



Prezentacja wprowadzająca do modułu 3:



## **„ANALIZA WYDAJNOŚCI PRODUKCJI ZAUTOMATYZOWANEJ”**

Przedmiot: **ZARZĄDZANIE PRODUKCJĄ**  
Kierunek: **AUTOMATYKA I ROBOTYKA**  
Moduł: **TRZECI**

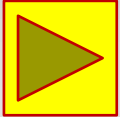
**Opracował: dr inż. Paweł Wojakowski**

**Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji**  
**Zakład Projektowania Procesów Wytwarzania**

Pokój: **C207 B**  
Telefon: **12 374 32 61**  
e-mail: **pwojakowski@pk.edu.pl**  
www: **<http://m65.pk.edu.pl>**



**ZADANIE:** Dokonać analizy wydajności zautomatyzowanego systemu produkcyjnego, w tym zaprojektować system kalkulacji wskaźników wydajności i przedstawić wyniki na podstawie otrzymanych danych historycznych z realizacji produkcji w zautomatyzowanej linii tłoczenia blachy.



### OPIS PROCESU Z PODZIAŁEM NA URZĄDZENIA LINII ZAUTOMATYZOWANEJ:

- 1. Robot ładujący *LR* ( *loading robot* )**
  - pobranie blachy ze stosu
- 2. Przenośnik taśmowy wejściowy *IC* ( *input conveyor* )**
  - transport blachy pod prasę
- 3. Robot podający *FR* ( *feeding robot* )**
  - umieszczenie blachy w prasie tłoczącej
- 4. Prasa tłocząca *SP* ( *stamping press* )**
  - tłoczenie blachy
- 5. Robot przekazujący *TR* ( *transferring robot* )**
  - pobranie wytłoczki z prasy tłoczącej i umieszczenie jej w prasie wykrawającej
- 6. Prasa wykrawająca *PP* ( *punching press* )**
  - wykrawanie nadmiaru materiału w wytłoczce
- 7. Robot odbierający *RR* ( *receiving robot* )**
  - pobranie wytłoczki z prasy wykrawającej
- 8. Przenośnik taśmowy końcowy *OC* ( *output conveyor* )**
  - transport wytłoczki w strefę odbioru przez operatorów



1. Dokonać klasyfikacji otrzymanych danych historycznych z realizacji produkcji
2. Odtworzyć chronologicznie zdarzenia z produkcji w danym dniu roboczym
3. Obliczyć wskaźniki niezawodności urządzeń linii zautomatyzowanej
4. Obliczyć wskaźniki efektywności linii zautomatyzowanej
5. Obliczyć wskaźniki zagregowane: zmianowe i dzienne
6. Przygotować wnioski i propozycje poprawy/doskonalenia stanu obecnego

## Założenia:

1. Każdy zespół ma wydane tematy dydaktyczne z danymi historycznymi za określony tydzień roboczy.
2. Znane są podstawy obsługi arkuszy kalkulacyjnych (MS Office Excel lub Open Office Calc)
3. Weryfikacja wiedzy zdobytej w module na teście obliczeniowym (podczas testu **NIE WOLNO** korzystać z telefonów komórkowych ani komputerów, wolno używać tylko kalkulatory)

1. Na linii produkcyjnej wytłacza się trzy różne wyroby z blachy, np.:
2. Znane są parametry produkcyjne rodziny wyrobów:

Rodzina wyrobów: parametry produkcyjne				
Id	Symbol wyrobu	Wydajność teoretyczna	Czas przebrojenia	Wartość wyrobu
		$p_T$ [szt/h]	$t_s$ [min]	$C_{spr}$ [zł/szt]
A	PE-14A	650	90	8
B	XL-S2B	550	60	7
C	QAV-90	600	75	6



3. Znane są również dane ogólnozakładowe:

Dane ogólnozakładowe				
Lp.	Opis parametru	Symbol	Wartość	Jednostka
1	System zmianowy (1 operator nadzorujący)	<b>i</b>	3	zm
2	Roboczogodzin na zmianę	<b>r</b>	8	h/zm
3	Przerwy socjalne 10-18-2	<b>t<sub>PS</sub></b>	20	min/zm
4	Sprzątanie (20 min. przed końcem zmiany)	<b>t<sub>PC</sub></b>	10	min/zm
5	Wypełnianie raportów (10 min. przed końcem zmiany)	<b>t<sub>PR</sub></b>	10	min/zm

4. Przygotowano też listę zatrzymań linii produkcyjnej:

Lista przyczyn zatrzymań linii produkcyjnej			
Lp.	Symbol postoju	Opis postoju	Grupa postoju
1	<b>t<sub>SP-A</sub></b>	Awaria prasy tłoczącej	<i>Breakdown</i>
2	<b>t<sub>SP-M</sub></b>	Wymiana matrycy prasy tłoczącej	<i>Tool Change</i>
3	<b>t<sub>PP-A</sub></b>	Awaria prasy wykrawającej	<i>Breakdown</i>
4	<b>t<sub>PP-M</sub></b>	Wymiana matrycy prasy wykrawającej	<i>Tool Change</i>
5	<b>t<sub>TR-J</sub></b>	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego	<i>Jam</i>
6	<b>t<sub>M</sub></b>	Brak materiału	<i>No Materials</i>
7	<b>t<sub>E</sub></b>	Prowadzenie działań inżynierskich	<i>Engineering</i>
8	<b>t<sub>w</sub></b>	Start/Stop produkcji - weekend	<i>Warm-Up</i>

4. Dostępne są również raporty zmianowo-zadaniowe przygotowywane przez pracowników – za jeden dzień roboczy:

Raporty zmianowo-zadaniowe							
Raport R1	<b>Dzień</b>	<b>Brygada</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>	<b>Sztuk dobrych</b>	<b>Odrzutów</b>	<b>Poprawek</b>
	2001-10-01	A	6:00	14:00			
	<b>Id</b>	<b>Kod produktu</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>			
	A	PE-14A			2015	16	115
Raport R2	<b>Dzień</b>	<b>Brygada</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>	<b>Sztuk dobrych</b>	<b>Odrzutów</b>	<b>Poprawek</b>
	2001-10-01	B	14:00				
	<b>Id</b>	<b>Kod produktu</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>			
	A	PE-14A		17:00	845	6	25
Raport R3	<b>Dzień</b>	<b>Brygada</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>	<b>Sztuk dobrych</b>	<b>Odrzutów</b>	<b>Poprawek</b>
	2001-10-01	B		22:00			
	<b>Id</b>	<b>Kod produktu</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>			
	B	XL-S2B	17:00		1135	38	25
Raport R4	<b>Dzień</b>	<b>Brygada</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>	<b>Sztuk dobrych</b>	<b>Odrzutów</b>	<b>Poprawek</b>
	2001-10-01	C	22:00				
	<b>Id</b>	<b>Kod produktu</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>			
	B	XL-S2B		2:20	1265	12	75
Raport R5	<b>Dzień</b>	<b>Brygada</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>	<b>Sztuk dobrych</b>	<b>Odrzutów</b>	<b>Poprawek</b>
	2001-10-02	C		6:00			
	<b>Id</b>	<b>Kod produktu</b>	<b>Rozpoczęcie</b>	<b>Zakończenie</b>			
	C	QAV-90	2:20		765	64	35

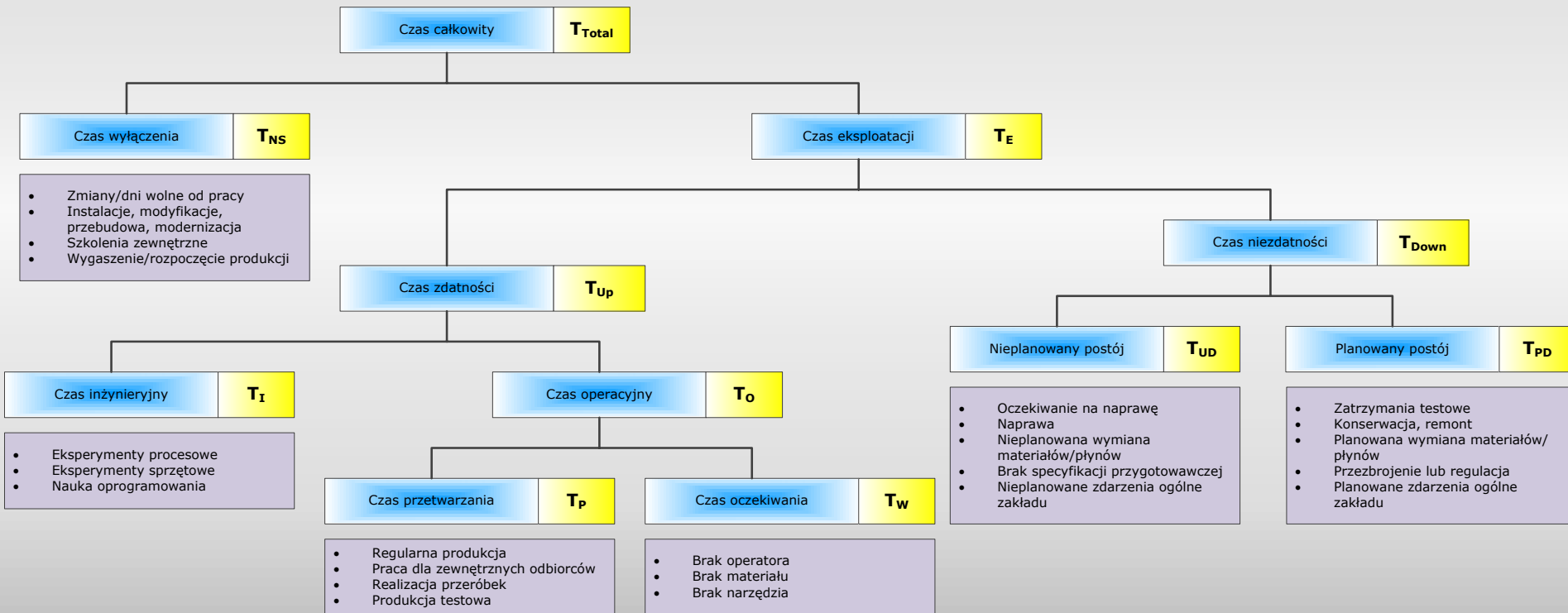
5. Dostępna jest lista zgłoszonych zatrzymań zaistniałych w tym dniu roboczym, zaraportowana przez operatora linii zautomatyzowanej:

## Zgłoszenia zatrzymań linii produkcyjnej

Lp.	Rozpoczęcie	Opis postoju	Kod postoju	Zakończenie
1	6:00	Start/Stop produkcji - weekend	t <sub>W</sub>	6:15
2	9:00	Awaria prasy tłoczącej	t <sub>SP-A</sub>	9:15
3	10:45	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego	t <sub>TR-J</sub>	11:05
4	11:10	Brak materiału	t <sub>M</sub>	11:20
5	12:15	Wymiana matrycy prasy wykrawającej	t <sub>PP-M</sub>	12:30
6	14:30	Awaria prasy wykrawającej	t <sub>PP-A</sub>	14:55
7	15:20	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego	t <sub>TR-J</sub>	15:25
8	18:00	Brak materiału	t <sub>M</sub>	18:30
9	19:15	Awaria prasy tłoczącej	t <sub>SP-A</sub>	19:35
10	21:05	Awaria prasy wykrawającej	t <sub>PP-A</sub>	21:15
11	21:35	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego	t <sub>TR-J</sub>	21:40
12	22:55	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego	t <sub>TR-J</sub>	23:10
13	23:50	Awaria prasy wykrawającej	t <sub>PP-A</sub>	0:10
14	0:20	Wymiana matrycy prasy tłoczącej	t <sub>SP-M</sub>	0:30
15	1:30	Awaria prasy wykrawającej	t <sub>PP-A</sub>	1:45
16	4:15	Brak materiału	t <sub>M</sub>	4:25
17	5:05	Awaria prasy wykrawającej	t <sub>PP-A</sub>	5:20

W pierwszej kolejności należy dokonać klasyfikacji wszystkich działań realizowanych na linii produkcyjnej.

Wszystkie działania należy odczytać z danych wejściowych ( z tabel 2-5) i przydzielić do kategorii według poniższego schematu:





Następnie należy wypełnić arkusz chronologii zdarzeń. Arkusz służy odtworzeniu historii zdarzeń (z dokładnością 1 podziałki = 5 minut):

Arkusz chronologii zdarzeń							
Dzień	2001-10-01						
Czas	6:00 ÷ 7:00	7:00 ÷ 8:00	8:00 ÷ 9:00	9:00 ÷ 10:00	10:00 ÷ 11:00	11:00 ÷ 12:00	12:00 ÷ 13:00
Brygada							
Wyłączenie							
Przyczyna 1							
Przyczyna 2							
Przyczyna 3							
Przyczyna 4							
Działania inżynierskie							
Przyczyna 1							
Przyczyna 2							
Oczekiwanie							
Przyczyna 1							
Przyczyna 2							
Przyczyna 3							
Planowane postoje							
Przyczyna 1							
Przyczyna 2							
Przyczyna 3							
Przyczyna 4							
Nieplanowane postoje							
Przyczyna 1							
Przyczyna 2							
Przyczyna 3							
Przyczyna 4							
Przetwarzanie							
Wyrób							

W arkuszu zamiast przyczyny wpisuje się opis zdarzenia według klasyfikacji zdarzeń opracowanej krok wcześniej.

Procedura uzupełnienia arkusza chronologii zdarzeń:

1. Zaznaczyć czas pracy brygad i zapisać ich identyfikatory
2. Zaznaczyć czas trwania produkcji wyrobów i zapisać ich symbole / indeksy
3. Uzupełnić listy postojów podając nazwy / opisy postojów
4. Zablokować kolumny nazw postojów
5. Uzupełnić czasy trwania planowanych postojów (najpierw według klasyfikatora, potem wartość globalną planowanego postoju)
6. Uzupełnić postoje klasyfikowane do wyłączeń i oczekiwań wiedząc, że planowane postoje mają pierwszeństwo
7. Uzupełnić czasy trwania nieplanowanych postojów (najpierw według klasyfikatora, potem wartość globalną nieplanowanego postoju)
8. Ukryć wiersze tabeli tak, aby pozostały tylko główne grupy postojów (np. planowane postoje, oczekiwania, nieplanowane postoje, itd.)
9. Uzupełnić czas trwania produkcji regularnej (przetwarzania) w pozostałych kolumnach, w których nie występuje jakikolwiek postój
10. Obliczyć całkowity czas trwania kolejnych postojów i przetwarzania

Przykład (fragment) uzupełnionego arkusz chronologii zdarzeń znajduje się poniżej):

Arkusz chi								
Dzień	Czas	9:00 ÷ 10:00	10:00 ÷ 11:00	11:00 ÷ 12:00	12:00 ÷ 13:00	13:00 ÷ 14:00	14:00 ÷ 15:00	15:00 ÷ 16:00
Brygada		Brygada A						
Wyłączenie	Start/Stop produkcji - weekend							
Działania inżynierskie								
Oczekiwanie	Brak materiału			10				
Planowane postoje			20		15		20	
	Przerwa Socjalna							
	Sprzątanie							
	Wypełnianie raportów							
	Wymiana matrycy prasy tłoczącej							
	Wymiana matrycy prasy wykrawającej							
	Przebrojenie							
Nieplanowane postoje				20				
	Awaria prasy tłoczącej							
	Awaria prasy wykrawającej							
	Zakleszczenie blachy w chwytaku robota przekazującego							
Przetwarzanie								
Wyrób		Wyrób PE-14A						

Należy zwrócić uwagę na:

- zmienione nazwy przyczyn zatrzymań
- uzupełniony czas ogólny kategorii zatrzymań
- czas pracy brygad i czas produkcji wyrobów
- uzupełniony czas przetwarzania (obszary pozostałe nieoznaczone jakimkolwiek zatrzymaniem pracy linii produkcyjnej)

Bazując na podstawowej definicji niezawodności, w kroku trzecim obliczeniu podlegają wskaźniki niezawodności, do których należą:

**MTTR** (*Mean Time To Repair*)

– średni czas naprawy:

$$MTTR = \frac{t_{X-A}}{L_{X-A}}$$

gdzie:

$t_{X-A}$  – suma czasu awarii urządzenia X

$L_{X-A}$  – liczba wystąpień awarii urządzenia X

**MTTF** (*Mean Time To Failure*)

– średni czas do uszkodzenia:

$$MTTF = \frac{T_P + T_I}{L_{X-A}}$$

gdzie:

$T_P$  – czas przetwarzania

$T_I$  – czas działań inżynierskich

**MTBF** (*Mean Time Between Failure*)

– średni czas pomiędzy uszkodzeniami:

$$MTBF = MTTR + MTTF$$

**R(t)** (*Reliability*) – niezawodność:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$$

**UWAGA:** wskaźniki powyższe liczy się tylko dla okresów pracy urządzeń. Licząc te wskaźniki nie bierze się pod uwagę okresów wyłączenia, okresów oczekiwania i okresów postojów planowanych. Do obliczeń powyższych wskaźników bardzo pomocny staje się arkusz chronologii zdarzeń.

Przykład: Obliczenie wskaźników niezawodności dla prasy wykrawającej

**MTTR** (*Mean Time To Repair*):

$$MTTR = \frac{25 + 10 + 20 + 15 + 15}{5} = \frac{85}{5} = 17 \text{ [min]}$$

**MTTF** (*Mean Time To Failure*):

$$MTTF = \frac{950 + 0}{5} = 190 \text{ [min]}$$

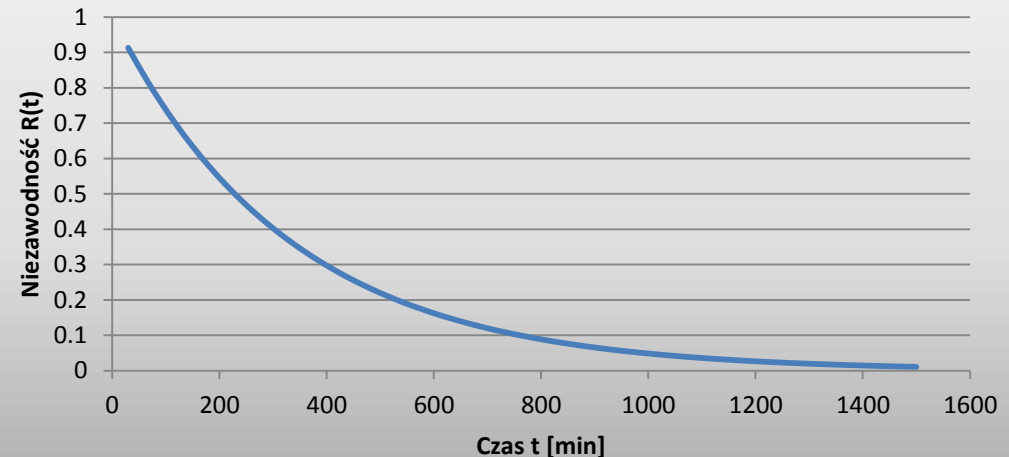
**MTBF** (*Mean Time Between Failure*):

$$MTBF = 17 + 190 = 207 \text{ [min]}$$

**R(t)** (*Reliability*) – niezawodność:

**UWAGA:** niezawodność jest funkcją czasu, należy przygotować wykres – do narysowania wykresu przyjąć odpowiednią podziałkę czasu.

Wykres niezawodności prasy wykrawającej



Bazując na podstawowej definicji efektywności, obliczeniu podlega stopień efektywnego wykorzystania czasu pracy linii zautomatyzowanej. Wyznacznikiem efektywnego wykorzystania linii w określonym przedziale czasu są wskaźniki OEE oraz TEEP. Do ich obliczenia wymagane jest przeprowadzenie procedury obliczeniowej dla kolejnych raportów według następujących kroków:

1. Obliczenie całkowitego czasu dostępności  $T_{Total}$
2. Obliczenie czasu eksploatacji  $T_E$
3. Obliczenie czasu postojów nieplanowanych  $T_{UD}$
4. Obliczenie dostępności linii produkcyjnej  $A_v$
5. Obliczenie czasu inżynierskiego  $T_I$  i czasu oczekiwania  $T_w$
6. Obliczenie idealnego czasu cyklu  $C$  i liczby produkowanych sztuk  $X_{Total}$
7. Obliczenie wydajności linii produkcyjnej  $P_e$
8. Obliczenie jakości linii produkcyjnej  $Q_u$
9. Obliczenie efektywności wykorzystania linii produkcyjnej  $OEE$
10. Obliczenie całkowitego wykorzystania linii produkcyjnej  $TEEP$

Wzory do wykorzystania podczas obliczeń wskaźników efektywności:

**$T_E$**  – czas eksploatacji:

$$T_E = T_{Total} - T_{NS} - T_{PD}$$

**$Av$**  (*Availability*) – dostępność:

$$Av = \frac{T_E - T_{UD}}{T_E}$$

**$C$**  (*Ideal Cycle Time*)

– idealny czas cyklu:

$$C = \frac{60}{p_T} [min] = \frac{3600}{p_T} [sek]$$

**$Pe$**  (*Performance Efficiency*) – wydajność:

$$Pe = \frac{X_{Total} \cdot C}{T_E - T_{UD}}$$

**$X_{Total}$**  (*Total Count*)

– liczba produkowanych sztuk:

$$X_{Total} = X_{Good} + X_{Scrap} + X_{Rework}$$

**$Qu$**  (*Quality*) – jakość:

$$Qu = \frac{X_{Good}}{X_{Total}}$$

**$OEE$**  (*Overall Equipment Effectiveness*):

**$TEEP$**  (*Total Effective Equipment Performance*):

$$OEE = Av \cdot Pe \cdot Qu$$

$$TEEP = OEE \cdot \frac{T_E}{T_{Total}}$$

Przykład: Obliczenie wskaźników efektywności linii: raport R1

1. Obliczenie całkowitego czasu dostępności  $\mathbf{T_{Total}}$

$$T_{Total} = 14^{00} - 6^{00} = 8 [h] = 480 [min]$$

2. Obliczenie czasu eksploatacji  $\mathbf{T_E}$

$$T_E = 480 - 15 - 55 = 410 [min]$$

3. Obliczenie czasu postojów nieplanowanych  $\mathbf{T_{UD}}$

$$T_{UD} = 15 - 20 = 35 [min]$$

4. Obliczenie dostępności linii produkcyjnej  $\mathbf{Av}$

$$Av = \frac{410 - 35}{410} = 0.9146 = 91.46\%$$

5. Obliczenie czasu inżynierskiego  $\mathbf{T_I}$  i czasu oczekiwania  $\mathbf{T_w}$

$$T_I = 0 [min] \quad ; \quad T_w = 10 [min]$$



Przykład: Obliczenie wskaźników efektywności linii: raport R1

6. Obliczenie idealnego czasu cyklu **C** i liczby produkowanych sztuk **X<sub>Total</sub>**

$$C = \frac{60}{650} = 0.09231 \left[ \frac{\text{min}}{\text{szt}} \right] ; \quad X_{Total} = 2015 + 16 + 115 = 2146 \text{ [szt]}$$

7. Obliczenie wydajności linii produkcyjnej **Pe**

$$Pe = \frac{0.09231 \cdot 2146}{410 - 35} = 0.5282 = 52.82\%$$

8. Obliczenie wskaźnika jakości linii produkcyjnej **Qu**

$$Qu = \frac{2015}{2146} = 0.9390 = 93.90\%$$

9. Obliczenie efektywności wykorzystania linii produkcyjnej **OEE**

$$OEE = 91.46\% \cdot 52.82\% \cdot 93.90\% = 45.37\%$$

10. Obliczenie całkowitego wykorzystania linii produkcyjnej **TEEP**

$$TEEP = 45.37\% \cdot \frac{410}{480} = 38.75\%$$

Poniżej zamieszczono komplet obliczeń dla pięciu raportów:

## Obliczenia wskaźników efektywności

Lp.	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartość dla danego raportu				
				R1	R2	R3	R4	R5
1	Całkowity czas dostępności	<b>T<sub>Total</sub></b>	min/raport	480	180	300	240	240
2	Czas wyłączeń	<b>T<sub>NS</sub></b>	min/raport	15	0	0	0	0
3	Czas postojów planowanych	<b>T<sub>PD</sub></b>	min/raport	55	0	100	10	115
4	Czas eksploatacji	<b>T<sub>E</sub></b>	min/raport	410	180	200	230	125
5	Czas postojów nieplanowanych	<b>T<sub>UD</sub></b>	min/raport	35	30	35	50	15
6	Dostępność	<b>Av</b>	%	91.46%	83.33%	82.50%	78.26%	88.00%
7	Idealny czas cyklu	<b>C</b>	min/szt	0.09230769	0.09230769	0.10909091	0.10909091	0.1
8	Zużycie materiału	<b>X<sub>Total</sub></b>	szt/raport	2146	876	1198	1352	864
9	Wydajność	<b>Pe</b>	%	52.82%	53.91%	79.21%	81.94%	78.55%
10	Jakość	<b>Qu</b>	%	93.90%	96.46%	94.74%	93.57%	88.54%
11	Overall Equipment Effectiveness	<b>OEE</b>	%	45.37%	43.33%	61.91%	60.00%	61.20%
12	Total Effective Equipment Performance	<b>TEEP</b>	%	38.75%	43.33%	41.27%	57.50%	31.88%

Kolejnym krokiem jest przygotowanie wskaźników wyrażających straty na zmianie i w dniu roboczym (wyrażające zarówno utratę czasu jak i pieniędzy z tytułu zatrzymań linii produkcyjnej). Obliczenia tych wskaźników dokonuje się według podanej procedury:

1. Obliczenie zdolności produkcyjnej w czasie całkowitym  $L_{Total}$
2. Obliczenie zdolności produkcyjnej w czasie eksploatacji  $L_E$
3. Obliczenie liczby produktów bez wad jakościowych  $L_{SOLD}$
4. Obliczenie straty finansowej brutto  $LOSS_{BRUTTO}$
5. Obliczenie straty finansowej netto  $LOSS_{NETTO}$
6. Obliczenie idealnego czasu cyklu  $C$  i liczby produkowanych sztuk  $X_{Total}$
7. Obliczenie udziału procentowego produktów w czasie eksploatacji  $w_E$
8. Obliczenie zagregowanej efektywności  $OEE$  w czasie eksploatacji
9. Obliczenie wag udziałowych sprzedanych produktów w czasie całkowitym  $w_{Total}$
10. Obliczenie zagregowanej efektywności  $TEEP$  w czasie całkowitym

Wzory do wykorzystania podczas obliczeń wskaźników zagregowanych:

**L<sub>Total</sub>** – zdolność produkcyjna w czasie całkowitym:

**UWAGA:** wskaźnik liczony dla każdego raportu oraz jako wartość globalna dla zmian i dnia roboczego

$$L_{Total} = \frac{T_{Total}}{C}$$

**L<sub>E</sub>** – zdolność produkcyjna w czasie eksploatacji:

**UWAGA:** wskaźnik liczony dla każdego raportu oraz jako wartość globalna dla zmian i dnia roboczego

$$L_E = \frac{T_E}{C}$$

Wyniki obliczeń:

## Obliczenia wskaźników zagregowanych

Lp.	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartości zagregowane			
				Zmiana 1	Zmiana 2	Zmiana 3	Doba robocza
1	Zdolność produkcyjna PE-14A w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	5200	1950	0	7150
2	Zdolność produkcyjna XL-S2B w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	0	2750	2200	4950
3	Zdolność produkcyjna QAV-90 w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	0	0	2400	2400
4	Zdolność produkcyjna w czasie całkowitym ogółem	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	5200	4700	4600	14500
5	Zdolność produkcyjna PE-14A w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	4442	1950	0	6392
6	Zdolność produkcyjna XL-S2B w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	0	1833	2108	3942
7	Zdolność produkcyjna QAV-90 w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	0	0	1250	1250
8	Zdolność produkcyjna w czasie eksploatacji ogółem	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	4442	3783	3358	11583

Wzory do wykorzystania podczas obliczeń wskaźników zagregowanych:

**$L_{SOLD}$**  – produktów bez wad jakościowych:

$$L_{SOLD} = X_{Good} + X_{Rework}$$

**$LOSS_{BRUTTO}$**  – strata finansowa brutto:

$$loss_{BRUTTO} = (L_{Total} - L_{SOLD}) \cdot c_{spr}$$

**$LOSS_{NETTO}$**  – strata finansowa netto:

$$loss_{NETTO} = (L_E - L_{SOLD}) \cdot c_{spr}$$

Wyniki obliczeń:

gdzie:  $c_{spr}$  – wartość wyrobu (cena netto)

## Obliczenia wskaźników zagregowanych

Lp.	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartości zagregowane			
				Zmiana 1	Zmiana 2	Zmiana 3	Doba robocza
<b>Wskaźniki finansowe</b>							
9	Sztuk PE-14A bez wad jakościowych	<b><math>L_{SOLD}</math></b>	szt	2130	870	0	3000
10	Sztuk XL-S2B bez wad jakościowych	<b><math>L_{SOLD}</math></b>	szt	0	1160	1340	2500
11	Sztuk QAV-90 bez wad jakościowych	<b><math>L_{SOLD}</math></b>	szt	0	0	800	800
12	Sztuk bez wad jakościowych ogółem	<b><math>L_{SOLD}</math></b>	szt	2130	2030	2140	6300
13	Strata finansowa PE-14A brutto	<b><math>LOSS_{BRUTTO}</math></b>	zł	24 560 zł	8 640 zł	0 zł	33 200 zł
14	Strata finansowa XL-S2B brutto	<b><math>LOSS_{BRUTTO}</math></b>	zł	0 zł	11 130 zł	6 020 zł	17 150 zł
15	Strata finansowa QAV-90 brutto	<b><math>LOSS_{BRUTTO}</math></b>	zł	0 zł	0 zł	9 600 zł	9 600 zł
16	Strata finansowa brutto ogółem	<b><math>LOSS_{BRUTTO}</math></b>	zł	24 560 zł	19 770 zł	15 620 zł	59 950 zł
17	Strata finansowa PE-14A netto	<b><math>LOSS_{NETTO}</math></b>	zł	18 493 zł	8 640 zł	0 zł	27 133 zł
18	Strata finansowa XL-S2B netto	<b><math>LOSS_{NETTO}</math></b>	zł	0 zł	4 713 zł	5 378 zł	10 092 zł
19	Strata finansowa QAV-90 netto	<b><math>LOSS_{NETTO}</math></b>	zł	0 zł	0 zł	2 700 zł	2 700 zł
20	Strata finansowa netto ogółem	<b><math>LOSS_{NETTO}</math></b>	zł	18 493 zł	13 353 zł	8 078 zł	39 925 zł

Wzory do wykorzystania podczas obliczeń wskaźników zagregowanych:

**$w_E$**  – udział procentowy danego produktu w czasie eksploatacji:

gdzie:  
 **$L_{E1,2,3}$**  – zdolność produkcyjna dla kolejnych produktów w czasie eksploatacji

$$w_E = \frac{L_{E1}}{L_{E1} + L_{E2} + L_{E3}}$$

**$w_{Total}$**  – udział procentowy danego produktu w czasie całkowitym:

gdzie:  
 **$L_{Total1,2,3}$**  – zdolność produkcyjna dla kolejnych produktów w czasie całkowitymi

$$w_{Total} = \frac{L_{Total1}}{L_{Total1} + L_{Total2} + L_{Total3}}$$

Obliczenie zagregowanej efektywności **OEE** w czasie eksploatacji:

$$OEE = \sum_{i=1}^n w_E \cdot OEE_i$$

gdzie:

**n** – liczba raportów objętych agregacją

Obliczenie zagregowanej efektywności **TEEP** w czasie całkowitym:

$$TEEP = \sum_{i=1}^n w_{Total} \cdot TEEP_i$$

**UWAGA:** stosować udziały procentowe dla produktów ujętych w poszczególnych raportach!!!

Ostateczne wyniki obliczeń wskaźników zagregowanych:

## Obliczenia wskaźników zagregowanych

Lp.	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartości zagregowane			
				Zmiana 1	Zmiana 2	Zmiana 3	Doba robocza
1	Zdolność produkcyjna PE-14A w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	5200	1950	0	7150
2	Zdolność produkcyjna XL-S2B w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	0	2750	2200	4950
3	Zdolność produkcyjna QAV-90 w czasie całkowitym	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	0	0	2400	2400
4	Zdolność produkcyjna w czasie całkowitym ogółem	<b>L<sub>Total</sub></b>	szt	5200	4700	4600	14500
5	Zdolność produkcyjna PE-14A w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	4442	1950	0	6392
6	Zdolność produkcyjna XL-S2B w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	0	1833	2108	3942
7	Zdolność produkcyjna QAV-90 w czasie eksploatacji	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	0	0	1250	1250
8	Zdolność produkcyjna w czasie eksploatacji ogółem	<b>L<sub>E</sub></b>	szt	4442	3783	3358	11583

## Wskaźniki czasowe

21	Udział procentowy PE-14A w czasie eksploatacji	<b>W<sub>E</sub></b>	100.00%	51.54%	0.00%	55.18%
22	Udział procentowy XL-S2B w czasie eksploatacji	<b>W<sub>E</sub></b>	0.00%	48.46%	62.78%	34.03%
23	Udział procentowy QAV-90 w czasie eksploatacji	<b>W<sub>E</sub></b>	0.00%	0.00%	37.22%	10.79%
24	Zagregowana efektywność w czasie eksploatacji	<b>OEE</b>	45.37%	52.33%	60.45%	52.72%
25	Udział procentowy PE-14A w czasie całkowitym	<b>W<sub>Total</sub></b>	100.00%	41.49%	0.00%	49.31%
26	Udział procentowy XL-S2B w czasie całkowitym	<b>W<sub>Total</sub></b>	0.00%	58.51%	47.83%	34.14%
27	Udział procentowy QAV-90 w czasie całkowitym	<b>W<sub>Total</sub></b>	0.00%	0.00%	52.17%	16.55%
28	Zagregowana efektywność w czasie całkowitym	<b>TEEP</b>	38.75%	42.13%	44.13%	41.67%

## Na ocenę bardzo dobrą:

- Przygotować wnioski z otrzymanych wyników obliczeń.
- Dokonać interpretacji wartości obliczonych wskaźników na wymagane działania doskonalące, które należy podjąć aby redukować straty.
- Przygotować propozycje poprawy stanu obecnego przy zastosowaniu technik doskonalenia produkcji poznanych na seminarium.



## Zaliczenie modułu 1:

- Test obliczeniowy zaliczony na ocenę pozytywną (minimum = 3 równoznaczne z oceną 2.8 na listach wewnętrznych ZPPW)
- Sprawozdanie zespołowe oddane w wyznaczonym terminie. Na sprawozdanie składa się:
  - Strona tytułowa z numerem tematu dydaktycznego, osobami zespołu projektowego, wymaganym terminem oddania, prowadzącym zespół projektowy.
  - Ukazany oraz opisany krok po kroku tok obliczania wskaźników wydajności linii zautomatyzowanej na podstawie raportów z jednego dnia roboczego (na ocenę 4.0)
  - Opisany sposób poprawy sytuacji w zakładzie z propozycją zastosowania narzędzi doskonalenia procesu produkcyjnego, z uzasadnieniem wpływu poprawy na wyniki wskaźników wydajności (na ocenę 5.0)
  - Wygląd sprawozdania oceniany z punktu widzenia jego estetyki i kompletności. Za brak estetyki lub brak opisanych kroków postępowania będzie obniżana ocena za sprawozdanie.

**Zespoły projektowe przygotowują sprawozdania samodzielnie według własnych upodobań co do jego wyglądu. Przekazana prezentacja jest opracowana wyłącznie w formie wytycznych dotyczących treści merytorycznych omawianych w module.**