

# ALGORITMI E STRUMENTI per il PROJECT MANAGER

Manlio Morini

*<http://eos.pi.it>*



*Rev 1.11 (2009-12-19)*

*Prima stesura 2009-11-29*

# CONTENUTI

- Tecniche reticolari (CPM, PERT).
- Gantt.
- Agile Project Management.
- Earned Value.
- Valutazione dei rischi.
- Brainstorming e mind mapping.
- Conflitto e rapporti di forza.

# TECNICHE RETICOLARI

## Definizione

Sono strumenti di programmazione e controllo particolarmente adatti alla pianificazione di progetti complessi.

# TECNICHE RETICOLARI

## Origini

- Derivano dalla Teoria dei Grafi.
- Sono state introdotte fra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60.

# TECNICHE RETICOLARI

## Input

- Le **attività** (o fasi od operazioni) necessarie alla realizzazione del progetto;
- la loro **sequenza** logica tecnologico-temporale;
- le **risorse** da assegnare ad ogni attività e, sulla base di queste, le durate ed i costi di ogni operazione.

# TECNICHE RETICOLARI

## Output

- Durata del progetto
- Valutazione dei costi necessari

# TECNICHE RETICOLARI

## Perché?

- Ci permettono di:
  - **valutare le diverse alternative di attuazione** temporalmente, economicamente e finanziariamente;
  - **allocare le risorse** nel miglior modo;
  - individuare le **operazioni più critiche**, ovvero quelle da cui dipende la durata del progetto;
  - **controllare.**

# TECNICHE RETICOLARI

## Controllo

- Gli obiettivi (output) sono misurabili, quindi confrontabili con le rilevazioni temporali e di costo durante lo svolgimento;
- analisi degli scostamenti ed individuazione delle cause;
- definizione degli interventi correttivi.

# TECNICHE RETICOLARI

## *Side effects*

- Si stimola e facilita la comunicazione, fornendo un **linguaggio comune** a coloro che partecipano alla pianificazione ed all'attuazione del progetto.
- Si costringe la **creazione di strutture e sistemi organizzativi**, nonché di procedure di pianificazione e controllo.
- Si invoglia la **partecipazione attiva** degli operatori e la sensibilizzazione alle altrui problematiche.

# TECNICHE RETICOLARI

## Quando?

- Predisposizione ed impiego di queste tecniche richiedono tempo e risorse.
- Nei grandi progetti i benefici ottenibili giustificano ampiamente gli sforzi organizzativi ed economici correlati.
- L'uso può essere proficuo anche per la rappresentazione di piccoli progetti e/o semplici cicli di lavoro.
- Sono comunque necessari strumenti informatici.

# TECNICHE RETICOLARI

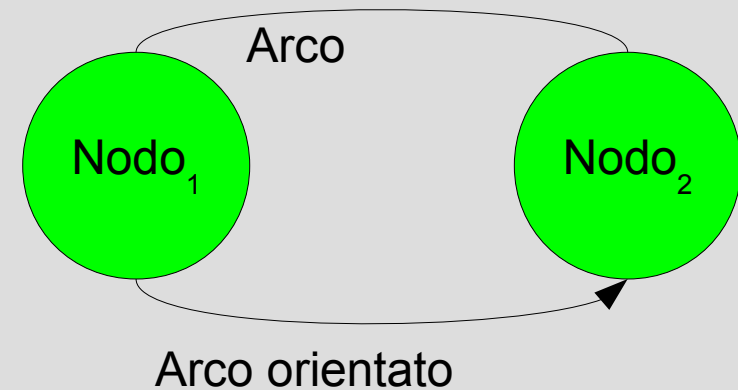
## Quali?

- Critical Path Method (**CPM**)  
deterministico (durata operazioni certa)
- Program Evaluation and Review Technique (**PERT**)  
probabilistico (durata delle attività incerta)

# TECNICHE RETICOLARI

## Rappresentazione grafica

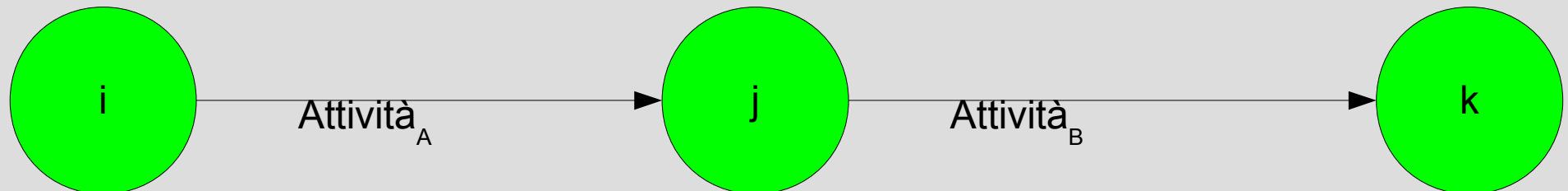
- La rappresentazione è sempre basata sui grafi.
- Terminologia: nodo, arco, arco orientato, grafo aciclico, cammino, predecessore, successore, grafo connesso, *scheduling network*.



# TECNICHE RETICOLARI

## Attività sugli archi (AOA)

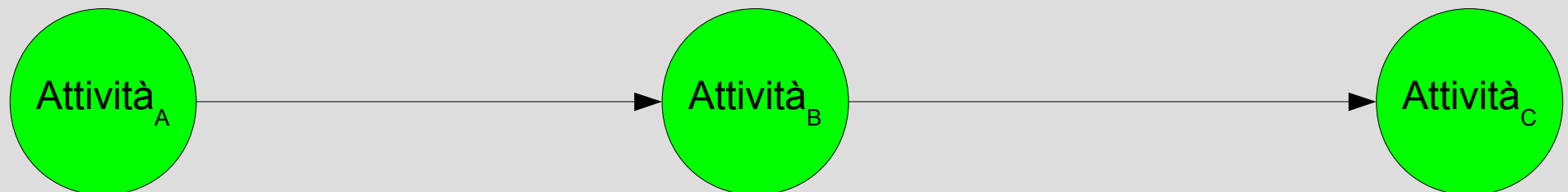
- La rappresentazione grafica originaria, detta **reticolo i-j** o **Activity On Arc**, è orientata sugli eventi:
  - i nodi rappresentano l'evento/lo stato;
  - gli archi rappresentano l'attività.



# TECNICHE RETICOLARI

## Attività sui nodi (AON)

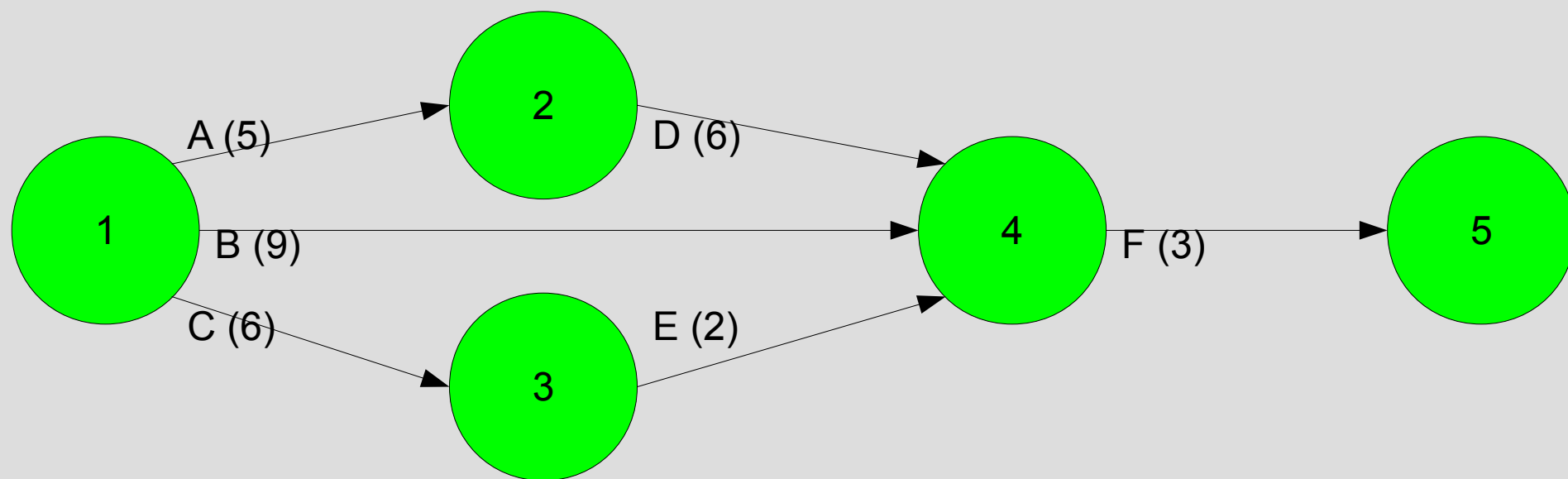
- La rappresentazione grafica duale della precedente, detta **Activity on Node**, è oggi quella più in uso:
  - i nodi rappresentano l'attività;
  - gli archi rappresentano le interrelazioni (sequenzialità) / i vincoli.



# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AOA 1a

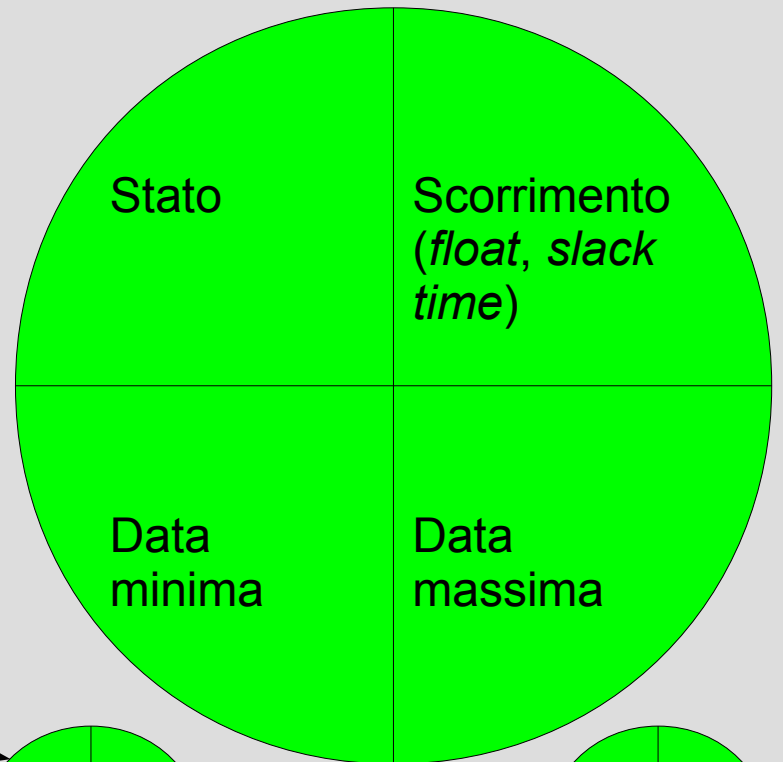
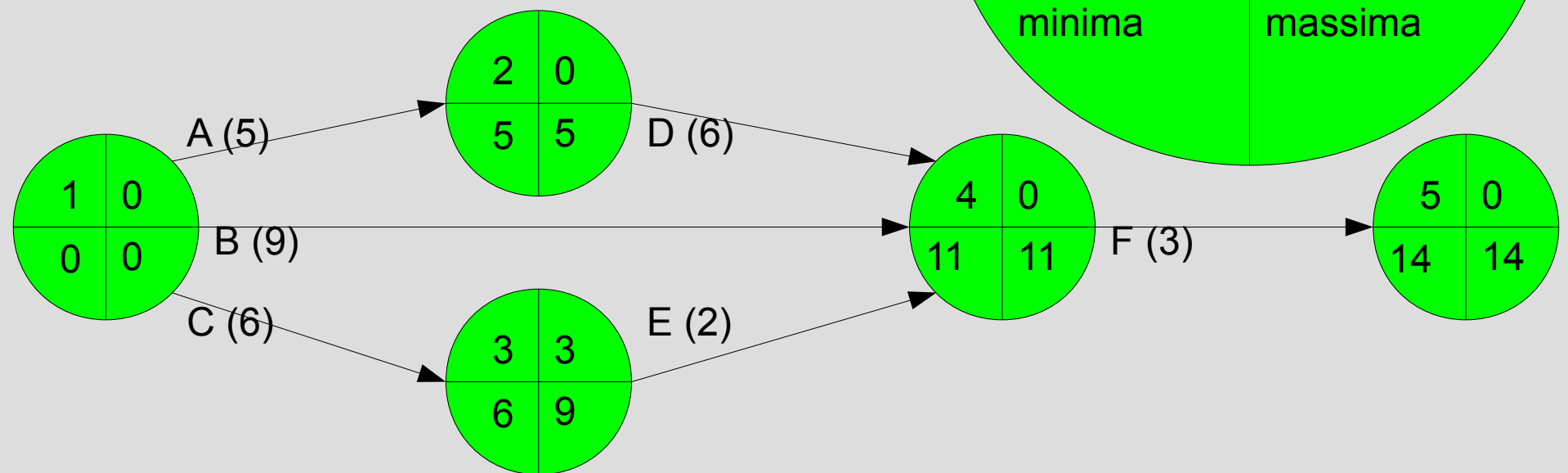
ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3



# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AOA 1b

ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

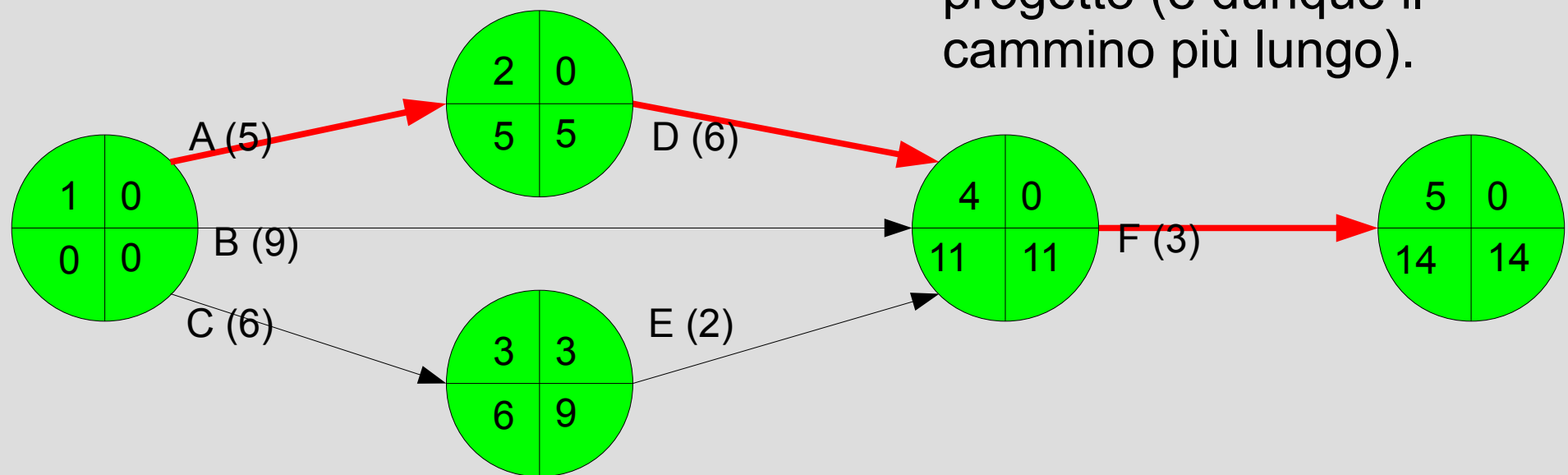


# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AOA 1c

ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

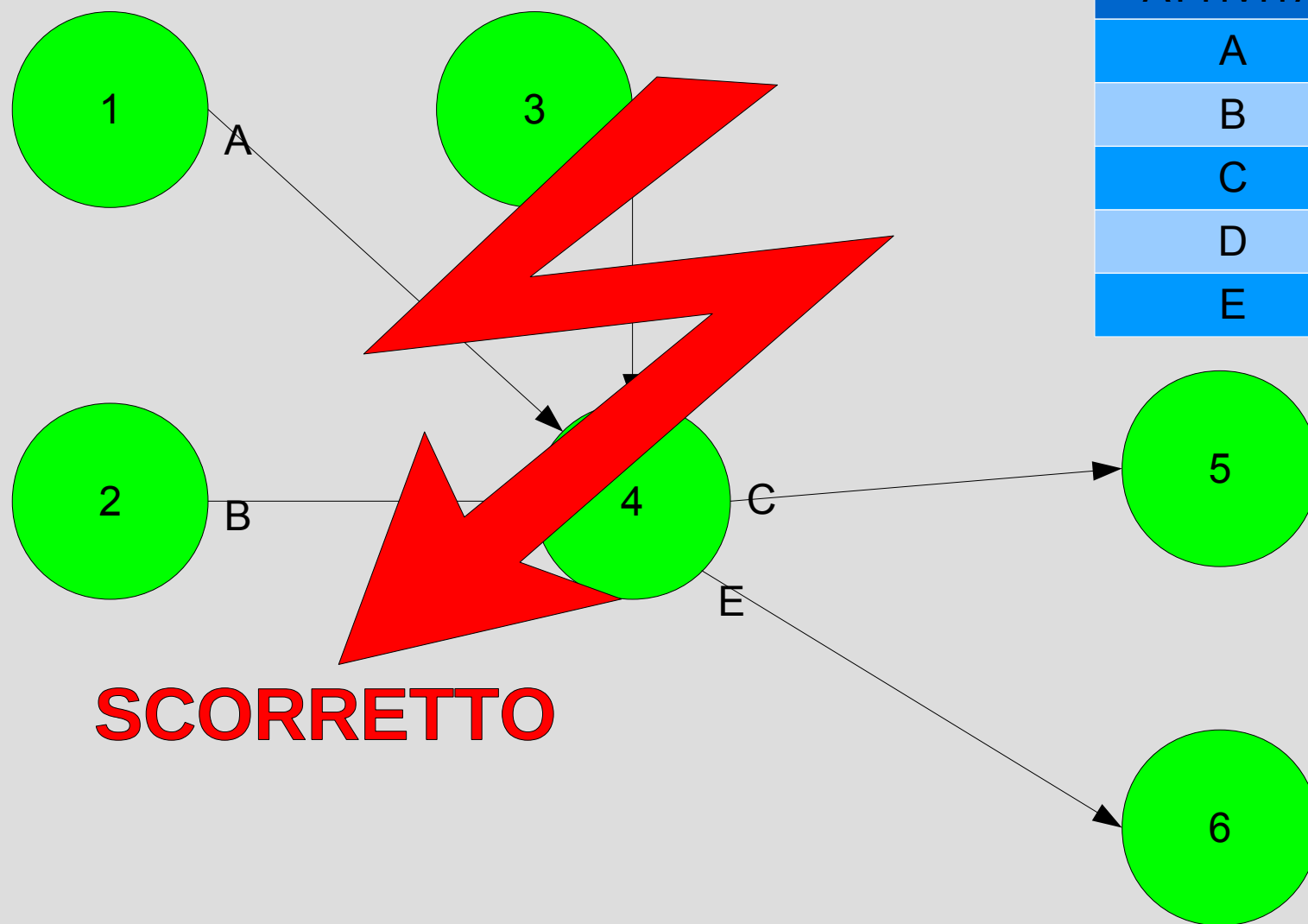
Il **cammino critico** (*critical path*) unisce nodi a scorrimento nullo (non c'è margine di ritardo). È la sequenza di attività che determina la minima durata del progetto (è dunque il cammino più lungo).



# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AOA 2a

ATTIVITÀ	DIPENDENZE
A	-
B	-
C	A, B
D	-
E	B, D

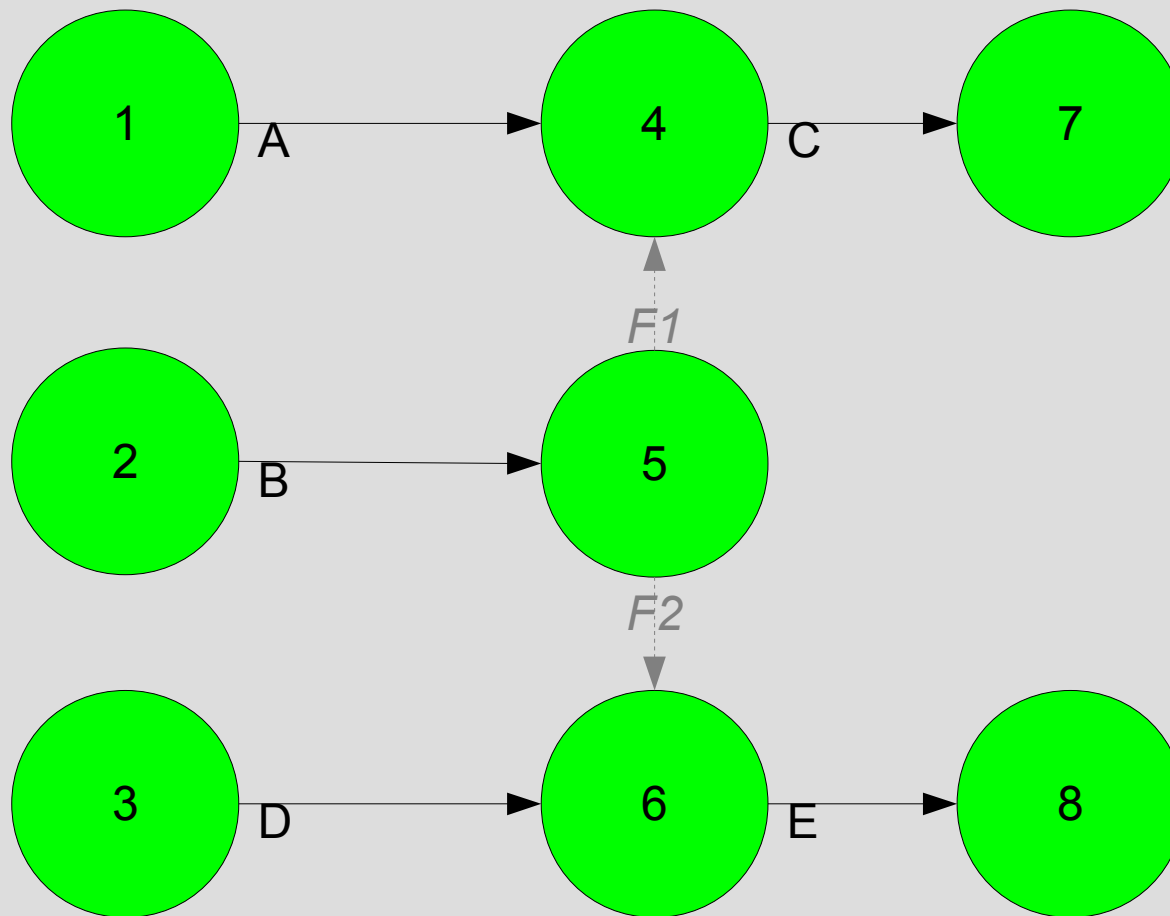


**SCORRETTO**

# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AOA 2b

Qual è il reticolo (*scheduling network*) corretto?

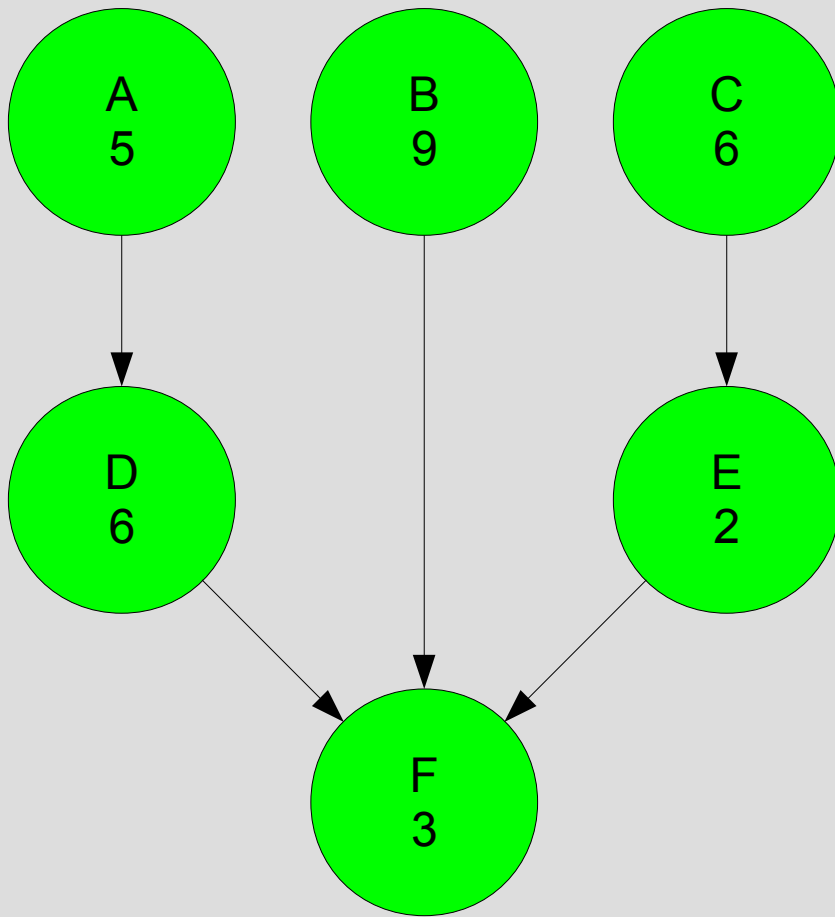


ATTIVITÀ	DIPENDENZE
A	-
B	-
C	A, B
D	-
E	B, D

Abbiamo introdotto **attività fittizie** (*dummy*), di durata 0 e senza consumo di risorse.

# TECNICHE RETICOLARI

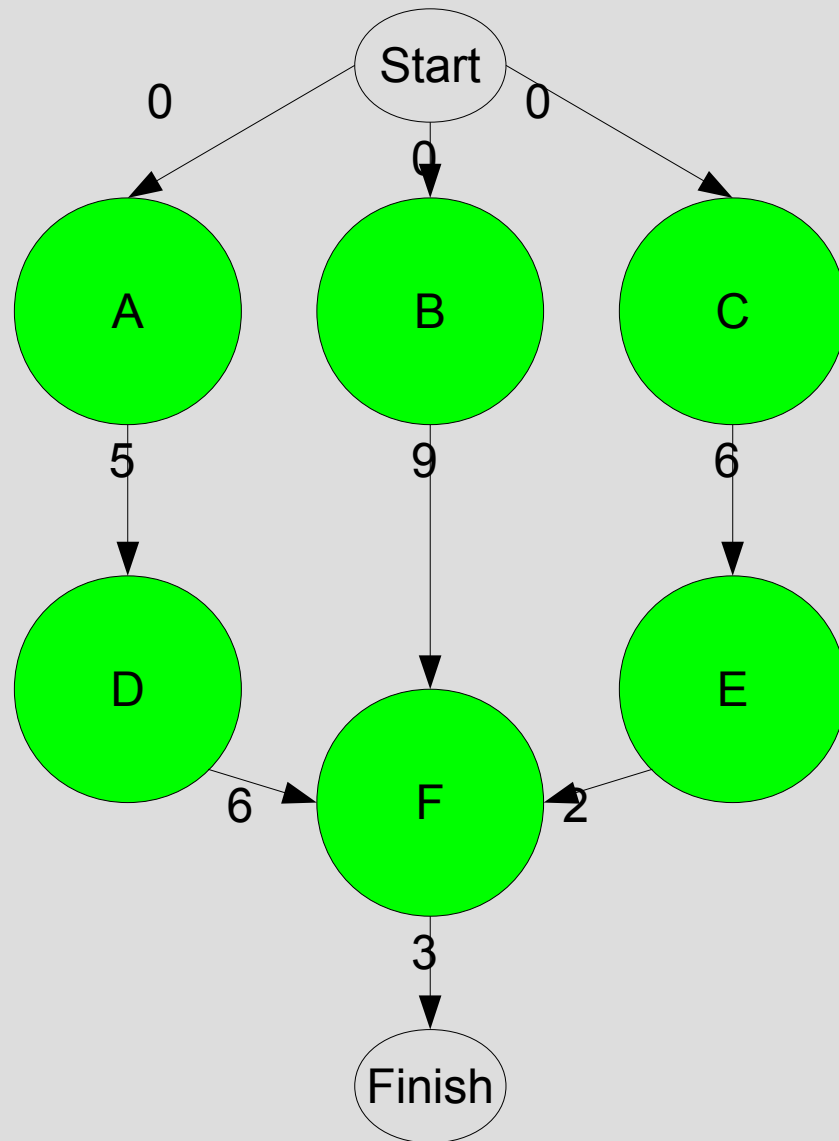
## Esempio AON 1a



ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AON 1b

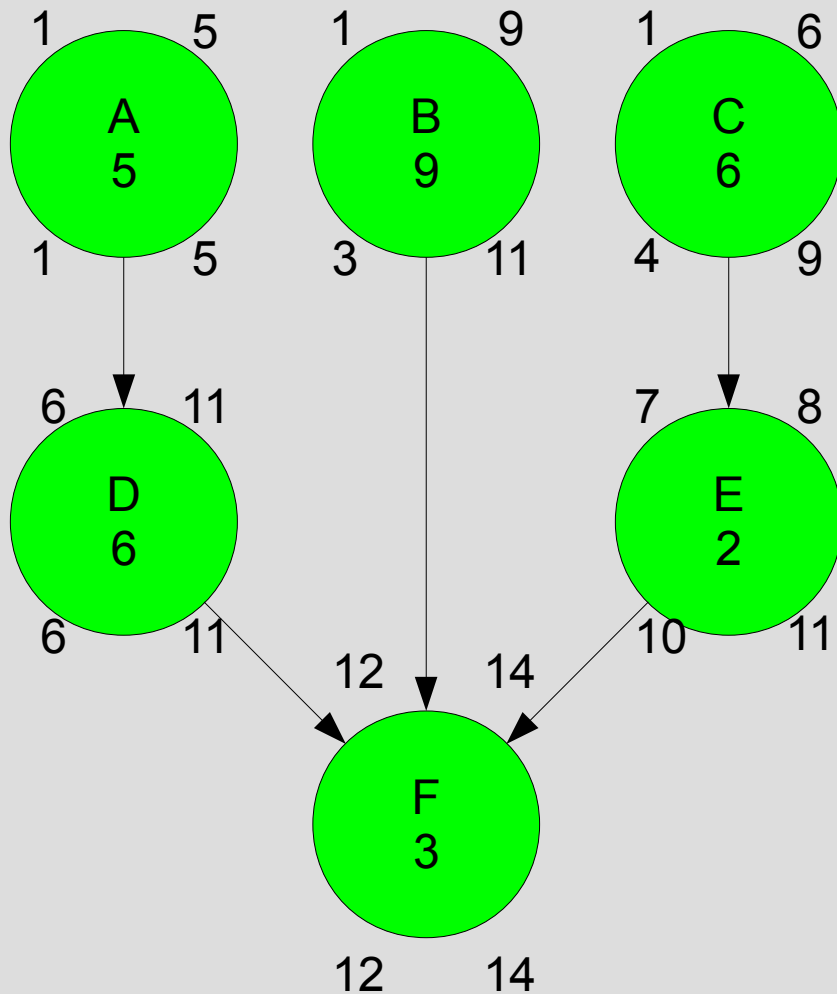


ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

Notazione alternativa. Notare i nodi speciali *start* e *finish*. Archi di peso 0 uniscono il nodo *start* alle attività senza predecessori. Altri archi, di peso non nullo, uniscono un nodo a tutti quelli di cui è predecessore (o al nodo *finish* se non è predecessore di nessuna attività).

# TECNICHE RETICOLARI

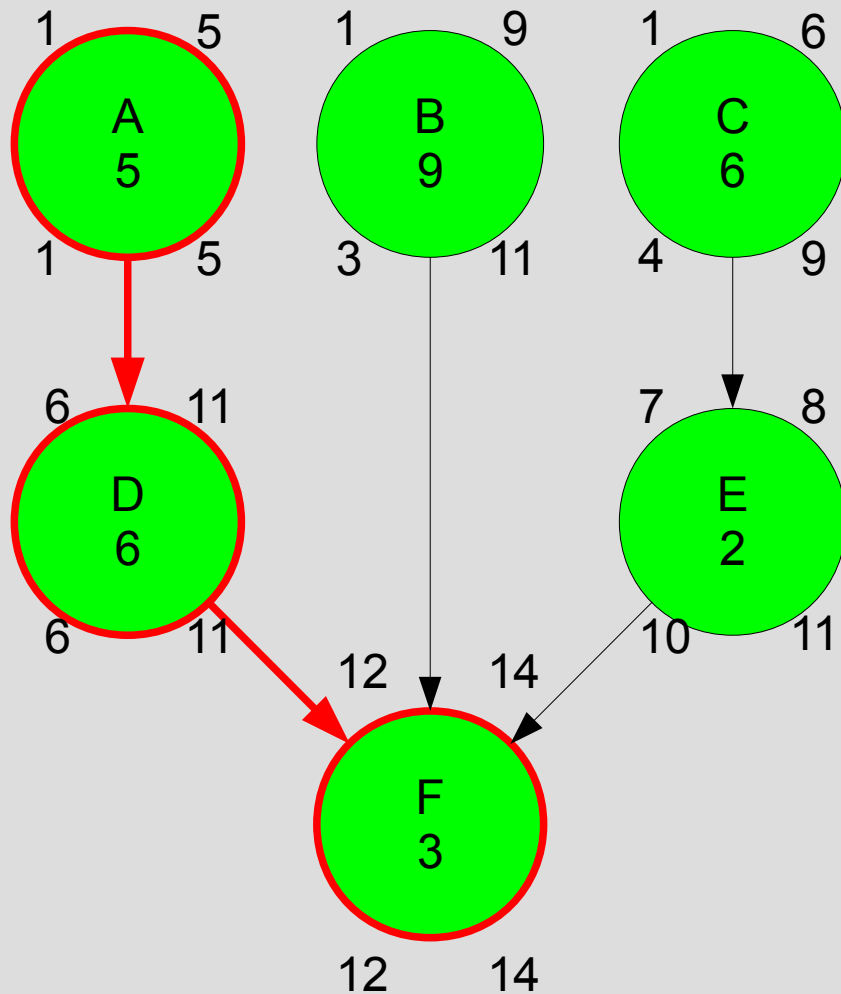
## Esempio AON 1c



ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

# TECNICHE RETICOLARI

## Esempio AON 1d

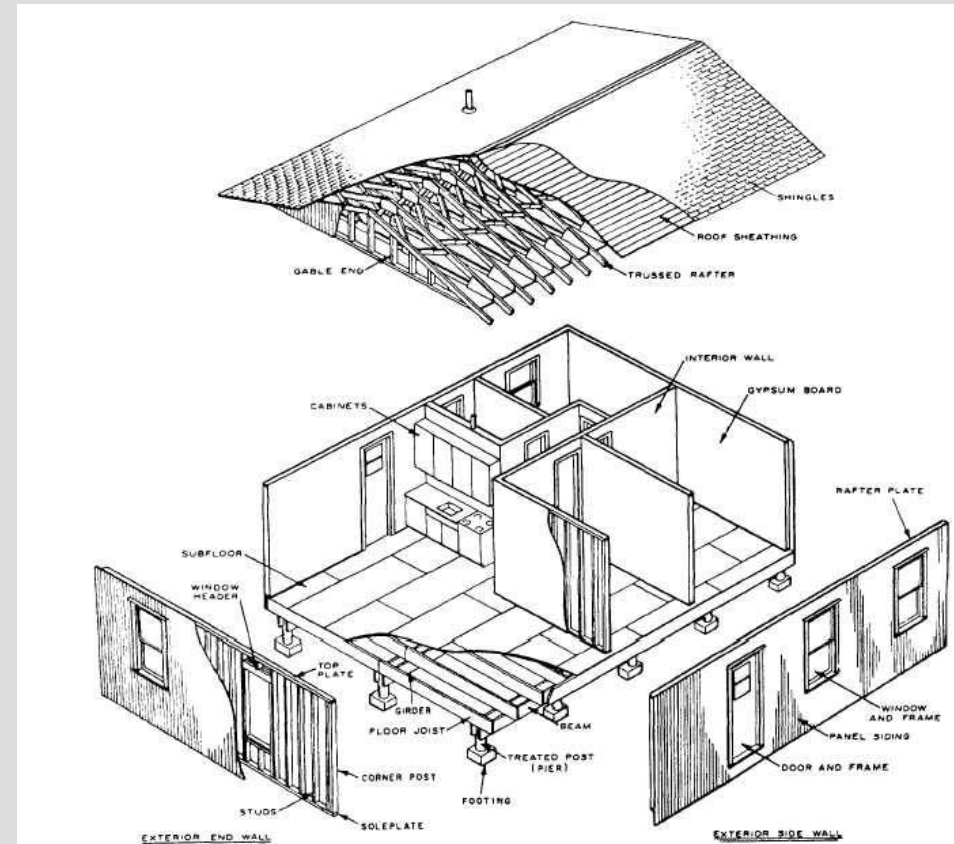


ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3

# TECNICHE RETICOLARI

## Esercizio 1a – *We Build Construction*

NR.	ACTIVITY	DURATION (days)
1	Foundation	15
2	Rough plumbing	5
3	Concrete slab	4
4	Structural members	3
5	Roof	7
6	Rough electrical	10
7	Heating and air conditioning	13
8	Walls	18
9	Interior finish	20



- Dobbiamo stabilire i vincoli fra le attività.
- Per predisporre le consegne con i fornitori dobbiamo individuare le date in cui avranno inizio le varie attività.

# TECNICHE RETICOLARI

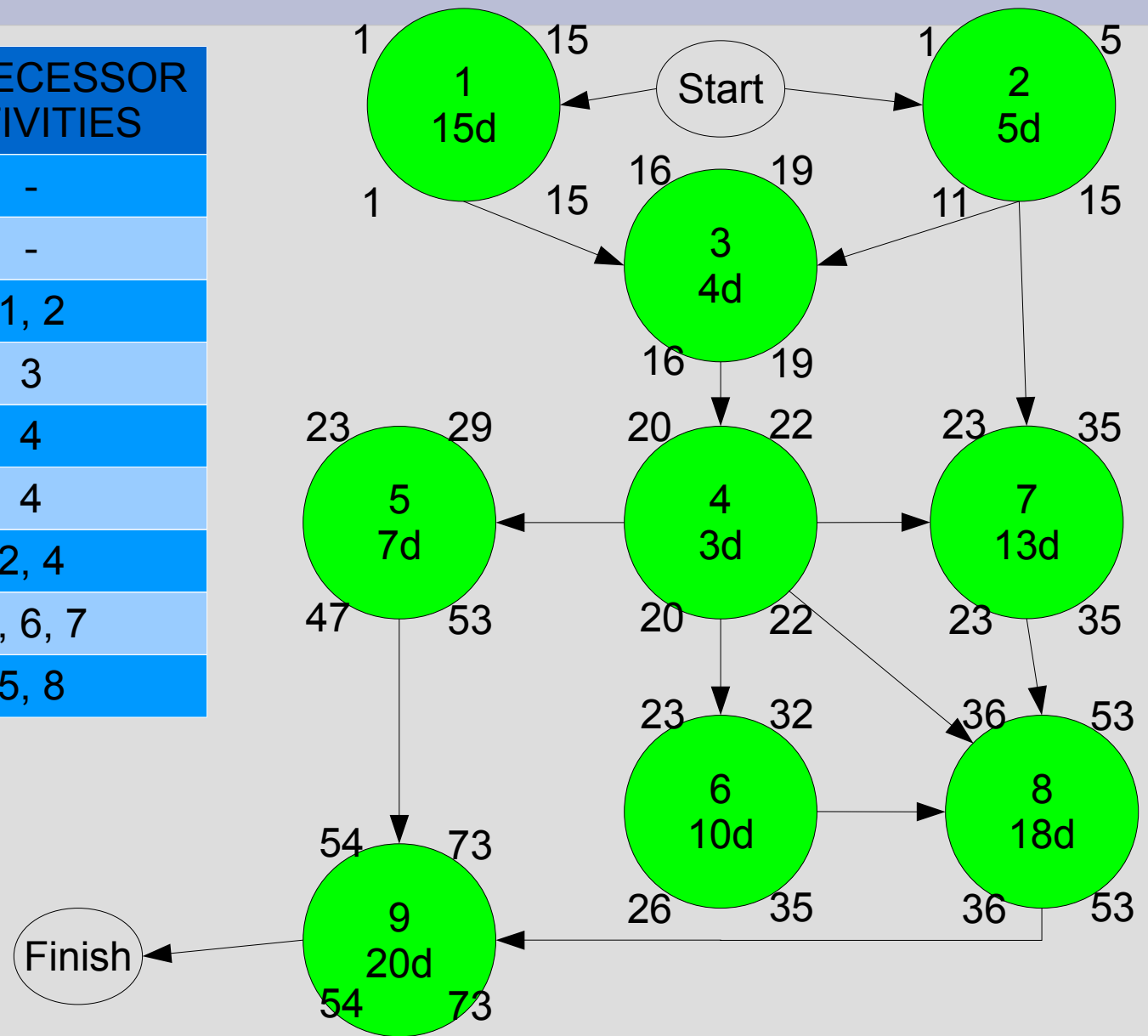
## Esercizio 1b – *We Build Construction*

NR.	ACTIVITY	DURATION (days)	PREDECESSOR ACTIVITIES
1	Foundation	15	-
2	Rough plumbing	5	-
3	Concrete slab	4	1, 2
4	Structural members	3	3
5	Roof	7	4
6	Rough electrical	10	4
7	Heating and air conditioning	13	2, 4
8	Walls	18	4, 6, 7
9	Interior finish	20	5, 8

# TECNICHE RETICOLARI

## Esercizio 1b – *We Build Construction*

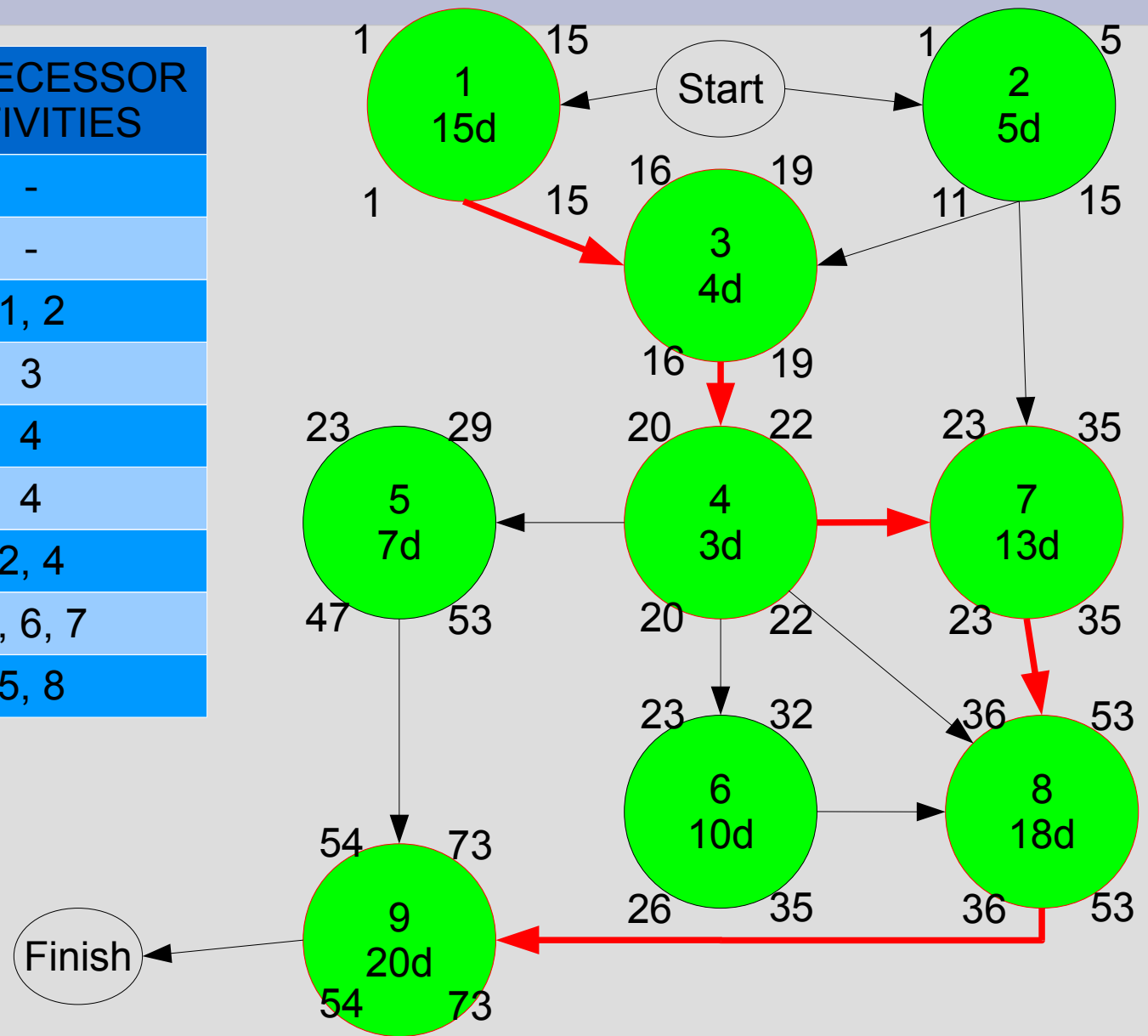
NR	DURATION (days)	PREDECESSOR ACTIVITIES
1	15	-
2	5	-
3	4	1, 2
4	3	3
5	7	4
6	10	4
7	13	2, 4
8	18	4, 6, 7
9	20	5, 8



# TECNICHE RETICOLARI

## Esercizio 1c – *We Build Construction*

NR	DURATION (days)	PREDECESSOR ACTIVITIES
1	15	-
2	5	-
3	4	1, 2
4	3	3
5	7	4
6	10	4
7	13	2, 4
8	18	4, 6, 7
9	20	5, 8



# TECNICHE RETICOLARI

## Esercizio 2a – *Arranging campaign rally*

NR.	ACTIVITY	DURATION
1	Contact local party	2
2	Find location	1,5
3	Arrange date and time	1
4	Notify news media	1
5	Arrange sound system	3
6	Coordinate police security	1
7	Install speaking platform	1,5
8	Decorate platform and site	1

- Come organizzarsi?
- Qual è il cammino critico?



# TECNICHE RETICOLARI

## Esercizio 2b – *Arranging campaign rally*

NR.	ACTIVITY	DURATION	PREDECESSOR
1	Contact local party	2	-
2	Find location	1,5	1
3	Arrange date and time	1	1, 2
4	Notify news media	1	3
5	Arrange sound system	3	3
6	Coordinate police security	1	3
7	Install speaking platform	1,5	3, 5
8	Decorate platform and site	1	7

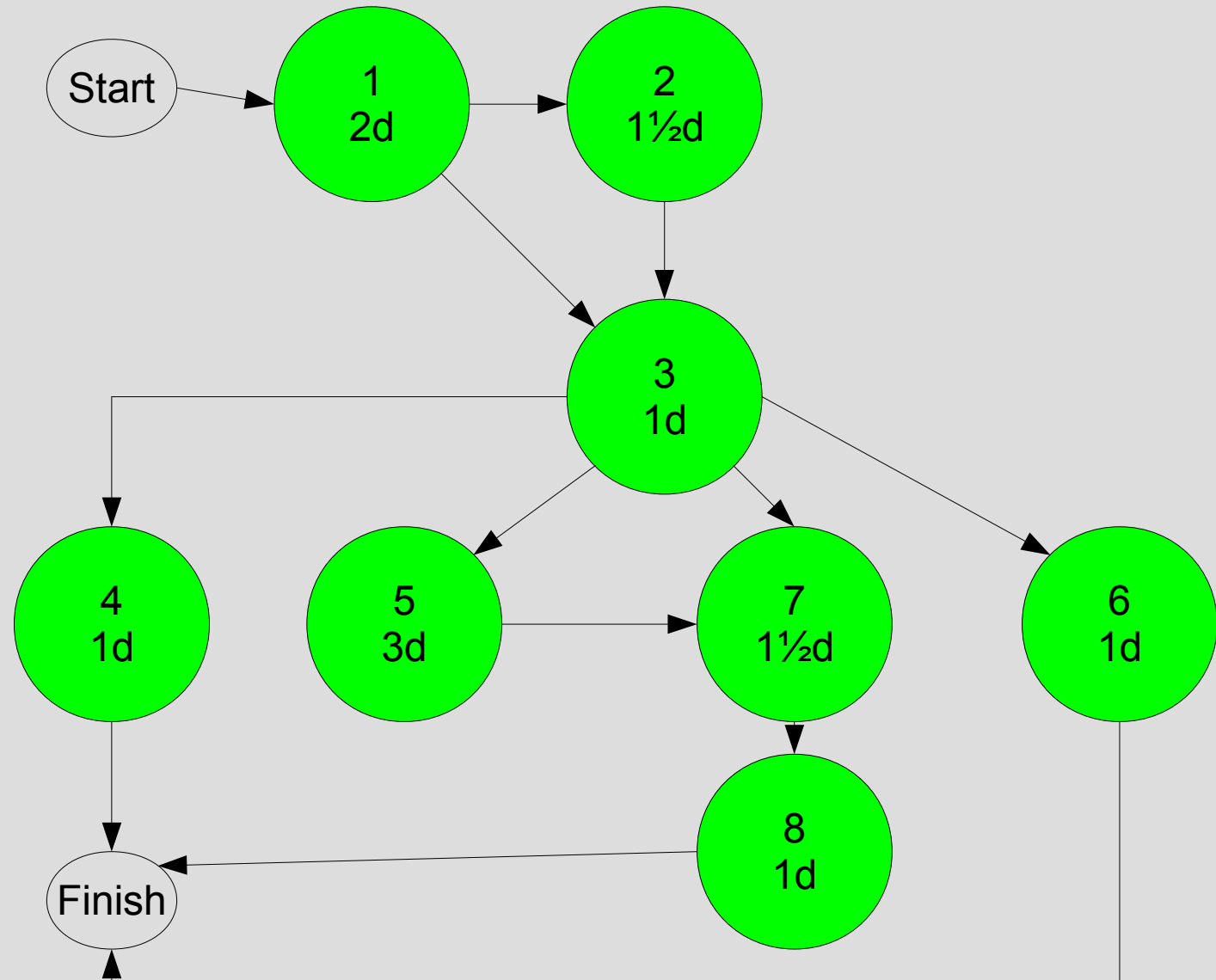
Notare la natura dei vincoli:

- alcuni sono ingiuntivi (*mandatory dependencies*), derivando dalla natura delle attività;
- altri sono discrezionali (*discretionary dependencies*), derivando da scelte del gruppo di project management.

# TECNICHE RETICOLARI

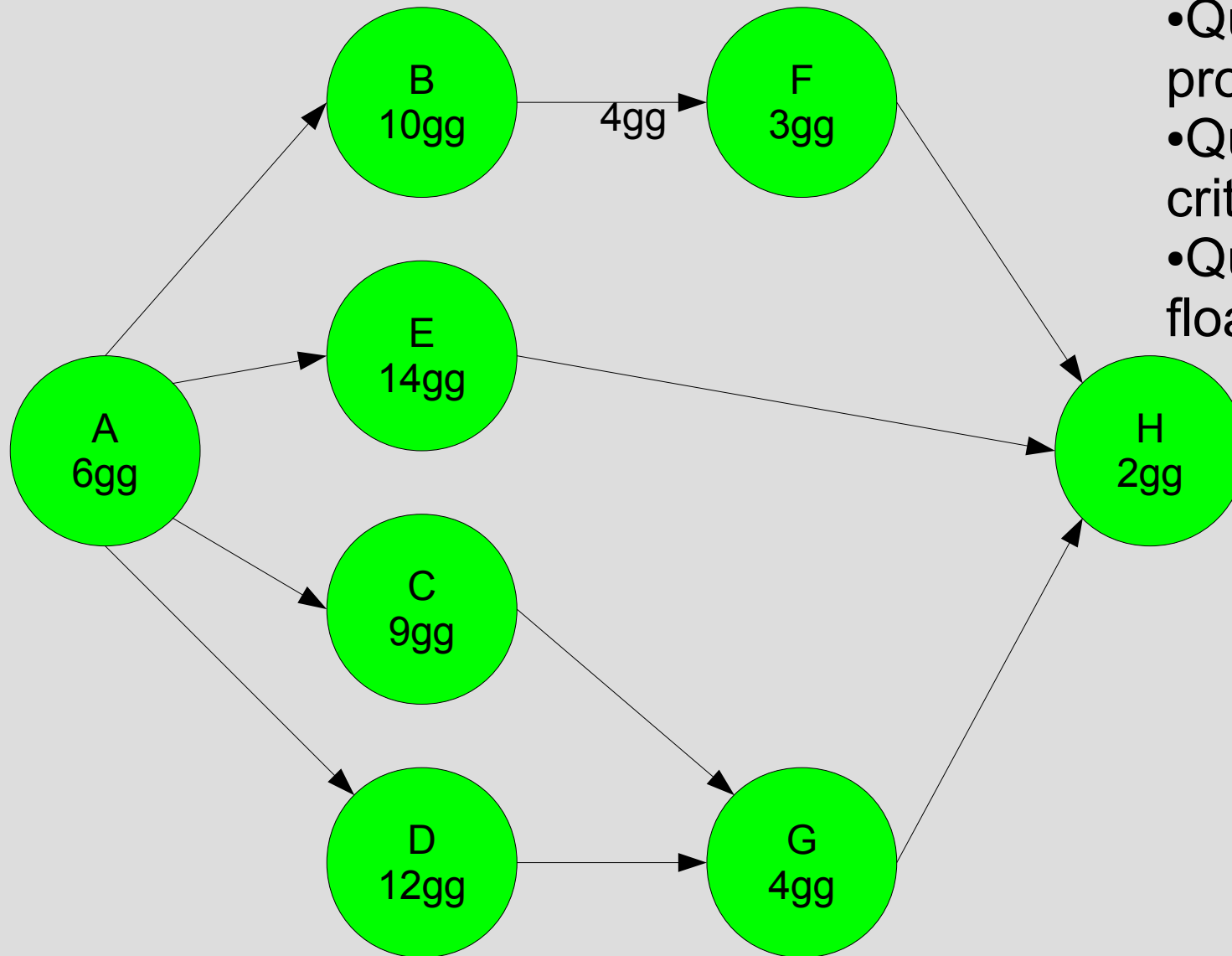
## Esercizio 2c – Arranging campaign rally

NR	DUR.	PRED.
1	2	-
2	1½	1
3	1	1, 2
4	1	3
5	3	3
6	1	3
7	1½	3, 5
8	1	7



# TECNICHE RETICOLARE

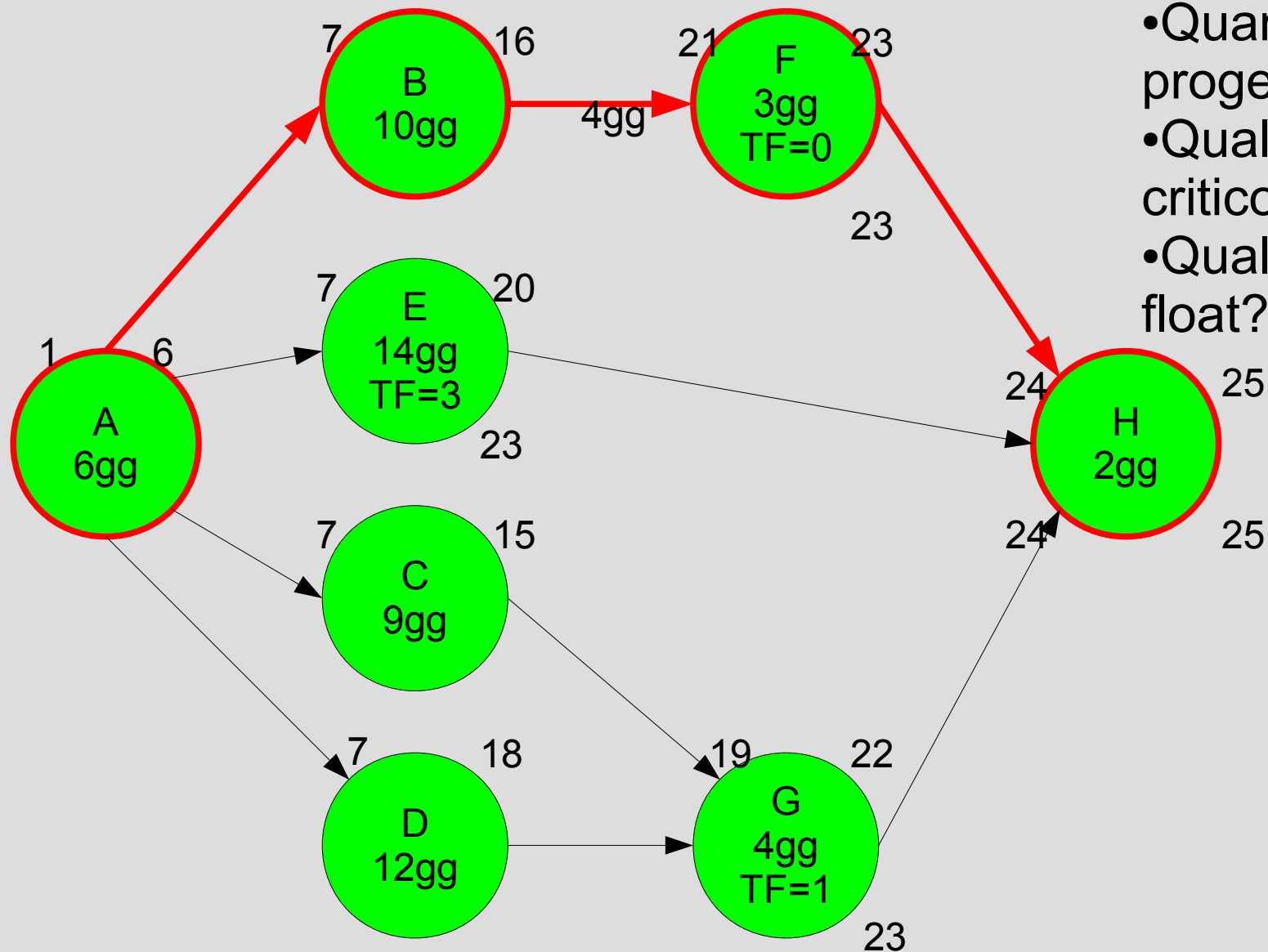
## Esercizio 3a – Vincolo di ritardo



- Quando termina il progetto?
- Qual è il percorso critico?
- Quali sono i float?

# TECNICHE RETICOLARE

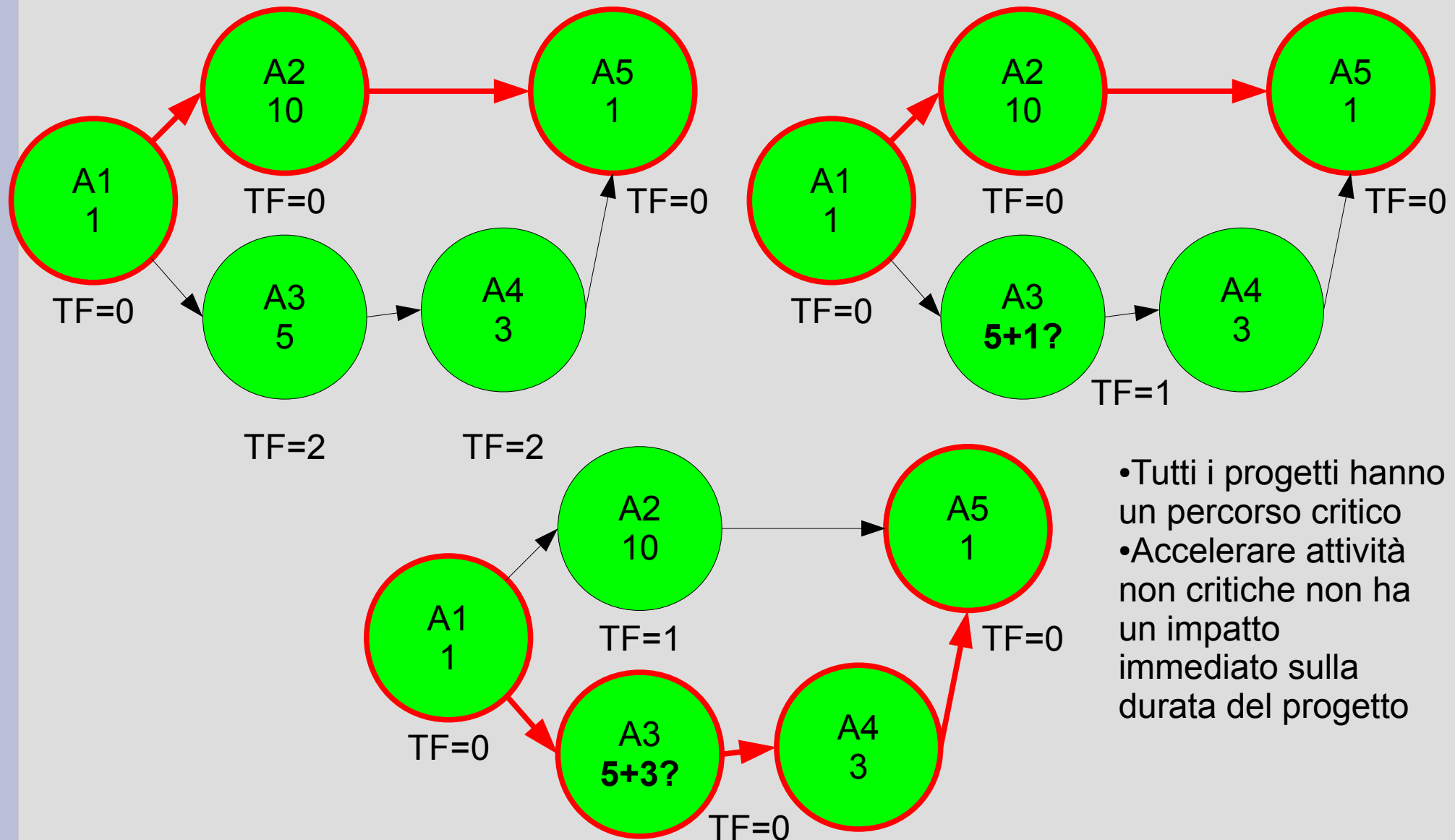
## Esercizio 3b – Vincolo di ritardo



- Quando termina il progetto?
- Qual è il percorso critico?
- Quali sono i float?

# TECNICHE RETICOLARI

## CPM e variazione durata attività



- Tutti i progetti hanno un percorso critico
- Accelerare attività non critiche non ha un impatto immediato sulla durata del progetto

# TECNICHE RETICOLARI

## *Milestone*

- Attività di durata nulla
- Individua un punto critico nel grafo (e quindi nello scheduling delle attività)
- E.g: inizio attività (*start*), fine attività (*finish*), firma contratto...
- Rappresentata graficamente in maniera diversa dagli altri nodi (triangolo rovesciato, ellisse, quadratino...)

# TECNICHE RETICOLARI

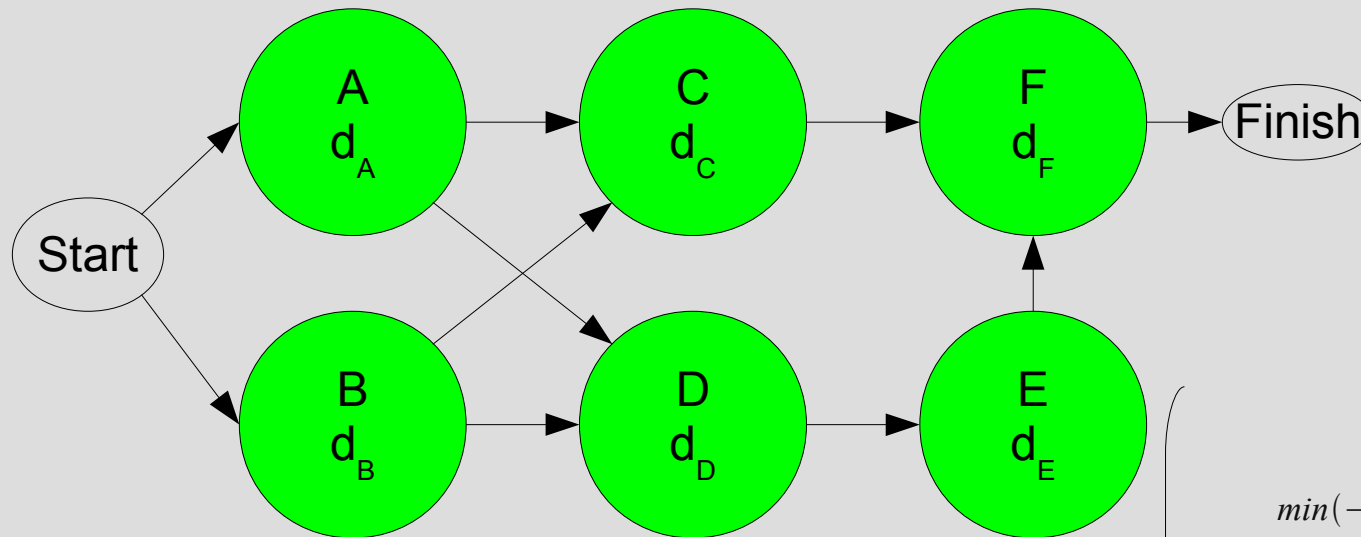
## Programmazione lineare 1

- $Y_i$  tempo di inizio della  $i$ -esima attività.
- OBIETTIVO:  $\min (Y_{\text{finish}} - Y_{\text{start}})$
- VINCOLI: una disuguaglianza per ogni predecessore. Per esempio “A precede C” si traduce in ( $d_A$  è la durata dell'attività A):

$$Y_C \geq Y_A + d_A$$

# TECNICHE RETICOLARI

## Programmazione lineare 2



$$\min (Y_{FINISH} - Y_{START})$$

$$s.t. \quad Y_A \geq Y_{START}$$

$$Y_B \geq Y_{START}$$

$$Y_C \geq Y_A + d_A$$

$$Y_C \geq Y_B + d_B$$

$$Y_D \geq Y_A + d_A$$

$$Y_D \geq Y_B + d_B$$

$$Y_E \geq Y_D + d_D$$

$$Y_F \geq Y_C + d_C$$

$$Y_F \geq Y_E + d_E$$

$$Y_{FINISH} \geq Y_F + d_F$$

$$\min(-1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} Y_{START} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ Y_{FINISH} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y_{START} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ Y_{FINISH} \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ d_A \\ d_B \\ d_A \\ d_B \\ d_D \\ d_C \\ d_E \\ d_F \end{pmatrix}$$

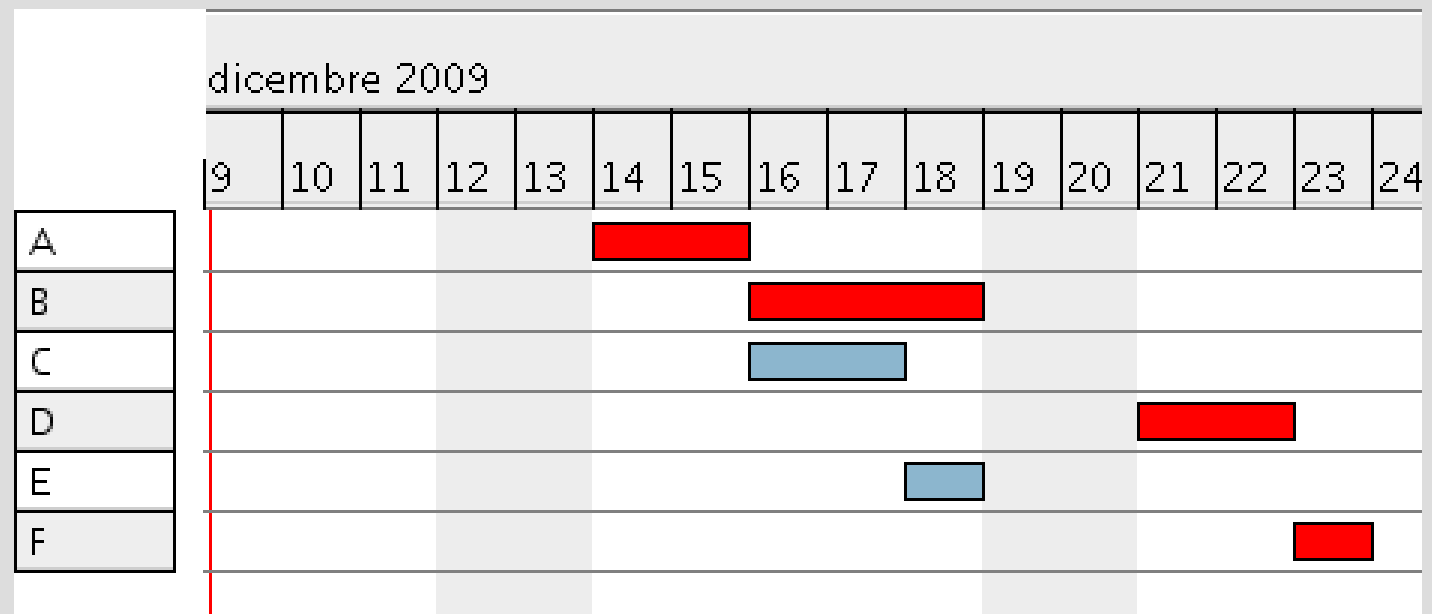
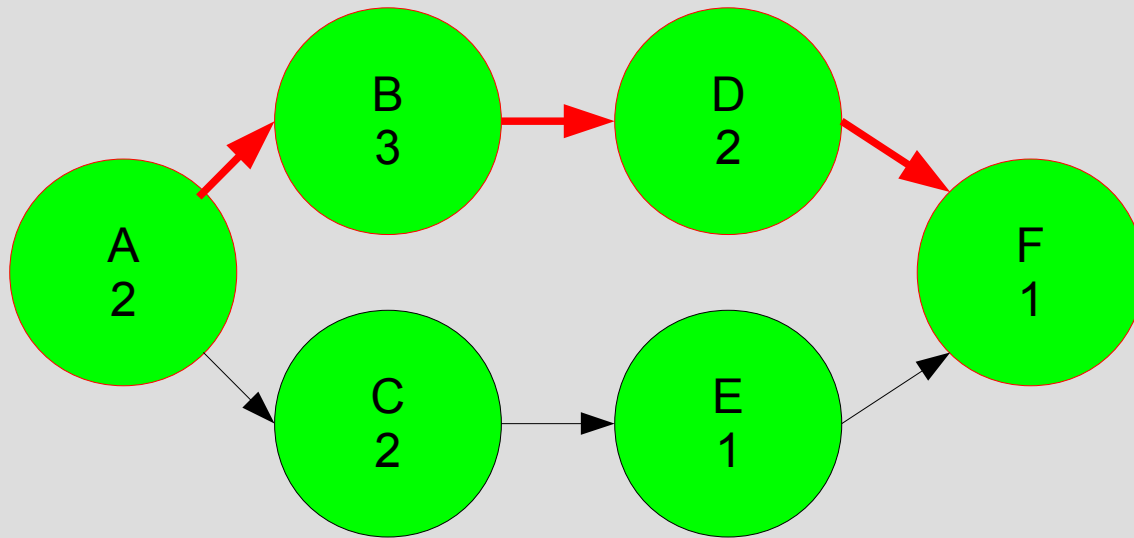
# TECNICHE RETICOLARI

## Relazioni con Gantt 1

- Spesso si utilizzano, in modo fra loro complementare, sia le tecniche reticolari che i diagrammi di Gantt (detti anche a barre o lineari, piano di lavoro...).
- Nella versione di base:
  - è utile come rappresentazione del programma lavori, ma non come tecnica di pianificazione.
  - È il prodotto di sintesi delle tecniche reticolari.

# TECNICHE RETICOLARI

## Relazioni con Gantt 2

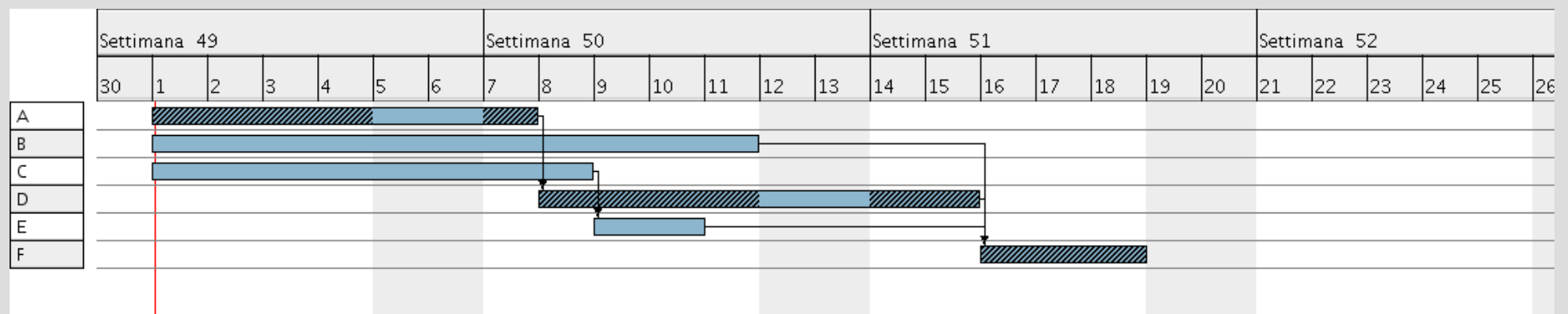




# GANTT

## Esempio 1

ATTIVITÀ	DIPENDENZE	DURATA
A	-	5
B	-	9
C	-	6
D	A	6
E	C	2
F	B, D, E	3



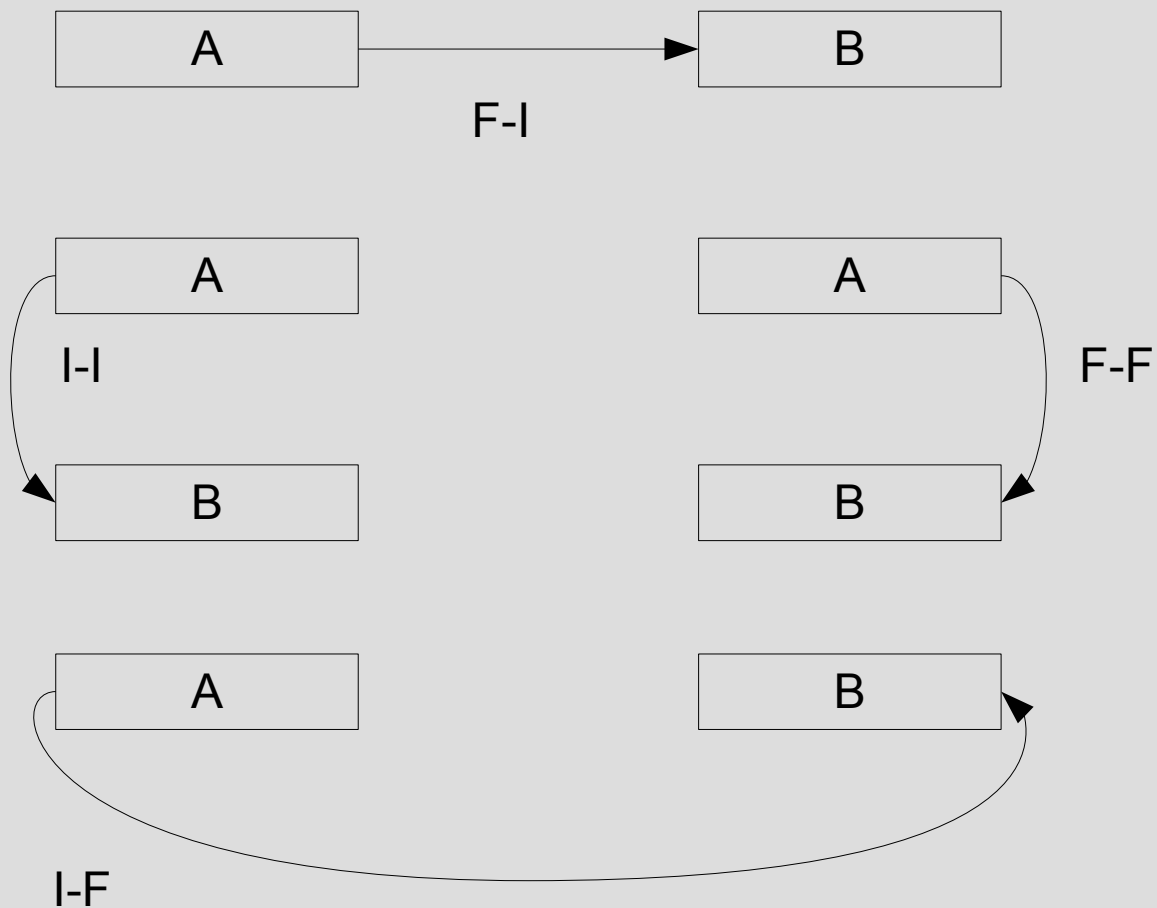
# GANTT

## Legami

- Individuano le dipendenze fra attività.
- Seguono una logica di inizio/fine attività, condizionata da altre attività.
- Sono di quattro tipi: fine-inizio (F-I o *F-S*), inizio-inizio (I-I o *S-S*), fine-fine (F-F), inizio-fine (I-F o *S-F*).

# GANTT

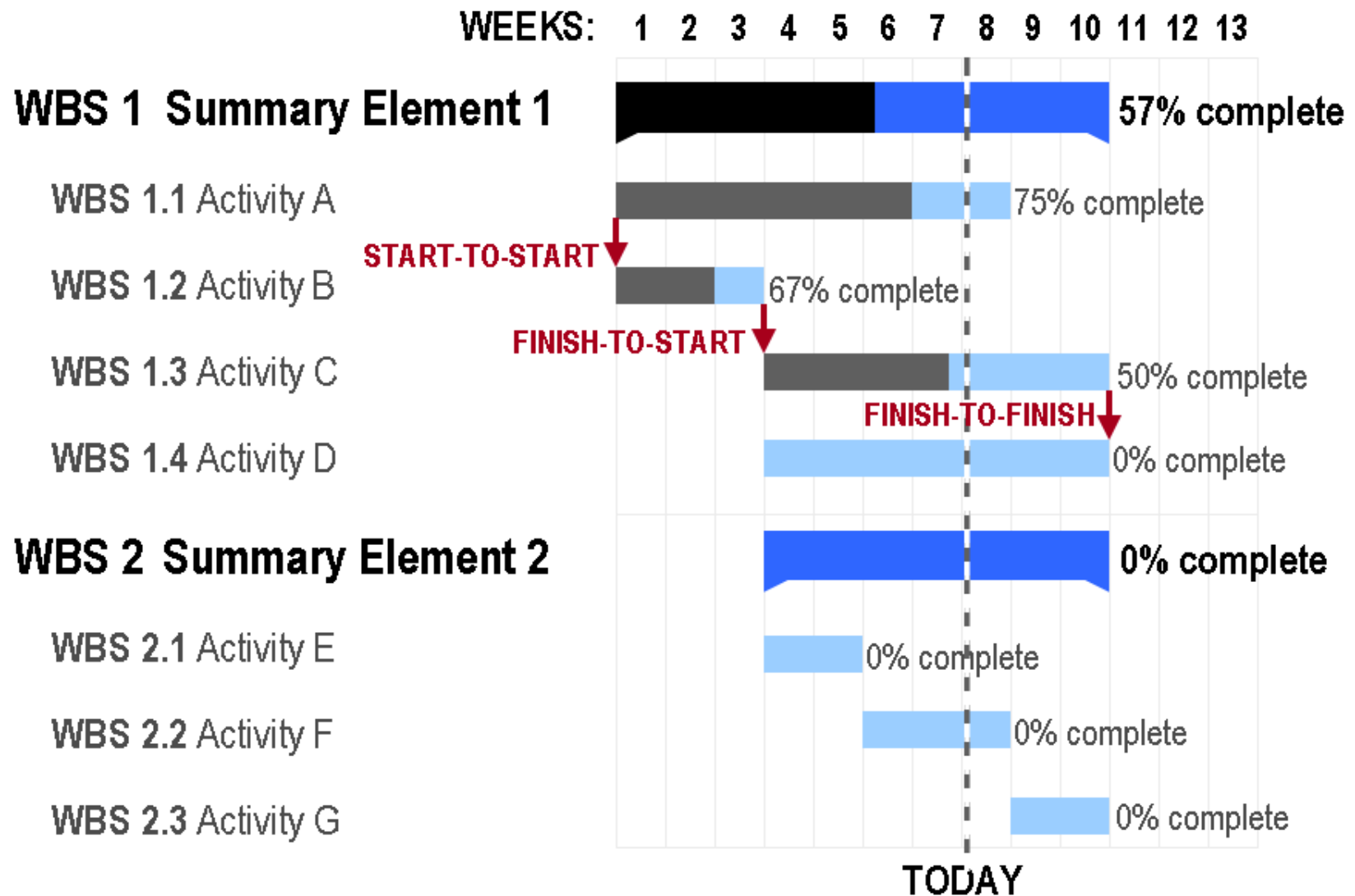
## Legami, tipologie



L'attività A è  
**dominante**, B è  
**condizionata**.

# GANTT

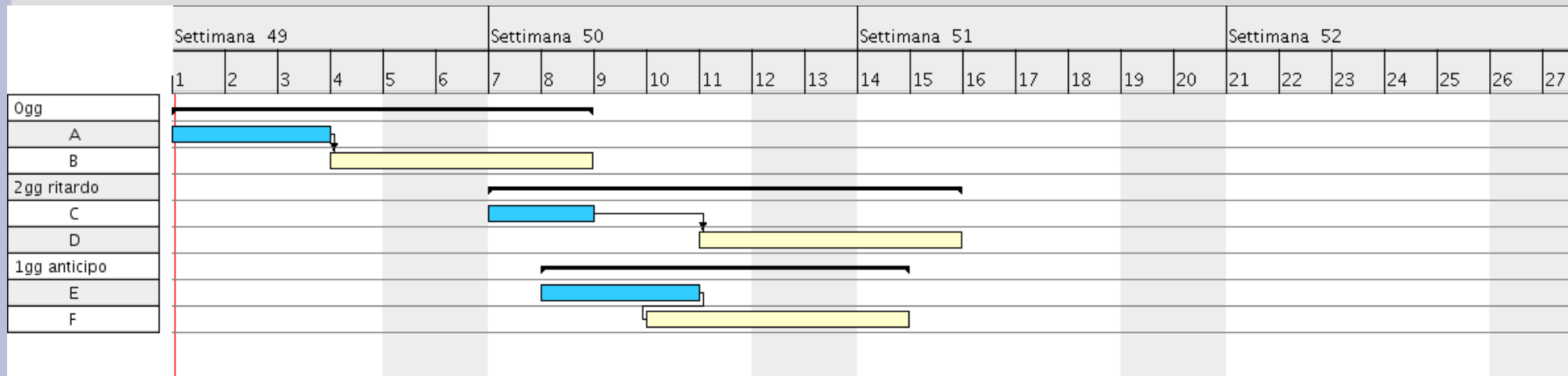
## Legami, esempio



# GANTT

## Legami, ritardi (*lag*) ed anticipi (*lead*)

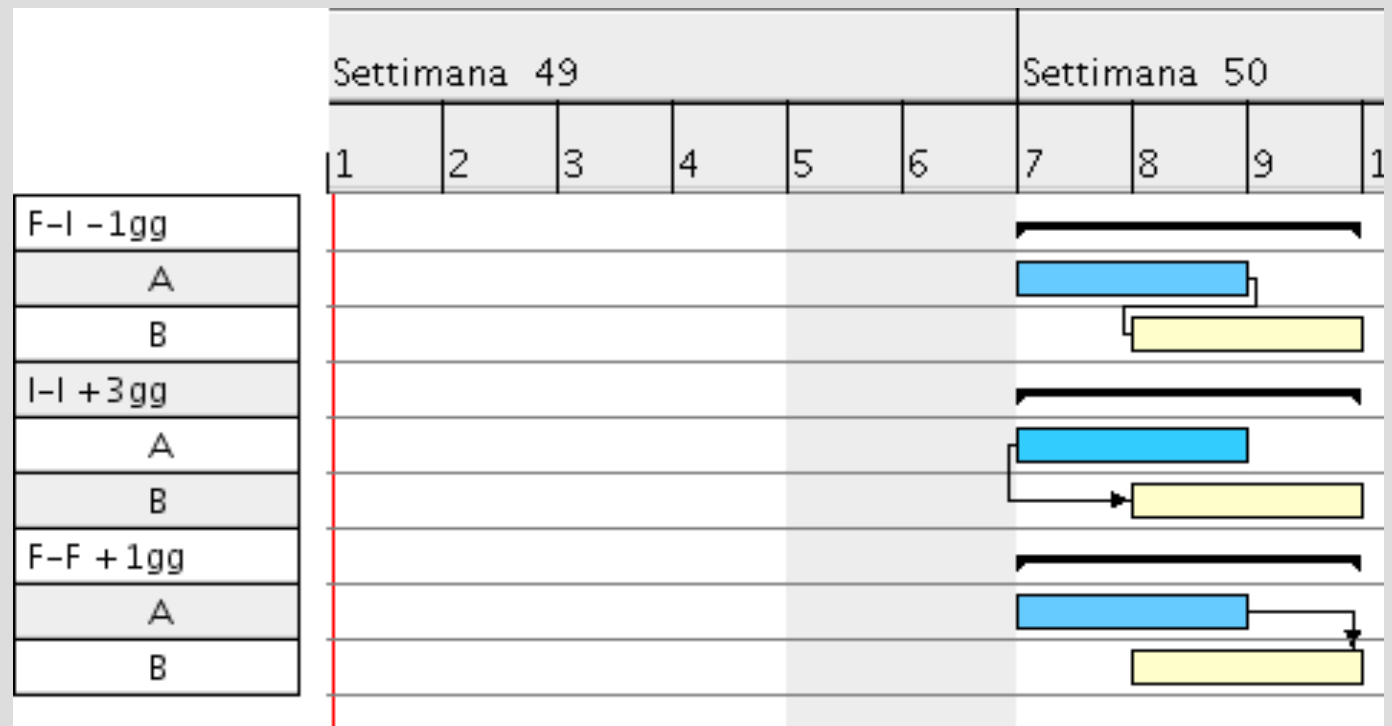
- Ogni legame può avere una durata.
- Una durata positiva è un **ritardo**, una durata negativa è un **anticipo**.



# GANTT

## Equivalenze logiche apparenti

- Legami diversi possono portare a situazioni apparentemente identiche.
- Ecco tre legami diversi che portano a tre Gantt simili, ma completamente diversi nella logica.



# GANTT

## Esercizio 3a

Attività	Titolo	Giorni
A	Progetto	40
B	Autorizzazioni	30
C	Preventivi	20
D	Contratti	3
E	Demolizioni	4
F	Ricostruzione pareti	5
G	Impianto idraulico	5
H	Impianto elettrico	6
I	Pavimenti	8
L	Rivestimenti	4
M	Intonaci	10
N	Tinteggiature	12
O	Completamento	20

Quali vincoli?

# GANTT

## Esercizio 3b

Attività	Titolo	Giorni	Dipendenze
A	Progetto	40	-
B	Autorizzazioni	30	A
C	Preventivi	20	A
D	Contratti	3	C
E	Demolizioni	4	B, D
F	Ricostruzione pareti	5	E
G	Impianto idraulico	5	F
H	Impianto elettrico	6	F
I	Pavimenti	8	H
L	Rivestimenti	4	I
M	Intonaci	10	L
N	Tinteggiature	12	M
O	Completamento	20	M, N

VINCOLI AGGIUNTIVI

- I lavori per l'impianto idraulico devono cominciare due giorni prima di quelli per l'impianto elettrico.

- La posa dei pavimenti può iniziare tre giorni prima dell'ultimazione dell'impianto elettrico.

- I rivestimenti non vanno iniziati prima di 5 giorni dall'ultimazione dei pavimenti.

# TECNICHE RETICOLARI

## Durata delle attività

- Considerate fissate le risorse ipotizzate, la durata rimane una previsione. Possiamo stimare la durata in due modi:
  - DETERMINISTICO (durate certe). Modello CPM
  - PROBABILISTICO (stima statistica). Modello PERT

# TECNICHE RETICOLARI

## PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

- Introdotta alla fine degli anni '50 per progetti innovativi o di grande durata (programmi spaziali)
- L'incertezza deriva da:
  - natura delle attività
  - disponibilità aziendale delle risorse
  - fabbisogno delle risorse
  - puntualità dei fornitori
  - eventi imprevedibili (scioperi, incidenti...)

# TECNICHE RETICOLARI

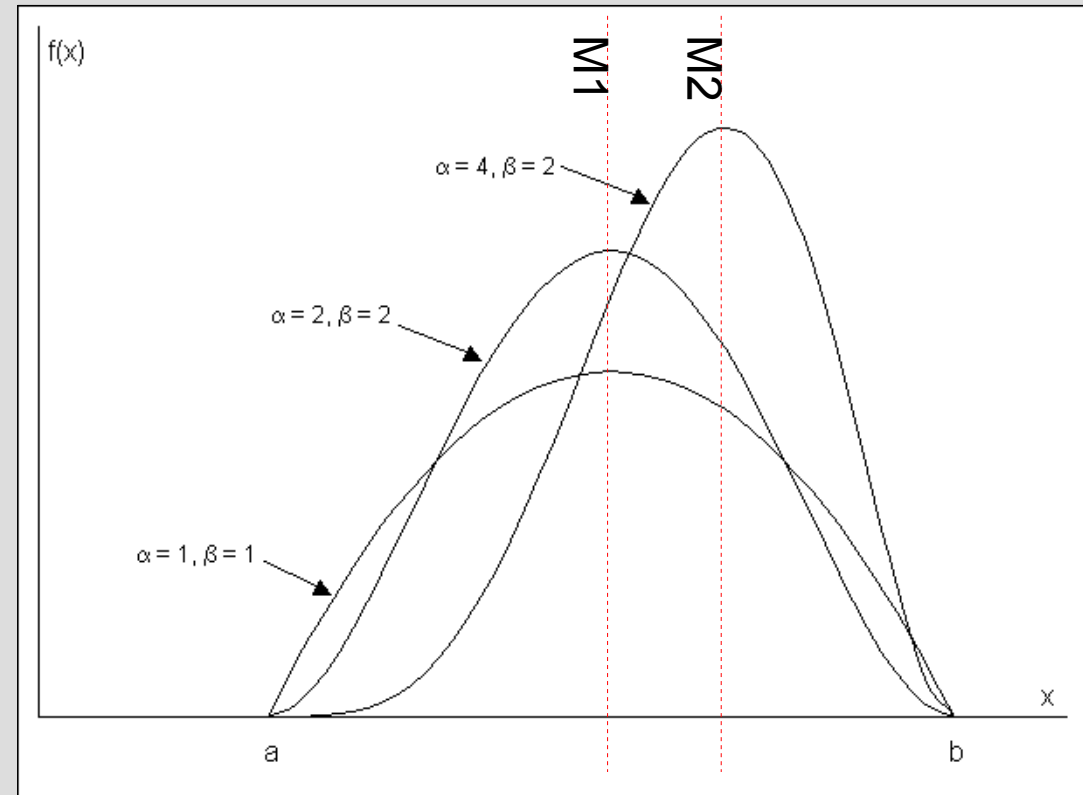
## PERT - Durate

- Per ogni attività abbiamo tre durate in input:
  - durata ottimistica (a);
  - durata più probabile o moda (M);
  - durata più pessimistica (b).
- Quale distribuzione di probabilità adottare per descrivere l'incertezza sulla durata delle attività? Nell'ambito dello sviluppo del missile Polaris si scelse la distribuzione Beta. Si tratta di una scelta ragionevole ma con un certo grado di arbitrarietà.

# TECNICHE RETICOLARI

## PERT – Distribuzione Beta

- Per la distribuzione di probabilità si usa una curva detta distribuzione Beta.
- Viene usata per descrivere grandezze che variano fra due valori  $[a, b]$ .
- Il profilo dipende da due parametri ( $\alpha$  e  $\beta$ , positivi).



# TECNICHE RETICOLARI

## Distribuzione PERT

$$Beta(x, \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1} \cdot (1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 u^{(\alpha-1)} \cdot (1-u)^{\beta-1} du} = \frac{x^{\alpha-1} \cdot (1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)}$$

$$x \in [0, 1], \alpha > 0, \beta > 0$$

Distribuzione Beta.  $B(\alpha, \beta)$  è una costante di normalizzazione, utilizzata per far sì che l'integrale di  $f$  da 0 ad 1 sia unitario.

$$Beta4(x, \alpha, \beta, a, b) = \frac{(x-a)^{\alpha-1} \cdot (b-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta) \cdot (b-a)^{\alpha+\beta-1}}$$

$$x \in [a, b], \alpha > 0, \beta > 0, a < b$$

Distribuzione Beta4. Ponendo  $a=0$  e  $b=1$  si ottiene la distribuzione Beta.

$$PERT(x, a, M, b) = \frac{(x-a)^{\bar{\alpha}-1} \cdot (b-x)^{\bar{\beta}-1}}{B(\bar{\alpha}, \bar{\beta}) \cdot (b-a)^{\bar{\alpha}+\bar{\beta}-1}}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{b+4 \cdot M-5 \cdot a}{b-a} \quad \bar{\beta} = \frac{5 \cdot b-4 \cdot M-a}{b-a}$$

$$x \in [a, b], a < M < b$$

Distribuzione PERT. Si ottiene partendo da Beta4 con una opportuna scelta di  $\alpha$  e  $\beta$ .

# TECNICHE RETICOLARI

## Caratteristiche distribuzione PERT

- Dati i tre ingressi ( $a$ ,  $M$ ,  $b$ ), qual è la durata media attesa (Expected Average Duration)?
- Qual è la deviazione standard?

$$EAD = \frac{a + 4 \cdot M + b}{6}$$

$$SD = \frac{b - a}{6}$$

# TECNICHE RETICOLARI

## Osservazioni sulla distribuzione PERT

- In uno studio del 1988 Golenko e Ginzburg conclusero che il parametro  $M$  è praticamente inutile. Scoprirono infatti che, quasi sempre  $M$  va a collocarsi ad un terzo della distanza fra  $a$  e  $b$ .

$$M \approx a + \frac{b-a}{3}$$

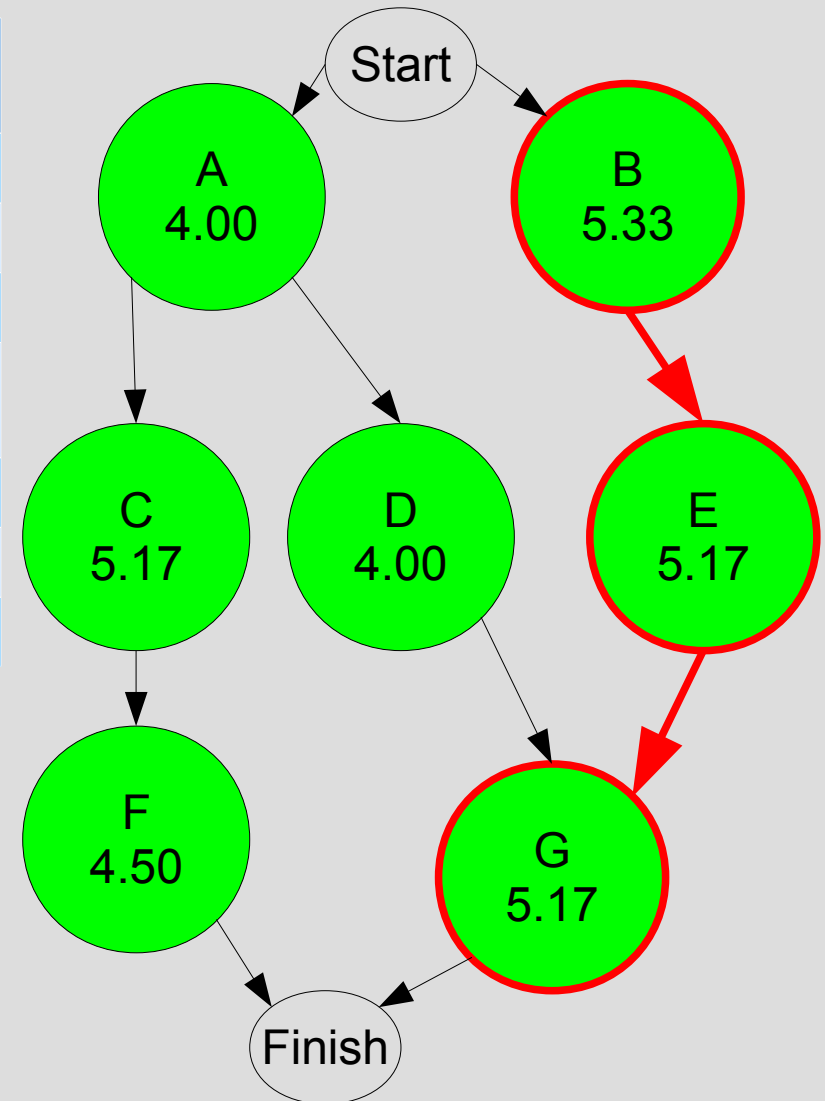
- Il modello si può semplificare basandosi sui soli parametri  $a$  e  $b$ .

$$PERT'(x, a, b) = PERT(x, a, a + \frac{b-a}{3}, b)$$

# TECNICHE RETICOLARI

## PERT – Esempio 1a

ACTIVITY	PRED.	a	M	b	EXPECTED TIME	SD
A	-	2	4	6	4.00	0.67
<b>B</b>	-	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>5.33</b>	<b>1.00</b>
C	A	4	5	7	5.17	0.50
D	A	4	6	10	6.33	1.00
<b>E</b>	<b>B</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5.17</b>	<b>0.50</b>
F	C	3	4	8	4.50	0.83
<b>G</b>	<b>D,E</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5.17</b>	<b>0.83</b>



# TECNICHE RETICOLARI

## PERT – Esempio 1b

- Identificare il percorso critico basandosi sui tempi EAD.
- Se si assume che le durate delle attività siano statisticamente indipendenti, vale il teorema del limite centrale: la somma delle variabili aleatorie corrispondenti alla durata delle attività del cammino critico è ancora una variabile aleatoria, avente **distribuzione normale** con media uguale alla somma delle medie e varianza pari alla somma delle varianze.

# TECNICHE RETICOLARI

## PERT – Esempio 1c

- La somma delle EAD “critiche” è 15.67
- La somma delle varianze è 1.944
- Consultando le tabelle della distribuzione normale od utilizzando Excel scopriamo che se la *dead line* è 16, abbiamo una probabilità di successo del 59,45% (che cosa ci diceva il CPM?)

# TECNICHE RETICOLARI

## PERT - Considerazioni

- VANTAGGI
  - Tiene conto della incertezza presente in ogni attività
- SVANTAGGI
  - Complessità di gestione ed aggiornamento.
  - Maggior numero di dati in ingresso.
  - Validità della distribuzione beta non sempre scontata.
  - Consideriamo fisso il cammino critico. Questa assunzione è ottimistica, particolari combinazioni di eventi possono portare a situazioni differenti. Per migliorare la valutazione sono necessarie simulazioni col metodo Monte Carlo.

# TECNICHE RETICOLARI

## Controllo 1

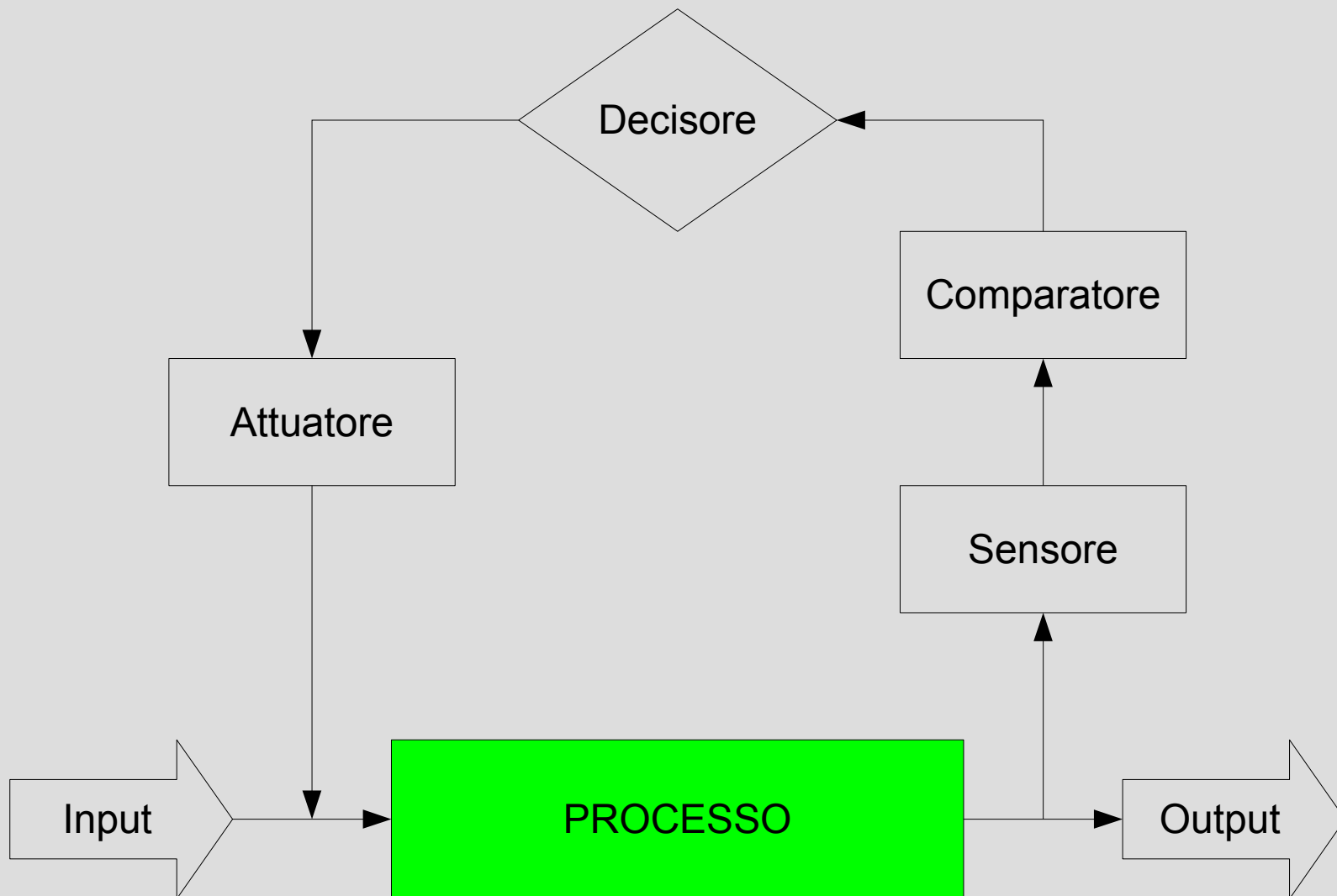
- Efficacia proporzionale, da un lato, alla correttezza e alla tempestività delle rilevazioni dell'avanzamento, dall'altro alla correttezza delle analisi ed alla tempestività degli interventi correttivi.
- Problema fondamentale: creazione di un opportuno sistema informativo-organizzativo di controllo.
- Valutazione della frequenza del controllo in funzione del tipo e durata complessiva del progetto e delle attività del cammino critico

Q: *“How does a project get to be a year late”?*

A: *“One day at a time”*

# TECNICHE RETICOLARI

## Controllo 2



# Agile Project Management

## Passi I

- Individuazione lista attività (*task*).
  - Durata di pochi giorni-uomo
  - Individuazione di una attività di riferimento a cui viene assegnato un punteggio (di solito 3);
  - Valutazione delle restanti attività sulla base di quella di riferimento.
- Suddivisione del progetto in cicli della lunghezza di una o due settimane

# Agile Project Management

## Passi II

- All'inizio di ogni iterazione (ciclo) si organizzano le attività nell'ordine in cui gli stakeholder desiderano realizzarle.
- Gli sviluppatori seguono la lista delle attività e a fine iterazione il gruppo valuta il punteggio raggiunto. Questo numero rappresenta la velocità dell'iterazione.

# Agile Project Management

## Passi III

- Si aggiornano due diagrammi a barre:
  - Il primo riporta la velocità del gruppo ad ogni iterazione
  - Il secondo mostra quanti punti rimangono per esaurire il progetto
- Notare che le barre sul secondo grafico mediamente si accorciano, ma possono anche allungarsi per effetto dell'aggiunta di nuove feature o la rivalutazione dei punteggi.

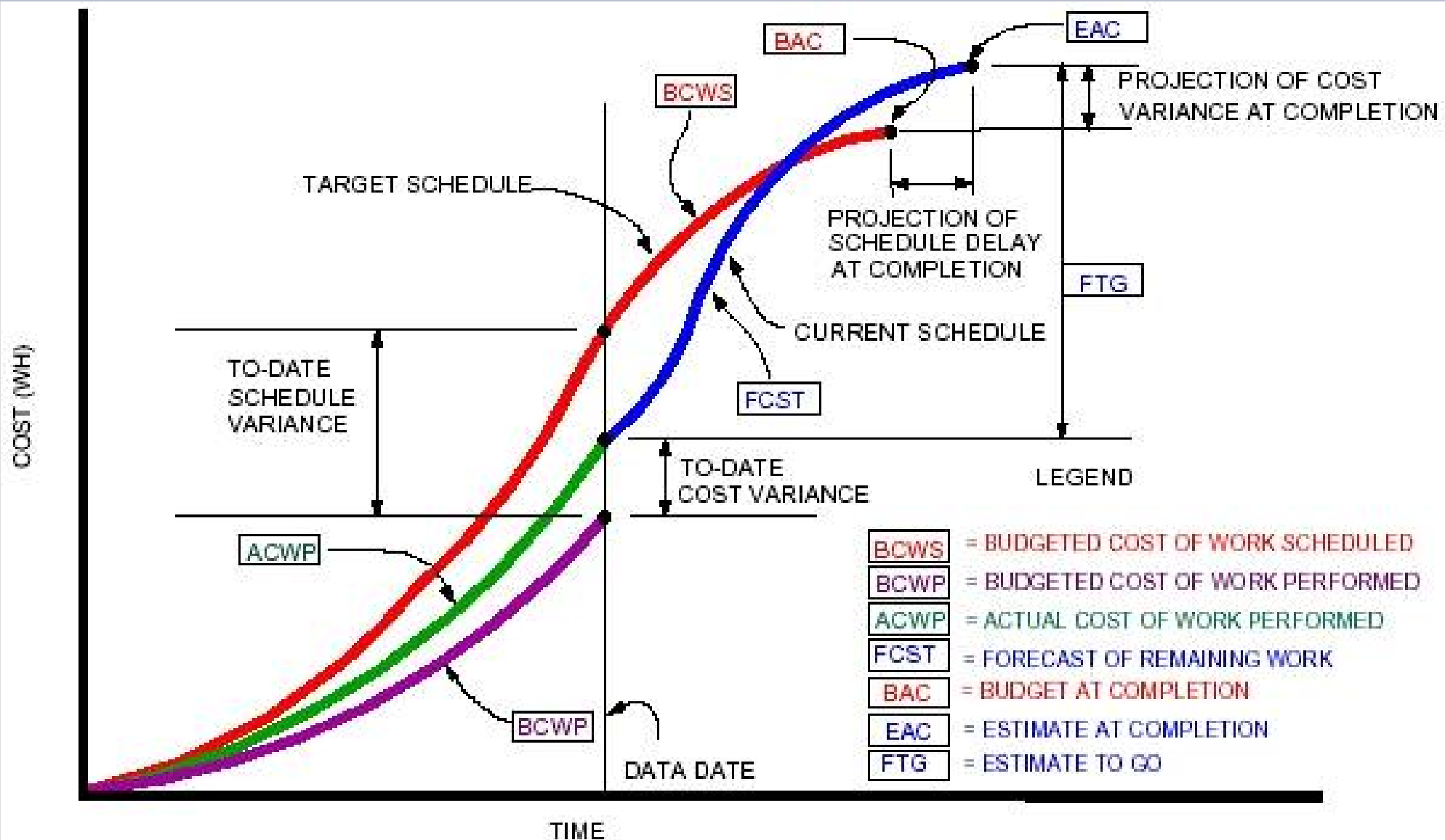
# EARNED VALUE

## Introduzione

- L'*earned value* (valore acquisito, realizzato) è il valore, in termini di budget, del lavoro effettivamente eseguito ad una certa data.
- Il metodo si basa su tre valori:
  - **Planned Value** (PV) o *Budget Cost of Work Scheduled* (BCWS). Totale dei costi pianificati alla data di avanzamento.
  - **Actual Cost** (AC) o *Actual Cost of Work Performed* (ACWP). Costo totale effettivamente sostenuto per il lavoro eseguito alla data di avanzamento.
  - **Earned Value** (EV) o *Budget Cost of Work Performed* (BCWP). Valore del lavoro effettivamente eseguito alla data di avanzamento.

# EARNED VALUE

## Esempio 1



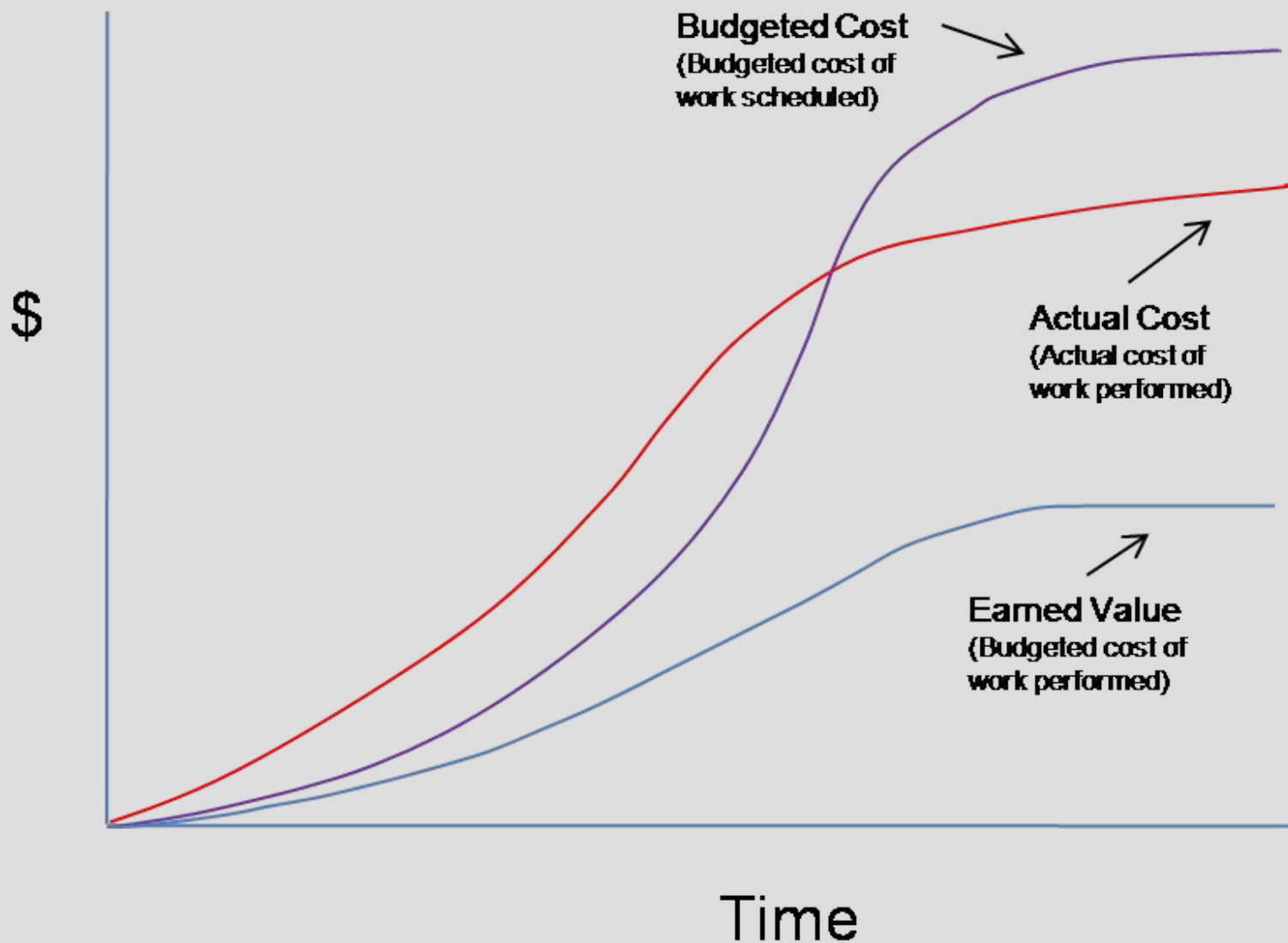
# EARNED VALUE

## Varianze ed indici

- I valori introdotti ci permettono di individuare lo stato di avanzamento dei lavori e le performance (tempi / costi).
- Varianze
  - $CV = EV - AC$  (varianza di costo)
  - $SV = EV - PV$  (varianza dei tempi)
- Indici
  - $CPI = EV / AC$  (indice prestazione economica)
  - $SPI = EV / PV$  (indice prestazione temporale)
  - $ETC = (BAC - EV) / CPI$  (stima costo residuo per finire)

# EARNED VALUE

## Esempio 2



# TECNICHE RETICOLARI

## Ridurre la durata di un progetto 1

- Ridurre la portata (*scope*).
- Ridurre la qualità.
- Aggiungere risorse.
- Effettuare operazioni in parallelo (*concurrency*).
- Sostituire le attività.



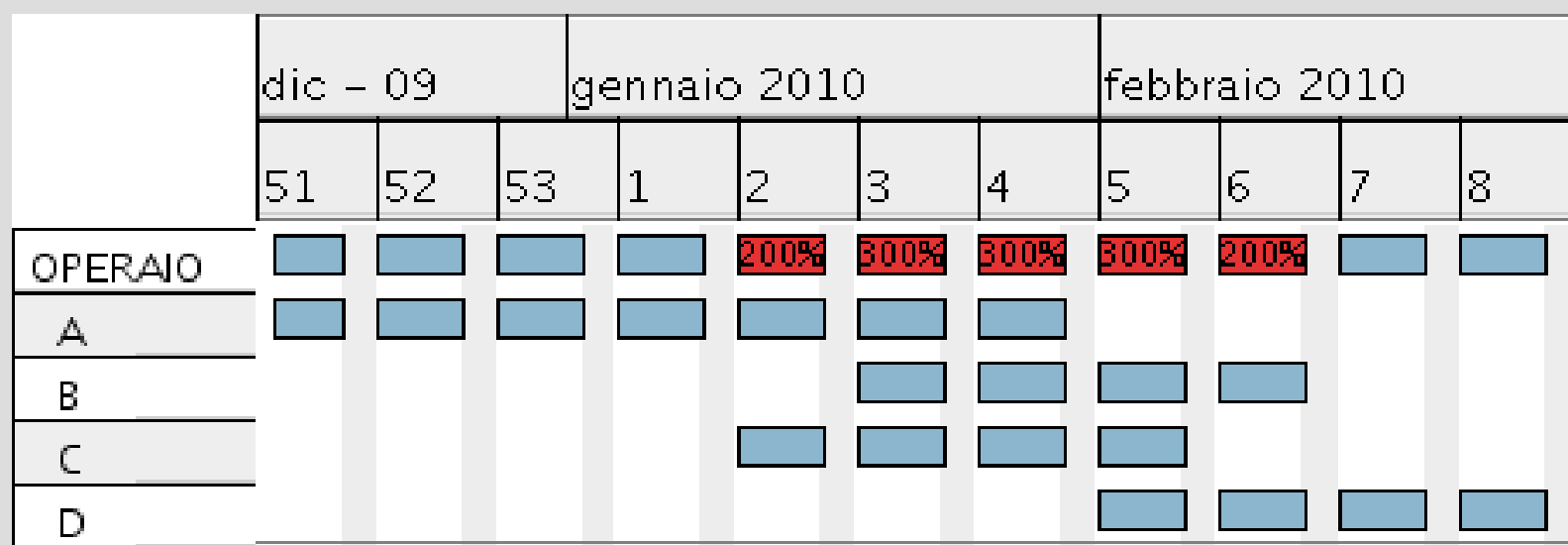
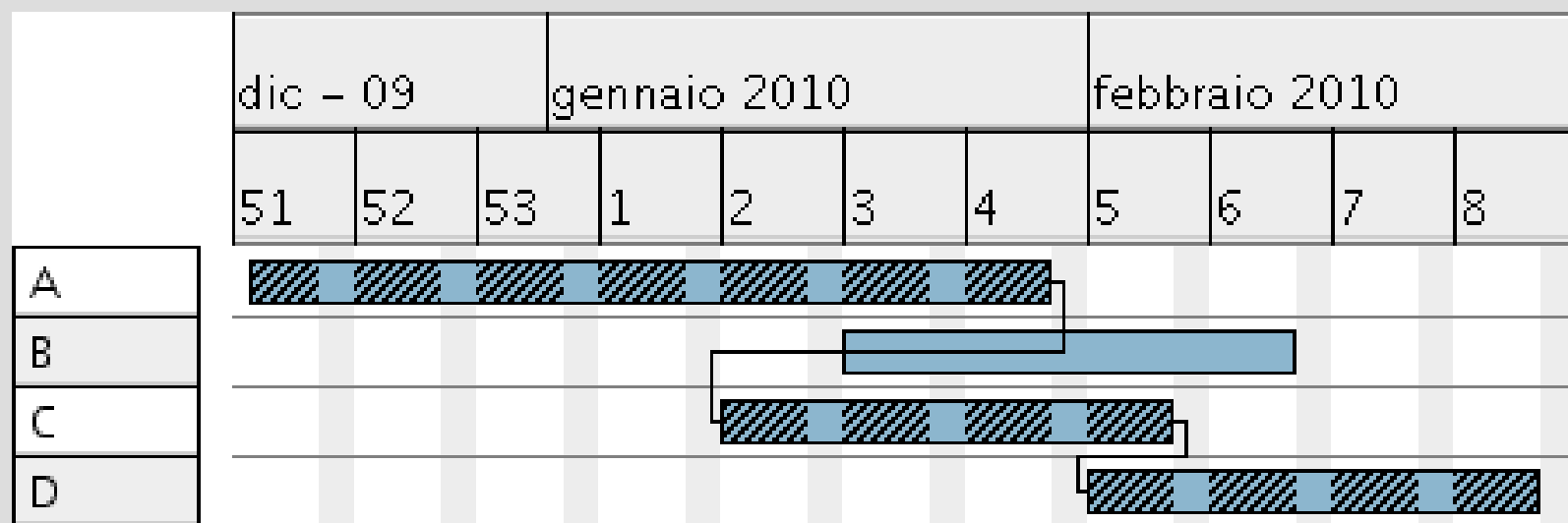
# TECNICHE RETICOLARI

## Ridurre la durata di un progetto 2

- *Crashing*: comprimere i tempi di determinate attività
- *Fast tracking*: parallelizzare alcune attività.

# TECNICHE RETICOLARI

## Pianificazione risorse



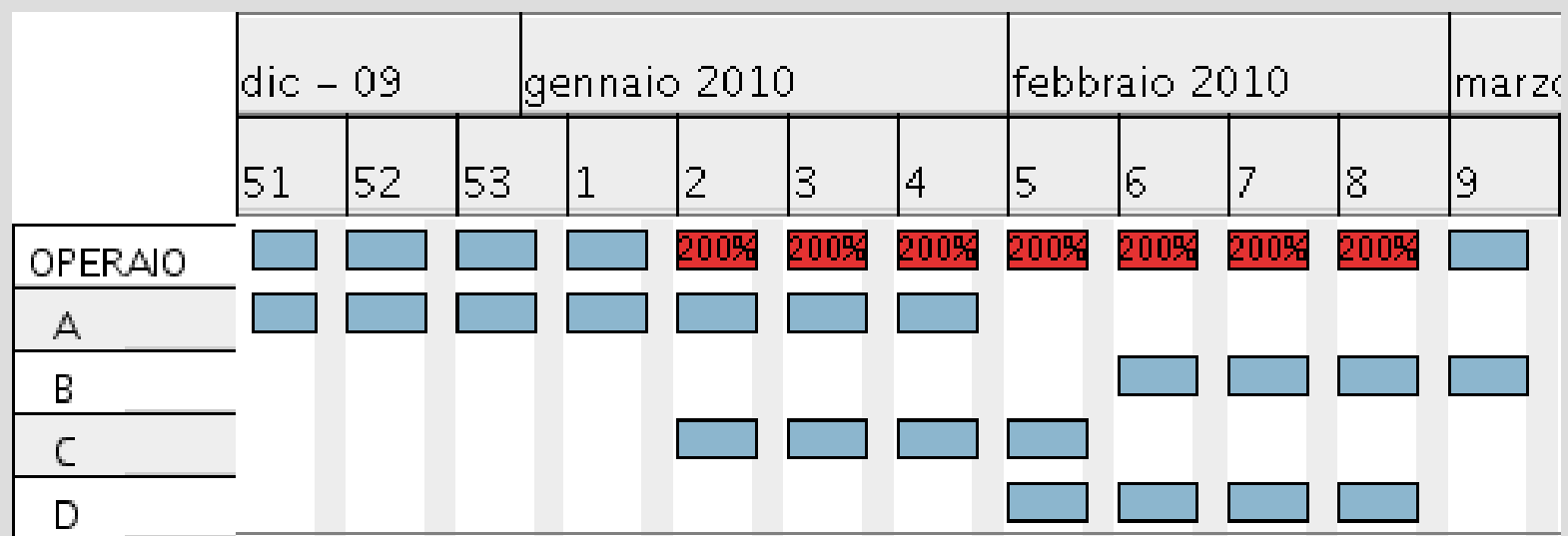
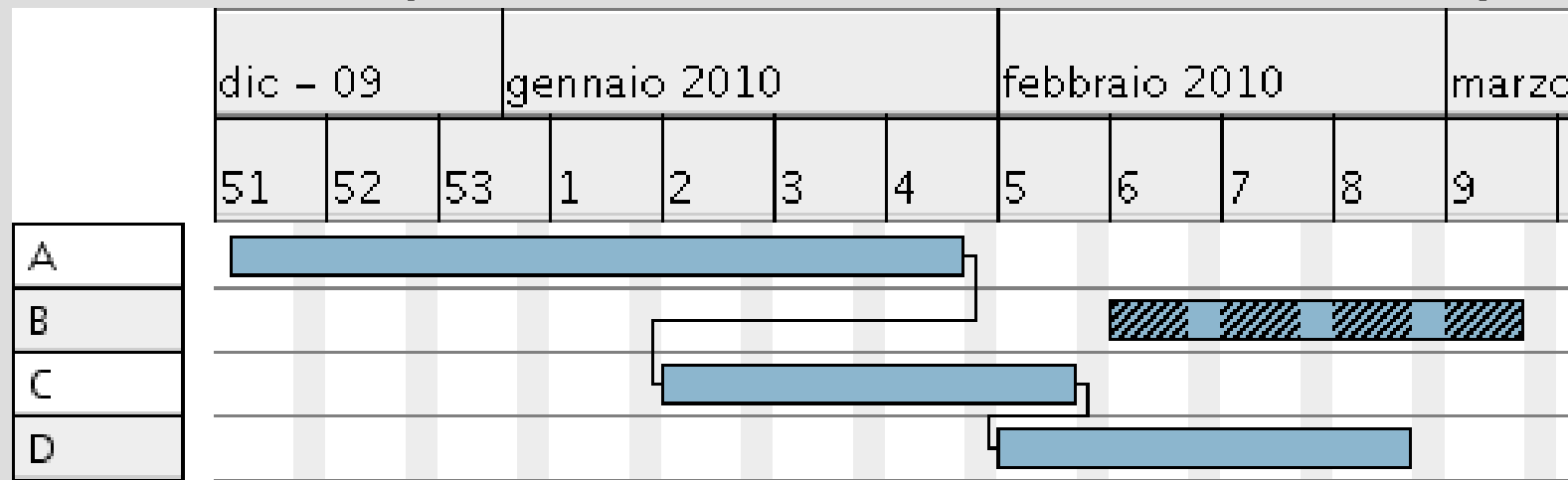


# TECNICHE RETICOLARI

## Livellamento a risorse limitate

*(Resource Constrained Schedule)*

Non possiamo disporre di più di due operai



# TECNICHE RETICOLARI

## Mythical man-month 1

“Cost varies as product of men and months,  
progress does not.”

“Hence the man-month as a unit for measuring  
the size of job is a dangerous and deceptive  
myth”

# TECNICHE RETICOLARI

## Mythical man-month 2

Brooks's law: “Adding manpower to a late software project makes it later”

“Nine women can't make a baby in one month”

# TECNICHE RETICOLARI

## Mythical man-month 4

*“Communication overheads increase as the number of people increases. The number of different communication channels increases along with the square of the number of people; doubling the number of people results in four times as many different conversations. Everyone working on the same task needs to keep in sync, so as more people are added they spend more time trying to find out what everyone else is doing”.*

$$CC = \frac{n \cdot (n - 1)}{2}$$

# GESTIONE RISCHI (*RISK MANAGEMENT*)

Riguarda tutti quei processi tesi a  
**diminuire**  
la probabilità e l'impatto di eventi dannosi  
e ad  
**aumentare**  
la probabilità e l'impatto di opportunità o eventi  
positivi per il progetto.

# GESTIONE RISCHI

## Articolazione

- **Identificazione** dei rischi (nel senso inglese di *risk*: rischio od opportunità)
- **Analisi quantitativa/qualitativa**
- **Pianificazione della risposta**: azioni da porre in essere, enti coinvolti
- **Monitoraggio e controllo**: si protrae per l'intero arco di vita del progetto

# GESTIONE RISCHI

## Identificazione

- Creare un elenco, specificando fonti (eventi, cause) che generano il rischio, i segnali e gli effetti.
- Ci si può basare elenchi già disponibili derivanti da progetti simili, ma è comunque richiesta una fase di *brainstorming*.
- Si può arrivare ad una lista generale per il progetto o ad una articolata seguendo il WBS.

# GESTIONE RISCHI

## Analisi

- Bisogna valutare la **probabilità** di occorrenza e l'**impatto** sul progetto (tempi, costi, qualità).
- Dobbiamo misurare, così avremo elementi sia in fase di pianificazione (azioni preventive) che di controllo (azioni correttive).
- Esistono molti metodi.

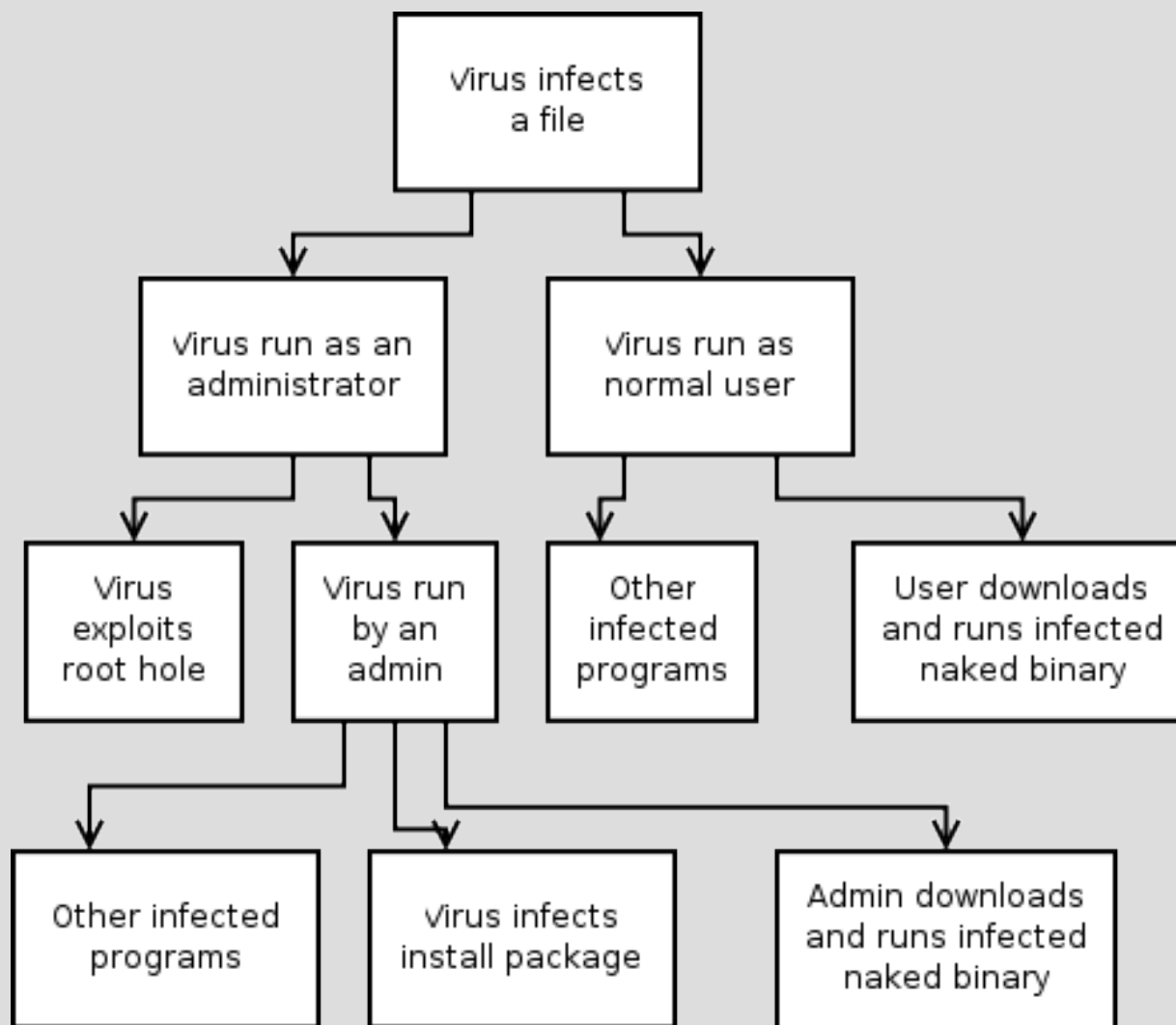
# GESTIONE RISCHI

## *Fault Tree Analysis (FTA)*

- Si basa su alberi e operatori logici (AND, OR...)
- Si articola in
  - Selezione del rischio che si vuole analizzare (*top event*, radice dell'albero)
  - Identificazione degli eventi che contribuiscono direttamente
  - Correlazione mediante porte logiche
  - Approfondimento ricorsivo delle foglie che non si ritengono sufficientemente dettagliate
- *Fault Tree* (settore ingegneristico), di *Attack Tree* (settore informatico).

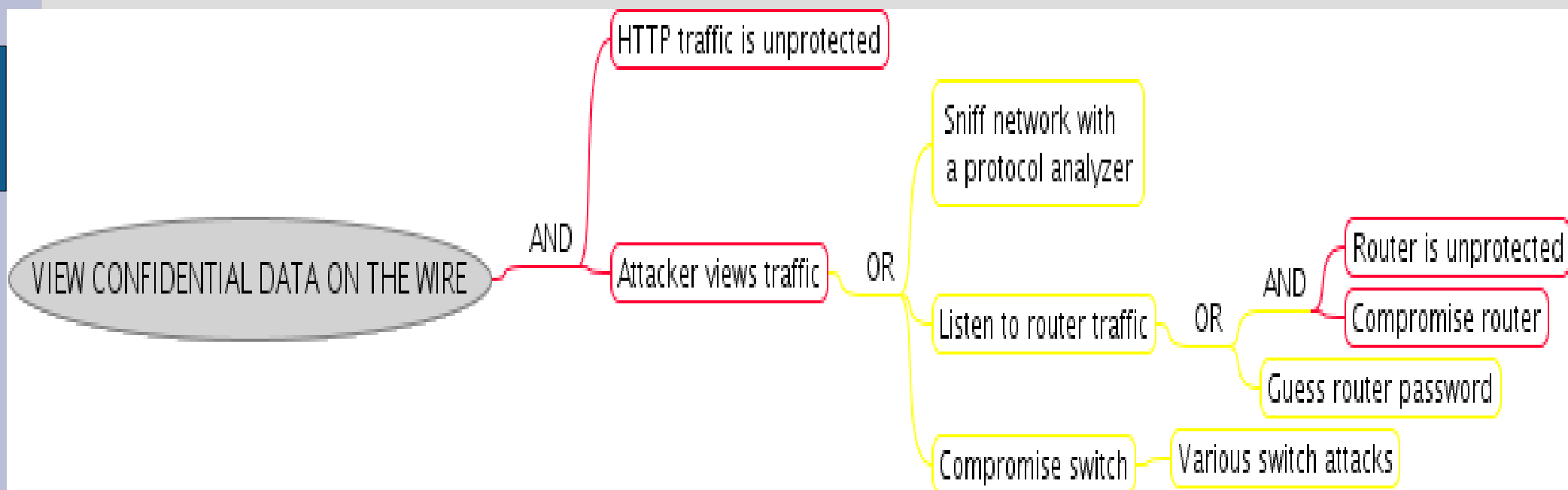
# GESTIONE RISCHI

## FTA – Infezione virus informatico



# GESTIONE RISCHI

## FTA – Intercettazione dati su cavo

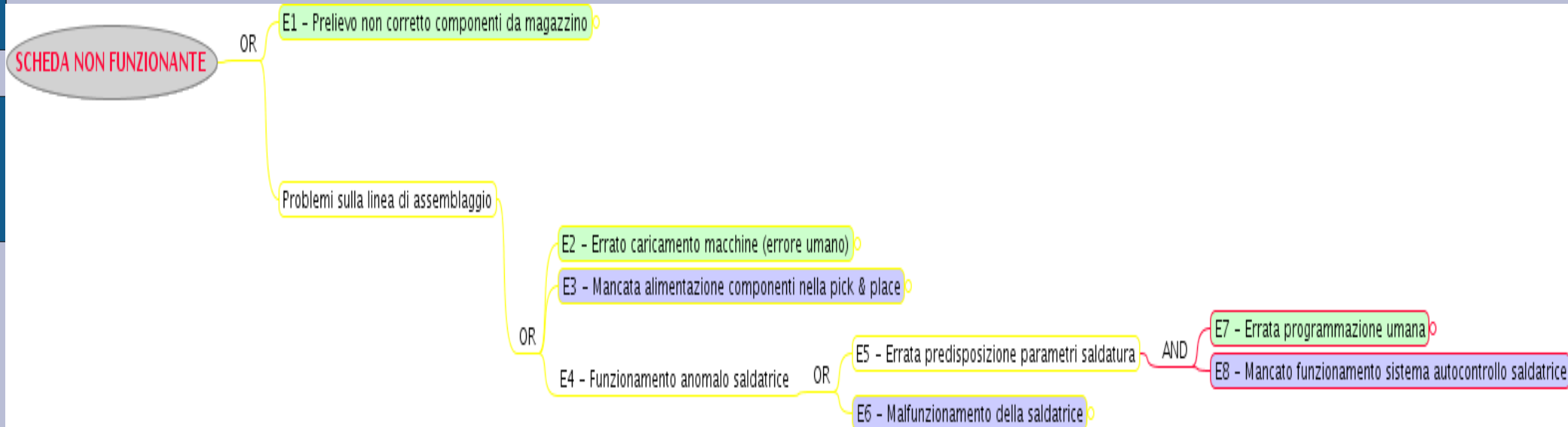


Ci sono porte AND (in rosso) e porte OR (in giallo).

Di solito è più semplice intervenire sui nodi AND per mitigare i rischi.

# GESTIONE RISCHI

## FTA – Linea produzione di schede elettroniche



$$P_{SCHEDA\ NON\ FUNZIONANTE} = P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} + c = P_{E1} + P_{E2} + P_{E3} + P_{E6} + P_{E7} \cdot P_{E8}$$

$$P_{E1} = P_{E2} = P_{E3} = P_{E6} = 0.01, P_{E7} = P_{E8} = 0.1 \Rightarrow P_{SCHEDA\ NON\ FUNZIONANTE} = 0.05$$

- Le probabilità:
  - Si sommano per le porte (*gate*) OR
  - Si moltiplicano per le porte AND

# GESTIONE RISCHI

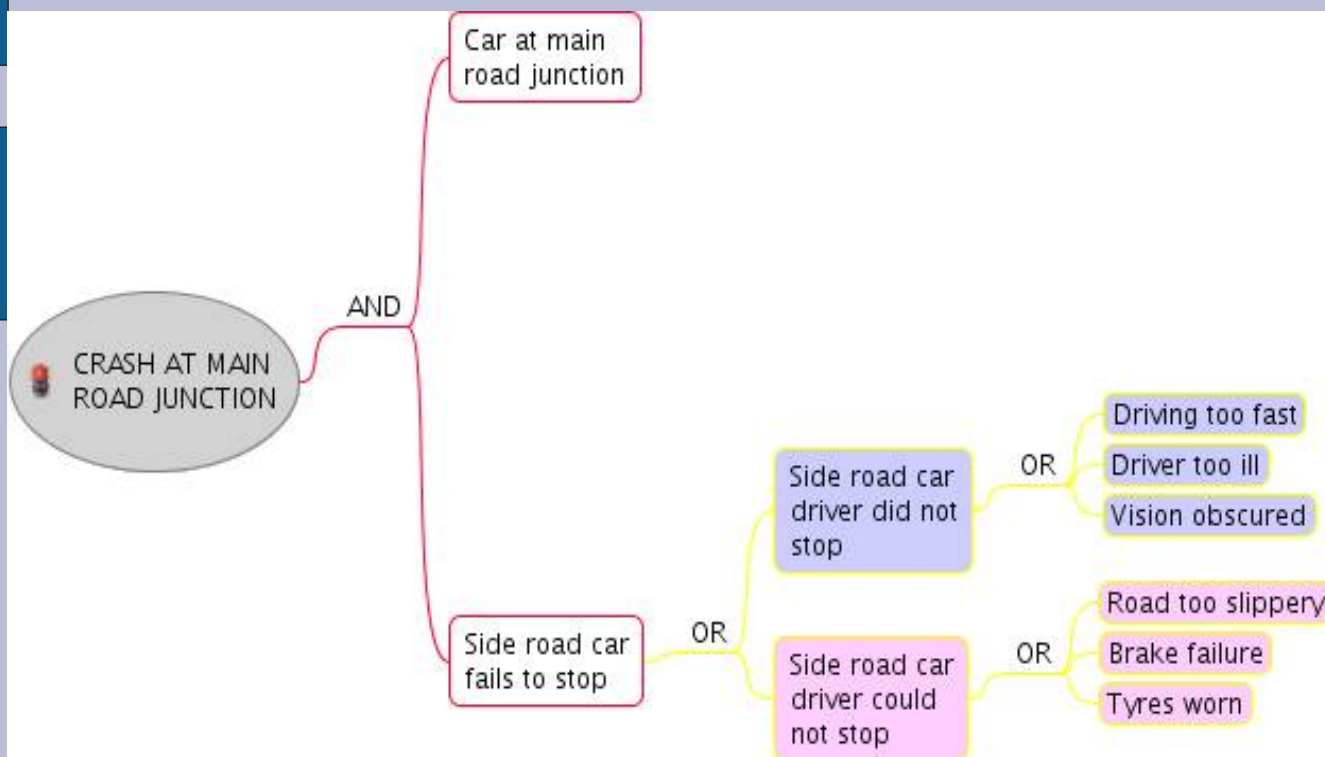
## FTA – *Crash at main road junction I*

- Abbiamo un incrocio fra una strada principale ed una secondaria
- Come valutiamo i rischi di incidente mediante la FTA?



# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Crash at main road junction II*



Frequent - Remote ↓

Probability scale:  
 1 in 10  
 1 in 100  
 1 in 1000  
 1 in 10000  
 1 in 100000  
 1 in 1 milion

Event	Probability
Car at main road junction	0.01
Driving too fast	0.1
Driver too ill	0.01
Vision obscured	0.01
Road too slippery	0.01
Brake failure	0.001
Tyres worn	0.0001

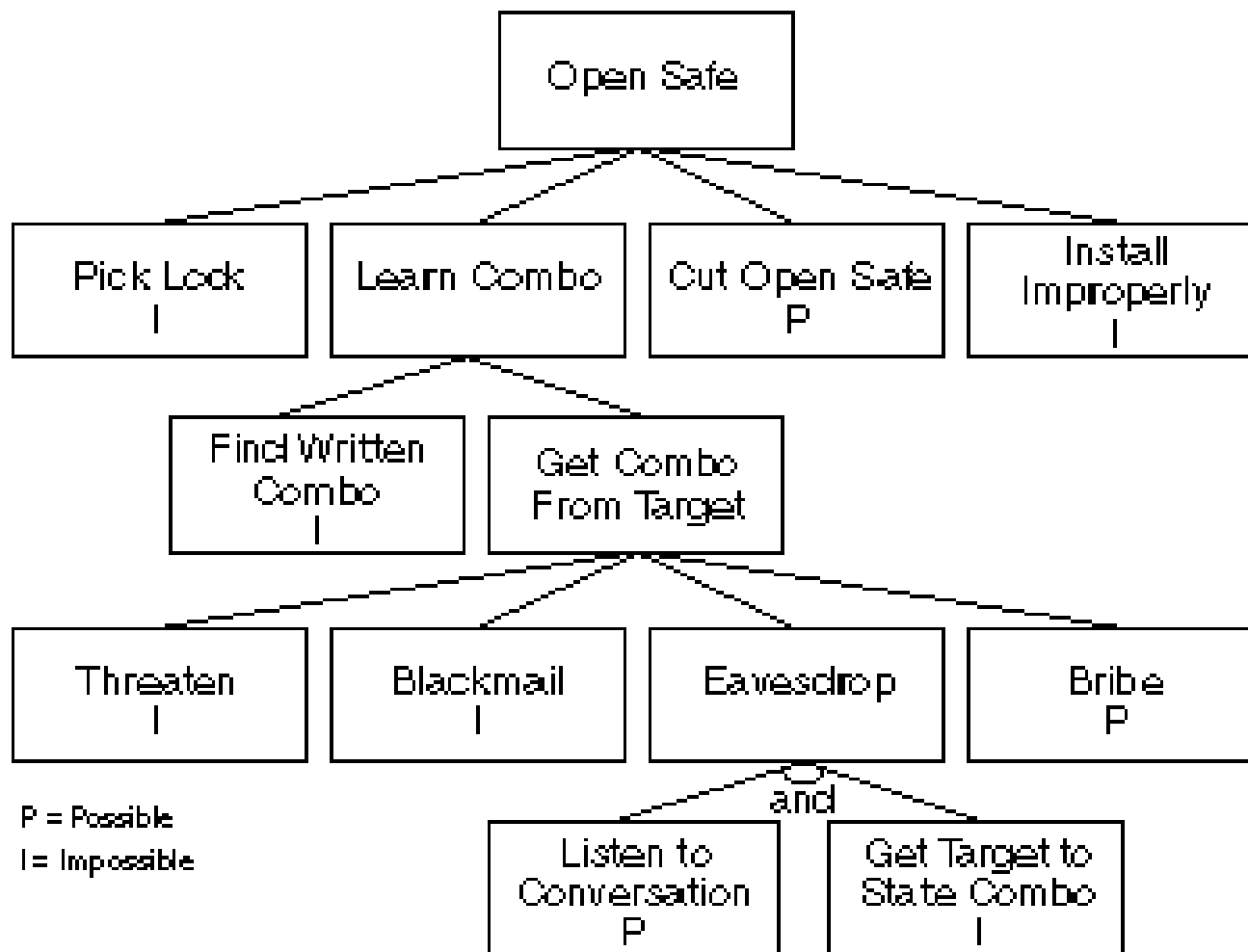
Qual è la probabilità di un incidente?

**P = 0.001311**

Se 6000 macchine utilizzano la strada secondaria, ci attendiamo 6-7 incidenti.

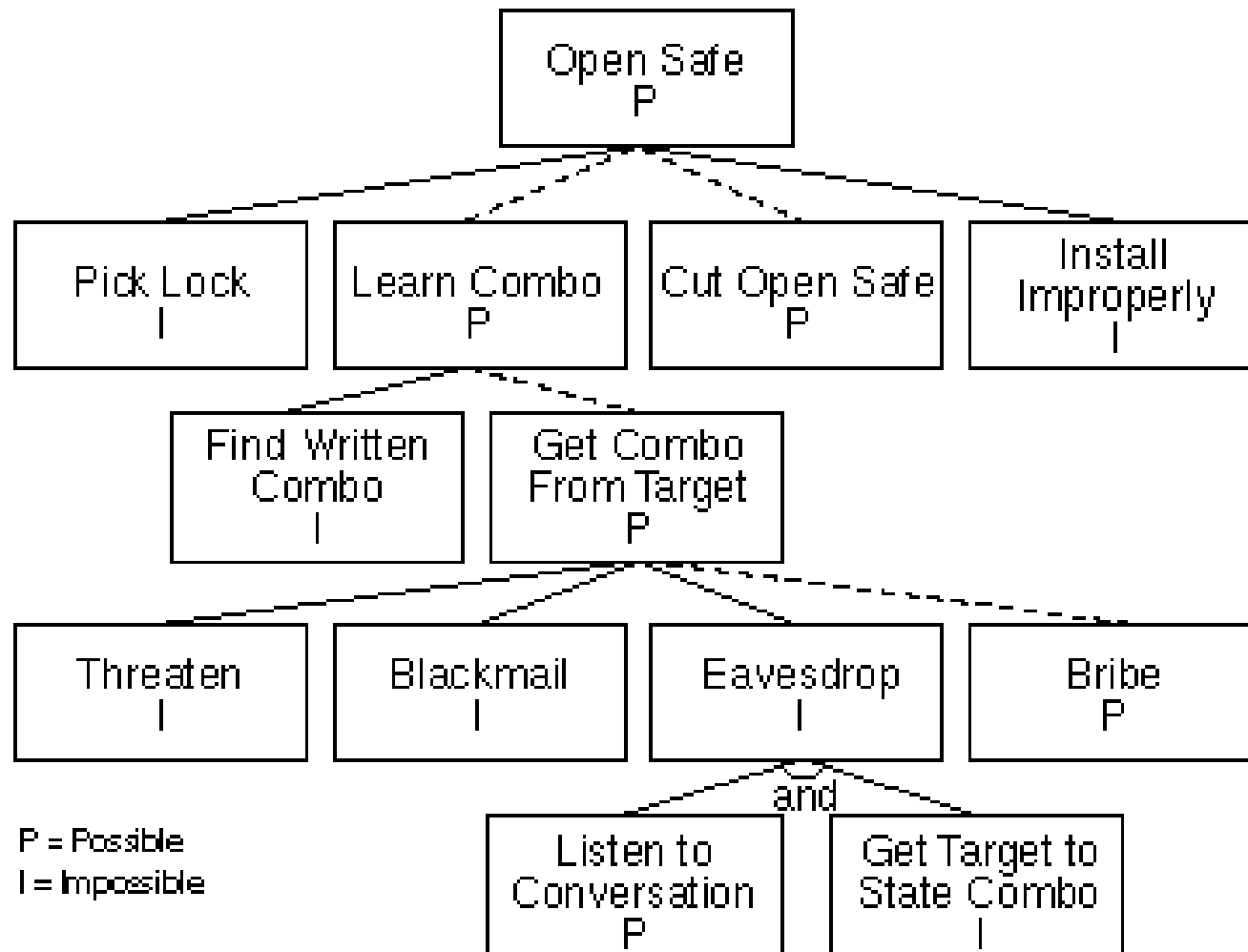
# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Open Safe (Bruce Schneier)*



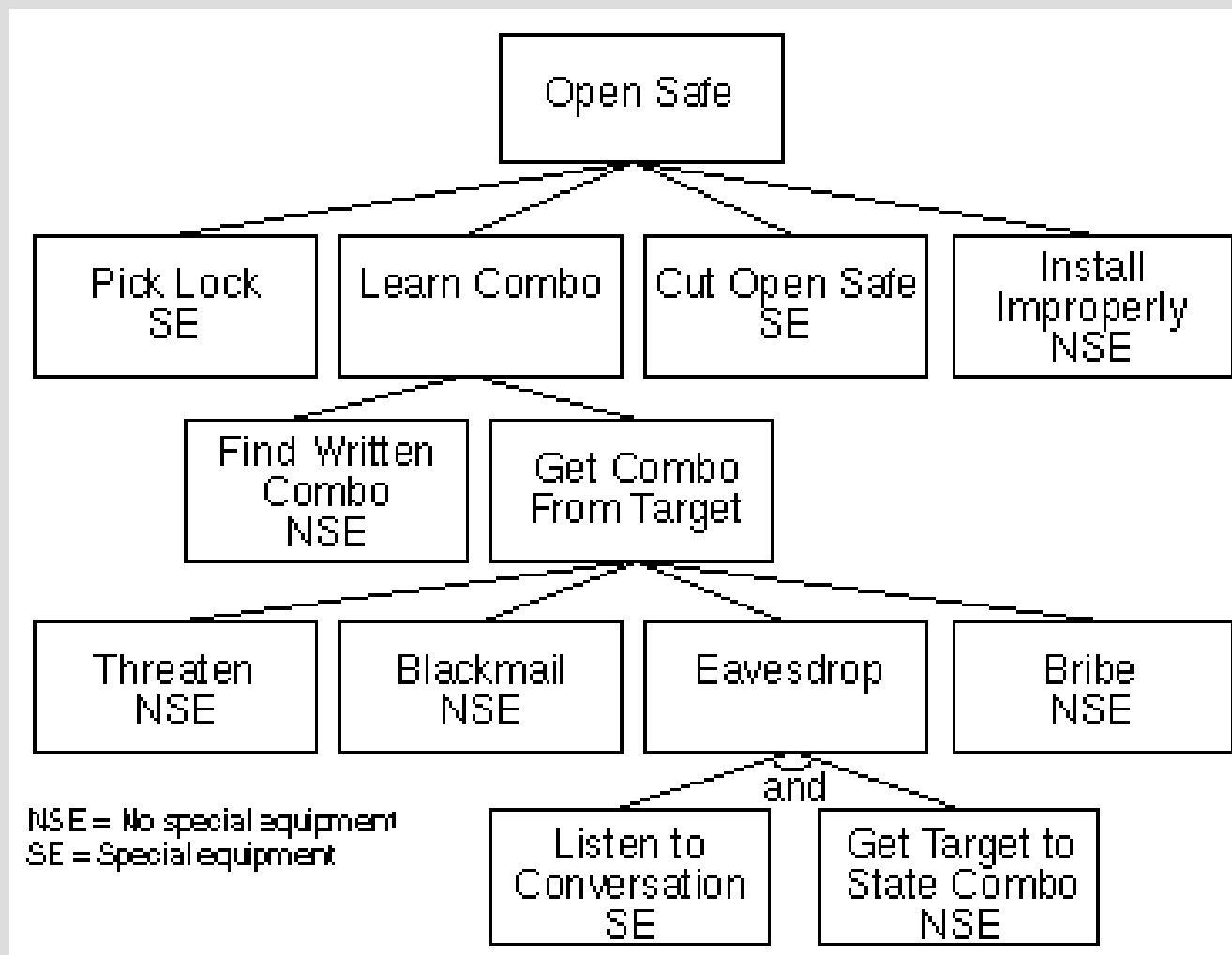
# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Open Safe, possible attacks*



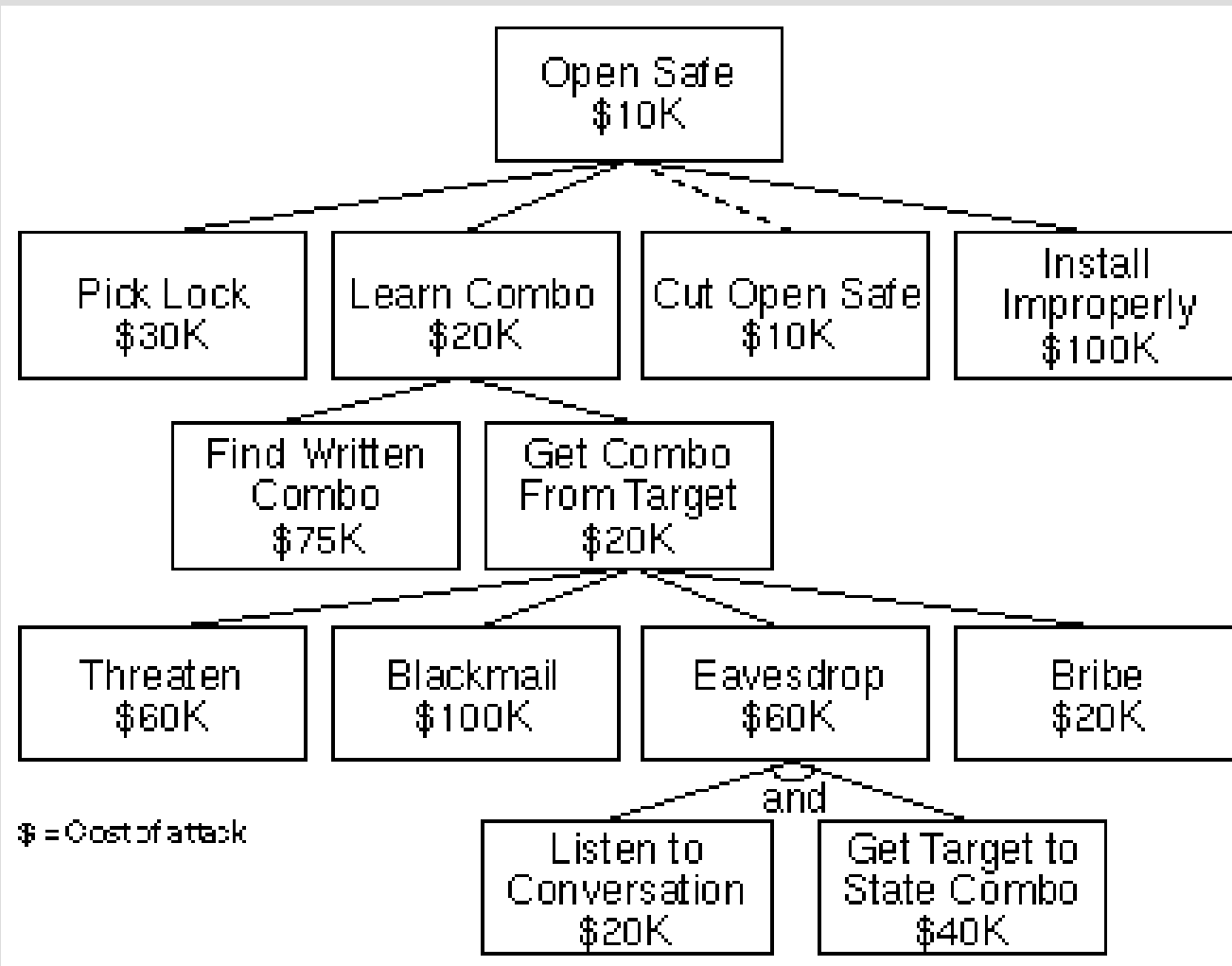
# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Open Safe, attack devices*



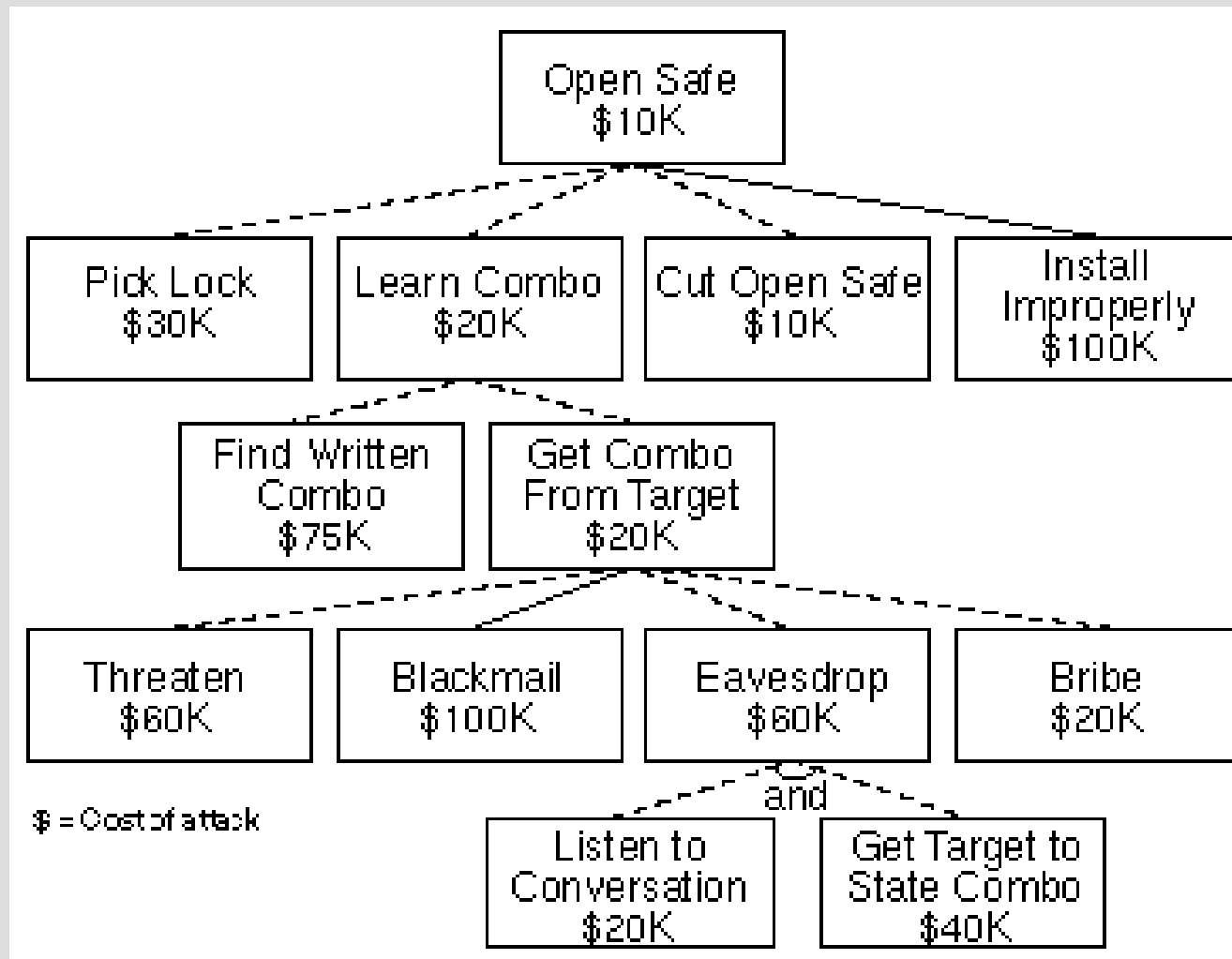
# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Open Safe, attack costs*



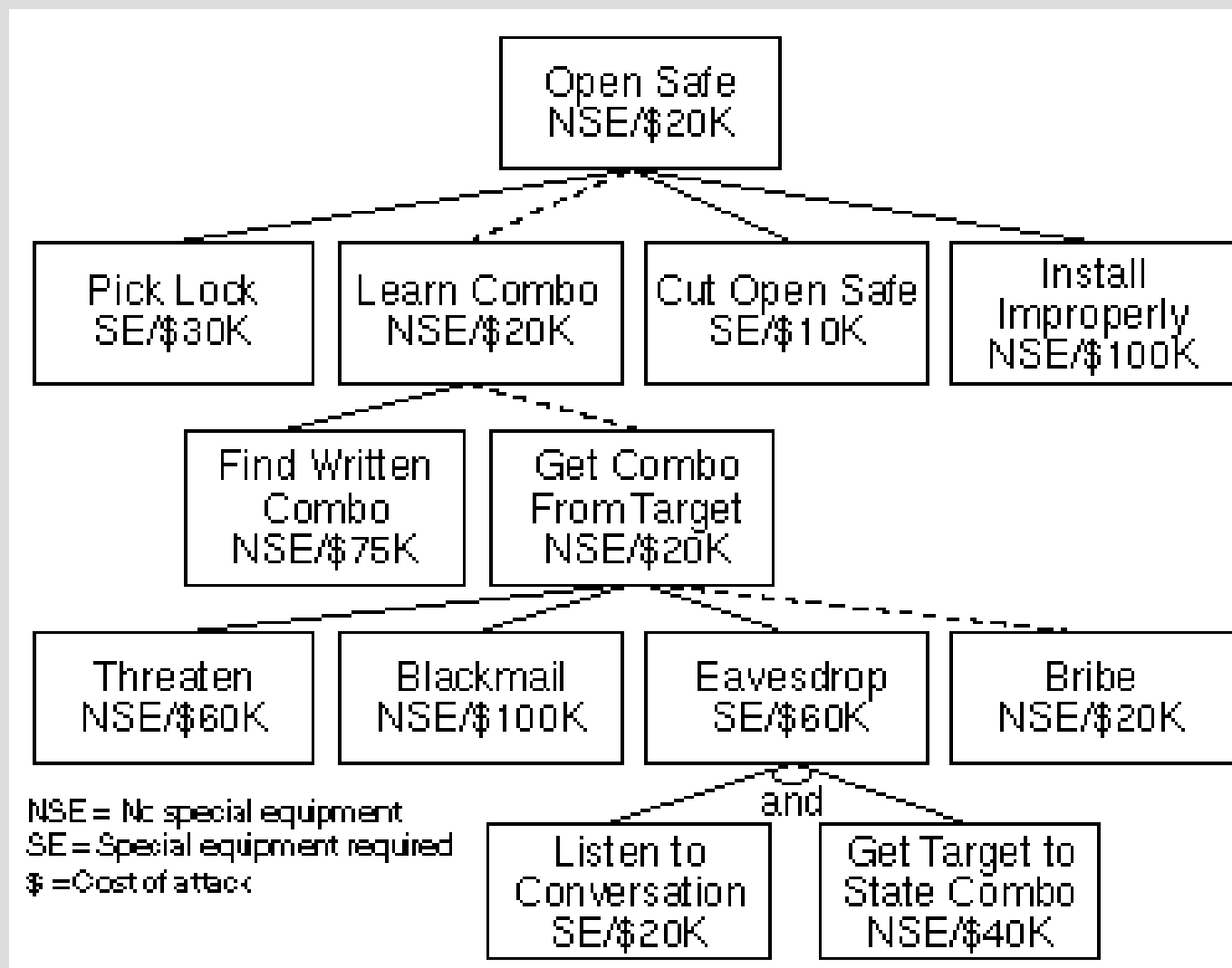
# GESTIONE RISCHI

## FTA – *Open Safe, less than 100K*



# GESTIONE RISCHI

FTA – *Open Safe, cheapest attack requiring no special equipment*



# GESTIONE RISCHI

## *Threat assessment* mediante DREAD

Threat Target	Payroll Response
Threat Category	Information disclosure
Risk	D: 8 R:10 E:7 A:10 D:9
Comment	Most likely attack is from rogue users using protocol analyzers, because it's an easy attack to perform; the attack is passive and cheap in term, effort and money.

### DREAD

- Letteralmente terrorizzare.
- E' un acronimo:
  - **Damage potential**: quanto danno si può causare?
  - **Reproducibility**: quanto è facile riprodurre l'attacco?
  - **Exploitability**: quanta abilità è necessaria?
  - **Affected users**: chi ne risentirà
  - **Discoverability**: quanto è evidente? (memento Kerckhoffs: security by obscurity)
- E' in uso nel campo della sicurezza informatica.

# GESTIONE DEI RISCHI

## Matrice di rischio I

- Probabilità
  - Zero: l'evento rischioso non si manifesta
  - Bassa: probabilità fra l'1% e 40%
  - Media: probabilità fra il 41% ed il 70%
  - Alta: probabilità tra il 71% ed il 99%
- Impatto
  - Zero: non c'è un vero rischio!
  - Basso: l'impatto è trascurabile, ma comunque da comunicare a committente / sponsor
  - Medio: potremmo non rispettare i requisiti, le scadenze temporali od il budget
  - Alto: potrebbe compromettere la riuscita del progetto

# GESTIONE RISCHI

## Matrice di rischio II

- Nota la probabilità e l'impatto è possibile associare il rischio corrispondente ( $R=P \times I$ )
- Una probabilità media associata ad un impatto alto determina un livello di rischio alto

PROB. / IMPATTO	BASSO	MEDIO	ALTO
ALTA	ALTO	MEDIO	ALTO
MEDIA	ALTO	MEDIO	ALTO
BASSA	ALTO	MEDIO	MEDIO

# GESTIONE RISCHI

## Azioni preventive

- Si conducono prima che il rischio si manifesti e sono finalizzate alla riduzione del livello di rischio.
- Possono eliminare il rischio o mitigarlo, riducendo la probabilità di accadimento o l'impatto, in modo da portare il livello di rischio al di sotto del livello di guardia
- Esempio: incremento dettaglio pianificazione, cambiamenti procedurali, impiego di risorse ad hoc.

# GESTIONE RISCHI

## Azioni correttive

- Poste in essere quando il rischio si manifesta.
- Servono a mitigare l'impatto e possono essere previste anche quando le azioni preventive non siano sufficienti a ridurre sufficientemente il livello di rischio
- Il PM responsabile dell'attuazione dell'azione correttiva e dell'identificazione del segnale di allerta.
- Esempio: piani di emergenza, penali ai fornitori...

# GESTIONE RISCHI

## Pianificazione delle risposte

- **ELUSIONE**

- Azione sulla causa che elimina la probabilità di accadimento.
- Si cambia, per esempio, la soluzione tecnica adottata o i requisiti che portano al problema

- **MITIGAZIONE**

- Azione sulla probabilità di accadimento o sull'impatto.

- **TRASFERIMENTO**

- Contratto, assicurazione

- **ASSUNZIONE**

- Aspettiamo e vediamo cosa succede. Qualora i rischi dovessero verificarsi cercherò di intraprendere azioni di emergenza.

# CONFLITTO E CRISI

## Esempio 1a

AZIONISTI	QUOTE AZIONARIE
A	10%
B	20%
C	30%
D	40%

Gli azionisti non vogliono dividere gli utili in proporzione alle rispettive quote azionarie. La situazione di conflitto può sfociare in una crisi. Cosa proporre agli azionisti?

AZIONISTI	RIPARTIZIONE
A	1/12
B	1/4
C	1/4
D	5/12

E' scorretto nei confronti di A e C?

# CONFLITTO E CRISI

## Esempio 1b

AZIONISTI	QUOTE AZIONARIE
A	10%
B	21%
C	30%
D	39%

Ed ora cosa fare?

A non è mai determinante nel prendere decisioni di maggioranza. Il ruolo degli altri soci è invece perfettamente simmetrico. La ripartizione avviene in base all'indice di Shapley.

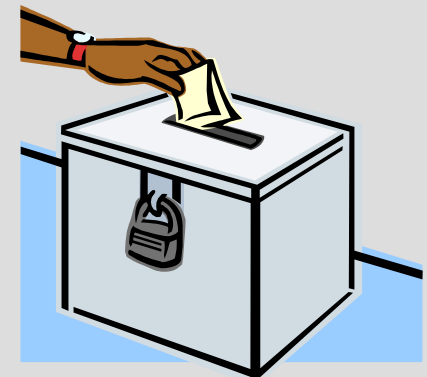
AZIONISTI	RIPARTIZIONE
A	0
B	1/3
C	1/3
D	1/3

Quanto avrebbe dovuto chiedere D a B per cedergli l'1%?

# WEIGHTED VOTING GAMES

- N partecipanti (*agent*);
- Ad ogni partecipante  $a_i$  è assegnato un peso  $w_i$ .
- Al gioco viene assegnata una quota  $q$ .
- Una coalizione  $C$ , sottoinsieme di  $N$ , vince se:

$$\sum_{a_i \in C} w_i \geq q$$



# WEIGHTED VOTING GAMES

- Per esempio  $q=51$ ,  $w_1=50$ ,  $w_2=26$ ,  $w_3=26$ 
  - Nessun partecipante vince, tutte le coalizioni di 2 partecipanti vincono come pure la *grand coalition*.
  - Nessun partecipante ha più potere degli altri.
- Il potere non è proporzionale al peso  $w$ .
  - Come misurare il potere?



# WEIGHTED VOTING GAMES

## Indici di potere

- Misurano la probabilità di avere un ruolo significativo nella determinazione del risultato:
  - Ipotesi differenti sulla formazione delle coalizioni
  - Definizioni differenti di “ruolo determinante”
- Due indici diffusi:
  - Shapley-Shubik
  - Banzhaf



# WEIGHTED VOTING GAMES

## Banzhaf Power Index

- Il partecipante critico (*pivotal*) in una coalizione vincente è quello che la rende perdente abbandonandola.
- Il BPI di un partecipante è il rapporto fra il numero di volte in cui il partecipante risulta critico (*pivotal*) e il conteggio totale dei partecipanti critici.
- $2^n - 1$  coalizioni (sottoinsiemi).
- *I partecipanti possono abbandonare la coalizione in ogni momento.*



# WEIGHTED VOTING GAMES

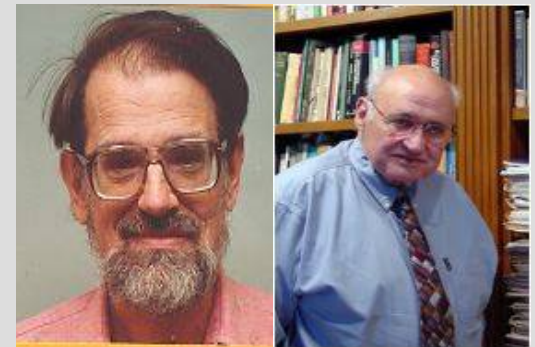
## Banzhaf Power Index - Esempio

- Tre partecipanti: P1 ( $w=4$ ), P2 ( $w=3$ ), P3 ( $w=2$ )
- Coalizioni possibili 7
- Coalizioni vincenti:
  - {P1, P2}, {P1, P3}, {P1, P2, P3}
- Risulta:
  - {P1, P2}, {P1, P3}, {P1, P2, P3}
  - $BPI(P1)=3/5$ ,  $BPI(P2)=1/5$ ,  $BPI(P3)=1/5$

# WEIGHTED VOTING GAMES

## Shapley-Shubik Index

- La percentuale di tutte le PERMUTAZIONI in cui il partecipante è critico.
- Numero di possibili coalizioni in giochi con  $N$  partecipanti:  $N!$
- I partecipanti entrano in gioco seguendo un ordine, **NON** possono abbandonare la coalizione.



# WEIGHTED VOTING GAMES

## Shapley-Shubik Index - Esempio

- Tre partecipanti: P1 ( $w=4$ ), P2 ( $w=3$ ), P3 ( $w=2$ )
- Sei coalizioni:
  - {P1, P2, P3},  $4+3=7$ ;
  - {P1, P3, P2},  $4+2=6$  ;
  - {P2, P1, P3},  $3+4=7$ ;
  - {P2, P3, P1},  $3+2+4=9$ ;
  - {P3, P1, P2},  $2+4=6$ ;
  - {P3, P2, P1},  $2+3+4=9$ .
- P1 è critico 4 volte (SSPI=4/6), P2 1 volta (SSPI=1/6), P3 1 volta (SSPI=1/6).

# ESERCIZI AGGIUNTIVI I

OPERAZIONE	PREDECESSORI	DURATA
A	-	5
B	A	6
C	A	10
D	A	7
E	B	3
F	C,E	3
G	C	2
H	D	6
I	-	10

- Disegnare il grafo relativo al progetto
- Disegnare il diagramma di Gantt relativo al progetto
- Identificare il percorso critico
- Stabilire la durata del progetto

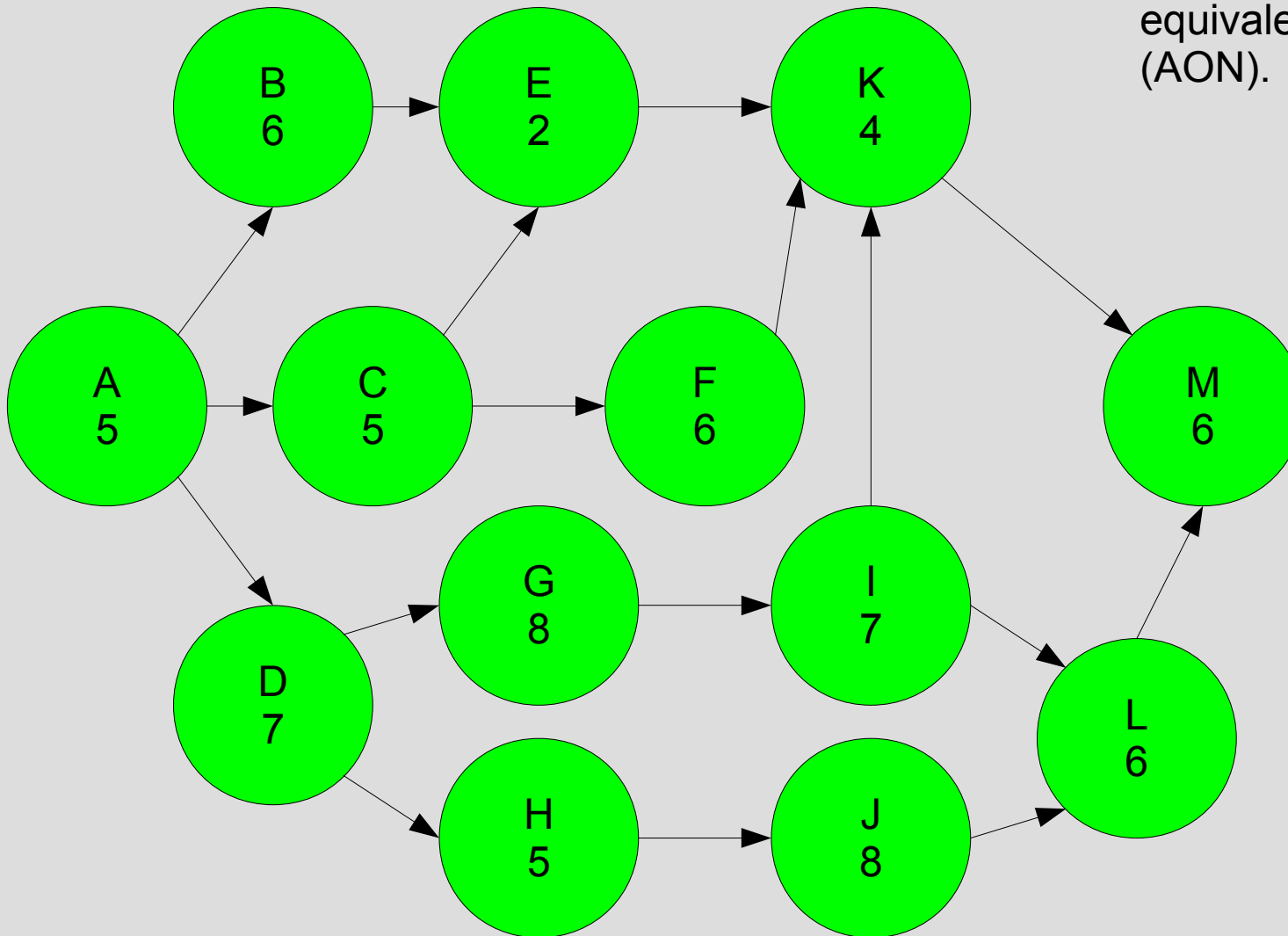
# ESERCIZI AGGIUNTIVI II

OPERAZIONE	PREDECESSORI	DURATA
A	-	3
B	-	5
C	-	4
D	-	3
E	A	6
F	C, H	7
G	E	4
H	B, E	5
I	C, H	6
J	H	4
K	G, H	4
L	I, J	2
M	D, F	5

- Disegnare il grafo relativo al progetto
- Disegnare il diagramma di Gantt relativo al progetto
- Identificare il percorso critico
- Stabilire la durata del progetto

# ESERCIZI AGGIUNTIVI III

Disegnare il grafo del tipo AOA equivalente a quello in figura (AON).



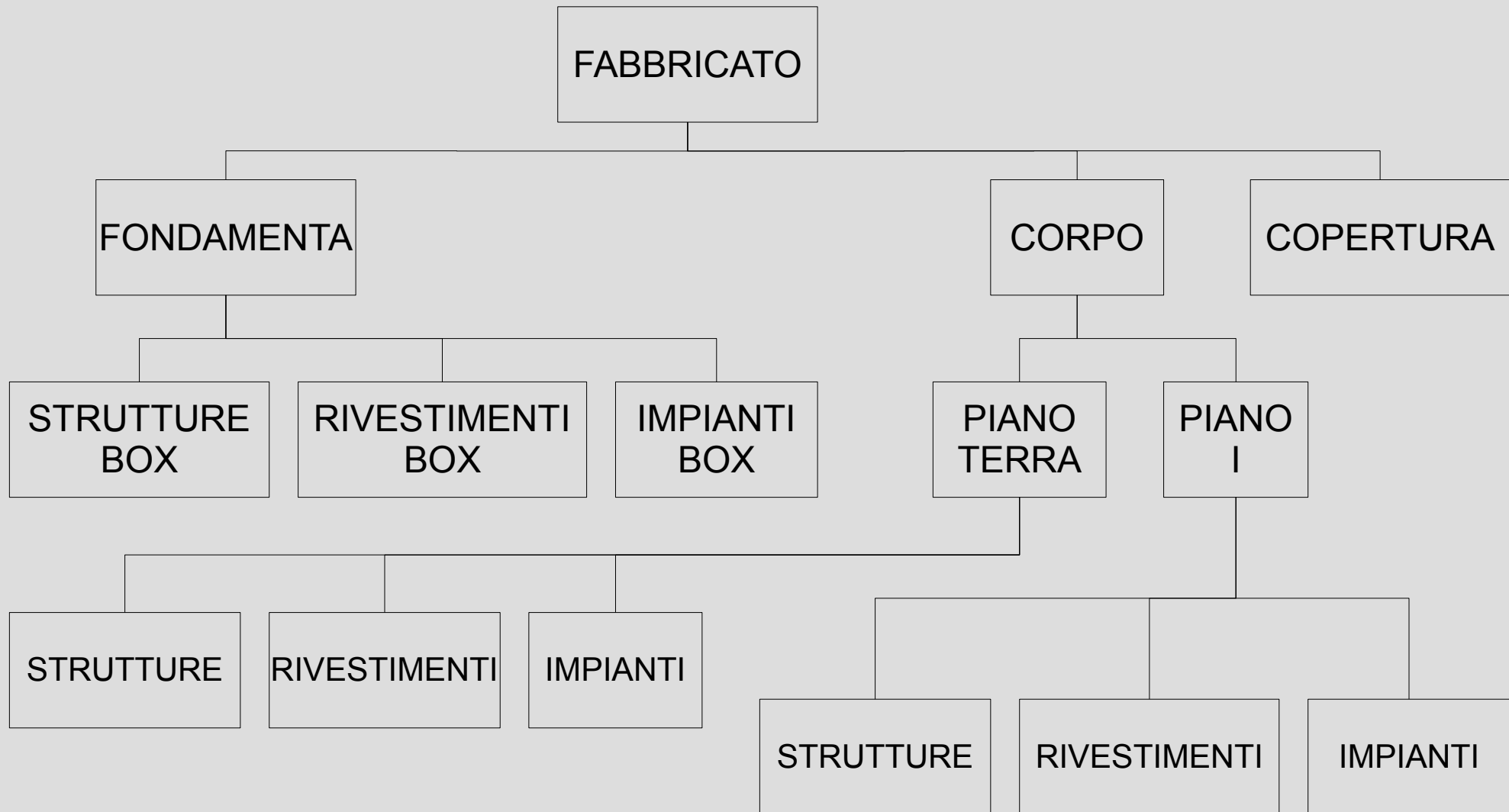
# ESERCIZI AGGIUNTIVI IV

## Pipeline construction project

Task	Description	Predecessors	Time
A	Lead time	-	10
B	Equipment to site	A	20
C	Get pipe	A	40
D	Get valve	A	28
E	Lay out time	B	8
F	Excavate	E	30
G	Test pipe	C	3
H	Lay pipe	F, G	24
I	Concrete work	H	12
J	Install valve	D	10
K	Test pipe	I, J	6
L	Cover pipe	I, J	10
M	Clean up	K, L	4
N	Complete valve work	I, J	6
O	Leave site	M, N	4

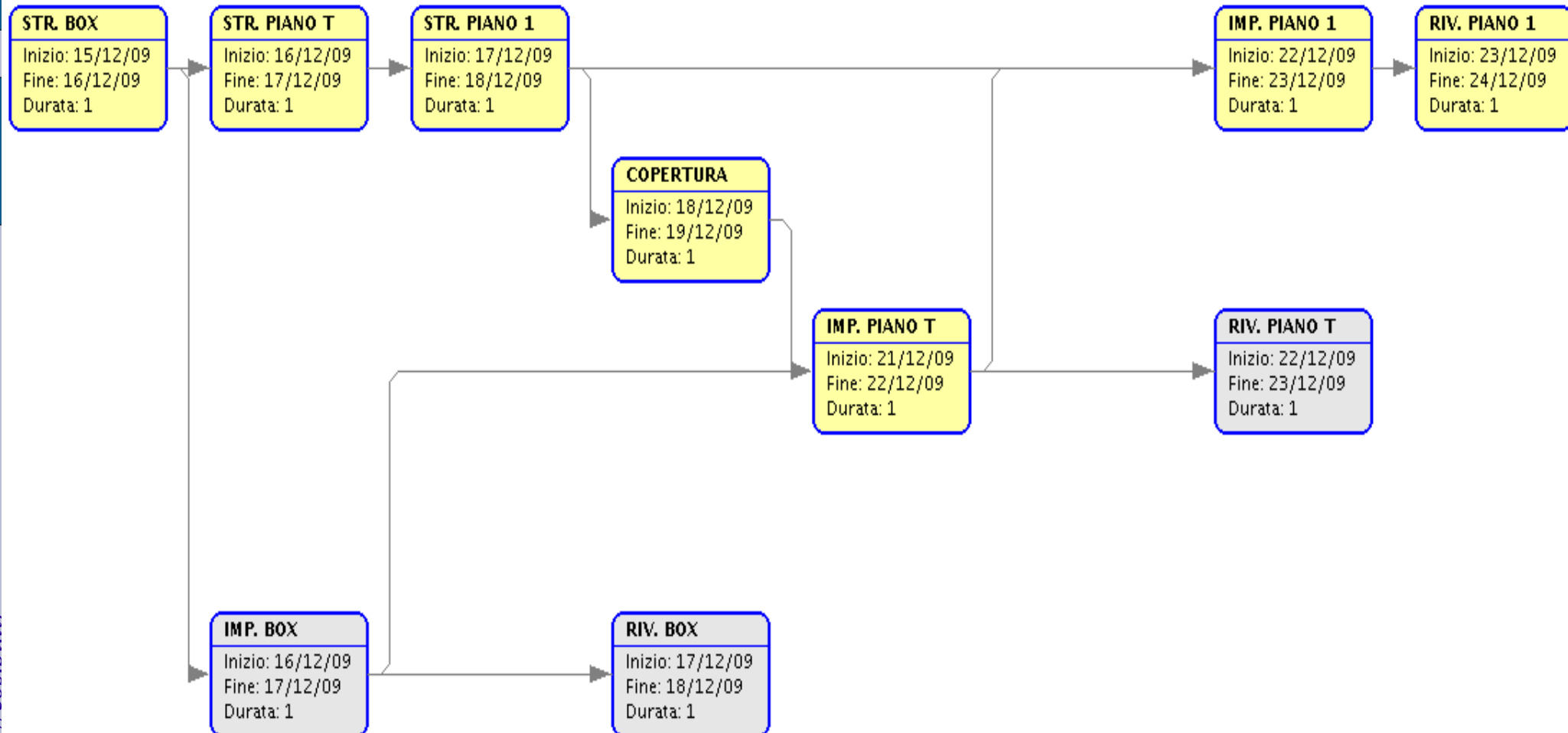
# ESERCIZI AGGIUNTIVI V

## WBS 1



# ESERCIZI AGGIUNTIVI V

## WBS 2



# ESERCIZI AGGIUNTIVI V

## WBS & RISORSE

Attività	Risorse
<b>Fondamenta</b>	
Strutture box	<i>Reparto X</i>
Rivestimenti box	<i>Reparto Y</i>
Impianti box	<i>Reparto Z</i>
<b>Corpo</b>	
<u>Piano 1</u>	
Strutture Piano 1	<i>Reparto X</i>
Rivestimenti Piano 1	<i>Reparto Y</i>
Impianti Piano 1	<i>Reparto Z</i>
<u>Piano 2</u>	
Strutture Piano 2	<i>Reparto X</i>
Rivestimenti Piano 2	<i>Reparto Y</i>
Impianti Piano 2	<i>Reparto Z</i>
<b>Copertura</b>	<i>Reparto X</i>

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VI

## Earned Value

- Dobbiamo redigere il progetto di una villa. Il lavoro ha una durata prevista di 10 giornate ed è stato affidato ad un ingegnere del nostro ufficio tecnico, che costa all'azienda 100 €/giorno.
- Trascorsi 5 giorni verificiamo che è stato svolto il 30% del lavoro e l'ingegnere ha svolto 5 ore di straordinario (20 €/ora)
- Valutare le varianze e gli indici di performance.

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VII

## Banzhaf e Shapley

- Quota del gioco 4;
- Tre partecipanti (P1, P2, P3) con peso rispettivamente 3, 2, 2.
- Chi ha più potere?

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VIII

## Shed Project 1

### **Statement of work**

We need storage for our lawn tools, equipment and other small items we want to get out of the garage.

The shed will be built from a kit that can be ordered from Home Depot.

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VIII

## Shed Project 2

### Statement of work

We need storage for our lawn tools, equipment and other small items we want to get out of the garage. The shed will be built from a kit that can be ordered from Home Depot.

### Requirements

- Walls need to be 8 ft. tall; floor space needs to be 120 sq. ft, 2'x3' windows on each side. Need double doors on the front side to create a 7'x8' opening, lockable. The roof will be shingled to match the house, cedar siding stained to match the house. Leave rafters open for additional storage, concrete slab floor
- Location: SW corner of the back yard.
- Estimated cost - \$1,250
- Estimated duration – 1 month (working Thursdays & Fridays)

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VIII

## Shed Project 3

ID	TASK	DD	RELATIONS	STAFF	HH
1	Order kit and schedule delivery	1	-	John	2
<b>2</b>	<b>Preparation</b>		1FS		
3	Site preparation – clear and level landscape	2		Betty, Frank, John	12
4	Pour the foundation	1	3FS	John, Andy	5
5	Receive delivery of kit	1	2FS	John	2
<b>6</b>	<b>Delivery (milestone)</b>		5FS		
<b>7</b>	<b>Assembly</b>		6FS		
8	Assemble kit	1		John, Andy	5
9	Stain the shed	1	8FS	Frank, Betty	2
10	Plant landscaping/flowers	1		Betty	4
11	Fill shed	1	7FS	John, Frank	5

# ESERCIZI AGGIUNTIVI VIII

## Shed Project 4

ID	TASK	DD	RELATIONS	STAFF	HH
1	Order kit and schedule delivery	1	-	John	2
<b>2</b>	<b>Preparation</b>		1SS		
3	Site preparation – clear and level landscape	2		Betty, Frank, John	12
4	Pour the foundation	1	3FS	John, Andy	5
5	Receive delivery of kit	1	2FS+3	John	2
<b>6</b>	<b>Delivery (milestone)</b>		5FS		
<b>7</b>	<b>Assembly</b>		5SS		
8	Assemble kit	1		John, Andy	5
9	Stain the shed	1	8FS+3	Frank, Betty	2
10	Plant landscaping/flowers	1	7FS	Betty	4
11	Fill shed	1	9SS	John, Frank	5

# ESERCIZI AGGIUNTIVI IX

ID	TASK	DURATION (WEEKS)	PREDECESSORS
A	Recruit project team	4	-
B	R&D product design	6	A
C	Plan market research	2	A
D	Routing (engineering)	3	A
E	Build prototype	5	B
F	Prepare brochure	4	B, C
G	Prepare cost estimates	2	D
H	Product testing	8	E
I	Market survey	4	D, F
J	Princing and demand forecast	2	I
K	Final report	2	G, H, J

Disegnare il diagramma di Gantt relativo al progetto sopra riassunto, assumendo uno sviluppatore per attività. In un secondo momento tentare di livellare le risorse in modo che il progetto possa essere ultimato con due soli sviluppatori.

# ESERCIZI AGGIUNTIVI X

ID	TASK	DURATION (WEEKS)	PREDECESSORS
A	Initiate project	0	-
B	R&D product design	6	A
C	Plan market research	2	A
D	Routing (engineering)	3	B
E	Build prototype	5	B
F	Prepare brochure	3	B
G	Prepare cost estimates	2	D
H	Product testing	3	E
I	Market survey	4	C, F
J	Princing and demand forecast	2	I
K	Final report	2	G, H, J

# BIBLIOGRAFIA 1

- Economia e Gestione dell'Impresa, Giuseppe Bellandi (UTET);
- Optimization in Operations Research, Ronald L. Rardin (Prentice Hall);
- Di duelli, scacchi e dilemmi - la teoria matematica dei giochi, Roberto Lucchetti (Paravia)
- The Mythical Man-Month, Fred Brooks

# LINK 1

- Wikipedia (<http://wikipedia.org>)
  - *Sempre valida per un orientamento iniziale. Non fidarsi mai ciecamente.*
- <http://www.schneier.com/paper-attacktrees-ddj-ft.html>
  - *Attack Tree analizzati dall'Esperto della sicurezza informatica*