

Alberto Zamatteo Gerosa



## GANTT PERFORMANCE INDEX (GPI)

*Metodo sperimentale per il calcolo di un indice di rendimento dell'organizzazione del cantiere. Diminuire il tempo di permanenza in cantiere, le durate di inattività ed aumentare di conseguenza l'utile d'impresa, sono gli obiettivi ai quali è finalizzata la metrica qui descritta, che l'Autore definisce "Indice di Prestazione del Gantt". Vincoli e problemi dell'interferenza delle attività nei progetti edilizi, nella cui pianificazione elemento fondamentale resta la sicurezza del lavoro.*

### Il "rendimento" di cantiere

In fisica, riferendosi alle macchine termiche, il rendimento è definito come il rapporto tra il lavoro realizzato e l'energia fornita. Così come nella macchina termica l'energia in entrata non viene utilizzata completamente per produrre lavoro, così l'energia delle squadre dei lavoratori non copre di norma la massima quantità assorbibile dalla disponibilità di spazio e di tempo del cantiere.

L'ottimizzazione dei processi e la diminuzione dei costi in essere nella realizzazione di qualsiasi prodotto sono alla base del nostro sistema economico e ad esempio nel campo dell'ingegneria l'ottimizzazione delle strutture da calcolare rispetto ai carichi agenti è all'ordine del giorno e fondamentale per la corretta pianificazione di un progetto. Fin quando si considerano variabili che siano poste in relazione analitica l'una all'altra, tutto "quadra", diverso è il caso in cui si cerchi di rendere controllabile un processo, seppur logico, fortemente aleatorio, come l'organizzazione di un cantiere, in quanto molte variabili ed imprevisi entrano in gioco (dal tempo atmosferico a imprevisi tecnici in genere), non sempre sono controllabili dall'uomo.

Quindi per ottimizzare la gestione del cantiere, oltre ad una lungimirante previsione, si richiede che il processo logico di pianifi-

cazione e controllo che regola le singole operazioni e le metta in funzione l'una all'altra produca come prodotto il massimo che si possa ottenere dal cantiere stesso in termini di rapporto risultati/effort (essendo quest'ultimo espresso in giorni-uomo o simili). Sulla base dell'ottenimento di un medesimo valore di risultato, si può inoltre valutare come poter utilizzare meno energia (risorse/denaro) possibile, e come tale metodo possa aiutarci a razionalizzare quanto più possibile il processo.

### Piano di installazione del cantiere

Mettere per iscritto sul calendario le durate e le relazioni delle operazioni che dovremmo svolgere nel cantiere fa sì di avere già ben chiara la successione di tali operazioni ed i legami tra esse (tipici inizio-fine, inizio-inizio, fine-fine), ma quanto si può essere sicuri che il processo logico e la successione delle operazioni sia quello ottimale, cioè il massimo ottenibile riferito a quel contesto specifico?

In primo luogo si dovrebbero analizzare gli spazi a disposizione ed accertarsi che il "Piano di Installazione del Cantiere" (PIC) abbia considerato che le aree di stoccaggio e le vie di transito interne al cantiere adeguatamente dimensionate. Tale aspetto è molto importante perché condiziona la logistica degli ap-

provigionamenti dei subappaltatori, il cui lavoro è fortemente condizionato sia dalla quantità del materiale da posare presente in cantiere, sia dalla progettazione della sicurezza e dei sistemi di protezione collettiva messi in atto.

Successivamente si dovrebbe analizzare il numero dei mezzi di sollevamento che si potranno avere a disposizione per poter portare in quota i materiali destinati alla posa dei singoli subappalti.

Tanti sono infatti gli elementi e le variabili da considerare per una corretta trattazione del problema che affronteremo un passo alla volta.

Focalizziamo quindi l'oggetto di quest'articolo: la presentazione di un metodo che possa contribuire a razionalizzare gli spazi, i tempi e le relazioni tra le squadre che giornalmente vengono gestite durante le lavorazioni e che possa darci un metro di giudizio relativamente alla massimizzazione del processo in termini di risultato/effort.

Nel contesto in argomento, la necessità principale nell'individuare un buon Gantt è in primo luogo il concetto di rispettare le prescrizioni che vengono descritte nel Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), il documento redatto dal coordinatore della sicurezza in cantiere e finalizzato all'organizzazione delle imprese presenti, diminuendo al



minimo il rischio di infortuni durante i lavori.

Ogni squadra infatti può aver valutato i rischi derivati dalla propria lavorazione, senza aver considerato i rischi di una lavorazione svoltasi in precedenza o dovrà aver luogo in seguito, oltre che poter divenire interferente con la propria attività.

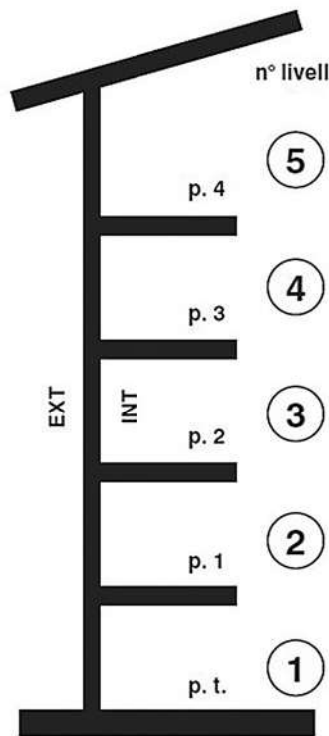
Si partirà quindi dal principio che due squadre relative a lavorazioni differenti non possono lavorare contemporaneamente all'interno di uno stesso luogo o "spazio minimo" di lavoro, in quanto ciò contribuirebbe all'aumento del rischio d'infortuni.

Partendo da questa ipotesi si procederà come segue.

### 1. Divisione dell'edificio in "n" luoghi di lavoro (CLE)

Si analizzerà la geometria dell'edificio e si cercherà di dividerlo in un numero ben determinato di luoghi di lavoro distinti che verranno occupati da un'unica lavorazione per volta e dai componenti di una stessa squadra. Il fatto di riferirci a componenti di una stessa squadra è conseguenza del fatto che essi stessi (o relativi responsabili) abbiano valutato i rischi per la sicurezza derivati dalla specifica lavorazione, e quindi non debbano interfacciarsi con i rischi derivati da una lavorazione diversa dalla loro. Il numero massimo di luoghi di lavoro dipenderà dalla dimensione del sito ed il loro numero sarà limitato dalla grandezza della singola "cella lavorativa elementare" (CLE).

Oltre un certo limite di divisione in tali celle, non solo non è più possibile lavorarvi, ma non si hanno nemmeno ulteriori benefici che possano migliorare significativamente la durata globale delle lavorazioni (Fig. 1, Sezione edificio tipo multipiano).



**Figura 1** - Sezione edificio tipo multipiano

### 2. Schedulazione delle risorse ed individuazione della lavorazione incompressibile di durata massima

La seconda operazione consisterà nell'attività di schedulazione, valutando ogni WBE<sup>1</sup> (Work Breakdown Element) presente alla cella lavorativa elementare e individuando la WBE che sia "incompressibile" ed abbia cioè durata massima. Tale operazione è determinante in quanto la durata della lavorazione incompressibile influirà in genere anche sui tempi delle lavorazioni successive degli altri luoghi di lavoro. Un esempio tipico di lavorazione incompressibile è rappresentato dal getto dei massetti in cemento o da tutte quelle operazioni tipiche del cantiere che necessitino di un tempo di maturazione ben determinato. In questo caso si parlerà di "la-

vorazione incompressibile sovrapponibile" in quanto il getto occuperà solo 1 giorno mentre nei 15 giorni necessari per la sua maturazione si può svolgere la stessa operazione in altre celle elementari. Nel caso in cui la durata dell'operazione sia caratterizzata dalla presenza continua dei lavoratori si parlerà invece di "lavorazione incompressibile non sovrapponibile". Il concetto che sta dietro questa definizione sta nel fatto che per ricercare il minimo di risorse utilizzate non si possa sovrapporre una stessa lavorazione su due luoghi di lavoro diversi, in quanto si dovrebbero utilizzare più squadre per la stessa WBE. Si ricorda che stiamo ricercando di conseguire lo stesso risultato, con il minor sforzo in termini di lavoro nel tempo e di costi relativi.

### 3. Costruzione del diagramma di Gantt e rischedulazione delle WBE per eliminare interferenze ed inattività.

La terza operazione consiste nel distribuire le WBE nelle CLE in cui è stato diviso l'edificio costruendo il relativo diagramma di Gantt.

A questo livello si dovrà prestare attenzione ad eliminare al massimo i tempi di inattività rischedulando se necessario le WBE in base ai rapporti di dipendenza Fine-Inizio sia con la stessa operazione svolta su un'altra CLE, sia con l'operazione successiva, in modo tale da avere un'attività il più possibile costante ed ininterrotta in tutte le celle individuate. Tale metodo viene schematizzato nel flow-chart lineare rappresentato in fig. 2 (in cui non sono per semplicità indicate le possibili reiterazioni).

### Esempio

Si prenda in esame, per esempio, una palazzina di 4 piani e

<sup>1</sup> Per WBE o Work Breakdown Element si intende un elemento della WBS (Work Breakdown Structure) in cui il progetto è stato diviso, a un opportuno livello della stessa.





Figura 2 - Flow chart delle attività

si presupponga che si abbia già realizzato il cosiddetto “fuori acqua al grezzo”<sup>2</sup> e che tutt’attorno all’edificio si abbia spazio libero. Lo stato prospettato, relativo ai lavori inerenti la realizzazione della struttura grezza (sia nel caso di edilizia tradizionale sia utilizzando dei pannelli prefabbricati) fa sì che si abbia bisogno della totale disponibilità del mezzo di sollevamento, che diviene risorsa critica in quanto non è possibile iniziare altre lavorazioni a meno che non abbia un altro mezzo disponibile; inoltre, per la pericolosità della caduta dall’alto di materiale, e per la durabilità dei materiali sottostanti, l’operazione del montaggio della struttura fino al fuori acqua deve necessariamente nella maggior parte dei

casi rimanere l’unica presente, assieme al montaggio del ponteggio perimetrale. Partendo dallo stato di fatto “grezzo fuori acqua” iniziamo il tipo di analisi su indicata. Come mostrato in figura 1, la palazzina di 4 piani avrà 5 livelli di lavoro (Piano Terra ed i 4 Piani) e 2 ambienti di lavoro (Interno ed Esterno). Quindi in prima analisi si potrebbe ritenere di avere a disposizione 10 CLE diverse, in cui poter far lavorare 10 squadre in contemporanea. Considerazione che tuttavia introduce un errore logico iniziale, in quanto le lavorazioni devono essere svolte in ogni CLE successivamente l’una all’altra, seguendo un ordine prefissato (come si comprende di seguito). All’interno dell’edificio si avrà la seguente sequenza più o meno condivisibile, che può dipendere anche dalla stagione in essere (estate o inverno)<sup>3</sup>.

#### Operazioni all’interno dell’edificio:

- 1) posa degli impianti idraulico ed elettrico a terra e tracciamento dei laterizi;
- 2) posa del massetto di riempimento;
- 3) posa del riscaldamento a pavimento;
- 4) posa di massetti sottopavimenti;
- 5) realizzazione delle divisorie interne – Montaggio finestre;
- 6) intonaci;
- 7) posa dei pavimenti;
- 8) posa dei sanitari ed accessori
- 9) pitture;
- 10) montaggio delle porte interne.

All’esterno dell’edificio le operazioni saranno le seguenti e sono indipendenti da quelle interne se non, solo per la condivisione del mezzo di sollevamento dei materiali in quota.

#### Operazioni all’esterno dell’edificio:

- 1) montaggio del cappotto ;
- 2) realizzazione dell’intonaco;
- 3) realizzazione delle lattonerie;
- 4) smontaggio del ponteggio e dei piani di carico;
- 5) sistemazioni esterne.

Ragionando quindi sul calcolo del numero massimo di operazioni che si possono svolgere contemporaneamente si può arrivare a computarne una per ogni livello all’interno dell’edificio, in totale 5, e 2 al massimo all’esterno, in quanto facendo il cosiddetto “cappotto” ai piani superiori si può iniziare l’attività di *rasare* (collegabile all’attività su esposta di “Realizzazione dell’intonaco”) ai piani inferiori, avanzando di conseguenza con due squadre in contemporanea. La differenza dalla stima iniziale è così derivata: mentre all’interno si è vincolati dal numero di CLE e dagli spazi fisicamente divisi dalle strutture al grezzo (solai e pareti) dell’edificio stesso, all’esterno si è limitati dai tipi di lavorazioni e dal loro tempo di durata.

Per tale motivo le lavorazioni più sovrapponibili all’esterno sono quelle che possano coesistere a piani diversi sia per durata simile sia per motivi logistici, come la posa del cappotto e la realizzazione dell’intonaco.

La posa delle lattonerie (grondaie, elementi in lamiera ecc.) in particolare, essendo peraltro molto breve rispetto alle due precedenti, deve necessariamente essere svolta successivamente alla realizzazione delle prime due, in quanto la

<sup>2</sup> Per “fuori acqua al grezzo” si intende la costruzione di un edificio compresa di serramenti, cappotto e copertura finita ma esente di impianti e lavorazioni interne al fine di ottenere un luogo asciutto e protetto dalle intemperie.

<sup>3</sup> La definizione delle seguenti attività, di natura gergale, ha valore relativo e solo espressivo dei vincoli di dipendenza logica ovvero di sequenza di esecuzione delle stesse, nella fattispecie nel caso delle costruzioni edili in legno (NdR).



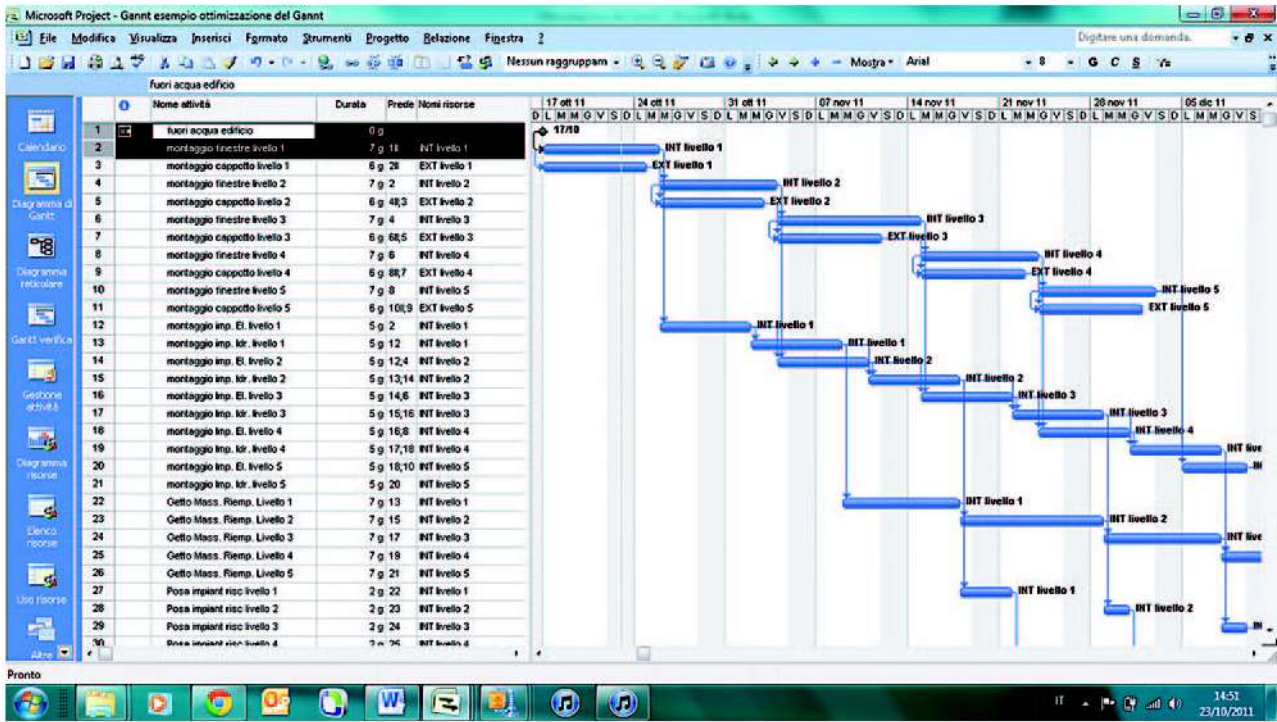


Figura 3 - Estratto del Gantt

sua durata non permetterebbe una sovrapposizione congrua o proficua. La conclusione è che il massimo delle operazioni che potremmo considerare *allo stesso tempo* siano 7 in totale (e non 10 come inizialmente ipotizzato). Abbiamo quindi individuato il numero massimo di CLE in cui il sito di lavoro può essere diviso.

### Calcolo del rendimento di cantiere

Al concetto di rendimento si associa come detto il rapporto tra Lavoro realizzato ed Energia spesa. Il numero 7 rappresenta idealmente nel presente esempio la massima energia assorbibile dal sistema, cioè il massimo numero di sovrapposizioni possibili per la conformazione dell'opera, in un dato momento o intervallo di impegno. Sulla base di tale dato

si può definire il Gantt preliminare, ripercorrendo mentalmente la successione delle operazioni, ma prestando attenzione al tipo di sovrapposizione tra lavorazioni interne ed esterne. Con l'aiuto dei programmi software che gestiscono la costruzione del Gantt si possono applicare delle etichette sulle barre di attività, in modo da visualizzare se la lavorazione è interna od esterna e a quale livello di lavoro

Formula che definisce il rendimento settimanale dell'organizzazione di lavoro di un cantiere, come rapporto fra numero massimo di attività contemporaneamente presenti in una settimana e totale ammissibile, in base ai diversi vincoli di programmazione (dipendenze logiche, sicurezza del lavoro):

$$\eta_{set} = \frac{n^{\circ} \max \text{lavorazioni contemporanee settimanali}}{n^{\circ} \max \text{lavorazioni contemporanee ammissibili}}$$

Ad esempio per la settimana 1, posto che nell'esempio il valore nominale del denominatore vale sempre 7, si ha:

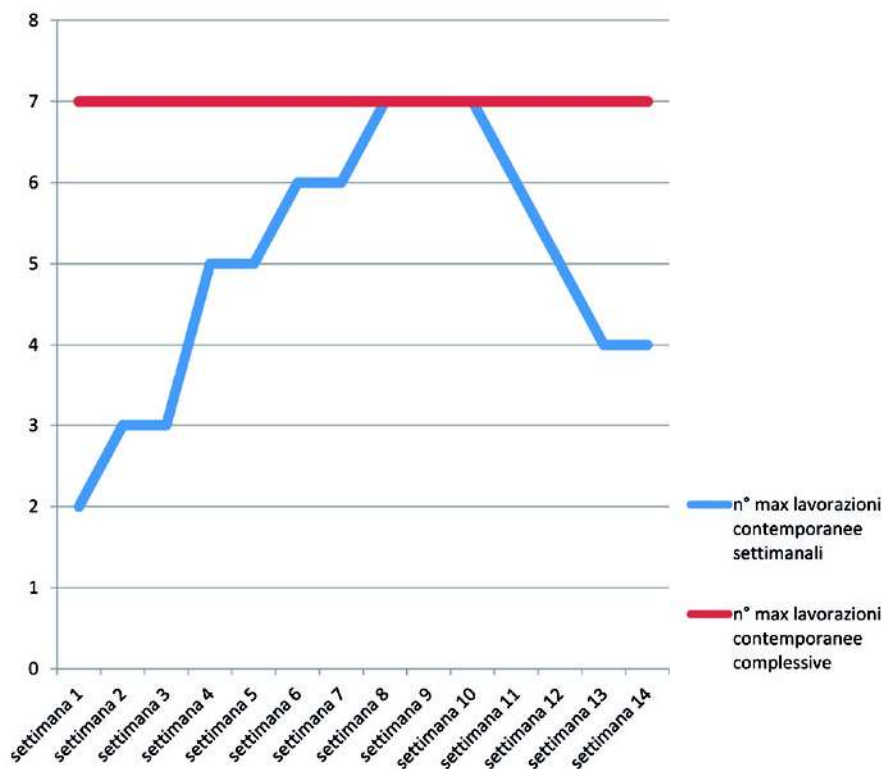
$$\eta_{set,1} = \frac{2}{7} = 0.29$$

Si avranno in generale settimane in cui il rendimento tocca il massimo ammissibile. Analogamente per tutte le settimane si ottiene la seguente tabella.

	settimana 1	settimana 2	settimana 3	settimana 4	settimana 5	settimana 6	settimana 7	settimana 8	settimana 9	settimana 10	settimana 11	settimana 12	settimana 13	settimana 14
n° max lavorazioni contemporanee settimanali	2	3	3	5	5	6	6	7	7	7	6	5	4	4
n° max lavorazioni contemporanee complessive	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Rendimento settimanale</b>	<b>29%</b>	<b>43%</b>	<b>43%</b>	<b>71%</b>	<b>71%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>86%</b>	<b>71%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>

Tabella 1 - Definizione ed esempio di calcolo del rendimento settimanale di cantiere (Valori del rendimento settimanale)



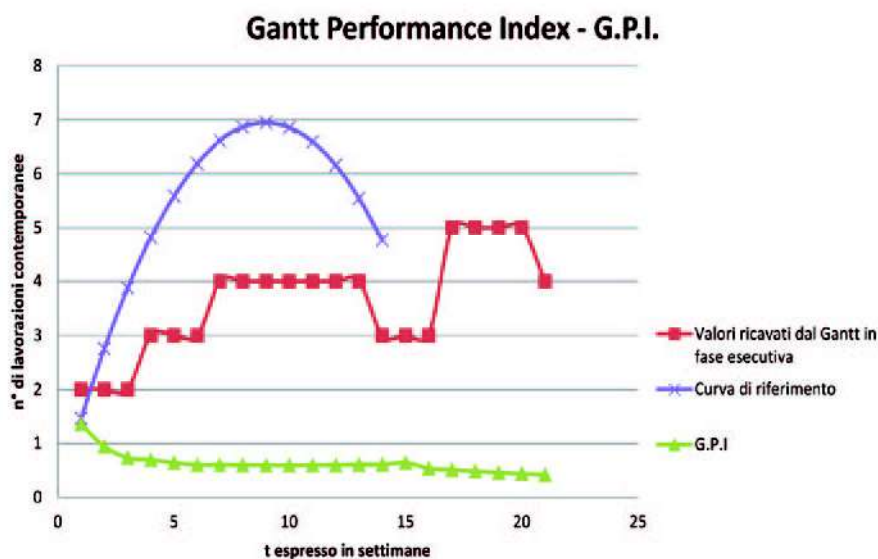


**Figura 4** - Andamento grafico del n° di lavorazioni in cantiere

(per es. INT Level 1 o EXT Level 4); in questo modo è visualizzabile il grado di sovrapposizione e quali punti dell'edificio risultino interessati da lavorazioni contemporanee (esempio in Fig. 3). Avendo verificato che la velocità di realizzazione delle varie lavorazioni corrisponda con le possibilità tecniche del subappaltatore e che le attività siano congruenti con le possibilità logistiche degli spazi di stoccaggio all'interno del cantiere, si può contare il numero massimo di lavorazioni contemporaneamente presenti per settimana. Sulla base di queste si può definire il "rendimento" settimanale dell'organizzazione messa in campo, come rapporto fra numero massimo di lavorazioni contemporanee e numero max di lavorazioni complessive. Un esempio di applicazione è dato nel riquadro di Tab.1. Analoga definizione potrebbe darsi per intervalli di tempo diversi (ad esempio per singolo giorno). Si può quindi ricavare il grafico

dell'effort richiesto, che indica l'andamento dei lavori realizzabili, ed in particolare il suo intensificarsi in termini di massimo numero di squadre contemporaneamente presenti in cantiere (Fig. 4). Più tale curva risulta contenuta nel tempo e stretta, più significherà in generale che si stanno ottimizzando gli spazi per svolgere lo stesso lavoro.

Salta ad esempio subito all'occhio nel diagramma proposto il maggior numero di sovrapposizioni (attività contemporanee) tra la settimana 8 e 10, periodo nel quale la presenza di uomini in cantiere ha il suo apice. Come si osserva, tale diagramma si presta ad una interpolazione quadratica che rappresenta una caratteristica curva di carico convessa, caratteristica in diversi tipi di progetti circa l'andamento delle risorse impegnate nel tempo (come indicato nel diagramma di Fig. 5 seguente). In questo la curva suddetta rappresenta l'impiego nominale di programma del cantiere (la cui durata totale è di 14 settimane) e l'andamento discreto rappresenta il numero di lavorazioni realmente pianificate o registrate a consuntivo (la cui durata complessiva è di 21 settimane). Un'altra questione che potrebbe nascere in fase di pianificazione è come conciliare il numero di lavorazioni contemporanee, comprensivo delle maestranze di diversi subappaltatori, con altre risorse di costruzione, quali la presenza di un solo mezzo di sollevamento. Di solito infatti il mezzo è necessario al subappaltatore per 1 ora



**Figura 5** - Andamento grafico delle risorse impiegate nel tempo



al massimo al giorno nel caso ad esempio la maggior parte del lavoro sia interessato dalle attività di posa, e sarà necessario stabilire dei turni in cui ogni subappaltatore possa poter portare in quota i materiali di cui avrà bisogno nel giorno stesso, o meglio nei prossimi giorni, in modo tale da massimizzare il trasporto in quota con la maggior parte di materiale possibile e necessario ai diversi piani. Avendo ottenuto i rendimenti settimanali, definiamo ora in solo numero l'indice di lavoro del cantiere. A tal fine utilizziamo un indice di valor medio pesato dei rendimenti rapportato al tempo totale T di impegno del cantiere, tramite la seguente formula, che definiremo qui come *Gantt Performance Index* (GPI):

$$GPI = \frac{\sum_{i=1}^t \eta_{sett.i}}{t}$$

Essendo a numeratore la somma dei rendimenti settimanali, valori di  $\eta$  di pesati per i giorni in cui il rendimento risulti costan-

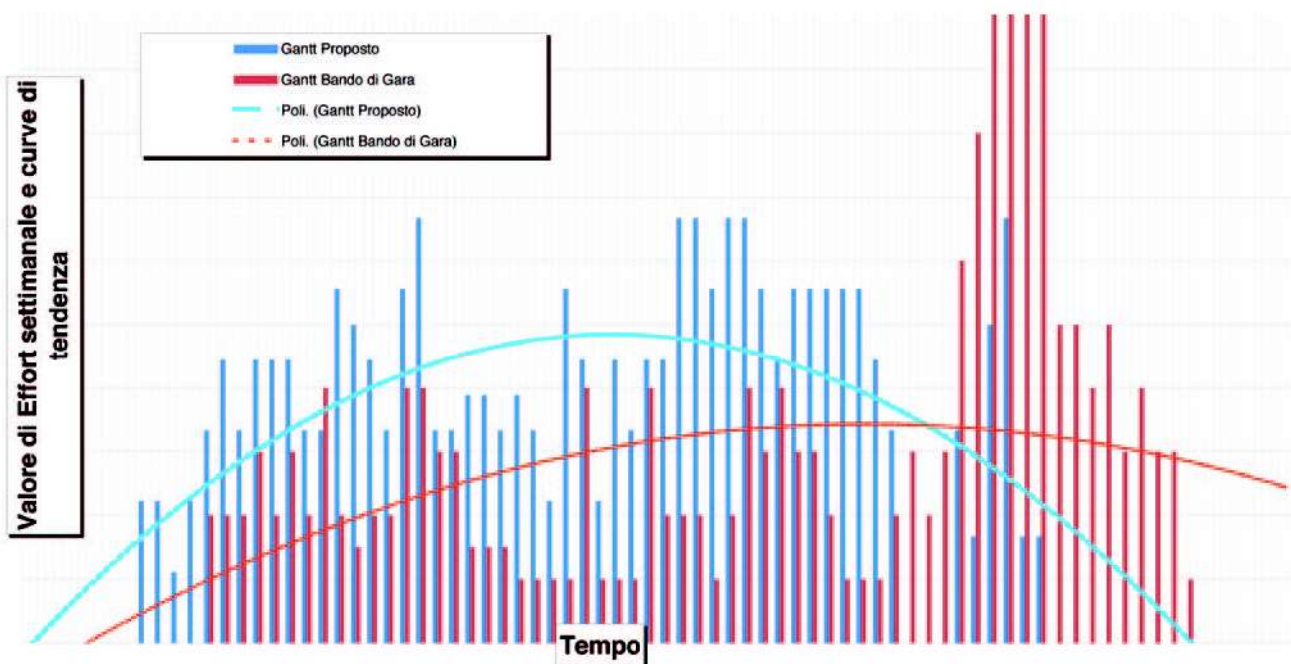
te, diviso per il numero totale  $t$  di settimane o intervalli di riferimento<sup>4</sup>. Il numero trovato ha significato solo relativo, in quanto non potrebbe mai essere uguale al 100% pur avendo fatto "tutto il possibile" per sfruttare al massimo gli spazi lavorativi disponibili. Applicando in particolare la stessa formula al nostro esempio (caso nominale della curva convessa in Fig. 5) si ottiene che il cantiere avrebbe un indice di rendimento sull'intero periodo del 71%; mentre il valore ottenuto con la stessa formula per il caso reale o di consuntivo è di circa il 50%. Si possono avere in particolare due casi di esempio di valutazione dell'indice di rendimento qui introdotto, in caso di valutazione di gara e di ipotesi di alternative di organizzazione del cantiere (suddivisione del sito), come di seguito descritto.

4 Nella suddetta formula il rapporto di  $\eta$ , ottenuto nel precedente riquadro quale rapporto di numero di attività (corrente e max ammissibile) deve moltiplicarsi per il numero di settimane in cui lo stesso resta costante. GPI risulta pertanto adimensionale.

### Esempio di utilizzo dell'indice in fase di gara

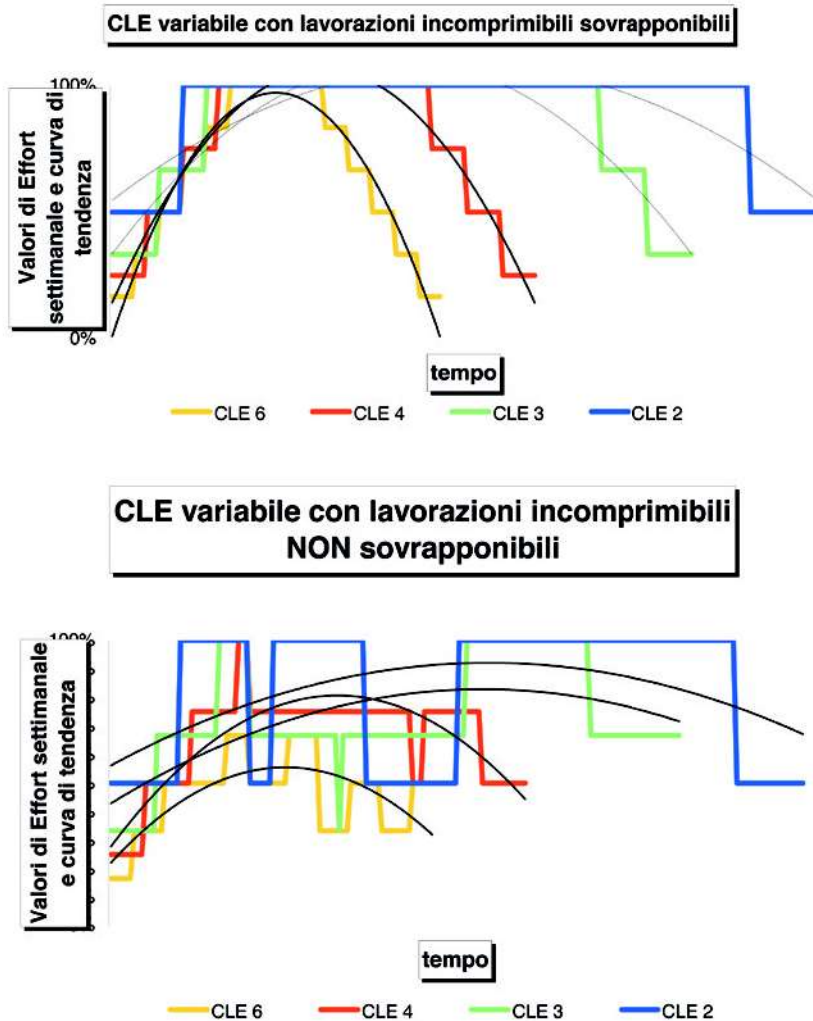
Il valore dell'indice proposto può essere in particolare utile in fase di gara, per confrontare il proprio Gantt con quello preliminare presentato dalla stazione appaltante, rispetto al quale il potenziale fornitore dovrà proporre soluzioni migliorative di progetto e al contempo fornire alla un dato riassuntivo del miglioramento nella gestione del cantiere, oltre che nel rispetto dei vincoli imposti. Infatti la miglioria dei tempi può ottenere un vantaggio nel punteggio di gara, in cui si richieda ad esempio che vengano risparmiati un massimo numero di giorni, giustificando e dimostrando con un Gantt l'ipotesi di lavoro nel migliore dei casi.

L'indice ottenuto dal presente metodo completa l'informazione, in quanto con un semplice indice porta l'impresa partecipante a dichiarare che ha migliorato il rendimento del cantiere di un certo rapporto percentuale



**Figura 6** - Esempio applicativo dei risultati di effort (impiego settimanale di risorse) per un caso di bando di gara, sulla base del Gantt proposto dalla stazione appaltante e di quello offerto





**Figura 7** - Diagrammi di ipotesi alternative di lavoro, con diverso numero di celle elementari in caso di attività sovrapponibili o meno

rispetto a quello base di gara, indicando oltre che il risparmio temporale anche la diversa concentrazione od ottimizzazione del lavoro nel tempo. Tale metodo è stato in particolare da noi stato testato in una gara di appalto in cui si richiedeva di risparmiare su 78 settimane 90 giorni di lavoro, con un miglioramento relativo del 16% ( $90 / (78 \cdot 7) = 0,16$ ). In realtà l'incremento avrebbe dovuto prendere in considerazione anche la distribuzione del lavoro nel tempo e di conseguenza valutare la contemporaneità delle lavorazioni più o meno concentrate. Il risultato dello studio portò ad avere un miglioramento del GPI proposto rispetto a quello a base di gara non del 16% ma del

63%, aumentando quindi la sensazione della stazione appaltante riguardo la buona esecuzione dello studio crono-logistico del cantiere. La sintesi di tale studio è riportata in Fig. 6.

### Studio di piani alternativi

Come ulteriore applicazione si propongono i risultati di un esempio svolto su un cantiere tipo, in cui si vuole dimostrare come possano variare il GPI e la durata delle lavorazioni in funzione del numero di celle elementari (CLE) in cui gli spazi vengono divisi, mantenendo costante la forza lavoro di ogni singola WBE.

Si assuma ad esempio una divisione di uno stesso ambito fisico di progetto in 2 CLE e successi-

vamente in 3, 4 e 6 dividendo proporzionalmente le lavorazioni in base al numero di celle elementari. Si dimostra ad esempio che una lavorazione che duri 14 giorni per 2 CLE, nel caso di divisione dell'edificio in 2 parti, duri 8 giorni nel caso in cui abbia diviso lo stesso edificio in 3 CLE, e così di seguito per divisioni maggiori. Nel caso in esempio si sono assunte 6 WBE diverse con durate caratteristiche e sono state applicate alle varie ipotesi di divisione in CLE; inoltre si sono ipotizzati due casi, in presenza di lavorazioni incomprimibili sovrapponibili e non sovrapponibili. Nel caso di presenza di lavorazioni incomprimibili non sovrapponibili, tali WBE erano tutte legate da legami Fine-Inizio (FI) con cammino critico esente da qualsiasi tipo di anticipo (*lead*) sia tra loro nell'ambito di ogni singola CLE sia tra CLE diverse. Nel caso di presenza di lavorazioni incomprimibili sovrapponibili, tali WBE erano tutte legate da legami FI con cammino critico solo rispetto alla singola cella elementare, mentre si accettava l'anticipo dell'inizio di una WBE nelle altre CLE. Si sono quindi ottenuti i risultati come nei grafici seguenti (Fig. 7), oltre che riportati in sintesi nella tabella, relativa ai rispettivi valori di GPI calcolati nei diversi casi (Tab. 2). Si osservi che il GPI è un indice legato alla prestazione settimanale sul tempo con il seguente significato: se aumenta il numero nominale massimo di lavorazioni sovrapponibili, diminuirà il valore dell'indice, e se esso diminuisce più velocemente del tempo che si va a guadagnare, più diminuirà in termini marginali il rendimento globale del cantiere. Inoltre il valore del GPI come prima definito non deve assumersi come un valore assoluto, ma come valore di confronto tra il Gantt, nell'ipotesi di lavoro



Lavorazioni Incomprimibili Sovrapponibili				
	CLE 2	CLE 3	CLE 4	CLE 6
GPI	0,90	0,82	0,75	0,64
tot. DU [gg]	60	51	36	28
Lavorazioni Incomprimibili NON Sovrapponibili				
	CLE 2	CLE 3	CLE 4	CLE 6
GPI	0,82	0,71	0,65	0,46
tot. DU [gg]	70	63	47	45

**Tabella 2** - Sintesi dei risultati GPI nei diversi in casi di Figura 7

originale, e quello rielaborato o alla fine ottimizzato. Come si osserva, nel caso di lavorazioni incomprimibili sovrapponibili, tra la divisione in 2 ed in 6 CLE si ha una sensibile diminuzione del GPI (29%) e dei tempi di durata del cantiere (53%); quindi a patto di avere un minor rendimento organizzativo, come prima definito, si possono sfruttare meglio gli spazi a disposizione e concentrare più lavori paralleli sulle sovrapposizioni delle WBE, diminuendo il tempo complessivo di realizzazione.

Nel caso di lavorazioni incomprimibili non sovrapponibili, all'aumentare del numero delle celle i risultati evidenziano una maggiore diminuzione sia del GPI (44%) che dei tempi di durata del cantiere (64%).

Tali risultati, in linea con l'intuizione almeno per quanto riguarda l'effetto sui tempi, si dovrebbero comunque confrontare con quelli di natura economica e dei relativi costi, la cui ulteriore valutazione potrebbe fare individuare la miglior soluzione di compromesso del punto di pianificazione finale, anche in relazione ad altri fattori di trade-off e agli obiettivi prioritari del progetto. Nel caso ad esempio fossero presenti più subappaltatori, si dovrebbe conciliare la relativa disponibilità e l'occupazione delle squadre con l'organizzazione generale di cantiere.

È evidente sottolineare come

non si possa fare un discorso a priori di carattere generale, su quale sia il valore massimo di divisioni del nostro edificio o sito di lavoro e dell'organizzazione per arrivare al risultato ottimale, quanto piuttosto l'importanza del metodo come arrivarci.

### Conclusioni

La complessità e la molteplicità dei tipi di cantiere fa sì che non si possa una soluzione unica e assoluta nell'ottimizzazione della loro gestione, quanto piuttosto proporre un metodo di approccio che possa tra l'altro fornire una valutazione sintetica dei risultati. L'indice GPI qui descritto si propone di dare indicazioni sull'ottimizzazione crono-logistica del sito e con il flusso di attività di pianificazione indicata, fornire un'analisi dell'andamento di una commessa edile in fase di pianificazione, precedendo e integrando i più conosciuti indici di controllo economico tipici del project management basati sull'Earned Value Method (Cost Performance Index e Schedule Performance Index).

Il metodo presentato intende far proprie anche le valutazioni specifiche che nel caso in argomento ricorrono, quali i vincoli di interferenza fra le attività, aventi impatto sulla sicurezza di lavoro, e quelli di natura logistica (spazi e mezzi disponibili), individuando il massimo numero di

lavorazioni contemporanee possibili nel sito e descrivendo l'andamento delle stesse tramite il Gantt e la relativa curva di carico di lavoro (effort). Seppure riferito al Gantt, sulla cui base è stato sviluppato anche in relazione ai requisiti di comune impiego dello stesso strumento, lo stesso indice potrebbe più in generale applicarsi al concetto di piano o baseline di progetto, per l'impostazione di una commessa e la verifica crono-logistica dell'organizzazione di cantiere, da cui derivano importanti aspetti di natura tecnico-economica.

### Alberto Zamatteo Gerosa

Professore a contratto presso l'Università di Bolzano dove insegna il modulo Project Management delle costruzioni in legno. Laureato in Ingegneria Civile, continua la sua formazione interessandosi di gestione progetti e di efficienza energetica diventando Consulente Casa Clima. Ha collaborato dal 2006 con il gruppo Rubner nella gestione di commessa ed organizzazione di cantiere in Italia ed all'Estero; attualmente lavora come project manager presso Stahlbau Pichler e come consulente per la gestione di commesse edili e la preparazione di gare d'appalto; è autore di numerosi articoli su riviste di bioedilizia specializzata inerenti le costruzioni in legno.  
e-mail: a\_zamatteogerosa@yahoo.it