

LA PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI

Le attività organizzative del cantiere riguardano la gestione di quattro elementi:

1. Tempi

2. Costi

3. Qualità

4. Risorse

propriamente dette: -manodopera
 -materiali
 -mezzi d'opera

altre -prestazioni di terzi
 -subappalti

ai quali cui deve aggiungersi, per le note ragioni, la

5. Sicurezza e salvaguardia della salute dei lavoratori.

In particolare, la gestione dei parametri costi e tempi è determinante per

adempiere agli obblighi contrattuali assunti dall'impresa nei confronti della committenza

e

ottimizzare la gestione delle risorse e quindi la produttività dell'impresa stessa.

E' allora essenziale procedere ad una attenta **programmazione** dei lavori utilizzando efficaci rappresentazioni grafiche.

IL DIAGRAMMA DI GANTT

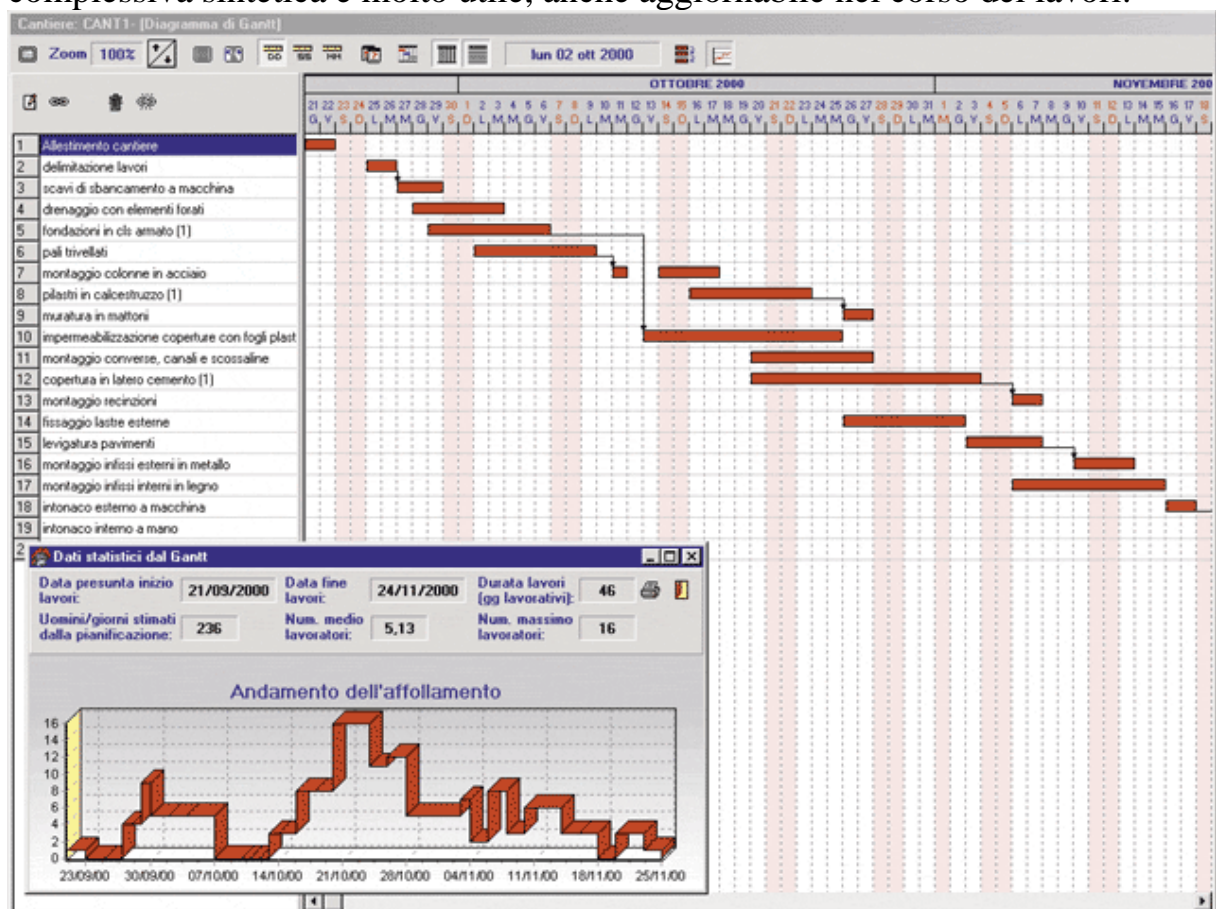
Si può fare ricorso all'uso di **diagrammi attività/tempi**, detti alla **Gantt** (dal nome dell'ingegnere americano che lo ideò agli inizi del '900) o **diagrammi a barre**, che consentono di visualizzare con grande immediatezza l'intero svolgimento dei lavori e di evidenziare le fasi lavorative che si sovrappongono.

Sull'asse orizzontale (se si vuole, delle ascisse) sono disposti i tempi espressi in giorni, settimane o mesi in relazione al frazionamento temporale più adeguato al lavoro che deve svolgersi.

Sull'asse verticale (se si vuole delle ordinate) sono indicate le attività lavorative per come organizzate in attività elementari dalla WBS (Work Breakdown Structure) già effettuata.

In corrispondenza di ciascuna attività, partendo dalla data di inizio, si genera una **barra** che termina in corrispondenza della data di ultimazione della medesima attività.

Dalla costruzione di tutte le barre delle attività lavorative si otterrà una rappresentazione dell'intero lavoro dislocata nel tempo, che offrirà una visione complessiva sintetica e molto utile, anche aggiornabile nel corso dei lavori.

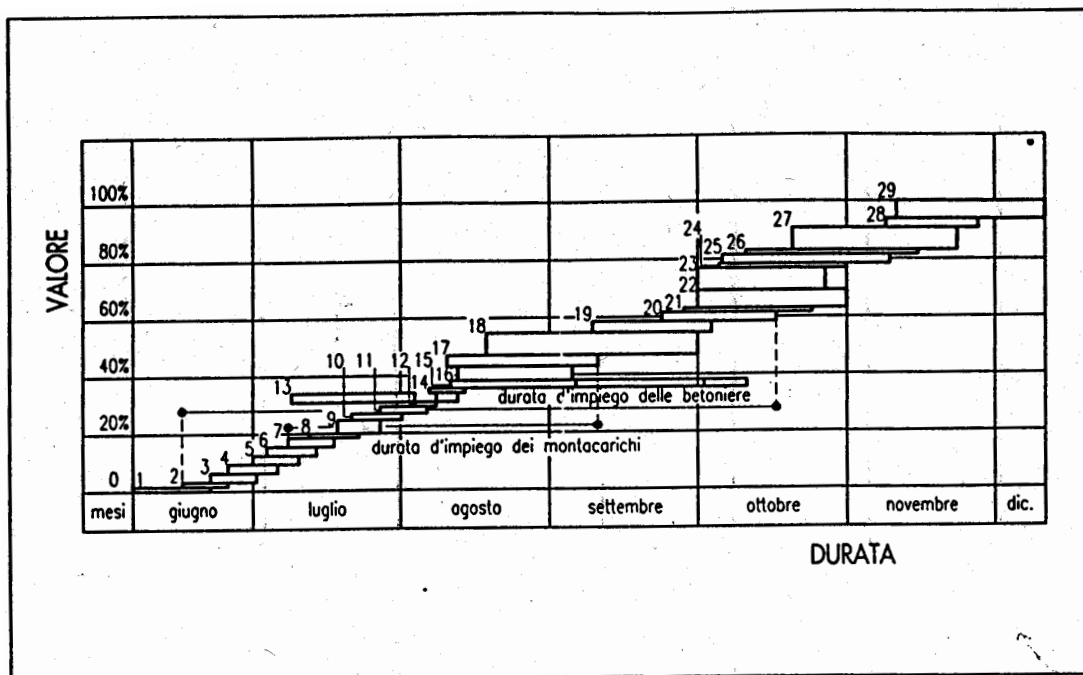
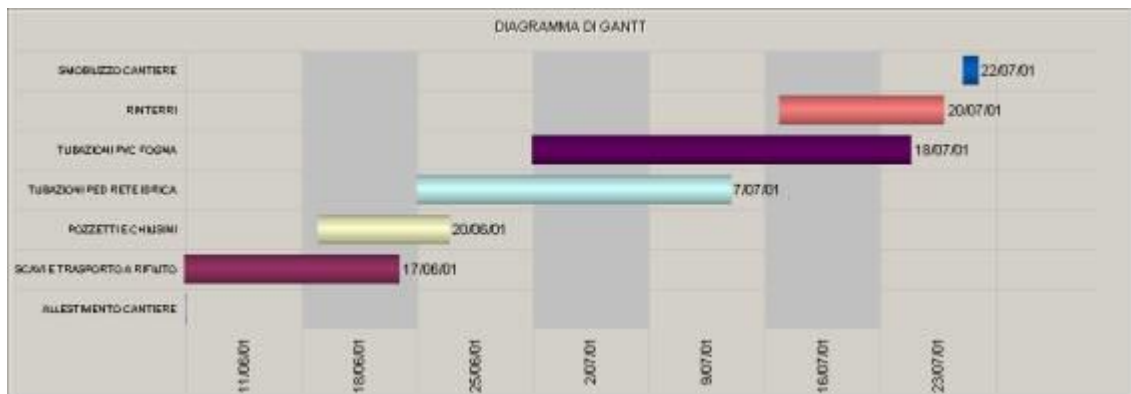


Numerose sono le possibilità di elaborare i grafici per rendere visibili una quantità di informazioni sempre maggiore ovvero per evidenziare aspetti che ci interessano maggiormente in relazione al punto di vista rispetto al quale si svolge l'elaborazione.

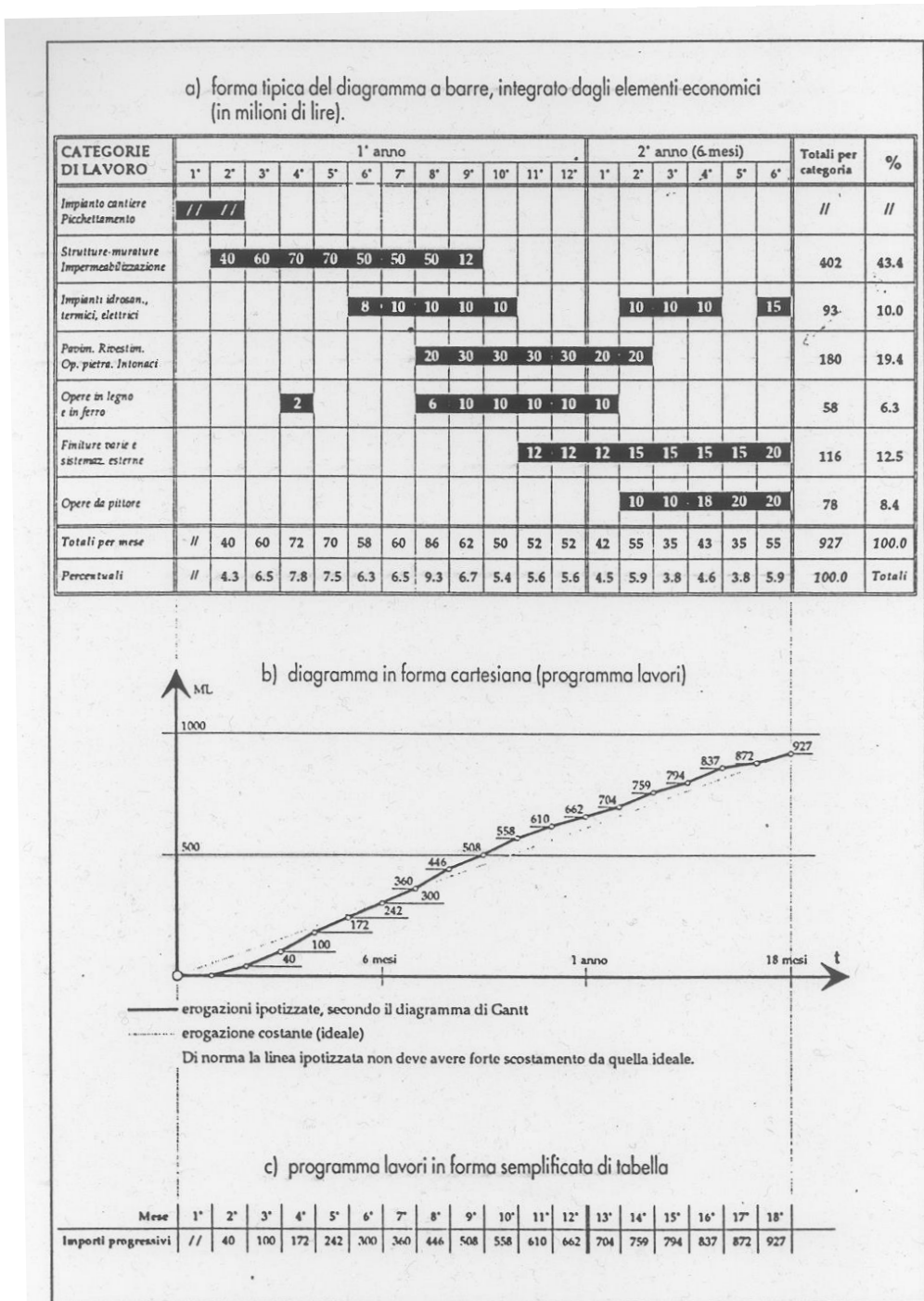
Un esempio è rappresentato dal diagramma, sottostante al Gantt, relativo all'Andamento dell'affollamento, riportato nella figura precedente.

Potremo essere interessati a dar risalto all'aspetto economico, a tenere sempre ben visibile il valore percentuale sul totale dei lavori (economico o di entità), a evidenziare il tema della manodopera o altro ancora.

Tali effetti si potranno ottenere in vario modo: agendo sullo spessore delle barre, sui loro colori, introducendo cifre o parole nelle barre o sulle barre e in altri modi ancora.



Può, inoltre, essere utile affiancare alla rappresentazione alla Gantt altre rappresentazioni più classiche (diagramma cartesiano) con l'esplicitazione del parametro di interesse (ad esempio economico).



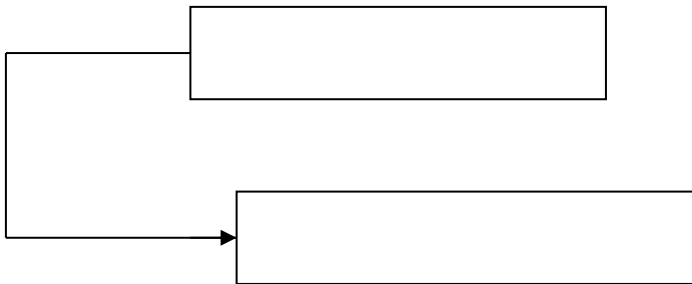
Potremo, così, avere una rappresentazione anche dell'andamento nel tempo delle progressioni economiche di interesse sul versante del progredire degli importi relativi all'intero appalto, ma anche dell'impegno economico da parte dell'impresa esecutrice dislocato nel tempo (anche in termini di costi da sostenere)

I legami logici

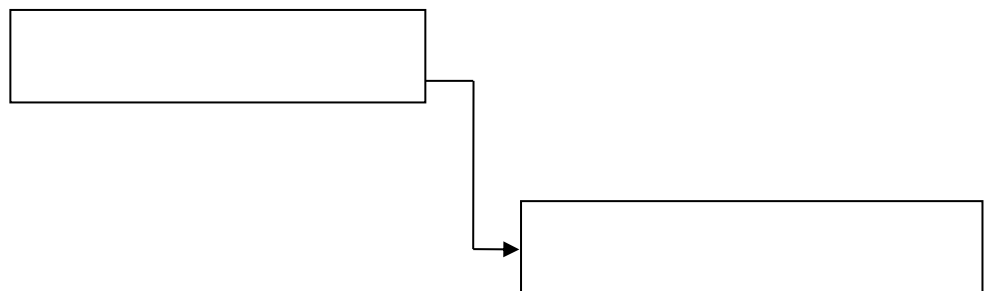
Un metodo molto usato dai software per la programmazione dei lavori e il MPM (Metra Potential Method) che aggiunge alla leggibilità tipica delle rappresentazioni alla Gantt una più elevata flessibilità d'uso dovuta alla presenza dei Legami Logici (questi ultimi sono invece tipici dei reticoli a nodi e frecce PERT) dovuti essenzialmente a ragioni di fattibilità tecnica (ad esempio, il getto non potrà iniziare se non dopo la formazione dei casseri).

Le attività o sottoattività dovranno essere collegate da legami (spezzate di collegamento tra le barre) che potranno essere:

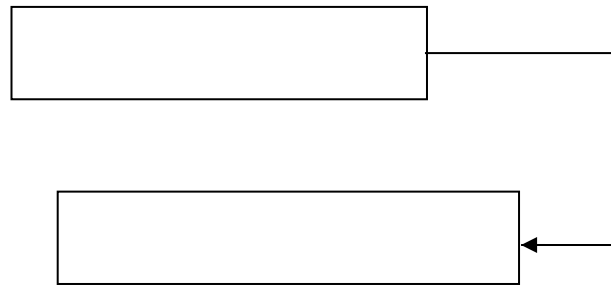
inizio-inizio, allorché la seconda attività potrà essere avviata solo dopo che sia iniziata la prima;



fine-inizio, quando la seconda attività può iniziare solo dopo il completamento della precedente;



fine-fine, quando la seconda attività finirà solo dopo che è finita la precedente



IL METODO P.E.R.T.

Una modalità di rappresentazione ancora più utile è quella del **P.E.R.T.** (Program Evaluation and Review Technique), utilizzata per la prima volta per la gestione di programmi missilistici statunitensi alla fine degli anni '50, ovvero del **C.P.M.** (Critical Path Method – Metodo del cammino o percorso critico).

Tali rappresentazioni si basano sull'uso dei grafi o diagrammi reticolari, strutturati in nodi e archi orientati.

Per la rappresentazione di un PERT dovrà procedersi a:

- individuazione delle attività
- organizzazione di esse in sequenza logica
- valutazione delle durate delle singole attività
- costruzione del diagramma reticolare
- individuazione del percorso critico (CPM)
- eventuale rielaborazione per ottimizzare il processo

Le attività possono essere individuate facendo ricorso alla **WBS** (Work Breakdown Structure), che, si ricorda, consiste nella scomposizione delle attività in **attività elementari**.

L'organizzazione in sequenza dipende da vincoli logici e tecnici come, ad esempio, la impossibilità di cominciare una attività prima che sia conclusa un'altra.

Con riguardo alla individuazione della durata delle singole attività (da utilizzare in sede di PERT, ma anche, più in generale, per calcolare la durata in qualsiasi sede ci occorra),

fissati i valori **normali** sulla base di valori standard tabellati (tempari) e i valori **ottimistico** e **pessimistico** sulla base delle specificità del nostro cantiere:

- n** normale
- a** ottimistico
- b** pessimistico

e assunta l'ipotesi di una distribuzione di probabilità di tipo β con valore modale n , limiti a e b e devianza standard

$$\sigma = (b - a)/6$$

il valore medio della durata risulterà pari a

$$m = (a + 4n + b) / 6.$$

Tale procedura di individuazione del valore della durata è, **ovviamente, utilizzabile anche in sede di programmazione alla Gantt.**

Utilizzando il PERT *orientato attività*, in cui a ciascun nodo corrisponde *l'evento* inizio o fine e a ciascun arco una *attività*, si indicheranno accanto a ciascuna attività tre tempi:

- il tempo per la realizzazione della singola attività (**durata**)
- il tempo cumulato con le precedenti o **tempo minimo**
- il **tempo massimo** ottenuto ripercorrendo a ritroso il diagramma e sottraendo di volta in volta le durate.

La differenza tra il tempo massimo e il tempo minimo, in corrispondenza di ciascuna attività, individuerà lo **scorrimento**.

Le attività per le quali risulterà uno **scorrimento pari a zero** si diranno **critiche** e la loro connessione costituirà il **percorso critico**. Tale percorso individuerà il tempo massimo per lo svolgimento dell'intero lavoro, ma anche **l'insieme delle attività per la cui esecuzione non sarà ammesso alcun ritardo se si vuole rispettare il tempo totale fissato.**

Le **attività non critiche** ammetteranno, invece, un tempo maggiore di quello minimo necessario per il loro svolgimento (scorrimento) e, pertanto, su di esse si potranno operare opportune modifiche gestionali (ad esempio: diminuzione della manodopera o dei mezzi d'opera).

Il PERT consente la ottimizzazione dei tempi e conseguentemente dei costi; è infatti del tutto evidente la ricaduta sui costi della dislocazione di maggiori o minori risorse nel tempo. Consente inoltre una migliore gestione di quelle attività per le quali vi è un certo contributo dovuto ad avvenimenti esterni e a grandezze aleatorie.

Il percorso critico:

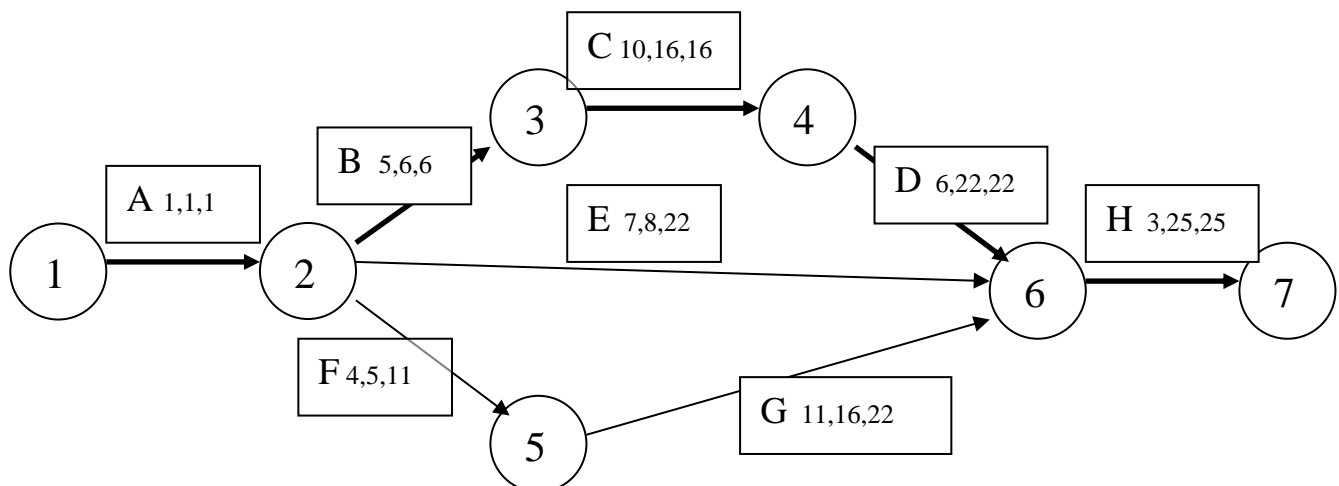
- permette di agire sulle attività per ridurre il tempo totale, con l'intesa di evitare di dar luogo ad altre attività critiche;
- può fissare scadenze intermedie che devono essere rispettare (consente di fissare meglio le responsabilità);
- nel caso di ritardi o incidenti, consente di valutare immediatamente i rimedi possibili per il recupero dei tempi;
- fornisce indicazioni alle varie maestranze per prepararsi per tempo ai loro interventi.

ESEMPIO DI RETICOLO PERT

Ci poniamo nell'ipotesi di avere da eseguire otto attività (contrassegnate con le lettere dalla A alla H) per le quali sono note le dipendenze e le durate:

attività	dipendenza	durata	tempo min.	tempo max	Scorr.(TM-Tm)	critico
A	-	1	1	1		SI
B	A	5	6	6		SI
C	B	10	16	16		SI
D	C	6	22	22		SI
E	A	7	8	22	14	
F	A	4	5	11	6	
G	F	11	16	22	6	
H	D, E, G	3	25	25		SI

Potremo costruire il reticolo PERT nel quale, dopo aver trascritto con numeri gli eventi fine e inizio nei cerchi e le attività con lettere sugli archi orientati e con la loro durata, individueremo i due tempi, minimo e massimo per ciascuna attività e potremo riconoscere il percorso critico come insieme delle attività critiche.

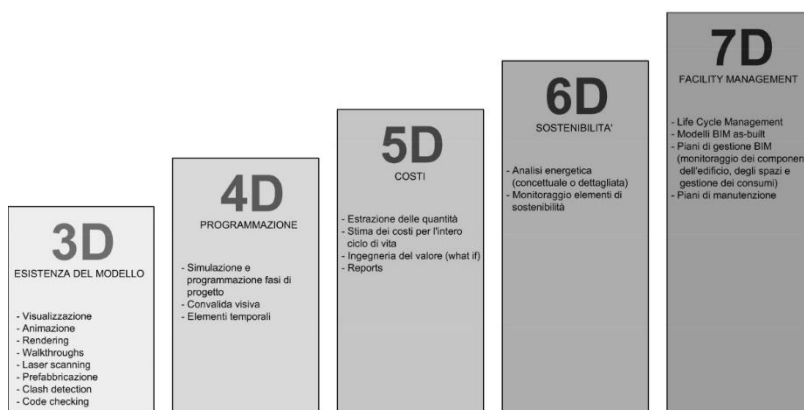


PROGRAMMAZIONE LAVORI E BIM

Per le ragioni già esposte, il controllo dello svolgimento dei lavori secondo sequenze prestabilite costituisce una attività determinante per il cantiere edile. E' dunque indispensabile conoscere i metodi della programmazione lavori e acquisire abilità nella definizione delle durate delle singole attività lavorative, delle sequenze, delle precedenze, delle problematiche legate alle interferenze.

Nell'approccio BIM siffatte caratteristiche devono esprimersi come attributi dei componenti e sistemi edilizi in sede di modellazione, allo scopo di puntare ad ottenere una formulazione del modello che, considerando tutti gli aspetti coinvolti, consenta una organica e coerente conduzione del processo costruttivo e, più complessivamente, del processo edilizio.

Tale attività, con riguardo al tema della programmazione dei lavori, si sostanzia in quella che si definisce quarta dimensione – 4D – del modello BIM e partecipa a dar corpo al governo in tempo reale delle alternative di progetto – in questo caso con riguardo agli aspetti della progressione nel tempo delle lavorazioni – nella logica dell'**ingegneria delle alternative** (*Optioneering*). In tal senso, siffatto approccio si pone, con altri passaggi della logica BIM, come contributo essenziale ad eliminare i limiti del processo costruttivo edilizio dovuti all'assenza delle attività di prototipazione e standardizzazione.



Per altro verso, la disponibilità dei dati sulla programmazione dei lavori nel modello consente il loro utilizzo in sede di cantiere anche mediante l'estrazione di rappresentazioni realistiche assai utili per la gestione del processo costruttivo (in tal senso, alcuni software consentono notevoli possibilità – si veda, ad esempio, Navisworks della Autodesk o i software di ACCA).

Modellazione 4D e 5D

Assegnazione delle voci di computo agli elementi del modello.

Sezioni

- Elementi di Revit
 - Finestre (8)
 - Muri (43)
 - Muro di base (43)
 - Pavimenti (10)
 - Pavimento (10)
 - Pilastri strutturali (33)
 - Pilastro in calcestruzzo - Quadrato (33)
 - 300 x 300 (33)
 - Porte (14)
 - Rampe inclinate (1)
 - Ringhiere (20)
 - Scale (4)
 - Telaio strutturale (62)

Articoli

Codice	Descrizione	Unità di misura	Prezzo
E04.27	Casseforme rette o centinate per getti...seforme a		
E04.27a	per plinti di fondazione	mq	39,99
E04.27b	per fondazioni rettilinee continue (travi rovesce,	mq	37,52
E04.27c	per pareti rettilinee in elevazione	mq	38,06
E04.27d	per pilastri	mq	40,24
E04.27e	per travi poste ad altezza fino a 4 m	mq	41,90
E04.27f	per travi poste ad altezza oltre i 4 m	mq	45,70
E04.27g	per soles e solette piene con travi a spessore	mq	38,56
E04.27h	per soles e solette piene con travi ribassate	mq	45,92
E04.27i	per rampe scale, pianerottoli, conicori e gronde	mq	47,23

Dettagli Articolo:

Capitolo: EDILIZIA
Descrizione: Conglomerati cementizi, ferri di armatura, casseforme
Codice: E04.27
Descrizione: Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso arm. disarmante, disarmo, opera di puntellatura e sostegno fino ad un'altezza di 4 m dal piano di appoggio eseguita a regola d'arte e misurate secondo la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo.

Computo metrico

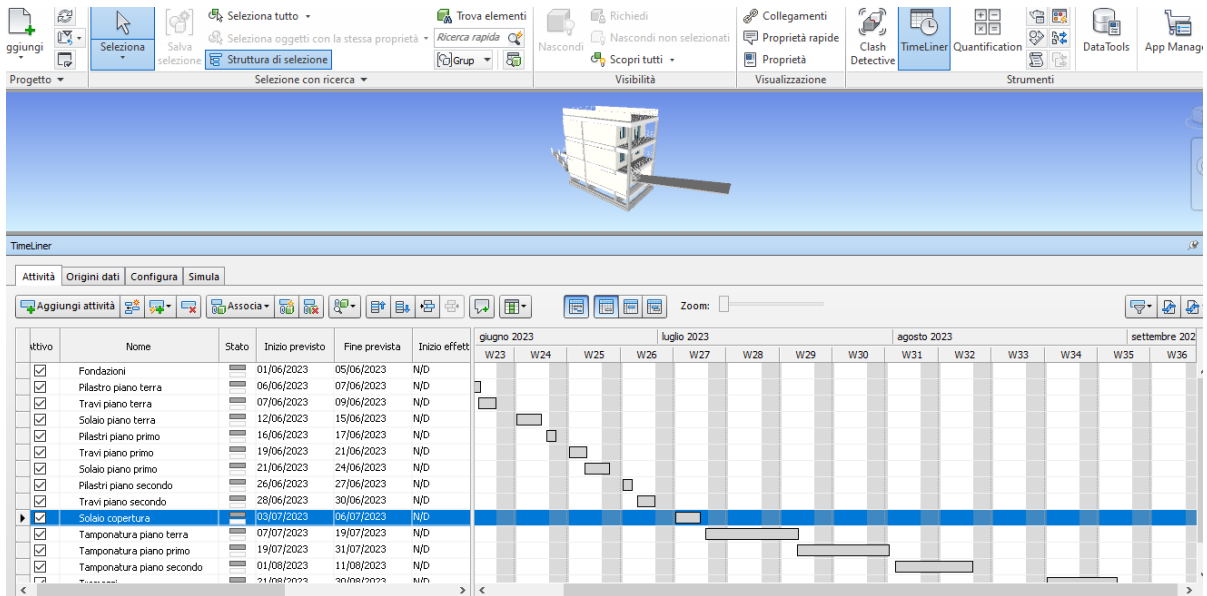
Table

Codice	Descrizione	Operaio specializ.	Costo Op. spec.	Operaio qualificato	Costo Op. qual.	Manovale	Costo Manov.	Totale	Costo orario squadra tipo	Importo lavori €	Incidenza manodopera %	Durata (g)	Uomini giorno 250	Incidenza materiali %	Incidenza trasporti %	Incidenza noli %
TAB. 6	OPERE STRADALI - f) opere con più c	2		1		10		13			22,00%			33,00%	19,00%	26,00%
TAB. 6	OPERE STRADALI - f) opere con più c	2		1		10		13			22,00%			33,00%	19,00%	26,00%
TAB. 7	OPERE STRADALI - g) opere con più i	3		1		9		13			24,00%			37,00%	15,00%	24,00%
TAB. 8	OPERE EDILIZIE	1€	28,25	2€	26,20	2€	23,56	9€	127,77 €	127.942,04	40,00%	60,07	250	44,00%	6,00%	10,00%

Registrazioni

Dettagli	Num.	qzzz Rif.	odiv	Descrizione	DNOMI	Fase reazioni	Fase emolizior	Zona	J.M	Quantità	f
1	Puglia 2	E04.27e		Casseforme rette o centinate per getti...seforme a contatto con il calcestruzzo: per fondazioni rettilinee continue (travi rovesce,		Fondazione			mq	92,88 €	
2	Puglia 2	E04.05e		Conglomerato cementizio preconfezionat...atura: travi rovesce e di collegamento		Fondazione			mc	13,55 €	
3	Puglia 2	E04.27c		Casseforme rette o centinate per getti...seforme a contatto con il calcestruzzo: per pilastri		Pilastri - Gett			mq	144,52 €	
4	Puglia 2	E04.14e		Conglomerato cementizio preconfezionat...ri di superficie trasversale < 800 cmq; (25/30 (Rck 30 N/mmq)		Pilastri - Gett			mc	10,67 €	
5	Puglia 2	E04.27e		Casseforme rette o centinate per getti...seforme		Travi - Getto			mq	98,05 €	

Cronoprogramma ricavato dalla incidenza della manodopera



Con i software specifici è possibile ottenere nel riquadro superiore la simulazione realistica dell'avanzamento lavori

DURATA DEI LAVORI

MEDIANTE TEMPARI E DATI TABELLARI

Potrò ricavare la durata di una lavorazione mediante la consultazione dei Tempari o di altre forme tabellari che mi forniscono le durate per una quantità unitaria della lavorazione: moltiplicherò tali dati per la quantità del mio caso e otterrò la durata complessiva di ciascuna lavorazione.

DESUNTA DAGLI IMPORTI MEDIANTE L'INCIDENZA DELLA MANODOPERA

Dall'importo totale dei lavori (o della singola lavorazione) ricavo l'importo per la sola manodopera, moltiplicando l'importo per
la percentuale di incidenza della manodopera
presa da dati tabellati (relativi alla natura dell'intero lavoro o della singola lavorazione).

Ottenuto l'importo totale per manodopera lo divido per il costo giornaliero (costo orario per numero di ore al giorno) di un operaio ottenendo i giorni necessari per eseguire i lavori con un solo operaio.

Otterrò quindi la durata dell'intero lavoro (o della singola lavorazione) dividendo il valore ottenuto per il numero di operai che lavoreranno in cantiere.

ESEMPIO

Importo lavori (o singola lavorazione) = 200.000 euro

Incidenza percentuale ricavata da dati tabellati = 35% (ad esempio)

Importo per manodopera: $200.000 \times 35/100 = 70.000$ euro

Costo giornaliero di un operaio (ipotesi 22,00 euro all'ora e 7 ore lavorative):
 $22,00 \times 7 = 154$ euro

Durata lavori nell'ipotesi di utilizzo di un solo operaio: $70.000 : 154 = 454$ giorni lavorativi

Durata lavori nell'ipotesi di utilizzare tre operai: $454 : 3 = 151$ giorni lavorativi.

ESERCITAZIONE

Costruzione del Gantt del proprio caso di studio mediante valutazione economica delle lavorazioni (computo metrico estimativo):

- di dettaglio per i componenti del particolare costruttivo scelto per le esercitazioni
- di massima per le altre parti dell'edificio.

Dagli importi delle lavorazioni ricavare le durate mediante:

- la percentuale della manodopera, riportata nel prezzario regionale o in altre tabelle parametriche reperibili sul web,
 - i costi orari della manodopera stessa,
 - il numero degli operai utilizzati per la lavorazione,
- così come visto nell'esempio contenuto nella dispensa.