

## 6. ANALIZA PRZYCZYNOWO – SKUTKOWA

### 6.1. Diagram przyczynowo – skutkowy Ishikawy

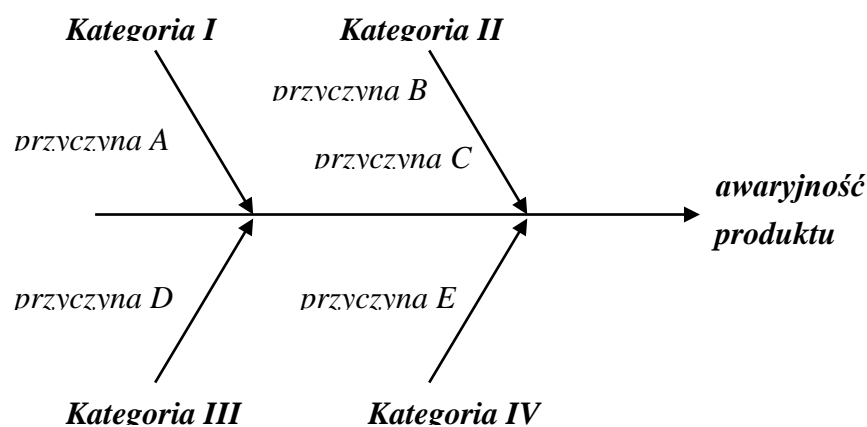
*Diagram Ishikawy, diagram przyczyn i skutków, diagram ryby* (ang. *Ishikawa diagram, cause and effect diagram, fishbone diagram*) to metoda pozwalająca na rozpoznanie, uporządkowanie i czytelne przedstawienie przyczyn występowania analizowanych problemów.

Przyczyny mogą być grupowane ze względu na:

- kategorie (często stosowaną zasadą ustalania kategorii przyczyn jest zasada 5M+E: człowiek, materiał, sprzęt/maszyna, stosowana metoda, kierownictwo oraz środowisko/otoczenie (*Man, Material, Machine, Method, Management + Environment*)),
- etapy pojawiania się w procesie produkcyjnym.

#### *Przykład 1.*

W celu zmniejszenia liczby usterek zidentyfikowane zostały przyczyny awaryjności pewnego produktu. W trakcie analizy problemu rozpoznane zostały przyczyny: *A, B, C, D* i *E* należące do 4 kategorii: I – IV,. Wyniki analizy przedstawione zostały na *wykresie Ishikawy*.



### 6.2. Analiza Pareto

*Analiza Pareto* jest narzędziem pozwalającym na ustalenie ważności czynników wywołujących określony problem. Oparta jest na zasadzie 80/20:

„80% skutków jest wywołana przez 20% przyczyn”.

Kolejne etapy metody to:

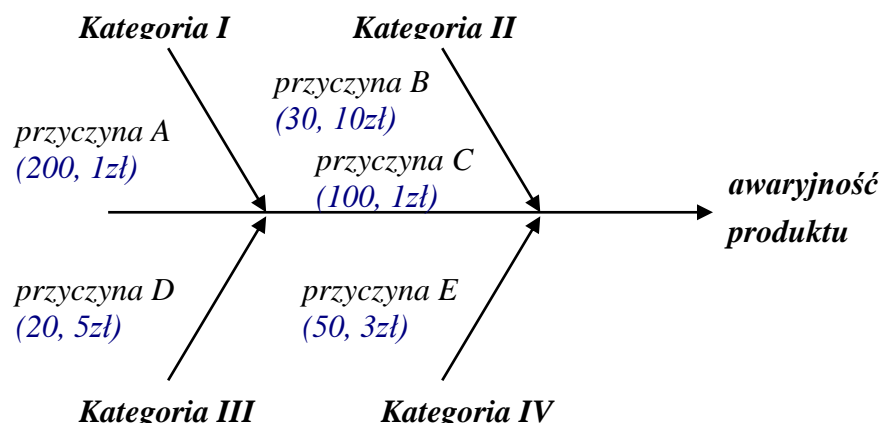
- ustalenie listy przyczyn badanego problemu (np. w wyniku konstruowania *diagramu Ishikawy*),
- gromadzenie danych,
- ustalenie procentowego udziału (częstości) każdej z przyczyn w rozpatrywanym problemie,
- uporządkowanie przyczyn: do najważniejszej do najmniej ważnej,
- wyznaczenie częstości skumulowanych,
- przygotowanie wykresu słupkowego udziału przyczyn w zjawisku i krzywej reprezentującej częstości skumulowane.

Analiza jest wykonywana według:

- częstości występowania przyczyn  
w takim przypadku: najważniejszą przyczyną jest przyczyna występująca najczęściej a najmniej ważną jest przyczyna najrzadsza,
- kosztu związanego z usuwaniem przyczyn  
w takim przypadku: najważniejszą przyczyną jest przyczyna, która generuje największe koszty całkowite (liczone jako iloczyn kosztu jednostkowego i liczby wystąpień przyczyny) a najmniej ważną jest przyczyna o najmniejszym koszcie.

### **Przykład 2.**

Po zidentyfikowaniu przyczyn awaryjności produktu z przykładu 1, zgromadzono dane dotyczące częstości ich występowania i jednostkowych kosztów związanych z ich usuwaniem. Dane te naniesione zostały na *diagram Ishikawy* (w nawiasach podano: częstość występowania i jednostkowy koszt). Wykorzystując analizę Pareto należy zidentyfikować najważniejsze przyczyny odpowiedzialne za awaryjność produktu – analizę należy przeprowadzić zarówno ze względu na częstość występowania przyczyn jak i koszty ich usuwania).



**Analiza ze względu na częstość występowania przyczyn**

1. Na początek ustalono sumaryczną liczbę awarii oraz procentowy udział (częstość) każdej z przyczyn w rozpatrywanym problemie:

przyczyna	ilość wystąpień	częstość
<b>A</b>	200	0,500
<b>B</b>	30	0,075
<b>C</b>	100	0,250
<b>D</b>	20	0,050
<b>E</b>	50	0,125
<b>razem</b>	<b>400</b>	

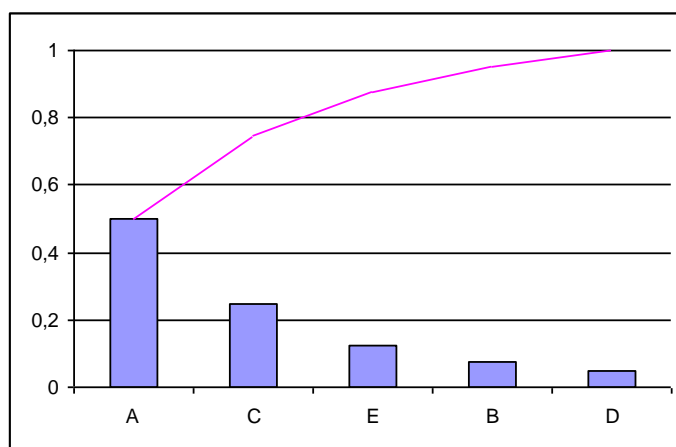
2. Następnie przyczyny zostały uporządkowane od występującej najczęściej do występującej najrzadziej:

przyczyna	ilość wystąpień	częstość ▼
<b>A</b>	200	0,500
<b>C</b>	100	0,250
<b>E</b>	50	0,125
<b>B</b>	30	0,075
<b>D</b>	20	0,050

3. W kolejnym kroku wyznaczone zostały częstości skumulowane:

przyczyna	ilość wystąpień	częstość ▼	częstości skumulowane
<b>A</b>	200	0,500	0,500
<b>C</b>	100	0,250	0,750
<b>E</b>	50	0,125	0,875
<b>B</b>	30	0,075	0,950
<b>D</b>	20	0,050	1,000

4. Na koniec narysowany został wykres słupkowy przedstawiający procentowy udział przyczyn wraz z krzywą reprezentującą częstości skumulowane:



5. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przyczyny A i C odpowiadają prawie za 80% wad badanego produktu.

**Analiza ze względu na koszt usuwania problemów**

1. Na początek obliczone zostały całkowite koszty usuwania awarii spowodowanych zidentyfikowanymi wcześniej przyczynami:

przyczyna	ilość wystąpień	koszt jednostkowy	koszt całkowity
A	200	1	200
B	30	10	300
C	100	1	100
D	20	5	100
E	50	3	150

2. Ustalono sumaryczny koszt usuwania awarii oraz procentowy udział kosztów każdej z przyczyn w obliczonym koszcie całkowitym:

przyczyna	ilość wystąpień	koszt jednostkowy	koszt całkowity	udział w koszcie całkowitym
A	200	1	200	0,23
B	30	10	300	0,35
C	100	1	100	0,12
D	20	5	100	0,12
E	50	3	150	0,18
		razem	850	

3. Przyczyny zostały uporządkowane od generującej największe koszty do generującej koszty najmniejsze:

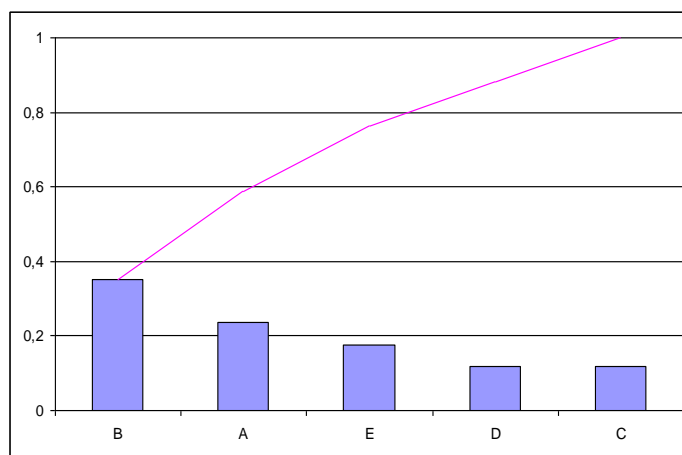
przyczyna	ilość wystąpień	koszt jednostkowy	koszt całkowity	udział w koszcie całkowitym ▼
B	30	10	300	0,35
A	200	1	200	0,23
E	50	3	150	0,18
C	100	1	100	0,12
D	20	5	100	0,12

4. W kolejnym kroku wyznaczone zostały udziały skumulowane:

przyczyna	ilość wystąpień	koszt jednostkowy	koszt całkowity	udział w koszcie całkowitym	udział skumulowany
B	30	10	300	0,35	0,35
A	200	1	200	0,23	0,58
E	50	3	150	0,18	0,76
C	100	1	100	0,12	0,88
D	20	5	100	0,12	1,00

5. Na koniec narysowany został wykres słupkowy przedstawiający procentowy udział przyczyn wraz z krzywą reprezentującą częstości skumulowane:





6. Z przeprowadzonej analizy wynika, że przyczyny B, A i E odpowiadają prawie za 80% kosztów usuwania wad badanego produktu.

## LITERATURA

1. Sałaciński T., *SPC – statystyczne sterowanie procesami produkcji*, OWPW, Warszawa 2009,
2. Montgomery D., *Introduction to Statistical Quality Control* – John Wiley & Sons, New York 2009,
3. Wild C. J., Seber G. A. F. – *Chance Encounters: A First Course in Data Analysis and Inferencje* – John Wiley & Sons, New York 1999.