliczeń można przystąpić do regulacji głębokości pracy pługa. Wykonuje się ją za pomocą koła kopiującego.

Kolejnym etapem ćwiczeń jest wykonanie próbnej orki. W poprzek zaoranego pasa należy położyć liniał w taki sposób aby leżał on równoległe do calizny (rys.1.). Zmierzyć odległość od liniału do calizny (z obydwu jego końców). Odkopać glebę do głębokości, w której pracowały korpusy płużne i zmierzyć głębokość ich pracy. Głębokość orki stanowi różnicę pomiędzy odległością od liniału do dna bruzdy a odległością od liniału do calizny. Schemat wykonania pomiaru przedstawia rys.1. Porównać głębokości pracy poszczególnych korpusów. Jeżeli są one różne oznacza to nieprawidłowo wykonaną regulację. Zwróć uwagę, że podczas orki jedno z kół ciągnika jechało w bruzdzie, a cały agregat został przechylony. W celu skorygowania nastaw należy ustawić ciągnik prawymi kołami na podwyższeniu o takiej wysokości, jaka będzie głębokość planowanej orki. Następnie opuszcza się pług i ponownie



a,b,c - miejsca pomiaru głębokości orki

x, x- miejsca pomiaru odległości liniału od calizny (powinny być sobie równe)

Rys. 1. Schemat ułożenia liniału oraz wykonania pomiaru głębokości orki

dokonyje poziomowania poprzecznego i podłużnego zgodnie z przedstawionymi wcześniej zasadami. Po zakończeniu poziomowania należy powtórnie wykonać próbną orkę i określić głębokość pracy poszczególnych korpusów płużnych. Jeżeli jest ona taka sama, można uznać pług za wypoziomowany.

**ZADANIA DO WYKONANIA**

1. Wykorzystując trójpunktowy układ zawieszenia wykonaj agregatowanie ciągnika i pługa.
2. Sprawdź ustawienie pługa na powierzchni podłogi i określ czy jest wypoziomowany.
3. Dokonaj poziomowania poprzecznego i podłużnego pługa.
4. Wykonaj regulację szerokości roboczej pierwszej skiby, określ szerokość roboczą pojedynczego korpusu i całego pługa.
5. Ustaw głębokość roboczą pługa wiedząc, że zostanie nim wykonana podorywka. Pamiętaj o zależności szerokości i głębokości skiby w proponowanym zabiegu
6. Przeprowadź próbną orkę i określ głębokość pracy poszczególnych korpusów płużnych.
7. Jeżeli głębokość pracy poszczególnych korpusów płużnych jest różna, dokonaj ponownej regulacji poziomowania pługa.

Ćwiczenie 3	Poziomowanie i parametry robocze maszyn uprawowych		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Wartość cechy	
	Przed regulacją	Po Regulacji
Szerokość robocza pojedynczego korpusu		
Szerokość robocza pługa		
Głębokość pracy (mierzona w laboratorium)		
Głębokość orki wykonywanej przez:		
Korpus 1		
Korpus 2		
Korpus 3		

Wnioski:

1. Opisz na czym polega różnica w poziomowaniu pługa i kultywatora.
2. Jakie są zalety i wady regulacji kopiującej, na czym ona polega?

## Ćwiczenie 4

### WYDAJNOŚĆ EKSPLOATACYJNA MASZYN

#### WPROWADZENIE

Wydajność maszyn stanowi podstawowy czynnik, umożliwiający zaplanowanie procesów technologicznych w rolnictwie. Składnik ten jest wypadkową szerokości roboczej maszyny, prędkości jej poruszania się po polu oraz sprawności operatora. Podczas przeprowadzania dowolnych procesów technologicznych, wyróżniamy wiele tzw. czasów składowych, niezbędnych do ich realizacji. Czas  $T_{07}$  - określany jako czas ogólny zmiany, stanowi sumę wszystkich czasów składowych. Wobec tego zawarty w nim jest czas efektywny ( $T_1$ ) będący czasem, w którym bezpośrednio wykonuje się czynność podstawową danego procesu.  $T_2$  czas pomocniczy, zużywany na powtarzające się czynności pomocnicze, niezbędne do zachowania ciągłości procesu technologicznego.  $T_3$  czas przeznaczony na obsługę i regulację maszyn.  $T_4$  czas usuwania usterek technicznych i technologicznych.  $T_5$  czas przeznaczony na odpoczynek.  $T_6$  czas przygotowawczy i zakończeniowy, np. przejazdu na pole i z powrotem łącznie z przygotowaniem maszyny do transportu.  $T_7$  nadzwyczajne straty czasu, np. z przyczyn atmosferycznych, organizacyjnych.  $T_8$  czas obsługi okresowej wg instrukcji obsługi. Porównując czas eksploatacyjny do czasu ogólnego zmiany, można określić sprawność procesu technologicznego ( $K_{07}$ ). Zwiększenie wydajności, w wielu przypadkach, jest możliwe poprzez ograniczenie czasów przeznaczonych na czynności dodatkowe. Powoduje to również wzrost sprawności wykonywanego procesu technologicznego.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie ćwiczenia należy określić praktyczną wydajność agregatu podczas prac polowych. Następnie porównać ją z wydajnością teoretyczną, wyliczoną w oparciu o odpowiednie wzory. Wyniki posłużą do określenia sprawności przeprowadzonego procesu technologicznego. W podsumowaniu ćwiczenia określona zostanie ilość maszyn, niezbędna do wykonania zabiegu agrotechnicznego w określonym czasie.

## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Pierwsza część ćwiczenia zostanie przeprowadzona na poligonie eksploatacyjnym.

Należy dokonać następujących pomiarów:

- szerokości roboczej maszyny,
- długości drogi przejazdu roboczego,
- czasów składowych procesu technologicznego,
- ilości wykonanej pracy.

Pomiary zostaną wykonane taśmą mierniczą i stoperami.

W celu obliczenia wydajności teoretycznej wykorzystana zostanie zależność:

$$W_1 = b \cdot v,$$

w której:

$W_1 = W_T$  - oznacza wydajność teoretyczną [ $m^2/s$ ] po przeliczeniu [ha/h],

$b$  - szerokość roboczą [m],

$v$  - prędkość jazdy agregatu podczas pracy [m/s].

Znając ilość wykonanej pracy można wyliczyć wydajność teoretyczną wg zależności:

$$W_1 = \frac{Q}{T_1},$$

w której:

$Q$  - oznacza ilościowy efekt pracy agregatu [ $m^2$ ],

$T_1$  - efektywny czas pracy [s].

Wydajność praktyczna różni się znacznie od teoretycznej. Uwzględnia bowiem sprawność procesu technologicznego, a podstawowy wzór przyjmuje postać:

$$W_{07} = b \cdot v \cdot K_{07} ,$$

w którym symbole oznaczają odpowiednio:

$W_{07} = W_P$  - wydajność praktyczna [ $m^2/s$ ],

$K_{07}$  - współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego zmiany,  
pozostałe oznaczenia odpowiednio jak we wzorach powyżej.

W celu wyznaczenia współczynnika wykorzystania czasu ogólnego zmiany należy skorzystać z zależności:

$$K_{07} = \frac{T_1}{T_{07}} ,$$

w której;

$T_1$  - oznacza czas efektywny, zużyty bezpośrednio na wykonanie zadania (czas pracy maszyny w glebie) [h],

$T_{07}$  - czas ogólny zmiany, stanowiący sumę wszystkich czasów składowych [h].

Znając ilość pracy, którą należy wykonać i wykorzystując zależności dotyczące wydajności praktycznej maszyn, można wyznaczyć niezbędną ilość maszyn potrzebnych do wykonania danej pracy w okresie agrotechnicznym.

W tym celu posługujemy się równaniem:

$$I = \frac{F}{W_{07} \cdot T_{07} \cdot t_{agr}} ,$$

w którym:

$I$  - ilość potrzebnych agregatów [szt.],

$F$  - ilość pracy do wykonania, powierzchnia uprawy [ha],

$t_{agr}$  - długość okresu agrotechnicznego [dni],

pozostałe oznaczenia jw.

**ZADANIA DO WYKONANIA**

1. Dokonaj pomiaru szerokości roboczej maszyny oraz długości drogi przejazdu roboczego [m].
2. Zmierz czasy trwania poszczególnych czynności, zgodnie z ich podziałem umieszczonym we wstępie do ćwiczenia.
3. Wykonaj pomiar powierzchni, która została poddana procesowi technologicznemu.
4. Wylicz wydajność teoretyczną i praktyczną badanego procesu technologicznego.
5. Korzystając z danych zawartych w tabelach umieszczonych w aneksie, oblicz wydajność praktyczną wybranego zabiegu agrotechnicznego i wyznacz ilość maszyn niezbędnych do wykonania tego zabiegu w okresie agrotechnicznym.

Ćwiczenie 4:	Wydajność eksploatacyjna maszyn		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Jednostka	Wartość cechy
szerokość robocza maszyny	m	
prędkość jazdy podczas pracy	m/s	
powierzchnia poddana obróbce	m <sup>2</sup>	
współczynnik $K_{07}$		
wydajność teoretyczna próby	ha/h	
wydajność praktyczna próby	ha/h	
<b><i>Obliczenia wykonane w oparciu o dane tabelaryczne</i></b>		
rodzaj maszyny	nazwa	
szerokość robocza	m	
prędkość agrotechniczna	km/h	
długość okresu agrotechnicznego	dni	
czas eksploatacyjny zmiany	h	
współczynnik $K_{07}$		
powierzchnia przeznaczona do uprawy	ha	
wydajność praktyczna	ha/h	
potrzebna ilość maszyn	szt.	

Wnioski:



## Ćwiczenie 5

### OPÓR ROBOCZY MASZYN, ZAPOTRZEBOWANIE NA MOC CIĄGNIKA

#### WPROWADZENIE

Opór roboczy jest czynnikiem decydującym o doborze ciągnika współpracującego do maszyn. W pośredni sposób wpływa również na ilość zużytego w danym zabiegu agrotechnicznym paliwa. Wielkość oporu zależy od rodzaju zabiegu agrotechnicznego, powierzchni kontaktu maszyny z glebą (szerokość i głębokość robocza, rodzaj elementów roboczych), składu mechanicznego gleby oraz jej stanu uwilgotnienia. Poprawny dobór ciągnika do danej maszyny powinien zapewniać optymalne wykorzystanie jego mocy, uwzględnić oczywiście należy rezerwy mocy silnika niezbędną przy zmianach warunków pracy. Dobierając ciągnik do współpracy z maszynami uprawowymi należy uwzględnić prędkość poruszania się agregatu podczas pracy. Zależność ta będzie decydowała o wielkości mocy użytecznej niezbędnej do wykonania danego zabiegu. Drugim niezmiernie istotnym czynnikiem, który należy uwzględnić jest sprawność ogólna ciągnika ( $\eta_0$  – czytaj  $\epsilon$ ta). Parametr ten określa w jakiej części moc silnika jest zużywana na wszelkie straty mocy, związane np. ze sprawnością przekładni mechanicznych ciągnika, wielkością poślizgu i oporami toczenia kół ciągnika. Wartość tego współczynnika, wyznaczona empirycznie, waha się w granicach 0,6 dla ciągników kołowych z napędem na jedną oś, 0,7 dla ciągników gąsienicowych oraz 0,8 dla ciągników kołowych z napędem na dwie osie. Podczas wyznaczania mocy efektywnej maszyn aktywnych, należy uwzględnić również moc przekazywaną tym maszynom przez wałek odbioru mocy. Opór roboczy maszyn można wyznaczyć teoretycznie, uzyskane wyniki obciążone są jednak pewnym błędem, wynikającym z przyjmowania przybliżonych współczynników dotyczących np. oporu jednostkowego. Dokładne wartości oporu można zmierzyć w warunkach polowych za pomocą dynamometru, umieszczonego pomiędzy źródłem energii a pracującą maszyną.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie ćwiczenia zostanie przeprowadzona polowa próba oporu roboczego kultywatora. Część obliczeniowa będzie polegała na porównaniu oporu roboczego kultywatora, wyznaczonego w badaniu polowym, z

teoretycznie obliczonym oporem kultywatora o podobnych parametrach roboczych. Wyliczona również zostanie moc użyteczna, efektywna oraz całkowita niezbędna do wykonania tego zabiegu. Określona, ponadto, zostanie klasa i moc ciągnika wymaganego do współpracy z analizowaną maszyną.

## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Do przeprowadzenia prób polowych wykorzystany zostanie zestaw składający się z dwóch ciągników, kultywatora, dynamometru i zestawu wskazującego do pomiaru sił. Jeden z ciągników należy zagregatować za pomocą trójpunktowego układu zawieszenia z kultywatorem. Następnie należy wypoziomować poprzecznie i podłużnie maszynę (zgodnie z zasadami omówionymi na ćwiczeniach dot. regulacji maszyn). Ustawia się żadaną głębokość pracy kultywatora i zapisuje jej wartość. Dokonuje się również pomiaru szerokości roboczej. Ciągnik, który został zagregatowany posługuje jedynie za „nośnik narzędzia”, umożliwiając sprawne jego opuszczanie i podnoszenie oraz regulację. Energia bowiem pochodzić będzie od drugiego ciągnika, połączonego z pierwszym sprzęgiem, w który wbudowany został dynamometr. Dynamometr należy podłączyć do zestawu wskazującego pomiaru sił. Wskazania miernika będą dotyczyły sumarycznego oporu pracującej maszyny (kultywatora) i ciągniętego nośnika narzędzi (ciągnika). W celu uzyskania wartości charakteryzującej jedynie opór pracującego narzędzia, należy wykonać dwa pomiary. Pierwszy polegający na tym, że odczytujemy wskazania podczas gdy jeden ciągnik ciągnie drugi, a narzędzie uniesione jest nad glebą (nie pracuje). Drugi pomiar wykonuje się w analogiczny sposób, lecz narzędzie zagłębione jest w glebie. Warunkiem poprawności przeprowadzonych badań jest zachowanie takiej samej prędkości przy obydwu przejazdach, zestaw porusza się po takim samym podłożu. Różnica wskazań odczytu drugiego (kultywator w glebie) i pierwszego (kultywator ponad glebą) dają wartość, którą można podstawić do wzoru:

$$P_D = \alpha \cdot P \cdot N \cdot 0,0098066 ,$$

gdzie:

$P_D$  – siła oporu roboczego [kN],

$\alpha$  - ilość działek odczytana na mierniku MP-3A,

$P$  – położenie przełącznika zakresów na wskaźniku,

$N$  – zakres nominalny siłomierza (2000).

Teoretycznie opór roboczy maszyn można wyliczyć korzystając z następujących wzorów:

- dla pługa:

$$P_o = k_o \cdot a \cdot b \cdot n ,$$

w którym:

$P_o$  – opór roboczy pługa [kN],

$k_o$  – opór jednostkowy orki (tabela w aneksie) [kN/m<sup>2</sup>],

$a$  – głębokość pracy [m],

$b$  – szerokość pracy pojedynczego korpusu [m],

$n$  – ilość korpusów.

- dla pozostałych maszyn uprawowych:

$$P_n = k_n \cdot b_n ,$$

w którym:

$P_n$  – opór roboczy pozostałych maszyn [kN],

$k_n$  – opór jednostkowy danej maszyny (tabela w aneksie) [kN/m],

$b_n$  – całkowita szerokość robocza [m].

Obliczenia dotyczące oporu roboczego kultywatora należy oprzeć o wyniki pomiarów, uzyskanych na poligonie, np. szerokość robocza. Wartość oporu jednostkowego należy przyjąć z tabeli zawartej w aneksie, pamiętając, że wartości te zależą od kategorii agronomicznej gleby (oznaczona na ćwiczeniu nr 1), stanu jej uwilgotnienia oraz głębokości pracy maszyny. Należy więc wykazać się pewnym wyczuciem w doborze tego współczynnika. Uzyskaną wartość należy wpisać do tabeli umieszczonej w sprawozdaniu. Podobnie jak wartość wyliczoną w części praktycznej badań. Po dokonaniu obliczeń oporu można przystąpić do określenia mocy użytecznej potrzebnej do wykonania danego zabiegu agrotechnicznego. Określa ją wzór:

$$N_u = P_o \cdot v ,$$

30

w którym:

$N_u$  – moc użyteczna [kW],

$P_o$  (lub  $P_n$ ) – opór roboczy narzędzia [kN],

$v$  – prędkość robocza wykonywanego zabiegu [m/s].

Powyższy wzór jest traktowany jako uproszczony, zakłada on bowiem, że zabieg wykonywany jest na terenie płaskim, przy stałej prędkości roboczej.

Kolejnym etapem, który należy wykonać w celu poprawnego doboru ciągnika współpracującego do maszyn uprawowej, jest określenie mocy efektywnej. Dla maszyn biernych wielkość tą wyznacza zależność:

$$N_e = \frac{N_u}{\eta_o} \text{ [kW]},$$

w której:

$N_e$  – moc efektywna [kW],

$N_u$  – moc użyteczna [kW],

$\eta_o$  - współczynnik sprawności ogólnej ciągnika.

W przypadku obliczania mocy efektywnej maszyn aktywnych, należy uwzględnić moc przekazywaną za pośrednictwem wałka odbioru mocy, a powyższa zależność przybierze postać:

$$N_e = \frac{N_u}{\eta_o} + \frac{N_p}{\eta_p} \text{ [kW]},$$

przy czym

$$N_p = M_p \cdot n_p$$

oznaczenia odpowiednio:

$N_p$  – moc przekazywana przez wałek odbioru mocy [kW],

$\eta_p$  - sprawność wałka odbioru mocy,

$M_p$  – moment obrotowy wałka odbioru mocy [kNm],

$n_p$  – obroty wałka odbioru mocy [rad/s],

pozostałe oznaczenia jak we wzorze powyżej.

Podczas wykonywania zabiegów uprawowych należy przewidzieć pewną ilość rezerw mocy niezbędnej do wykonania danego zabiegu. Uwzględnia ona lokalne zmiany oporu jednostkowego, wynikające np. z odmiennej wilgotności gleby na danym odcinku, konieczności pokonania wzniesienia itd. Rezerwa ta wynosi około 15% dla orki i 5% dla pozostałych zabiegów. Wartość mocy całkowitej można w takim wypadku obliczyć stosując wzór:

$$N_c = \frac{N_e}{K_1} \text{ [kW]},$$

w którym:

$N_c$  – moc całkowita [kW],

$N_e$  – moc efektywna [kW],

$K_1$  – współczynnik rezerw mocy (0,85 – dla orki, 0,95 – dla pozostałych zabiegów).

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Wykonaj zestaw do badań, składający się z ciągników, sprzęgu i kultywatora (zgodnie z wcześniejszym opisem).
2. Określ parametry eksploatacyjne kultywatora oraz prędkość poruszania się zestawu, wyniki umieść w sprawozdaniu.
3. Dokonaj pomiaru oporu roboczego pracującej maszyny (wg opisu zamieszczonego w omówieniu programu ćwiczenia).
4. Wyznacz wartość mocy efektywnej ciągnika potrzebnego do przeprowadzenia badania.
5. Wylicz opór roboczy testowanego kultywatora, stosując współczynniki eksploatacyjne zawarte w tabelach umieszczonych w aneksie. Dobierz odpowiedni ciągnik.
6. Porównaj uzyskane wyniki i opracuj wnioski.

Ćwiczenie 5	Opór roboczy maszyn, zapotrzebowanie na moc ciągnika		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Parametr eksploatacyjny	Jednostka	Wartość zmierzona	Wartość tabelaryczna
Szerokość robocza	m		X
Głębokość pracy	m		X
Prędkość jazdy podczas zabiegu	m/s		X
Współczynnik oporu jednostkowego	kN/m	X	
Współczynnik sprawności ogólnej ciągnika $\eta_0$		X	
Współczynnik rezerw mocy		X	
<b>Wyniki</b>			
Opór roboczy	kN		
Moc efektywna	kW		
Moc użyteczna	kW		
Moc całkowita	kW		
Ciągnik współpracujący	kW		

Wnioski:

## Ćwiczenie 6

### ŻYCIENIE PALIWA W PRACACH POLOWYCH

#### WPROWADZENIE

Jednym ze składników decydujących o kosztach ponoszonych na uprawę danej rośliny, jest koszt zużytego paliwa. Ilość zużytego paliwa, wyrażona w kg/ha lub w MJ/ha, umożliwia ponadto porównanie odmiennych, często alternatywnych, technologii uprawy. Pozwala na określenie ich energochłonności a nawet wyznaczenie efektywności energetycznej, przy uwzględnieniu wielkości plonu uzyskanego w wyniku ich stosowania. Jednym ze sposobów optymalizacji, wykorzystania ciągników rolniczych, jest taki dobór maszyn współpracujących, który zapewnia wykorzystanie mocy ciągnika w stopniu maksymalnym. Przemawia to za precyzyjnym doбором ciągnika do maszyn, w zależności od ich zapotrzebowania na energię, a nawet tworzeniem agregatów wielozadaniowych.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie ćwiczenia zostanie wyliczone zużycie teoretyczne i praktyczne paliwa, podczas wykonywania podstawowych prac polowych, z zastosowaniem pojedynczych maszyn oraz agregatów uprawowych. Pozwoli to na określenie różnic w zużyciu paliwa, czasu pracy oraz wydajności maszyn, podczas wykonywania poszczególnych zabiegów agrotechnicznych.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

W celu poprawnego wykonania ćwiczenia należy skorzystać, w początkowej fazie obliczeń ze wzorów i wskaźników eksploatacyjnych zawartych w ćwiczeniach 4, 5 dot. wydajności maszyn oraz ich oporów roboczych. Ścisłe zużycie paliwa określa się poprzez każdorazowe zmierzenie ilości paliwa przed rozpoczęciem zabiegu agrotechnicznego i po jego zakończeniu. Z różnicy tej wyznaczyć można ilość zużytego paliwa, którą odnosi się do wykonanej pracy. Jest to jednak stosowane jedynie w ścisłych układach doświadczalnych prac naukowych. W praktyce ilość zużytego paliwa można wyliczyć z dużym prawdopodobieństwem stosując wzory empiryczne.

Godzinowe zużycie paliwa przez ciągnik oblicza się, znając obciążenie silnika i jednostkowe zużycie paliwa, zgodnie z zależnością:

$$G_e = \frac{N_e \cdot g_e}{1000} \text{ [kg/h] ,}$$

gdzie:

$G_e$  – godzinowe zużycie paliwa [kg/h],

$N_e$  – moc efektywna [kW],

$g_e$  – jednostkowe zużycie paliwa przy mocy efektywnej  $N_e$  [g/kWh].

Godzinowe zużycie paliwa wyliczone zgodnie z powyższą zależnością sprawdza się jedynie w przypadku gdy ciągnik stale wykonuje daną czynność, tzn. np. wykonuje orkę. Nie jest tutaj uwzględniony czas niezbędny do zagłębienia się pługa w glebę, nawrotów, regulacji itd. Stąd też dokładne wyliczenie jest możliwe dopiero po uwzględnieniu ilości czasu przeznaczonego na poszczególne zabiegi, składające się na dany proces technologiczny oraz uwzględnienie zmieniającego się w tych czasach zapotrzebowania na moc ciągnika.

W sytuacji takiej powyższa zależność przyjmuje postać:

$$G_{ep \text{ } \acute{s}r} = \frac{\sum N_{ei} \cdot g_{ei} \cdot t_i}{T_{08}} \cdot 0,001 \text{ [kg/h] ,}$$

przy czym:  $T_{08} = \sum t_i$  [h]

pozostałe oznaczenia:

$G_{ep \text{ } \acute{s}r}$  – średnie praktyczne godzinowe zużycie paliwa [kg/h],

$N_{ei}$  – moc efektywna rozwijana w poszczególnych odcinkach czasu  $T_{08}$  [kW],

$g_{ei}$  – jednostkowe zużycie paliwa przy poszczególnych mocach  $N_{ei}$  [g/kWh],

$t_i$  - odcinki czasu  $T_{08}$ , w których rozwijane są różne moce efektywne [h],

$T_{08}$  - czas ogólny zmiany pracy agregatu [h].



Teoretyczne i praktyczne zużycie paliwa w odniesieniu do jednostki wykonanej pracy można wyliczyć posługując się poniższymi wzorami:

$$Q_t = \frac{G_e}{W_1} \quad [\text{kg/ha}] ,$$

$$Q_p = \frac{G_{ep\acute{s}r}}{W_{08}} \quad [\text{kg/ha}] ,$$

gdzie:

$Q_{t/p}$  - teoretyczne lub praktyczne zużycie paliwa na jednostkę wykonanej pracy [kg/ha],

$G_e$  - godzinowe zużycie paliwa [kg/h],

$G_{ep\acute{s}r}$  - średnie praktyczne godzinowe zużycie paliwa [kg/h],

$W_1$  - teoretyczna wydajność agregatu [ha/h],

$W_{08}$  - praktyczna wydajność agregatu [ha/h].

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Korzystając z danych eksploatacyjnych zawartych w tabelach umieszczonych w aneksie dobierz parametry robocze maszyn i współpracujących z nimi ciągników. Dane te należy umieścić w sprawozdaniu.
2. W oparciu o ćwiczenia 4, 5, oblicz opór roboczy maszyn, moc efektywną oraz wydajność praktyczną maszyn. Sprawdź poprawność doboru ciągnika.
3. Oblicz zużycie paliwa na ha przy stosowaniu pojedynczych maszyn i składających się z nich agregatów uprawowych oraz czas niezbędny do uprawy 1 ha pola. Wyniki umieść w sprawozdaniu.

Ćwiczenie 6	Zużycie paliwa w pracach polowych		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Parametr eksploatacyjny	Jednostka	Maszyna	
		Aktywna	Bierna
Szerokość robocza	m		
Prędkość robocza	km/h		
Jednostkowe zużycie paliwa	g/kWh		
Moment obrotowy wałka	kNm		
Obroty wałka odbioru mocy	rad/s		
Wsp. oporów jednostkowych	kN/m		
Wsp. wykorzystania czasu eksploatacyjnego zmiany			
Wsp. sprawności ogólnej ciągnika			
Wsp. sprawności wałka odbioru mocy			

Wyniki				
Parametr eksploatacyjny	Jednostka	Maszyna		Agregat
		Aktywna	Bierna	
Opór roboczy	kN			
Moc efektywna	kW			
Zużycie paliwa	kg/h			
Paliwo zużyte na uprawę 1ha	kg/ha			
Wydajność praktyczna	ha/h			
Ilość czasu niezbędna do uprawy 1ha pola	h			

Wnioski:

## Ćwiczenie 7

### NORMA WYSIEWU I PRÓBA KRĘCONA SIEWNIKA

#### WPROWADZENIE

Siew nasion ma na celu umieszczenie ich w glebie na głębokość zapewniającą swobodny podsiąk wody, niezbędnej do kiełkowania. Jednocześnie nie może być zbyt głęboki, gdyż może to utrudniać wschody. Drugim zadaniem spełnianym podczas siewu jest rozmieszczenie nasion na powierzchni. Odstęp między nasionami należy dostosować do indywidualnych wymagań poszczególnych gatunków roślin. Stosowana jest tutaj zasada maksymalizacji plonu z powierzchni a nie z rośliny. Należy zachować szczególną dbałość o równomierne rozmieszczenie nasion, co zapewni przyszłym roślinom podobne warunki wzrostu. W praktyce jakość wykonanego siewu, jest zabiegiem bardzo trudnym do poprawienia, gdyż można ją w pełni ocenić dopiero po wschodach roślin. Przed przystąpieniem do siewu należy ustalić ilość wysiewu nasion, następnie ustawić siewnik na żadaną ilość wysiewu i przeprowadzić „próbny wysiew” w celu sprawdzenia poprawności nastawy.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

Ćwiczenie składa się z części teoretycznej i praktycznej. W części teoretycznej zostanie ustalona ilość wysiewu nasion, z uwzględnieniem optymalnej obsady roślin na jednostce powierzchni, oraz wartości użytkowej nasion. W części praktycznej wykonana zostanie próba kręcona siewnika (próbny wysiew), ocena równomierności siewu i zgodności ilości wysianych nasion z ilością zaplanowaną.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Materiał siewny roślin, oprócz nasion celnych, zawiera również pewien odsetek zanieczyszczeń w postaci nasion innych roślin, piasku, nasion chwastów itd. Stąd też uzasadnione jest stwierdzenie, że wysiewając np. 100 kg materiału nasiennego wysiewamy zaledwie np. 99 kg nasion. Resztę stanowią bowiem zanieczyszczenia. Ponadto, spośród nasion celnych nie wszystkie zachowują zdolność kiełkowania do chwili siewu. Mogą to być nasiona poprawnie

wykształcone fizycznie ale upośledzone fizjologicznie, lub uszkodzone w trakcie przygotowania materiału siewnego (np. podczas suszenia). Podawane normy wysiewu roślin możemy traktować jedynie orientacyjnie, ponieważ przyjmują one, że ilość wysianych nasion jest równa ilości wzeszłych roślin.

W celu określenia wartości użytkowej nasion należy oznaczyć ich czystość i zdolność kiełkowania. Oznaczenie czystości przeprowadza się następująco:

- należy odważyć 5 razy po 50g nasion, wysypać je na papier i oddzielić od nich wszelkie zanieczyszczenia,
- ponownie należy zważyć pobrane próbki (każdą indywidualnie), ułożyć proporcję w celu obliczenia ilości pozostałego materiału,
- z uzyskanych wyników należy wyliczyć średnią, charakteryzującą partię materiału.

Podczas oznaczania zdolności kiełkowania wybiera się 4 próbki nasion celnych po 100 sztuk w każdej, układa się je na bibule w szalce Petriego, nasącza wodą i pozostawia na kilka dni. Po upływie 5-7 dni liczy się skielkowane nasiona i ponownie układa proporcję, wyliczając ilość skielkowanych nasion. Ze wszystkich prób należy wyliczyć średnią. Znając powyższe wartości można przystąpić do obliczenia wartości użytkowej nasion, ułatwia to wzór:

$$W_u = \frac{c_n \cdot z_d}{100} [\%],$$

w którym:

$W_u$  – wartość użytkowa [%],

$c_n$  – czystość nasion [%],

$z_d$  – zdolność kiełkowania [%].

Znając wartość użytkową nasion można przystąpić do określenia pożądanej ilości wysiewu. Przybliżone ilości wysiewu (norma wysiewu) umieszczone są w tabeli w aneksie. W celu ustalenia dokładnej ilości wysiewu należy skorzystać z zależności:

$$I_w = \frac{L_s \cdot MTN}{W_u} [\text{kg/ha}],$$

w której:

Iw – ilość wysiewu [kg/ha],

Ls – obsada roślin [szt/m<sup>2</sup>],

MTN – masa tysiąca nasion [g],

Wu – wartość użytkowa [%].

Dane dotyczące obsady roślin oraz masy tysiąca nasion poszczególnych gatunków roślin uprawnych umieszczono w tabeli znajdującej się w aneksie.

Znając optymalną ilość wysiewu nasion, można przystąpić do nastawienia siewnika. W tym celu należy skorzystać z tabel ustawienia skrzyni przekładniowej dołączonych do siewnika. Odczytać z nich należy ustawienia skrzyni (np. B 5), odpowiadające ustalonej wcześniej ilości wysiewu. W celu sprawdzenia poprawności nastawy należy wykonać próbę kręconą siewnika.

Próba kręcona siewnika wykonywana jest w następujący sposób. Po umieszczeniu nasion w skrzyni nasiennej siewnika należy sprawdzić czy wszystkie aparaty wysiewające zostały zapełnione nasionami. Oczywiście chodzi wyłącznie o te aparaty, które będą wykorzystywane do siewu. Pozostałe aparaty należy zamknąć zasuwkami. Ważne jest aby wszystkie wykorzystywane w trakcie siewu aparaty miały swoje zasuwki otwarte na taką samą przepustowość (np. na 2 ząbek). Jeśli czynności te wykonane są prawidłowo, na każdy z przewodów wysiewających zakłada się torbę papierową, a następnie kilkakrotnie obraca się kołem napędzającym, aby wszystkie aparaty wysiewające rozpoczęły wysiew nasion. Jeśli siew następuje należy przerwać kręcenie kołem a nasiona z torebek wsypać z powrotem do skrzyni nasiennej. Ponownie należy założyć torebki na przewody nasienne i wykonać 50 obrotów kołem napędzającym. Wysiany materiał pozostaje w torebkach. Obecnie należy określić szerokość roboczą siewnika pamiętając, że kolejny przejazd będzie oddalony od poprzedniego o szerokość jednego międzyrzędzia. Zmierzyć również należy obwód lub średnicę koła napędzającego. Następnie dokonuje się ważenia wysianych próbek nasion (każdą osobno). Uzyskane wyniki należy zsumować określając masę całej próby. W celu sprawdzenia zgodności nastawy z pożądaną ilością wysiewu, wyniki uzyskane w próbie oraz parametry siewnika podstawiać należy do wzoru:

$$Po = R \cdot Lo \cdot b \text{ [m}^2\text{]},$$

w którym:

Po – powierzchnia obsiana podczas próby [m<sup>2</sup>],

R – obwód koła [m],

Lo – liczba obrotów kołem,

b – szerokość robocza siewnika [m].

Znając powierzchnię obsianą podczas próby można wyliczyć ilość wysianych nasion na ha przy zachowaniu danej nastawy. Umożliwia to zależność:

$$Q = \frac{q \cdot 10000}{P_o} \text{ [kg/ha] ,}$$

w której:

Q – nastawiona ilość wysiewu [kg/ha],

q – masa nasion wysianych w próbie [kg],

Po - powierzchnia obsiana podczas próby [m<sup>2</sup>].

Znając ilość wysiewanego materiału na ha podczas próby, należy porównać ją z ilością pożądaną i określić czy wynik próby jest zadowalający (odstępstwo mniejsze niż 5%). Jeśli nie, należy zmienić nastawę skrzyni przekładniowej i ponownie przeprowadzić próbę kręconą aż do uzyskania poprawnej nastawy.

Masa próbek nasion, wysianych przez poszczególne aparaty wysiewające, posłuży do określenia równomierności wysiewu poszczególnych aparatów. Można wykonać to za pomocą proporcji, w której za 100% przyjmujemy średnią masę wszystkich prób i do niej porównujemy masy poszczególnych próbek składowych.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Określ czystość, zdolność kiełkowania oraz wartość użytkową nasion.
2. Ustal optymalną ilość wysiewu badanych nasion.
3. Wykonaj próbę kręconą siewnika, uzyskane wyniki porównaj do ustalonej teoretycznie ilości wysiewu.
4. Określ równomierność wysiewu poszczególnych aparatów wysiewających.
5. Wykonaj wykres słupkowy równomierności wysiewu poszczególnych redlic

Ćwiczenie 7	Norma wysiewu, próba kręcona siewnika		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Jednostka	Wartość
Gatunek wysiewanych nasion	Opis	
Czystość materiału siewnego	%	
Zdolność kiełkowania nasion	%	
Wartość użytkowa nasion	%	
Masa tysiąca nasion	g	
Zalecana norma wysiewu	kg/ha	
Optymalna ilość wysiewu	kg/ha	
Nastawa skrzyni przekładniowej siewnika	opis	
Ilość wysiana w próbie I	kg/ha	
Ilość wysiana w próbie II	kg/ha	
Ilość wysiana w próbie III	kg/ha	

Wnioski:

## Ćwiczenie 8

### DOBÓR ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH W ROLNICTWIE

#### WPROWADZENIE

Transport stanowi integralny składnik procesów produkcyjnych w rolnictwie. Umożliwia przemieszczanie materiałów wewnątrz magazynów, pomieszczeń inwentarskich – stanowiąc transport lokalny. Wykorzystywane tutaj są urządzenia stacjonarne (taśmociągi, przenośniki) lub niestacjonarne (np. wózki widłowe). Transport zachodzący z opuszczeniem pojedynczego budynku określamy mianem transportu drogowego. Występuje szereg rodzajów tego transportu. Zewnętrzny – pomiędzy gospodarstwem a rynkiem, wewnętrzny – w obrębie gospodarstwa, przy czym w tym przypadku wyróżnia się transport polowy i podwórzowy. Masa materiału podlegającemu transportowi w danym gospodarstwie wynosi średnio 30t/ha rocznie (waha się od 15-60 t/ha). W zależności od zakresu transportu, masy towaru do przewiezienia, odległości i wielu innych czynników można wyróżnić powyższe rodzaje transportu.

Cechą wspólną procesu transportu jest fakt, że zawsze składa się on z pewnych stałych czynności, a mianowicie: załadunku, rozładunku, przejazdu z ładunkiem i przejazdu bez ładunku. Wymienione składniki różnią się pomiędzy sobą w poszczególnych rodzajach transportu, jednak podstawowa różnica między nimi polega na tym, że transport możemy rozpatrywać jako czynność podstawową lub pomocniczą. W obydwu przypadkach powinna zostać zachowana potokowość transportu wyraźnie podnosząc jego wydajność.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

Planowane ćwiczenie pozwoli na praktyczne zapoznanie się z różnicami eksploatacyjnymi zachodzącymi pomiędzy doborem środków transportowych przeznaczonych do transportu traktowanego jako czynność główna i transportu stanowiącego czynność pomocniczą. Opracowany zostanie dobór ilości środków transportowych w zależności od ich ładowności, wydajności środków ładunkowych - rozładunkowych oraz maszyn współpracujących, wykonujących czynność podstawową danego procesu technologicznego.



## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

W celu określenia wydajności zestawu transportowego można skorzystać z zależności:

$$W_o = \frac{Q_o}{t_o} \text{ [t/h] ,}$$

w której:

$W_o$  – wydajność zestawu transportowego [t/h],

$Q_o$  – ładowność zestawu [t],

$t_o$  – czas obiegu środka transportowego [h].

Zależność powyższa jest spełniona w przypadku gdy ładowność zestawu wykorzystana jest w 100%. Gdy wykorzystanie to jest mniejsze, np. podczas przewozu towarów znacznie odbiegających ciężarem objętościowym niż przewiduje to przeznaczenie środka transportowego, należy skorzystać ze współczynnika wykorzystania ładowności:

$$c = \frac{V_p \cdot G_o}{Q_o} ,$$

gdzie:

$c$  – współczynnik wykorzystania ładowności,

$V_p$  – objętość przestrzeni ładunkowej [m<sup>3</sup>],

$G_o$  – masa objętościowa [t/m<sup>3</sup>],

$Q_o$  – ładowność środka transportowego [t].

Uwzględniając przytoczone zależności wzór określający wydajność zestawu transportowego może przyjmować postać:

$$W_o = \frac{c \cdot Q_o}{t_o} \text{ [t/h] ,}$$

oznaczenia jak powyżej.

Drugim, rzutującym na wydajność składnikiem przytoczonych wzorów jest czas obiegu środka transportowego. Czas ten określa sumę poszczególnych czasów liczonych od momentu załadowania poprzez przejazd z towarem, przejazd bez towaru, rozładunek aż do ponownego załadowania. Jest jednocześnie składnikiem stosunkowo łatwo poddającym się różnym modyfikacjom organizacyjnym, a od sprawności jego organizacji w wyraźny sposób uzależniona jest wydajność całego procesu transportu. Określamy go zależnością:

$$t_o = t_z + t_r + t_w + t_j \text{ [h]},$$

w której:

$t_o$  – czas obiegu środka transportu [h],

$t_z$  – czas załadunku [h],

$t_r$  – czas przejazdu z ładunkiem [h],

$t_w$  – czas wyładunku [h],

$t_j$  – czas przejazdu bez ładunku [h].

Czas trwania załadunku i wyładunku wyraźnie różni się gdy transport jest traktowany jako czynność główna lub czynność pomocnicza. W transporcie stanowiącym czynność główną czasy te charakteryzuje zależność:

$$t_z = \frac{Q_o}{W_m} \text{ [h]},$$

i

$$t_w = \frac{Q_o}{W_w} \text{ [h]},$$

gdzie:

$W_m$  ( $w$ ) – wydajność załadunku (wyładunku),

pozostałe oznaczenia jak powyżej.

Transport, jako czynność pomocnicza podlega innym zależnościom, a czas rozładunku przyjmuje postać:

$$t_w = \frac{Q_o}{W_{07} \cdot q} \quad [\text{h}],$$

w której:

$W_{07}$  – wydajność eksploatacyjna maszyny współpracującej [ha/h],

$q$  – ilość materiału zużytego na ha [t/ha].

Wydajność zestawu w określonym czasie wyliczana jest z prostej zależności:

$$W_t = W_o \cdot T,$$

w której:

$W_t$  – masa przewieziona w określonym czasie [t],

$T$  – czas, w którym należy przewieźć daną masę [h],

$W_o$  – jw.

Określając liczbę środków transportowych niezbędnych do wykonania danego zadania, należy pamiętać o zachowaniu ciągłości procesu technologicznego. Zgodnie z tą zasadą należy odmiennie ustalać tę liczbę dla transportu jako czynności głównej i jako czynności pomocniczej.

Transport jako czynność główna generuje zależność:

$$I_t = \frac{Q}{W_t},$$

w której:

$I_t$  – liczba środków transportowych do przewiezienia danej masy w czasie,

$Q$  – masa do przewiezienia [t],

$W_t$  – wydajność pojedynczego zestawu [t].

Transport traktowany jako czynność pomocnicza, podlega innej zależności, np. podczas dostarczania materiału do pracującej maszyny:

$$I_d = \frac{t_o}{t_w},$$

gdzie:

$I_d$  – liczba środków transportowych dostarczających materiał na pole,

$t_o$  – czas obrotu środka transportowego [h],

$t_w$  – czas wyładunku (zależny od wydajności maszyny podstawowej) [h],

Gdy mamy do czynienia z odbieraniem materiału od maszyny pracującej w polu wykorzystujemy zależność:

$$I_o = \frac{t_o}{t_z},$$

w której:

$t_z$  – czas załadunku środka transportu [h] jako wypadkowa wydajności maszyny podstawowej i plonu zbieranej masy,

pozostałe oznaczenia jw.

Czynnikiem warunkującym wydajność transportu jest również prędkość przejazdów, pamiętać jednak należy, iż jest ona uzależniona od środka transportu jak i od nawierzchni po której transport ten się odbywa, (tab.2).

Tab.2. Zalecane prędkości transportu w pracach rolniczych.  
[Dobek: Ćwiczenia z użytkowania agregatów rolniczych]

Rodzaj podłoża	Rodzaj transportu	
	Samochodowy	Ciągnikowy
	km/h	km/h
Pole	12-18	8-12
Droga polna	17-25	11-17
Droga polna wyrównana	35-50	16-20
Droga z utwardzoną nawierzchnią	50-80	20-40

Prędkość jazdy z ładunkiem jest mniejsza niż bez ładunku.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Z boczniczy kolejowej należy odebrać „a” ..... ton nawozów mineralnych luzem w czasie „b”.....godzin pracy. Do załadunku na zestawy transportowe o ładowności 6t użyto ładowacz o wydajności „c” .....t/h. Droga transportu wynosi 10 km, prędkość przejazdu z ładunkiem 14km/h, a bez ładunku „d”.....km/h. Czas wyładunku przyczepy w gospodarstwie wynosi „e”.....minut.

Oblicz ile zestawów jest potrzebnych do przewiezienia tej masy w czasie?

2. Dobierz liczbę sadzarek 4-rzędowych i środków transportowych o ładowności „f”.....t, potrzebnych do obsadzenia „g”.....ha pola w ciągu „h” .....godzin pracy, mając następujące dane:
- ilość sadzeniaków wysadzana na 1ha „i” .....ton,
  - rozstawa międzyrzędzi 62,5cm,
  - prędkość robocza sadzarki 4,7km/h,
  - współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego zmiany 0,3,
  - droga dowozu sadzeniaków 5km,
  - średnia prędkość transportu 12km/h,
  - czas załadunku przyczepy 30 minut.

Ćwiczenie 8	Dobór środków transportu w rolnictwie		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Wnioski:

## Ćwiczenie 9

### OCENA EKSPLOATACYJNA CZYSZCZALNI ZŁOŻONEJ

#### WPROWADZENIE

Plon roślin uzyskany podczas zbioru kombajnowego najczęściej charakteryzuje się dość wysoką wilgotnością, uniemożliwiającą bezpośrednie przeznaczenie go do przechowywania oraz pewnym stopniem zanieczyszczenia. W skład zanieczyszczeń wchodzi substancje mineralne (piasek) oraz organiczne (nasiona chwastów, fragmenty kłosów itd.). Szkodliwość zanieczyszczeń jest uzależniona od przeznaczenia plonu. Nasiona przeznaczone na paszę nie mogą zawierać zanieczyszczeń mineralnych i trujących nasion chwastów. Natomiast najwyższym stopniem czystości powinien charakteryzować się materiał nasienny. Tutaj niedopuszczalne są domieszki innych nasion roślin uprawnych a nawet odmian (w zależności od stopnia kwalifikacji materiału nasiennego). Wynika stąd konieczność doczyszczania materiału, pochodzącego ze zbioru kombajnowego, a najwyższa staranność tego procesu wymagana jest przy produkcji materiału siewnego. Wysiew czystego materiału siewnego stanowi bowiem niezmiernie ważny czynnik integrowanych metod ochrony roślin zarówno przed chwastami (wprowadzaniem ich nasion na pola) jak i agrofagami bytującymi na nasionach chwastów. Materiał taki zapewnia, ponadto, większe i stabilniejsze plony.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie ćwiczenia należy dokonać analizy nastaw czyszczalni złożonej, ze szczególnym uwzględnieniem ich przydatności do czyszczenia badanego na zajęciach materiału nasiennego. Kolejny etap to przeprowadzenie niezbędnych korekt nastaw. Po jego zakończeniu należy przeprowadzić proces czyszczenia nasion i dokonać jego oceny zgodnie z obowiązującą metodyką.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Przygotowanie czyszczalni do pracy rozpoczyna się od przeglądu punktów smarowniczych o krótkich odstępach smarowania i sprawdzenia stanu technicznego maszyny (wykonywane przez pracownika laboratorium). Następnie należy rozpoznać rodzaj materiału nasiennego i korzystając z tabeli sit, umieszczonej w aneksie, sprawdzić przydatność sit założonych w czyszczalni do danych nasion, w razie potrzeby dobrać prawidłowe sita i

wymienić je. Dane zawarte w tabeli doboru sit, traktowane są jako wartości przeciętne. Po uruchomieniu czyszczalni dokonuje się (w razie potrzeby) korekty sit. Wielkość nasion jest bowiem wyraźnie uzależniona od przebiegu warunków agrotechnicznych i klimatycznych w roku uprawy, cech odmianowych, rodzaju zanieczyszczeń i wielu innych. Poza zmianą sit (górnego i dolnego), w niektórych wypadkach stosuje się zmianę kąta ustawienia sita górnego. Może to być konieczne, np. przy dużej domieszce rzodkwi świrzepy lub wyki. Sito górne zakładamy w górne oparcie.

Pod kanał sortownika powietrznego należy założyć siatkę sortownika. Podczas czyszczenia optymalne nastawy zasowy kanału sortownika przedstawiają się następująco:

dla nasion drobnych – pozycja 12-15mm od góry,

zboża – pozycja 20mm od góry,

nasiona roślin strączkowych i kukurydzy – pozycja 20-25mm od góry.

Zespół szczotek należy ustawić w taki sposób, aby szczotki przylegały równomiernie do sita dolnego, czyściły go, ale nie wykazywały nadmiernego ugięcia.

**Podczas rozruchu maszyny zasowa wylotowa w skrzyni zasypowej musi być zamknięta !**

Poprawne nastawy zasowy regulacyjnej po stronie wlotowej kanału powietrznego podawania materiału wynoszą odpowiednio 2-4 dla ziarna, 0,5-1,0 dla nasion drobnych oraz 4-6 wartości podziałki dla nasion roślin strączkowych.

W celu przeprowadzenia czyszczenia materiału nasiennego za pomocą tryjera komórkowego, należy zamknąć pokrywę blaszaną na wylocie zespołu sitowego. Korekta nastaw rynienki tryjera polega na przestawieniu dźwigni wychylnej w lewo podczas sortowania pszenicy i żyta, lub w prawo podczas sortowania owsa lub jęczmienia. Żyto o długich nasionach w przypadku dużej ilości połamanego ziarna można sortować przy nastawie rynienki jak dla owsa i jęczmienia.

#### Ocena wyniku procesu rozdzielania.

W wyniku procesu rozdzielczego przeprowadzanego w czyszczalni następuje rozdzielenie materiału wyjściowego na poszczególne składniki. W przygotowaniu materiału nasiennego najważniejszym produktem jest ziarno celne (siewne) i stopień jego doczyszczenia. Pozostałe składniki są mniej istotne. W wyniku procesu zupełnego (idealnego) uzyskany materiał nasienne nie posiada żadnych zanieczyszczeń, ziarno jest jednorodne bez uszkodzeń i odłamów. Wynik taki jest niezmiernie trudny do uzyskania. W celu oceny jakości procesu czyszczenia należy pobrać próby materiału przed czyszczeniem i po czyszczeniu (z materiału siewnego). Próbką powinna mieć objętość 100cm<sup>3</sup> i

być reprezentatywna dla całej partii materiału. Większą dokładność uzyskuje się pobierając kilka prób i wykonując z nich próbę zbiorczą, którą po wymieszaniu dzielimy na cztery części. Trzy z nich odrzucamy, a czwartą poddajemy analizie. W praktyce nasienniczej istnieją ścisłe przepisy dotyczące: ilości, wielkości i sposobu pobierania tego typu prób w zależności od wielkości partii i jej przeznaczenia. Pobraną próbkę średnią należy wysypać na papier i dokładnie oddzielić z niej ziarno celne. Obie części próbki należy zważyć. To samo wykonuje się z próbką materiału siewnego (pobraną po zakończeniu procesu czyszczenia). Uzyskane wyniki podstawia się do wzoru:

$$\varepsilon = \frac{a_1}{a_0} - \frac{b_1}{b_0},$$

w którym:

$\varepsilon$  - współczynnik procesu czyszczenia,

$a_1$  - ilość ziarna celnego w produkcie [%],

$a_0$  - ilość ziarna celnego w materiale wejściowym [%],

$b_1$  - ilość zanieczyszczeń w produkcie [%],

$b_0$  - ilość zanieczyszczeń w materiale wejściowym [%].

Współczynnik  $\varepsilon$  przyjmuje wartość od +1 dla procesu idealnego do -1 dla procesu odwróconego, tj. gdy wszystko ziarno przejdzie do odpadu, a wszystkie zanieczyszczenia do produktu.

Innym parametrem może być czystość nasion, rozumiana jako procentowy udział ziarna celnego w masie produktu.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Określ gatunek czyszczonego materiału.
2. Sprawdź, czy nastawy czyszczalni (w tym sita) zostały poprawnie dobrane do materiału będącego przedmiotem czyszczenia.
3. Dokonaj korekty nastaw.
4. Pobierz próbki średnie materiału wejściowego, oznacz w nich zawartość ziarna celnego i zanieczyszczeń.
5. Zgodnie z zasadami omówionymi w programie ćwiczenia przeprowadź proces czyszczenia nasion w czyszczalni złożonej.
6. Pobierz próbki średnie materiału wyjściowego, oznacz w nich zawartość ziarna celnego i zanieczyszczeń.
7. Wyznacz współczynnik procesu czyszczenia.



Ćwiczenie 9	Ocena eksploatacyjna czyszczalni złożonej		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Jednostka	Wartość
Gatunek nasion	Opis	
Sito górne (wielkość oczek)	mm	
Sito dolne (wielkość oczek)	mm	
Nastawa zasuw kanału sortownika	Pozycja	
Zasuwa regulacyjna po stronie wlotu kanału powietrznego podawania materiału	Pozycja	
Masa nasion czystych w próbie materiału wejściowego	g	
Masa nasion czystych w próbie materiału wyjściowego	g	
Masa zanieczyszczeń w próbie materiału wejściowego	g	
Masa zanieczyszczeń w próbie materiału wyjściowego	g	
Wartość współczynnika procesu czyszczenia		
Czystość materiału nasiennego (w produkcji)	%	

Wnioski:

## Ćwiczenie 10

### SIEW I ŚCIEŻKI TECHNOLOGICZNE – PRÓBY POLOWE

#### WPROWADZENIE

Współczesne rolnictwo, w celu zapewnienia optymalnych warunków wzrostu roślin wykorzystuje wiele metod pielęgnacji. Zabiegi pielęgnacyjne, polegające na ochronie roślin przed agrofagami oraz nawożeniu pogłównym (dolistnym) wykonywane są dopiero po wysiewie roślin a nawet po ich wschodach. Wymusza to konieczność wielokrotnego wjazdu na pola z rosnącymi roślinami. W celu przeciwdziałania uszkodzeniom roślin, wywoływanym przez koła ciągników, opracowano technologie uprawy z wykorzystaniem ścieżek technologicznych. Technologia ta polega na tym, że podczas siewu roślin pozostawia się na polu nie zasiane pasy, w których podczas oprysków będą poruszały się koła ciągnika i opryskiwacza. Należy zwrócić szczególną uwagę na skorelowanie szerokości roboczej siewnika, opryskiwacza oraz rozstawy kół współpracujących z nimi ciągników.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie ćwiczeń terenowych wyliczona zostanie ilość wysiewu nasion zbóż. Zgodnie z tabelą nastaw siewnika SO43/3D zostanie wykonane ustawienie ilości wysiewu oraz jego sprawdzenie – zgodnie z metodyką ćwiczenia 7. (Norma wysiewu i próba kręcona siewnika). W dalszej części ćwiczeń należy przygotować siewnik do pracy, ustawić długość znaczników oraz określić zasady wykonania ścieżek technologicznych. W trakcie prób polowych należy wykonać siew nasion, uwzględniając zaplanowane ścieżki technologiczne.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Ilość wysiewu nasion należy ustalić zgodnie z metodyką podaną w ćwiczeniu 7., uwzględniając gatunek oraz parametry wysiewanego materiału. Przygotowanie siewnika do siewu rozpoczyna się od sprawdzenia jego stanu technicznego i usunięcia ewentualnych usterek. Sprawdza się wszystkie aparaty wysiewające, drożność przewodów nasiennych oraz nastawę siewnika. W oparciu o tabelę wysiewu, umieszczoną w aneksie, dokonuje się korekty nastaw dostosowując je do pożądaných dla ustalonej ilości wysiewu. Należy wsypać

nasiona do skrzyni nasiennej i przeprowadzić próbę kręconą siewnika (wg metodyki podanej na ćwiczeniu 7.). W przypadku różnic przekraczających 5%, należy dokonać korekty nastawy i powtórzyć próbę kręconą.

Precyzyjne wykonanie siewu w warunkach polowych jest możliwe dzięki wyznaczeniu miejsc kolejnych przejazdów siewnika. Wykonuje się to poprzez zastosowanie znaczników, w śladach których prowadzi się koła ciągnika przy kolejnych nawrotach. Długość znacznika (prawego jak i lewego) wyznacza się w oparciu o wzór:

$$Z = \frac{S_s - t}{2} + d,$$

w którym:

Z – wysięgnik znacznika prawego lub lewego mierzony od śladu skrajnej redlicy do talerza znacznika [cm],

$S_s$  – odległość między skrajnymi redlicami [cm],

t – rozstawienie przednich kół ciągnika mierzone od środka jednego koła do środka drugiego u ich podstawy [cm],

d – szerokość międzyrzędzia [cm].

Po wyliczeniu teoretycznej długości znaczników, porównuje się ją ze stanem faktycznym i dokonujemy ewentualnej korekty.

Wielokrotne przejazdy opryskiwaczy po polu powinny odbywać się ścieżkami technologicznymi. Wyznaczenie tych ścieżek odbywa się podczas siewu roślin i polega na zamykaniu odpowiednich aparatów wysiewających siewnika. Na powierzchni pola pozostają paski nie obsiane, po których będą poruszały się koła ciągnika i opryskiwacza. Ważne jest dostosowanie odległości pomiędzy kolejnymi ścieżkami do szerokości roboczej opryskiwacza. Pozwoli to uniknąć podwójnego opryskiwania tych samych roślin lub występowania omijaków (miejsc nie opryskanych). W przypadku zastosowania technologii siewu z wykorzystaniem siewnika S043/3D „Poznaniak 6”, w celu ustalenia ścieżek technologicznych można posłużyć się jedną z metod omawianych na wykładzie. Pamiętać jednak należy, że schemat podany w tabelach dotyczy wyłącznie opryskiwaczy o szerokości roboczej 8 lub 10m. W innych

przypadkach można szerokość opryskiwacza wyznaczyć graficznie. Podczas ustalania ścieżek technologicznych należy wykonać następujące zabiegi:

1. sprawdzić rozstawę redlic wysiewających (powinna wynosić 189,5cm),
2. sprawdzić rozstawę pomiędzy poszczególnymi redlicami (powinna wynosić 10,5cm),
3. sprawdzić rozstawę kół ciągnika współpracującego z opryskiwaczem (135 lub 150cm, mierzone od środka prawego do środka lewego koła),
4. sprawdzić szerokość kół jezdnych,
5. określić szerokość roboczą współpracującego opryskiwacza..

Tab.3. Zestawienie danych do wykonania ścieżek technologicznych przy siewie zbóż siewnikiem S043/3D (wg Instrukcji obsługi)

Szerokość robocza opryskiwacza [m]	8		10	
Rozstawa kół ciągnika współpracującego z opryskiwaczem [cm]	135		150	
Szerokość robocza siewnika [cm]	200		200	
Odległość między skrajnymi redlicami [cm]	189,5		189,5	
Szerokość międzyrzędzi [cm]	10,5		10,5	
Metoda wyznaczania ścieżek	B	C	C	B
Numery zamykanych aparatów wysiewających*	2,3,4	3,4,5 15,16,17	4,5,6,7	1,2,3,4 16,17,18, 19

\*- aparaty wysiewające ponumerowane są od lewej strony maszyny

Po ustaleniu metody wykonania ścieżek technologicznych i zamknięciu odpowiednich aparatów wysiewających należy wykonać siew ziarna (przynajmniej dwa przejazdy siewnikiem).

W celu sprawdzenia poprawności wykonania siewu i ścieżek technologicznych należy odgarnąć ziemię z rzędów nasion, dokonać pomiaru szerokości wszystkich międzyrzędzi oraz szerokości ścieżek technologicznych.

#### ZADANIA DO WYKONANIA

1. Dokonaj agregatowania siewnika z ciągnikiem.
2. Oceń sprawność siewnika (przenoszenie napędu z koła napędowego na aparaty wysiewające).
3. Wylicz ilość wysiewu ziarna użytego w doświadczeniu.
4. Zgodnie z tabelą nastaw dokonaj ustawienia normy wysiewu ziarna.
5. Wykonaj próbę kręconą siewnika i w razie potrzeby dokonaj korekty nastaw.
6. Wylicz długość znaczników i dokonaj ich ustawienia.
7. Dobierz metodę i ustaw siewnik na wykonanie ścieżek technologicznych.
8. Po wykonaniu siewu pomierz szerokość wszystkich międzyrzędzi i określ czy siew został wykonany poprawnie.

Ćwiczenie 10	Siew i ścieżki technologiczne – próby polowe		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Cecha	
	Jednostka	Wartość
Szerokość robocza siewnika	m	
Szerokość robocza opryskiwacza	m	
Rozstawa kół ciągnika (przy siewie)	cm	
Rozstawa kół ciągnika (przy oprysku)	cm	
Wyliczona norma wysiewu	kg/ha	
Wysiana w próbie ilość nasion	kg/ha	
Powierzchnia obsiana podczas próby	m <sup>2</sup>	
Metoda wyznaczanie ścieżek technologicz.	Symbol	

Narysuj schematycznie plan pola z zaznaczeniem wszystkich rzędów wysianych nasion oraz ścieżkami technologicznymi, podaj odległość pomiędzy poszczególnymi rzędami. Uzasadnij dlaczego ścieżki technologiczne zostały wykonane wg danej metody.

Wnioski:

## Ćwiczenie 11

### PIELĘGNACJA ROŚLIN – ZASADY EKSPLOATACJI MASZYN

#### WPROWADZENIE

Pielęgnacja roślin ma na celu zapewnienie im optymalnych warunków wzrostu i rozwoju od chwili zasiewu aż do sprzętu. Przeprowadzana jest metodami chemicznymi i mechanicznymi. Metody chemiczne ograniczają niekorzystny wpływ patogenów, w tym chwastów, natomiast metody mechaniczne poza ograniczeniem zachwaszczenia, wpływają również na regulację właściwości gleby. W pielęgnacji mechanicznej stosuje się inne zasady dla roślin uprawianych w szerokich rzędach niż dla roślin uprawianych w wąskich rzędach. Uprawy szerokokorządowe to głównie: kukurydza, buraki, rzepak, ziemniaki – tutaj podstawowym narzędziem będą pielniki stosowane w międzyrzędziach roślin. Rośliny uprawiane w wąskich rzędach, takie jak zboża, strączkowe, pielęgnuje się głównie poprzez zastosowanie bron zębowych. Stosowanie bron w zbożach jest możliwe przed wschodami i ma na celu likwidację ewentualnego zaskorupienia. Drugim ważnym momentem, w którym stosowane jest bronowanie, to faza początku krzewienia. Brony doskonale ograniczają wzrost chwastów i likwidują znaczną ilość ich siewek. Najważniejszym jednak wykonywanym przez bronie zadaniem jest stymulacja rozwoju systemu korzeniowego oraz rozkrzewiania się roślin (np. zbożowych). Przy stosowaniu uprawek międzyrzędowych kierunek prowadzenia pielników nie nastręcza żadnego problemu, gdyż musi być równoległy do rosnących rzędów roślin. Podczas zabiegu bronowania, zęby bron pracują zarówno w rzędach roślin jak i pomiędzy nimi. Prowadzenie równoległe do rzędów może powodować intensywne uszkodzenie roślin uprawnych, co znacznie je osłabia. Podobne uszkodzenia można spowodować poprzez nieodpowiedni dobór terminu zabiegu (rośliny zbyt młode, lub o zbyt zaawansowanym wzroście, nadmierne przesuszenie gleby, nadmierna wilgotność). Stąd termin stosowania zabiegu, jego rodzaj oraz sposób wykonania okazują się niezmiernie ważne.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

W trakcie zajęć laboratoryjnych zostanie wykonana ocena plantacji roślin zbożowych oraz stanu ich zachwaszczenia. Przeprowadzone, ponadto, będą badania wpływu różnych wariantach zastosowania bronie zębowej na ograniczenie liczebności chwastów oraz stopień uszkodzenia zbóż.





bronowania. Bronowanie na poletku pierwszym wykonuje się ukośnie do rzędów roślin (patrz schemat), na poletku drugim – wzdłuż rzędów.

Po zakończeniu bronowania, ponownie zakłada się linki na odpowiednie repery i przystępuje do obliczenia chwastów i roślin zbóż na każdym z poletek. Zarówno chwasty jak i rośliny zbóż należy pogrupować na trzy kategorie:

- rośliny zniszczone (wyrwane),
- rośliny uszkodzone (porozrywane, powywracane ale korzeń znajduje się w glebie),
- rośliny nie uszkodzone.

Uzyskane wyniki należy umieścić w tabeli sprawozdania i poddać obliczeniom.

Efektywność odchwaszczania można wyznaczyć posługując się zależnościami:

$$E_O = \frac{P_{LCH} - K_{LCH}}{P_{LCH}} \cdot 100 ,$$

$$E_B = \frac{Z_{LCH}}{P_{LCH}} \cdot 100 ,$$

w których:

$E_O$  – ogólna skuteczność zwalczania chwastów [%],

$E_B$  – bezwzględna skuteczność zwalczania chwastów [%],

$P_{LCH}$  – liczebność chwastów oznaczona przed bronowaniem [szt.],

$K_{LCH}$  – liczebność chwastów nieuszkodzonych oznaczona po bronowaniu [szt.],

$Z_{LCH}$  - liczebność chwastów zlikwidowanych (wyrwanych) oznaczona po bronowaniu [szt.].

Współczynnik skuteczności ogólnej zwalczania chwastów jest mniej miarodajny od współczynnika bezwzględnej skuteczności. Wynika to przede wszystkim z faktu, że w korzystnych dla roślin warunkach, np. po wystąpieniu opadów deszczu, znaczna liczba chwastów może ponownie się ukorzenić.

Stopień uszkodzenia zbóż określa się wg wzoru:

$$U_O = \frac{P_{LZ} - K_{LZ}}{P_{LZ}} \cdot 100 ,$$

gdzie:

$U_O$  – ogólny stopień uszkodzeń roślin zboża [%],

$P_{LZ}$  – liczebność roślin zbóż oznaczona przed bronowaniem [szt.],

$K_{LZ}$  – liczebność nieuszkodzonych roślin zbóż oznaczona po bronowaniu [szt.].

Powyższa zależność ma charakter ogólny. W przypadku pszenic, można stosować wzór analogiczny jak do oznaczania skuteczności bezwzględnej zwalczania chwastów ( $E_B$ ). Wynika to ze szczególnej odporności tego gatunku na bronowanie.

Dobrze wykonane bronowanie powinno charakteryzować się wysokim współczynnikiem skuteczności zwalczania chwastów, przy niewielkim uszkodzeniu roślin uprawnych.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Wyznacz poletka przeznaczone do badań.
2. Oznacz liczebność chwastów i roślin zboża występujących na każdym z poletek.
3. Zgodnie ze schematem zamieszczonym na rys. 2, wykonaj bronowanie poletek.
4. Oznacz, oddzielnie dla każdego z poletek, liczebność:
  - chwastów uszkodzonych,
  - chwastów nieuszkodzonych,
  - chwastów wyrwanych,
  - roślin zbóż uszkodzonych,
  - roślin zbóż nieuszkodzonych.
5. Oblicz współczynniki ogólnej i bezwzględnej skuteczności zwalczania chwastów, oraz stopień uszkodzenia zbóż.

Ćwiczenie 11	Pielęgnacja roślin - zasady eksploatacji maszyn		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Badana cecha	Poletko	
	P1 – bronowane ukośnie do rzędów	P2 – bronowane wzdłuż rzędów
Oznaczenia wykonane przed bronowaniem		
Liczebność chwastów [szt]		
Liczebność roślin zbóż [szt]		
Oznaczenia wykonane po bronowaniu		
Liczebność chwastów nieuszkodzonych [szt]		
Liczebność chwastów uszkodzonych [szt]		
Liczebność chwastów zlikwidowanych [szt]		
Liczebność roślin zbóż nieuszkodzonych [szt]		
Liczebność roślin zbóż uszkodzonych [szt]		
Liczebność roślin zbóż zlikwidowanych [szt]		
Wartości współczynników		
Ogólnej skuteczności zwalczania chwastów		
Bezwzględnej skuteczności zwalczania chwastów		
Stopnia uszkodzenia roślin zbóż		

Wnioski:

1. Który ze sposobów likwidacji zachwaszczenia okazał się skuteczniejszy i dlaczego?
2. Jakie warunki należy spełnić aby uzyskać maksymalną skuteczność zabiegu?
3. Od jakich parametrów gleby, roślin i chwastów zależy wybór momentu zastosowania bronowania?

## Ćwiczenie 12

### ROZSIEWACZE NAWOZÓW – OCENA WYDAJNOŚCI I JAKOŚCI PRACY

#### WPROWADZENIE

Nawożenie roślin jest czynnikiem w istotny sposób decydującym o wielkości i jakości uzyskiwanych plonów. Stosowane jest w celu zbilansowania ilości składników pokarmowych pobieranych przez roślinę. Część bowiem substancji nawozowych dostarcza roślinom samoczynnie gleba, w wyniku mineralizacji próchnicy oraz wietrzenia minerałów glebowych, część natomiast należy uzupełniać w nawozach mineralnych lub organicznych. Nawozy stosowane w rolnictwie dzielimy na nawozy mineralne, stosowane w formie stałej (pyliste, granulowane lub krystaliczne) i płynnej oraz nawozy organiczne stosowane jako obornik, komposty, nawozy zielone. Technologia stosowania poszczególnych nawozów różni się od siebie pod wieloma względami. Występuje tutaj odmienny dobór maszyn (rozsiewacze, opryskiwacze, rozrzutniki). Istotne zróżnicowanie stanowi również masa stosowanego nawozu: od kilku kilogramów przy mikronawozach do kilkudziesięciu ton na hektar przy oborniku. Niezmiernie ważnym czynnikiem podczas nawożenia jest ilość i równomierność rozsiewu nawozu. Zapewnia to zbliżone warunki wzrostu poszczególnych roślin.

#### PROGRAM ĆWICZENIA

Podczas badań laboratoryjnych zostanie wykorzystany zawieszany rozsiewacz nawozów mineralnych o tarczowym zespole wysiewającym. Zostanie określona ilość wysiewanego nawozu w kg/ha, szerokość pasa wysiewu oraz równomierność rozsiewu nawozu przy różnych ustawieniach łopatek wysiewających.

#### OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Do określenia ilości i równomierności wysiewu nawozu należy posłużyć się zestawem kuwet. Kuwety należy rozstawić obok siebie w poprzek drogi przejazdu rozsiewacza nawozu. Pamiętając o pozostawieniu miejsca na przejazd kół ciągnika. Kuwety powinny zostać rozstawione na taką szerokość, która

odpowiada szerokości rozsiewu nawozu (8-10m). Następnie ustawia się wielkość szczeliny wysiewającej, przez którą nawóz wysypuje się ze skrzyni nawozowej rozsiewacza. Wsypuje się materiał, który będzie podlegał rozsiewaniu i przeprowadzamy próbny wysiew.

Ciągnik należy ustawić prostopadle do linii ustawionych poprzednio kuwet. Po uruchomieniu aparatu wysiewającego można przejechać nad kuwetami. W celu uzyskania dokładniejszych wyników przejazd taki powinno się powtórzyć 2.-3. krotnie. Materiał znajdujący się w poszczególnych kuwetach zsypuje się do torebek opisanych kolejnymi numerami. Zawartość każdej torebki waży się, a wartości zapisuje w tabeli pod odpowiednim numerem.

Na podstawie danych zawartych w tabeli można dokonać obliczeń szerokości roboczej rozsiewacza, wskaźnika nierównomierności wysiewu oraz ilości wysianego nawozu na ha.

Szerokość robocza rozsiewacza wyznaczana jest w oparciu o wzór:

$$B_r = n_{ob} \cdot s,$$

w którym:

$B_r$  – szerokość robocza rozsiewacza [m],

$n_{ob}$  – liczba pudełek z nawozem, w których znajduje się co najmniej połowa średniej ilości wysiewanego nawozu oznaczonego we wszystkich pudełkach znajdujących się na pasie skutecznego obsiewu [g],

$s$  – szerokość pojedynczego pudełka [m].

Szerokość roboczą można również wyznaczyć w sposób graficzny, sporządzając wykres słupkowy, na którym umieszcza się poszczególne kuwety i ilości znajdującego się w nich wysiewanego materiału. Na wykresie należy również umieścić średnią wartość wysiewanego materiału określoną dla wszystkich kuwet (zaznacza się linią przerywaną). Wszystkie słupki znajdujące się poniżej wartości średniej uznaje się za miejsca, w których wysiew jest zbyt niski. Miejsca te nie są traktowane jako szerokość robocza.

Wskaźnik nierównomierności poprzecznej wysiewu nawozu powinien być jak najmniejszy. Jednak w praktyce rolniczej uznaje się go za zadawalający, jeśli nie przekracza 20% przy wysiewie nawozów granulowanych i 30% przy wysiewie nawozów pylistych.

Określa się go zgodnie z wzorami:

$$\delta = \frac{d}{q_{\text{sr}}} \cdot 100\%,$$

przy czym:

$$d = \frac{\sqrt{\sum / \Delta q_i / ^2}}{n - 1},$$

w którym:

$\delta$  - wskaźnik nierównomierności poprzecznej wysiewu nawozu [%],

$d$  – odchylenie standardowe,

$q_{\text{sr}}$  – średnia wartość obliczeniowa,

$\Delta q_i$  – wartość odchyłki od  $q_{\text{sr}}$ ,

$n$  – liczba pomiarów w próbie (kuwet).

Określenia ilości wysianego nawozu na jednostkę powierzchni dokonuje się sumując powierzchnię kuwet, znajdujących się na pasie skutecznego wysiewu oraz sumując ilość znajdującego się w nich wysiewanego materiału. Obliczenia można dokonać w/g proporcji.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Ustaw kuwety na pasie wysiewu nawozu (pamiętając o miejsce na przejazd kół ciągnika).
2. Ustaw ilość wysiewu nawozu na zasuwie regulacyjnej rozsiewacza.
3. Dokonaj wysiewu nawozu.
4. Określ ilość nawozu znajdującą się w poszczególnych kuwetach, wartości umieść w tabeli.
5. Wykonaj histogram przedstawiający rozkład nawozu podczas wysiewu.
6. Wyznacz graficznie i z zastosowaniem wzoru szerokość roboczą rozsiewacza.
7. Określ współczynnik nierównomierności rozsiewu nawozu i zinterpretuj uzyskaną wartość.
8. Podaj ile wyniosła ilość wysiewu nawozu w przeliczeniu na ha.

Ćwiczenie 12	Rozsiewacze nawozów		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Dane do wyznaczania szerokości roboczej rozsiewacza (skutecznego pasa rozsiewu) i wskaźnika nierównomierności poprzecznej rozsiewu nawozów mineralnych.

Kuweta nr	Oddalenie od środka pasa wysiewu [m]	Masa materiału z kuwety ( $q_i$ ) [g]	Odchyłka od wartości średniej ( $\Delta q_i$ )	$/ \Delta q_i / ^2$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
		Średnio =		$\sum / \Delta q_i / ^2 =$

Badana cecha	Szerokość rozsiewu określona graficznie	Szerokość rozsiewu określona wg wzoru	Wskaźnik nierównomierności	Ilość wysiewu kg/ha
Wartość				

Wnioski:



## Ćwiczenie 13

### BILANS CZASU PRACY AGREGATU

#### WPROWADZENIE

Podczas pracy agregatu ciągnikowego w trakcie dnia roboczego wyróżnia się kilka składowych czasu pracy. Najważniejszy, z punktu widzenia eksploatacyjnego, jest efektywny czas pracy, określający czas, w którym maszyna obrabia lub przetwarza obiekt pracy. Np. w trakcie orki jest to czas, w którym pług znajduje się w glebie i jest ciągnięty przez ciągnik. Nie jest możliwe, aby sytuacja taka zachodziła stale. W trakcie bowiem wykonania przykładowego zabiegu orki - niezbędne są nawroty, przejazdy jałowe itp. stanowiące czas pomocniczy. Ponadto, pewna ilość czasu przeznaczona jest na obsługę techniczną, usuwanie usterek, odpoczynek obsługi, przejazdy transportowe, obsługę maszyn towarzyszących. Należy również przewidzieć czas na różnego rodzaju usterki techniczne, technologiczne, organizacyjne, lub wynikające z warunków atmosferycznych. Idealnie przeprowadzony proces technologiczny charakteryzuje się bardzo dużym udziałem czasu efektywnego, niewielkim udziałem czasu pomocniczego i przejazdów transportowych. Natomiast straty czasu nie powinny występować. Znajomość udziału poszczególnych czasów składowych w całokształcie procesu technologicznego umożliwia przeprowadzenie oceny jego sprawności oraz prognozowanie wydajności praktycznej agregatu w zadanym czasie.

Tab.3. Symbole i określenia przedziałów czasu dotyczące maszyn i narzędzi rolniczych

[Dobek: Ćwiczenia z użytkowania agregatów rolniczych]

Symbol	Nazwa	Określenie
1	2	3
T <sub>1</sub>	Efektywny czas pracy	Czas w ciągu którego maszyna obrabia lub przetwarza (zgodnie z jej przeznaczeniem) przedmiot pracy, a jej zespoły robocze znajdują się pod obciążeniem. Czas efektywny obejmuje również czas zużyty na nawroty, załadunek lub wyładunek materiału jeśli czynności te nie powodują przerwania procesu wykonywanego przez maszynę.
T <sub>2</sub>	Czas pomocniczy	$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23}$

1	2	3
$T_{21}$	Czas nawrotów	Czas zużywany na wykonanie nawrotów na końcach pola, podczas których proces technologiczny (wykonywany przez maszynę) ulega przerwaniu.
$T_{22}$	Czas przejazdów jałowych w miejscu pracy	Czas zużyty na przejazdy jałowe w miejscu pracy (np. przejazdy z sadzarką ziemniaków do przyczepy i powrót na miejsce gdzie przerwano pracę)
$T_{23}$	Czas przestojów technologicznych	Czas zużywany na wykonanie czynności związanych z realizowanym przez maszynę procesem technologicznym, np. napełnianie i uzupełnianie przez maszynę zbiorników materiałem technologicznym (nasionami, wodą, nawozami) uzupełnianie brakującego sznurka, wyładunek zbieranego materiału (zboż, siana, ziemniaków itp.) podnoszenie i opuszczanie znaczników, wymiana przyczep itp.
$T_3$	Czas obsługi technicznej	$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33}$
$T_{31}$	Czas codziennej obsługi technicznej	Czas zużyty na codzienną obsługę techniczną w zakresie przewidzianym w instrukcji obsługi; czyszczenie, smarowanie, napełnianie zbiorników paliwa, układu chłodzenia, dokręcanie śrub itd.
$T_{32}$	Czas przygotowania maszyny do pracy	Czas potrzebny na uruchomienie i podgrzanie silnika maszyny samojezdnej, zmianę położenia maszyny (transport-praca), przygotowanie maszyny do wykonywania innego rodzaju czynności roboczych, przyczepianie (zawieszanie i odczepianie maszyny itp.)
$T_{33}$	Czas przeprowadzania regulacji	Czas zużywany na przeprowadzanie regulacji związanych ze zmianą warunków pracy (regulowanie głębokości orki, regulowanie prędkości obrotowej, luzów itd.)
$T_4$	Czas usuwania usterek	$T_4 = T_{41} + T_{42}$
$T_{41}$	Czas usuwania usterek technologicznych	Czas potrzebny do usuwania zapchań zespołów roboczych przerabianą masą (np. korzeniami, słomą). Liczony jest łącznie z czasem pracy jałowej maszyny lub kombajny przy zapobieganiu zapchaniom lub ich usuwaniu.
$T_{42}$	Czas usuwania usterek technicznych	Czas przestoju maszyny zużywany na usuwanie usterek technicznych (złamań, odkształceń, zwarć, zatarć itp.) łącznie z czasem potrzebnym do lokalizacji uszkodzenia, demontażu i montażu uszkodzonej części, regulacji mechanizmów związanych z usunięciem uszkodzenia i naprawą uszkodzonej części (o ile naprawę przeprowadzono)
$T_5$	Czas odpoczynku	Czas przeznaczony na odpoczynek i potrzeby fizjologiczne personelu obsługującego daną maszynę
$T_6$	Czas przejazdów transportowych	$T_6 = T_{61} + T_{62}$

1	2	3
$T_{61}$	Czas przejazdów transportowych baza-pole-baza	Czas przejazdów transportowych na trasie z miejsca postoju na pole oraz z powrotem.
$T_{62}$	Czas przejazdów z pola na pole	Czas przejazdu transportowego z jednego miejsca pracy na inne w trakcie trwania zmiany
$T_7$	Czas codziennej obsługi maszyn towarzyszących	Czas zużywany na przeprowadzenie codziennej obsługi technicznej maszyn towarzyszących w zakresie przewidzianym w ich instrukcji obsługi (ciągniki, agregaty napędowe itp.) warunkujący prawidłowe wykonanie procesu technologicznego przez maszynę
$T_8$	Straty czasu z przyczyn niezależnych od badanej maszyny	$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83}$
$T_{81}$	Straty czasu z przyczyn organizacyjnych	Straty spowodowane brakiem środków energetycznych lub transportowych, części zamiennych, materiału (ziarno, woda) nie przygotowaniem pola, niewystarczającą liczbą personelu.
$T_{82}$	Straty czasu z przyczyn meteorologicznych	Straty czasu spowodowane wystąpieniem nie sprzyjających warunków w wyniku przyczyn meteorologicznych (rosa, opady, nieodpowiednia temperatura, nadmierna prędkość wiatru itd.)
$T_{83}$	Straty czasu powstałe z innych przyczyn	Straty czasu powstałe w wyniku prowadzenia badań, pobierania próbek, fotografowania, udzielania wskazówek, usuwania uszkodzeń maszyn towarzyszących.
$T_{02}$	Operacyjny czas pracy maszyny	$T_{02} = T_1 + T_2$
$T_{04}$	Czas roboczy zmiany	$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$
$T_{07}$	Czas eksploatacyjny zmiany	$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$
$T_{08}$	Kontrolny czas zmiany	$T_{08} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$

O sprawności przeprowadzonego procesu technologicznego można wnioskować w oparciu o wybrane wskaźniki eksploatacyjne:

$$\text{Wydajność efektywna } W_1 = \frac{Q}{T_1} .$$

$$\text{Wydajność w czasie roboczym } W_{04} = \frac{Q}{T_{04}} .$$

$$\text{Wydajność w czasie eksploatacyjnym } W_{07} = \frac{Q}{T_{07}} .$$

$$\text{Współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego } K_{07} = \frac{T_1}{T_{07}} .$$

$$\text{Współczynnik pewności technologicznej } K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_{41}} .$$

$$\text{Współczynnik pewności technicznej } K_{42} = \frac{T_1}{T_1 + T_{42}} .$$

gdzie:

Q – ilościowy efekt pracy agregatu lub maszyny,

- pozostałe oznaczenia zgodne z tabelą zamieszczoną powyżej.

## PROGRAM ĆWICZENIA

Ćwiczenie ma na celu praktyczne zapoznanie studentów z wykonywaniem pełnego chronometrażu procesu technologicznego uprawy roli. Należy więc określić parametry eksploatacyjne agregatu maszynowego, wykonać pomiar poszczególnych czasów składowych i zakwalifikować je do odpowiednich czasów eksploatacyjnych. Poprawne wnioskowanie dotyczące wykorzystania poszczególnych czasów w procesie technologicznym można przeprowadzić dopiero po określeniu zakresu wykonanych prac, w tym przypadku uprawy gleby.

## OMÓWIENIE PROGRAMU ĆWICZENIA

Równocześnie z przystąpieniem do realizacji ćwiczenia należy rozpocząć pomiary czasu trwania wszystkich wykonywanych czynności. Pomiary dokonuje się przy użyciu stopera, a uzyskane wyniki zapisuje z opisem rodzaju pracy. Ponieważ proces technologiczny ma charakter ciągły, należy dokonywać pomiaru dwoma stoperami na przemian. Jeden mierzy czas czynności pierwszej, w chwili gdy wartość odczytu jest zapisywana, drugi stoper dokonuje pomiaru następnej czynności. Taki sposób pomiaru znacznie usprawnia przeprowadzenie chronometrażu.

Określenie parametrów eksploatacyjnych agregatu maszynowego dokonuje się między innymi poprzez pomiar jego szerokości roboczej oraz prędkości poruszania się podczas zabiegu. W tym celu należy wytyczyć poletko poddawane zabiegowi uprawy oraz zmierzyć szerokość roboczą agregatu. Poletko uprawowe do prób eksploatacyjnych powinno mieć 50-200m długości, natomiast szerokość powinna stanowić wielokrotność szerokości roboczej maszyny (około 20-50m). Wytyczając poletko uwzględnić trzeba również pasy uwroci o szerokości 2-3 szerokości roboczych agregatu, konieczne do wykonania nawrotów podczas prac polowych.

Po wykonaniu pomiarów polowych należy zakwalifikować poszczególne czasy do odpowiednich czasów eksploatacyjnych i uzyskane wartości umieścić w tabeli sprawozdania.

## ZADANIA DO WYKONANIA

1. Dokonaj pomiaru czasu trwania wszystkich czynności wykonywanych w trakcie procesu technologicznego uprawy roli.
2. Wyznacz poletko doświadczalne, określ jego wymiary oraz powierzchnię.
3. Zakwalifikuj uzyskane wyniki pomiaru czasów pracy do odpowiednich czasów eksploatacyjnych, umieść je w tabeli sprawozdania.
4. Wylicz następujące wskaźniki eksploatacyjne badanego procesu:
  - wydajność efektywna,
  - wydajność w czasie roboczym,
  - współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego,
  - współczynnik pewności technologicznej.
5. Opracuj wnioski dotyczące uzyskanych wskaźników i ich wielkości.

Ćwiczenie 13	Bilans czasu pracy agregatu		
Imię i nazwisko	Grupa	Data	Ocena

Symbol	Czas	Rodzaj wykonywanej czynności
T <sub>1</sub>		
T <sub>2</sub>		
T <sub>21</sub>		
T <sub>22</sub>		
T <sub>23</sub>		
T <sub>3</sub>		
T <sub>31</sub>		
T <sub>32</sub>		
T <sub>33</sub>		
T <sub>4</sub>		
T <sub>41</sub>		
T <sub>42</sub>		
T <sub>5</sub>		
T <sub>6</sub>		
T <sub>61</sub>		
T <sub>62</sub>		
T <sub>7</sub>		
T <sub>8</sub>		
T <sub>81</sub>		
T <sub>82</sub>		
T <sub>83</sub>		
T <sub>02</sub>		
T <sub>04</sub>		
T <sub>07</sub>		
T <sub>08</sub>		

Rodzaj wskaźnika	Symbol	Wartość
wydajność efektywna,		
wydajność w czasie roboczym,		
współczynnik wykorzystania czasu eksploatacyjnego,		
współczynnik pewności technologicznej,		

Wnioski:

Tab.1. Zalecane prędkości agrotechniczne i współczynniki wykorzystania czasu eksploatacyjnego zmiany przy wybranych pracach polowych.  
[Dobek: Cwiczenia z użytkowania agregatów rolniczych]

Rodzaj zabiegu	Prędkości agrotechniczne [km/h]	Współczynnik $K_{07}$
Orka	4,0-7,5	0,55-0,80
Podorywka	6,0-9,0	0,65-0,85
Bronowanie	4,0-8,0	0,70-0,85
Talerzowanie	5,5-6,5	0,65-0,85
Włókowanie	5,5-8,0	0,65-0,85
Kultywatorowanie	4,5-7,5	0,60-0,80
Gryzowanie	1,0-4,0	0,60-0,80
Wałowanie	4,0-5,0	0,65-0,85

Tab.2. Przeciętne wartości oporu jednostkowego orki  
[Kuczewski, Majewski: Eksploatacja maszyn rolniczych]

Kategoria agronomiczna gleb	Opór jednostkowy [kN/m <sup>2</sup> ]
Gleby lekkie:	
- Piaszczyste	20
- gliniasto-piaszczyste	20-30
- gliniaste lekkie	35-40
Gleby średnio-zwięzłe;	
- gliny średnie	35-50
Gleby zwięzłe:	
- gliniaste ciężkie	50-70
- gliniaste wilgotne	70-85
- gliniaste suche	85-100

Tab.3. Przeciętne wartości oporu jednostkowego maszyn i narzędzi rolniczych  
[Kuczewski, Majewski: Eksploatacja maszyn rolniczych]

Rodzaj zabiegu	Maszyna lub narzędzie	Opór jednostkowy [kN/m]
Włókowanie	włoka ciągnikowa	0,4-0,6
Bronowanie	brona uprawowa ciężka	0,5-0,7
	brona sprężynowa	1,0-1,8
Wałowanie	wał wglębny	0,9-1,3
	wał strunowy	0,3-0,6
Talerzowanie	brona talerzowa	1,8-2,4
Kultywatorowanie	kultywator o zębach sprężynowych	1,6-2,4
	kultywator z gęsiostopkami	1,5-2,1
Uprawa międzyrzędowa	zależnie od rodzaju zabiegu	0,5-2,5
Podorywka	brona talerzowa	1,2-2,5
Siew rzędowy	siewnik	1,0-1,4
Sadzenie	Sadzarka do ziemniaków	1,3-2,0
Obsypywanie ziemniaków	Obsypnik	1,5-2,0
Koszenie traw	Kosiarka	0,7-1,0
Grabienie siana	Grabie ciągnikowe	0,5-0,7
Przetrzęsanie siana	Przetrzęsacz bębnowy	0,7-0,9
Koszenie zbóż	Wiązalka ciągnikowa	1,3-1,6
	Kosiarka pokosowa	1,0
Kopanie ziemniaków	Kopaczka ciągnikowa	2,6-2,7
Zbiór buraków	Kombajn	12,0-15,0
	wyorywacz ciągnikowy	2,5-3,7
Narzędzia aktywne	glebogryzarka	2,2-2,8
	brona wahadłowa	1,6-2,2
Agregaty uprawowe	kultywator + wał strunowy	2,2-4,0
	biernie	kultywator + brona



Tab.4. Przeciętne wartości jednostkowego zużycia paliwa wybranych ciągników w zależności od ich obciążenia  
[Krok, Piotrowski: Ćwiczenia z eksploatacji sprzętu rolniczego]

Obciążenie silnika w %	Jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh] przez ciągniki o mocy silnika [kW]				
	22	38	55	58	77
20	555	570	475	535	570
30	400	435	365	395	435
40	330	380	315	325	365
50	300	385	285	290	325
60	280	290	270	270	300
70	270	280	265	265	285
80	265	265	260	260	270
90	270	280	265	270	280
Moment obrotowy [Nm]	145,5	166,5	261,0	277,6	357,5

Tab.5. Zalecane normy wysiewu i charakterystyka nasion ważniejszych roślin uprawnych  
(opracowanie własne)

Roślina	Zalecana norma wysiewu kg/ha	Zalecana obsada roślin szt./m <sup>2</sup>	Masa tysiąca nasion g	Masa objętościowa kg/dcm <sup>3</sup>
Bobik na nasiona	180-250	50-70	Ok. 500	
Bobik na zielonkę	200-300	60-80	Ok. 500	
Buraki cukrowe siew rzędowy	25-30	7-8	20-30	0,280
Buraki cukrowe siew punktowy	6-9	7-8	20-30	
Buraki pastewne	18-25	8-10	20-30	
Groch	120-300	80-100	220-350	
Jęczmień jary	120-160	220-380	43-47	0,650
Jęczmień ozimy	100-160	200-250	35-48	
Koniczyna czerwona (wsiewka)	12-18	650-800	1,8-2,2	
Kukurydza na ziarno	50-75	8-12	250-400	0,740
Len włóknisty	130-180	1000-1200	4,5-15,0	
Łubin biały na nasiona	220-280	70-80	Ok. 320	
Łubin biały na zielonkę	250-380	80-100	Ok. 320	
Łubin żółty na nasiona	130-160	80-90	120-180	
Łubin żółty na zielonkę	200	100-110	120-180	
Owies	120-180	350-500	30-35	0,450
Peluszka na nasiona	120-160	100-120	200-250	
Peluszka na zielonkę	180-220	140-180	200-250	
Pszenica jara	160-200	300-420	30-43	0,760
Pszenica ozima	120-250	280-350	34-45	
Rzepak ozimy	6-8	60-80	4-6	
Żyto	100-180	250-350	30-46	0,710

Tab.6. Wykaz ziarnistych plodów rolnych z wykorzystywanymi do ich czyszczenia sitami w czyszczalni złożonej „Petkus”  
(Instrukcja obsługi czyszczalni złożonej Petkus)

Gatunki roślin	Wymiary w mm	
	Sito górne	Sito dolne
żyto	3,00	1,80
	3,25	2,00
	3,50	
	4,50∅	
pszenica	3,75	2,25
	4,00	2,50
	4,50∅	
jęczmień	3,75	2,25
	4,00	2,50
	5,50∅	
owies	3,00	1,80
	3,25	2,00
	3,50	
	3,75	
	5,50∅	
bób	9,00	6,50
groch	9,50∅	6,00
peluszką	8,00∅	4,25
łubin	5,25	5,50∅
gryka	3,20∅	2,25
koniczyna czerwona	2,20∅	0,90
życica trwała	1,50	1,20∅
rzepak	3,00∅	1,50
	2,80∅	1,20
len	1,75	2,20∅
burak cukrowy	5,00∅	1,5x25
burak pastewny	9,00∅	1,8

∅ - oznacza sita o otworach okrągłych.

**Literatura**

1. Bayer J., Dulcet E., Jarmocik E., Ziętara W.: Przewodnik do ćwiczeń z mechanizacji rolnictwa. cz. II, Wyd. ATR Bydgoszcz 1995 r.
2. Dobek T.: Ćwiczenia z użytkowania agregatów rolniczych (skrypt dla studentów Wydziału Rolniczego) Wyd. AR Szczecin 1996 r.
3. Instrukcja obsługi. Czyszczalnia złożona „Petkus”.
4. Instrukcja obsługi i katalog części. Siewnik zbożowy zawieszany „Poznaniak 6” S043/3D.
5. Koćmit A., Niedźwiecki E., Zabłocki Z.: Gleboznawstwo z elementami geologii. Wyd. AR Szczecin 1990 r.
6. Krok A., Piotrowski S.: Ćwiczenia z eksploatacji sprzętu rolniczego. Wyd. SGGW-AR Warszawa 1985 r.
7. Kuczewski J.: Budowa i regulacja maszyn rolniczych, PWN Warszawa 1984 r.
8. Kuczewski J.: Eksploatacja maszyn rolniczych, PWRiL Warszawa 1971 r.
9. Kuczewski J., Majewski Z.: Eksploatacja maszyn rolniczych, tom I, PWRiL Warszawa 1985 r.
10. Kuczewski J., Majewski Z.: Podstawy eksploatacji maszyn rolniczych, Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995 r.
11. Mieszkalski I.: Narzędzia i maszyny do uprawy, doprawiania, nawożenia roli, siewu i sadzenia, pielęgnacji roślin, Wyd. ART. Olsztyn 1998 r.
12. Sęk T.: Ćwiczenia z eksploatacji agregatów rolniczych, cz. I. Podstawy eksploatacji agregatów rolniczych, Wyd. AR Poznań 1980 r.
13. Worona M., Dawidowski B.: Przewodnik do ćwiczeń z maszyn rolniczych, Wyd. AR Szczecin 1985 r.