



Project Management per le opere civili
A.A. 2023/2024

**Organizzazione, pianificazione
e controllo nelle imprese
del settore delle opere civili**

LEZIONE 10

Di cosa abbiamo parlato nella lezione precedente?

- **Rischio e opportunità**
- **Organizzazione per la gestione del rischio**
- **Identificazione del rischio**
- **Analisi del rischio (Impatto/probabilità)**
- **Definizione del piano di recupero e risposta ai rischi**
- **Mitigazione e controllo dei rischi**
- **Trasferimento del rischio**

Monitoraggio e controllo del progetto

Abbiamo visto come la gestione dell'Ambito, dei Tempi, dei Costi, delle Risorse e dei Rischi siano profondamente collegate l'un l'altra.

A conclusione dei processi di Pianificazione, è possibile avviare la fase di Esecuzione del progetto, nel corso della quale si realizzano gli obiettivi di progetto.

Parallelamente, il team di progetto e il Project Manager saranno impegnati a tenere sotto controllo la progressione delle attività, dei tempi e dei costi rispetto alle baseline dell'ambito, tempi e costi pianificate.

Questi processi vanno sotto il nome di Monitoraggio e Controllo.

Il monitoraggio e controllo di un progetto è un'attività estremamente critica poiché consente di valutarne costantemente l'andamento, misurare la performance dei gruppi di lavoro, individuare gli scostamenti dal pianificato, approntare le eventuali azioni correttive.

Come procedere

Con il monitoraggio e controllo si procede, a:

- *raccogliere i dati di avanzamento in termini di tempi, costi e quantità;*
- *elaborare indicatori di andamento parziali e globali;*
- *identificare gli scostamenti rispetto alle baseline;*
- *affinare le stime a finire di tempi e costi sulla base di estrapolazioni e simulazioni;*
- *individuare delle azioni correttive in caso di scostamenti;*
- *aggiornare il programma generale del progetto con le previsioni a finire.*

L'efficacia del controllo, dell'analisi e della conseguente ripianificazione del progetto dipendono dalla sistematicità e dalla tempestività della raccolta dei dati.

La frequenza della raccolta dei dati e i modelli dei documenti utilizzati devono essere definiti a priori nel **Piano di Gestione del Progetto** (Project Management Plan), a seconda della necessaria intensità del controllo.

1. Misurazione dell'avanzamento delle attività di progetto

Il primo passo per un corretto Processo di Monitoraggio e Controllo è quello di “**misurare**” il progetto. Una volta che questi è nella fase esecutiva, e quindi le attività pianificate nella WBS sono iniziate, è necessario tenerne sotto controllo l'avanzamento.

La misurazione dell'avanzamento delle attività di progetto utilizza un insieme di indicatori necessari a misurare l'andamento delle principali variabili critiche del progetto (l'ambito, i costi, i tempi, la qualità, le risorse ecc.). L'obiettivo di questo processo è quello di tenere sotto controllo il programma generale e l'avanzamento del progetto.

Il **Project Manager** dovrà decidere, anche, la frequenza di rilevamento dei dati. In genere questa non può essere superiore al mese. Tuttavia, in alcuni progetti critici e per specifiche attività, la misurazione può essere settimanale o addirittura giornaliera. Anche in questo caso, dipenderà dal trade-off tra quello che si deve misurare, l'importanza della misura e il costo della misura stessa.

Le metriche

Le metriche includono, solitamente, una serie di indicatori standard, ma possono essere estese con altri indicatori, in base alla specifica natura del progetto. Per cui nel monitoraggio l'approccio è sempre di tipo bottom-up, risalendo i rami della WBS fino a giungere al dato aggregato, complessivo, del progetto.

Il monitoraggio costituisce il momento di raccolta dei dati necessari per valutare l'avanzamento del progetto; precede il processo di controllo che, come fase successiva, ha lo scopo di verificare l'andamento del progetto.

Per ottenere un avanzamento fisico realistico e utile al Project Manager si utilizzano dei semplici criteri di misurazione dell'avanzamento delle attività di progetto, per esempio:

0–100, l'avanzamento fisico viene considerato 100% quando l'attività risulta completata, altrimenti è uguale a zero;

50–50 o (20–80), l'avanzamento fisico si considera 50% (20%) se l'attività è partita, 100% se è invece completata;

la percentuale di completamento, l'avanzamento fisico viene calcolato in funzione della percentuale di lavoro effettivamente realizzato mediante una stima soggettiva.

Le metriche

È importante che il criterio scelto sia il più oggettivo possibile, sia quello che meglio si adatta all'attività in oggetto e sia condiviso con il team di progetto per avere una valutazione univoca su ogni ramo della WBS.

Nello stesso progetto possono essere utilizzati più criteri di misura, in funzione del tipo di attività.

L'avanzamento di ogni attività deve essere rapportato al proprio peso rispetto all'intero progetto (avanzamento ponderato).

L'espressione da utilizzare è: $AP_i = P_i \cdot AV_i$

dove:

AP_i = avanzamento ponderato dell'attività i -esima,

P_i = costo previsto dell'attività i -esima,

AV_i = percentuale di avanzamento dell'attività i -esima.

Dati temporali

L'*avanzamento complessivo* del progetto alla data di controllo (timenow) è dato dalla somma degli avanzamenti delle attività:

$$AP_{tot} = \sum_{i=1}^N AP_i$$

L'obiettivo da perseguire è quello di verificare l'andamento dei costi sostenuti alla data di controllo e stimare quelli al completamento, al fine di confrontare il budget aggiornato con il budget approvato del progetto.

A ogni avanzamento, in sincronia con la raccolta dei dati temporali e delle risorse, saranno rilevati:

- *i consuntivi dell'avanzamento delle attività in esecuzione;*
- *la percentuale di completamento dei Deliverables associati alle corrispondenti attività;*
- *i costi a consuntivo, rilevati a livello di responsabilità/pacchetto di lavoro, secondo le voci di costo individuate nel budget, che esprimono la spesa effettivamente sostenuta alla data dell'avanzamento;*
- *le stime di quanto resta da fare per finire;*
- *le stime di costo a finire (stima al completamento) che possono essere riferite a un singolo pacchetto di lavoro, a una o più attività, o all'intero progetto.*

Criterio	Descrizione	Applicazione
Equivalent units (numero di unità finite)	L'avanzamento fisico è calcolato in funzione del numero di unità completate rispetto al numero totale di unità. Viene individuato il totale delle attività espresso per quantità omogenee.	Questo criterio è applicabile ad attività misurabili in quantità numerabili, come, per esempio, la produzione di documenti o l'implementazione di software (numero di righe di sw).
0-100 (ON-OFF)	L'avanzamento fisico viene considerato 100% quando l'attività risulta completata. Altrimenti è pari a zero.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività ha una durata breve e si svolge in un solo periodo di controllo, per esempio per l'approvvigionamento di materiali o la realizzazione di semplici attività, come i report.
50-50 o (20-80)	L'avanzamento fisico si considera 50% (20%) se l'attività è partita, 100% se è invece completata. Si utilizza (a differenza della precedente) quando si vuol far risultare un utilizzo almeno parziale di risorse per quell'attività.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività ha una durata medio-breve e normalmente si svolge in due periodi di controllo, per esempio, delle analisi ingegneristiche di breve durata o attività di collaudi.
Interim Milestone (rispetto alle Milestone)	L'avanzamento fisico si calcola rispetto a Milestone chiaramente definite.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività è pianificata su più periodi, come, per esempio, la progettazione di lunga durata, la definizione dei requisiti, la stesura di documentazione.

Percentuale di completamento	L'avanzamento fisico viene calcolato in funzione della percentuale di lavoro effettivamente realizzato, mediante una stima soggettiva. È il criterio utilizzato quando ci sono in gioco diverse risorse.	Tale criterio è applicabile qualora non risulti possibile definire delle Milestone intermedie, per esempio per la progettazione di un edificio, o per le attività operative di realizzazione dei task di progetto.
Apportioned effort (sforzo distribuito)	L'avanzamento fisico viene calcolato come una porzione dell'impegno totale correlato a quello dei pacchetti di lavoro a cui sono collegate.	Si tratta di attività non misurabili fisicamente, come per esempio, le attività di controllo qualità. È usata raramente.
Level of effort (LOE)	L'avanzamento è pari al valore previsto nel preventivo, essendo le attività legate all'evoluzione temporale del progetto o delle attività a cui sono correlate. Tale criterio è applicabile per quelle attività non perfettamente misurabili.	È applicato ad attività di supporto o coordinamento che non producono un ben definito prodotto misurabile fisicamente o che sono ripetute ciclicamente: <ul style="list-style-type: none"> – Management – Project management – Amministrazione – Controllo di gestione
Output proporzionale all'input	Viene individuata la quantità totale di unità necessarie all'attività. La misura delle quantità consumate sul totale determina l'avanzamento fisico dell'attività.	Applicato in prevalenza ad attività che fanno uso di materiali, come, per esempio, la posa di pavimenti, o una colata di cemento.

Metodo dell'Earned Value

Stabiliti i criteri di misura è opportuno identificare il metodo di controllo che si vorrà utilizzare per la verifica dello stato del progetto. Per progetti di dimensioni e durata limitati non ci sarebbe alcuna necessità di fare calcoli sofisticati per capire l'andamento del progetto.

Molte organizzazioni, ancora oggi, si basano sulla semplice rilevazione dei tempi e dei costi sostenuti e il confronto di questi con i tempi e costi pianificati. Il controllo separato dei costi e dei tempi limita tuttavia la possibilità di raggiungere l'obiettivo preventivato, in quanto potrebbe dar luogo a una visione distorta del reale stato del progetto.

Per superare questo limite, è stata introdotto il “**Metodo dell'Earned Value**” (*metodo del costo realizzato*).

L'Earned Value rappresenta uno dei sistemi più avanzati di controllo integrato dei tempi e dei costi, ossia delle due variabili che comportano sicuramente gli scostamenti più significativi tra risultati effettivi e risultati attesi.

Il metodo dell'Earned Value poggia la sua efficacia sul confronto tra i dati di consuntivo e quelli della baseline di progetto. Tuttavia, rispetto al semplice confronto tra preventivo e consuntivo, introduce la dimensione temporale nei consuntivi economici del progetto.

In pratica, la sola verifica dei costi, in un dato istante, senza considerare quanto del lavoro è stato realmente realizzato, potrebbe essere fuorviante. Infatti, potremmo verificare che si è speso meno, ma solo perché si è prodotto meno e non perché il progetto procede meglio del previsto

Il metodo dell'Earned Value è stato adottato fin dal 1967 dal Department of Defense degli Stati Uniti. Le caratteristiche del metodo possono essere così riepilogate:

- *è un metodo di analisi del progresso del progetto e della sua performance;*
- *è la base per l'analisi dei costi e tempi di un progetto e per la sua previsione a finire;*
- *è l'unità di misura del progresso di un progetto o di una sua parte.*

I principali obiettivi dell'Earned Value sono i seguenti:

- *misurare la performance basandosi su un gruppo oggettivo di criteri tecnici,*
- *analizzare lo stato del progetto e le previsioni attraverso dati e non opinioni,*
- *analizzare il costo reale a fronte del lavoro effettivamente svolto,*
- *quantificare i problemi tecnici (deviazioni dalla pianificazione iniziale) in termini di costi e tempi,*
- *fornire indicazioni per una stima ragionevole e realistica di data di completamento e di costo finale,*
- *fornire indicazioni per decidere azioni correttive,*
- *mantenere il controllo disciplinato della baseline.*

Sono notevoli quindi i vantaggi riscontrabili nell'implementazione di un sistema di controllo di gestione basato sulla tecnica dell'Earned Value.

Questa metodologia, infatti, permette un'accurata analisi del progetto. Analisi che fornisce il primo segnale di allarme se ci sono delle deviazioni rispetto a quanto definito in fase di pianificazione, consentendo di anticipare le azioni correttive a disposizione del Project Manager o di alzare il livello di attenzione sul progetto. È, così, possibile valutare le prestazioni anche di più progetti con un approccio omogeneo e senza affidarsi alla sola esperienza dei responsabili di commessa.

Metodi di stima sintetici (top down)

Il metodo dell'**Earned Value** si basa sul calcolo di tre valori, in uno stesso istante (timenow). I primi due indicatori sono il **Planned Value (PV)**, ovvero il valore delle attività pianificate a costo di budget (preventivo), e l'**Actual Cost (AC)**, ovvero il valore del lavoro realmente realizzato al costo realmente sostenuto (consuntivo).

Fin qui nulla di nuovo, rispetto agli usuali metodi di controllo. Rispetto a essi, però, l'**Earned Value** introduce un ulteriore parametro detto appunto, **Earned Value (EV)**, che è pari al valore del lavoro che è stato completato, valorizzato al costo di budget (pianificato). Quindi, l'**EV** esprime la misura di quanto è stato realizzato in termini di attività, rispetto a quanto avremmo dovuto spendere per realizzarle.

L'Earned Value serve a determinare, dunque, il valore reale (valore “guadagnato”, dall'inglese earned) a fronte del lavoro effettivamente eseguito fino alla data di rilevamento dello stato del progetto, cioè quel valore che tecnicamente si potrebbe fatturare al cliente sulla base del contratto di fornitura se si decidesse di interrompere il progetto di comune accordo.

Calcolo

Il calcolo dell'EV per le singole attività è definito come:

$$EV_i (\text{attività}) = BUDGET_i (\text{attività}) \cdot PPC_i (\text{attività})$$

dove $PPC_i (\text{attività})$ è la percentuale effettiva di completamento dell'attività, calcolata con uno dei criteri di stima visti precedentemente

L'EV riferito a tutte le attività previste nel progetto è invece definito come:

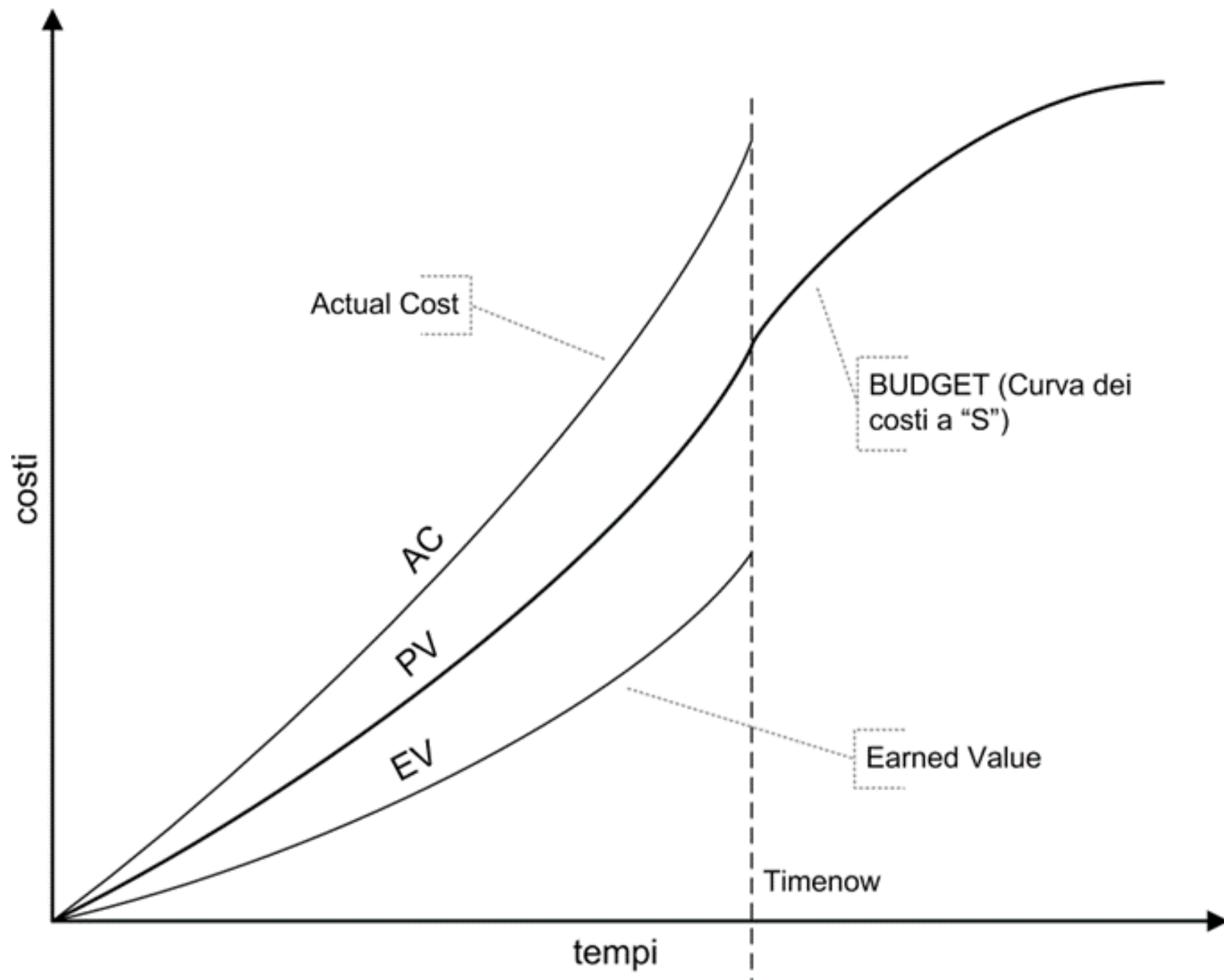
$$EV (\text{progetto}) = \sum_{i=1} EV_i (\text{Attività})$$

Dunque, l'Earned Value è utilizzato per misurare il reale progresso dei progetti e tiene conto del lavoro completato, del tempo necessario e dei costi sostenuti per completare tale lavoro, mettendoli a confronto con il budget (cost baseline) e il calendario originale (schedule baseline).

Fotografando il progetto in un dato istante e guardando la performance storica, calcolata con la metrica dell'Earned Value, possiamo confrontare la pianificazione con i consuntivi e fare una valutazione soggettiva dello stato di avanzamento del progetto. Inoltre, estrapolando le curve dei grafici ottenuti si può avere un andamento qualitativo e quantitativo del progetto

Nel prossimo paragrafo vedremo come questi tre valori fondamentali possono essere utilizzati per definire gli indici alla base dell'analisi degli scostamenti.

Acronimo	Termine	Descrizione
PV (BCWS)	Planned Value o (Budgeted Cost of Work Scheduled)	<p>Esprime il valore a costo di budget del lavoro pianificato al timenow. Si tratta dei costi pianificati, suddivisi per periodo, necessari per svolgere il progetto.</p> <p>È il budget assegnato alle attività, la cui somma, su tutta la durata del progetto, definisce il budget totale. Il loro cumulato forma la curva “S”, definita anche “baseline dei costi”.</p>
EV (BCWP)	Earned Value o (Budgeted Cost of Work Performed)	<p>Esprime il valore a costo di budget del lavoro effettivamente svolto. Si tratta dei costi per le attività “effettivamente” realizzate fino al timenow (valorizzate a costi di budget).</p> <p>Rappresenta l’avanzamento effettivo in termini di budget.</p>
AC (ACWP)	Actual Cost o (Actual Cost of Work Performed)	<p>Esprime il valore a costo di consuntivo del lavoro effettivamente svolto. Si tratta dei costi sostenuti (consuntivi) per le attività eseguite fino al timenow.</p>



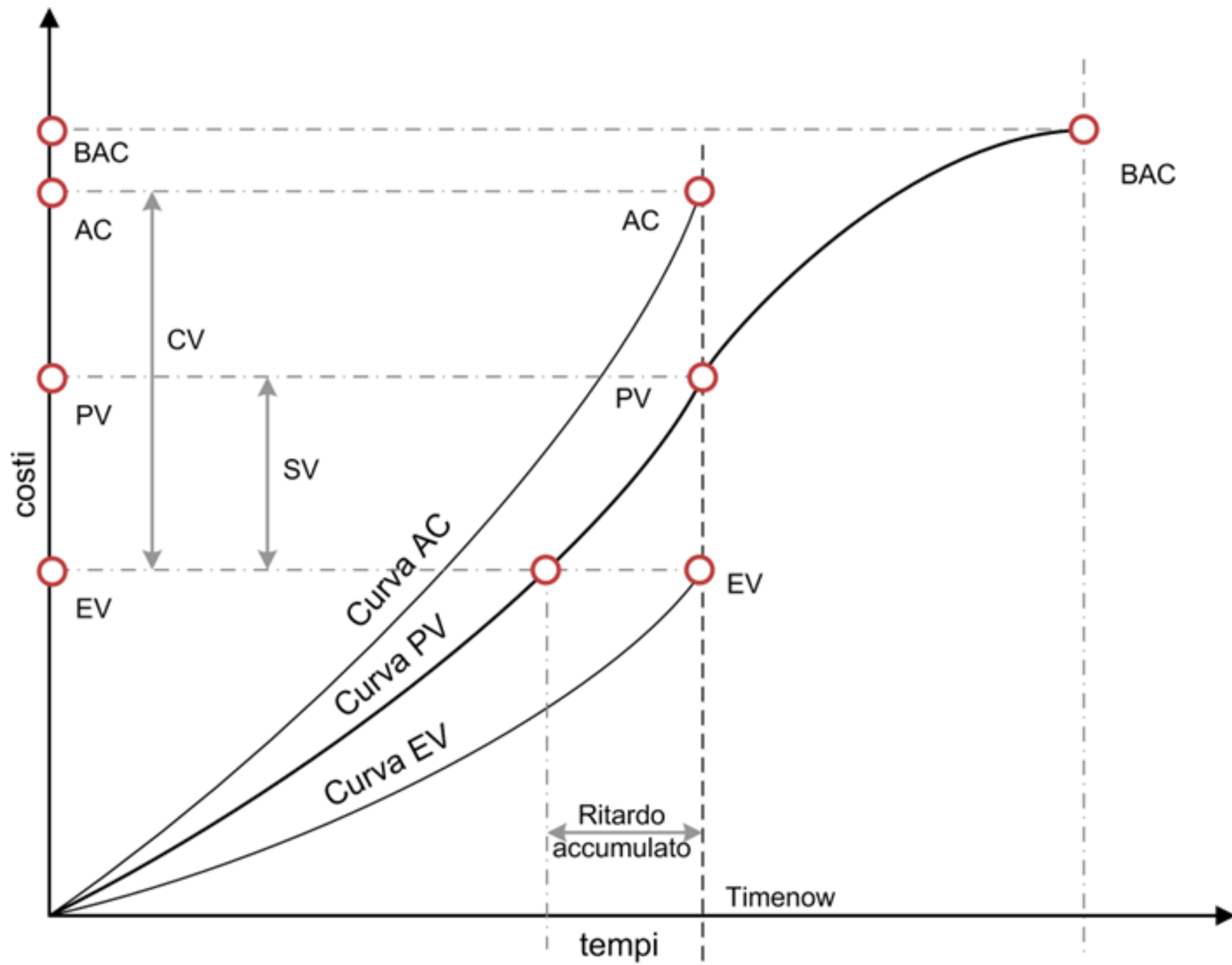
Analisi degli scostamenti attraverso l'EVM

Obiettivo dell'Analisi degli Scostamenti, con il metodo dell'Earned Value (EVM), è quello di individuare degli indici che ci consentano di confrontare criticamente il costo sostenuto (AC), il costo preventivato (PV) e l'Earned Value (EC), per ciascuna attività.

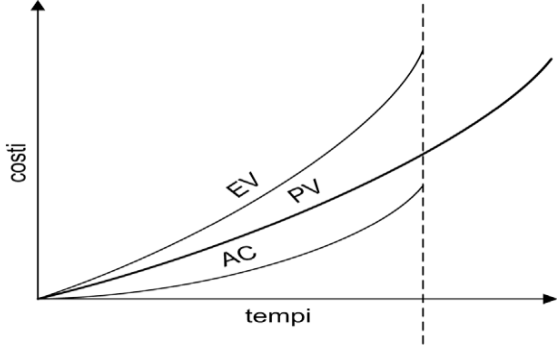
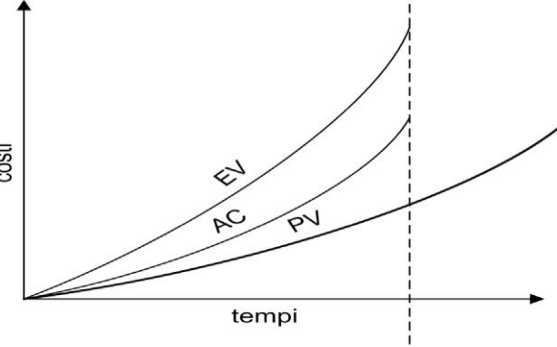
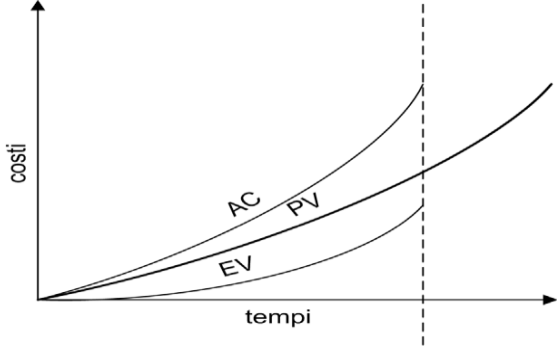
Prendendo in esame gli elementi di costo, rilevando e valorizzando l'avanzamento fisico, sarà operato un confronto a ogni periodo tra **il costo aggiornato del progetto e il budget approvato**; ciò al fine di rilevare eventuali scostamenti **dei costi e dei tempi**, e attuare le azioni di correzione in modo proattivo rispetto alla fine del progetto.

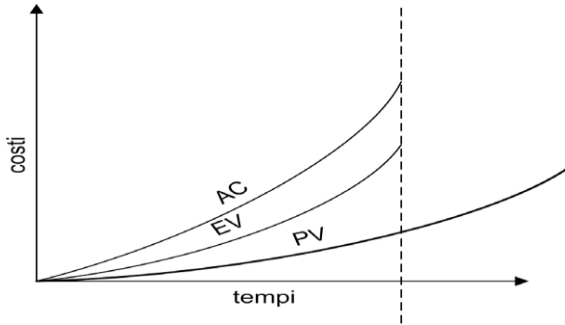
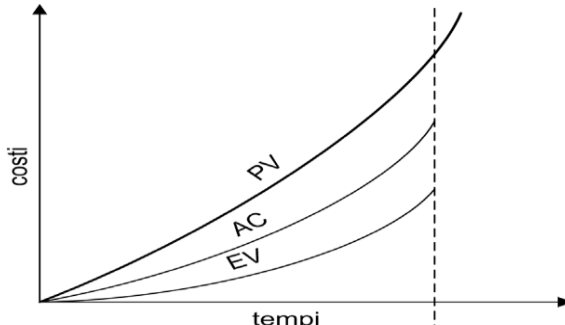
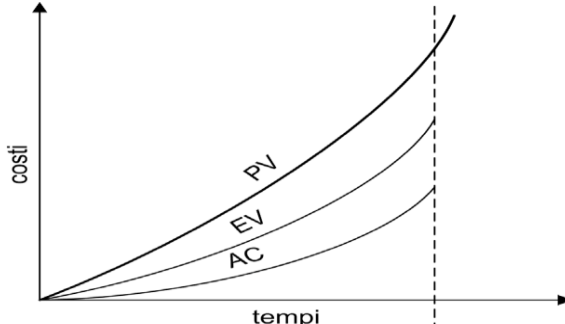
A partire dai tre parametri definiti in precedenza, **PV, AC e EV** si possono definire quattro indicatori attraverso i quali effettuare l'analisi degli scostamenti tra le performance di progetto **previste a un dato timenow** e le performance **di progetto effettive allo stesso timenow**. Questi indicatori, esprimono le performance sia sui costi, sia sui tempi:

- due indicatori, **Cost Variance (CV)** e **Cost Performance Index (CPI)** – basati su EV e AC – esprimono le performance del progetto sui *costi*;
- gli altri due, **Schedule Variance (SV)** e **Schedule Performance Index (SPI)** – basati su EV e PV – esprimono invece le performance del progetto sui *tempi*.

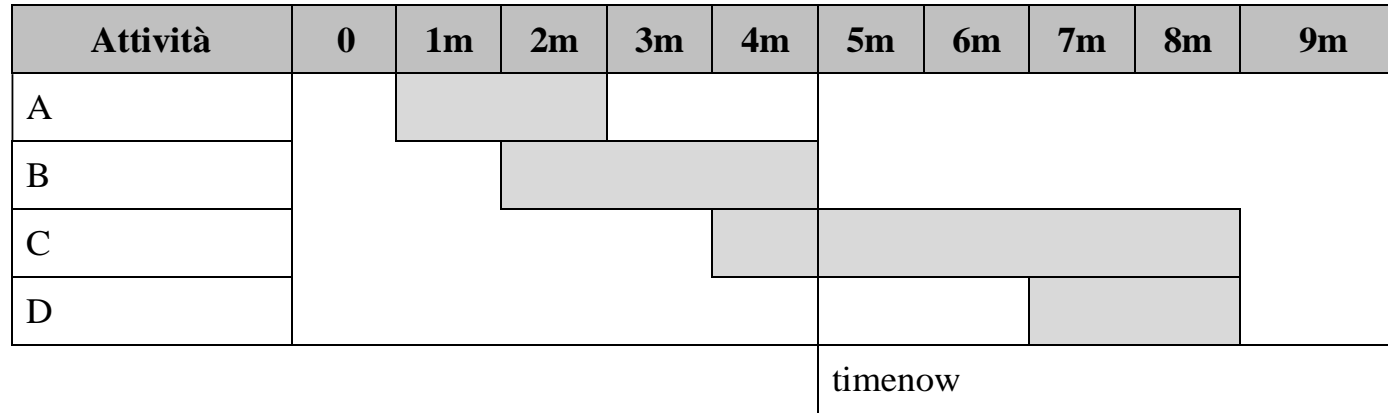


Criterion	Description	Application
Equivalent units (number of units finite)	L'avanzamento fisico è calcolato in funzione del numero di unità completate rispetto al numero totale di unità. Viene individuato il totale delle attività espresso per quantità omogenee.	Questo criterio è applicabile ad attività misurabili in quantità numerabili, come, per esempio, la produzione di documenti o l'implementazione di software (numero di righe di sw).
0-100 (ON-OFF)	L'avanzamento fisico viene considerato 100% quando l'attività risulta completata. Altrimenti è pari a zero.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività ha una durata breve e si svolge in un solo periodo di controllo, per
50-50 o (20-80)	L'avanzamento fisico si considera 50% (20%) se l'attività è partita, 100% se è invece completata.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività ha una durata medio-
Interim Milestone (rispetto alle Milestone)	L'avanzamento fisico si calcola rispetto a Milestone chiaramente definite.	Tale criterio è applicabile normalmente quando l'attività è pianificata su più
Percentage of completion	L'avanzamento fisico viene calcolato in funzione della percentuale di lavoro effettivamente	Tale criterio è applicabile qualora non risulti possibile definire delle Milestone
Apportioned effort (effort distributed)	L'avanzamento fisico viene calcolato come una porzione dell'impegno totale correlato a quello dei pacchetti di lavoro a cui sono collegate.	Si tratta di attività non misurabili fisicamente, come per esempio, le attività di controllo qualità. È usata raramente.
Level of effort (LOE)	L'avanzamento è pari al valore previsto nel preventivo, essendo le attività legate all'evoluzione temporale del progetto o delle attività a cui sono correlate. Tale criterio è applicabile per quelle attività non perfettamente misurabili.	È applicato ad attività di supporto o coordinamento che non producono un ben definito prodotto misurabile fisicamente o che sono ripetute ciclicamente: <ul style="list-style-type: none"> - Management - Project management - Amministrazione - Controllo di gestione
Output proportional to input	Viene individuata la quantità totale di unità necessarie all'attività. La misura delle quantità consumate sul totale determina l'avanzamento fisico dell'attività.	Applicato in prevalenza ad attività che fanno uso di materiali, come, per esempio, la posa di pavimenti, o una colata di cemento.

Caso	Grafico	Indice	Effetti
EV > PV > AC		<p>CV > 0 SV > 0</p> <p>SPI > 1 CPI > 1</p>	<p>Tempi: anticipo Costi: sottobudget È il caso ideale</p> <p>L'EV è maggiore sia del budget sia dei consuntivi. Non solo si è realizzato di più, ma si è anche speso meno del budget.</p>
EV > AC > PV		<p>CV > 0 SV > 0</p> <p>SPI > 1 CPI > 1</p>	<p>Tempi: anticipo Costi: sottobudget Anche questa è una situazione favorevole.</p> <p>La differenza rispetto al caso precedente è che evidentemente ci sono stati dei costi maggiori giustificati dal maggior numero di attività realizzate</p>
AC > PV > EV		<p>CV < 0 SV < 0</p> <p>SPI > 1 CPI > 1</p>	<p>Tempi: ritardo Costi: soprabudget È il caso peggiore</p> <p>L'EV è minore sia del budget sia dei consuntivi. Non solo si è realizzato di meno rispetto a quanto programmato ma si sono anche sostenuti costi superiori rispetto a quelli pianificati.</p>

Caso	Grafico	Indice	Effetti
$AC > EV > PV$		$CV < 0$ $SV > 0$ $SPI > 1$ $CPI < 1$	Tempi: anticipo Costi: soprabudget Siamo in anticipo sui tempi, ma si è speso più del budget per realizzare le attività.
$PV > AC > EV$		$CV < 0$ $SV < 0$ $SPI < 1$ $CPI < 1$	Tempi: ritardo Costi: soprabudget Siamo in ritardo sui tempi, e si è speso più del budget per realizzare le attività.
$PV > EV > AC$		$CV > 0$ $SV < 0$ $SPI < 1$ $CPI > 1$	Tempi: ritardo Costi: sottobudget Siamo in ritardo sui tempi, ma si è speso meno del budget per realizzare le attività.

Consideriamo un semplice progetto composto da sole quattro attività: A, B, C, D, il cui Gantt è riportato in Figura 10.3 e i cui costi pianificati a budget sono riportati nella Tabella 10.5. Il budget totale è 570 €.



Gantt del progetto

Costi pianificati del progetto

Attività	Budget
A	150 €
B	150 €
C	200 €
D	70 €
<i>Totale</i>	<i>570 €</i>

Consideriamo ora di fare una verifica dei costi alla fine del 4° mese (timenow) e che, a quella data, le attività A, B sono completate e C è iniziata

Calcolo di PV e AC

Attività	Budget	PV	AC
A	150 €	150	150
B	150 €	150	100
C	200 €	40	60
D	70 €	0	0
<i>Totale</i>	<i>570 €</i>	<i>340</i>	<i>310</i>

Senza l'applicazione del metodo dell'EV, calcolando la differenza tra il pianificato e il consuntivo, avremo:

$$PV - AC = 340 - 310 = 30 \text{ €}$$

Rifacciamo i conti, applicando il metodo dell'Earned Value. Innanzitutto, dovremmo considerare l'avanzamento delle attività

Calcolo di EV

Attività	Budget	% avanzamento	PV	AC	EV
A	150 €	100%	150	150	150
B	150 €	50%	150	100	75
C	200 €	40%	40	60	80
D	70 €	0%	0	0	0
<i>Totale</i>	<i>570 €</i>		<i>340</i>	<i>310</i>	<i>305</i>

Il budget totale è = 570 €. Gli indici di performance, al timenow, sono:

$$\begin{aligned}
 CV &= EV - AC = 305 - 310 = - 5 && \text{Differenza costo da budget e costo realizzato} \\
 SV &= EV - PV = 305 - 340 = - 35 && \text{Differenza costo realizzato e costo preventivato} \\
 CPI &= EV / AC = 305 / 250 = 0,98 && \text{Performance costo} \\
 SPI &= EV / PV = 305 / 340 = 0,89 && \text{Performance tempo}
 \end{aligned}$$

Applicando l'EV, dunque, notiamo che il progetto è sovrabudget e in ritardo (in quanto $CPI < 1$, $SPI < 1$, CV e SV sono negativi), mentre senza l'applicazione dell'EVM il progetto appariva addirittura sottobudget!