

074

A

ZESPÓŁ AUTOMATYKI ELEKTRONICZNEJ

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

dr inż. Andrzej Kobosko

dr inż. Hubert Leśkiewicz

oraz Zespoły Współpracujące pod kierunkiem:

Wykonawcy:

prof. dr hab. Łucji Fornal ART- Olsztyn

prof. dr hab. Edwarda Kamińskiego AR - Poznań

Praca zbiorowa w ramach Projektu Badawczego nr 400/ PO6/96/11
- Grant nr 1709G

- 1) Zbudowanie stanowiska do badań monochromatycznych
(Umowa o dzieło nr 82/98)
- 2) Ocena jakości technologicznej ziarna o wilgotności 22% i 25%
w zmiennych warunkach temperaturowych
(Umowa o dzieło nr 55/98)
- 3) Badania mikrobiologiczne stanu bakteryjnego ziarna o wilgotności
13% , 18% i 22% w zmiennej temperaturze - Ziarno ze zbiorów 1997r.
(Umowa o dzieło nr 54/98)

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

KBN

DOKUMENT WZORCOWY

Kierownik Pracowni

Andrzej Kobosko

dr inż. Andrzej Kobosko

Z-ca Dyrektora
d/s Bad.-Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Kierownik Zespołu



doc.dr inż. J.Korytkowski

Pracę zakończono dnia 29.07.1998r.

Nr arch. 7575

Nr zlecenia 1709G

MONOCHROMATOR ŚWIATŁOWODOWY DO BADAŃ W PASMIE
PODCZERWIENI

Abstrakt

Opracowano koncepcję monochrometru przeznaczonego do badań progu absorpcji w paśmie podczerwieni w funkcji zmian temperatury.

Tytuły poprzednich sprawozdań

1. Metody oceny intensywności procesów metabolicznych w przechowalnictwie zbożowym. Projekt badawczy nr 400/PO6/96/11
Etap 1. Opracowanie i wykonanie stanowiska do badań światłowodowych temperatury. (Umowa o dzieło nr 36/97)
Etap 1. Badanie jakości technologicznej w komorze doświadczalnej - badania warstwowe. (Umowa o dzieło nr 34/97)
Etap 1. Badania chromofotograficzne próbek ziarna - badania próbek. (Umowa o dzieło nr 35/97)
Nr arch. 7447
2. Metody oceny intensywności procesów metabolicznych w przechowalnictwie zbożowym. Projekt badawczy nr 400/PO6/96/11
Etap 2. Badanie światłowodowe temperatury. (Umowa o dzieło nr 36/97)
Etap 2. Ocena jakości ziarna w funkcji temperatury. (Umowa o dzieło nr 34/97)
Etap 2. Ocena intensywności procesów metabolicznych w funkcji temperatury składowania. (Umowa o dzieło nr 35/97)
Nr arch. 7484

Rozdzielnik

Egz. 1. OIN

Egz. 2. ZAE-1

Egz. 3. ZAE-4

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP
2. ZASADA POMIARÓW PRZECIENIA ABSORPCJI
3. BUDOWA SPEKTROMETRU ŚWIATŁOWODOWEGO
4. OPIS STANOWISKA OPTOELEKTRONICZNEGO DO BADAŃ MONOCHROMATYCZNYCH
5. BADANIA MIKROBIOLOGICZNE STANU BAKTERYJNEGO ZIARNA O WILGOTNOŚCI 13%, 18%, I 22% W ZMIENNEJ TEMPERATURZE. ZIARNO ZE ZBIORÓW 1997r. (praca wykonana pod kierownictwem prof. dr. hab.E. Kamińskiego z Akademii Rolniczej w Poznaniu),
6. OCENA JAKOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ZIARNA PSZENICY O WILGOTNOŚCI W ZAKRESIE 22 - 25% PRZECHOWANEGO W ZMIENNYCH WARUNKACH TEMPERATUROWYCH - EKSPERYMENT 1.(praca wykonana pod kierownictwem prof. dr. hab.Ł. Fornal z Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie).
7. SPRAWOZDANIE Z TARGÓW W HANOWERZE

1. WSTĘP

Niniejsze sprawozdanie obejmuje prace realizowane w ramach Projektu Badawczego - Grantu pt. „Metody oceny intensywności procesów metabolicznych w przechowalnictwie zbożowym” realizowanego w ramach ogólnej Umowy z KBN nr PB 400/PO6/96/11

oraz 3-ch wynikających z Umowy z KBN Umów o dzieło określających szczegółowy zakres tematów przewidzianych do wykonania w okresie pierwszego półrocza 1998r.

Prace były realizowane przez trzy zespoły badawcze: Zespół pracowników Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów, Zespół pracowników Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie oraz Zespół pracowników Akademii Rolniczej w Poznaniu.

Wyniki badań przedstawione są w kolejnych punktach sprawozdania.

Prace prowadzone przez pracowników PIAP i konsultowane z pracownikami Uniwersytetu Warszawskiego dotyczyły opracowania stanowiska do badań monochromatycznych światłowodowych oraz wykonanie sond pomiaru temperatury do badań ziarna przez Zespoły w Akademii Rolniczej w Poznaniu oraz w Olsztynie. Do tych celów zostały zmodernizowane sondy laskowe opracowane wcześniej w PIAP. Modernizacja polegała między innymi na ich mniejszej długości dostosowanej do wysokości zbiorników z badanym ziarnem. PIAP również pełnił funkcję koordynatora tych prac od strony aparatury kontrolno-pomiarowej. W wyniku prac tegorocznych i zeszłorocznych zostały opublikowane dwa artykuły pod redakcją prof. dr hab. Łucji Fornal (ART- Olsztyn) z udziałem dr inż. Andrzeja Kobosko(PIAP):

1. Jakość technologiczna ziarna z górnej i dolnej warstwy komory przechowalniczej ,
Przegląd Zbożowo-Młynarski XLII(4): 6-8, 1998r.,
2. Jakość technologiczna ziarna pszenicy w czasie przechowywania, Biuletyn Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie nr.4, 1998r.

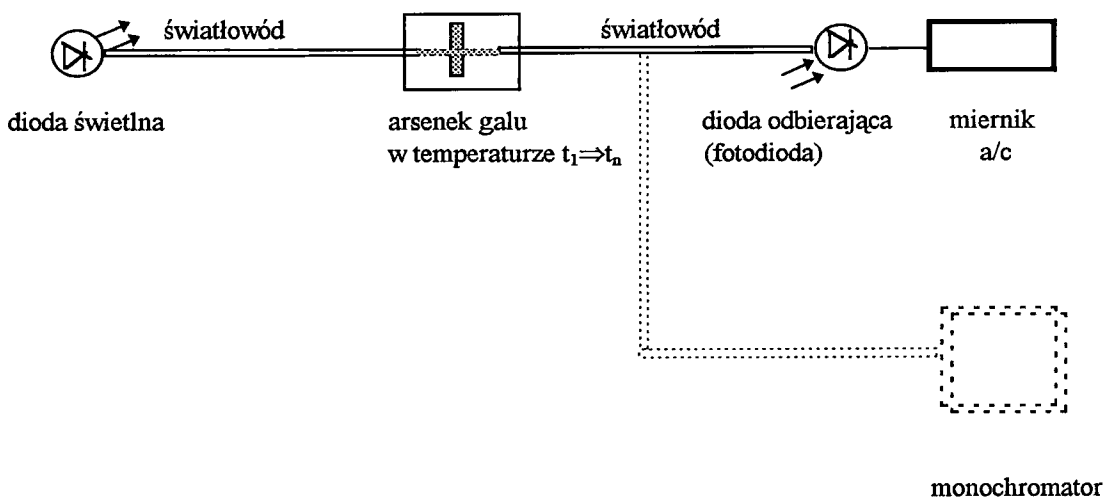
Dobór aparatury kontrolno-pomiarowej do prowadzenia badań zbożowych: temperaturowych i wilgotnościowych oraz badań światłowodowych temperaturowych oraz monochromatorów pracujących w paśmie podczerwieni wymagał konsultacji na forum międzynarodowym. W tym celu został oddelegowany dr H. Leśkiewicz na Międzynarodowe Targi w Hanowerze aparatury kontrolno-pomiarowej, robotyki, automatyzacji procesów produkcyjnych. Sprawozdanie z tych targów znajduje się również w niniejszym sprawozdaniu.

Przedstawione prace będą kontynuowane w drugim półroczu 1998r. w ramach tych samych umów i kolejnych etapów prac.

2. ZASADA POMIARÓW PRUGU ABSORPCJI

Zasada pomiarów temperatury przez określenie progu absorpcji półprzewodników w paśmie podczerwieni została opisana przez dr.A.Kudelskiego (z Uniwersytetu Warszawskiego, a obecnie z ISAS-Dortmund RFN) w sprawozdaniu z ubiegłorocznych prac niniejszego projektu badawczego (nr arch. 7447).

Dla przypomnienia podajemy, że próg absorpcji półprzewodników, a zwłaszcza arsenku galu, który był przedmiotem szczegółowych badań, zmienia się quasi-liniowo w funkcji temperatury. Umieszczając półprzewodnik w temperaturze, którą chcemy określić, należy przeprowadzić pomiary jego progu absorpcji szczególnie w paśmie podczerwieni. Strumień świetlny prowadzony był w światłowodach zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1.



Rys.1. Schemat stanowiska do badań światłowodowych układów pomiaru temperatury

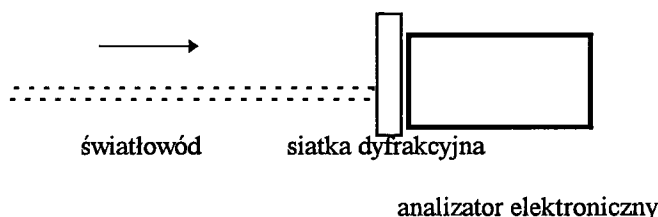
Na rysunku przedstawiono linią ciągłą elementy stanowiska już zrealizowane. Prace tegoroczne koncentrują się nad zastąpieniem elementów odbierających tzn. fotodiody odbierającej wraz z miernikiem analogowym, ze względu na ich małą czułość.

Proponuje się zastąpić fotodiodę przez linijkowy czujnik obrazowy (linear image sensor-ang). oraz zabudowę podobnego układu w monochromator światłowodowy przeznaczony do pracy w paśmie podczerwieni. Układ z czujnikiem linijkowym ma służyć do pomiaru temperatury, natomiast podobny układ z monochromatorem jako znacznie dokładniejszy pełnić będzie funkcję wzorcowania układu pomiarowego. Układ z czujnikiem linijkowym stanowi zasadniczy element stanowiska optoelektrycznego do badań monochromatycznych spełniające te dwie funkcje. W skład tego stanowiska wchodzi jeszcze oscyloskop, woltomierz cyfrowy i zasilacz. Schemat blokowy stanowiska jest przedstawiony na rys.3 str.8.

3. BUDOWA SPEKTROMETRU ŚWIATŁOWODOWEGO

Spektrometr na światło monochromatyczne zwany również monochromatorem stosowany jest do analizy wiązki światła widzialnego. Spotykany w laboratoriach krajowych spektrometr f-my Zeiss (NRD) jest już niedostępny do kupna. Spektrometry firm zachodnich są zbyt drogie (kilkanaście tysięcy dolarów), aby można było zakupić z funduszy tego grantu.

Dlatego zdecydowano się na sporadyczne korzystanie z doskonałego spektrometru zainstalowanego na Uniwersytecie Warszawskim. Wyznaczono na nim podstawowe charakterystyki zmian progu absorpcji w funkcji temperatury. Do prac konstrukcyjnych nad systemem pomiarowym światłowodowym konieczna jest jednak ciągła dostępność do monochromatora. Dlatego zrobiono rozważanie możliwości krajowych wykonania odpowiedniego monochromatora. Nie ma konieczności wyposażenia takiego monochromatora w wiele uniwersalnych funkcji, ale w interesującym nas paśmie pomiarowym powinien być dokładny. Zasada pracy interesującego nas monochromatora jest przedstawiona na rys.2



Rys. 2. Zasada budowy monochromatora światłowodowego

Sygnal światłowodowy w paśmie bliskiej podczerwieni (860 - 940 nm) doprowadzony powinien być do siatki dyfrakcyjnej ustawianej z dużą precyzją mechaniczną. Sygnal po przejściu przez siatkę powinien być analizowany w układzie elektronicznym i przedstawiony cyfrowo na monitorze sprzęgniętego komputera.

Do współpracy w realizacji potrzebnego monochromatora poproszono firmę WOCAD z GLIWIC, której ofertę wraz z danymi technicznymi na spektrometr światłowodowy załączamy. Adaptacja tego spektrometru polegać będzie na zmianie sygnału świetlnego na sygnał bliskiej podczerwieni oraz zmianę układu elektronicznego analizującego sygnał. W tym celu zaferowaliśmy układ sprowadzony przez nas do PIAP z firmy japońskiej Hamamatsu. tworzący analizator elektroniczny (rys.2) i wchodzący w skład stanowiska optoelektronicznego do badań monochromatycznych. Układ ten składa się z 4 bloków z czujnikiem liniowym typu N-moss linear image sensor jak to wynika z naszego pisma przesłanego do firmy WOCAD (w załączeniu). Według wstępnych ustaleń monochromator powinien być wykonany w 2-gim półroczu tego roku. Dotychczas zostały już przez nas zakupione elementy japońskie i został wykonany przez nas układ elektroniczny złożony z bloków firmy Hamamatsu.

4. OPIS STANOWISKA OPTOELEKTRONICZNEGO DO BADAŃ MONOCHROMATYCZNYCH

Stanowisko do badań temperaturowych w paśmie bliskiej podczerwieni zostało przedstawione na rys.1(str.5). Do tego stanowiska zostało opracowany elektroniczny układ analizujący wchodzący w skład niezależnego stanowiska do badań monochromatycznych. przedstawionego na rys.3. Wraz z miernikami cyfrowymi (komputerem) i analogowymi stanowi optoelektroniczne stanowisko do badań monochromatycznych. Układ ten składa się z elementów japońskiej firmy Hamamatsu z linijkowym czujnikiem obrazowy (linear image sensor-ang).

W skład układu wchodzi:

1. Sterownik / Wzmacniacz
2. Generator impulsów
3. Linijkowy czujnik obrazowy
4. Zasilacz DC

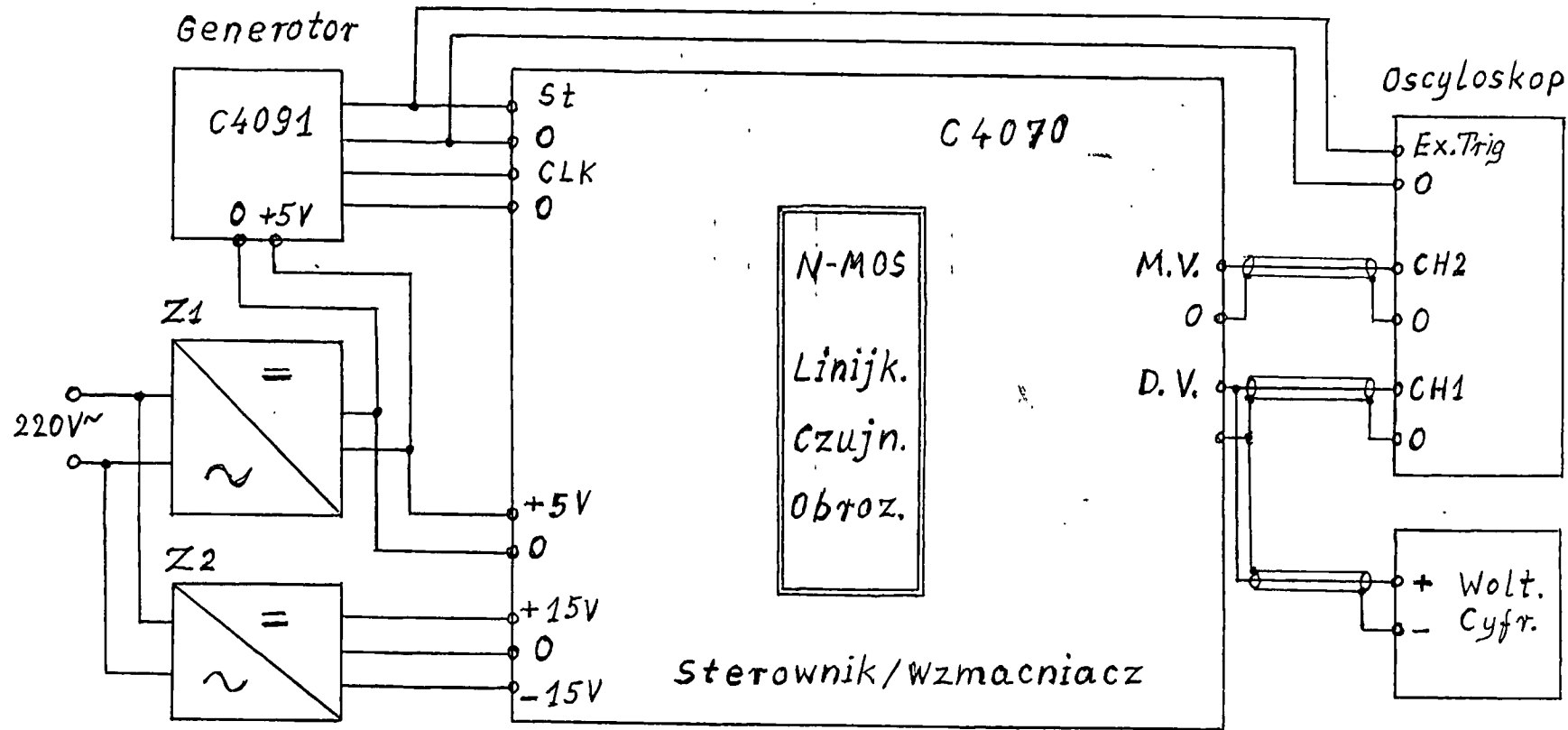
Odczyt przeprowadza się z zastosowaniem przetworników S/H lub A/D. Można również badać przebiegi na oscyloskopie.

Konfiguracja układu jest przedstawiona na Figure 2.: w załączonym prospekcie sterownika / wzmacniacza: DRIVER /AMPLIFIER CIRCUIT C4070.

Załączone są również prospekty pozostałych elementów układu pomiarowego. Nie załączono tylko opisu bloku zasilacza ponieważ zastosowano typowy krajowy zasilacz.

Na szczególną uwagę zasługuje opis użytkowania linijkowego czujnika obrazowego dla czujników serii S3902 i S3903 (ten posiadamy).

Sądzymy, że podobny układ może być przez firmę WOCAD z Gliwic zabudowany w spektrometrze przeznaczonym do badań światłowodowych.



Rys. 3. Schemat blokowy stanowiska do badan monochromatycznych

PODSTAWOWE PARAMETRY STANOWISKA

Sygnal wejściowy: strumień świetlny o długości fali 860 - 940 nm
 podziałka pixeli 25 μm
 wysokość pixeli 0,5 mm
 liczba pixeli (S3903-256Q) 256
 długość ceramiki 31,75 mm
 czułość falowa 600 nm
 zakres odpowiedzi spektralnej od 200 do 1000 nm
 histereza 180 mlx s
 pojemność nasycenia 5 pC
 sygnał prądowy przy całkowitym zaciemnieniu 0,08 pA

Sygnal wyjściowy: analogowy 0 - 2V dc
 częstotliwościowy 1 μs - 50 μs
 częstotliwość impulsów zegarowych 93,75 kHz - 24 MHz,

Zasilanie +15V, - 15V, +5V dc oraz 220V ac

Parametry otoczenia temperatura pracy -40 do +65°C
 temperatura składowania -40 do +85°C

Badanie i sprawdzenie stanowiska: Badania elektryczne: zasilanie i sygnał wyjściowy oraz sygnał zakłóceń przy całkowitym zaciemnieniu ekranu można zbadać w PIAP, Charakterystykę częstotliwościową można wyznaczyć porównując transmitancję sygnałów świetlnego i elektrycznego z parametrami otrzymanymi na komputerowym analizatorze wzorcowym np. w Instytucie Chemii Uniwersytetu Warszawskiego.

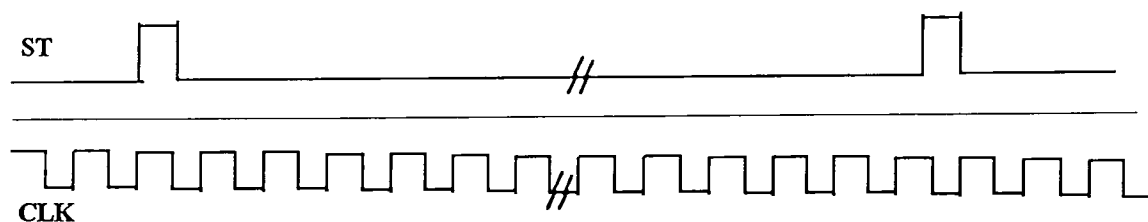
URUCHOMIENIE STANOWISKA DO BADAŃ MONMOCHROMATYCZNYCH

Stanowisko zostało wykonane zgodnie z rys. 3. Dołączono do niego uniwersalny sprzęt pomiarowy. Stanowisko wykonane jest na blacie tekstolitowym na którym zamontowano obwody drukowane z blokami elektronicznymi oraz połączenia międzyblokowe. Na blacie oznaczono wejście świetlnego sygnał wejściowego, łączówki z sygnałami wyjściowymi oraz łączówki z sygnałami zasilającymi.

Badania przeprowadzone w PIAP dotyczyły pomiarów elektrycznych i potwierdziły oscyloskopowo charakter przebiegów częstotliwościowych zalecanych przez producenta - firmę Hamamatsu. Podczas regulacji częstotliwości generatora impulsów (C4091) należy się upewnić, że daje on na wyjściu impulsy startowe ST o szerokości większej niż okres impulsów zegarowych CLK (patrz rys. 4).

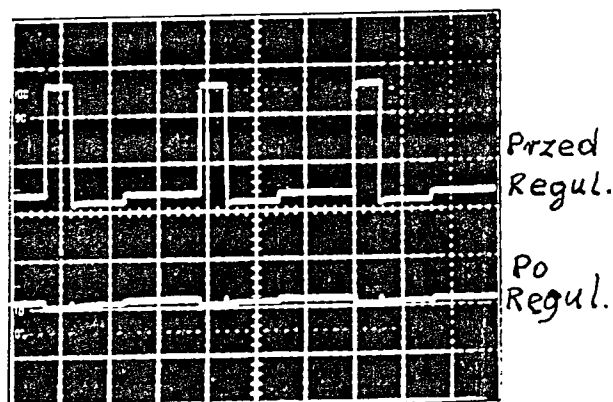
Następne badania dotyczące zakresu pomiarowego strumienia świetlnego w paśmie podczerwieni, rozdzielczości i powtarzalności będzie można prowadzić w następnych etapach pracy. Badania będą miały charakter porównawczy z wynikami otrzymanymi na bardzo dokładnym analizatorze na Uniwersytecie Warszawskim.

Poniżej przedstawiamy kilka przebiegów elektrycznych otrzymanych z wyżej wymienionego stanowiska charakterystycznych dla jego działania.

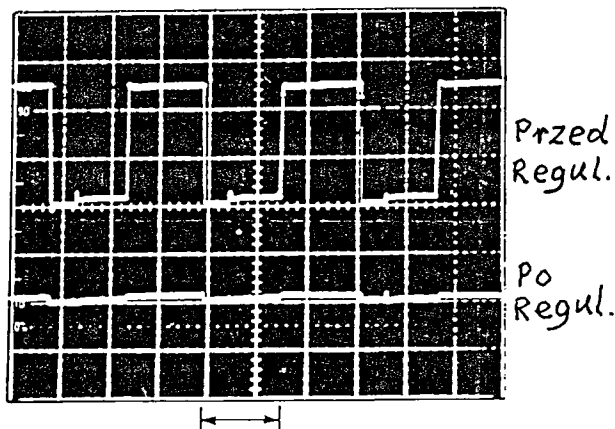


Rys. 4 Przebieg impulsów startowych ST i zegarowych CLK

Regulacja pot. VR1



Regulacja pot. VR2



Rys. 5. Przebiegi nastaw sterownika.

Stanowisko do badań monochromatycznych jest sterowane przez układ „C4091”.

1. Układ C4091 jest generatorem impulsów, dającym na wyjściu dwa rodzaje impulsów: 1 - zegarowe impulsy sterujące, 2 - startowe impulsy sterujące. Impulsy powyższe są doprowadzone do płytki układu czujnika obrazowego ze sterownikiem i wzmacniaczem.

W układzie C4091 impulsy są obrobione i częstotliwość ich ustawiana za pomocą dwóch przełączników obrotowych i jednego przełącznika suwakowego. Oscylator krystaliczny użyty jest jako zegar pierwotny (główny) o dużej dokładności, dający na wyjściu dwa w/w rodzaje impulsów sterujących. Odstęp (interwał) między startowymi impulsami sterującymi jest ustawiany (w sekwencji 1 - 2 - 5) od 1μs do 50s, natomiast częstotliwość zegarowych impulsów sterujących może być wybierana w zakresie od 93,75 kHz do 24 MHz.

Startowe impulsy sterujące (Master Start Pulse) uruchamiają czujnik obrazowy MOS ze sterownikiem i wzmacniaczem. Impulsy te są doprowadzone do wyjścia, oznaczonego literami „ST”. Zegarowe impulsy sterujące (Master Clock Pulse) określają częstotliwość pracy układu sterującego i wzmacniacza. Impulsy te są doprowadzone do wyjścia oznaczonego literami „CLK” i są łączone z zaciskami „CLK” na płytce czujnika obrazowego MOS „C4070”.

Wybór rodzaju pracy generatora jest realizowany za pomocą łącznika zwierakowego, którego połączenia przedstawiono w tablicy poniżej.

| Rodzaj pracy | J ₁ | J ₂ | |
|---|----------------|----------------|---|
| „Synchroniczny” Odstęp między impulsami startowymi zmienia się z częstotliwością zegarowych impulsów sterujących. | A | C | Częstotliwość zegarowych impulsów sterujących może być zmieniana za pomocą specjalnych przełączników obrotowych. Częstotliwość maksymalna 12 MHz. |
| | | D | Częstotliwość zegarowych impulsów sterujących ustawiana jest stała 24MHz. |
| „Asynchroniczny” Odstęp między impulsami startowymi i częstotliwość zegarowych impulsów sterujących jest ustawiana niezależnie | B | C | Częstotliwość zegarowych impulsów sterujących może być zmieniana za pomocą przełączników obrotowych. Częstotliwość maksymalna jest 12 Mhz. |
| | | D | Częstotliwość zegarowych impulsów sterujących wynosi 24 Mhz |

Wynikająca z tablicy procedura ustawiania odpowiedniej częstotliwości jest następująca:

1. Jeśli chcemy mieć częstotliwość zegarową F_c , to można ją wyznaczyć wg wzoru

$$F_c = f_m / 2^{Y_c + 1}$$

gdzie: f_m - częstotliwość maksymalna generatora równa 24 MHz,
 Y_e - wykładnik potęgi, wybrany za pomocą przełączników obrotowych,
 ale oprócz położenia „8” i „9”.

2. Jeśli chcemy mieć odstęp między impulsami startowymi T_s , to określa go wzór:

$$T_s = (X_m \times 10^{X_e} \times 24) / f_m$$

gdzie: f_m - W przypadku pracy asynchronicznej, $f_m = 24$ MHz,
 w przypadku pracy synchronicznej, $f_m =$ częstotliwości zegarowej.
 X_m - Wybrana mantysa za pomocą przełącznika suwakowego
 w sekwencji „1 - 2 - 5”.
 X_e - Wybrany wykładnik za pomocą przełączników obrotowych,
 ale oprócz położenia „8” i „9”.

2. Układ C4070 sterownik / wzmacniacz - o bardzo małym poziomie szumów został specjalnie zaprojektowany do współpracy z liniowymi czujnikami obrazowymi typu N-MOS firmy Hamamatsu. Układ zawiera generator impulsów startowych oraz impulsów zegarowych do uruchamiania liniowego czujnika obrazowego i wysterowania wzmacniacza dla odczytania na wyjściu sygnału video w postaci scałkowanej. Do uruchomienia jednak układu na wejściu są wymagane startowe impulsy sterujące i zegarowe impulsy sterujące z płytki układu C4091.

Podstawowy schemat układu C4070 - sterownik / wzmacniacz jest przedstawiony na Fig.3. Układ zawiera dwa główne podzespoły:

- generator sygnału sterującego,
- procesor sygnału video.

Generator sygnału sterującego jest typu PLD (Programmable Logic Device). Układ ten generuje impulsy startowe (Φ_{st}) i dwa przebiegi fazowych impulsów zegarowych (Φ_1 i Φ_2) do skanowania N-MOS zmiany rejestru. Układ PLD generuje również sygnał „resetu” i DC sygnał „przywrócenia” dla procesora, jak również sygnał czasu dla układu próbkowania przetwornika A/D. Wszystkie te sygnały są synchronizowane z zewnętrznymi impulsami sterującymi i są inicjowane przez startowe impulsy sterujące z płytki układu C4091.

Procesor sygnału video można podzielić na cztery sekcje:

- (1) - Pierwsza sekcja przedstawia wzmacniacz całkujący sygnału video z czujnika obrazowego. Wzmacniacz ma przełącznik „resetu”, dołączony równolegle do kondensatora sprzężenia zwrotnego 10pF. Procesor sygnału video ma również obwód kasujący impulsy zakłócające, generowane podczas synchronizowania z dwoma fazowymi impulsami zegarowymi Φ_1 i Φ_2 .
- (2) - Druga część układu procesora obejmuje wzmacniacz nie-odwracający o wzmacnieniu ok. 3, który działa również jako filtr dolno-przepustowy. Wyjście jest dostępne na zacisku monitora video.

- (3) - Następny podzespół jest układem blokującym, składającym się z kondensatora i elementu przełączającego, służącego do przywrócenia sygnału video i redukcji zakłócenia od „resetu” generowanego w pierwszej sekcji.
- (4) - Ostatnia część jest wzmacniaczem nie-odwracającym, ze wzmocnieniem ok. 1, który jest jednocześnie filtrem dolno-przepustowym.

Na Fig. 4 pokazano diagram przebiegów czasowych sygnałów generowanych w układzie C4070. Ponieważ anoda fotodiody N-MOS linijkowego czujnika obrazowego jest na potencjale 0V, a zacisk video powinien być zasilony potencjałem dodatnim, więc każda fotodioda jest spolaryzowana odwrotnie. W układzie C4070 zacisk video jest ustawiony na potencjale 2V. Linijkowy czujnik obrazowy N-MOS działa na zasadzie akumulacji ładunku elektrycznego i otrzymany sygnał wyjściowy jest proporcjonalny do ilości światła napromieniania (natężenie światła x czas akumulacji). Czas akumulacji każdego elementu N-MOS linijkowego czujnika obrazowego jest równy interwałowi między startowymi impulsami sterującymi, a z drugiej strony czas odczytu jest określony przez zegarową częstotliwość sterującą. W układzie C4070 potrzebnych jest sześć impulsów na wyświetlenie jednego elementu, dlatego wymagany czas odczytu dla jednego elementu równy jest sześciu okresom zegarowych impulsów sterujących.

Fotodiody N-MOS linijkowego czujnika obrazowego mają bardzo wysoki stopień nasycenia. Jednak fotodiody wystawione dłuższy czas na promieniowanie większe niż ekspozycja nasycenia diod może doprowadzić do zmniejszenia czułości części diod i wówczas te fotodiody nie mogą akumulować całego ładunku sygnału nasycenia. Nadmiar ładunku prowadzi do zbyt dużego przetężenia do linii video, a to powoduje pogorszenie się jakości sygnału. Aby maksymalnie eliminować to zjawisko w linijkowym czujniku obrazowym fotodiody są spolaryzowane potencjałem równym potencjałowi video (typowo 2V) i nadmiarowy ładunek nasycenia jest odprowadzony do masy.

Schemat połączeń układu C4070 z układem C4091 jest pokazany na Fig. 2. Podczas ustawiania częstotliwości generatora impulsów C4091, należy się upewnić, że daje on startowe impulsy sterujące o czasie trwania dłuższym niż okres zegarowych impulsów sterujących.

dr. A. Kobosko

Biuro Usług Naukowo-Technicznych „WOCAD”
44-117 Gliwice, ul. Jowisza 26/12
tel./fax/modem (0-32) 239-97-05

SZ. P. DYKELOK
PRZEMYSŁOWEGO INSTYTUTU
AUTOMATYKI I POMIARÓW "PIAP"
AL. JERUZOLIMSKIE 202
02-222 WARSZAWA

Gliwice, dn. 4 maja 1998

Szanowni Państwo,

uprzejmie informujemy, że w naszym Biurze został opracowany i wdrożony do produkcji spektrometr światłowodowy przystosowany do pomiarów w widzialnym zakresie widma.

Moduł sterujący spektrometru oraz oprogramowanie jest produktem myśli technicznej naszego Biura, w związku z tym istnieje możliwość uwzględnienia indywidualnych Państwa potrzeb dotyczących budowy oraz działania oprogramowania sterującego.

Na urządzenie udzielana jest roczna gwarancja. Zapewniamy także serwis pogwarancyjny.

Cena zestawu netto wynosi 4000 zł (+22% VAT).

Jeżeli nasza oferta spotka się z Państwa życzliwym zainteresowaniem prosimy o kontakt celem nawiązania współpracy.

Z poważaniem

mgr inż. Zbigniew Opilski



WOCAD Biuro Usług
Naukowo-Technicznych

14

Podstawowe informacje o spektrometrze światłowodowym.

Spektrometr został zbudowany w oparciu o spektrometr firmy "microParts". Jest to siatkowy spektrometr odbiciowy, przystosowany do pomiarów spektralnych z widzialnego zakresu widma (380nm-780nm), wyposażony w liniijkę CCD o 256 fotoelementach. Analizowany strumień światła wprowadzany jest do spektrometru za pośrednictwem standardowego kabla światłowodowego zakończonego złączem ST.

Do pracy spektrometru konieczna jest jego współpraca z komputerem pracującym pod nadzorem systemu Windows 95. Współpraca ta odbywa się poprzez złącze LPT (równoległe drukarkowe) komputera. Do pracy nie jest wymagane żadne dodatkowe wyposażenie komputera. W skład dostarczanego zestawu wchodzi oprogramowanie pozwalające na dokonanie pomiarów widma, jego prezentację oraz zachowanie w zasobach komputera. Oprogramowanie to pozwala także na dokonanie pomiarów zmian widma w czasie.

W skład zestawu wchodzi:

- spektrometr (bez źródła zasilania)
- wielożyłowy kabel służący do połączenia spektrometru z komputerem
- dyskietka z oprogramowaniem
- instrukcja obsługi.

Podstawowe dane techniczne:

Zakres spektralny: 380-780 nm

spektrometr rejestruje szerszy zakres spektralny widma, jednak jego dokładność poza wymienionym zakresem jest mniejsza.

Rozdzielczość:

- lepsza niż 7 nm przy współpracy z włóknem 50/125 μm
- lepsza niż 12 nm przy współpracy z włóknem 105/125 μm
(szerokość połówkowa mierzona dla $\lambda=550$ nm)

Kabel światłowodowy: długość 1m, zakończony złączem ST

- rdzeń o średnicy 50 μm lub 105 μm (w zależności od zamówienia)
- plaszcz o średnicy 125 μm
- apertura numeryczna NA= 0,22

Zasilanie: - bateria 9V typu 6F22,

- zewnętrzny zasilacz sieciowy o napięciu wyjściowym 9-12V
- pobór prądu: < 20 mA

Przetwornik A/C spektrometru: 8-bitowy o czasie przetwarzania 32 μs

Wymiary zewnętrzne: 110 x 67 x 27 mm

Minimalny czas pomiaru widma: < 200 ms (w pomiarach bez uśrednień i minimalnych czasach ekspozycji)

Serwis: na urządzenie udzielana jest roczna gwarancja. Zapewniamy także serwis pogwarancyjny.

Podzielności

Biuro Usług Naukowo-Technicznych
„W O C A D”
ul. Jowisza 26/12
44-117 GLIWICE

W nawiązaniu do rozmowy telefonicznej dr. A. Kobosko z naszego Instytutu z Waszym przedstawicielem w dniu 22.05.98r. jesteśmy zainteresowani spektrometrem światłowodowym przystosowanym do pomiarów w paśmie bliskiej podczerwieni (860 ÷ 940 nm).

Do złożenia takiego spektrometru gotowi jesteśmy dostarczyć następujące elementy firmy HAMAMATSU:

1. N-MOS LINEAR IMAGE SENSOR „S-3903-256Q”;
2. DRIVE / AMPLIFIER SENSOR „C 4070”;
3. PULSE GENERATOR FOR N-MOS „C 4091”.

Uprzejmie prosimy o możliwie szybkie przysłanie nam oferty.

Z poważaniem

Jhb
.....

W związku z rozmową telefoniczną
przesyłam prospektę f-my Hamamatsu
dot. w/w elementów

Alrobosko

25. 06. 98r.

For Serial/Current Output Type MOS Linear Image Sensors

The C4070 is a low-noise driver/amplifier circuit designed specifically for use with Hamamatsu serial/current output type MOS linear image sensors (S3901, S3904, S3902, S3903). The C4070 driver/amplifier circuit includes a generator for a start pulse and two-phase clock pulses used to drive a MOS linear image sensor and the charge amplifier used to read out the video signal in the integration mode. The signal inputs required are only a master start pulse, a master clock pulse, +5V and $\pm 15V$.

In addition, the C4091 pulse generator is available, which supplies the C4070 with a master start pulse and a master clock pulse.

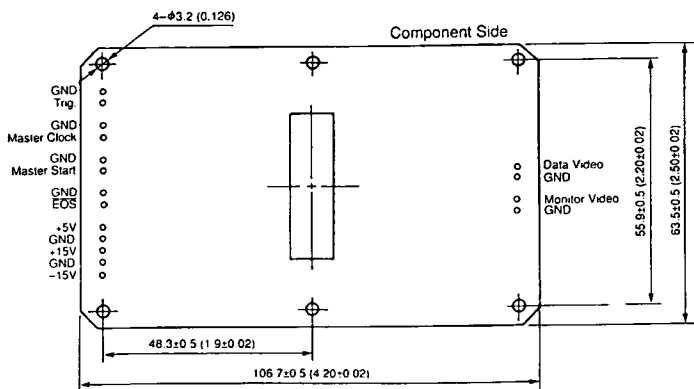
FEATURES

- Structure allows easy cooling and optical alignment of MOS image sensor
- Simple operation: only a master start pulse, a master clock pulse, +5V and $\pm 15V$ required
- Low noise
- Wide dynamic range
- Simple adjustment

DESCRIPTIONS OF TERMINALS

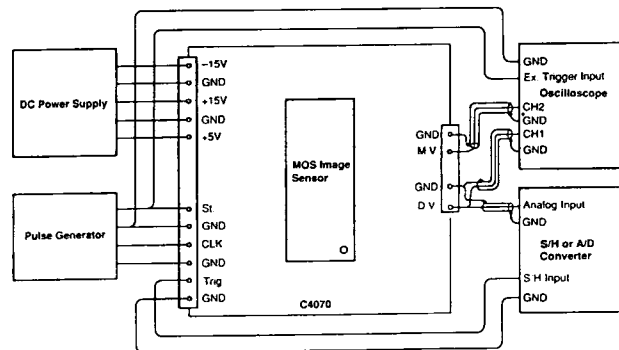
| Terminals | Symbols | Descriptions |
|-----------|--------------------------|--|
| Input | Supply Voltage | $V_d (+5)$ $V_a (+15)$ (-15) +5 Vdc, 70 mA +15 Vdc, 30 mA -15 Vdc, 30 mA |
| | Master Start ϕ_{ms} | St. CMOS logic compatible. Positive logic. For initializing the circuit and the MOS shift register. |
| | Master Clock ϕ_{mc} | CLK CMOS logic compatible. The maximum frequency is 375 kHz. For synchronizing the circuit and the MOS shift register. |
| Output | Monitor Video | M.V. Positive output. This is the integrated video signal from the MOS image sensor, and it is used for monitoring when cancelling the switching noises. Obtained synchronized with ϕ_2 . |
| | Data Video | D.V. Positive output. This is the integrated, low-noise video signal of the MOS image sensor. |
| | Sample-and-hold | Trig. CMOS logic compatible. Positive logic. This output can be used as the trigger signal for the sample-and-hold or A/D conversion. |
| | End of Scan | \overline{EOS} CMOS logic compatible. Negative logic. This is the end-of-scan signal of the MOS shift register and it is obtained synchronized with ϕ_2 right after the last element is scanned. |

Figure 1: Dimensional Outline and Terminals



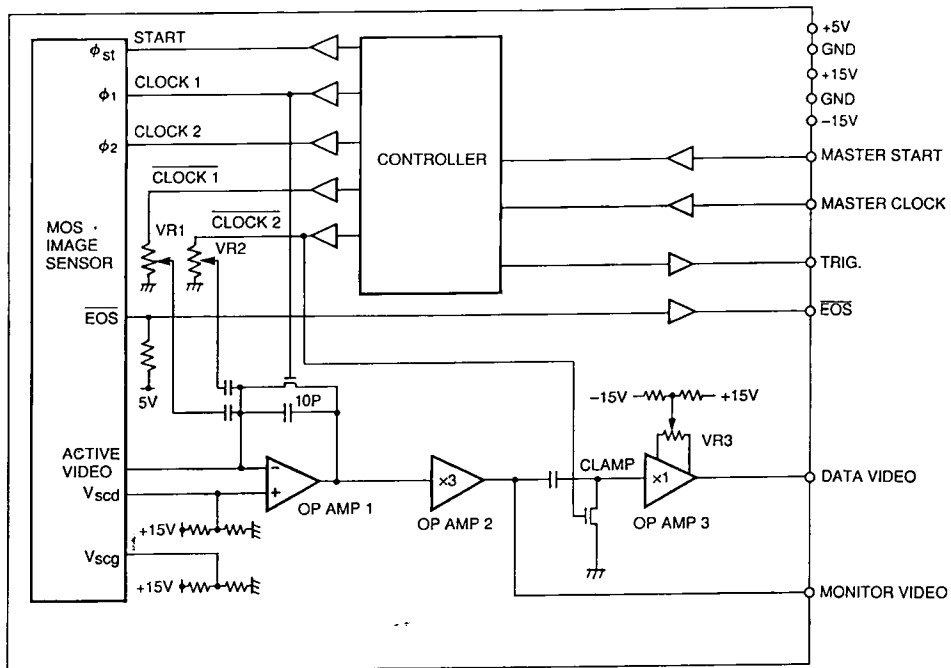
Dimensions in mm (inches)

Figure 2: Wiring Example



DRIVER/AMPLIFIER CIRCUITS C4070

Figure 3: Block Diagram

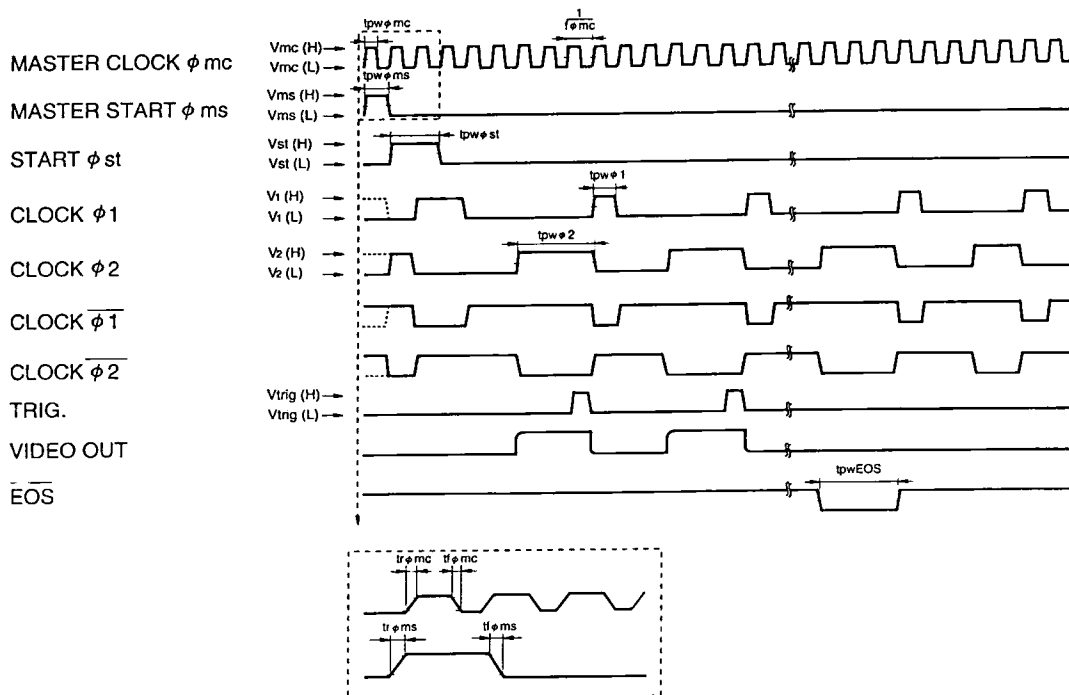


Caution)

The relation between the output charge from the MOS image sensor and the output voltage of the data video in the C4070 is represented by next equation.

$$V_{out} \text{ (DATA VIDEO) (V)} = 3 \times \frac{\text{OUTPUT CHARGE (C)}}{10 \times 10^{-12} \text{ (F)}}$$

Figure 4: Timing Diagram



If an EOS pulse is output, the trigger output stops and the frequency of $\phi 1$ and $\phi 2$ changes from 6 times to 5 times the master clock.

KACCC0053EA

Compact Pulse Generator for MOS Image Sensor Driver/Amplifier Circuits

The C4091 is a pulse generator designed to provide a master clock pulse and a master start pulse for MOS image sensor driver/amplifier circuits C4069, C4070 and C4074. These pulses are digitally presettable by a slide switch and rotary switches.

Since a crystal oscillator is used as the original clock, highly accurate master start pulse and master clock pulse can be obtained. The interval between the master start pulses can be set from 1 μ s to 50s (1-2-5 sequence), and the master clock pulse frequency can be chosen within a range from 93.75 kHz to 24MHz.

FEATURES

- Provides master start pulse and master clock pulse with high accuracy
- Wide setting range
 Master start pulse interval: 1 μ s to 50s
 Master clock pulse frequency: 93.75kHz to 24MHz
- Ease of setting
- Compact size

DESCRIPTIONS OF TERMINALS

| | Terminals | Symbols | Descriptions |
|--------|--------------------|---------|---|
| Input | Supply Voltage | +5 | +5 V, 30 mA |
| Output | Master Start Pulse | St. | Initializes the MOS image sensor driver/amplifier circuit. This should be connected to both the "St." terminal of the driver/amplifier circuit and the external trigger input of an oscilloscope. |
| | Master Clock Pulse | CLK | Determines the operation frequency of the driver/amplifier circuit. This should be connected to the "CLK" terminal of the MOS image sensor driver/amplifier circuit. |

Figure 1: Timing Diagram

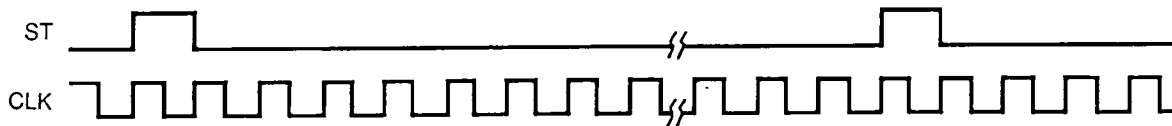
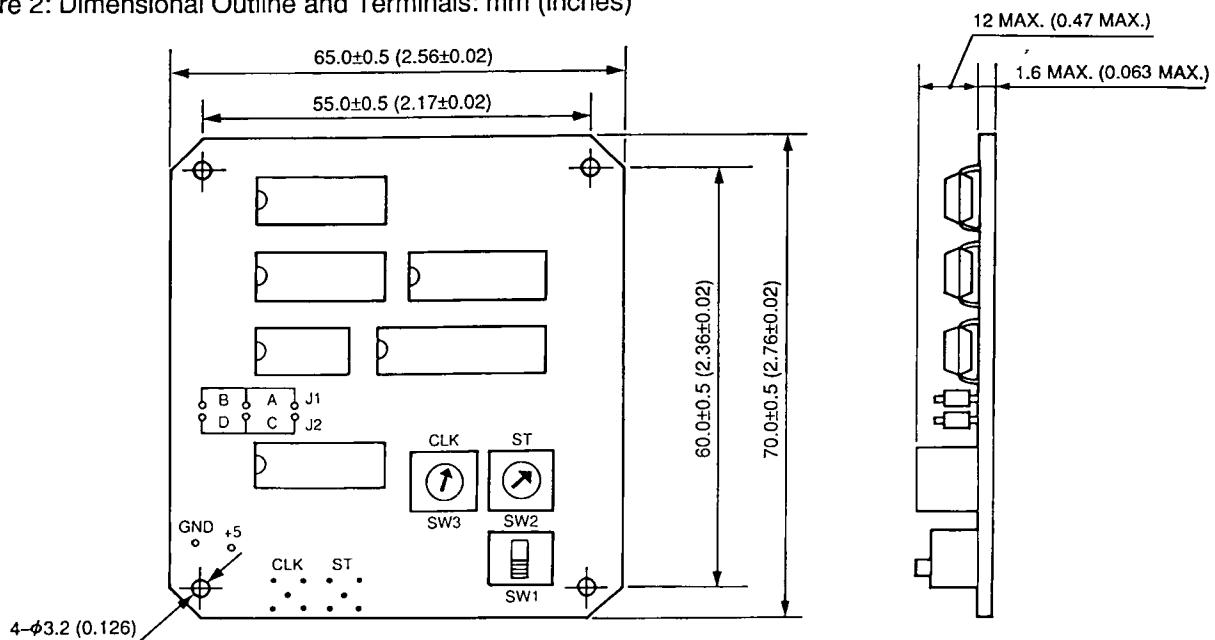


Figure 2: Dimensional Outline and Terminals: mm (inches)



19

High UV Sensitivity, 0.5mm Pixel Height,
Excellent Photometric Capabilities, Low Power Consumption

FEATURES

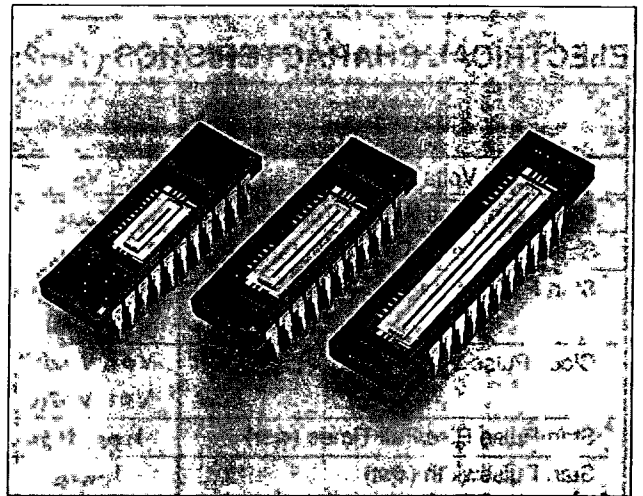
- Medium wide photosensitive area
Pixel pitch : $50\mu\text{m}$ (S3902), $25\mu\text{m}$ (S3903)
Pixel height : 0.5mm
- High UV sensitivity with good stability
- Excellent photometric capabilities
Low dark current and high saturation charge
Good linearity
Wide dynamic range
- Low power consumption : less than 1mW
Start pulse and clock pulses are CMOS logic compatible

APPLICATIONS

- Multichannel spectrophotometry
- Image readout systems

DESCRIPTION

By applying NMOS technology to the manufacture of self-scanning linear photodiode arrays, Hamamatsu can offer higher performance and increased flexibility to photometric instrument manufacturers. The new design achieves high UV sensitivity without deterioration even with extended UV exposure. Application is simplified because of low power consumption and a single video output line. All members of the series are pin compatible.



The S3902 and S3903 series MOS linear image sensors feature good linearity over a wide dynamic range and have low power consumption. They have a photosensitive area with a pixel height of 0.5mm and a pixel pitch of $50\mu\text{m}$ (S3902) or $25\mu\text{m}$ (S3903). Each series is available with three different number of pixels; 128, 256 and 512 for the S3902 series, 256, 512 and 1024 for the S3903 series.

Figure 1: Equivalent Circuit

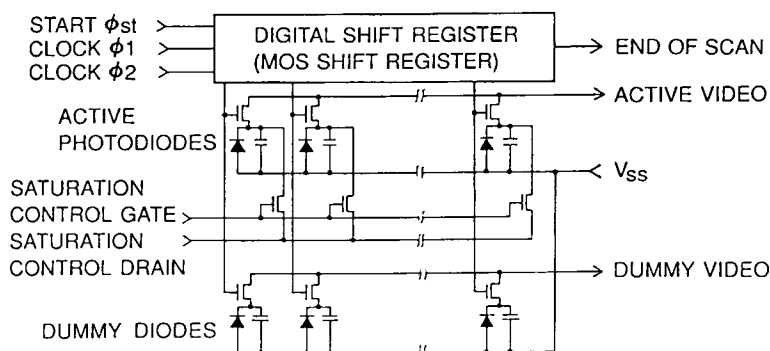
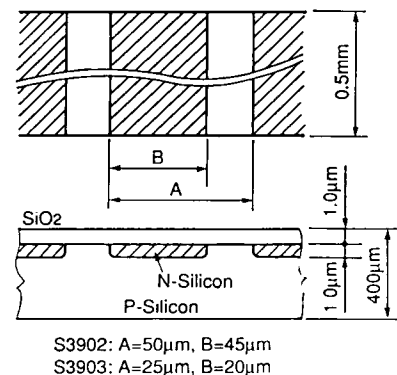


Figure 2: Sensor Geometry



MOS LINEAR IMAGE SENSORS S3902, S3903 SERIES

MAXIMUM RATINGS

| Parameters | Symbols | S3902, S3903 Series | Units |
|-------------------------|------------|---------------------|-------|
| Supply Clock Amplitude | V_{ϕ} | 15 | V |
| Operating Temperature ① | T_{opr} | -40 to +65 | °C |
| Storage Temperature | T_{stg} | -40 to +85 | °C |

① No dew

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

| Parameters | Symbols | S3902 Series | | | S3903 Series | | | Units |
|---|---|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|-------|
| | | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | |
| Video Bias Voltage ① | V_b | 1.5 | $V_{\phi}-3.0$ | $V_{\phi}-2.5$ | 1.5 | $V_{\phi}-3.0$ | $V_{\phi}-2.5$ | V |
| Saturation Control Gate Voltage | V_{scg} | — | 0 | — | — | 0 | — | V |
| Saturation Control Drain Voltage | V_{scd} | — | V_b | — | — | V_b | — | V |
| Start Pulse Voltage (ϕ_{st}) ① | -High $V_{\phi_s}(H)$ | 4.5 | V_{ϕ} | 10 | 4.5 | V_{ϕ} | 10 | V |
| | -Low $V_{\phi_s}(L)$ | 0 | — | 0.4 | 0 | — | 0.4 | V |
| Clock Pulse Voltage (ϕ_1, ϕ_2) | -High $V_{\phi_1}, V_{\phi_2}(H)$ | 4.5 | 5 | 10 | 4.5 | 5 | 10 | V |
| | -Low $V_{\phi_1}, V_{\phi_2}(L)$ | 0 | — | 0.4 | 0 | — | 0.4 | V |
| Start Pulse Rise/Fall Times (ϕ_{st}) | $t_{r\phi_s}, t_{f\phi_s}$ | — | — | 500 | — | — | 500 | ns |
| Start Pulsewidth (ϕ_{st}) | $t_{pw\phi_s}$ | 200 | — | — | 200 | — | — | ns |
| Clock Pulse Rise/Fall Times (ϕ_1, ϕ_2) | $t_{r\phi_1}, t_{r\phi_2},$ $t_{f\phi_1}, t_{f\phi_2}$ | — | — | 500 | — | — | 500 | ns |
| | | | | | | | | |
| Clock Pulsewidth (ϕ_1, ϕ_2) | $t_{pw\phi_1}, t_{pw\phi_2}$ | 200 | — | — | 200 | — | — | ns |
| Start Pulse (ϕ_{st}) and Clock Pulse (ϕ_2) Overlap | $t_{\phi_{ov}}$ | 200 | — | — | 200 | — | — | ns |
| Clock Pulse Space | X_1, X_2 | 0 | — | — | 0 | — | — | ns |
| Data Rate ② | f | 0.1 | — | 2000 | 0.1 | — | 2000 | kHz |
| Video Delay Time (50% of saturation) ② | t_{vd} | — | 70 (-128Q) | — | — | 80 (-256Q) | — | ns |
| | | — | 110 (-256Q) | — | — | 120 (-512Q) | — | ns |
| | | — | 140 (-512Q) | — | — | 160 (-1024Q) | — | ns |
| Clock Pulse Line Capacitance (ϕ_1, ϕ_2) at 5V bias | C_{ϕ} | — | 21 (-128Q) | — | — | 27 (-256Q) | — | pF |
| | | — | 36 (-256Q) | — | — | 50 (-512Q) | — | pF |
| | | — | 67 (-512Q) | — | — | 100 (-1024Q) | — | pF |
| Saturation Control Gate Line Capacitance (V_{scg}) at 5V bias | C_{scg} | — | 12 (-128Q) | — | — | 12 (-256Q) | — | pF |
| | | — | 20 (-256Q) | — | — | 24 (-512Q) | — | pF |
| | | — | 35 (-512Q) | — | — | 45 (-1024Q) | — | pF |
| Video Line Capacitance at 2V bias | C_v | — | 7 (-128Q) | — | — | 10 (-256Q) | — | pF |
| | | — | 11 (-256Q) | — | — | 16 (-512Q) | — | pF |
| | | — | 20 (-512Q) | — | — | 30 (-1024Q) | — | pF |
| Power Consumption | P | — | — | 1 | — | — | 1 | mW |

① V_{ϕ} is supply clock amplitude.

② Measured with a C4069 driver/amplifier circuit.

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

| Parameters | Symbols | S3902 Series | | | S3903 Series | | | Units |
|---|-------------|--------------|------|------|--------------|------|------|-------|
| | | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | |
| Pixel Pitch | | — | 50 | — | — | 25 | — | μm |
| Pixel Height | | — | 0.5 | — | — | 0.5 | — | mm |
| Photodiode Dark Current ① | I_D | — | 0.08 | 0.15 | — | 0.04 | 0.08 | pA |
| Photodiode Capacitance ① | C_{ph} | — | 4 | — | — | 2 | — | pF |
| Spectral Response Range (10% of peak) | λ | 200 to 1000 | | | 200 to 1000 | | | nm |
| Peak Sensitivity Wavelength | λ_p | — | 600 | — | — | 600 | — | nm |
| Saturation Exposure ① ② | E_{sat} | — | 180 | — | — | 180 | — | mlx·s |
| Saturation Charge ① | Q_{sat} | — | 10 | — | — | 5 | — | pC |
| Sensitivity Uniformity (50% of saturation, excluding first and last elements) | | — | — | ±3 | — | — | ±3 | % |

① Video bias voltage: 2.0V, Supply clock amplitude: 5.0V

② 2856 k Tungsten lamp

Figure 3: Typical Spectral Response

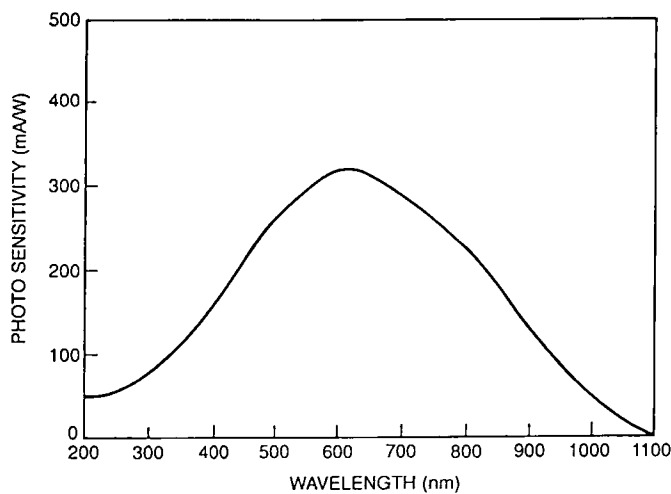
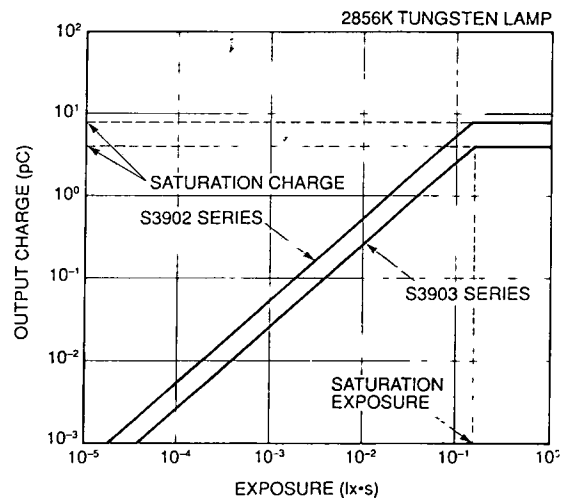


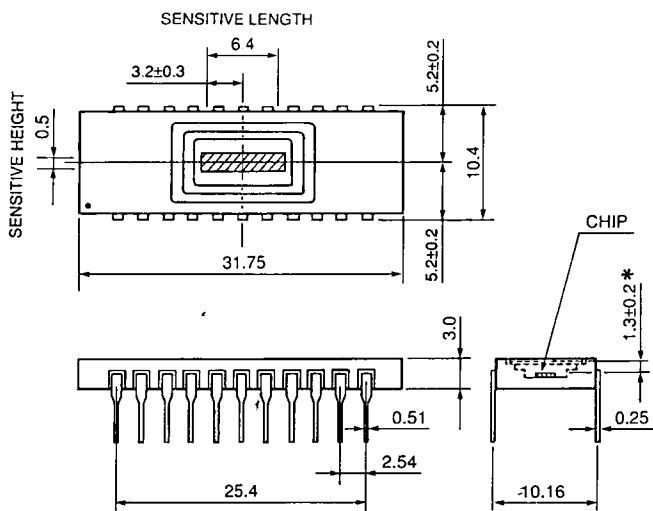
Figure 4: Output Charge vs. Exposure



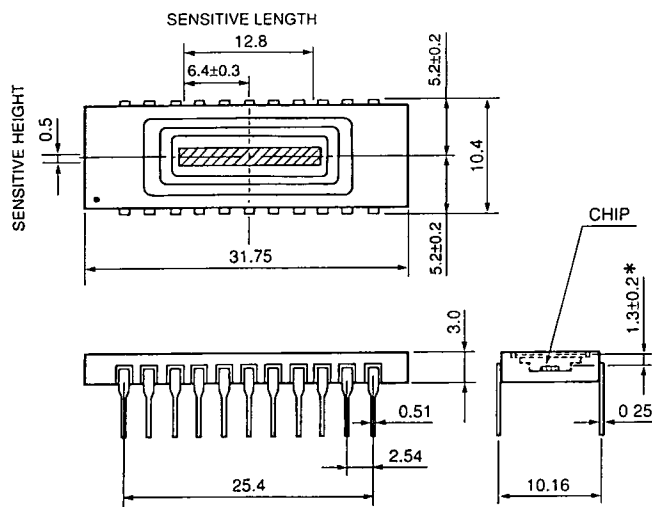
MOS LINEAR IMAGE SENSORS S3902, S3903 SERIES

DIMENSIONAL OUTLINES (Unit: mm)

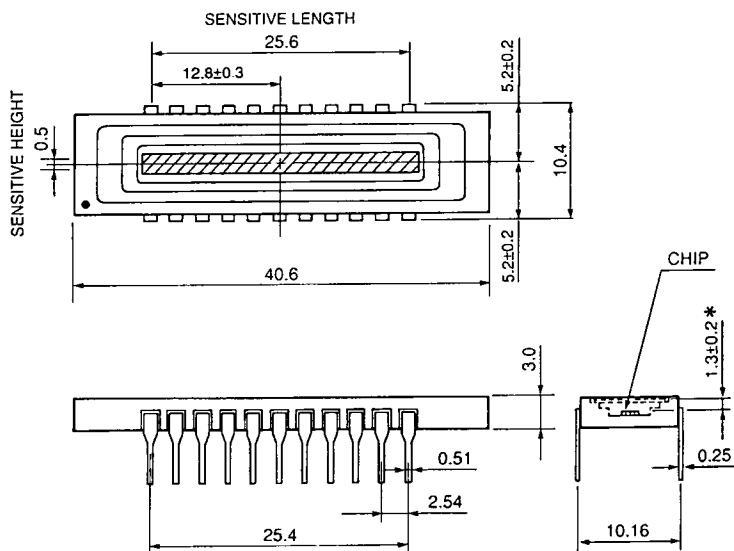
S3902-128Q
S3903-256Q



S3902-256Q
S3903-512Q



S3902-512Q
S3903-1024Q



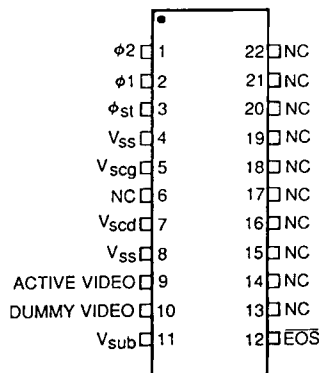
* Optical distance from the outer surface of the quartz window to the chip surface.

• Mechanical Specifications

| Parameters | S3902-128Q | S3902-256Q | S3902-512Q | S3903-256Q | S3903-512Q | S3903-1024Q | Units |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| Number of Pixels | 128 | 256 | 512 | 256 | 512 | 1024 | — |
| Ceramic Length | 31.75 | | 40.6 | 31.75 | | 40.6 | mm |
| Number of Pins | 22 | | | 22 | | | — |
| Window Material ① | Quartz | | | Quartz | | | — |
| Net Weight | 3.0 | | 3.5 | 3.0 | | 3.5 | g |

① Fiber optic window is available

PINOUT AND RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS



V_{ss} , V_{sub} and NC should be grounded.

| Terminals | Input or Output | Description |
|------------------|-----------------------------------|--|
| $\phi 1, \phi 2$ | Input (CMOS logic compatible) | Pulses for operating the MOS shift register. As the video output signal is obtained synchronized with the rise of $\phi 2$, the video data rate is equal to the clock pulse frequency. |
| ϕ_{st} | Input (CMOS logic compatible) | Pulse to start operation of the MOS shift register. The time interval between start pulses is equal to the signal accumulation time. |
| V_{ss} | Passive node | Connected to the anode of each photodiode. This should be grounded. |
| V_{scg} | Input | Used for restricting blooming. This should be set at the base line of each input pulse and is normally the ground level. |
| V_{scd} | Input | Used for restricting blooming. This should be biased at a voltage equal to the video bias at all times. |
| ACTIVE VIDEO | Output | Video output signal. A positive voltage should be applied to the video line which connects the photodiode cathodes so that each photodiode is reverse-biased. It is recommended that the video bias be 2V when the amplitude of $\phi 1, \phi 2$ and ϕ_{st} is at 5V. |
| DUMMY VIDEO | Output | This has the same structure as the active video, but is not connected to the photodiodes, so only spike noise is output. It should be biased at a voltage equal to the active video line. When in use otherwise, it should be open circuited. |
| V_{sub} | Passive node | Connected to the silicon substrate. This should be grounded. |
| \overline{EOS} | Output (CMOS logic compatible) | This should be pulled up to 5V using a 10k Ω resistor. Negative polarity. The end of scan signal is obtained synchronized with $\phi 2$ right after the last photodiode is addressed. |
| NC | | No connection. These should be grounded. |

MOS LINEAR IMAGE SENSORS S3902, S3903 SERIES

DRIVER CIRCUIT

• Driver Circuit

No DC supply voltage is required for driving the S3902 and S3903 series MOS linear image sensors. The V_{SS} , V_{SUB} and all NC terminals should be grounded, however. Driving the MOS shift register requires a start pulse (ϕ_{st}) and two-phase clock pulses (ϕ_1 , ϕ_2). The polarities of ϕ_{st} , ϕ_1 and ϕ_2 are positive and these pulses are CMOS logic compatible.

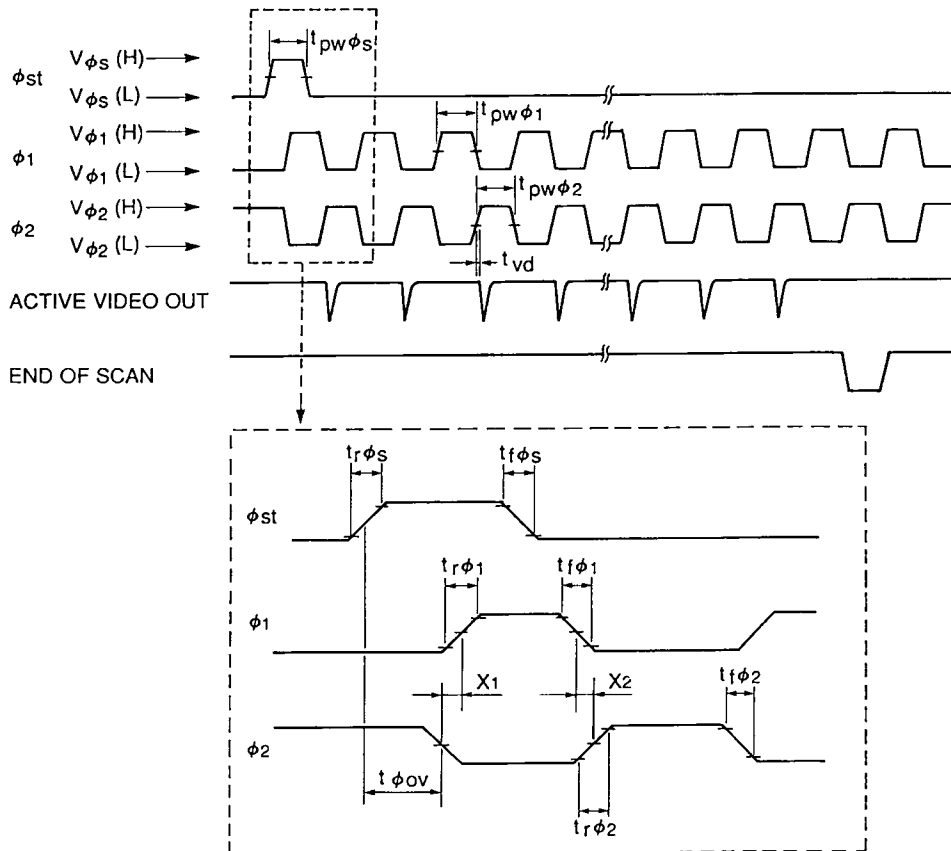
ϕ_1 and ϕ_2 can be either fully separated or in the complementary relation. However, the overlap should not exist at the rise or fall edge between ϕ_1 and ϕ_2 . In other words, ϕ_1 and ϕ_2 must not be at the high level at the same time. The pulsewidth of ϕ_1 and ϕ_2 must be longer than 200 ns. Since the photodiode signal is obtained at the rise of every ϕ_2 , the clock pulse frequency determines the video data rate.

The amplitude of ϕ_{st} should be equal to that of ϕ_1 and ϕ_2 . The shift register starts to read out the signal with the high level of ϕ_{st} , so the time interval of each ϕ_{st} determines the signal accumulation time. The pulsewidth of ϕ_{st} must also be longer than 200ns and must be overlapped with ϕ_2 for at least 200ns. Moreover, in order to start the shift register normally, ϕ_2 must be changed only once from the high level to the low level during the high level of ϕ_{st} . The timing diagram for each pulse is shown in Figure 5.

• End of Scan (EOS)

By wiring the \overline{EOS} terminal to 5V using a pull-up resistor of 10k Ω , the end of scan signal is obtained, synchronized with ϕ_2 right after the last photodiode is addressed.

Figure 5: Timing Diagram for Drive Circuit



• Signal Readout Circuit

Signal readout methods consist of the current-detection mode (current-voltage conversion mode) using a resistive load and the current-integration mode using a charge amplifier. In either method, a positive bias must be applied to the video line because the photodiode anodes of a MOS linear image sensor are at 0V (V_{SS}). Figure 6 shows the video bias voltage margin. Higher supply clock

amplitude allows larger video bias and saturation charge. Conversely, if the video bias is set at a low level with higher supply clock amplitude, the fall time of the video output waveform can be shortened. It is recommended that the video bias be set at 2V when the amplitude of ϕ_1 , ϕ_2 and ϕ_{st} is 5V.

To obtain a good output linearity, the current-integration mode is suggested. In this mode, immediately before each photodiode is addressed, the integration capacitance is reset at the reference voltage level, and when the address switch is turned on, the signal charge is accumulated in the integration capacitance. Figure 7 shows an example of the current-integration circuit and the pulse timing. To obtain a stable output, the rise edge

of the reset pulse should be delayed by at least 50 ns from the fall edge of ϕ_2 .

Hamamatsu provides driver/amplifier circuits; the C4070 for the current-integration mode and the C4069 for the current-voltage conversion mode. In addition, the C4091 pulse generator is available, which supplies these driver/amplifier circuits with a master start pulse and a master clock pulse.

Figure 6: Video Bias Voltage Margin

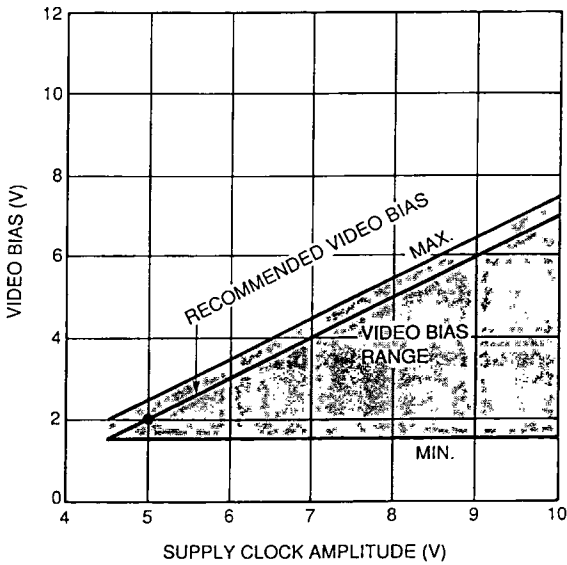
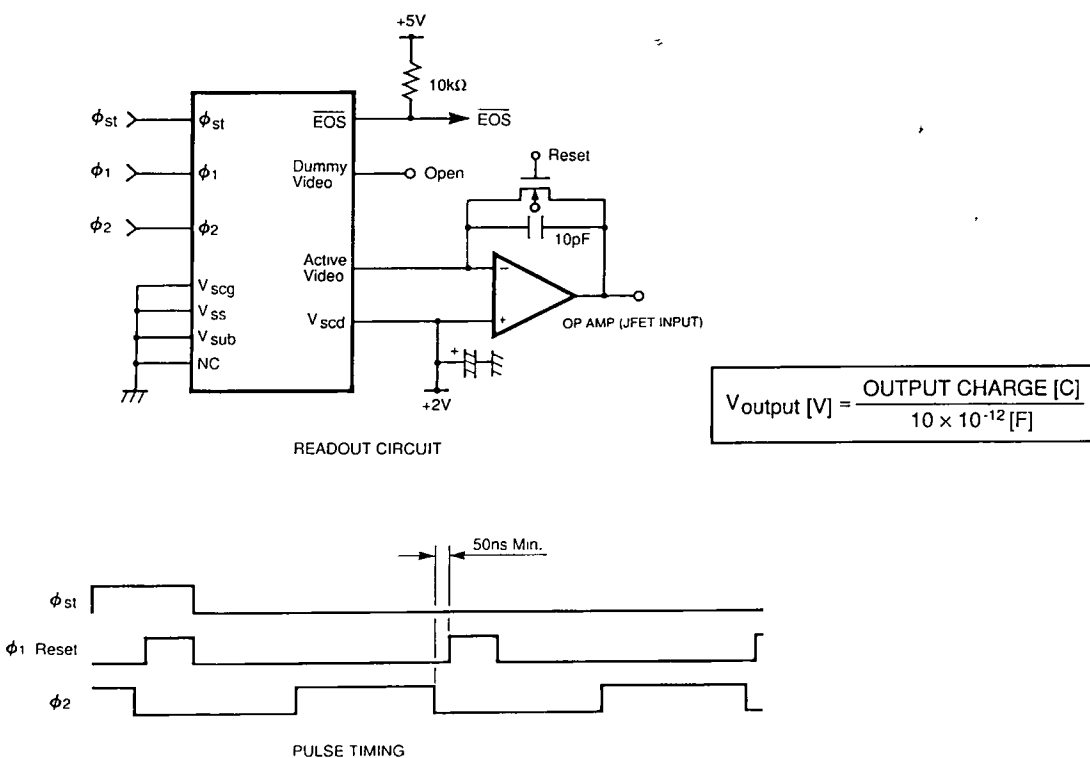


Figure 7: Recommended Readout Circuit and Timing Diagram



MOS LINEAR IMAGE SENSORS S3902, S3903 SERIES

• Operation for Anti-blooming

When light higher than the saturation exposure strikes the sensitive area, even partially, the photodiode in a MOS linear image sensor cannot accumulate a signal charge exceeding the saturation charge amount. The excess charge begins to overflow into the video line, thus causing deterioration of the signal purity. In order to eliminate this phenomenon, the saturation control drain should be set at a voltage equal to the video bias, and the gate should be grounded. Under normal operating conditions, the MOS linear image sensor will show an excellent antiblooming characteristic.

When a MOS linear image sensor is used at a light level lower than the saturation exposure, the same bias condition is applicable.

However, under extremely high contrast conditions, a voltage equal to the video bias should be applied to the saturation control drain. Also, a bias voltage (less than 1V) should be applied to the saturation control gate. The larger the bias voltage for the saturation control gate, the higher the saturation control function will be. However, a larger bias voltage also causes a decrease in the saturation charge amount.

APPENDIX

1) Operation for all photodiodes reset:

In normal operation, the charge accumulated in the photodiode is reset when the signal is read out. For the S3902 and S3903 series, the signal charge can be reset at a line other than the signal readout. This is done by adding an appropriate pulse to the saturation control gate. The amplitude of this pulse should be equal to ϕ_1 , ϕ_2 and ϕ_{st} , and the pulsewidth should be longer than 5 μ s.

When the saturation control gate is set at the high level, all photodiodes are reset simultaneously at the potential of the saturation control drain. (Therefore, the saturation control drain should be set at the same potential as the video bias, and is typically 2V.) On the contrary, when the saturation control gate is set at the low level, the signal charge accumulates in the photodiode without a reset being carried out.

2) Dummy video:

The S3902 and S3903 series have a dummy video line to eliminate the spike noise in the video output waveform. A video signal with lower spike noise can be obtained by the differential amplification of the active video line and the dummy video line outputs. But, in a normal operation, the dummy video line needs not to be used. Leave it unconnected.

AKADEMIA ROLNICZA
Im. A. Cieszkowskiego
INSTYTUT TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI
POCHODZENIA ROŚLINNEGO
ul. Wojska Polskiego 31
60-624 POZNAŃ
tel. (061) 848-72-72, fax 848-73-14

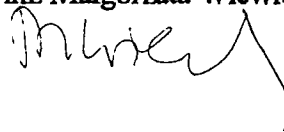
Poznań, dnia 1998.07.13.

dr. J. W. MH/98/22/48/

Dr inż. Andrzej Kobosko
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów
Al. Jerozolimskie 202
02-486 WARSZAWA

Przesyłam Panu wyniki analizy mikrobiologicznej przechowywanego w warunkach laboratoryjnych ziarna pszenicy o wilgotności 18-19% i 23-25%. Doświadczenie założono w kwietniu, a próby do badań pobierano trzykrotnie - po upływie jednego tygodnia od nawilżenia ziarna, później dwukrotnie w odstępach miesięcznych. Wyniki wykazały, że nie ma potrzeby przedłużania doświadczenia o kolejny miesiąc, gdyż ziarno było bardzo porażone grzybami, a grzyby dominujące zagłuszały wzrost innych. Wykonano też analizę składu mikroflory ziarna wyjściowego.

Z poważaniem
dr inż. Małgorzata Wiewiórska



Wyniki
analizy mikrobiologicznej składowanego ziarna pszenicy
o wilgotności 18-19% i 23-25%
przeprowadzonej w czasie od kwietnia do końca czerwca 1998 roku.

Materiał:

Ziarno pszenicy o wyjściowej zawartości wody 12% nawilżono do 18 i 23% zawartości wody i przechowywano przez 7 dni, 1 i 2 miesiące w temperaturze pokojowej.

Analiza mikroflory ziarna:

Z każdej próby wykładano po 100 ziarniaków na płytki Petriego z brzeczką o gęstości 7°Blg z dodatkiem 7% NaCl zestaloną agarem. Płytki inkubowano w temp. 28°C przez 7-10 dni. Po inkubacji liczono ziarniaki, z których wyrosły grzyby (obliczano %) oraz identyfikowano przynależność taksonomiczną grzybów według odpowiednich kluczy.

Wyniki:

Wszystkie wyniki uzyskane w tym doświadczeniu zebrano w tabeli 1 oraz zilustrowano na rysunkach 1-6.

Analiza mikrobiologiczna wykazała, że każdy ziarniak pszenicy suchej (kontrolnej) o wilgotności 12% jak i nawilżonej do 18% i 23% wilgotności był porażony grzybami. Skład mikroflory dominującej na ziarniakach zależał od wilgotności i czasu przechowywania ziarna. W czasie przechowywania niektóre grzyby zginęły (np. *Alternaria*), a rozwinęły się te, które szybko opanowują środowisko (głównie różne gatunki *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*).

Na suchym ziarnie pszenicy dominowały grzyby z rodzaju *Alternaria*, należące do typowej mikroflory polowej. Grzyby te wyrastały z 86% ziarniaków. Na ziarnie kontrolnym stwierdzono też obecność grzybów przechowalnianych z rodzajów *Penicillium* (na 24% ziarniaków) i *Aspergillus* (w tym rodzaju dominowały dwa gatunki: *A. glaucus* - na 18% ziarniaków i *A. versicolor* - na 10% ziarniaków).

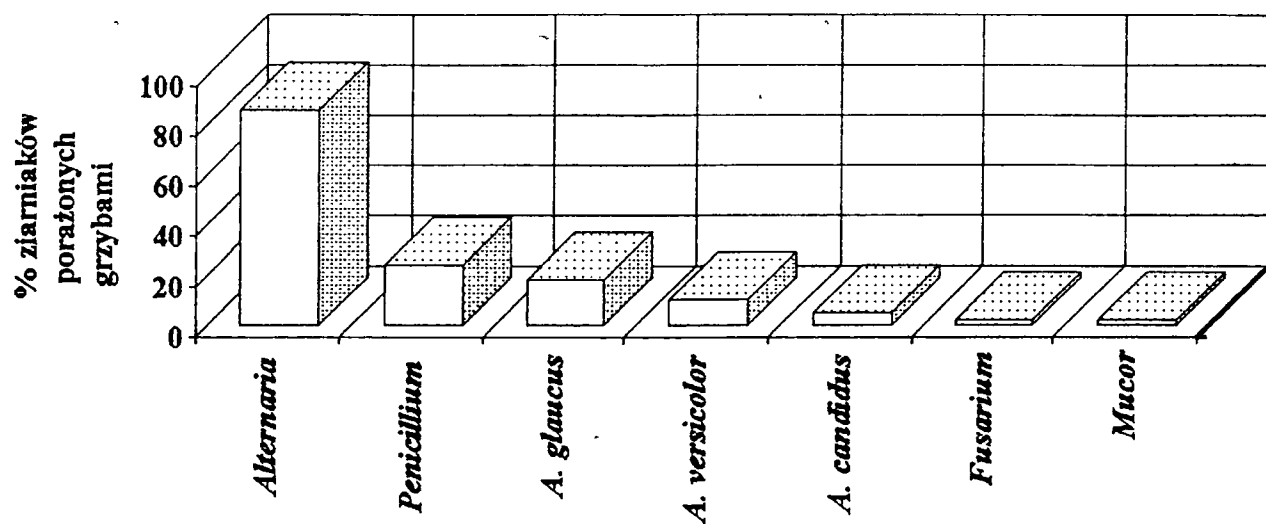
Na ziarnie pszenicy o podwyższonej wilgotności do 18% niezależnie od czasu przechowywania) dominowały grzyby przechowalniane z rodzajów *Penicillium* (do 100% ziarniaków) i *Aspergillus* (z dominującymi gatunkami *A. glaucus* - do 100% ziarniaków i *A. candidus* - do 100% ziarniaków dopiero po upływie 2 miesięcy przechowywania). Na tym ziarnie ilość ziarniaków porażonych grzybami z rodzaju *Fusarium* wzrosła do 11% z 2% w próbie kontrolnej. Procent ziarniaków porażonych grzybami z rodzaju *Alternaria* spadł do zera po 2 miesiącach przechowywania.

Na ziarnie nawilżonym do 23% wilgotności dominowały grzyby z rodzajów *Fusarium* i *Penicillium* (do 100% ziarniaków) oraz drożdże, które pojawiły się po 1 miesiącu przechowywania na 1% ziarniaków, a po 2 miesiącach przechowywania rosły już na 100% ziarniaków. Procent ziarniaków porażonych grzybami z rodzaju *Alternaria* spadł do zera po 2 miesiącach przechowywania, tak samo jak w przypadku ziarna o wilgotności 18%.

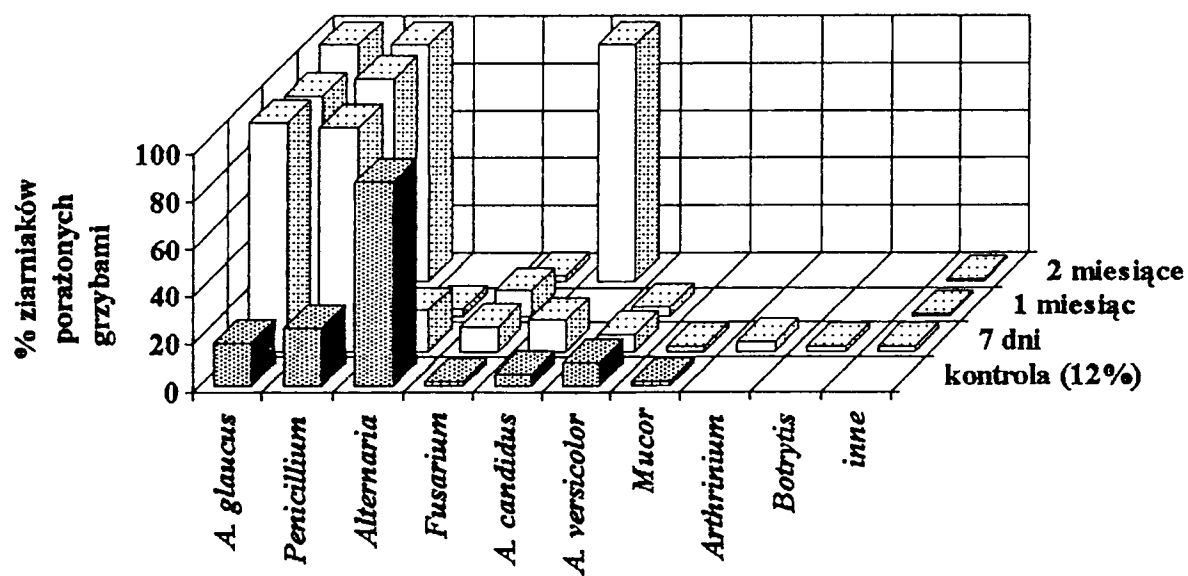
Tabela 1. Skład mikroflory ziarna pszenicy o różnej wilgotności przechowywanej przez okres 7 dni, 1 i 2 miesięcy.

| Rodzaj grzyba | Czas przechowywania ziarna pszenicy | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|-----|-----------|-----|------------|-----|
| | kontrola | 1 tydzień | | 1 miesiąc | | 2 miesiące | |
| | | wilgotność ziarna pszenicy | | | | | |
| | 12% | 18% | 23% | 18% | 23% | 18% | 23% |
| | % ziarniaków porażonych grzybami | | | | | | |
| <i>Alternaria</i> | 86 | 17 | 4 | 3 | 1 | | |
| <i>A. glaucus</i> | 18 | 96 | 3 | 93 | 1 | 100 | 8 |
| <i>A. versicolor</i> | 10 | 7 | | 4 | | | |
| <i>A. candidus</i> | 5 | 13 | 3 | | | 100 | |
| <i>A. flavus</i> | | | 1 | | | | |
| <i>Penicillium</i> | 24 | 94 | 92 | 100 | 100 | 100 | 55 |
| <i>Fusarium</i> | 2 | 10 | 73 | 11 | 100 | 3 | 96 |
| <i>Mucor</i> | 2 | 2 | 1 | | | | |
| <i>Arthrimum</i> | | 4 | | | | | |
| <i>Botrytis</i> | | 2 | | | | | |
| <i>Rhizopus</i> | | | | | 4 | | |
| <i>Trichothecium</i> | | | | | | | 4 |
| drożdże | | | | | 1 | | 100 |
| inne | | 2 | 4 | 1 | | 1 | |

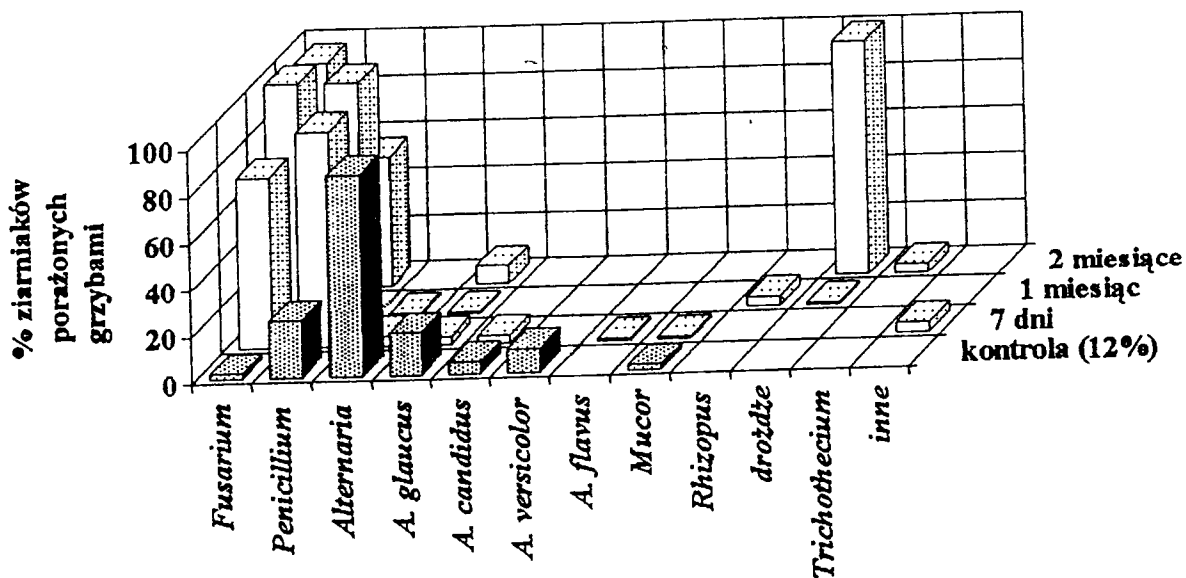
Rys. 1.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy o wilgotności 12%
(próba kontrolna) ze zbioru 1998



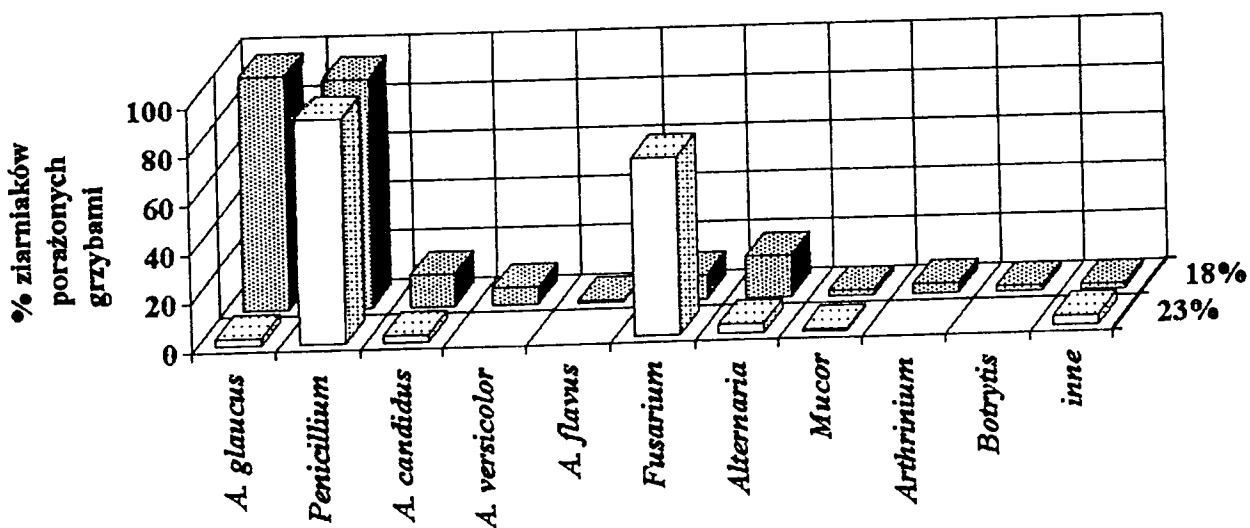
Rys. 2.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy o wilgotności 18% ze zbioru 1998



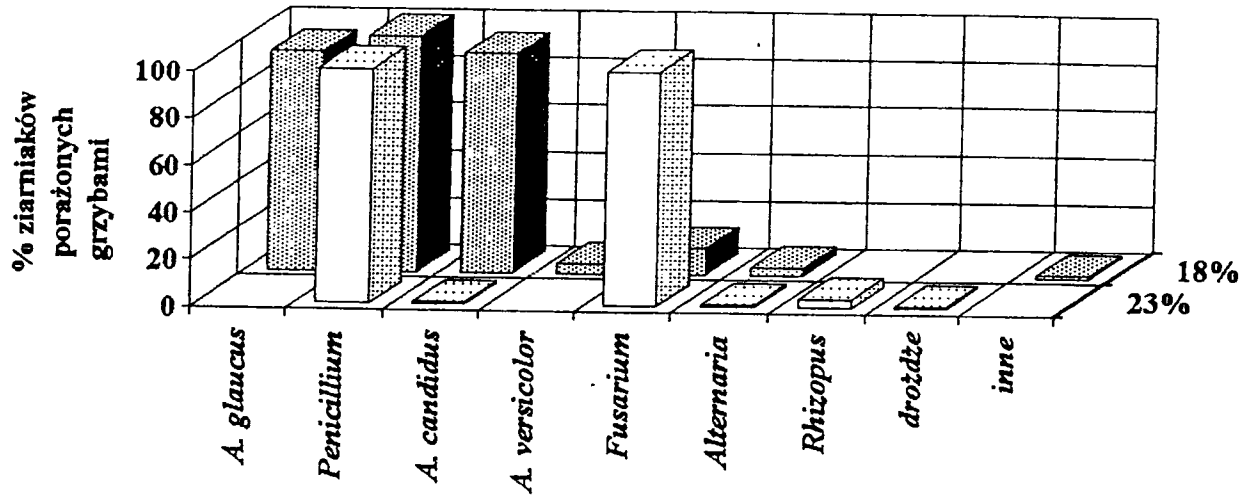
Rys. 3.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy o wilgotności 23% ze zbioru 1998



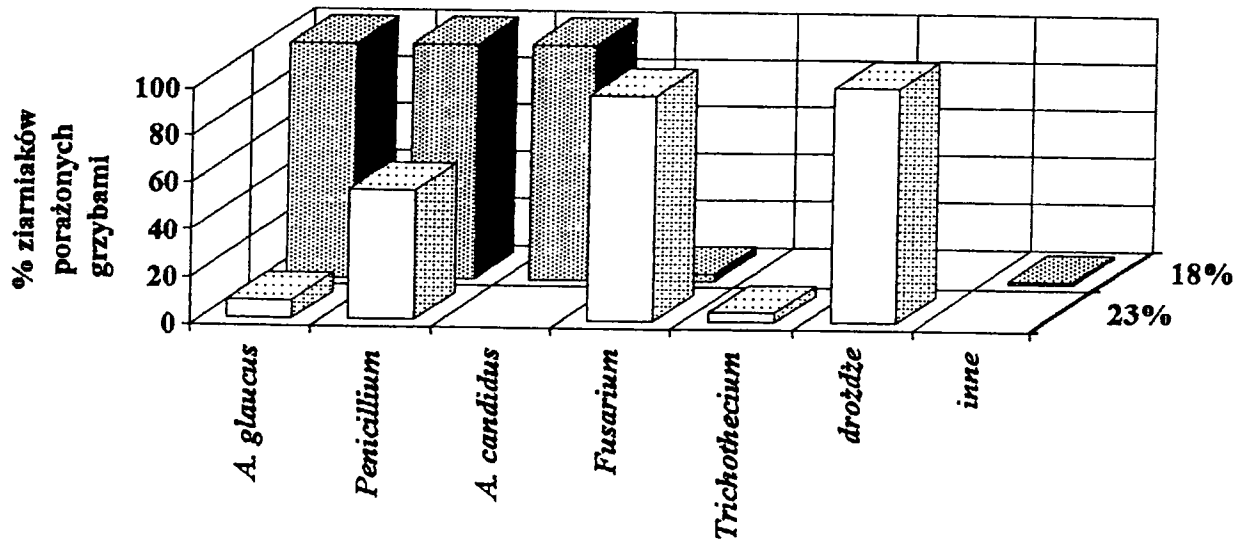
Rys. 4.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy po 7 dniach od nawilżenia



Rys. 5.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy po 1 miesiącu od nawilżenia



Rys. 6.
Mikroflora grzybowa ziarniaków pszenicy po 2 miesiącach od nawilżenia



Inge Fomel

Olsztyn, 1998-07-08

**Dr inż. Andrzej Kobosko
Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów
Al. Jerozolimskie 202
02 - 222 Warszawa**

Szanowny Panie Doktorze,

W załączeniu sprawozdanie z badań pt.: „Ocena jakości technologicznej ziarna pszenicy o wilgotności 20-25 % - sztucznie nawilżonej - Eksperyment 1.”.

Zakres badań został poszerzony o badanie gęstości optycznej całkowitej powierzchni i przekroju poprzecznego ziarniaków pszenicy w czasie jej przechowywania.

Łączę wyrazy szacunku

Inge Fomel

Sprawozdanie

z badań pt.: „Ocena jakości technologicznej ziarna pszenicy o wilgotności 20-25 % - sztucznie nawilżonej”. Eksperyment 1.

1. Materiał badań

Materiałem badań była mieszanina ziarna pszenicy ~~D~~ dwóch odmian: Roma i Panda. Ziarno nawilżono do wilgotności > 20 % i przechowywano w zbiorniku o wysokości 1,5 m.

2. Metody analityczne

W czasie przechowywania wykonano:

- pomiar temperatury ziarna w trzech punktach zbiornika (dno, środek, powierzchnia) oraz temperaturę otoczenia (sondą PIAP-u),
- oznaczono wilgotność, liczbę opadania, test sedymentacyjny,
- cechy geometryczne ziarna i gęstość optyczną całkowitej powierzchni oraz przekroju poprzecznego (metodą wizyjnej analizy obrazu),
- ocenę mikrobiologiczną.

3. Wyniki

3.1. Pomiar temperatury

Przebieg zmian temperatury ziarna wyraźnie wskazuje na największy jej wzrost od 14 dnia przechowywania (tab.1, rys.1). Charakterystyczny był również rozkład temperatur na przekroju badanego zbiornika; najwyższa temperatura na powierzchni a najniższa w warstwie przylegającej do dna zbiornika.

3.2. Jakość technologiczna

W jakości technologicznej ziarna należy podkreślić stałą wilgotność w czasie 35 dni przechowywania (około 22 %). Z kolei wahania w wielkościach liczby opadania i liczby

sedymentacji nie wskazywały jednoznacznie na wyraźne pogorszenie jakości ziarna (tab.2). Jednak wyniki tych oznaczeń były podważone przez ocenę tekstury bielma i ocenę mikrobiologiczną. Można zatem przypuszczać, że we wstępnej fazie wzrostu temperatury ziarna te wskaźniki jakości technologicznej mogą fałszować rzeczywistą jakość ziarna.

3.3. Cechy geometryczne

Cechy geometryczne ziarna: długość, szerokość, obwód i pole powierzchni zwiększyły się wyraźnie po nawilżeniu ziarna (tab.3, rys.2,3). Obserwowano również stały wzrost długości i szerokości ziarna pszenicy w czasie przechowywania (tab.3, rys.4,5,6). Wskazuje to na zjawisko pęcznienia ziarniaków spowodowane wydzieleniem wody w czasie oddychania ziarna, ale również rozwoju mikroflory. Zwiększające się cechy geometryczne ziarniaków zmniejszają wielkość przestrzeni międzyziarnowych co powoduje większe „ubicie” ziarna i większy opór warstwy w czasie umieszczania sondy do pomiaru temperatury.

3.4. Gęstość optyczna całkowitej powierzchni

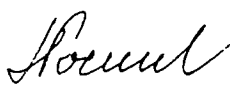
W badanym doświadczeniu wyznaczono również gęstość optyczną powierzchni ziarna. Barwa ziarna przed i po nawilżeniu nie różniła się. Dominowało pasmo 61-80 różnicy pomiędzy max i min odcieniem szarości (rys.7,8). Największe zmiany barwy ziarna obserwowano po 21 i 35 dniu przechowywania. Wzrastała 4-krotnie liczebność występowania pasma 81-100 w porównaniu z ziarnem po nawilżeniu (rys.8,9,10,11). Wyniki zmiany gęstości optycznej całkowitej powierzchni ziarna o wilgotności $> 20\%$ przechowywanego w warunkach wzrastającej temperatury są jednym z nielicznych badań obiektywnego pomiaru zmian barwy ziarna pszenicy w czasie przechowywania.

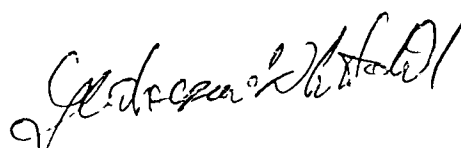
3.5. Gęstość optyczna przekroju poprzecznego (bielma)

Analizowano również zmiany gęstości optycznej bielma (przekroju poprzecznego) ziarna pszenicy. Wykazano bardzo wyraźne zmiany charakteryzujące się wielokrotnym wzrostem liczebności pasma max-min 81-100 do 21 dnia przechowywania (rys.12,13,14,15). Po 35 dniach przechowywania wzrosła liczebność pasma max-min 101-120 i 121-140 (rys.16). Zmiany gęstości optycznej przekroju poprzecznego ziarniaków są obiektywnym dowodem zmian tekstury bielma wynikających z wysokiej aktywności enzymów amylolitycznych i proteolitycznych.

Wyniki tych badań, jeśli zostaną potwierdzone w kolejnym doświadczeniu, mogą być wykorzystane do szybkiego testowania zmian jakości technologicznej w czasie przechowywania ziarna w warunkach podwyższonej wilgotności i wzrastającej temperatury.

Wykonawcy:

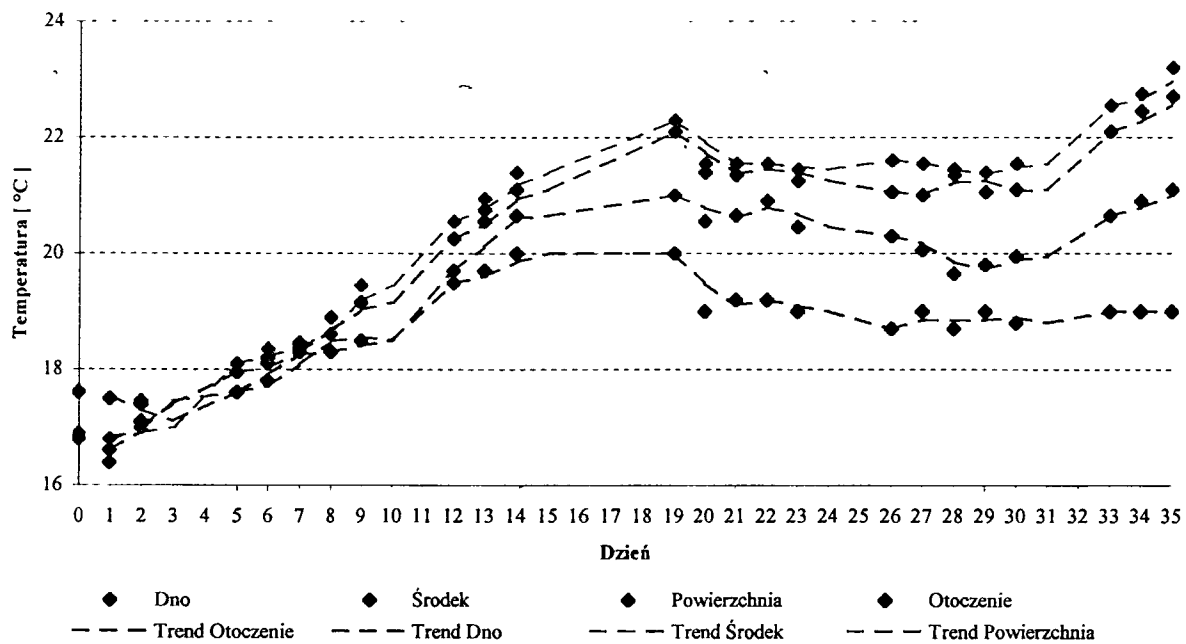

prof. dr hab. Lucja Fornal


mgr inż. Witold Gudaczewski

Tab. 1. Przebieg zmian temperatury w czasie przechowywania pszenicy

| Data | Dzień | Średnia temperatura dobową [°C] | | | | |
|-------|-------|-----------------------------------|--------|--------------|-----------|----------------|
| | | Dno | Środek | Powierzchnia | Otoczenie | |
| 27.05 | 0 | 16,8 | 16,9 | 16,9 | 17,6 | pobrana próbka |
| 28.05 | 1 | 16,4 | 16,6 | 16,8 | 17,5 | |
| 29.05 | 2 | 17,45 | 17,4 | 17 | 17,1 | |
| 30.05 | 3 | | | | | |
| 31.05 | 4 | | | | | |
| 1.06 | 5 | 17,6 | 17,95 | 18,1 | 17,6 | |
| 2.06 | 6 | 17,8 | 18,1 | 18,35 | 18,2 | |
| 3.06 | 7 | 18,35 | 18,45 | 18,4 | 18,3 | pobrana próbka |
| 4.06 | 8 | 18,6 | 18,9 | 18,9 | 18,3 | |
| 5.06 | 9 | 18,5 | 19,15 | 19,45 | 18,5 | |
| 6.06 | 10 | | | | | |
| 7.06 | 11 | | | | | |
| 8.06 | 12 | 19,7 | 20,25 | 20,55 | 19,5 | |
| 9.06 | 13 | 20,55 | 20,75 | 20,95 | 19,7 | |
| 10.06 | 14 | 20,65 | 21,1 | 21,4 | 20 | |
| 11.06 | 15 | | | | | |
| 12.06 | 16 | | | | | |
| 13.06 | 17 | | | | | |
| 14.06 | 18 | | | | | |
| 15.06 | 19 | 21 | 22,1 | 22,3 | 20 | |
| 16.06 | 20 | 20,55 | 21,4 | 21,55 | 19 | |
| 17.06 | 21 | 20,65 | 21,35 | 21,55 | 19,2 | pobrana próbka |
| 18.06 | 22 | 20,9 | 21,55 | 21,55 | 19,2 | |
| 19.06 | 23 | 20,45 | 21,25 | 21,45 | 19 | |
| 20.06 | 24 | | | | | |
| 21.06 | 25 | | | | | |
| 22.06 | 26 | 20,3 | 21,05 | 21,6 | 18,7 | |
| 23.06 | 27 | 20,05 | 21 | 21,55 | 19 | |
| 24.06 | 28 | 19,65 | 21,45 | 21,35 | 18,7 | |
| 25.06 | 29 | 19,8 | 21,05 | 21,4 | 19 | |
| 26.06 | 30 | 19,95 | 21,1 | 21,55 | 18,8 | |
| 27.06 | 31 | | | | | |
| 28.06 | 32 | | | | | |
| 29.06 | 33 | 20,65 | 22,1 | 22,55 | 19 | |
| 30.06 | 34 | 20,9 | 22,45 | 22,75 | 19 | |
| 1.07 | 35 | 21,1 | 22,7 | 23,2 | 19 | pobrana próbka |

Przebieg zmian temperatury w czasie przechowywania pszenicy



Tab. 2. Jakość technologiczna ziarna pszenicy w czasie przechowywania

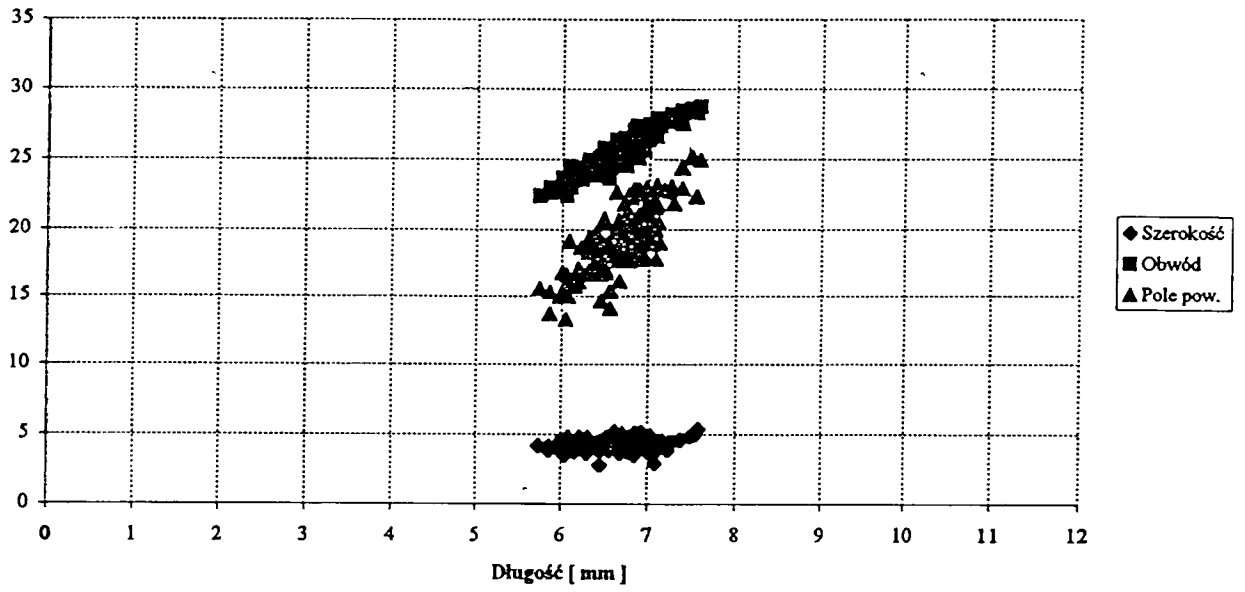
| Próba | Wyróżnik | | |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| | Wilgotność [%] | Liczba opadania [sek] | Liczba sedymentacyjna [cm ³] |
| Ziarno suche | 12,49 | 310 | 28 |
| Ziarno nawilżone (dzień 0) | 22,30 | 341 | 27 |
| Ziarno nawilżone (dzień 7) | 22,60 | 352 | 31 |
| Ziarno nawilżone (dzień 21) | 22,13 | 330 | 34 |
| Ziarno nawilżone (dzień 35) | 21,59 | 347 | 33,5 |

Tab. 3. Cechy geometryczne ziarna pszenicy w czasie przechowywania

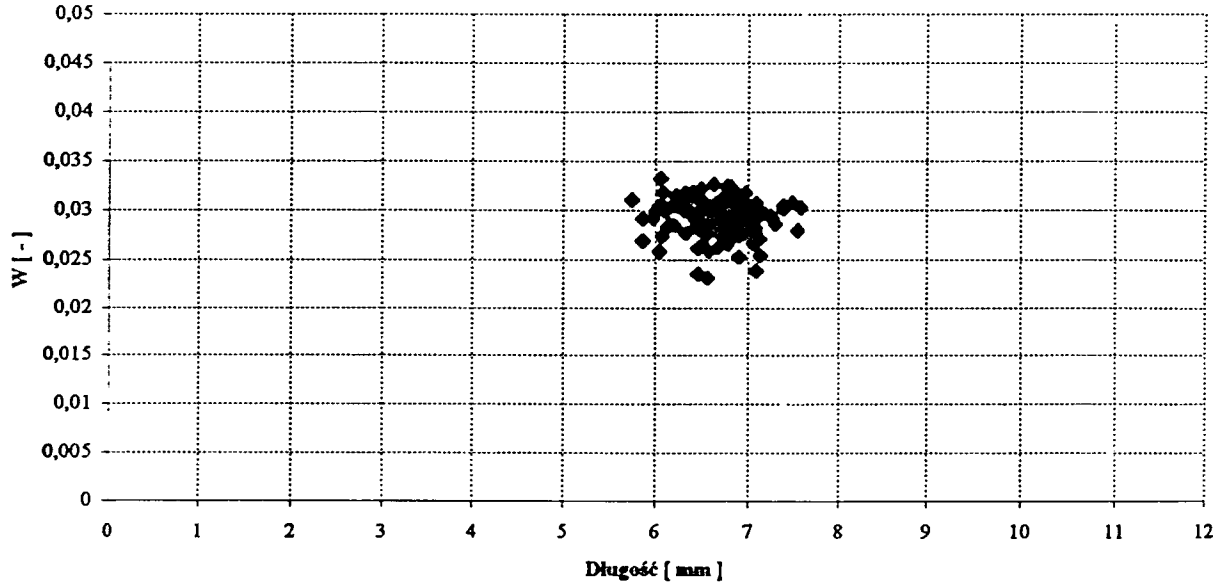
| Próba | Cecha geometryczna | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-----------------|--|------------|
| | | Długość [mm] | Szerokość [mm] | Obwód [mm] | Pole powierzchni [mm ²] | W [-] |
| Ziarno suche | X śr | 6,69 | 4,30 | 25,60 | 19,21 | 0,029 |
| | Max | 7,58 | 5,38 | 28,72 | 25,12 | 0,033 |
| | Min | 5,75 | 2,80 | 22,39 | 13,29 | 0,023 |
| | Odch.st. | 0,364 | 0,404 | 1,432 | 2,436 | 0,002 |
| | War. | 0,132 | 0,163 | 2,051 | 5,936 | 3,12E-06 |
| Ziarno nawilżone (dzień 0) | X śr | 6,83 | 4,38 | 26,28 | 20,26 | 0,029 |
| | Max | 7,74 | 6,02 | 30,24 | 28,30 | 0,033 |
| | Min | 5,67 | 2,92 | 21,97 | 13,37 | 0,024 |
| | Odch.st. | 0,439 | 0,573 | 1,726 | 2,948 | 0,002 |
| | War. | 0,193 | 0,329 | 2,979 | 8,692 | 2,85E-06 |
| Ziarno nawilżone (dzień 7) | X śr | 6,85 | 4,41 | 26,38 | 20,26 | 0,029 |
| | Max | 8,43 | 5,84 | 32,67 | 30,71 | 0,032 |
| | Min | 5,49 | 3,27 | 21,40 | 12,82 | 0,022 |
| | Odch.st. | 0,448 | 0,493 | 1,800 | 3,141 | 0,002 |
| | War. | 0,201 | 0,243 | 3,240 | 9,863 | 2,81E-06 |
| Ziarno nawilżone (dzień 21) | X śr | 6,98 | 4,51 | 26,84 | 21,13 | 0,029 |
| | Max | 8,24 | 6,03 | 31,26 | 28,35 | 0,033 |
| | Min | 6,03 | 2,92 | 23,03 | 13,31 | 0,023 |
| | Odch.st. | 0,384 | 0,568 | 1,563 | 2,927 | 0,002 |
| | War. | 0,148 | 0,322 | 2,444 | 8,568 | 2,84E-06 |
| Ziarno nawilżone (dzień 35) | X śr | 7,10 | 4,64 | 27,28 | 21,80 | 0,029 |
| | Max | 8,57 | 6,22 | 32,95 | 30,73 | 0,034 |
| | Min | 5,64 | 3,04 | 22,25 | 14,59 | 0,023 |
| | Odch.st. | 0,474 | 0,559 | 1,877 | 3,114 | 0,002 |
| | War. | 0,224 | 0,312 | 3,524 | 9,698 | 3,2E-06 |

Rys. 2.

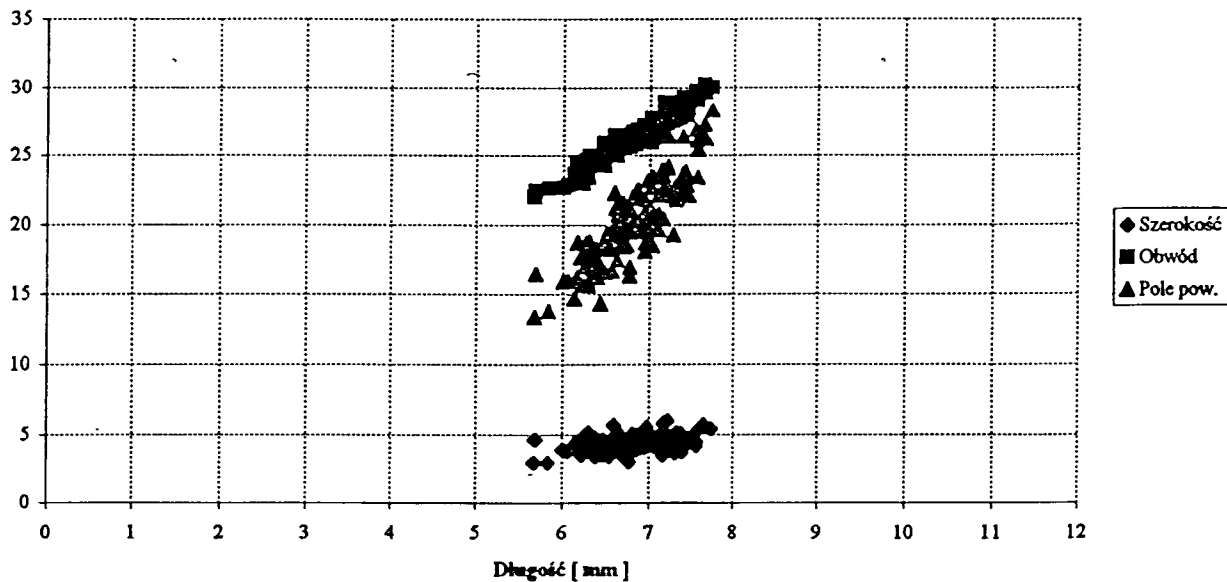
Ziarno suche



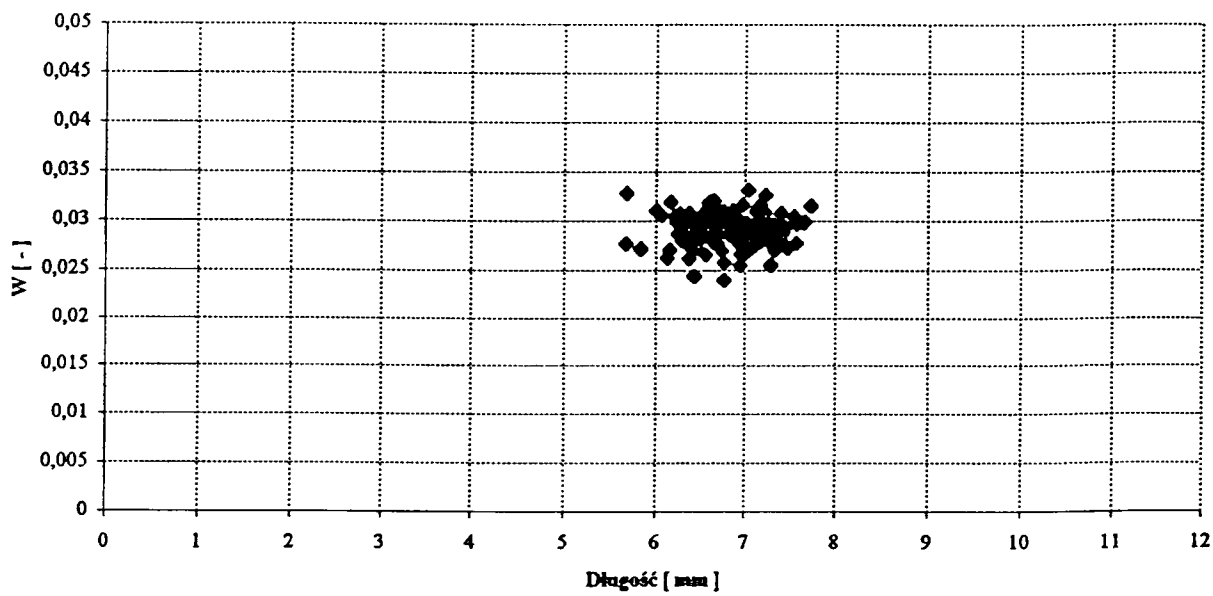
Ziarno suche



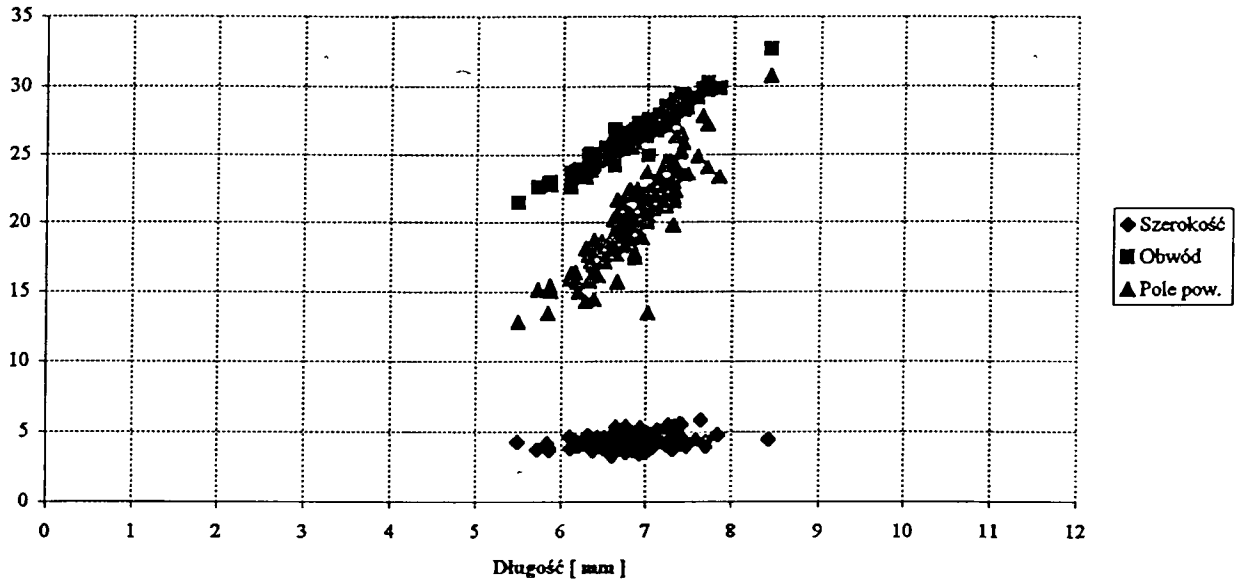
Ziarno nawilżone (dzień 0)



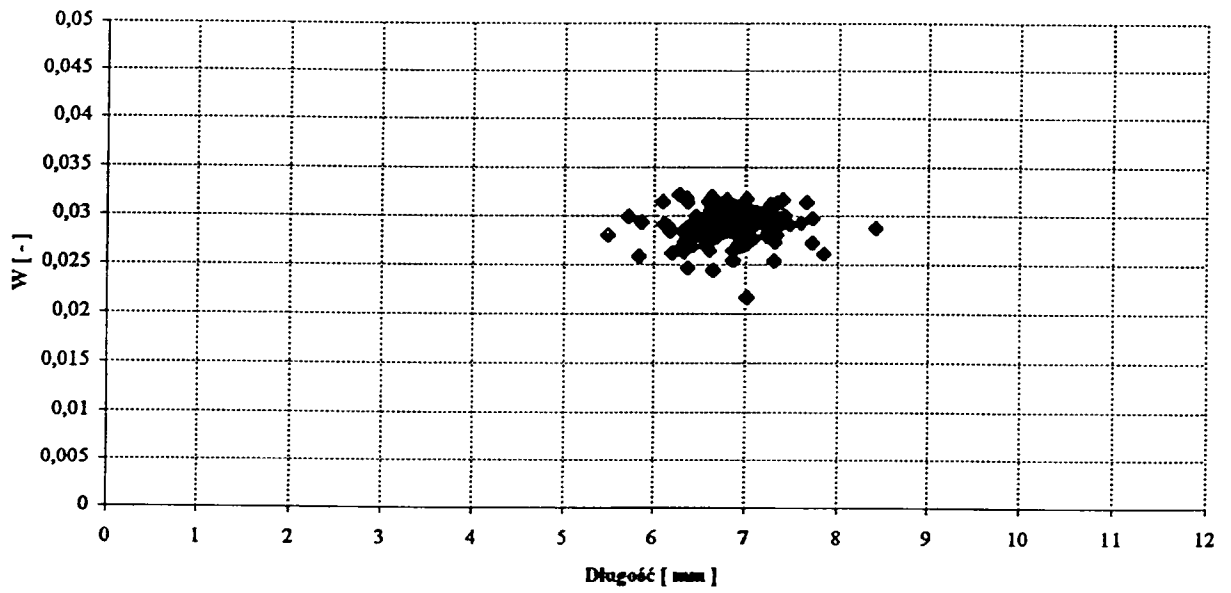
Ziarno nawilżone (dzień 0)



Ziarno nawilżone (dzień 7)

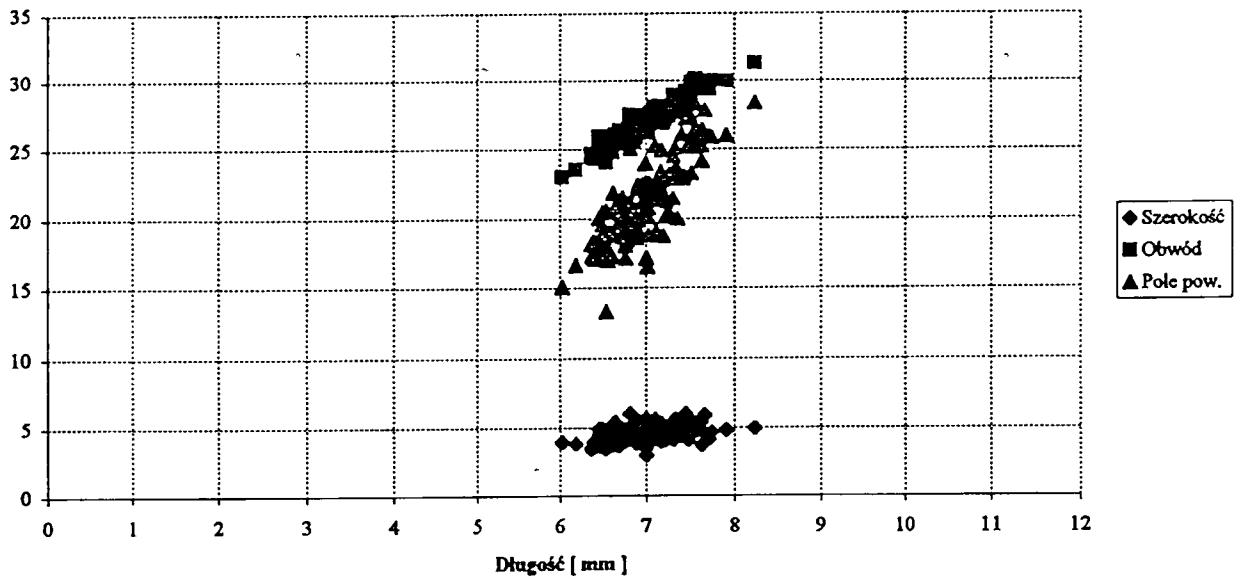


Ziarno nawilżone (dzień 7)

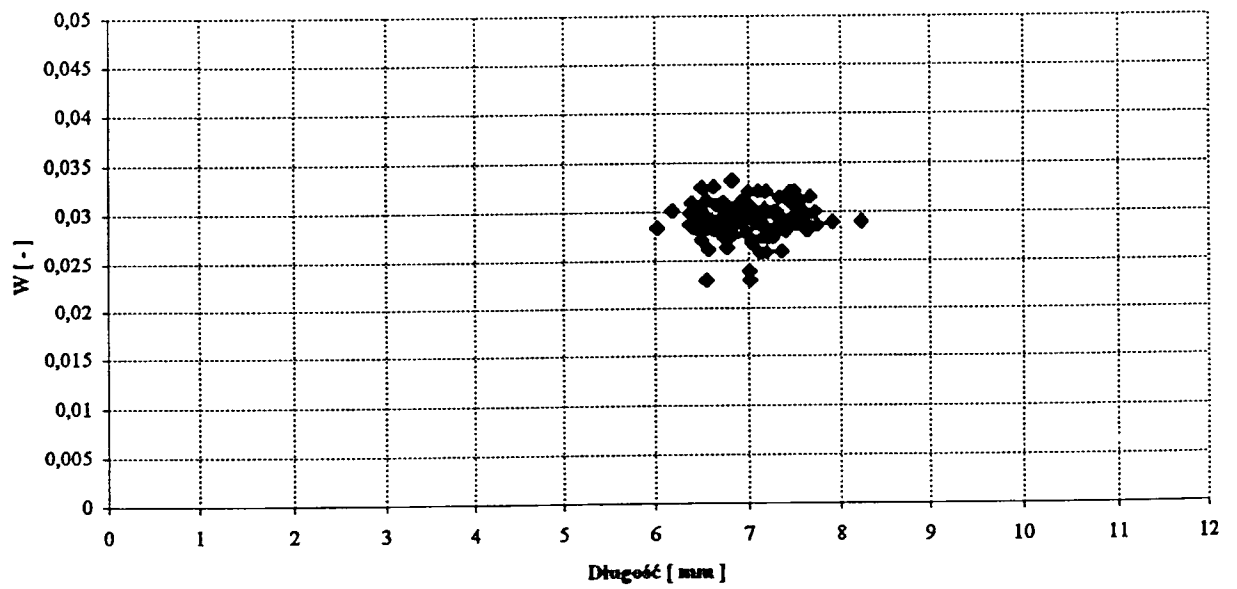


LH

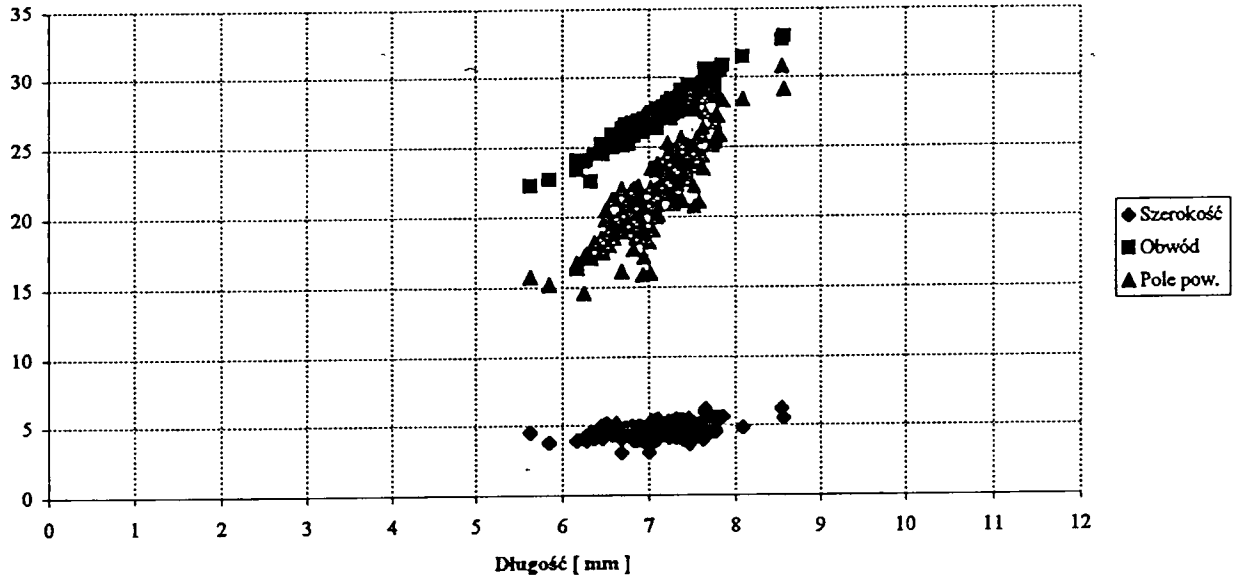
Ziarno nawilżone (dzień 21)



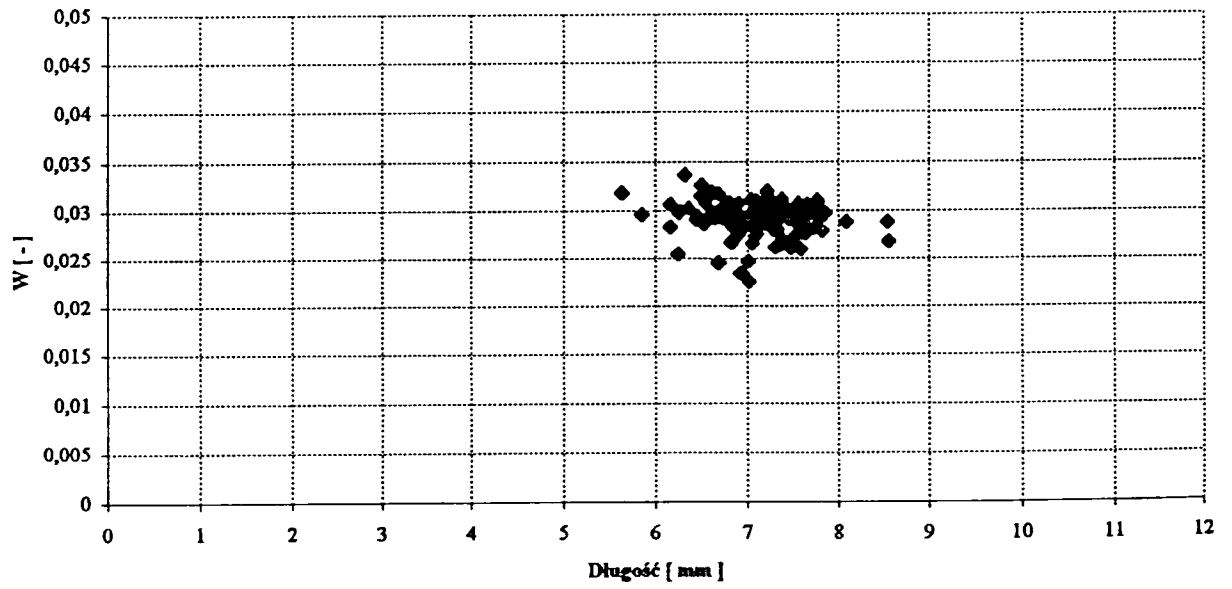
Ziarno nawilżone (dzień 21)



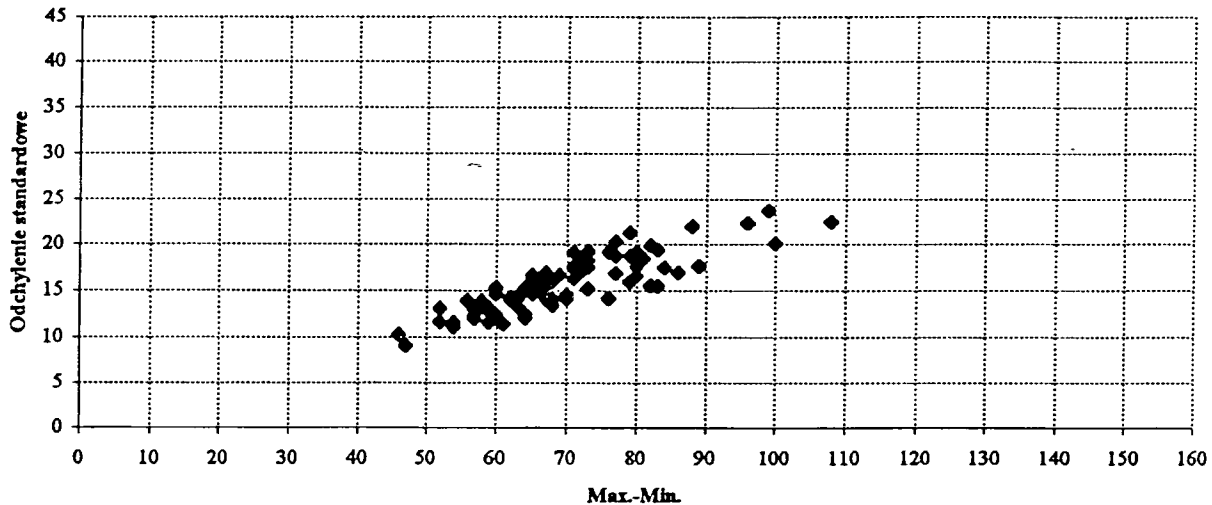
Ziarno nawilżone (dzień 35)



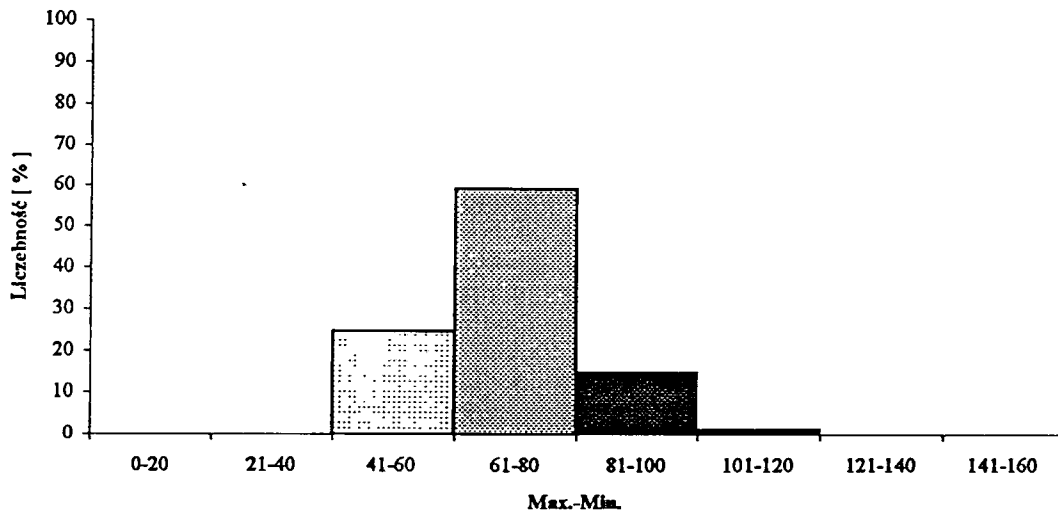
Ziarno nawilżone (dzień 35)



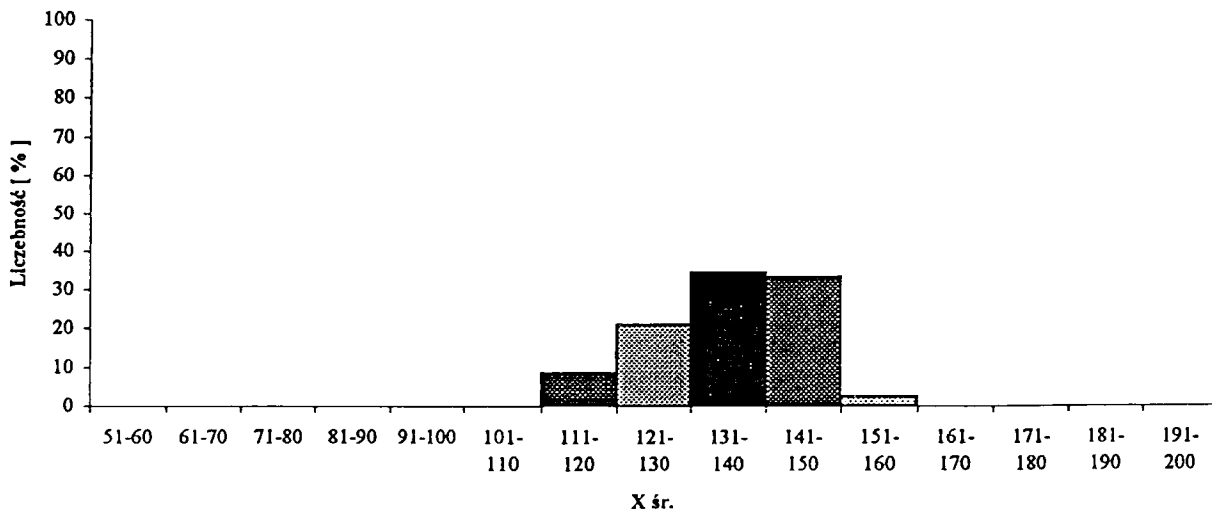
Ziarno suche



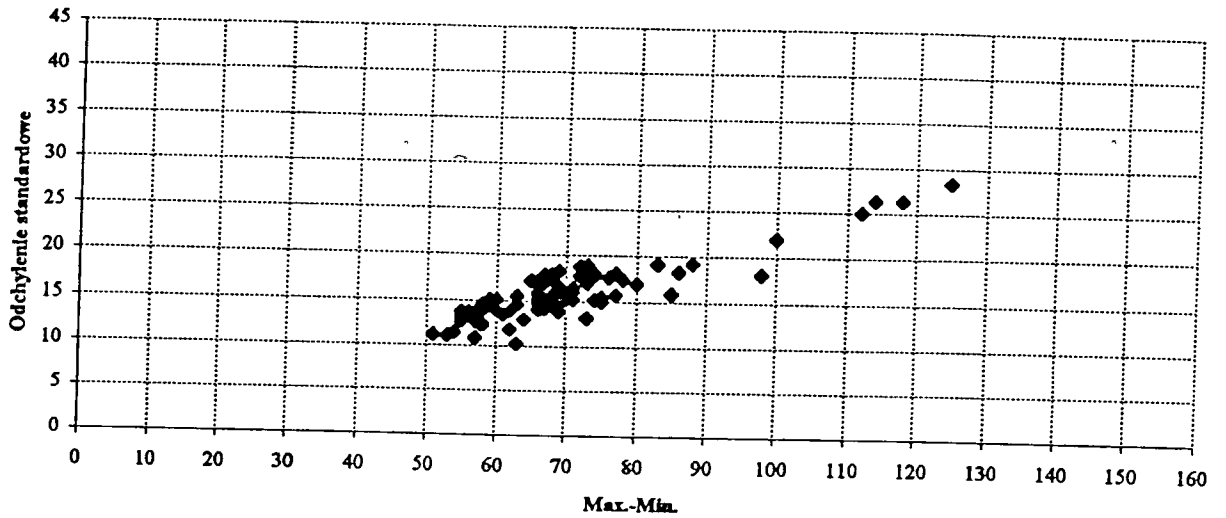
Ziarno suche



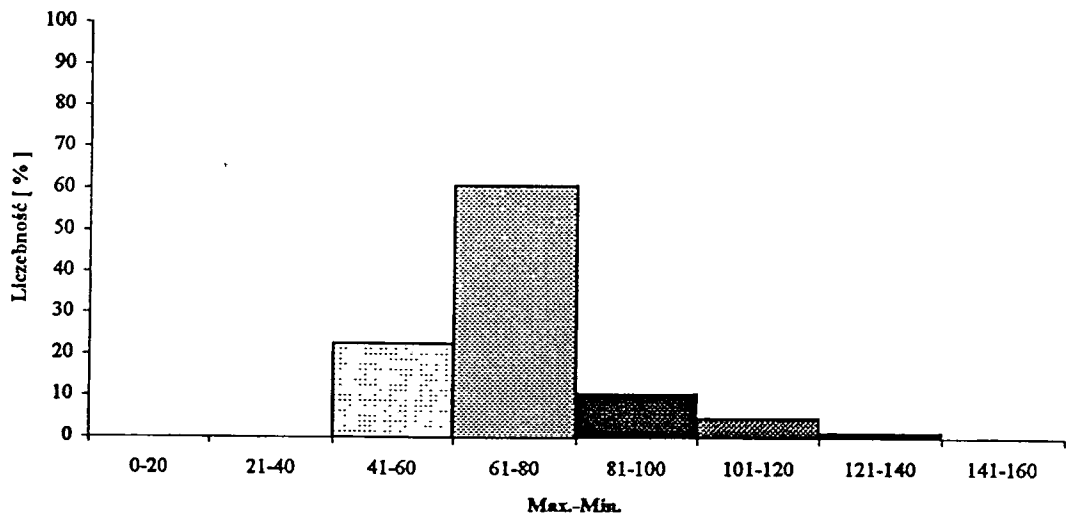
Ziarno suche



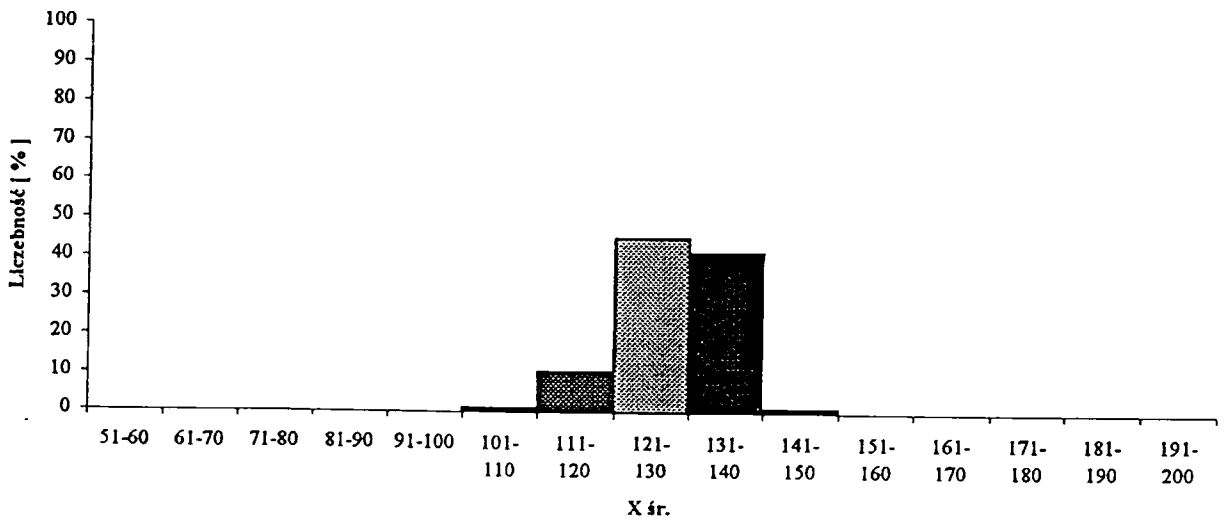
Ziarno nawilżone (dzień 0)



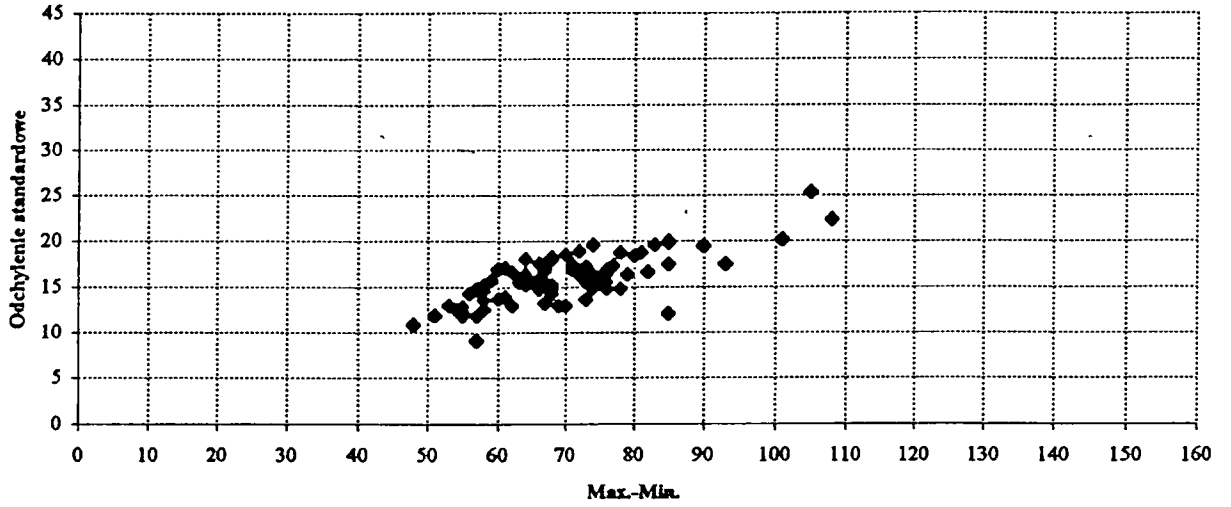
Ziarno nawilżone (dzień 0)



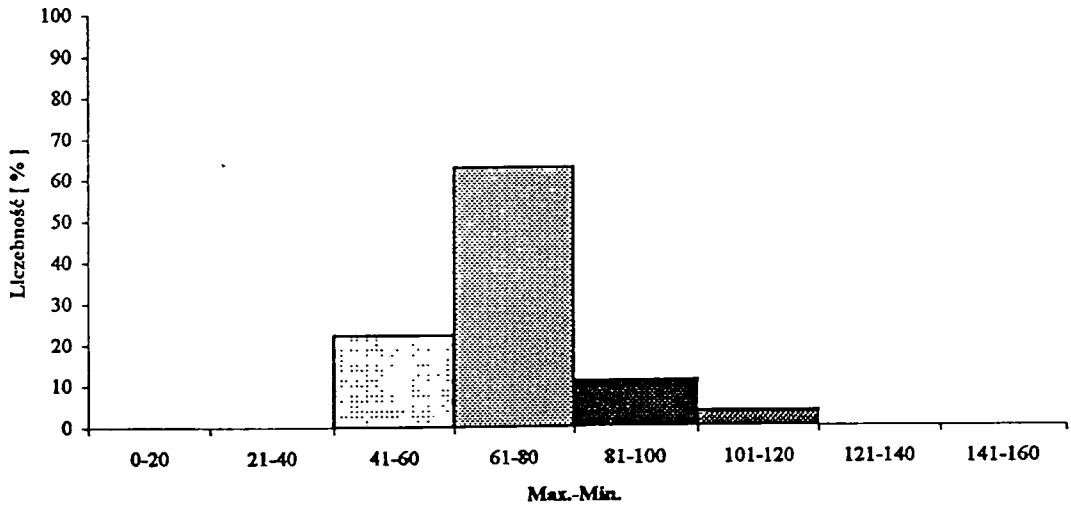
Ziarno nawilżone (dzień 0)



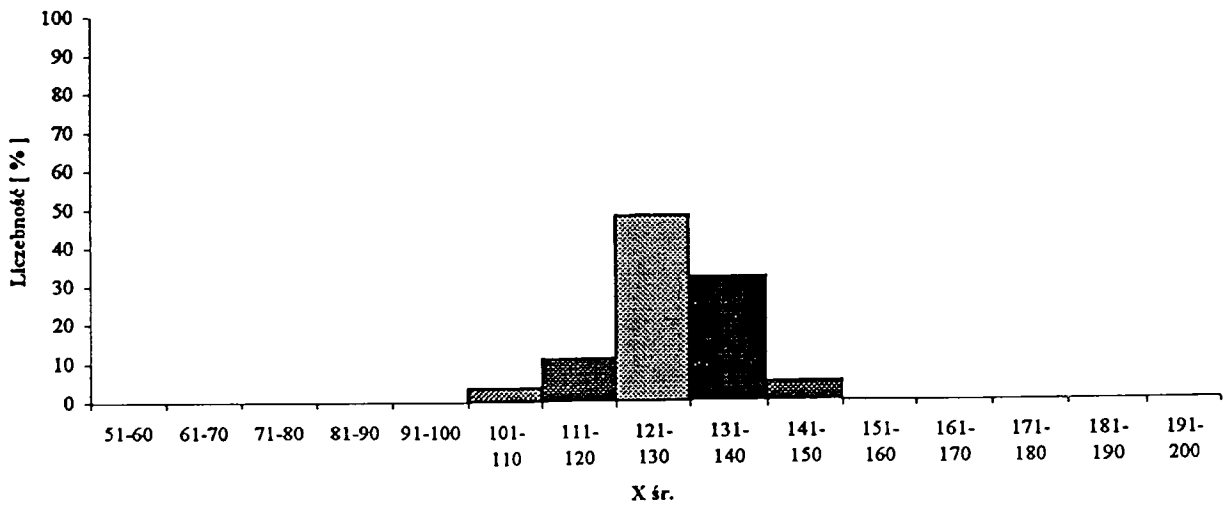
Ziarno nawilżone (dzień 7)



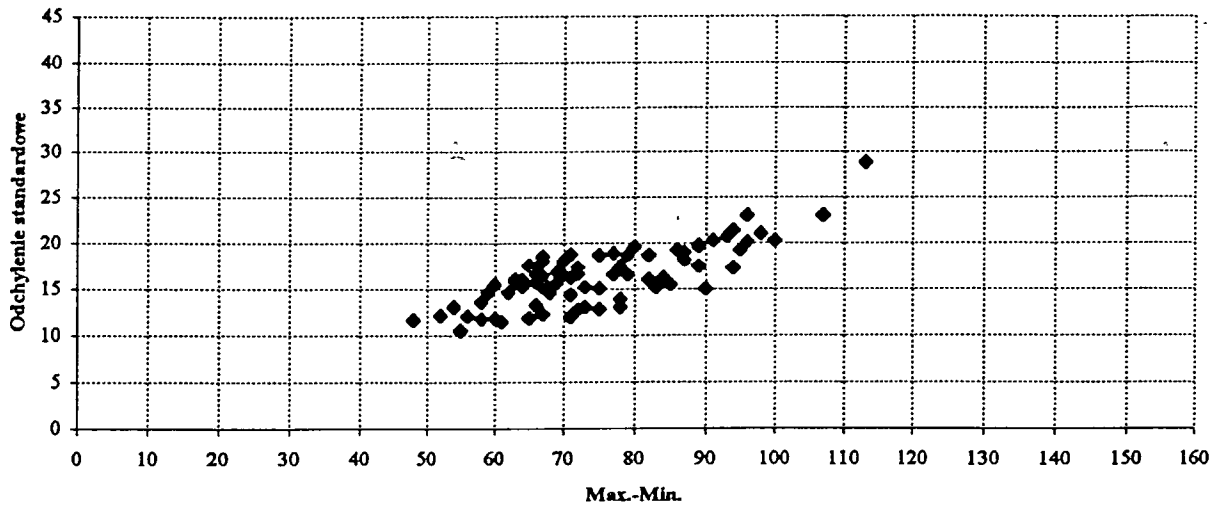
Ziarno nawilżone (dzień 7)



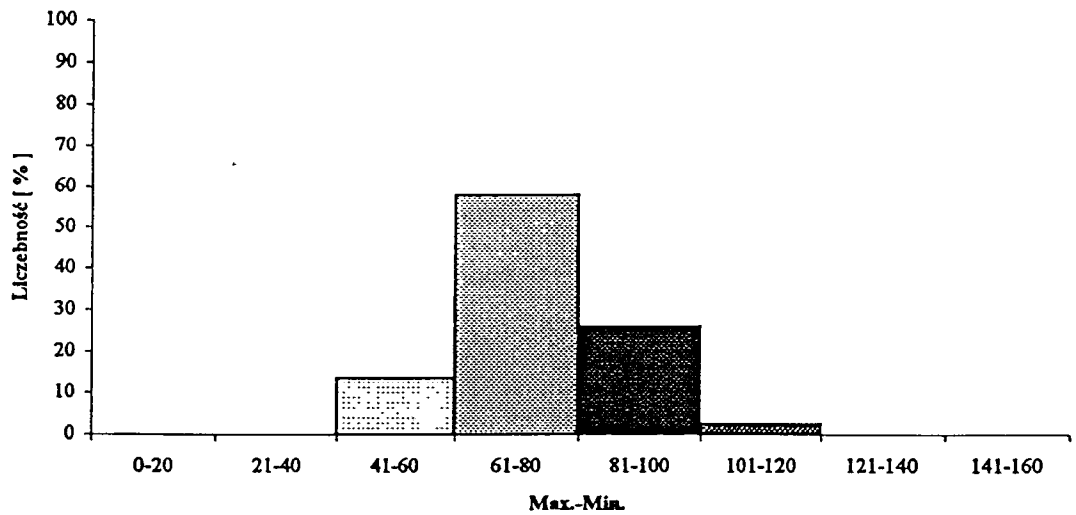
Ziarno nawilżone (dzień 7)



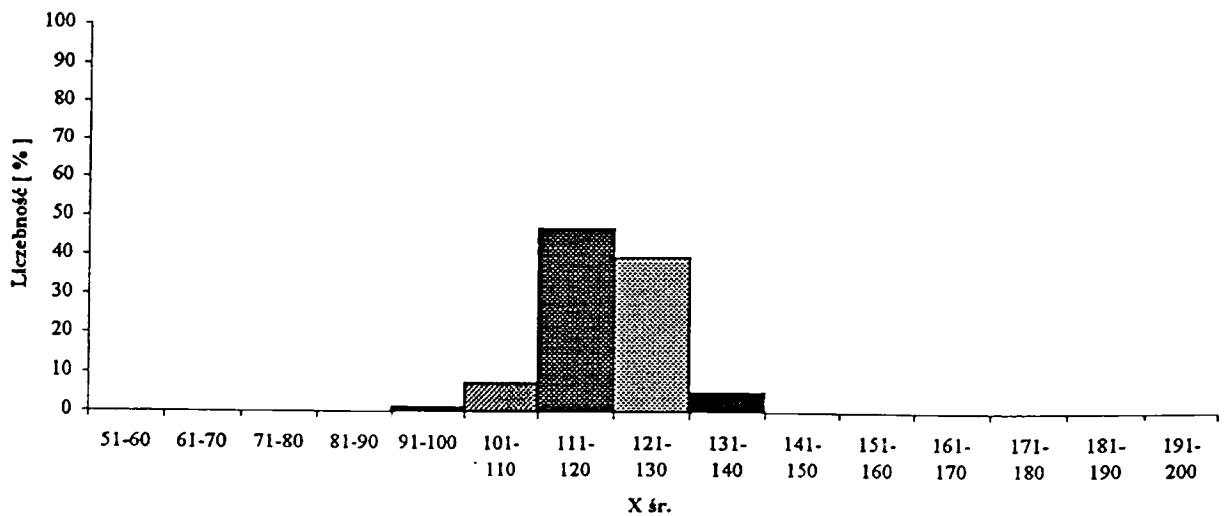
Ziarno nawilżone (dzień 21)



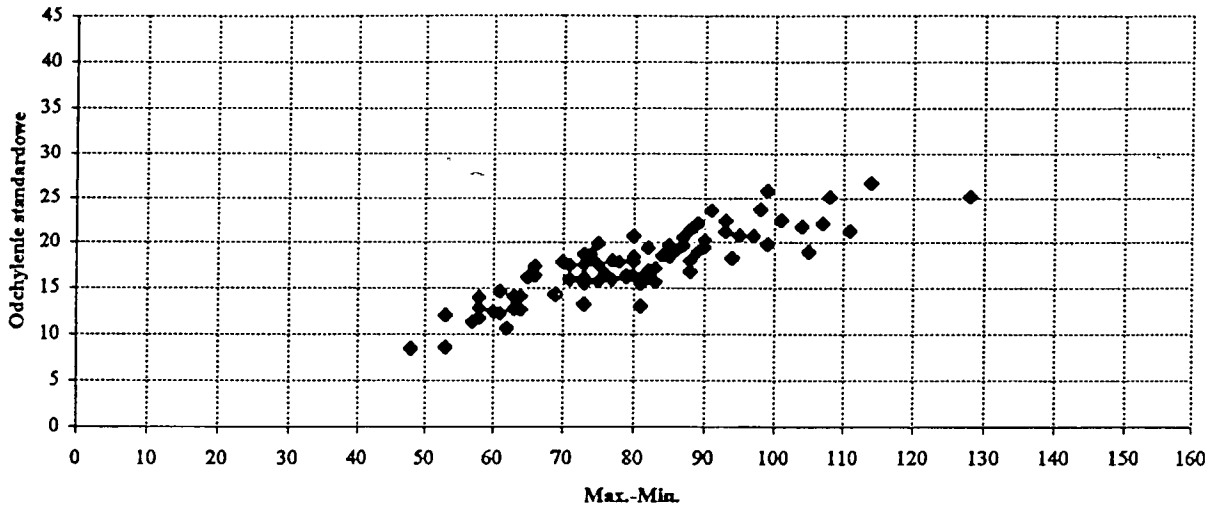
Ziarno nawilżone (dzień 21)



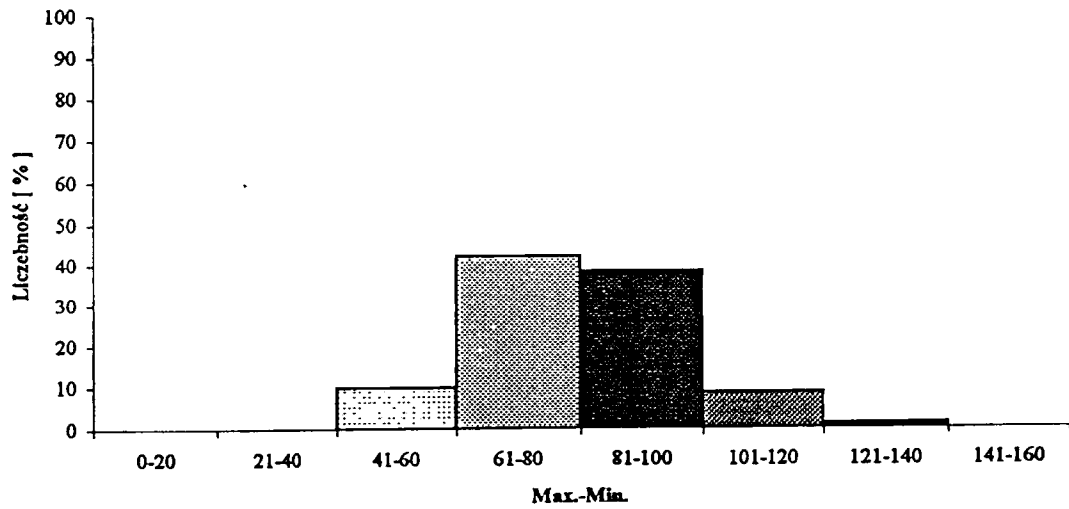
Ziarno nawilżone (dzień 21)



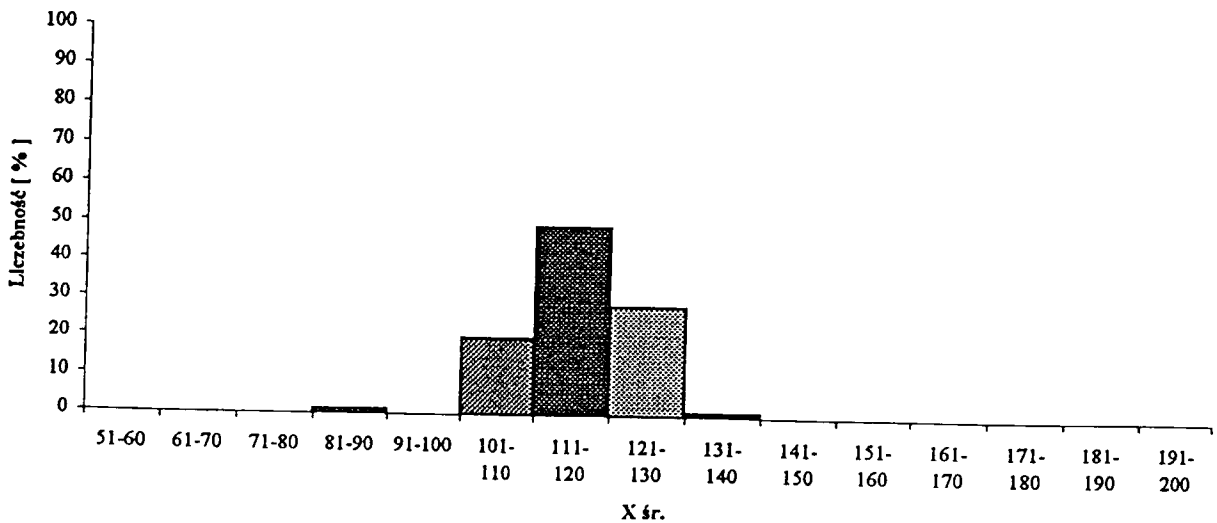
Ziarno nawilżone (dzień 35)



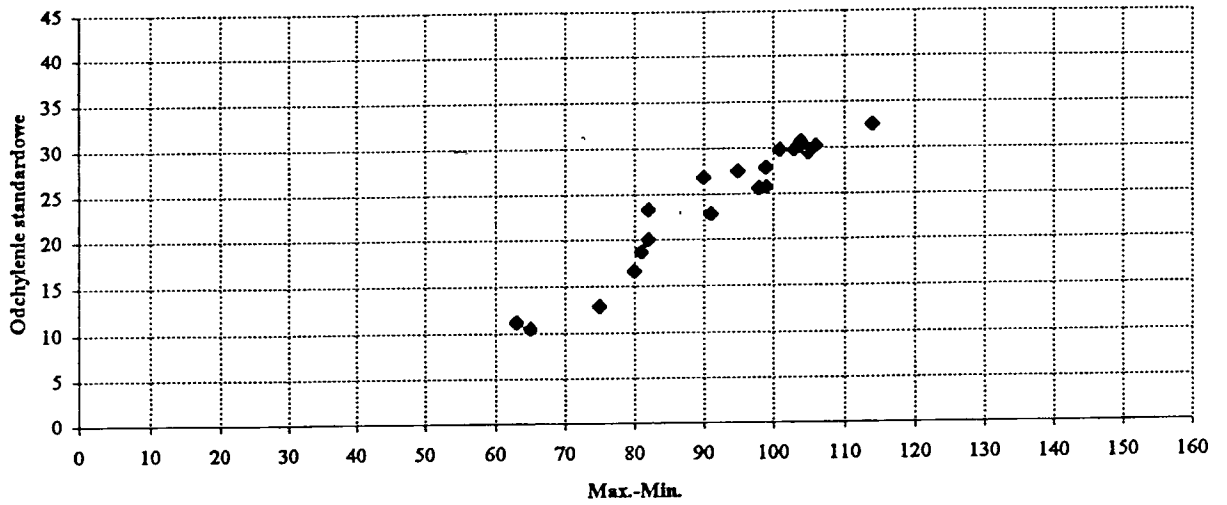
Ziarno nawilżone (dzień 35)



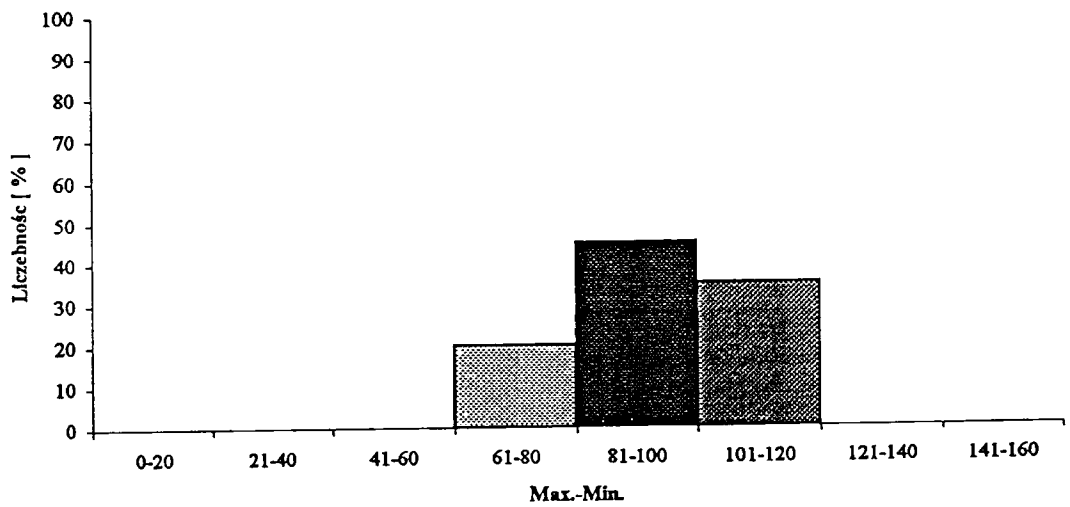
Ziarno nawilżone (dzień 35)



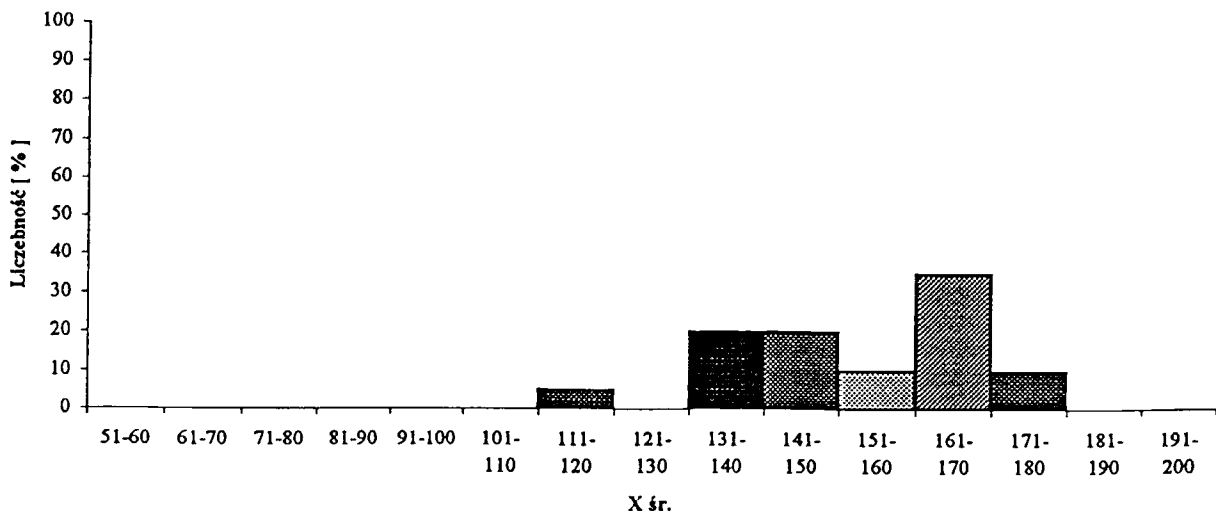
Ziarno suche - przekrój



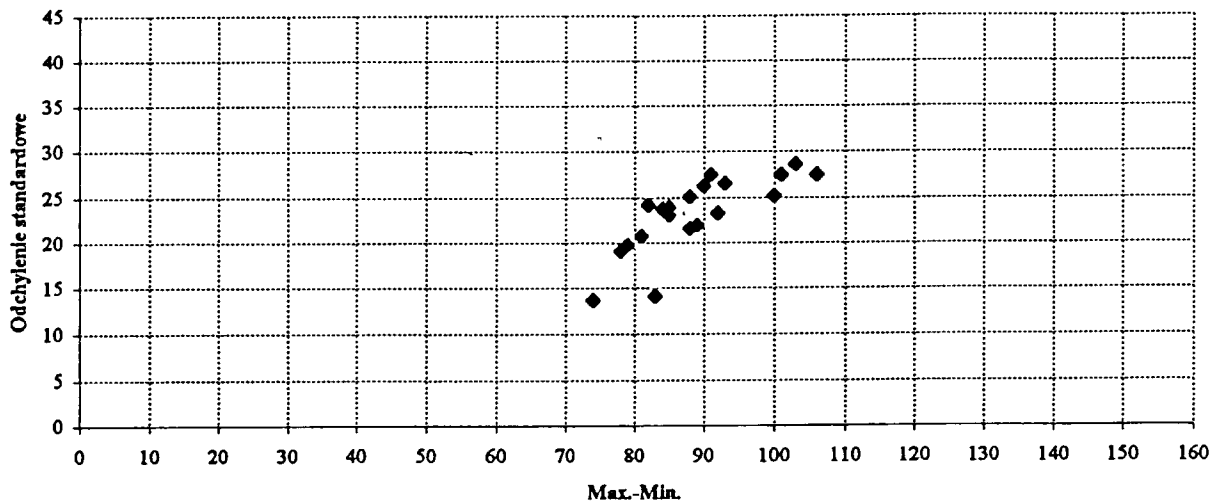
Ziarno suche - przekrój



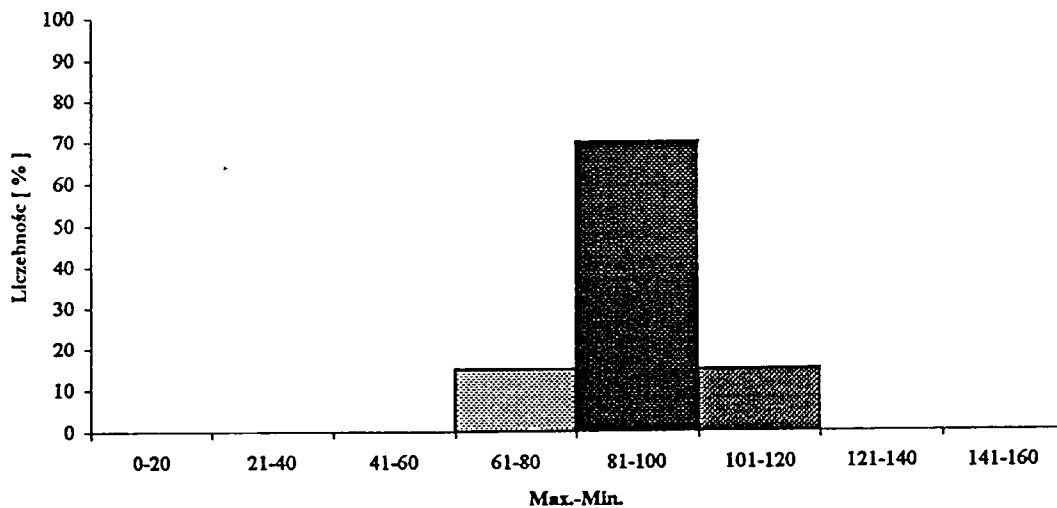
Ziarno suche przekrój



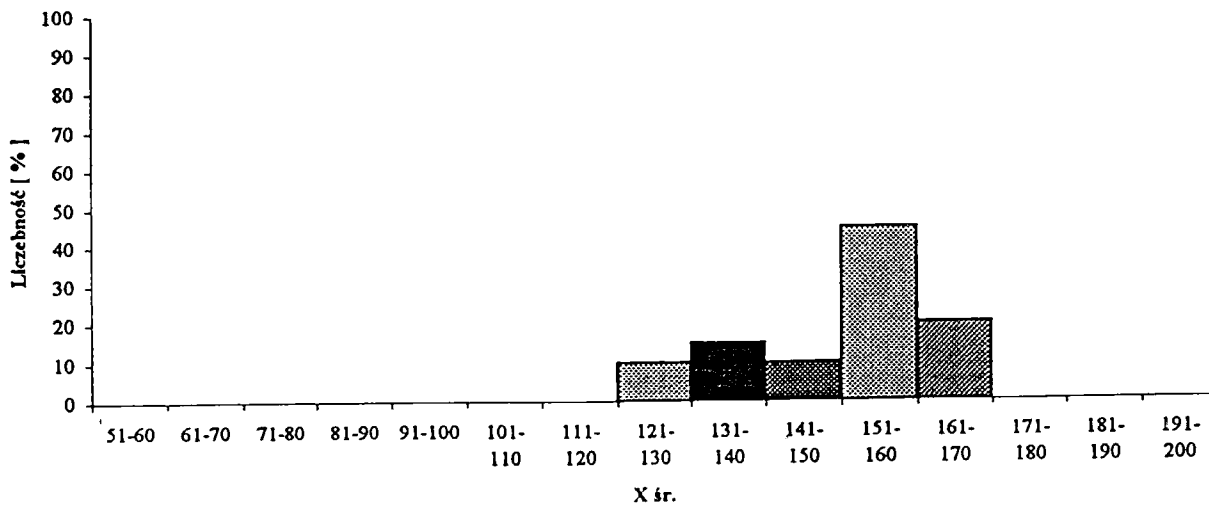
Ziarno nawilżone (dzień 7) - przekrój



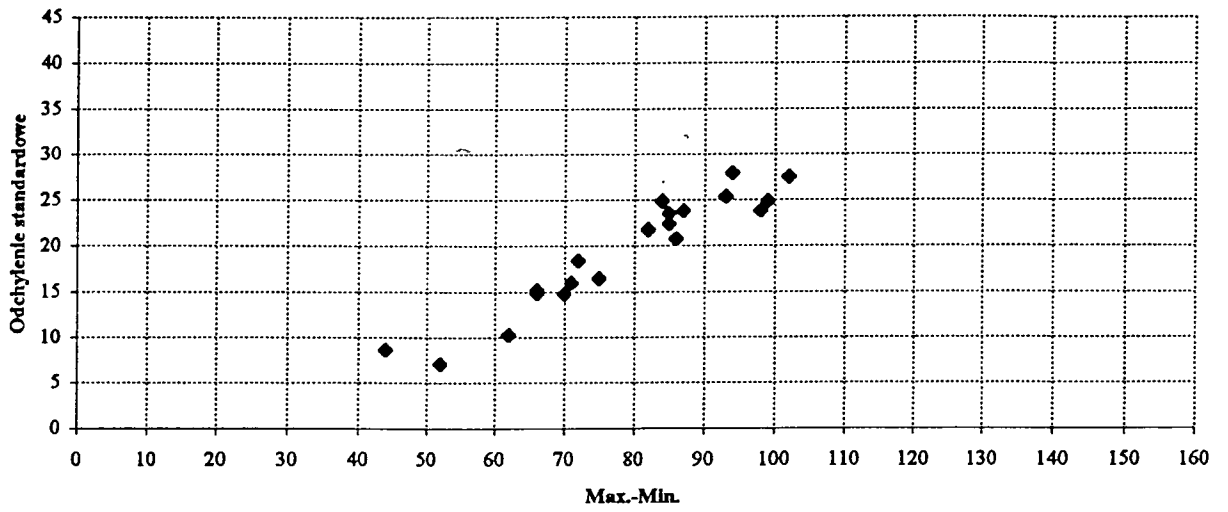
Ziarno nawilżone (dzień 7) - przekrój



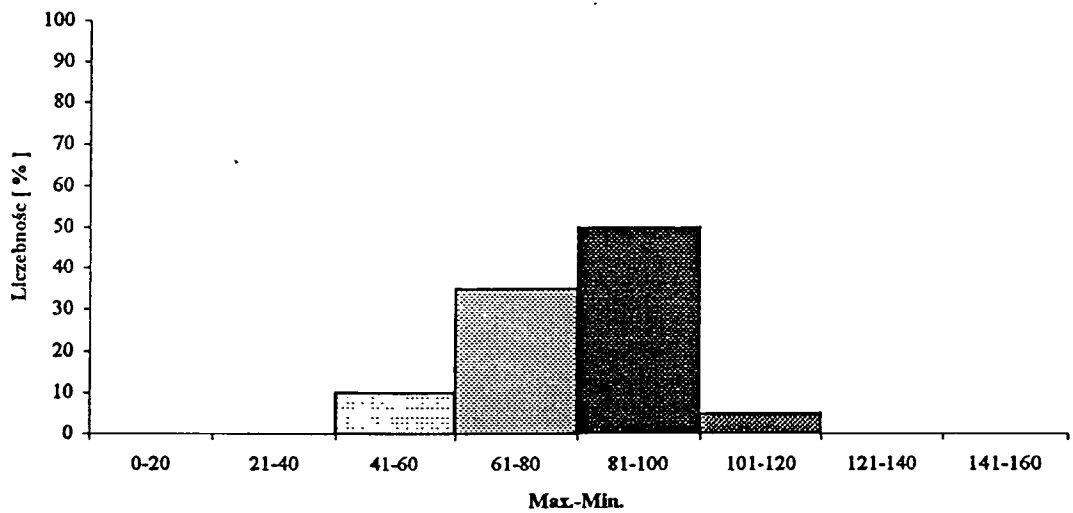
Ziarno nawilżone (dzień 7) - przekrój



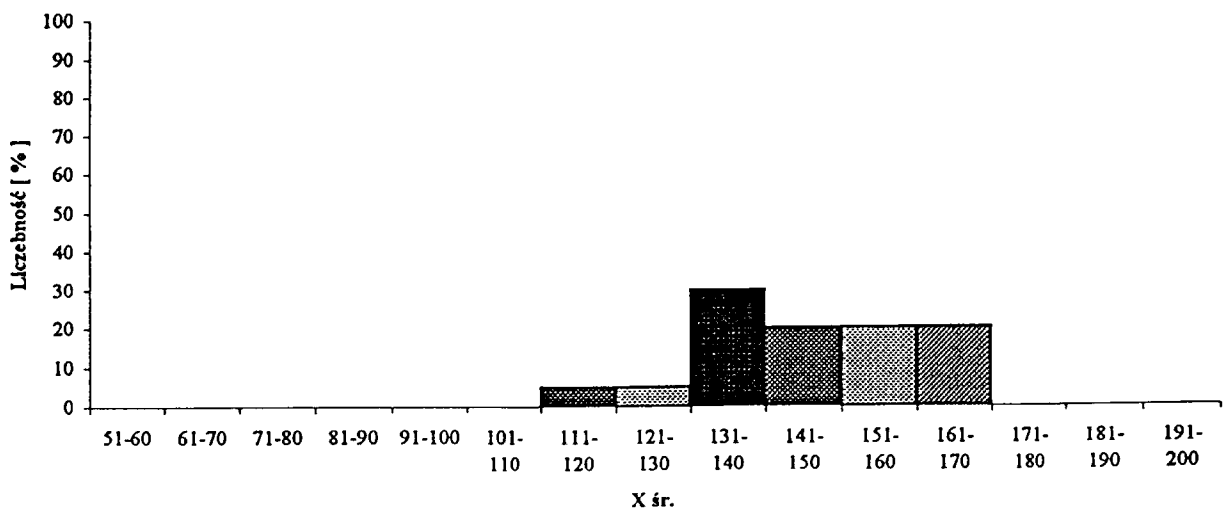
Ziarno nawilżone (dzień 0) - przekrój



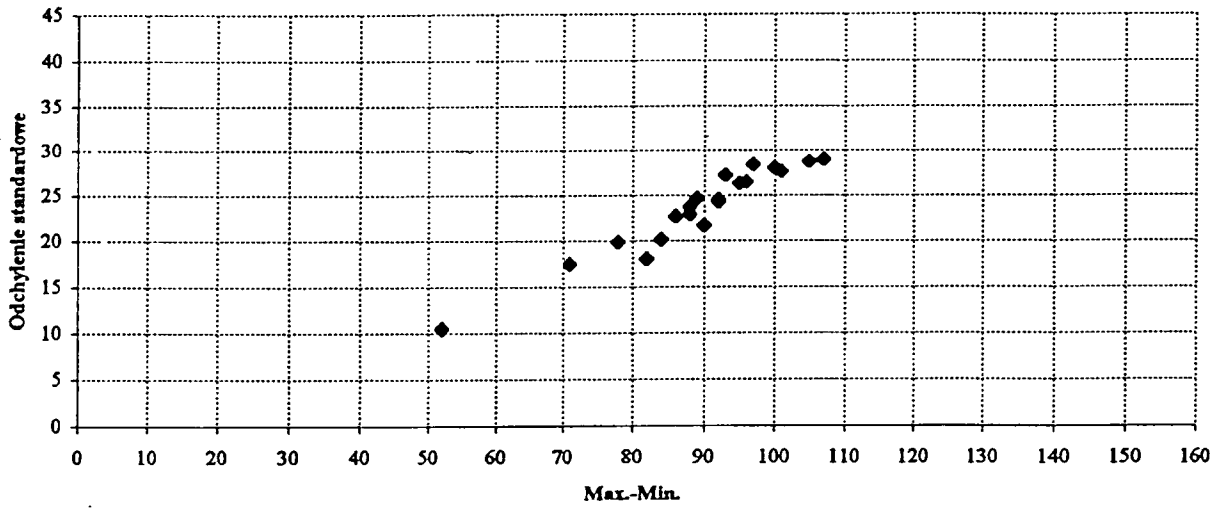
Ziarno nawilżone (dzień 0) - przekrój



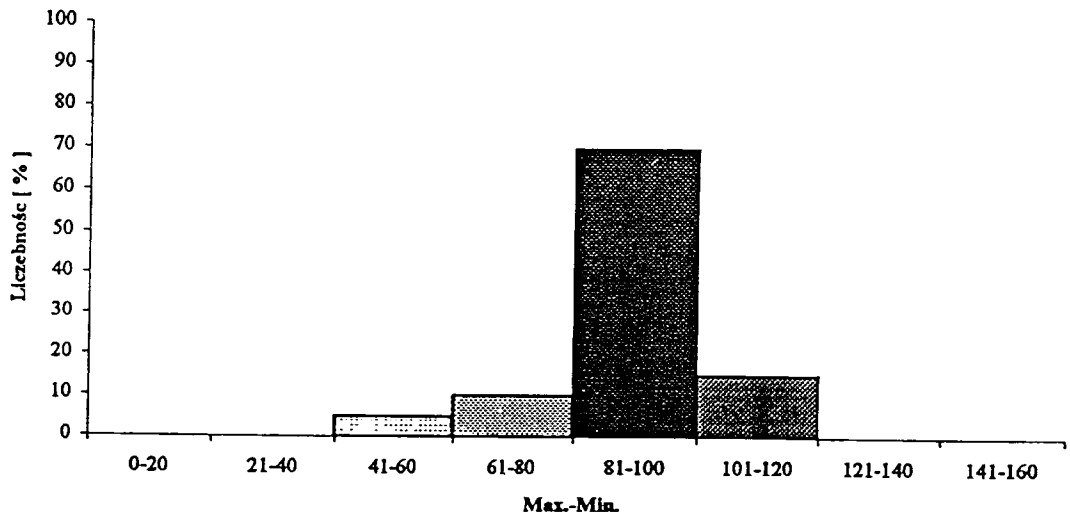
Ziarno nawilżone (dzień 0) - przekrój



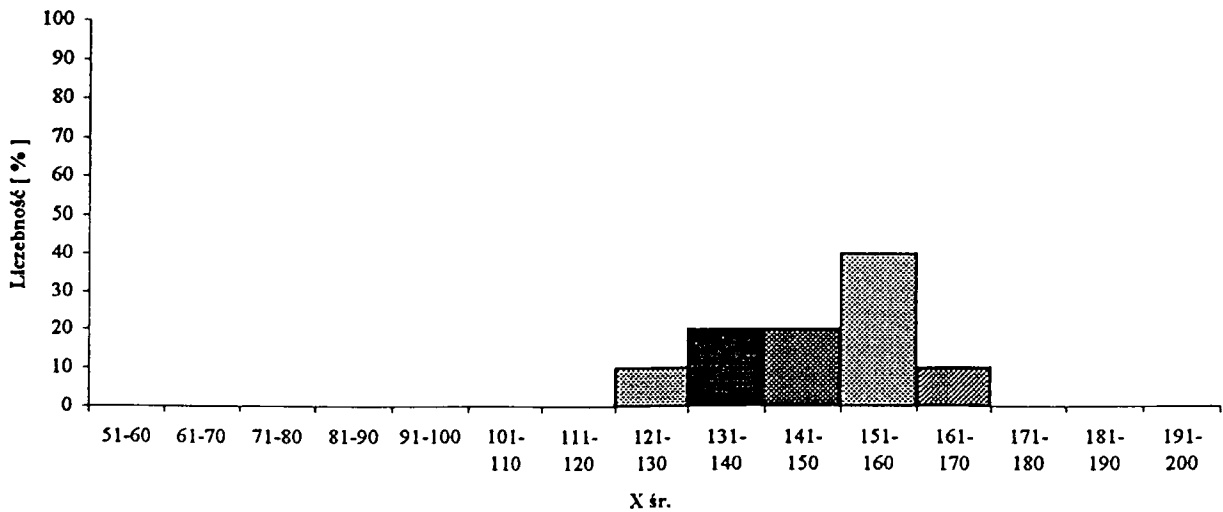
Ziarno nawilżone (dzień 21) - przekrój



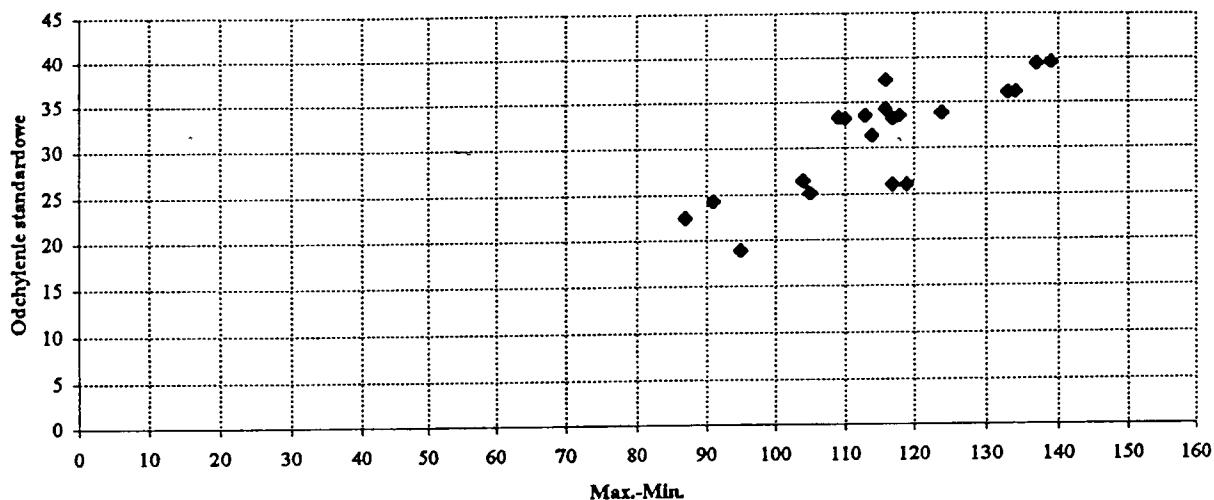
Ziarno nawilżone (dzień 21) - przekrój



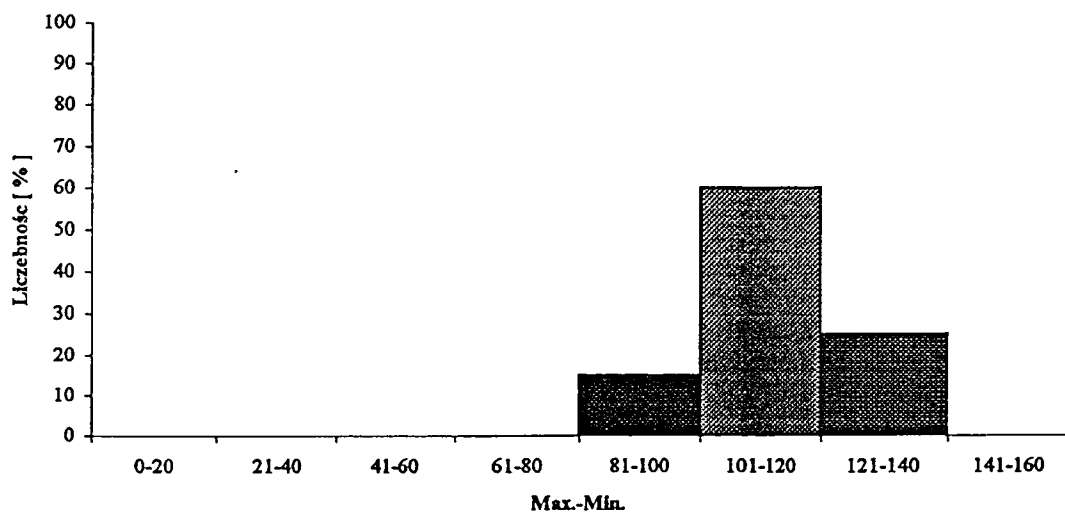
Ziarno nawilżone (dzień 21) - przekrój



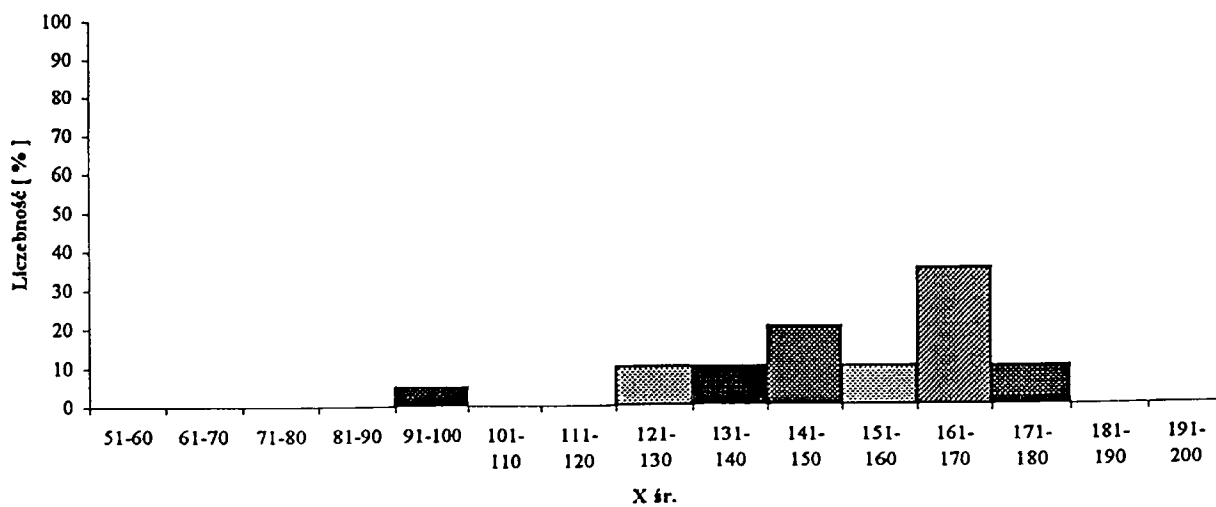
Ziarno nawilżone (dzień 35) - przekrój



Ziarno nawilżone (dzień 35) - przekrój



Ziarno nawilżone (dzień 35) - przekrój



7. SPRAWOZDANIE Z TARGÓW W HANOWERZE

Targi w Hanowerze zwiedzaliśmy w dniach od 19.04 do 22.04.98 r. Celem delegacji było zapoznanie się z nowymi technologiami czujników pomiarowych oraz nowymi rozwiązaniami aparatury kontrolno - pomiarowej.

Obecnie coraz więcej firm obok grubych katalogów podają klientom dyskietki CD-ROM, na których prezentują swoje firmy oraz podają przegląd wyrobów. Duże firmy, jak Honeywell, Philips czy Siemens podzieliły swoje wyroby tematycznie i według takiego podziału branżowego prezentują się na dyskietkach.

Olbrzymią grupę czujników ruchu i czujników zbliżeniowych stanowią czujniki magnetyczne, t. zn. czujniki magnetorezystancyjne i czujniki z efektem Hall'a, oferowane w szerszej gamie przez Philipsa i Honeywella. Według danych katalogowych czujniki magnetorezystancyjne oraz ich kombinacje zintegrowane z magnezem dają najlepsze wyniki. Zalety takie, jak duża czułość, mały i stały offset, duży temperaturowy zakres pracy kwalifikują je do szerokiego stosowania w automatyce i w przemyśle. Mogą one pracować w temperaturze od -40°C do $+150^{\circ}\text{C}$, a szybkość działania ich jest od 0 do 100kHz. Zasadniczo czułość ich jest znacznie większa niż czujników Hall'a.

Ostatnio jednak teorię tę zakwestionowała szwajcarska firma SENTRON, która wspólnie z Instytutem Mikrosystemów (IMS) Politechniki w Lausanne opracowała czujniki Hall'a o bardzo dużej czułości, stosując koncentratory pola magnetycznego i technologię produkcji czujników podobną do technologii produkcji układów scalonych. Główną innowacją tych czujników jest zastosowanie wspomnianych koncentratorów strumienia magnetycznego, które są zintegrowane na płytce razem z czujnikiem Hall'a oraz niskie koszty produkcji. Firma twierdzi, że ta innowacja otwiera nowe horyzonty i nowe możliwości stosowania czujników magnetycznych.

Bardzo ciekawe rozwiązanie czujników zbliżeniowych oferuje firma MICROSONIC. Czujniki są wyposażone w ultradźwiękowy przetwornik, który charakteryzuje się ekstremalnie małym kątem rozproszenia i jednorodną detekcją przestrzeni. Dzięki czemu przy generowanej częstotliwości 320 kHz, uzyskuje się zakres detekcji od 30mm do 250mm i powtarzalność mniejszą od 1mm.

Olbrzymi postęp można zauważyć w produkcji czujników temperatury. Czujniki platynowe - napyłone na ceramice, mają bardzo dobrą stabilność rezystancji w czasie, są całkowicie wymienne bez żadnej rekaliibracji. Po 5-ciu latach błąd ich nie przekracza $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$.

Firma Honeywell oferuje również wysokiej klasy czujniki wilgotności zintegrowane z czujnikami temperatury. Czujniki te cechuje liniowy sygnał wyjściowy. Laserem przeprowadzana w produkcji kalibracja czujnika wilgotności i temperatury zapewnia czujnikom dużą dokładność, dużą stabilność i mały dryft. Doskonale nadają się do pomiaru punktu Rosy i wilgotności absolutnej. Sam czujnik wilgotności składa się z kondensatora planarnego i warstwy polimeru zabezpieczającej czujnik przed brudem, kurzem, olejem itp.

Ze szczególnie nas interesującej nas aparatury, jak monochromatory oferowane były tylko przez firmy rosyjskie. Firma z Petersburga obiecała złożyć nam ofertę dotyczącą dostawy monochromatora o interesujących nas parametrach. Niestety do dzisiaj oferta taka nie wpłynęła. Prawdopodobnie produkcja ich nie została jeszcze w pełni uruchomiona.

Wszelkie materiały o czujnikach i aparaturze pomiarowej przywiezione z Targów Hanowerskich znajdują się u kol. Leśkiewicza w ZAE-4.