

Dependability systemów

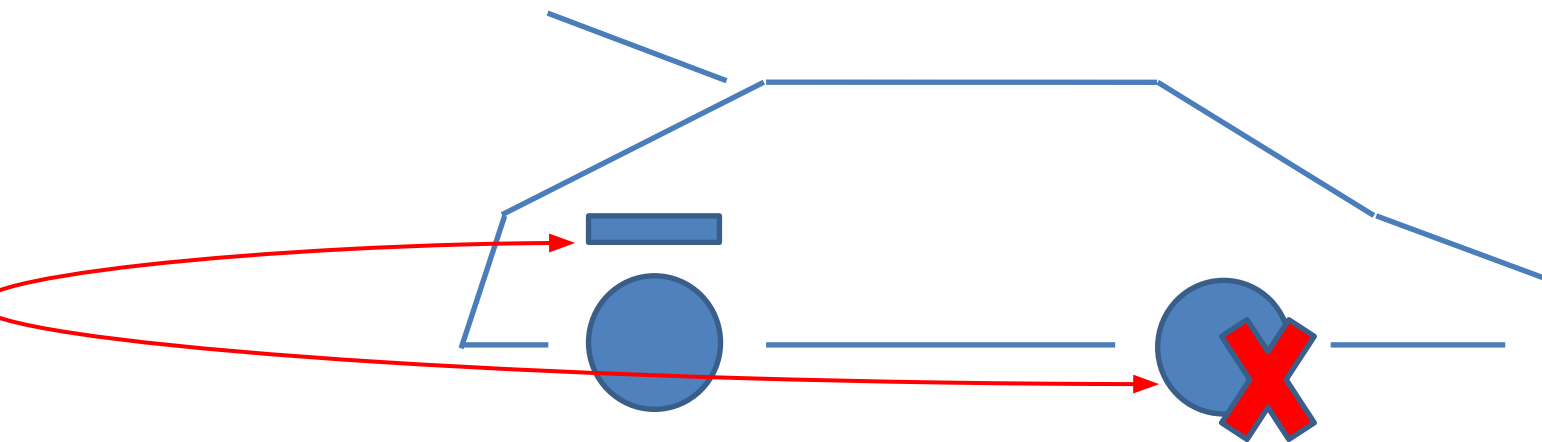
7. Redundancja

Prof. Wojciech Zamojski

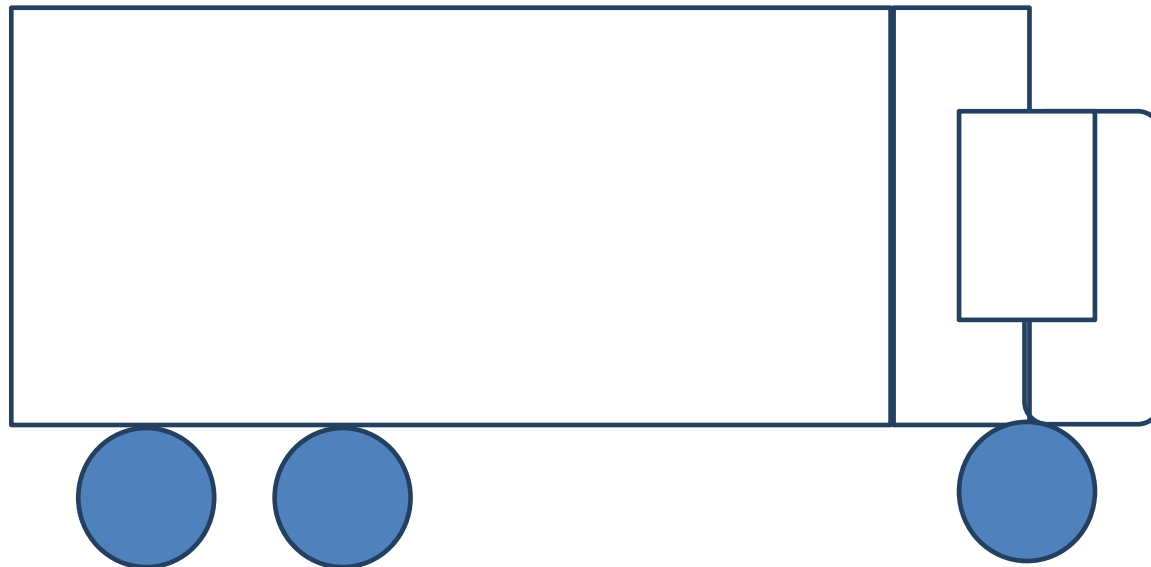
Wojciech.Zamojski@pwr.wroc.pl

7.1 Wprowadzenie

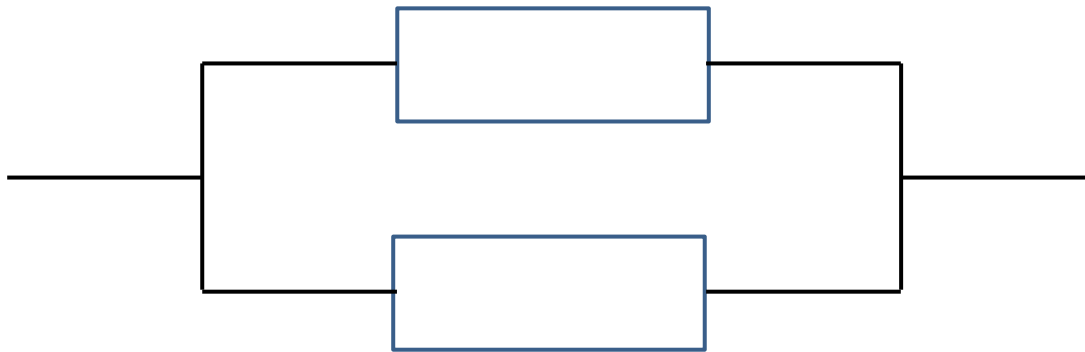
- Rezerwa zimna



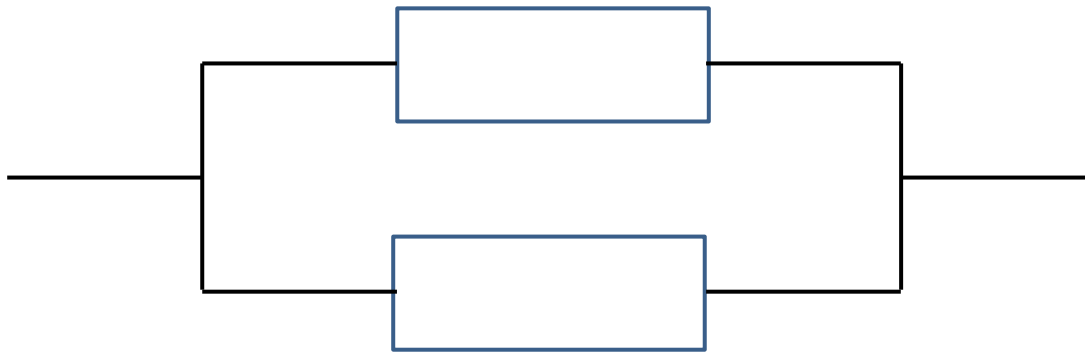
- Rezerwa gorąca



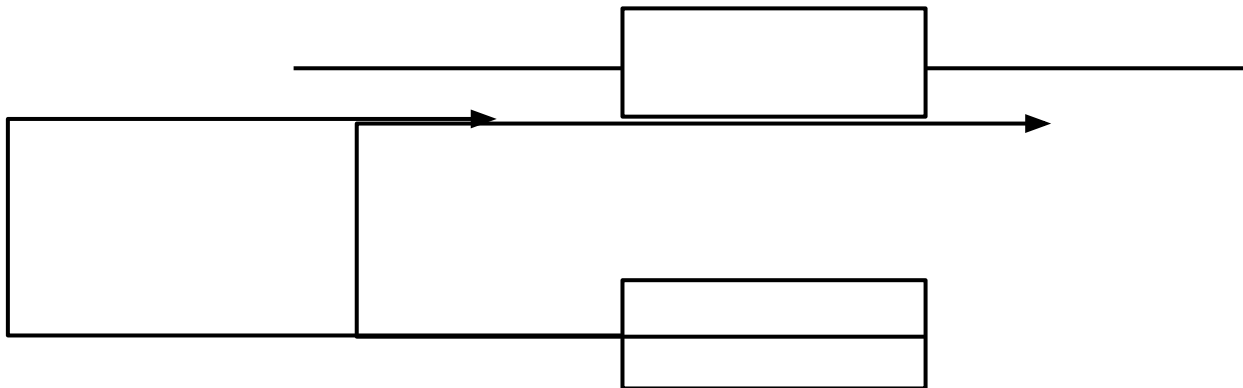
- **System o równoległej strukturze niezawodnościowej** jest to system zbudowany z N elementów, w którym uszkodzenie co najmniej n elementów ($0 < n \leq N$), powoduje dopiero uszkodzenie systemu



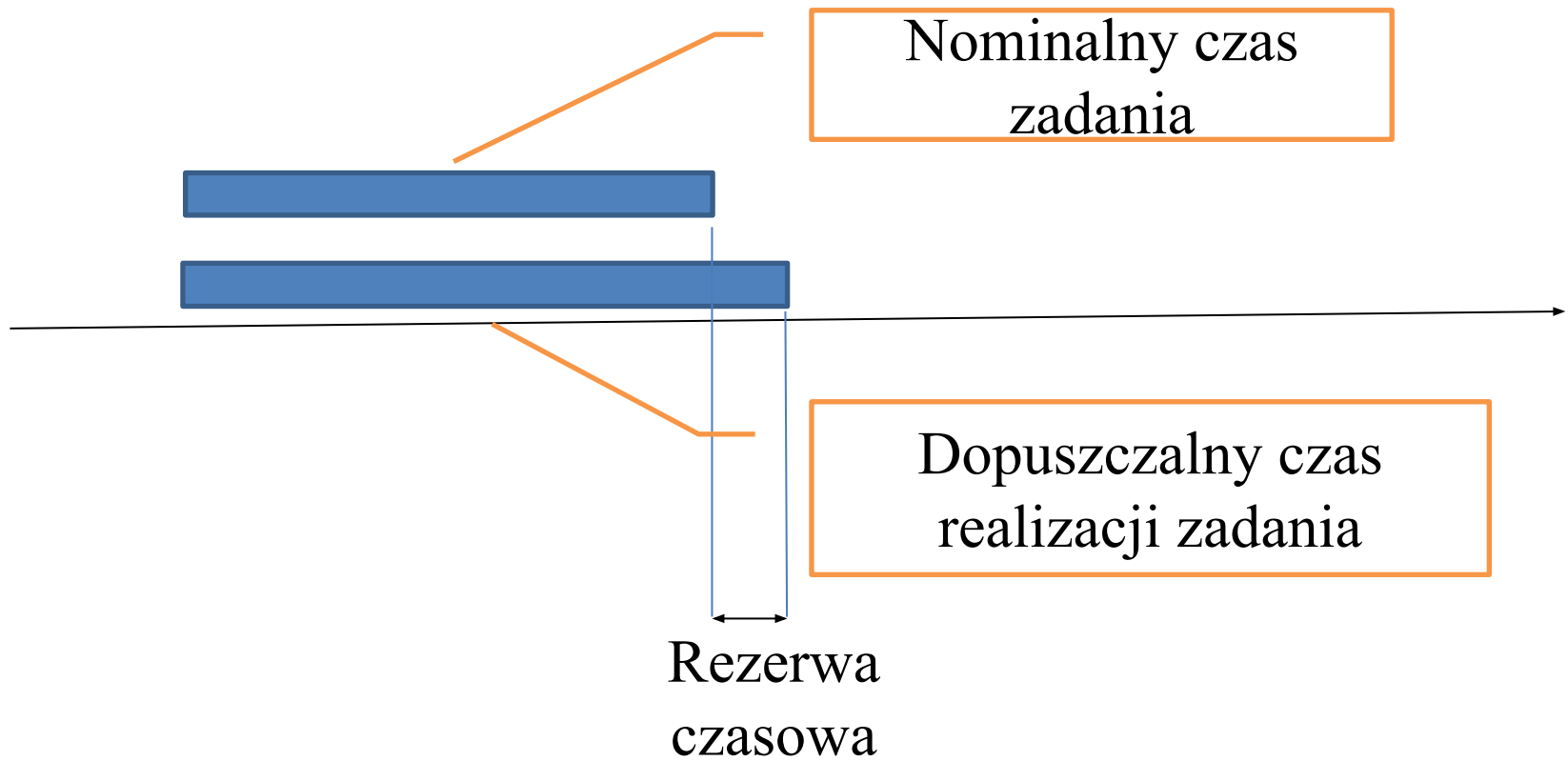
- **System o równoległej strukturze niezawodnościowej** jest to system zbudowany z N elementów, w którym uszkodzenie co najmniej n elementów ($0 < n \leq N$), powoduje dopiero uszkodzenie systemu



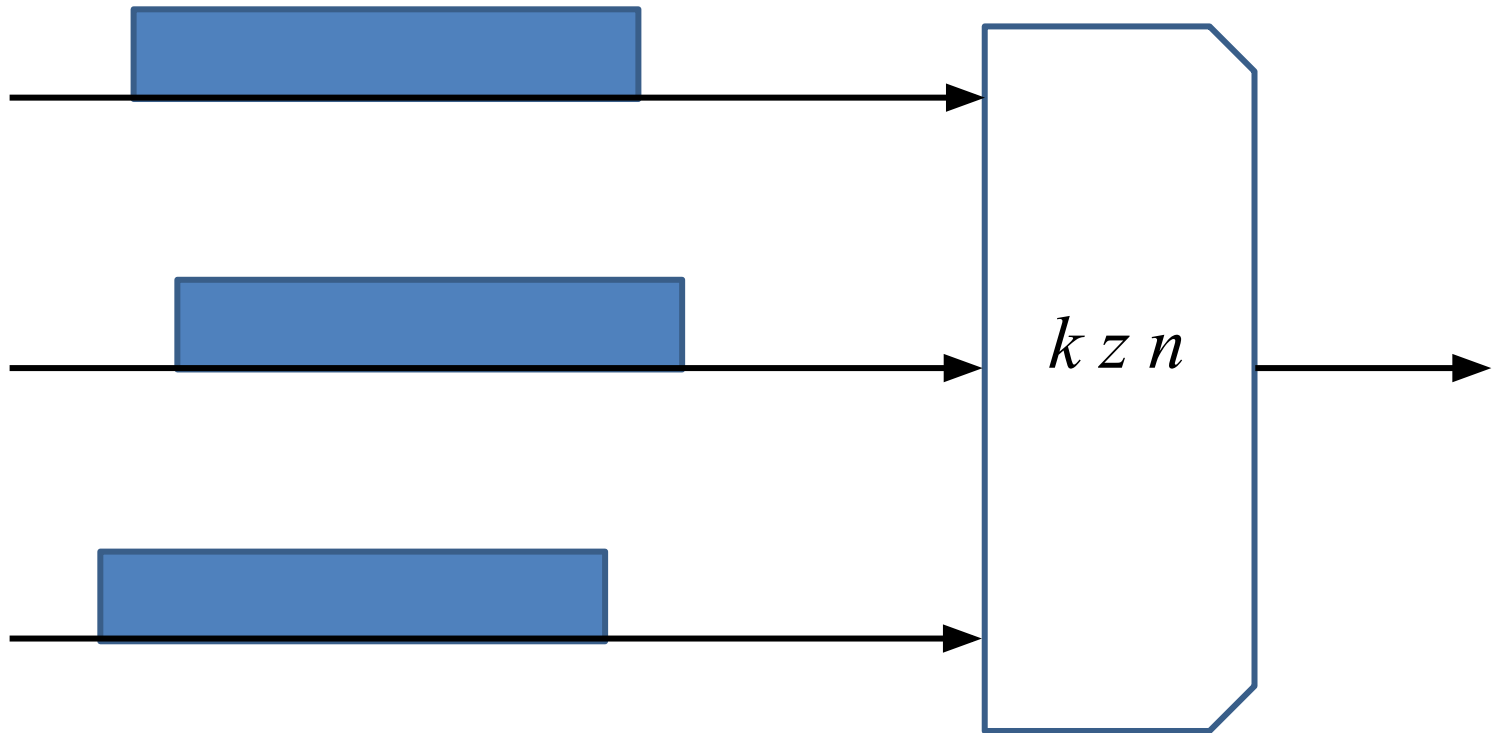
- **Rezerwowanie (redundancja)** – metody zwiększania niezawodności systemu poprzez uzupełniania systemu o dodatkowe zasoby (resursy) przejmujące funkcje i zadania uszkodzonych podstawowych zasobów (elementów)



System z rezerwowym układem



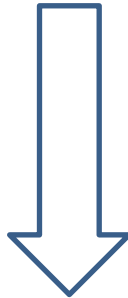
Rezerwa progowa



Rezerwa funkcjonalna



Funkcja f
czas $t = \text{koszt } c$



Funkcja f_1
czas $t_1 = \text{koszt } c_1$

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

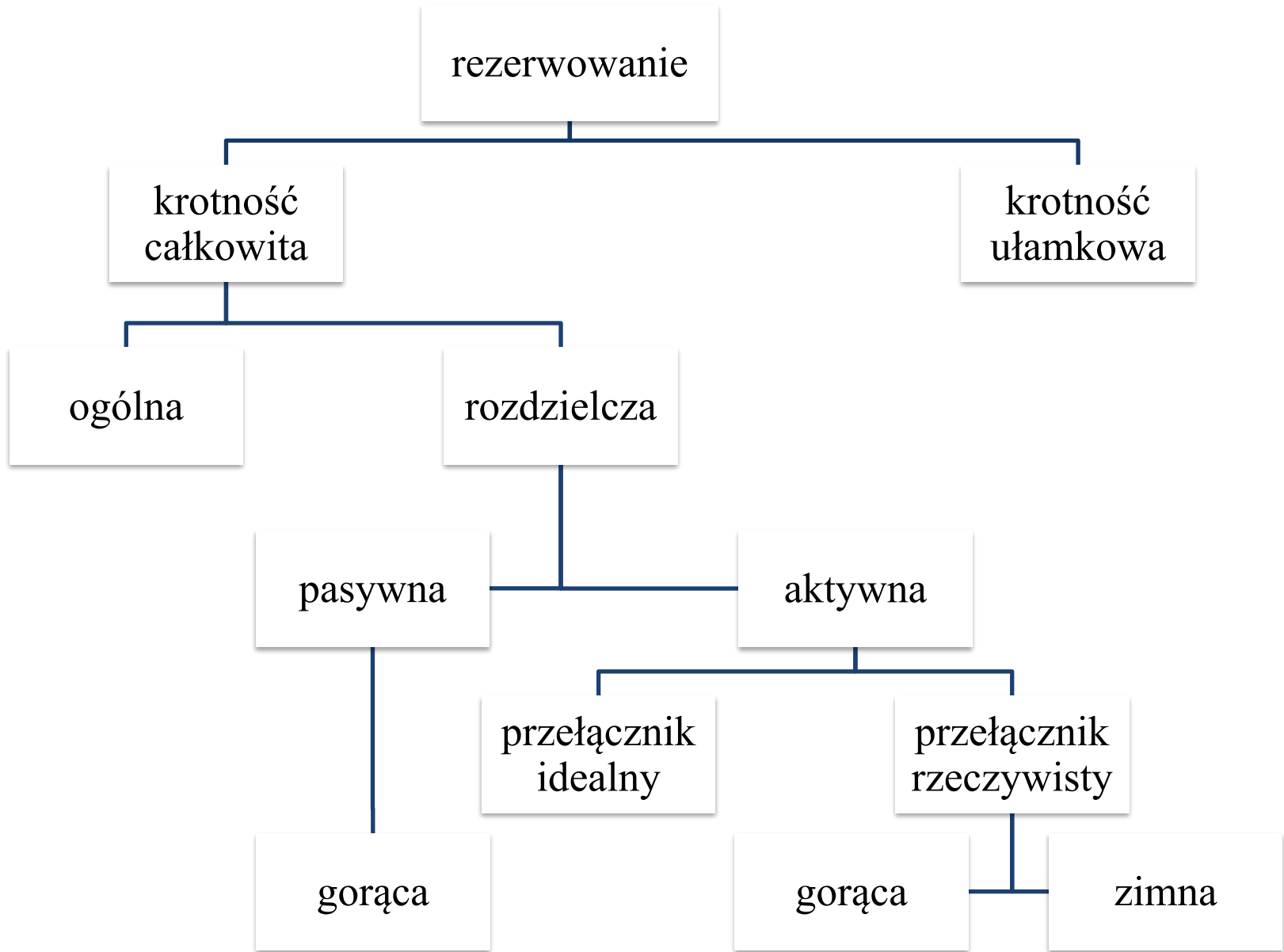
- **Krotność rezerwowania** stosunek liczby elementów rezerwowych do liczby elementów rezerwowanych

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

N_0 – liczba elementów podstawowych

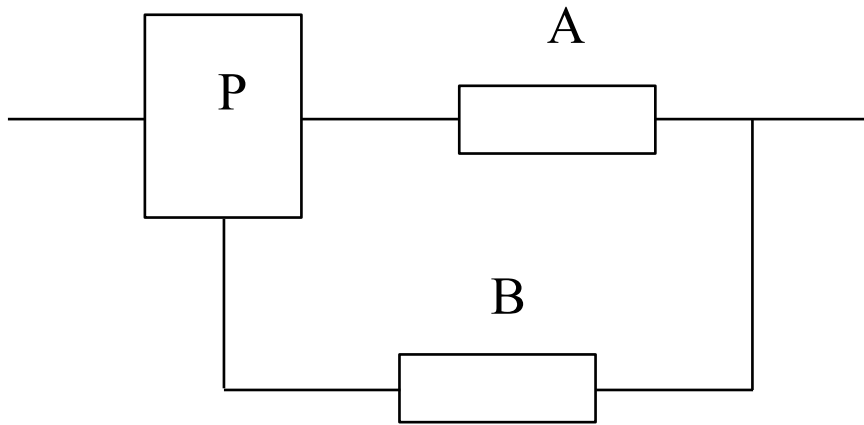
N_R – liczba elementów rezerwowych

- Krotność całkowita i krotność ułamkowa

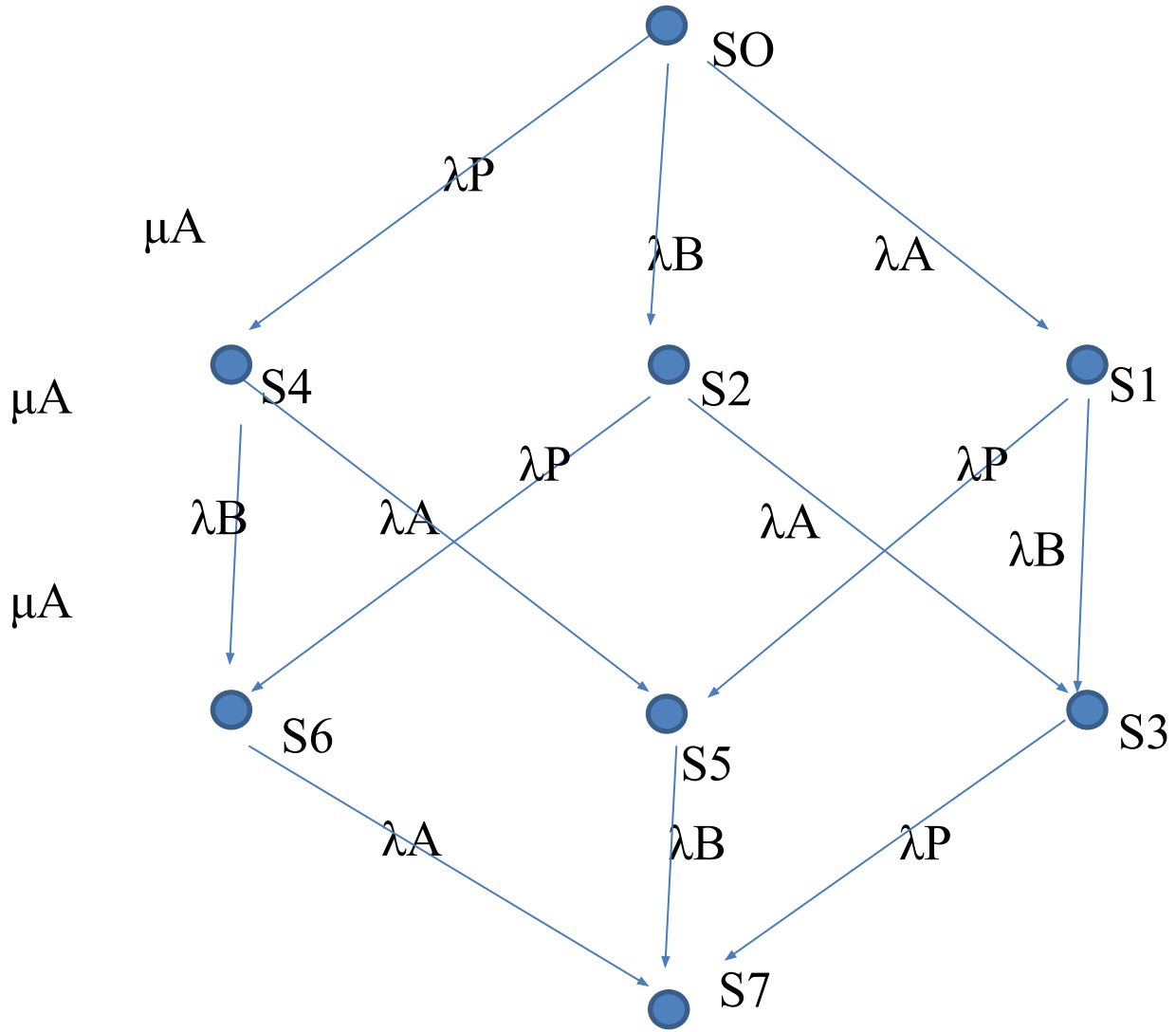


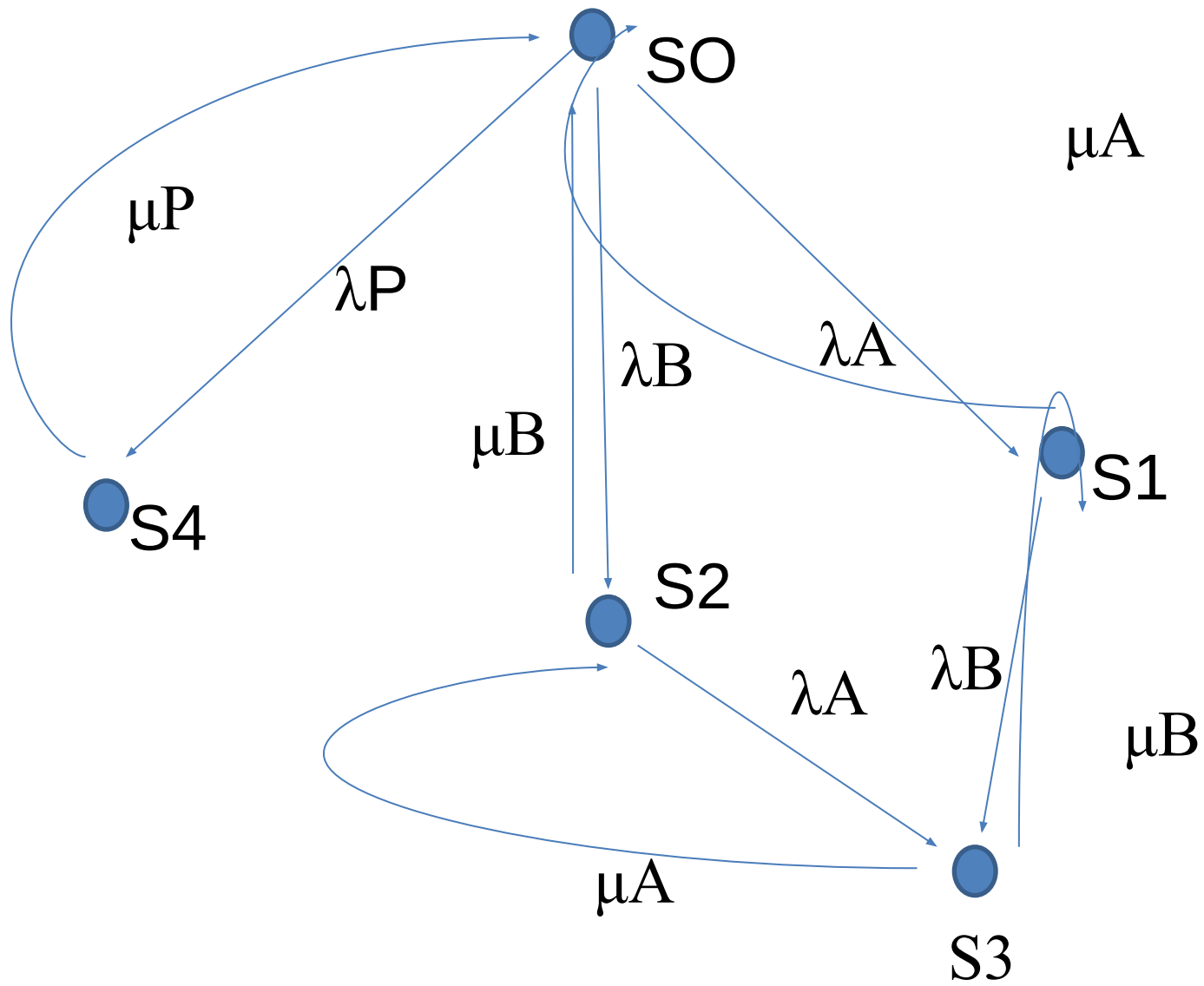
Przykład 7.1 Rezerwa aktywna – warunki stacjonarne

- 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	-





- 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

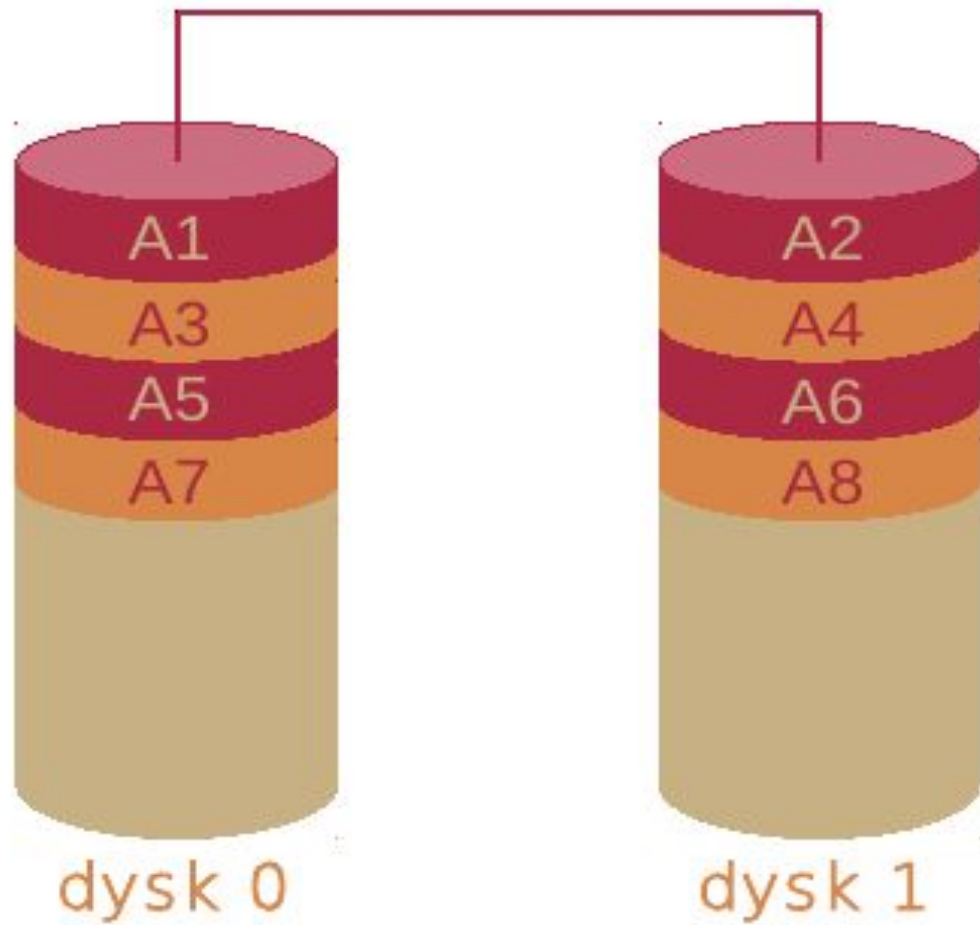
7.3.1 Macierze dyskowe - RAID programowy

- **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 do zapisu
- Wady:
 - brak odporności na awarie dysku
 - łatwość utraty danych

RAID 0



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

- Przykład 1 RAID 0

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

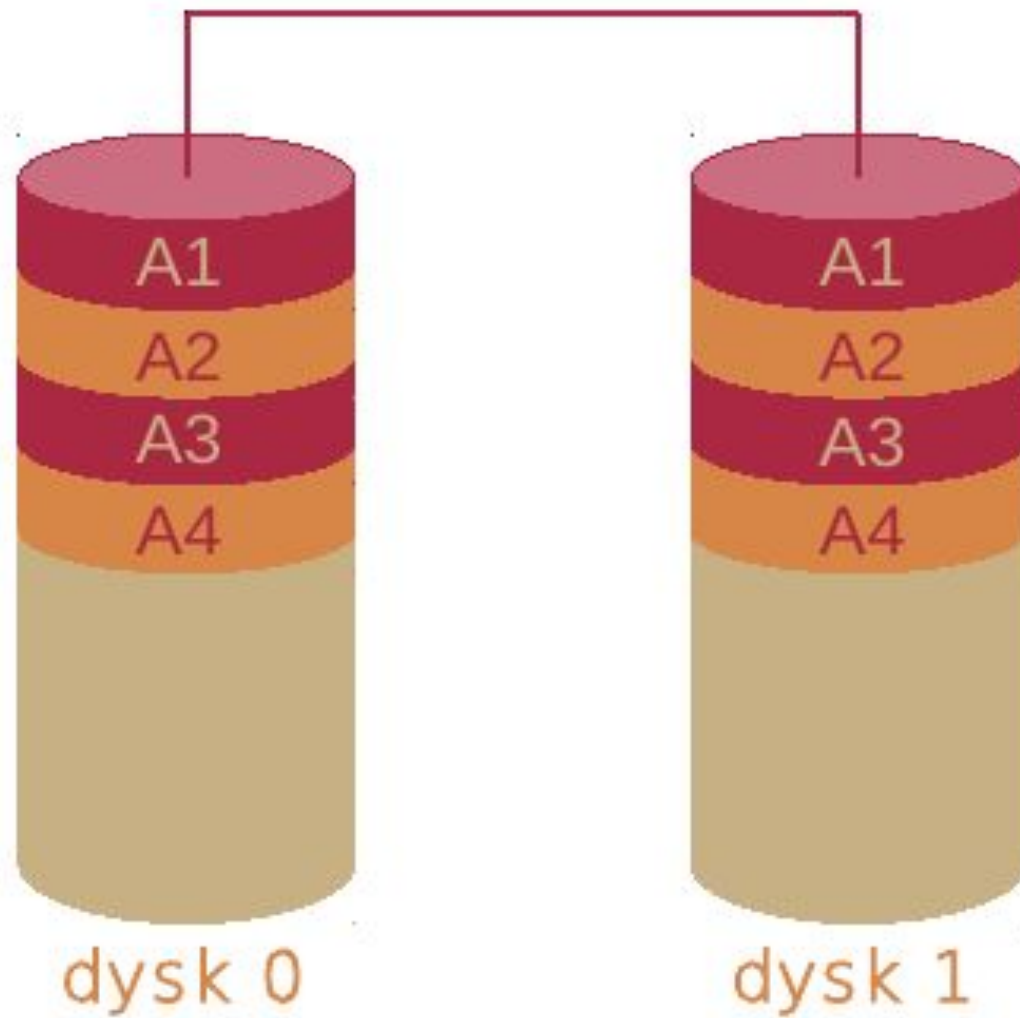
- Przykład 2 RAID 0

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



- Zastosowania:
 - miejsce pod instalację systemu operacyjnego serwera
 - kopie zapasowe
 - ważne dane
- Przykład 1 RAID 1:
 - 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

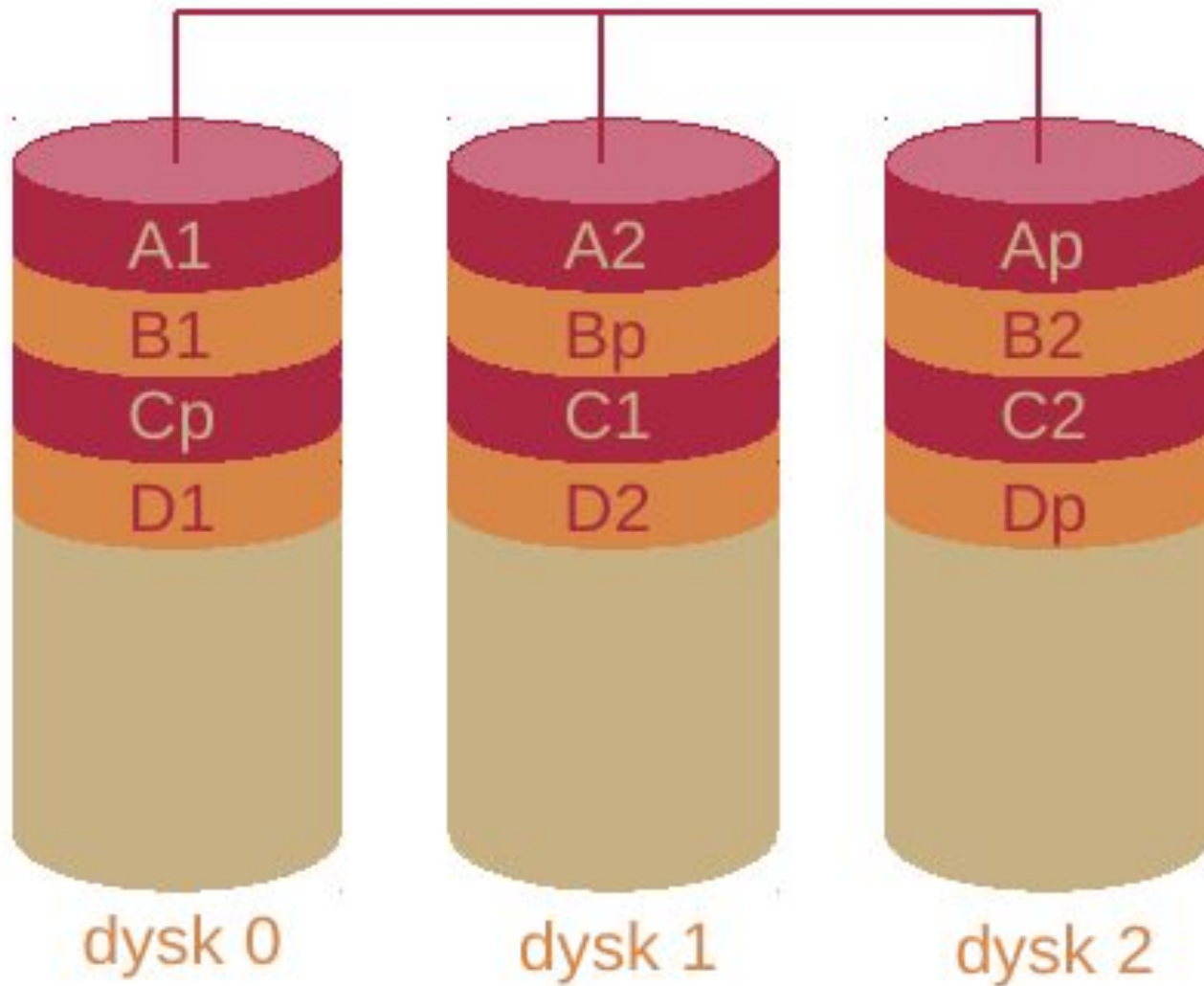
Macierze oparte o trzy dyski;

- 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



- Zalety:
 - odporność na awarię jednego z dysków
 - wyższa prędkość zapisu/odczytu w porównaniu 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

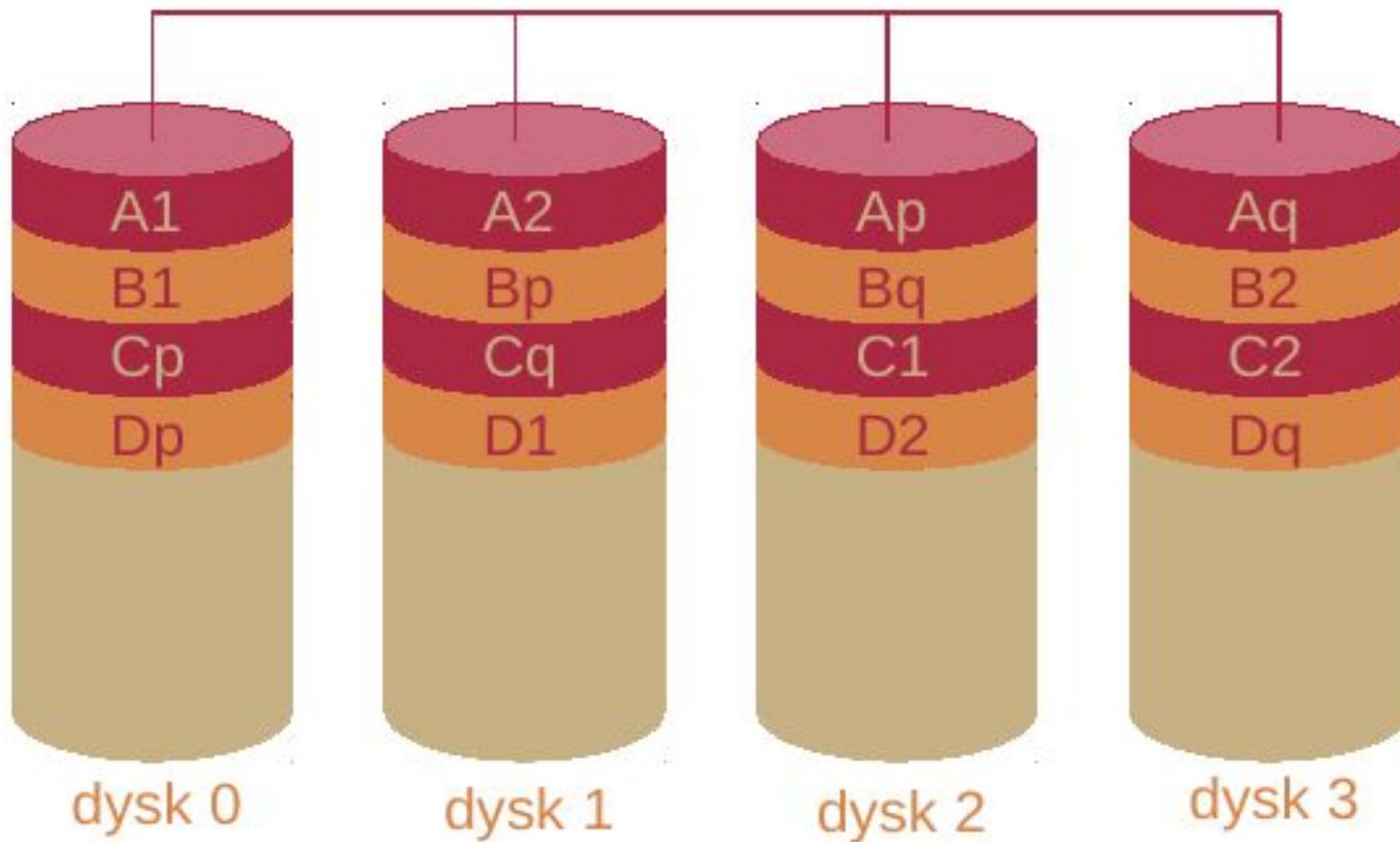
Przykład 1 RAID 5:

- Pięć dysków po 250 GB zostaje połączonych w RAID 5.
- Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar $250 \times (5-1) \text{ GB} = 1 \text{ TB}$.
- 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



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