# Lezione 13 -

## Analisi Affidabilità

↳ per Stima del costo di non disponibilità.

Vogliamo il costo totale minore che è la somma tra il costo di impianto e costo di inefficienza.

Abbiamo guardato l'esempio delle lampadine.

Abbiamo visto la densità di guasto

↳ La probabilità che si guasti in una finestra temporale.

Accumulata di guasto ($F$)

↳ Probabilità che si guasta entro un intervallo

↳ Inverso è affidabilità / reliability ($R$) $= 1 - F$

↳ La probabilità che si guasti dopo un certo periodo.

Per noi l'affidabilità è dipendente solo dal tempo.

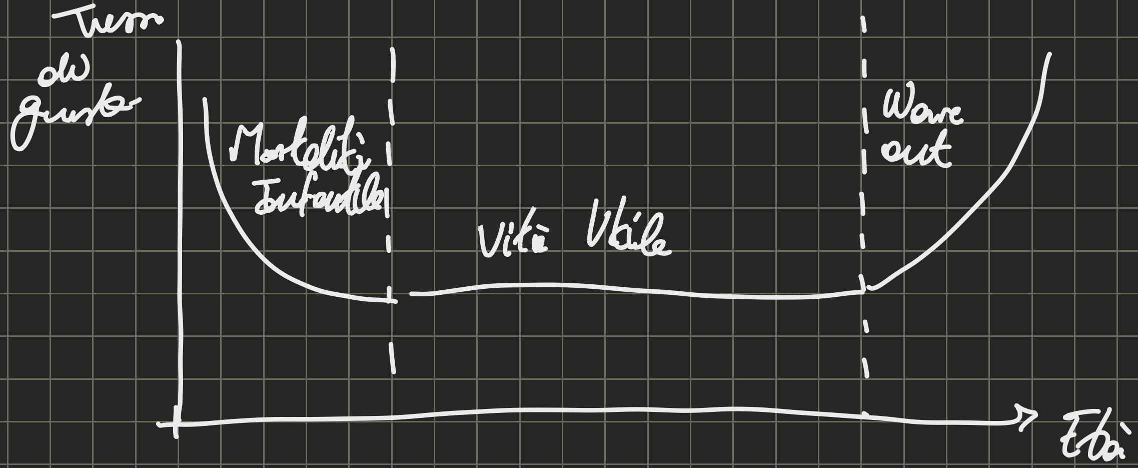
## Quando è corretto fare manutenzione?

Tasso di guasto

↳ La probabilità che si guasti nel periodo di tempo successivo.

$$z(t) = \frac{f(t_2 - t_1)}{R(t_1)}$$

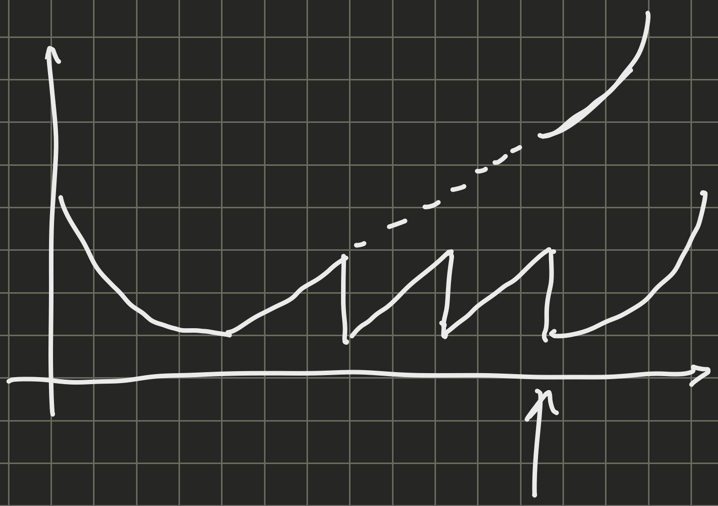
Il tasso di guasto prende forma di vasca da bagno:




Ogni oggetto può avere la sua forma per l'andamento del tasso di guasto.

↳ Capire la forma dell'andamento ci indica quando facciamo la manutenzione o quando diamo la garanzia.

La manutenzione diminuisce il tasso di guasto ad una forma as-good-as-new



A questo punto la manutenzione non può agire abbastanza velocemente.

Possiamo fare la manutenzioni in periodi di poco uso per non interrompere completamente la produzione.

Se la manutenzione è per guasto la produzione è fermata completamente quindi è meglio fare la manutenzione prima del guasto.

Per noi prendiamo $z(t) = \lambda = \text{cost}$

allora $R(t) = e^{-\lambda t}$

$t$ = tempo di missione
$\lambda$ = tasso di guasto costante. $\sim O(10^{-4})$

se $\lambda = 3{,}7 \cdot 10^{-4}$ $\left[\frac{\text{guasti}}{h}\right]$ e $t = 1000h$ $\Rightarrow R = e^{-\lambda t} = 69\%$

↳ probabilità che si rompa dopo 1000h

$f = 1 - R = 31\%$ → probabilità che si rompa prima di 1000h t di solito è dato, dobbiamo calcolare solo $\lambda$.

Tempo medio di funzionamento prima del guasto:

$$MTTF = \text{Mean time to failure} = 1/\lambda$$

Tempo medio tecnico di intervento di riparazione

↳ $MTTR$ = Mean time to Repair = $1/\lambda$

$\mu \rightarrow$ tasso di sostituzione $\left[\frac{\text{guasti}}{h}\right]$

(MTBF)

Mean time between failures: MTTR + MTTR

↳ Il tempo tra due guasti incluso il tempo di riparo.

Per calcolare MTTF:

$$MTTF = \sum_i \left[ f(t_{i+1} - t_i) \cdot \frac{t_{i+1} + t_i}{2} \right]$$

↳ Si non abbiamo $\lambda$

Disponibilità / Availability (A)

$$A = \frac{\text{Uptime}}{\text{Uptime} + \text{Downtime}} = \frac{MTTF}{MTBF} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

$$\stackrel{!}{=} \frac{MTTF}{MTTF+MTTR}$$

Esempio

$$\lambda = 3{,}7 \cdot 10^{-4} \qquad \Rightarrow A = \frac{4{,}5 \cdot 10^{-2}}{4{,}5 \cdot 10^{-2} + 3{,}7 \cdot 10^{-4}} = 0{,}99$$

$$\mu = 4{,}5 \cdot 10^{-2}$$

99% del tempo il componente funziona

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3{,}7 \cdot 10^{-4}}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{4{,}5 \cdot 10^{-2}}$$

Affidabilità e Tasso sono percentuali

Disponibilità è rapporto tra tempi.

$$A = \frac{MTTF}{MTTR + MTTF}$$

<u>Quando si usa Re</u> | <u>quando A</u>:

Se il componente è riparabile si usa la affidabilità
↳ perché deve per forza arrivare a fine missione.

se il componente è riparabile è in base al costo maggiore
↳ se costo del guasto usiamo la affidabilità
↳ se è prevalente il costo di inefficienza usiamo la disponibilità
↳ andiamo a minimizzare MTTR e

massimizzare MTTF.

## Affidabilità e Disponibilità dei Sistemi

↳ andiamo a vedere dove quel componente o nel sistema guastato.

Ci possono esser dati schemi fisici e schemi affidabilistici.

↳ Sistemi non riparabili → Reliability
    ↳ se si rompe il componente si rompe il sistema allora il pezzo non arriva a fine
↳ Se riparabile → Disponibilità.

Tipi di sistemi:

↳ Serie → devono funzionare tutti i componenti
↳ Parallelo → basta che ne funzioni uno per aver funzionamento.

Ci possono esser componenti di standby
↳ Stand-by freddo → non è completamente in uso, richiede tempo di attivazione
↳ Stand-by caldo → è già attivo solo

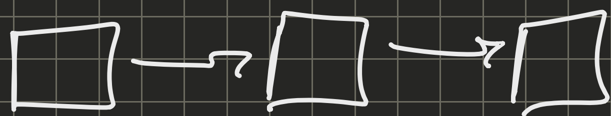
a regime ridotto, ha tempi di attivazione minore ma visto che è in uso è già parzialmente usurato.

Sistemi in Serie

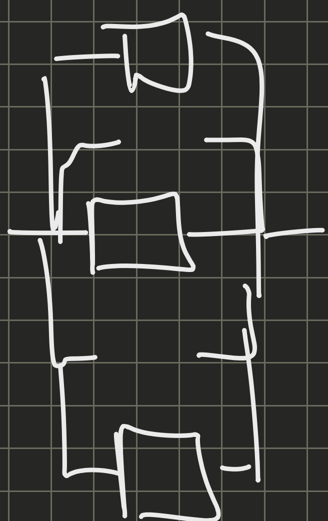
↳ Tutto sistema muore se un componente si rompe

↳ $R_{serie}(t) = \prod_i R_i(t)$

$R_{serie} < \min(R_i)$



Sistema in Parallelo:



$$R_{par}(t) = 1 - \underbrace{\prod_i \underbrace{[1 - R_i(t)]}_{\text{la probabilità che non ne funzioni nessuno}}}_{\text{la probabilità che ne funzioni almeno uno.}}$$

$R_{par} > \max(R_i)$

In serie molto debole ma costa poco, invece parallelo è affidabile ma costa più.

Dobbiamo scegliere quale è meglio

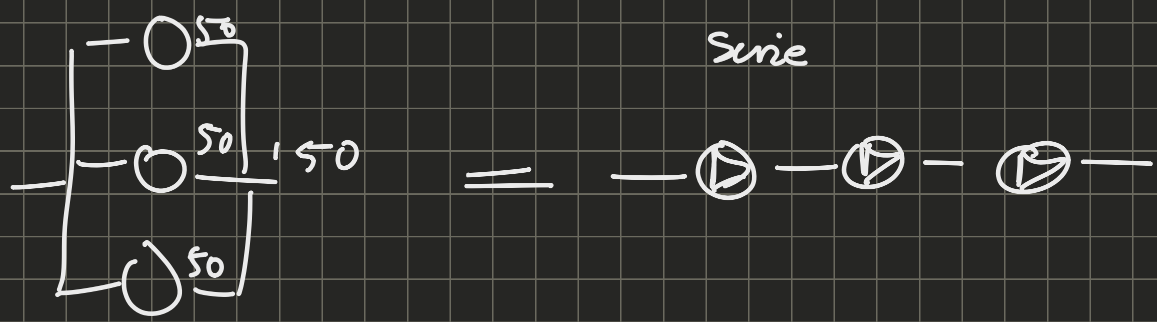
Sistemi Ridondanti (o $\frac{k}{n}$)

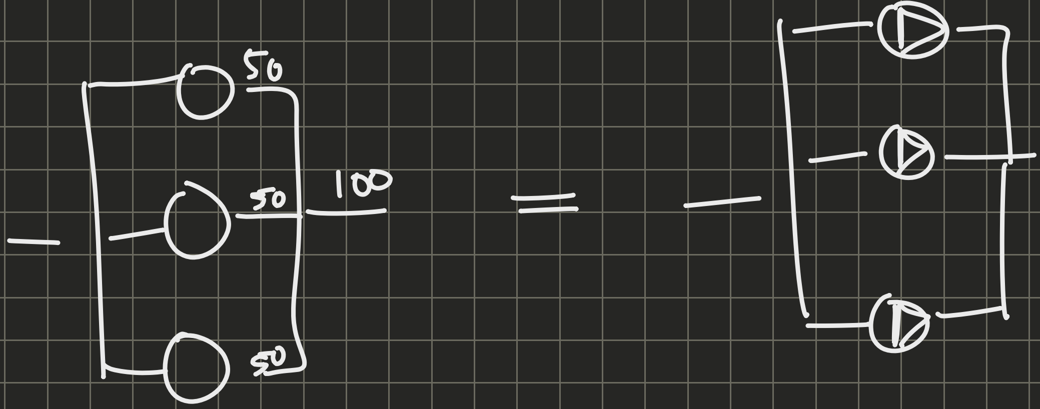
↳ Sistemi in parallelo dove almeno k sugli n componenti devono funzionare.

È la somma delle probabilità che $\frac{k}{n}$ componenti funzionino

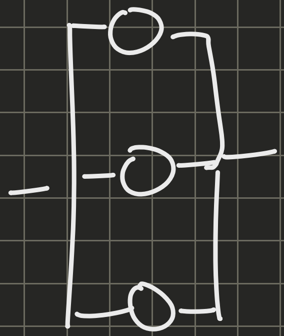
| Up | Up | Down | |
|---|---|---|---|
| 0,8 · | 0,8 | · (1-0,8) | → 0,128 |

Schema Fisico e Schema Affidabilistico

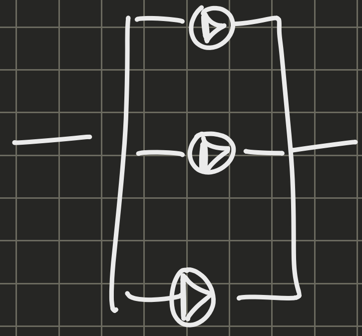


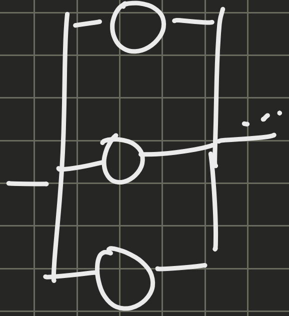

$\frac{k}{n} = \frac{2}{3}$



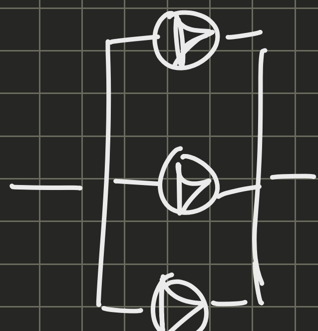
=



$$\frac{u}{n} = \frac{1}{n}$$



servizio
———
parziali
stabile



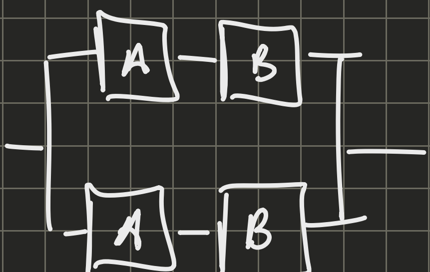
Esercizi

Calcolo Affidabilità

$\lambda_A = 2,5 \cdot 10^{-5}$

$\lambda_B = 3,4 \cdot 10^{-5}$

$t = 1000\,h$

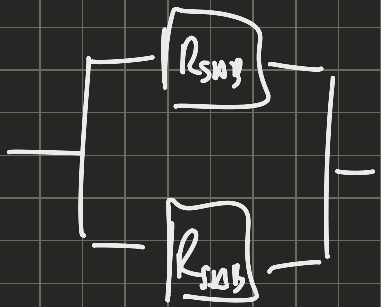



$\rightarrow$ Affidabilità $(R(t))$

$$R(t) = e^{-\lambda t} \qquad t = 1000$$

$$\lambda_A = 2{,}5 \cdot 10^{-5} \rightarrow R_A = e^{-2{,}5 \cdot 10^{-5} \cdot 1000} = 0{,}9753$$

$$\lambda_B = 3{,}4 \cdot 10^{-4} \rightarrow R_B = e^{-3{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot 1000} = 0{,}7117$$




$$R_{SAB} = R_A \cdot R_B = 0{,}9753 \cdot 0{,}7117 = 69{,}42\%$$

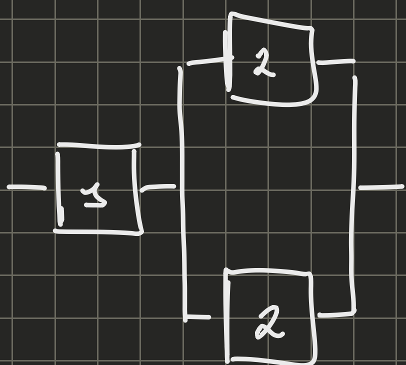

$$R_{//SAB} = 1 - \Big[\underbrace{(1 - R_{SAB})}_{\text{Ramo 1}} \cdot \underbrace{(1 - R_{SAB})}_{\text{Ramo 2}}\Big] = 1 - (1 - R_{SAB})^2 = 90{,}65\%$$

<u>Esercizio 2</u>

$$\lambda_1 = 3{,}4 \cdot 10^{-5} \qquad R_1 = e^{-\lambda_1 \cdot t} = 0{,}9732$$

$$\lambda_2 = 2{,}1 \cdot 10^{-4} \qquad R_2 = e^{-\lambda_2 \cdot t} = 0{,}8453$$

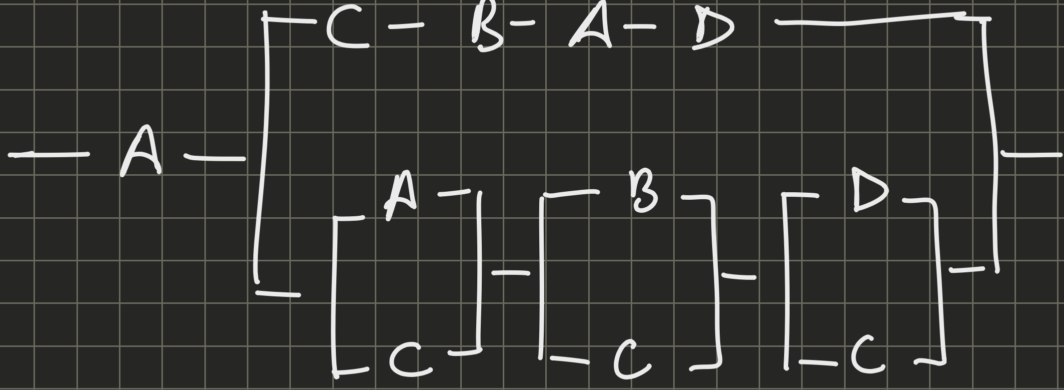
$$t = 800$$




$$R_{//} = 1 - (1 - R_2) \times (1 - R_2) = 0{,}9761$$

$R_s = R_I \cdot R_{II} = .9499$

Esercizio 3 → Un po' più complicato



$\lambda_A = 2\cdot10^{-5}$ ; $\mu_A = 6\cdot10^{-4}$

Statistica guasti B → Tabella 1, Tabella 2    TTR di B

$\mu_C = 4\cdot10^{-4}$ ; $A_C = 95\%$

D → TTR(h) come grafico 1, $A_D = 98\%$

$t = 10000\,h$

$R_{sistema}$ ?

Prima troviamo R per i vari componenti e poi per il sistema.

Componente A

$$R_A = e^{-\lambda_A t} = e^{-2\cdot10^{-5}\cdot10^{4}} = .819$$

Componente B

TTR ↔ MTTR → $\mu$    $A_B = \frac{\mu}{\mu+\lambda}$ → ma non lo abbiamo quindi la tabella 2 è inutile.

Tabella 1 → MTTF

$R_B =$

$$MTTF = \sum_i \left( f(t_2 - t_1) \cdot \frac{t_2 + t_1}{2} \right)$$

Tabella 1

| Tempo | $N_g$ | $(t_2+t_1)/2$ | $f(t_2-t_1)$ |
|---|---|---|---|
| 0 - 1000 | 3 | 500 | 3/55 |
| 1000 - 2000 | 6 | 1500 | 6/55 |
| 2000 - 3000 | 10 | 2500 | 10/55 |
| 3000 - 4000 | 7 | 3500 | 7/55 |
| 4000 - 5000 | 12 | 4500 | 12/55 |
| 5000 - 6000 | 9 | 5500 | 9/55 |
| 6000 - 7000 | 5 | 6500 | 5/55 |
| 7000 - 8000 | 2 | 7500 | 2/55 |
| 8000 - 900 | 1 | 8500 | 1/55 |
| | 55 | | |

3 984,5

$MTTF_B$

se $MTTF_B = 3984{,}5$

$$\lambda_B = \frac{1}{MTTF_B} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$$

$$R_B = e^{-\lambda t} = e^{-2{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 10000} = 0{,}082$$

La tabella va fino a 9000 ma noi guardiamo fino a 10000, non va bene.

Opzione 1 → a 9000 si guasta ⇒ a 10000 non funziona, quindi $R_B = 0$

Opzione 2 → ipotizzo che tra 9000 e 10000 non cambia niente quindi $R_B = 0{,}082$

→ Andiamo

## Componente C

Abbiamo $A_c$ e $\mu_c$

$$A_c = \frac{\mu_c}{\mu_c + \lambda_c}$$

$$\lambda_c = \mu_c \left(\frac{1}{A} - 1\right) = 2,105 \cdot 10^{-5}$$

$$R_c = e^{-\lambda_c t} = .8102$$

## Componente D

$$A_D = .98$$

Abbiamo TTR da grafico ⇒

( $MTTR = \frac{\sum_i TTR}{n} = 185 \frac{h}{guasto} \rightarrow \mu = 5,405 \cdot 10^{-3} \frac{g}{h}$

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \Rightarrow MTTF ?\rightarrow \frac{1}{\lambda}$$

o $A = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \rightarrow MTTR \Rightarrow \mu \rightarrow \lambda$

$$\lambda_D = \mu_D \left(\frac{1}{A_D} - 1\right) = 1,103 \cdot 10^{-4}$$

$$R_D = e^{-\lambda_D t} = 33,18\ \%$$

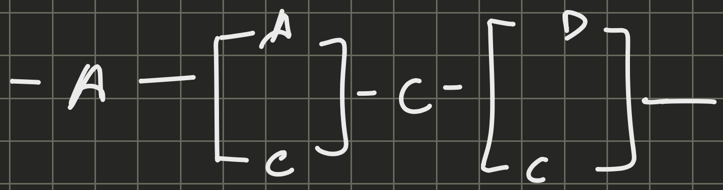
$R_A = 0,8109$

$R_B =$
- Opzione 1 = 0 → 1 ramo sopra è 0
- opzione 2 = 0,082 → Ramo sopra è debole

$R_c = 0,8102$

$R_D = 0,3318$

Opzione 3: $R_B = 0$




Ramo 3 ha $R = 0$, quindi lo ho tolto per spazio.

$$R_{ramo\,2} = R_{//AC} \cdot \underset{\substack{\| \\ R_C}}{R_{//BC}} \cdot R_{//DC}$$

$$R_{//AC} = 1 - \left[(1-0{,}819)(1-.8102)\right] = 0{,}966$$

$$R_{//BC} = 1 - \left[(1-0)(1-.8102)\right] = .8102 = R_C$$

$$R_{//DC} = 1 - \left[(1-.3318)(1-.8102)\right] = .873$$

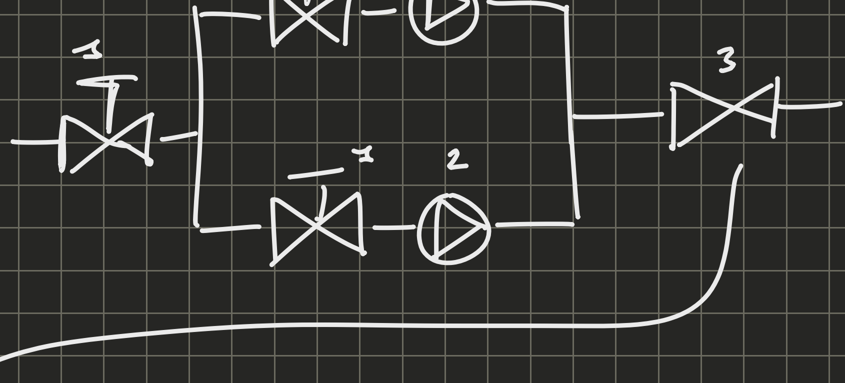
$$R_{ramo\,2} = .966 \cdot .8102 \cdot .873 = .6832$$

$$R_{sist} = R_A \cdot R_{ramo\,2} = .819 \cdot .6832 = .5596$$

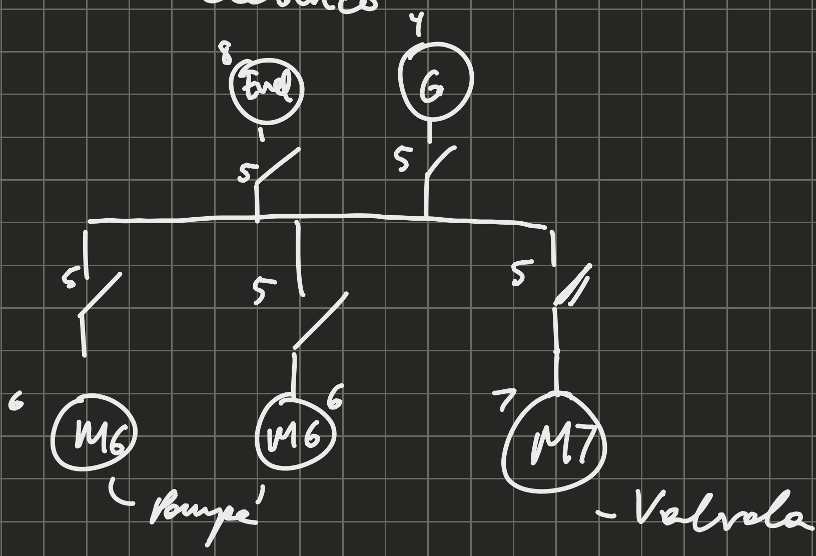
Per aumentare si può dare ridondanza all'A iniziale e sicuramente dobbiamo agire su B e C.
Noi non scegliamo tra le affidabilità e disponibilità

<u>Esercizio 7</u>

Schema Idraulico



Schem Elettrico




Generatore emergenza — INTERRUTTORE
ENEL — INTERRUTTORE

Valvola 1

Piegato io per spazio

Da dove arriva l'elettricità dove inizia lo schema

Casi:
- 20 l/s
- 40 l/s

Caso 20l/s

Valvola — Motore6 — Interruttore5 — Pompa

Valvola — Motore6 — Interruttore5 — Pompa

20l/s

Interruttore

Motore 7

Valvola Motorizzata

Serve che funzioni solo una delle due pompe tale che funzioni in sistema

Caso 40l/s

Valvola
Motore
Interruttore
Pompa

Valvola
Motore
Interruttore
Pompa

Interruttore
Pompa
Valvola Motorizzata