Dependability systemów

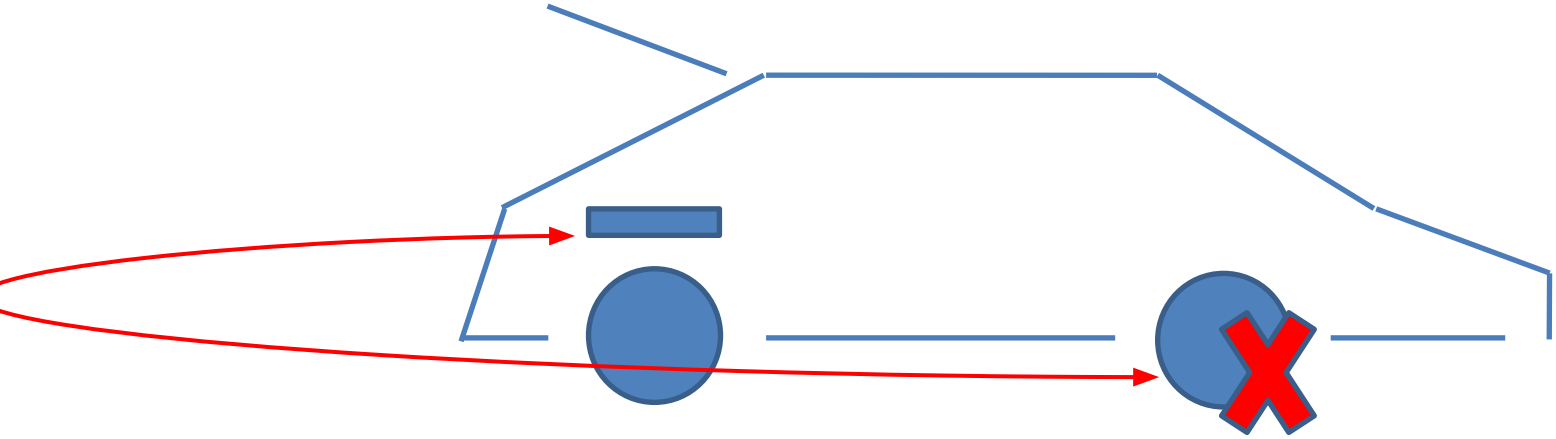
7. Redundancja

Prof. Wojciech Zamojski

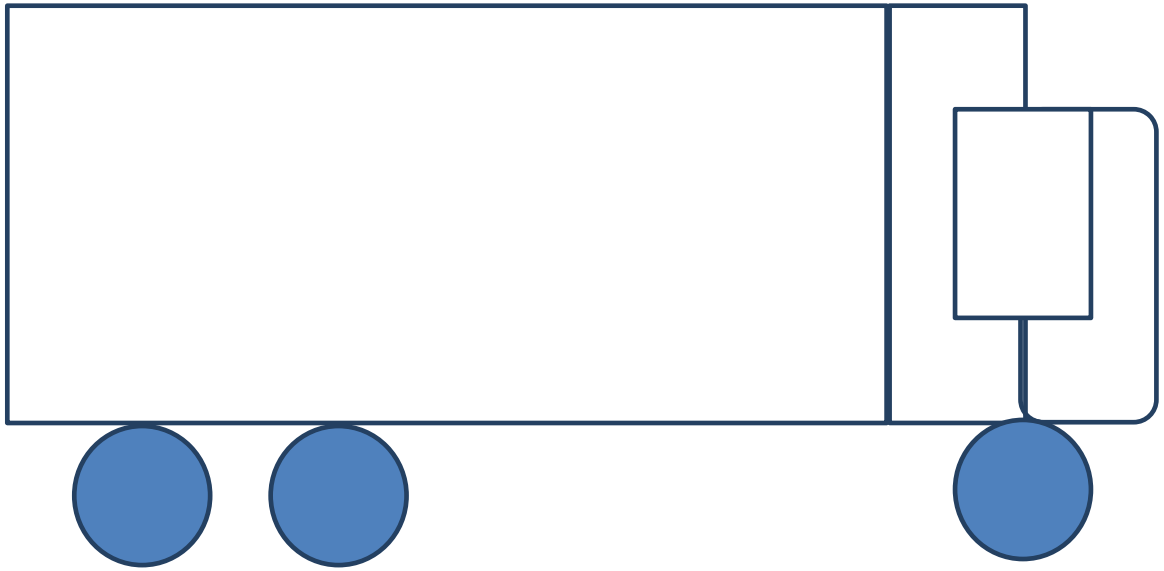
Wojciech.Zamojski@pwr.wroc.pl

7.1 Wprowadzenie

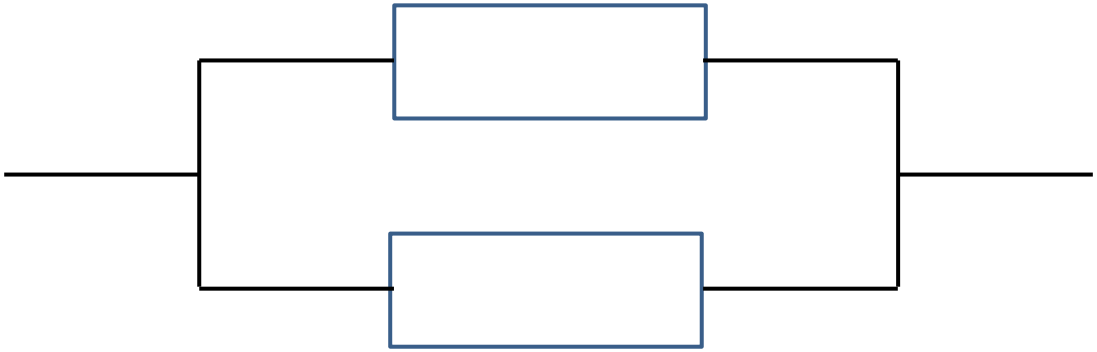
- Rezerwa zimna



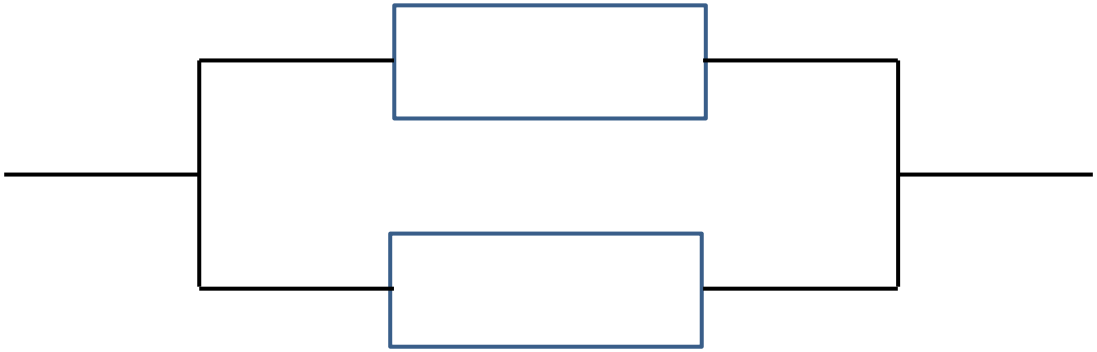
- Rezerwa gorąca



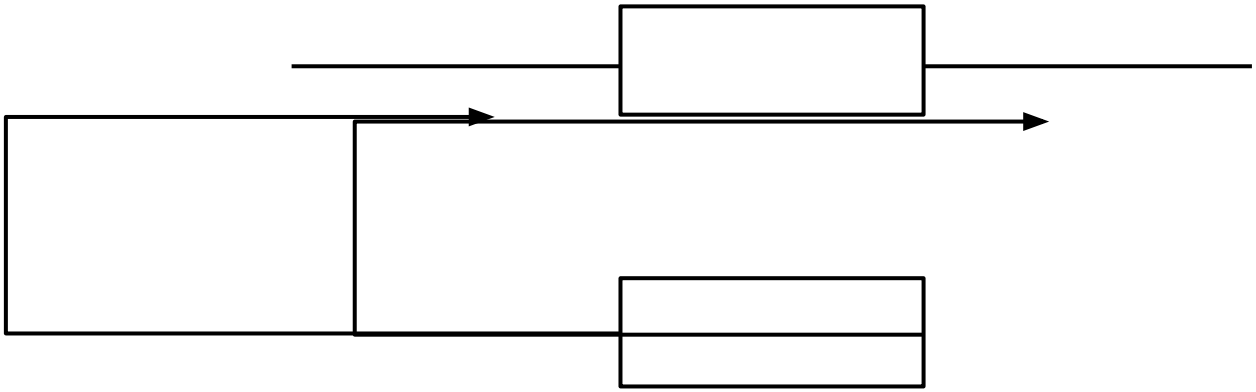
- **System o równoległej strukturze** niezawodnościowej jest to system zbudowany z N elementów, w którym uszkodzenie co najmniej n elementów ($0 < n \leq N$), powoduje dopiero uszkodzenie systemu



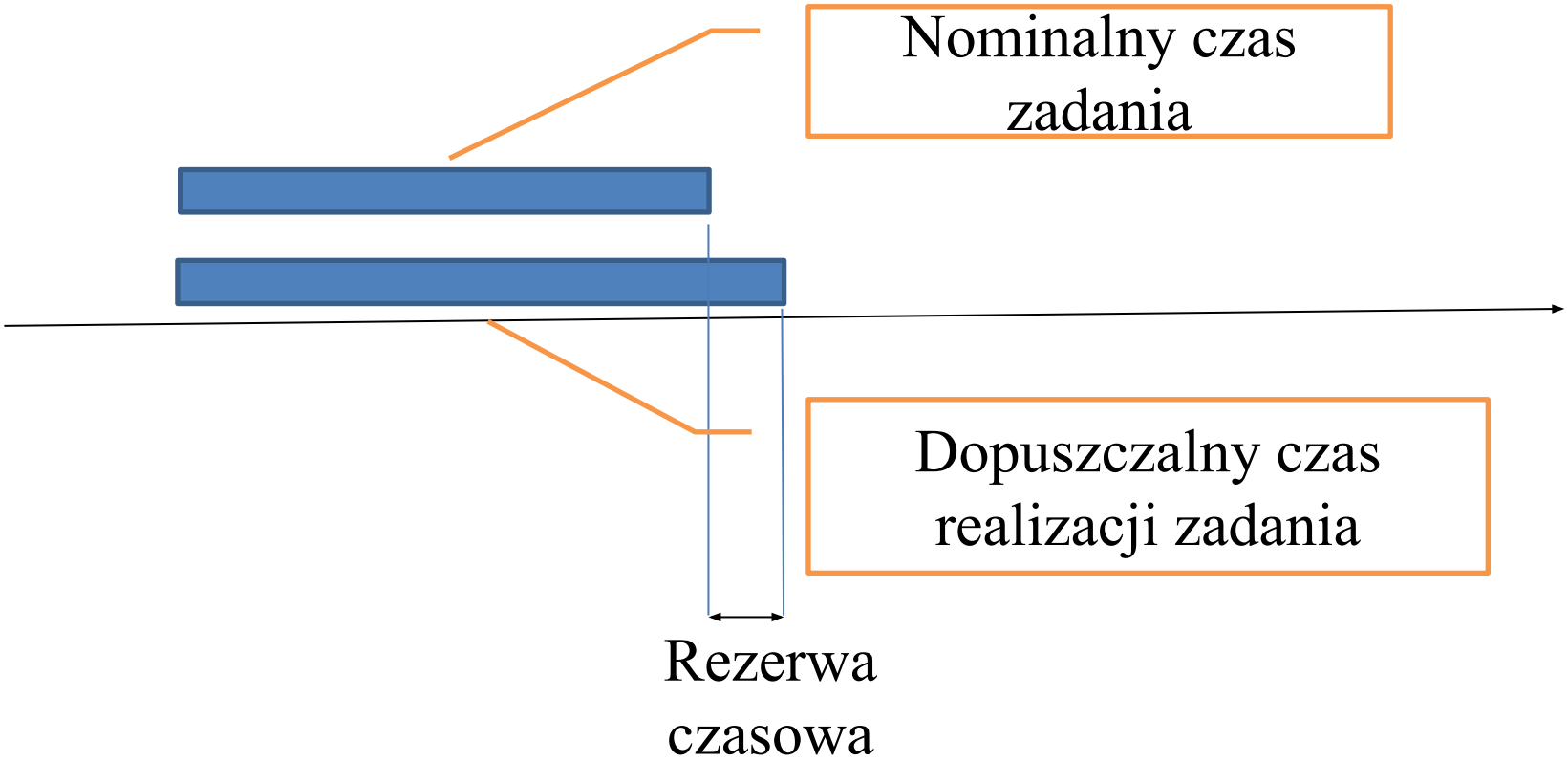
- **System o równoległej strukturze** niezawodnościowej jest to system zbudowany z N elementów, w którym uszkodzenie co najmniej n elementów ($0 < n \leq N$), powoduje dopiero uszkodzenie systemu



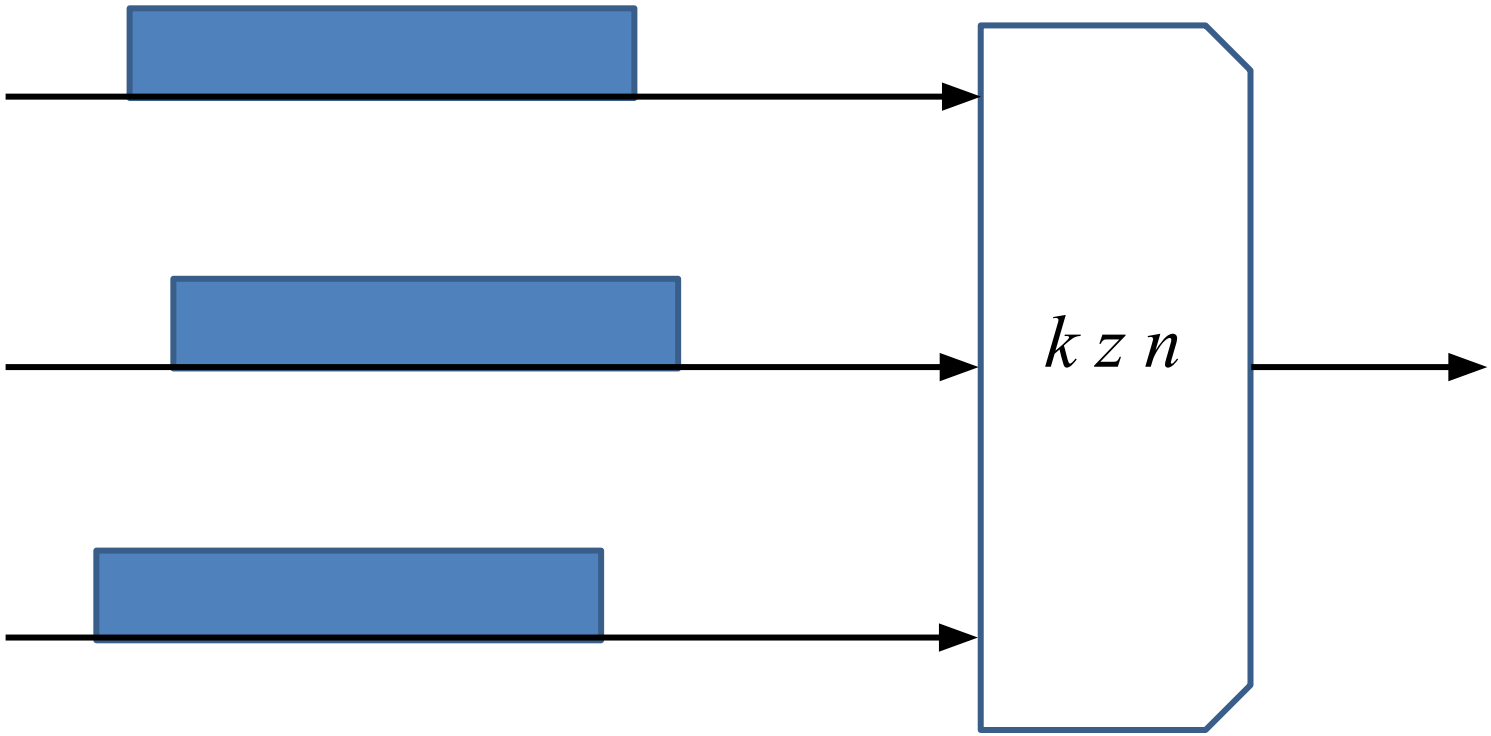
- **Rezerwowanie (redundancja)** – metody zwiększania niezawodności systemu poprzez uzupełniania systemu o dodatkowe zasoby (resursy) przejmujące funkcje i zadania uszkodzonych podstawowych zasobów (elementów)



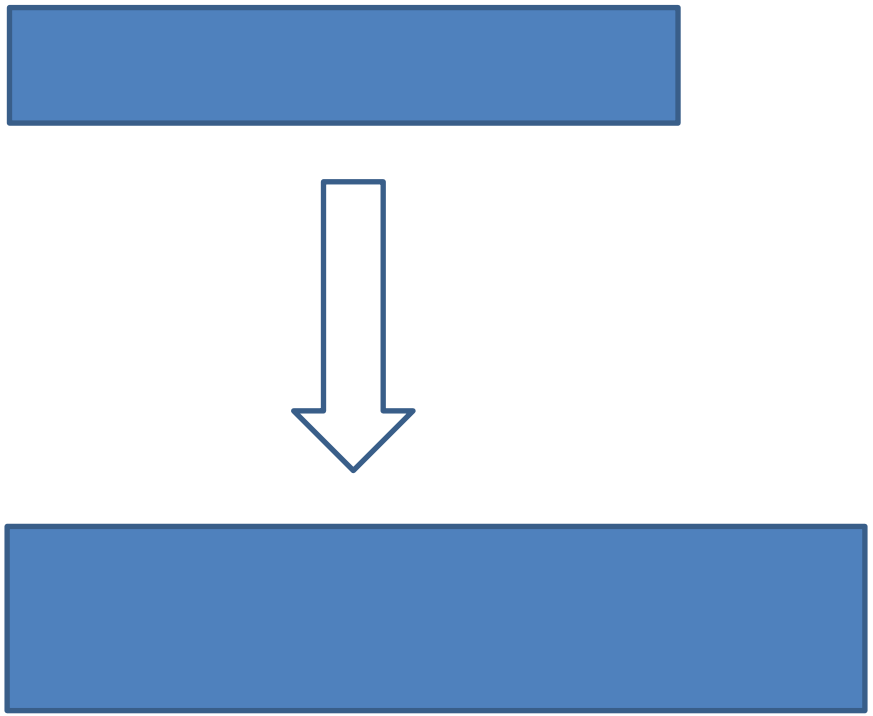
System z rezerwowym układem


Nominalny czas zadania
Dopuszczalny czas realizacji zadania
Rezerwa czasowa

Rezerwa progowa



Rezerwa funkcjonalna



Funkcja f
czas t = koszt c

Funkcja f1
czas t1 = koszt c1

7.2 Rezerwa układowa / sprzętowa + klasyfikacja

- **Rezerwa układowa** – metoda zwiększania niezawodności systemu (elementu) polega na tym, że do systemu (elementu) dołącza się określoną liczbę analogicznych systemów (elementów), które w przypadku uszkodzenia elementów podstawowych przejmują ich funkcje

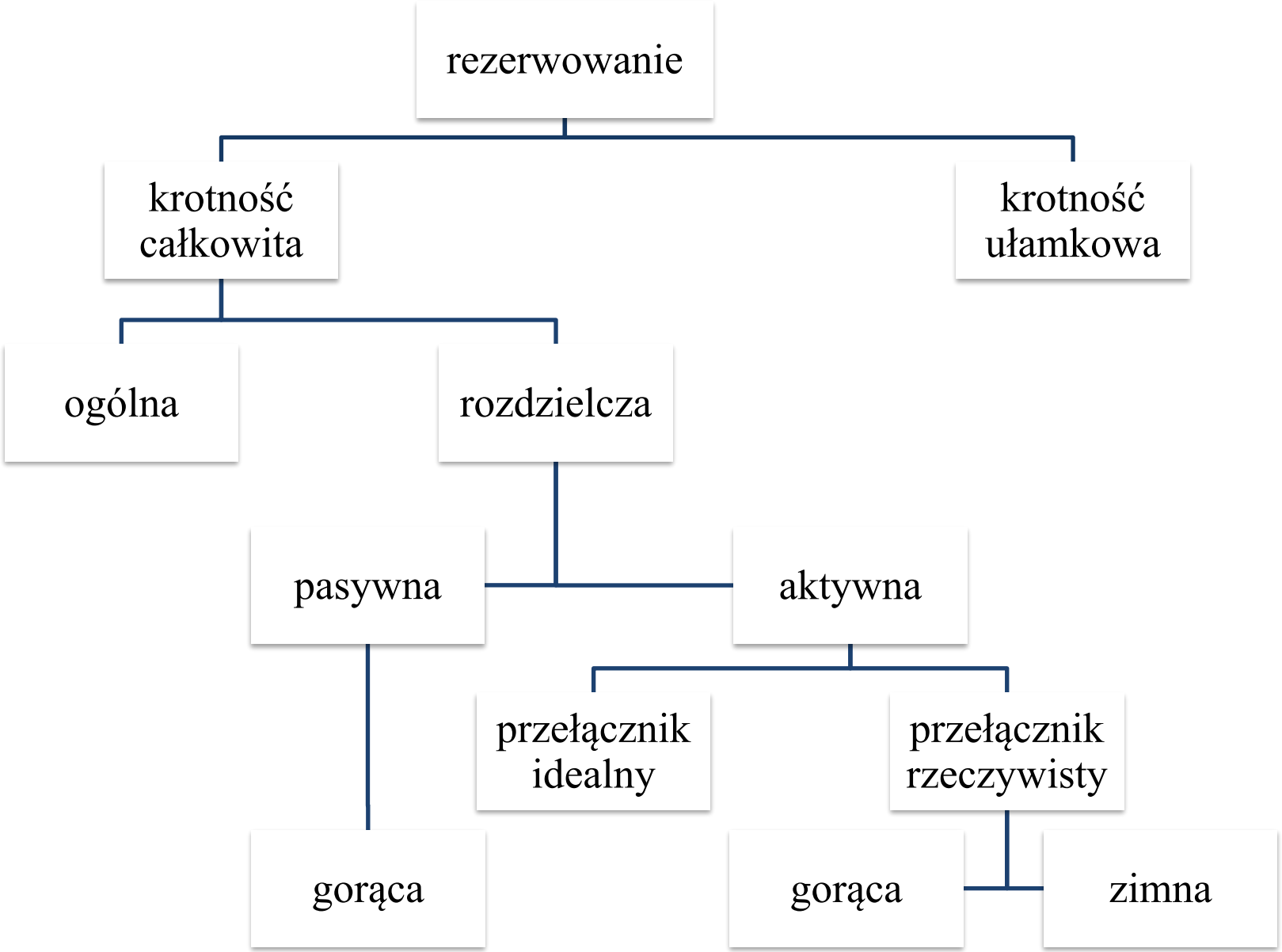
- **Krotność rezerwowania** stosunek liczby elementów rezerwowych do liczby elementów rezerwowanych

$$k = \frac{N_R}{N_0}$$

N_0 – liczba elementów podstawowych

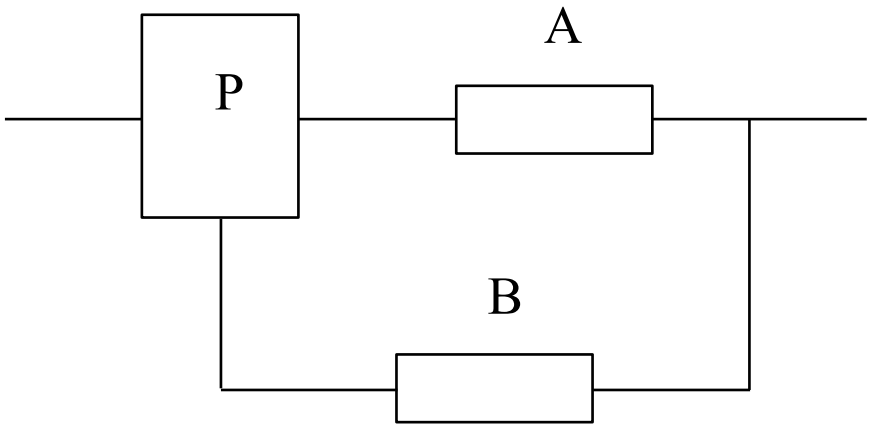
N_R – liczba elementów rezerwowych

- Krotność całkowita i krotność ułamkowa

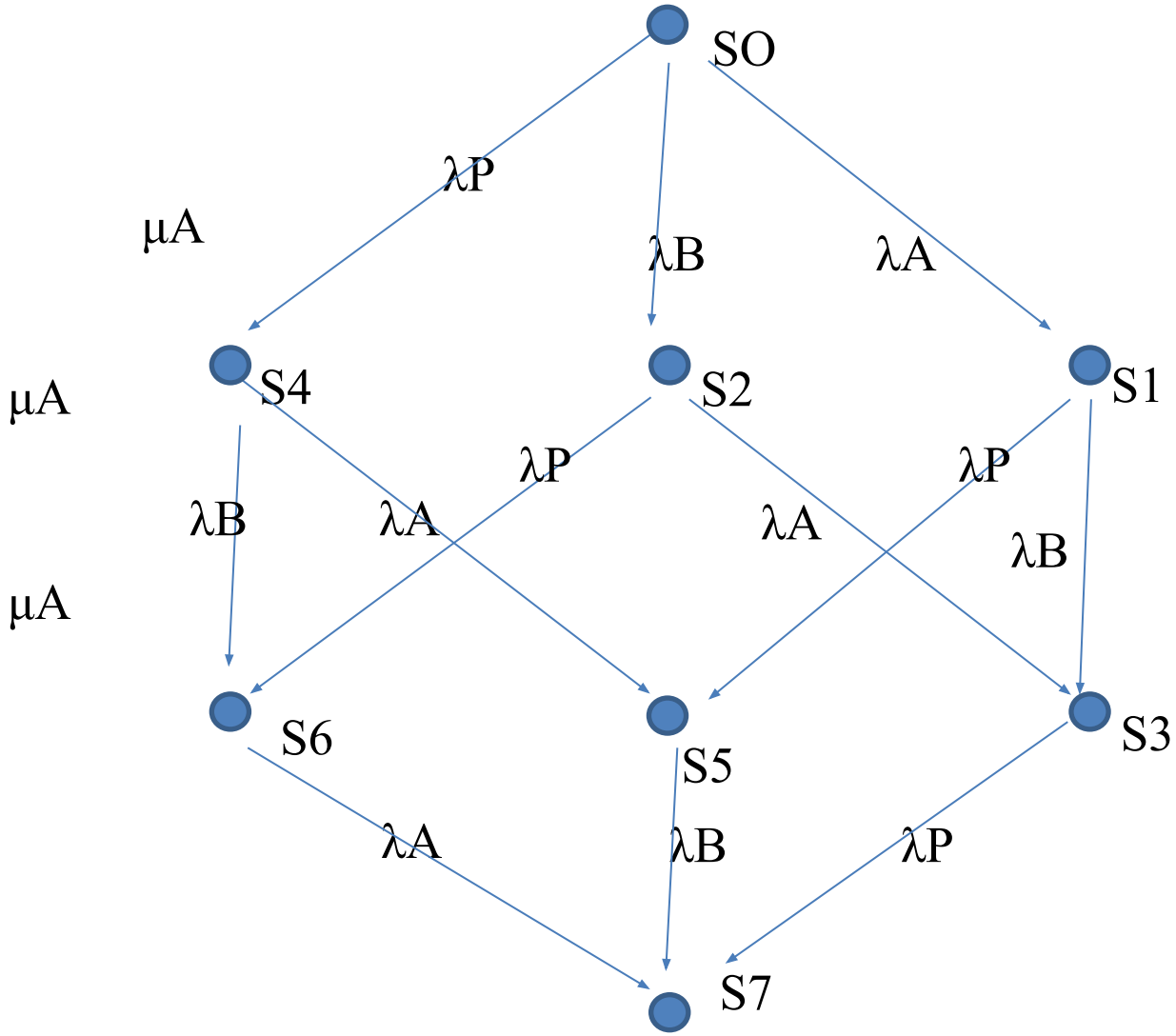

rezerwowanie
krotność całkowita
krotność ułamkowa
ogólna
rozdzielcza
pasywna
aktywna
przełącznik idealny
przełącznik rzeczywisty
gorąca
gorąca
zimna

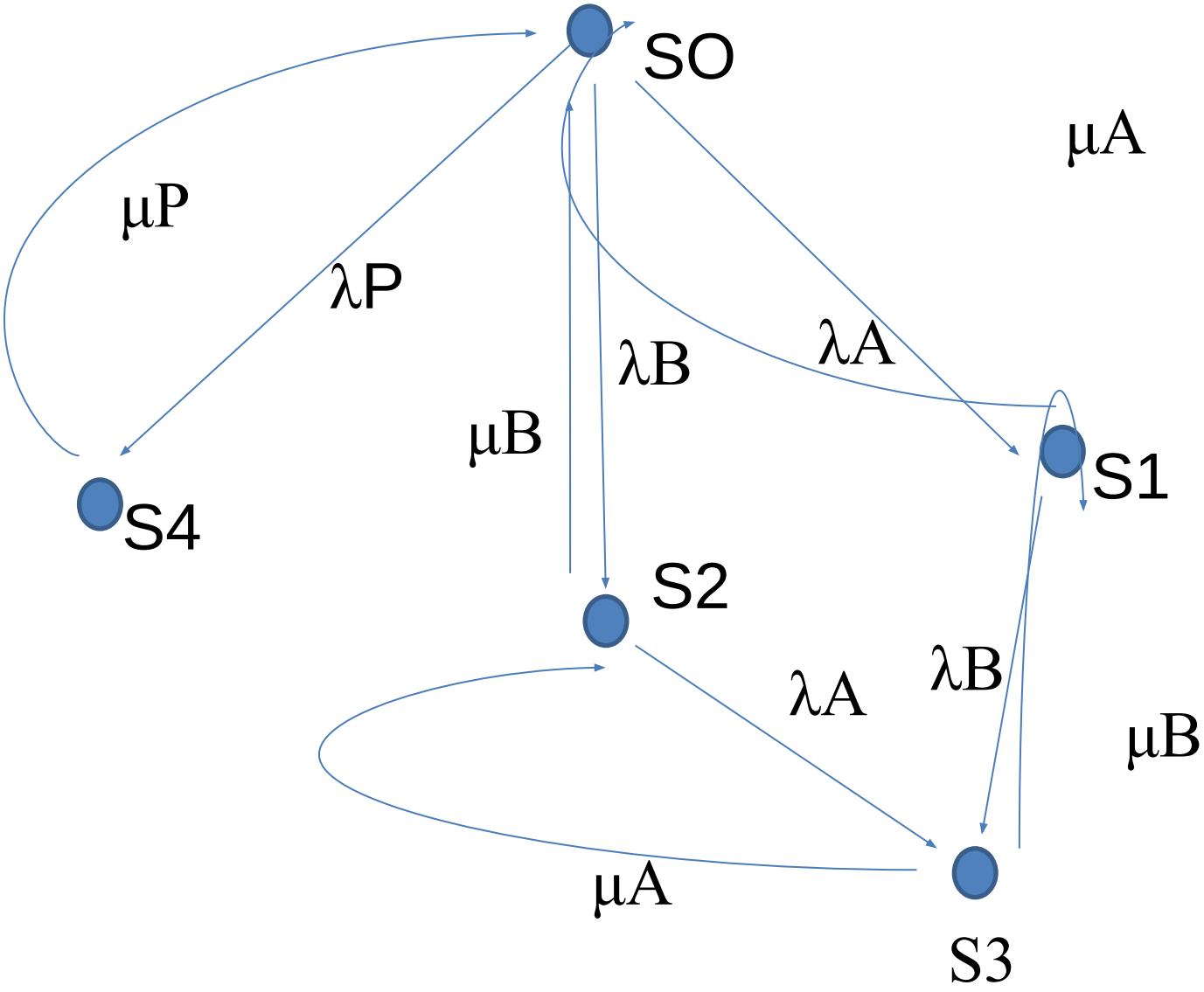
Przykład 7.1 Rezerwa aktywna – warunki stacjonarne

- Przełącznik rzeczywisty – uszkodzenie przerywa pracę systemu
- Układ * 2
- Graf ST + tabelka * 2



No	P	B	A	Sprawność systemu
0	0	0	0	+
1	0	0	1	+
2	0	1	0	+
3	0	1	1	-
4	1	0	0	-
~~5~~	~~1~~	~~0~~	~~1~~	~~-~~
~~6~~	~~1~~	~~1~~	~~0~~	~~-~~
~~7~~	~~1~~	~~1~~	~~1~~	~~-~~


SO
λP
μA
λB
λA
μA
S4
S2
S1
λP
λP
λB
λA
λA
λB
μA
S6
S5
S3
λA
λB
λP
S7


SO
μA
μP
λP
λB
λA
μB
S1
S4
S2
λA
λB
μB
μA
S3

- Problem konserwatora

Części zapasowe – 1)uzupełnić, 2)WWSIS 13.12.2018

7.3 Redundancja w systemach komputerowych

Rodzaje redundancji w sieciach komputerowych:

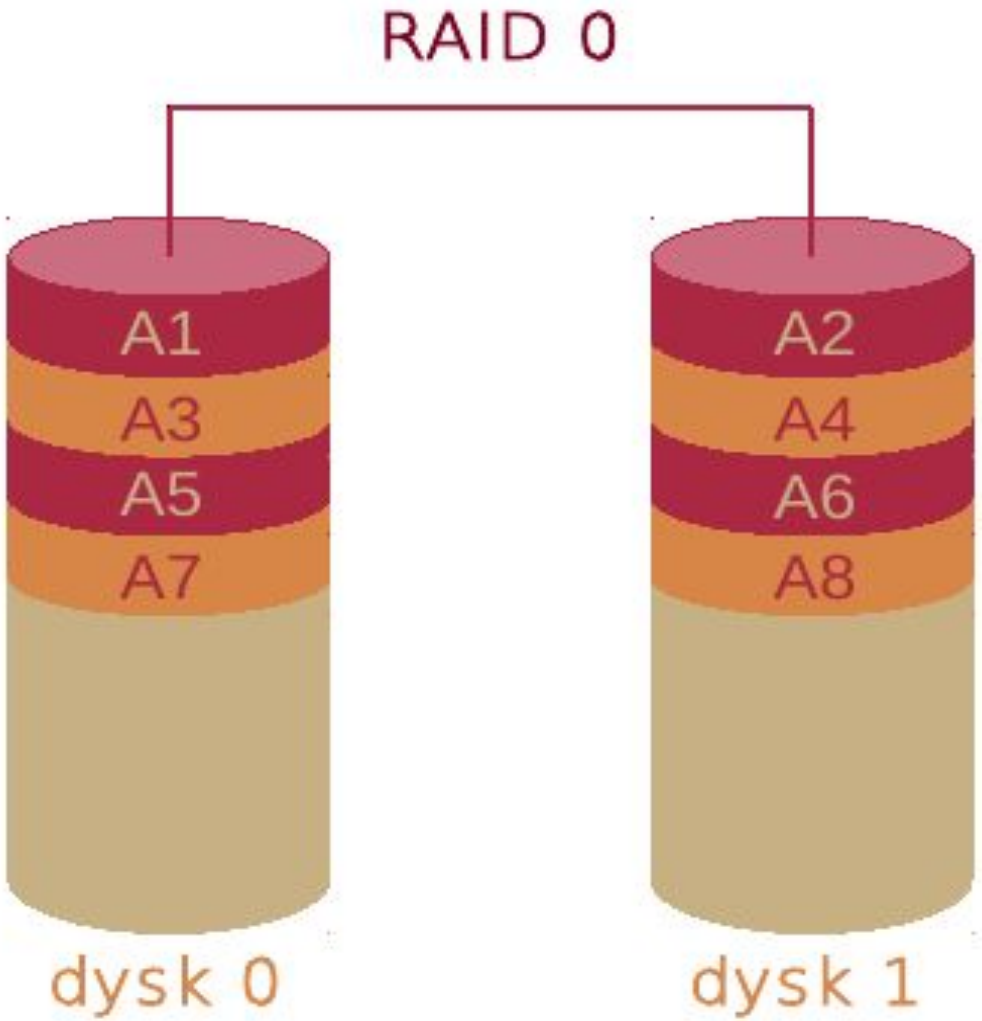
- Sprzętowa – zwielokrotnione urządzenia sieciowe, serwery, zasilanie, dyski
- Połączenia – nadmiarowe łącza w celu zapewnienia alternatywnych tras przesyłania danych
- Programowa – mechanizmy wspomagające proces powrotu sieci do normalnej pracy po uszkodzeniu

7.3.1 Macierze dyskowe - RAID programowy

- **RAID -** Redundant Array of Independent Disks
- Wady kopii zapasowych powodują, że do składowanie danych stosowane są macierze dyskowe typu Zasada działania w systemie RAID polega na **zapisywaniu** danych **na wielu dyskach**, co zmniejsza ryzyko utraty danych ze względu na awarię dysku
- Macierze RAID mogą być realizowane **programowo** (przez system operacyjny) lub **sprzętowo** (odpowiedni kontroler dysku)

Macierze RAID - **RAID 0**

- RAID - minimum 2 dyski
- dyski o tej samej pojemności i prędkości
- bloki z danymi są zapisywane naprzemiennie na poszczególnych dyskach
- łączna pojemność tego rodzaju macierzy jest wielokrotnością pojemności dysków składowych
- RAID 0 zwiększa niemalże podwójnie szybkość operacji zapisu/odczytu macierzy kosztem bezpieczeństwa danych => **utrata jednego napędu wiąże się z utratą całości danych.**
- Zalety:
  - zwiększona prędkość zapisu/odczytu (prawie podwójnie)
  - wykorzystanie całej pojemności dysku doi zapisu
- Wady:
  - brak odporności na awarie dysku
  - łatwość utraty danych


RAID 0
A1
A3
A5
A7
A2
A4
A6
A8
dysk 0
dysk 1

- Zastosowania RAID 0:
  - zwiększenie szybkości operacji dyskowych w stacjach roboczych
  - obróbka dużych plików multimedialnych
  - dysk do przechowywania instalacji gier komputerowych

- <u>Przykład 1 RAID 0</u>

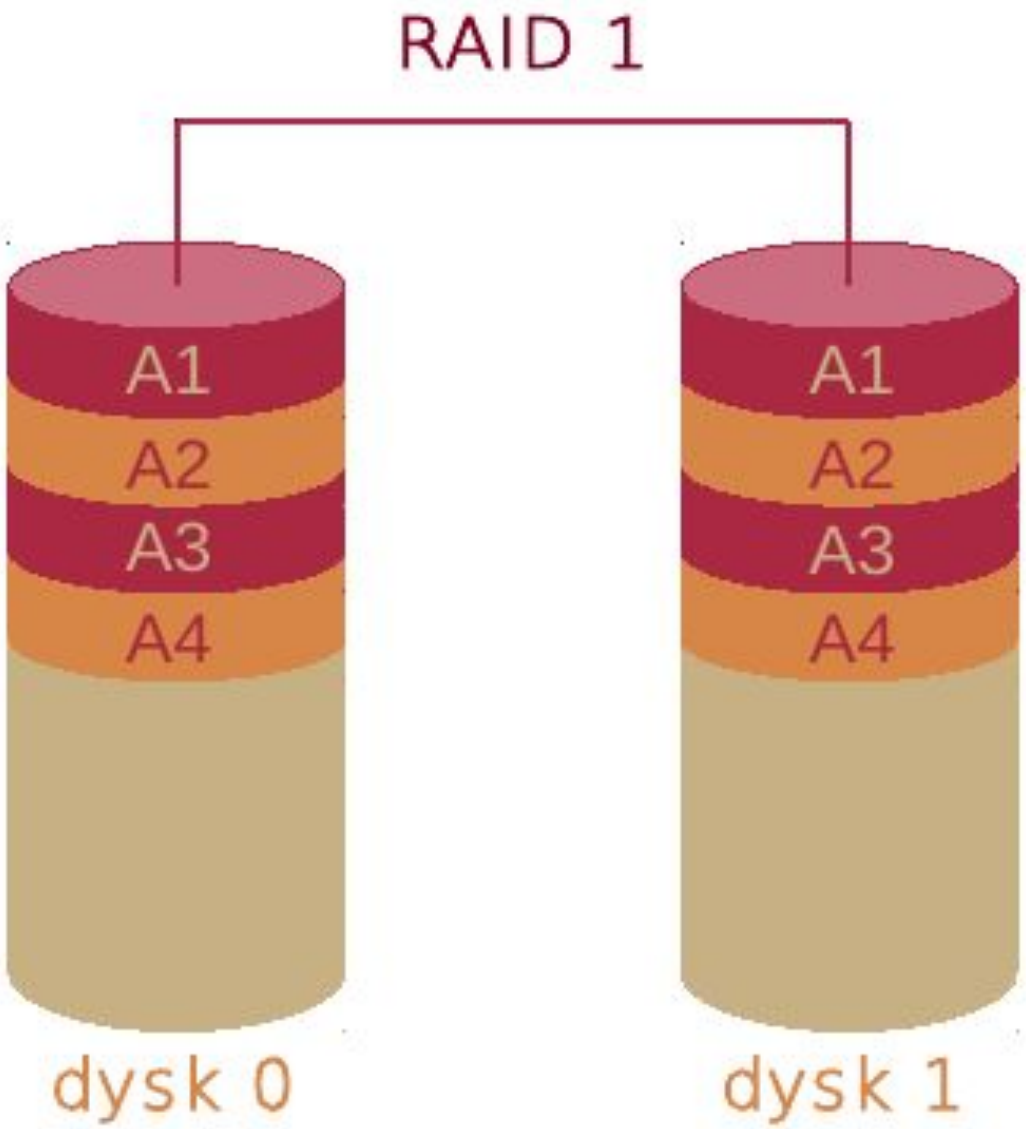
  Trzy dyski: 160 GB, 500 GB i 80 GB zostały połączone w RAID 0. Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar taki jak N × rozmiar najmniejszego z dysków, czyli 3 × 80 GB = 240 GB. Szybkość jest ograniczona szybkością najwolniejszego dysku.

- <u>Przykład 2 RAID 0</u>

  Trzy dyski po 500 GB zostały połączone w RAID 0. Powstała przestrzeń ma rozmiar 1,5 TB. Szybkość zapisu i odczytu jest prawie trzykrotnie większa niż na pojedynczym dysku. Sumaryczna szybkość jest trzykrotnością szybkości najwolniejszego z dysków, gdyż kontroler RAID podczas zapisu/odczytu musi poczekać na najwolniejszy dysk. Stąd też sugeruje się stosowanie dysków o identycznej szybkości i pojemności.

Macierze RAID – **RAID 1**

- potrzebne są 2 dyski
- każdy blok danych jest zapisywany jednocześnie w obydwu dyskach (**replikacja**)
- RAID1 - pojemność najmniejszego dysku oraz prędkość zapisu/odczytu najwolniejszego => zabezpieczenie przed fizyczną awarią jednego z dysków macierzy
- Zalety:
  - odporność na awarię pojedynczego dysku
- Wady:
  - macierz ma pojemność najmniejszego dysku
  - prędkość operacji zapisu/odczytu jest na poziomie najwolniejszego dysku


RAID 1
A1
A2
A3
A4
A1
A2
A3
A4
dysk 0
dysk 1

- Zastosowania:
  - miejsce pod instalację systemu operacyjnego serwera
  - kopie zapasowe
  - ważne dane
- <u>Przykład 1 RAID 1</u>:
  - Trzy dyski po 250 GB zostały połączone w RAID 1.
  - Powstała przestrzeń ma rozmiar 250 GB.
  - Jeden lub dwa dyski w pewnym momencie ulegają uszkodzeniu. Cała macierz nadal działa.

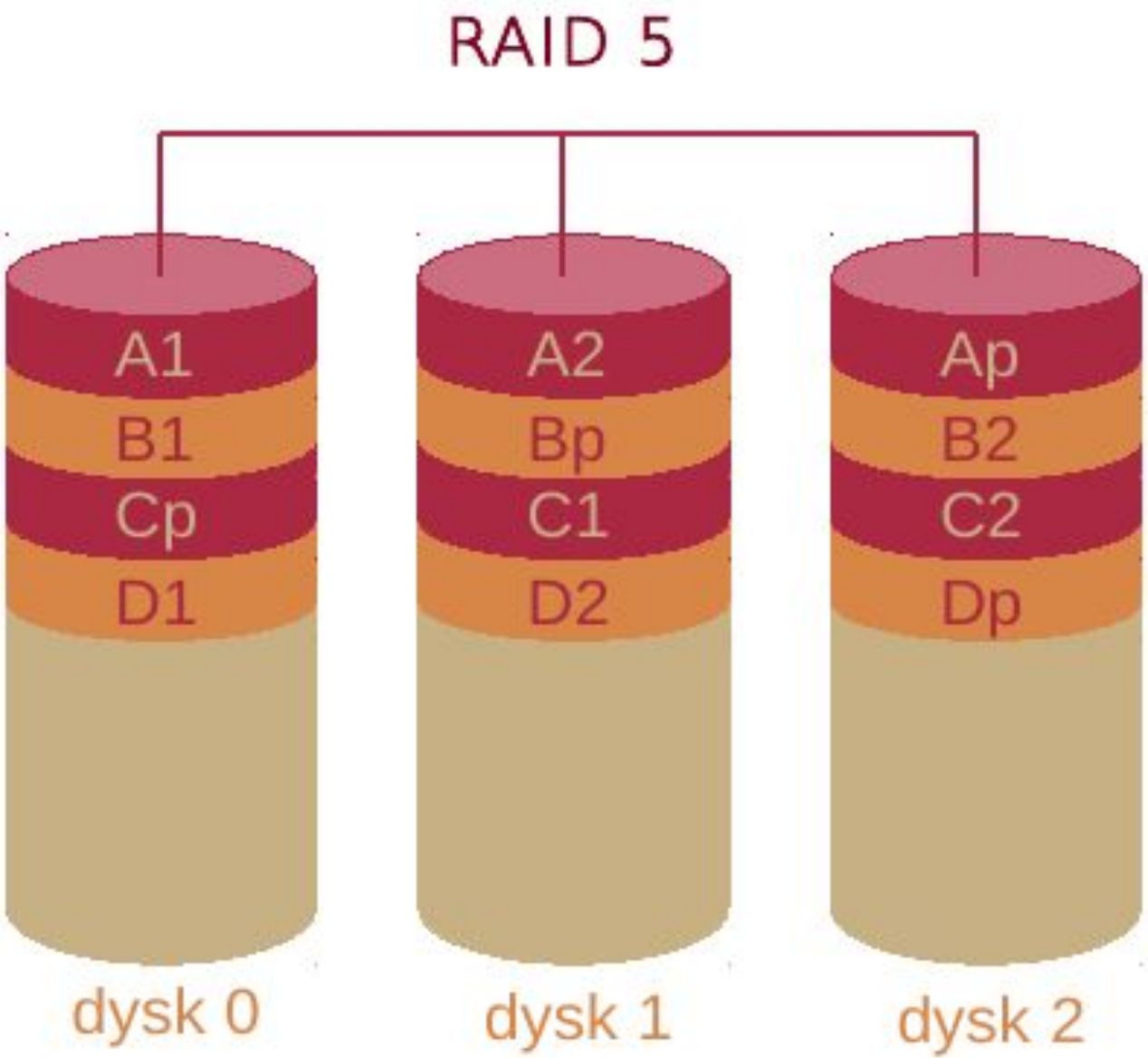
Macierze RAID – **RAID 2, RAID 3** i **RAID 4**

Macierze oparte o trzy dyski;

- na dwóch zapisuje się bity/bajty/sektory,
- na trzecim kody korekcji błędów – „**bity parzystości**”
- przestarzałe i nie stosuje się

Macierze RAID – **RAID 5** **WWSIS 20.12.2018**

- potrzebne są minimum 3 dyski twarde (2 + 1)
- macierz RAID 5 swoim działaniem zbliżona jest do macierzy RAID 4
- => zapisywanie sektorów danych + informacja o „błędach parzystości”
- każda porcja danych posiada informację o błędzie na innym z dysków w macierzy.
- macierz RAID 5 jest odporna na awarię dowolnego jednego dysku.
- zalecany rodzaj macierzy, gdy potrzebujemy rozwiązania z pojedynczą parzystością i prędkością bliską RAID 0 dzięki stripingowi danych.


RAID 5
A1
B1
Cp
D1
A2
Bp
C1
D2
Ap
B2
C2
Dp
dysk 0
dysk 1
dysk 2

- Zalety:
  - odporność na awarię jednego z dysków
  - wyższa prędkość zapisu/odczytu w porównianiu z RAID 1
  - tracona jest pojemność jednego dysku w macierzy
- Wady:
  - niższa wydajność od RAID 0 spowodowana koniecznością wyliczania parzystości dla każdego bloku danych
- Zastosowania:
  - storage dla baz danych
  - archiwizacja
  - magazyn danych dla aplikacji

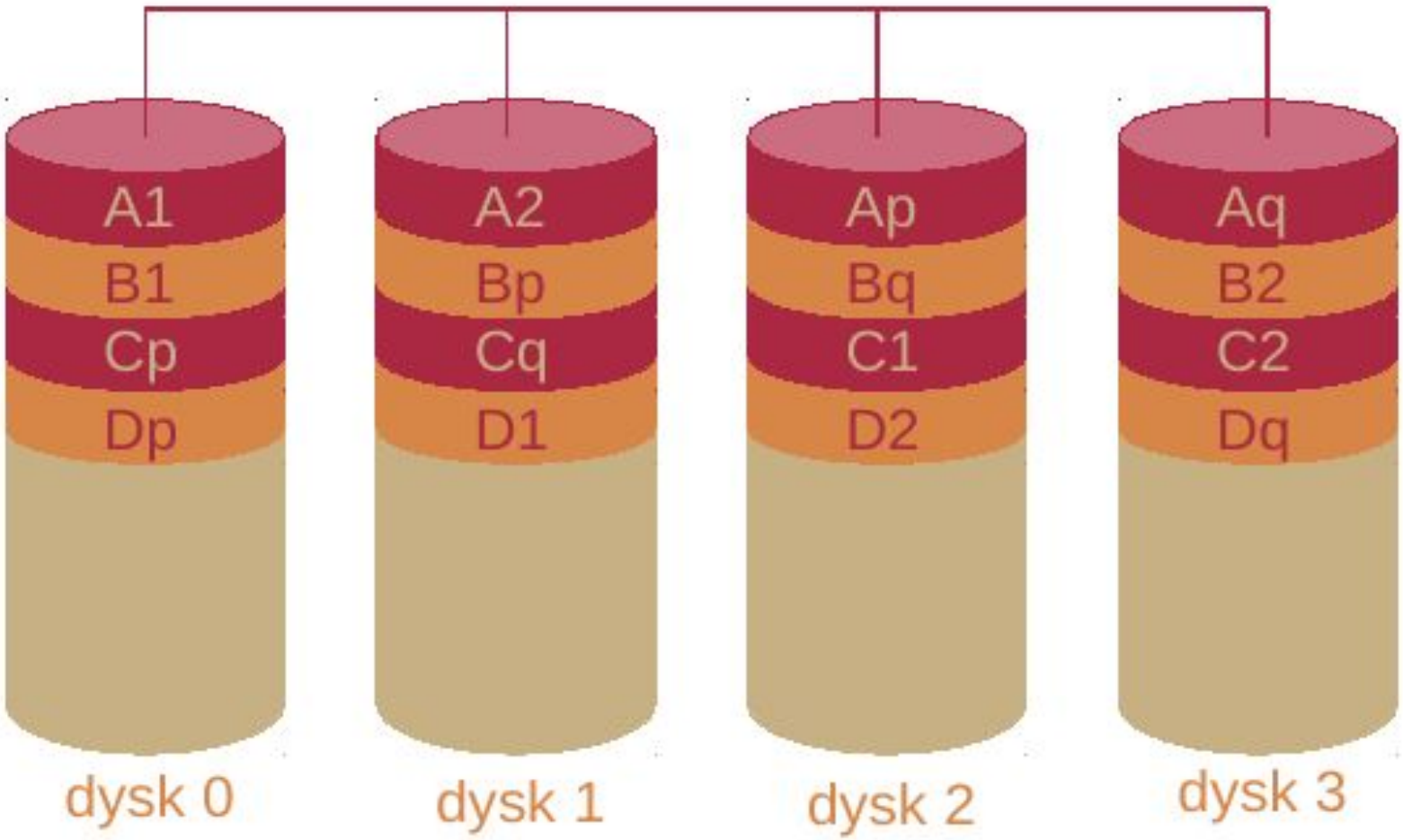
Przykład 1 RAID 5:

- Pięć dysków po 250 GB zostaje połączonych w RAID 5.
- Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar 250 × (5-1) GB = 1 TB.
- Jeden dysk w pewnym momencie ulega uszkodzeniu. Cała macierz nadal działa. Po wymianie uszkodzonego dysku na nowy jego zawartość zostaje odtworzona.

Macierze RAID – **RAID 6**

- Zasada działania zbliżona do RAID 5
- różnica: informacje o parzystości dla każdej porcji danych zapisywane są na dwóch różnych dyskach.
- potrzebne są minimum 4 dyski twarde (2 + 2).
- Dostępna pojemność dwóch z nich
- Zalety:
  - odporność na awarię dwóch dysków
  - wyższa prędkość zapisu/odczytu w porównaniu z RAID 1
  - tracona jest pojemność dwóch dysków w macierzy
- Wady:
  - niższa wydajność od RAID 0 spowodowana koniecznością wyliczania parzystości dla każdego bloku danych

RAID 6


A1
B1
Cp
Dp
A2
Bp
Cq
D1
Ap
Bq
C1
D2
Aq
B2
C2
Dq
dysk 0
dysk 1
dysk 2
dysk 3

- Zastosowania:
  - storage dla baz danych
  - archiwizacja
  - magazyn danych dla aplikacji
  - rozwiązania wysokiej dostępności