

## Badania wydajności eksploatacyjnej linii rozlewniczej „K r o n e s” o sterowaniu mikroprocesorowym

Zbigniew Burski, Hanna Krasowska-Kotodziej

**Streszczenie.** w pracy przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych linii rozlewniczej „Krones” o sterowaniu mikroprocesorowym. Podano charakterystykę techniczną, wielkość produkcji oraz ocenę istotności statystycznych etapowej wydajności produkcyjnej.

**Słowa kluczowe:** przemysł spożywczy, gospodarka surowcowo-materiałowa, linia rozlewnicza, wydajność eksploatacyjna, istotność statystyczna procesu.

- najwyższy poziom obejmuje sterowanie przebiegiem produkcji (np. układy sterowania PLC i CNC);
- poziom drugi, to zbieranie danych z procesu i ich wizualizacja (np. SCADA);
- poziom trzeci, to systemy zarządzania produkcją i śledzenie jej przebiegu typu MES (*Manufacturing Execution System*);
- poziom czwarty, to system zarządzania i planowania zasobów całego przedsiębiorstwa ERP (*Enterprise Resource Planning*).

Takim zintegrowanym zestawem programów do zarządzania informacją związaną z produkcją jest MM i System (*Manufacturing Management Information System*) w postaci np. Wonderware Faktory Suite 2000 [17, 18].

### WPROWADZENIE

Proces technologiczny w zakładzie przemysłu spożywczego to znacznie więcej, niż praca ludzi, surowce i materiały czy środki produkcji. Jest to cały system analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli jakości (HACCP) opartych na opracowanych i nadzorowanych jego dokumentach, dotyczących realizacji procedur [21], audytu wewnętrznego [22] i zasad jego weryfikacji [8, 19, 20].

Informacja o stanie procesu technologicznego jest podstawą polepszenia jakości produkcji, wzrostu wydajności i oszczędności finansowych zakładu [9, 14, 15] oraz środowiskowego oddziaływania [24, 25]. Zarządzanie procesami produkcyjnymi przy pomocy nowoczesnego oprogramowania stanowi niezbędny warunek istnienia na konkurencyjnym rynku. Usprawnienie procesu technologicznego (w szczególności szybkie lokalizowanie i usuwanie występujących w nim nieprawidłowości) wymaga szczegółowej wiedzy o jego przebiegu. Na tę wiedzę składa się cały szereg informacji o pracy poszczególnych urządzeń, przepływie surowców i materiałów, wartościach rozmaitych parametrów logistyczno-technologicznych [5, 6, 18, 25]. Niezbędne są odpowiednie systemy informatyczne, zapewniające efektywne gromadzenie i wykorzystywanie odpowiednich informacji [1, 2, 3, 4].

We współczesnych systemach sterowania można wyróżnić pewne poziomy funkcjonalne:

### CEL PRACY

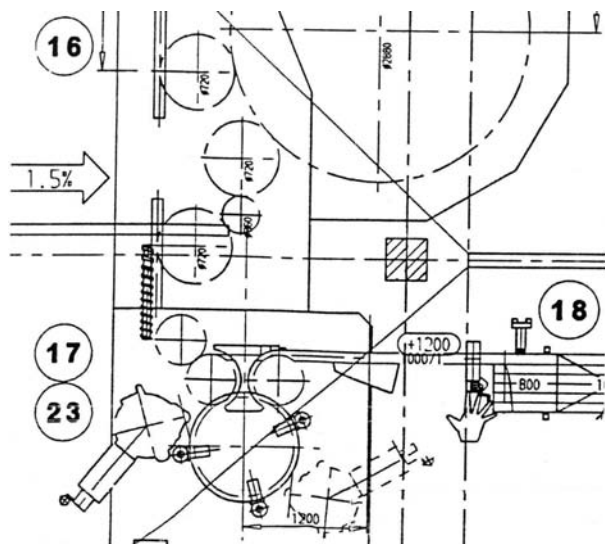
Celem niniejszej pracy jest ocena eksploatacji linii produkcyjnej rozlewu butelkowego piwa firmy „KRONES” w zakresie rzeczywistego, produkcyjnego wykorzystania jej nominalnej wydajności. Ocenę eksploatacji oparto o statystyczne istotności zachodzącego procesu technologicznego, ze szczególnym uwzględnieniem występujących stras surowcowo-materiałowych.

### CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA AUTOMATYZACJI I MIKROPROCESOROWEGO STEROWANIA CYKLEM PRODUKCYJNYM OBIEKTU BADAŃ

Początek procesu eksploatacji linii rozlewniczej stanowi umieszczenie na wózek widłowym palety z pustymi butelkami. Następnie są one transportowane sekcyjnym przenośnikiem rolkowym. Nacisk palety na rolkę połączoną z wyłącznikiem krańcowym powoduje uruchomienie kolejnych jego sekcji, aż do depaletyzatora.

W linii pracują dwa typy depaletyzatorów: w pełni automatyczny nowego typu 470 (model ANS) oraz *Krones Palmaster typ 451* (model EN1). O przybyciu palety do depaletyzatora informuje komórka. Rozładowane skrzynki przemieszczają się na przenośnikach łańcuchowych zaopatrzonych w fotokomórki połączone z detektorem czasowym (tzw. czasówką). Co 10 sekund następuje włączenie kolejnego odcinka przenośnika. Butelki są automatycznie wyładowywane ze skrzynek na stół odbiorczy komputerowo sterowaną wyładówarką firmy *Krones Linapack* (model A-T-1600). Spiętrzeniu butelek w strefie wyładunku zapobiega fotokomórka. Dalej przenośniki dostarczają butelki do myjki zamaczalnikowo-natryskowej, nieprzelotowej firmy *Krones* typu *Lavatic-lces*, a skrzynki do myjki *Krones* typ 690 (model 35) [11, 12].

Na wyjściu butelek z myjki zainstalowany jest czujnik zbliżeniowy. Następnie butelki przechodzą przez Inspektora Butelek Pustych (IBP) firmy *Krones Linatronic* typ 712 (model M). Tu dokonywana jest ocena każdej części butelki, grubość ścianki, gwintu butelki i ewentualnej obecności resztek cieczy myjących. Kontrola przeprowadzana jest za pomocą kamery z wykorzystaniem źródła światła ultrafioletowego i podczerwieni. „IBP” rozróżnia uszkodzenie mechaniczne butelki od zanieczyszczeń, które można usunąć. Na tej podstawie automatycznie odsyła butelki do ponownego umycia lub odrzucenia do kosza, gdy są za wysokie lub za niskie [13]. Butelki po umyciu i kontroli przemieszczane są za pomocą podajnika ślimakowego do gwiazdy podającej napełniarki. Zastosowana rozlewaczka piwa *Krones Sensometric 126 VP-VP 104-087/KK 13-S* zblokowana z zamykarką kapsli koronowych *KK 360-13-087* i etykietciarką *Krones Starmatic 0-80-960-28-8-8-110* tworzą tzw. monoblok (rys. 1).



**Rys. 1.** Schemat konstrukcyjny monobloku linii rozlewniczej formy Krones: 16- rozlew butelkowy, 17- etykietciarka, 18- kontrola napełniania butelek, 23- datownik laserowy [12].

**Fig. 1.** A diagram of monoblock construction of the “Krones” bottling line: 16 – bottling, 17 – labeler, 18 – control of bottling, 23 – laser stamp [12]

Szczegółowy proces technologiczny pracy monobloku w rozlewie butelkowym przedstawiono w pracy [17].

W aspekcie technicznym (rys. 1) pracę przenośników w monobloku regulują czujniki zbliżeniowe (spiętrzenie butelek) i fotokomórki (butelki przewrócone).

Napełnione, zakapslowane i zaetykietowane butelki przechodzą przez kontrolę napełniania. Wykonuje ją urządzenie *Chekmat*, typ 707 (model FEM-G). Kontrola polega wysokość nalewu za pomocą promieniowania gamma oraz fotoelektryczna kontrola etykiet. Kamera sprawdza zamknięcie butelki kapslem. Wadliwy produkt jest eliminowany automatycznie przez wyrzutnik pneumatyczny na oddzielny transporter.

Po napełnieniu i sprawdzeniu butelki są pakowane do skrzynek, a następnie na palety. Każda paleta owijana jest folią, przy pomocy *owijarki* typu 902 (model 101) i sprawdzana przez urządzenie typ 455 (model Kontrol). Butelki o poj. 0,5 l są ładowane do plastikowych skrzynek po 20 sztuk w pięciu warstwach, czyli po 900 sztuk butelek na paletcie.

## METODYKA BADAŃ I OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

### 1. PRZEDMIOT BADAŃ I CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU BADAWCZEGO

Przedmiotem badań była linia rozlewnicza firmy *KRONES*, ze szczególnym uwzględnieniem wyjściowej wydajności nominalnej i finalnej z uwzględnieniem czynników eksploatacyjnych, istotnie wpływających na efekt końcowy produkcji. Parametry techniczne linii dla **butelek 0,5 l**: napełnianie 36 000 szt./h, pakowanie 41 400 szt./h, paletowanie 43 200 szt./h. Dla **butelek 0,33 l**: napełnianie 24 000 szt./h, paletowanie 28 800 szt./h.

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę materiału badawczego wydajności eksploatacyjnej linii rozlewniczej *KRONES* na przykładzie miesiąca lutego.

Jak wynika z danych zawartych w tab. 1, butelki o pojemności 0,5 l stanowią znaczny procent w produkcji piwa butelkowego. Potwierdzają to dane produkcyjne, zawarte w innych opracowaniach autorów [5,6].

### 2. METODYKA OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

W analizie statystycznej do ilościowej oceny istotności zachodzenia procesu eksploatacji linii butelkowego rozlewu piwa na określonym poziomie prawdopodobieństwa, wykorzystano cztery rodzaje testów statystycznych [7, 23]. Wynikało to z braku znajomości kształtu rozkładu danych w populacji (normalnego Gaussa czy asymetrycznego). Dwa testy parametryczne, typowe porównania dwóch populacji oraz test HSD Tukey’a, w przypadku porównania większej ich liczby. Dwa testy niesymetryczne: test rangowanych znaków przy porównaniu dwóch populacji oraz test Kruskala-Wallisa w przypadku dwóch lub większej liczby porównywanych populacji (tabela 3-6).

W tabeli 2 przedstawiono objaśnienia przyjętych oznaczeń materiałowych i wydajnościowych w analizie statystycznej.

**Tabela 1.** Dane statystyczne produkcji linii rozlewniczej *KRONES* w miesiącu lutym o nominalnej wydajności produkcyjnej 193 500 butelek 0,5 l na dobę**Table 1.** Statistical data for *KRONES* bottling line production line in February with a nominal production capacity 193 500 bottles of 0.5 liters per day

| Data   | Produkcja | Słuczka produkcyjna |      |     | Słuczka ponadnormatywna |      |      | Razem  |      |      | Pobrano z magazynu | Typ (poj. but.) |
|--------|-----------|---------------------|------|-----|-------------------------|------|------|--------|------|------|--------------------|-----------------|
|        |           | [szt.]              | [kg] | [%] | [szt.]                  | [kg] | [%]  | [szt.] | [kg] | [%]  |                    |                 |
| 1.02.  | 200 500   | 2 700               | 1000 | 1,3 | 3160                    | 1170 | 1,53 | 5850   | 2170 | 2,83 | 206 460            | 0,5             |
| 2.02.  | 215 860   | 2 842               | 1051 | 1,3 | 5738                    | 2124 | 2,53 | 8550   | 3175 | 3,83 | 224 440            | 0,5             |
| 4.02.  | 42 408    | -                   | -    | -   | -                       | -    | -    | -      | -    | -    | -                  | 0,33            |
| 8.02.  | 196 240   | 3 480               | 1288 | 1,7 | 5180                    | 1916 | 2,53 | 8660   | 3204 | 4,23 | 206 900            | 0,5             |
| 12.02. | 223 720   | 3 960               | 1465 | 1,7 | 5440                    | 2013 | 2,33 | 9400   | 3478 | 4,03 | 233 120            | 0,5             |
| 16.02. | 43 296    | -                   | -    | -   | -                       | -    | -    | -      | -    | -    | -                  | 0,33            |
| 17.02. | 165 200   | 2 950               | 1092 | 1,7 | 5370                    | 1986 | 3,1  | 8320   | 3078 | 4,8  | 173 520            | 0,5             |
| 18.02. | 35 420    | 643                 | 2384 | 1,7 | 1757                    | 650  | 4,64 | 2400   | 888  | 6,34 | 37 820             | 0,5             |
| 19.02. | 166 180   | 3 005               | 1111 | 1,7 | 7601                    | 2811 | 4,3  | 10606  | 3933 | 6    | 176 786            | 0,5             |
| 22.02. | 218 690   | 3 844               | 1422 | 1,7 | 3616                    | 1338 | 1,6  | 7460   | 2760 | 3,3  | 226 150            | 0,5             |
| 23.02. | 232 840   | 4 127               | 1527 | 1,7 | 5823                    | 2154 | 2,4  | 9950   | 3681 | 4,1  | 242 790            | 0,5             |
| 26.02. | 204 460   | 3640                | 1347 | 1,7 | 6220                    | 2301 | 2,9  | 9860   | 3648 | 4,6  | 214 320            | 0,5             |

**Tabela 2.** Objasnienia przyjętych oznaczeń materiałowych i wydajnościowych**Table 2.** Explanation of designations adopted in materials and performance

| Lp. | Wyszczególnienie/ skrót                                  |
|-----|--|
| 1.  | Nominalna wydajność produkcyjna linii rozlewniczej – nom |
| 2.  | Pobrano z magazynu – mag                                 |
| 3.  | Słuczka produkcyjna 1 (szt.) – spr.1                     |
| 4.  | Słuczka produkcyjna 2 (kg) – spr. 2                      |
| 5.  | Słuczka ponadnormatywna 1 (szt.) – spon 1                |
| 6.  | Słuczka ponadnormatywna 2 (kg) – spon 2                  |
| 7.  | Produkcja końcowa – prod.                                |

**Tabela 3.** Statystyki sumacyjne wydajności i strat produkcyjnych wg poziomu czynnika „grupa”, (m-c)**Table 3.** Summation statistics of productivity and production losses according to the level of the factor “group”, (month)

| Grupa [m-c]   | Liczebność dzienna [n] | Mag. [szt.]  |              | Spr. 1 [szt.] |              | Spr. 2 [kg]  |              |              | Prod. [szt.] |
|---------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|               |                        | Odch. stand. | Wsp. zm. [%] | Odch. stand.  | Wsp. zm. [%] | Odch. stand. | Wsp. zm. [%] | Odch. stand. |              |
| 1             | 17                     | 45897,7      | 38,65        | 597,16        | 38,66        | 221,09       | 38,69        | 44245,6      | 38,75        |
| 2             | 17                     | 49457,9      | 43,22        | 843,91        | 45,99        | 520,10       | 62,11        | 47101,1      | 43,06        |
| 3             | 21                     | 47956,7      | 42,17        | 1546,81       | 57,66        | 495,17       | 57,50        | 47044,1      | 42,22        |
| 4             | 31                     | 54363,0      | 40,39        | 921,27        | 40,33        | 340,85       | 49,33        | 52153,6      | 40,31        |
| 5             | 38                     | 63271,3      | 45,10        | 1011,39       | 41,77        | 386,76       | 44,33        | 59193,6      | 44,69        |
| 6             | 31                     | 51248,3      | 36,25        | 874,41        | 38,25        | 322,56       | 38,24        | 49176,3      | 38,21        |
| Razem (całk.) | 155                    | 54132,6      | 41,93        | 992,47        | 45,25        | 386,96       | 47,23        | 51456,6      | 4,60         |

**Tabela 4 a.** Analiza wariancji wydajności i strat produkcyjnych wg poziomu czynnika „grupa”, (m-c)**Table 4 a.** Analysis of productivity variance and production losses based on the level of the factor “group”, (month)

| Źródło         | Licz. Df [n-1] | Mag.szt.]      |                |               |                     | Spr. 1 [szt.]  |                |               |                     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
|                |                | Suma kwadratów | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE | Suma kwadratów | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE |
| Między grupami | 5              | 1,68473 E 10   | 3,36946 E 9    | 1,16          | 0,33 NIE            | 1,22209 E 7    | 2,44418 E 6    | 2,61          | 0,02 TAK            |
| Wewn. grup     | 149            | 4,34425 E 11   | 2,91561 E 9    | -             | -                   | 1,3947 E 8     | 936038,0       | -             | -                   |
| Całk. (popr.)  | 154            | 4,51273 E 11   | -              | -             | -                   | 1,51691 E 8    | -              | -             | -                   |

**Tabela 4 b.** Analiza wariancji wydajności i strat produkcyjnych wg poziomu czynnika „grupa”, (m-c)**Table 4 b.** Analysis of productivity variance and production losses based on the level of the factor “group”, (month)

| Źródło         | Licz. Df [n-1] | Spr. 2 [kg]    |                |               |                     | Produkcja [szt.] |                |               |                     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|----------------|---------------|---------------------|
|                |                | Suma kwadratów | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE | Suma kwadratów   | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE |
| Między grupami | 5              | 1,23067<br>E 6 | 246135,0       | 1,68          | 0,14<br>NIE         | 1,28802<br>E 10  | 2,57605<br>E 9 | 0,97          | 0,43<br>NIE         |
| Wewn. grup     | 149            | 2,18295<br>E 7 | 146506,0       | -             | -                   | 3,94879<br>E 11  | 2,65049<br>E 9 | -             | -                   |
| Całk. (popr.)  | 154            | 2,30601<br>E 7 | -              | -             | -                   | 4,07759<br>E 11  | -              | -             | -                   |

**Tabela 4 c.** Analiza wariancji wydajności i strat produkcyjnych wg poziomu czynnika „grupa”, (m-c)**Table 4 c.** Analysis of productivity variance and production losses based on the level of the factor “group”, (month)

| Źródło         | Licz. Df [n-1] | Spon. 1 [szt.] |                |               |                     | Spon. 2 [szt.] |                |               |                     |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------|
|                |                | Suma kwadratów | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE | Suma kwadratów | Średni kwadrat | Wart. testu F | Poz. istot. TAK/NIE |
| Między grupami | 4              | 9,29997<br>E 6 | 2,32499        | 0,76          | 0,55<br>NIE         | 1,56844<br>E 6 | 392109,0       | 0,93          | 0,45<br>NIE         |
| Wewn. grup     | 124            | 3,78173<br>E 8 | 3,04978        | -             | -                   | 5,24628<br>E 7 | 423087,0       | -             | -                   |
| Całk. (popr.)  | 128            | 3,87473<br>E 8 | -              | -             | -                   | 5,40312<br>E 7 | -              | -             | -                   |

**Tabela 5.** Test Kruskala-Wallisa wydajności i strat produkcyjnych wg poziomów czynnika „grupa”, (mc)**Table 5.** Kruskal-Wallis test of performance and production losses based on the levels of the factor “group”, (month)

| Wyszczególnienie  |              | Cykl produkcyjny |              |              |              |              |              |  |
|-------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
|                   |              | Średnia Rang     |              |              |              |              |              |  |
| Grupa (m-c)       | Liczba próby | Mag              | Spr. 1       | Spr. 2       | Spon. 1      | Spon. 2      | Prod.        |  |
| 1                 | 17           | 68,64            | 46,32        | 46,32        | 62,58        | 62,26        | 69,76        |  |
| 2                 | 17           | 61,00            | 59,67        | 68,70        | 56,00        | 55,82        | 59,94        |  |
| 3                 | 21           | 58,76            | 80,88        | 80,52        | -            | -            | 61,47        |  |
| 4                 | 31           | 86,25            | 84,22        | 83,90        | 62,03        | 61,62        | 87,12        |  |
| 5                 | 38           | 88,73            | 88,86        | 85,44        | 71,94        | 72,77        | 85,97        |  |
| 6                 | 31           | 84,06            | 83,91        | 83,79        | 65,79        | 65,44        | 84,70        |  |
| Statystyka testu  |              | 10,82            | 14,74        | 11,32        | 2,52         | 2,95         | 9,34         |  |
| Poziom istotności |              | 0,055<br>NIE     | 0,011<br>TAK | 0,045<br>TAK | 0,637<br>NIE | 0,565<br>NIE | 0,096<br>NIE |  |

**Tabela 6.** Testy porównań wielokrotnych. Metoda: 95,0 procentowy przedział HSD Tukey’a wg poziomu czynnika „grupa”, (m-c)**Table 6.** Multiple comparison tests. Method: 95.0 percent Tukey HSD range according to the level of the factor “group”, (month)

| Testowanie hipotez roboczych | Parametry statystyczne |            |          |                  |          |                    |
|------------------------------|------------------------|------------|----------|------------------|----------|--------------------|
|                              | Czynnik: grupa         | Liczebność | Średnia  | Grupy jednorodne | Kontrast | Granice NIR (+/-)* |
| Magazyn                      | 3                      | 21         | 113736,0 | X                | 1-2      | 53472,0            |
|                              | 2                      | 17         | 114430,0 | X                | 1-3      | 50862,0            |
|                              | 1                      | 17         | 118727,0 | X                | 1-4      | 47049,0            |
|                              | 6                      | 31         | 133954,0 | X                | 4-5      | 37730,1            |
|                              | 4                      | 31         | 134589,0 | X                | 4-6      | 39597,7            |
|                              | 5                      | 38         | 140266,0 | X                | 5-6      | 37730,1            |
| Stłuczka prod. (spr. 1)      | 1                      | 17         | 1544,47  | X                | 1-2      | 958,09             |
|                              | 2                      | 17         | 1834,76  | XX               | 1-3      | 911,33             |
|                              | 6                      | 31         | 2278,16  | XX               | 1-4      | 843,01             |
|                              | 4                      | 31         | 2284,19  | XX               | 4-5      | 676,03             |
|                              | 3                      | 21         | 2335,76  | XX               | 4-6      | 709,49             |
|                              | 5                      | 38         | 2421,18  | X                | 5-6      | 676,03             |

| Testowanie hipotez roboczych        | Parametry statystyczne |            |          |                   |          |                    |
|-------------------------------------|------------------------|------------|----------|-------------------|----------|--------------------|
|                                     | Czynnik: grupa         | Liczebność | Średnia  | Grupy jednorodnie | Kontrast | Granice NIR (+/-)* |
| Stłuczka prod. (spr. 2)             | 1                      | 17         | 571,41   | X                 | 1-2      | 379,04             |
|                                     | 2                      | 17         | 805,11   | X                 | 1-3      | 360,54             |
|                                     | 6                      | 31         | 843,41   | X                 | 1-4      | 333,51             |
|                                     | 4                      | 31         | 845,12   | X                 | 4-5      | 267,45             |
|                                     | 3                      | 21         | 861,09   | X                 | 4-6      | 280,69             |
|                                     | 5                      | 38         | 872,42   | X                 | 5-6      | 267,45             |
| Produkcja (prod.)                   | 2                      | 17         | 109365,0 | X                 | 1-2      | 50980,1            |
|                                     | 3                      | 21         | 111401,0 | X                 | 1-3      | 48491,7            |
|                                     | 1                      | 17         | 114184,0 | X                 | 1-4      | 44856,5            |
|                                     | 6                      | 31         | 128693,0 | X                 | 4-5      | 35971,4            |
|                                     | 4                      | 31         | 129378,0 | X                 | 4-6      | 37752,4            |
|                                     | 5                      | 38         | 132434,0 | X                 | 5-6      | 35971,8            |
| Stłuczka ponad-normatywna (spon. 1) | 2                      | 17         | 2935,5   | X                 | 1-2      | 1657,5             |
|                                     | 1                      | 17         | 2998,1   | X                 | 1-4      | 1476,1             |
|                                     | 4                      | 29         | 3129,9   | X                 | 4-5      | 1198,5             |
|                                     | 5                      | 29         | 3251,9   | X                 | 4-6      | 1269,1             |
|                                     | 6                      | 37         | 3657,7   | X                 | 5-6      | 1198,5             |
| Stłuczka ponad-normatywna (spon. 2) | 2                      | 17         | 1086,0   | X                 | 1-2      | 617,37             |
|                                     | 1                      | 17         | 1109,1   | X                 | 1-4      | 549,81             |
|                                     | 4                      | 29         | 1157,7   | X                 | 4-5      | 446,40             |
|                                     | 6                      | 29         | 1202,5   | X                 | 4-6      | 472,59             |
|                                     | 5                      | 37         | 1379,0   | X                 | 5-6      | 446,40             |

#### ANALIZA WYNIKÓW I OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

Wyniki obliczeń statystycznych istotności zmian w wydajności eksploatacyjnej linii rozlewniczej firmy *KRONES* przedstawiono tabelarycznie (tab. 3–6). Już statystyki symulacyjne zawarte przykładowo w tab. 3 wskazują na dwie zróżnicowanie liczebności produkcji w zakresie dobowego wykorzystania dni miesiąca (17-38). Wynika to z jedno lub dwuzmianowego systemu pracy. Jednocześnie w każdym analizowanym miesiącu produkcji występuje wysoka wartość współczynnika zmienności zarówno w zakresie wydajności produkcyjnej, jak i ponoszonych strat (około 40-50%). Świadczy to o dużej, dziennej zmienności analizowanych podmiotów badań.

Wyniki obliczeń w analizie wariancji (tab. 4 a,b,c) nie wykazały istotnych różnic grupowych (miesięcznych) w ilości butelek pobranych z magazynu, stłuczki produkcyjnej masowym, stłuczki ponad produkcyjnej, czy wydajności produkcyjnej (finalnej). Natomiast obliczenia istotności różnic pomiędzy miesiącami (grupami) testem Kruskala-Wallisa oraz testem HSD Tukey'a wskazały na istotne różnice w zakresie strat produkcyjnych butelek w ujęciu masowym i sztukowym. Wynika więc, że z powodu większej „czułości” test Kruskala-Wallisa oraz test HSD Tukey'a winny być wykorzystywane w praktyce eksploatacyjnej.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że nawet najnowocześniejsze systemy komputerowego sterowania produkcją z wykorzystaniem techniki mikroprocesowej oraz jej elektroniczną kontrolą jakości nie są w stanie wyeliminować straty ponad normatywne, a tym bardziej normatywne. Łącznie mogą one stanowić ponad 6% całej produkcji.

Wykazano, że stłuczka ponad normatywna często stanowi dwukrotną wielkość stłuczki normatywnej. Jak wykazano w pracy [6] jest to między innymi wpływ różnicy temperatur butelek z magazynu, a temperaturą linii technologicznej i otoczenia okresu zimowego.

Niezależnie od zmniejszonej okresowo wielkości produkcji piwa w miesiącach zimowych, istnieje wysoki poziom zmienności w zakresie dobowej produkcji piwa. Współczynnik zmienności zawiera się często w zakresie 40-50%. Jest to efekt przeprowadzonych okresowo przeglądów technicznych, modernizacji i napraw. W wykazaniu istniejących istotności różnic w wydajności produkcji szczególnie przydatny okazał się test symetryczny HSD Tukey'a oraz niesymetryczny Kruskala-Wallisa.

Z uwagi na brak szczegółowych danych eksploatacyjnych linii rozlewniczych występujących w literaturze zagadnienia, badania winny być kontynuowane. Dotyczy to szczególnie miar efektywności stosowanych linii rozlewniczych, szczegółowej budowy z posadowieniem detektorów sterujących, kontrolnych ze wskazaniem na przyczyny zaistniałych strat. Uzyskane wyniki winny być również zinterpretowane w oparciu o fizyczną analizę procesu rozlewu uwzględniająca pojemność butelek (puszek).

#### LITERATURA

1. **Burski Z., Krasowski E. 2000.** Maszyny i urządzenia transportowe w przemyśle rolno-spożywczym. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 8087.
2. **Burski Z., Krasowski E., Radkiewicz R. 2001.** The analysis of costs of energy carries consumption and wiking capacity in the varions technical and technological conditions of brewery plants. *Zbirknik Naukowych Prac NAU*, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. 1, 123-128.

3. **Burski Z., Bulgakov V., Reichenbach J. 2005.** The analysis of raw material land energy consumption and the costs of their utilization in brewery plants. *Zbirknik Naukowych Prac NAU*, Wid. NAUU, Kyiv XII, T. 2, s.82-87.
4. **Burski Z., Zając G., Pawłowski M. 2003.** Analiza sieci w scentralizowanym systemie logistycznym produkcji przedsiębiorstwa spożywczego. Wyd. Kom. Mot. i Energ. PAN, Oddz. w Lublinie, T. 5, Lublin, 30-35.
5. **Burski Z., Krasowska-Kołodziej H. 2011.** Badania eksploatacyjne linii rozlewniczej firmy KHS. *MOTROL*, T. 13, Wyd. PAN, Oddz. w Lublinie, Lublin, 51-61.
6. **Burski Z., Krasowska-Kołodziej H. 2011.** Analiza statystyczna istotności wpływu sezonu produkcyjnego na wydajność linii rozlewniczej. *MOTROL*, T. 13, Wyd. PAN, Oddz. w Lublinie, Lublin, 51-61.
7. **Domański C. 1990.** Testy statystyczne. PWE. Warszawa.
8. **Dubetowska T. 2000.** Opakowania w przemyśle piwowarskim i napojowym. Zarys kontroli jakości. *Przemysł farmaceutyczny i owocowo-warzywny*, nr 8, Warszawa, 10-13.
9. **Dyadychev V., Kolesnikov A. 2010.** Industrial enterprises study automatic control systems. *TEKA*, Kom. Mot. i Energ. Rol. PAN, Oddział w Lublinie, t. 10 A, Lublin-Lugańsk (UA), 126-132.
10. **Gonzales-Torre P.L., Adenso-Diaz B., Artriba H. 2004.** Environmental and reverse logistics. *Journal of Production Economisc.* 1, 88, 95-104.
11. **Kranseder Herman Maschinenfabrik, 1998 a.** Das Programm von Kones Und Kettner. D-93068. Neutrabling (RFN), 3-7.
12. **Krones A.G. 1998 b.** Kontroll und Sortiertechnik Neutrabling (RFN), 2-7.
13. **Krones A.G. 1998 c.** Reiningungstechnik. Neutrabling (RFN), 1-10.
14. **Kunze W. 1999.** Technologia piwa i siodu. *Piwo-chmiel*. Spółka z. o.o. Warszawa, 60-75.
15. **Fewis M.J., Young T.W. 2001.** Piwowarstwo. Wyd. PWN, Warszawa, 215-222.
16. **Radomski G., Turowska S. 2002.** Techniki minimalizacji zawartości tlenu w piwie. *Inżynieria Rolnicza*, 4, Warszawa, 297-302.
17. **Purzycki G. 2003.** Efektywne zarządzanie produkcją. Wskaźnik OEC. *Biuletyn Automatyki „Astor”*, 3(37), 7-9.
18. **Schaltegger S., Viere T., Žvezdov D. 2012.** Tapping environmental accounting potentials of beer brewing. *Journal of Cleaner Production*, 29-30, 1-10.
19. **Skrzypek E. 2000.** Przydatność zapewnienia jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem. *Eksploatacja i Niezawodność*, 7, Wyd. PAN, Oddział w Lublinie, Lublin, 44-53.
20. **Szkaradek J. 2002.** HACCP: System analizy zagrożeń i krytycznych punktów kontroli. *Zasady, wytyczne, przykłady*. Warszawa, 17-94.
21. **Waśko M. 2002.** Opracowanie i nadzorowanie dokumentów systemu HACCP. Zakłady „Perła”, Lublin, 1-9.
22. **Waśko M. 2002.** Audyty wewnętrzne. HACCP – Procedura. Zakłady „Perła”, Lubin, 1-6.
23. **Wesołowska-Janczarek M., Mikos H. 1995.** Zbiór zadań ze statystyki matematycznej. Wyd. AR w Lublinie, Lublin, 46-122.
24. **Wojdalski J. 2010.** Użytkowanie maszyn i aparatury w przetwórstwie rolno-spożywczym. Wybrane zagadnienia. Wyd. SGGW, Warszawa.
25. **Wojdalski J., Lubach S., Drożdż B. 1995.** Energetyczne aspekty produkcji napojów bezalkoholowych. *Gospodarka Paliwami i Energią*, 2, 19-21.

RESEARCH ON THE OPERATIONAL EFFICIENCY  
OF THE BOTTLING LINE “KRONES” WITH  
MICROPROCESSOR-BASED CONTROL

**Summary.** The paper discusses the results of performance tests on the bottling line “Krones” with microprocessor-based control. It presents the technical characteristics, production size and evaluation of statistical significance of the staged production capacity. **Key words:** food, waste raw-materials, packaging line, operational efficiency, statistical significance of the process.