



Seminario: PROJECT  
MANAGEMENT per  
l'Architettura del futuro  
Rete Professioni Tecniche  
RIMINI  
*10 Maggio 2023*

---

*Dall'Idea al costruito: programmazione, gestione e  
performance dei progetti di costruzione*

*Marco A. Bragadin – Università di Bologna*



# Obiettivi e Contenuti / 1

- **Obiettivo della presentazione è l'individuazione di metodi e strumenti innovativi che possono facilitare l'attività di Project Control, nell'ambito del Project Management dei progetti di costruzione**
- **Aspetto fondamentale della gestione della Performance della Costruzione, il Project Control di progetto, è il piano di lavoro, cronoprogramma, dettagliato e collegato all'assetto del sito produttivo, il cantiere.**
- **È quindi proprio la definizione dettagliata del sito, e del flusso delle lavoro eseguito dalle squadre in esso che può consentire la stesura di un piano di produzione veritiero, dettagliato ed efficace, che consente la gestione degli obiettivi di progetto – TEMPI, COSTI e QUALITA'**



# Obiettivi e contenuti / 2

Oltre alla tradizionale programmazione **Activity Based** come il **Precedence Diagramming**, due nuove tecnologie possono fornire un valido supporto a questa attività progettuale:

- **il Location-Based Management System (LBMS)**
- **la digitalizzazione del processo edilizio, il Building Information Modelling (BIM)**
- **Il LBMS consente di progettare il flusso delle lavorazioni delle squadre in base alla produttività ed alla localizzazione, utilizzando diagrammi spazio/tempo detti flow-line.**
- **Il BIM è il processo di digitalizzazione del flusso informativo nel processo edilizio. Un elemento fondamentale di questo processo è il modello tridimensionale, variabile nel tempo, dell'opera nelle varie fasi di costruzione (BIM 4D) collegato alla valutazione economica (BIM 5D).**

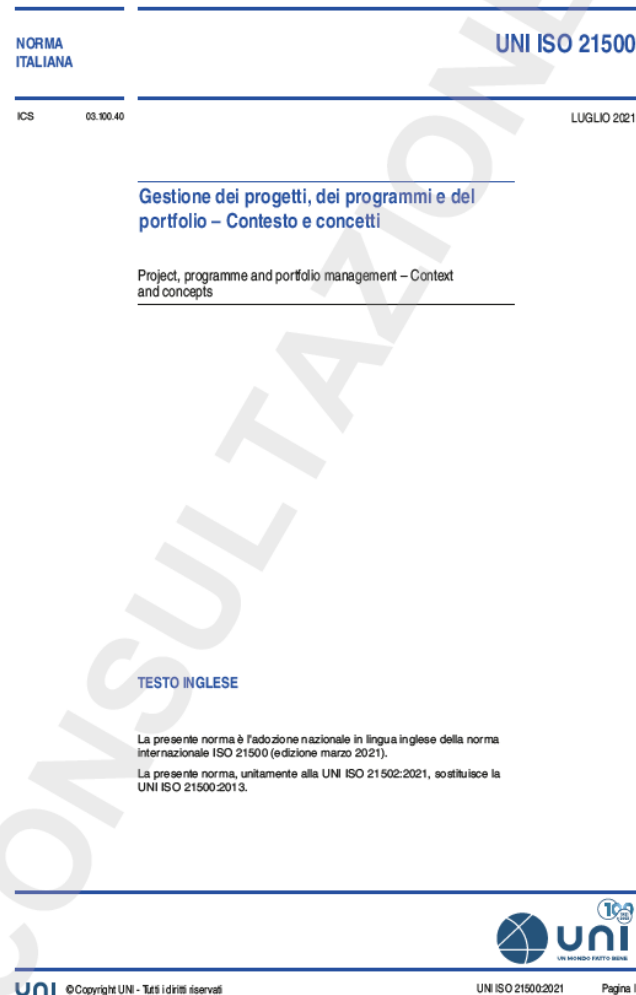


# Project Management & Project Control

## **PROGETTO (UNI ISO 21500):**

**E' UN IMPEGNO TEMPORANEO  
PER RAGGIUNGERE UNO O  
PIU' OBIETTIVI DEFINITI**

**UN PROGETTO E' COSTITUITO  
DA UN INSEME UNICO DI  
PROCESSI CHE  
COMPREDONO ATTIVITA'  
COORDINATE E CONTROLLATE,  
CON DATE DI INIZIO E DI FINE,  
REALIZZATE ALLO SCOPO DI  
CONSEGUIRE GLI OBIETTIVI  
DEL PROGETTO STESSO.**



## **PROJECT CONTROL**

**THE APPLICATION OF PROCESSES TO  
MEASURE PROJECT PERFORMANCE  
AGAINST THE PROJECT PLAN, TO  
ENABLE VARIANCES TO BE  
IDENTIFIED AND CORRECTED, SO  
THAT PROJECT OBJECTIVES ARE  
ACHIEVED.**

apmKNOWLEDGE

Introduction to  
Project Control





# Project Control

DA: UNI ISO 21500

**SI TRATTA QUINDI DI GESTIRE INIZIATIVE CHIAMATE PROGETTI, OVVERO INSIEMI DI ATTIVITÀ NON CICLICHE, GESTITE TRAMITE UN SISTEMA DI GESTIONE CHE ESEGUA:**

## **PIANIFICAZIONE:**

- LA SCELTA DELLE ATTIVITÀ E DELLA LORO SEQUENZA LOGICA
- (COSA FARE – COME FARE – CHI FA COSA)

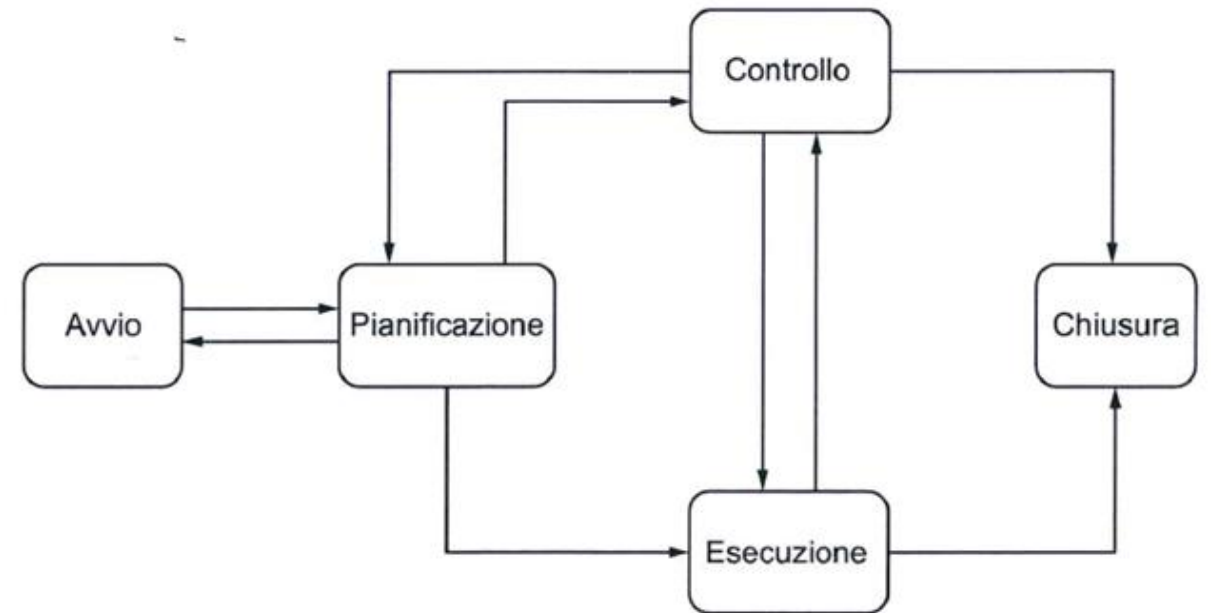
## **PROGRAMMAZIONE:**

- ALLOCAZIONE TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ E INDIVIDUAZIONE DELLA LORO SEQUENZA CRONOLOGICA.
- (QUANDO FARE)

## **CONTROLLO:**

- VERIFICA DELLO SCOSTAMENTO DI QUANTO REALIZZATO DA QUANTO PREVISTO, E CONSEGUENTI AZIONI CORRETTIVE.

Interazioni fra gruppi di processi

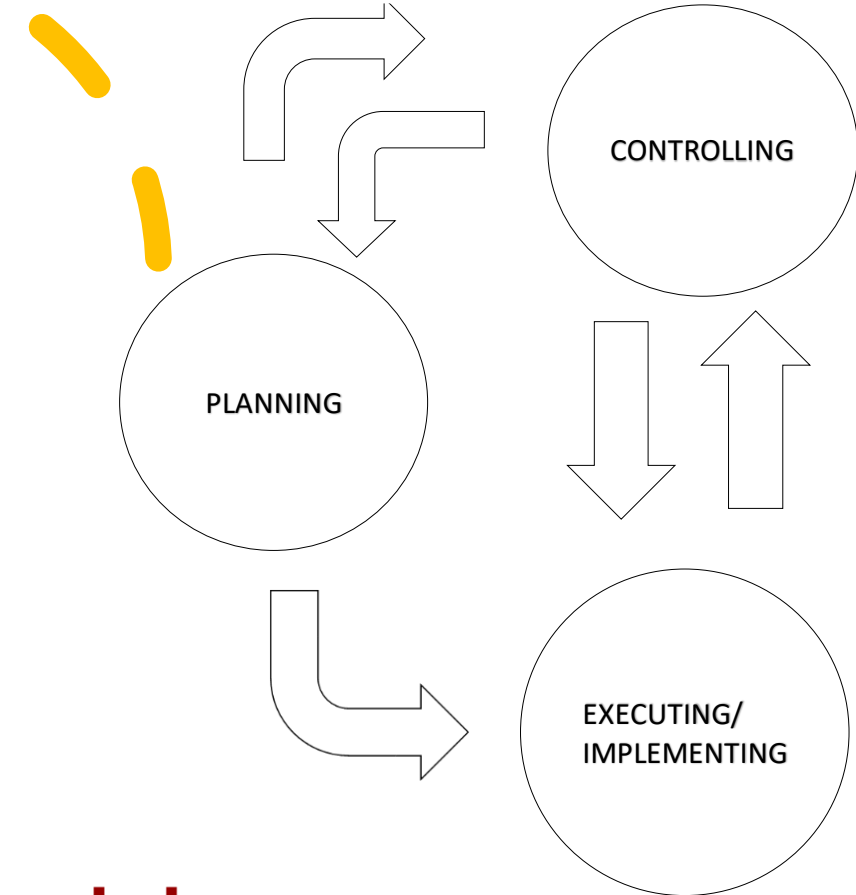


QUINDI L'ATTIVITA' DI GESTIONE DEI PROGETTI E' FONDAMENTALMENTE IMPERNIATA SUI SISTEMI DI PROGRAMMAZIONE CHE REALIZZANO UN MODELLO DEL PROCESSO PRODUTTIVO IN FUNZIONE DELLE SUE PRESTAZIONI IN TERMINI DI TEMPI E COSTI.

# Project Control

COME STRATEGIA DI MANAGEMENT PROATTIVO,  
IN CONTRASTO CON IL MANAGEMENT REATTIVO  
(PROACTIVE VS. REACTIVE MANAGEMENT /  
CRISIS MANAGEMENT)

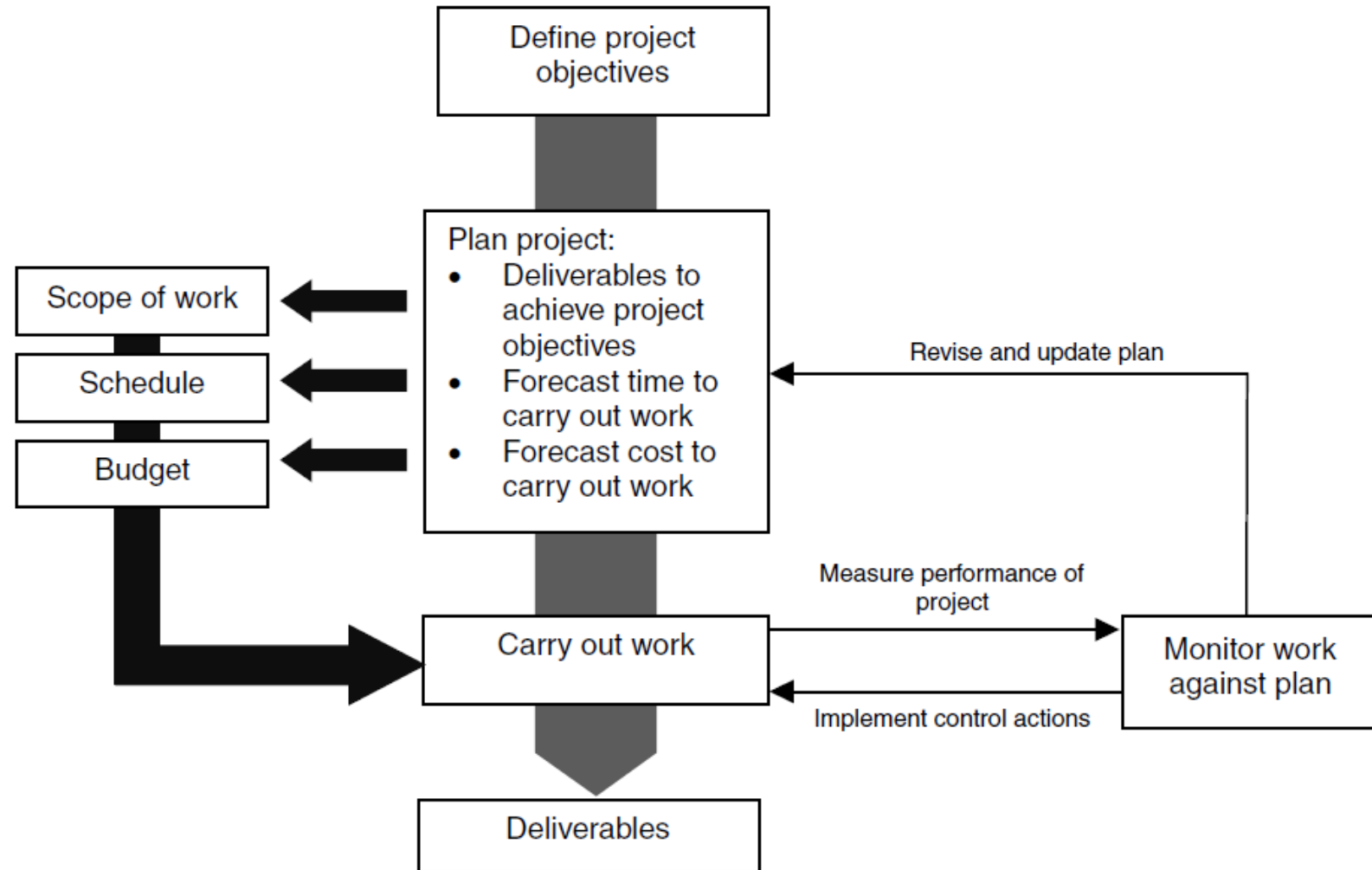
SI TRATTA DEL COSIDETTO **SISTEMA A TERMOSTATO**.  
IL MIGLIORAMENTO DI QUESTO SISTEMA GESTIONALE  
SI SVILUPPA NEL PM CON LE **LESSONS LEARNED** E NEI  
SISTEMI QUALITA' CON IL MIGLIORAMENTO  
CONTINUO (**KAIZEN**) DI JURAN O LE STRATEGIE  
DI **LEAN PRODUCTION (MUDA)**.



**kai**      **zen**  
改      善  
**cambia**      **meglio**

# Project Control

## I processi di Project control

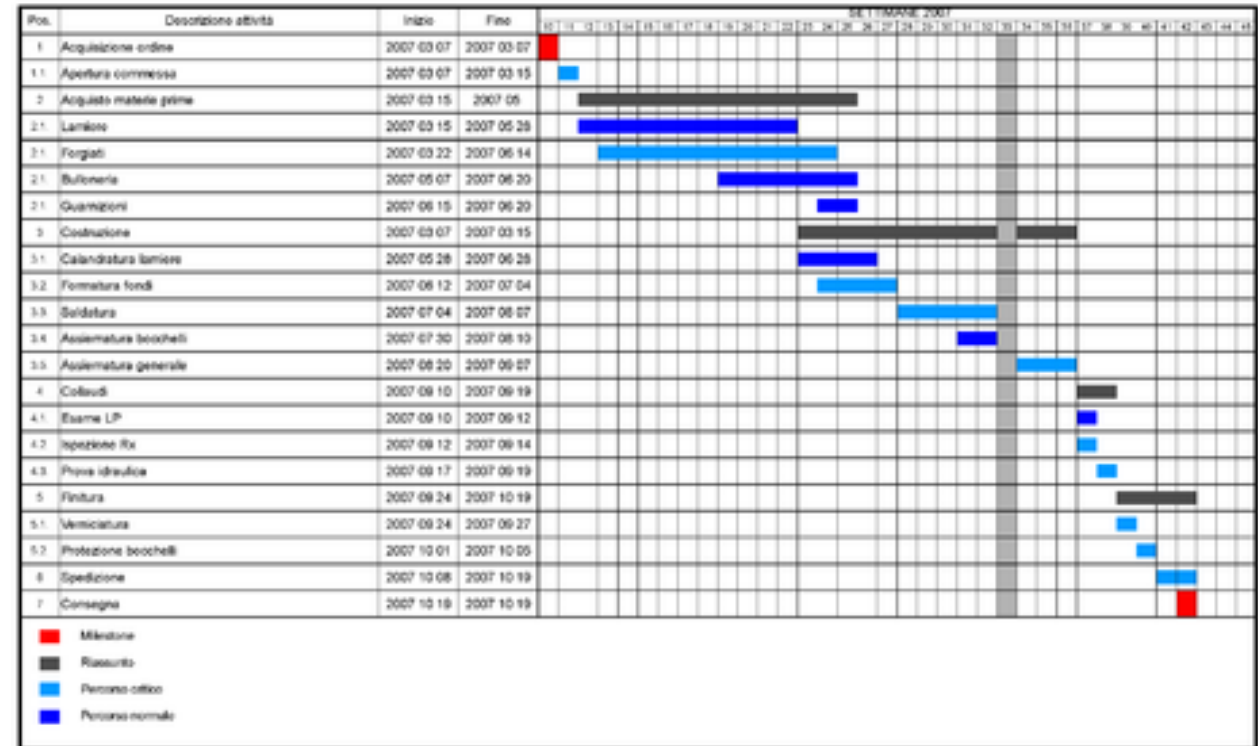




# Il Cronoprogramma dei lavori di progetto

**L'ART. 18 DEL CODICE DEI CONTRATTI 36/23** DEFINISCE IL CRONOPROGRAMMA NEL PIANO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA COME **UN DIAGRAMMA LINEARE CHE RAPPRESENTA LO SVILUPPO TEMPORALE DELLE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE, DI AFFIDAMENTO E DI ESECUZIONE DEI LAVORI SUDDIVISI PER MACRO CATEGORIE.**

- PER CIASCUNA ATTIVITA' IL CRONOPROGRAMMA INDICA I TEMPI MASSIMI PREVISTI PER LO SVOLGIMENTO

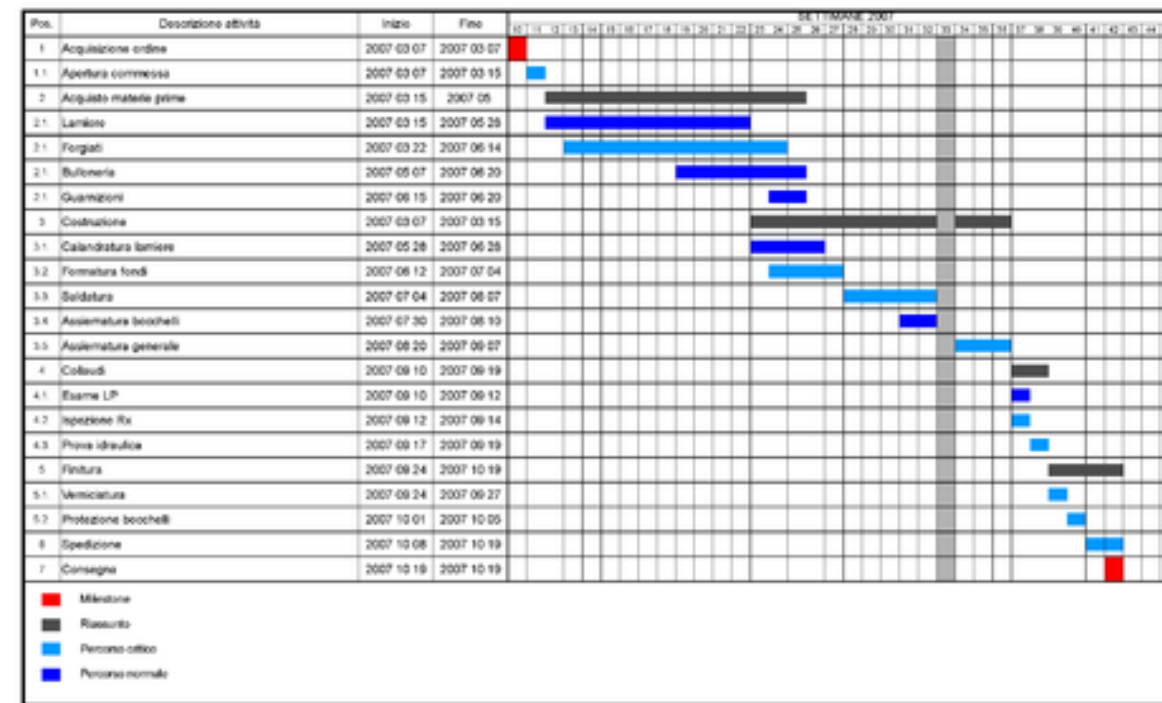
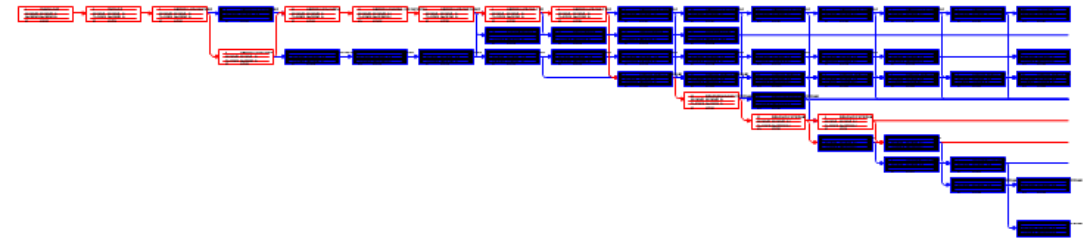


# Il Cronoprogramma dei lavori di progetto

L'ART. 29 DEL CODICE DEI CONTRATTI 36/23 DEFINISCE IL CRONOPROGRAMMA COME

**“UN DIAGRAMMA CHE RAPPRESENTA GRAFICAMENTE, IN FORMA CHIARAMENTE LEGGIBILE, TUTTE LE FASI ATTUATIVE DELL'INTERVENTO, IVI COMPRESSE LE FASI DI REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO, DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO, DI AFFIDAMENTO DEI LAVORI, DI ESECUZIONE DEI LAVORI, NONCHE DI COLLAUDO O DI EMISSIONE DEL CERTIFICATO DI REGOLARE ESECUZIONE DEI LAVORI, E PER CIASCUNA FASE INDICA I RELATIVI TEMPI DI ATTUAZIONE.**

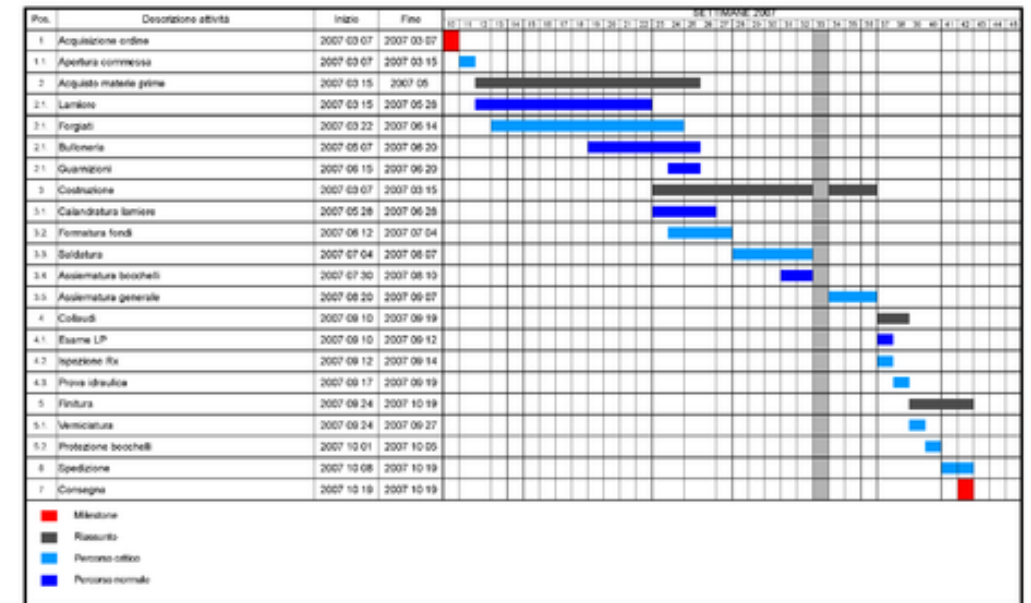
**IL CRONOPROGRAMMA RIPORTA IN PARTICOLARE LA SEQUENZA DELLE LAVORAZIONI CHE AFFERISCONO ALLA FASE DI ESECUZIONE DEI LAVORI, CON LA PIANIFICAZIONE DELLE LAVORAZIONI GESTIBILI AUTONOMAMENTE, E PER CIASCUNA LAVORAZIONE RAPPRESENTA GRAFICAMENTE I RELATIVI TEMPI DI ESECUZIONE E I RELATIVI COSTI.**



# Il Cronoprogramma dei lavori del Piano di Sicurezza e Coordinamento

IL TESTO UNICO PER LA SICUREZZA SUL LAVORO  
D.LGS. 81/08 INOLTRE DEFINISCE:

**CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI:** PROGRAMMA DEI LAVORI IN CUI SONO INDICATE, IN BASE ALLA COMPLESSITÀ DELL'OPERA, LE LAVORAZIONI, LE FASI E LE SOTTOFASI DI LAVORO, LA LORO SEQUENZA TEMPORALE E LA LORO DURATA, **PREDISPOSTO DAL COORDINATORE DELLA SICUREZZA PER LA PROGETTAZIONE ED ALLEGATO AL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO.**





# Il Programma di Esecuzione dei Lavori

IL DM 7/3/18 N. 49 DEFINISCE: «**PROGRAMMA DI ESECUZIONE DEI LAVORI**»

**IL DOCUMENTO CHE L'ESECUTORE, IN COERENZA CON IL CRONOPROGRAMMA PREDISPOSTO DALLA STAZIONE APPALTANTE, CON L'OFFERTA TECNICA PRESENTATA IN SEDE DI GARA E CON LE OBBLIGAZIONI CONTRATTUALI, DEVE PRESENTARE PRIMA DELL'INIZIO DEI LAVORI, IN CUI:**

- **SIANO GRAFICAMENTE RAPPRESENTATE, PER OGNI LAVORAZIONE, LE PREVISIONI CIRCA IL PERIODO DI ESECUZIONE**
- **NONCHÉ L'AMMONTARE PRESUNTO, PARZIALE E PROGRESSIVO, DELL'AVANZAMENTO DEI LAVORI ALLE SCADENZE CONTRATTUALMENTE STABILITE PER LA LIQUIDAZIONE DEI CERTIFICATI DI PAGAMENTO.**

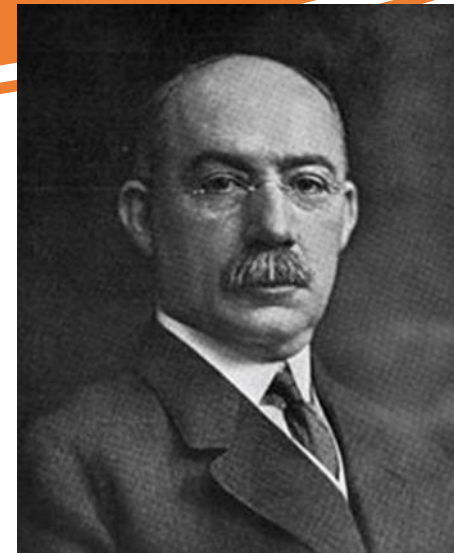
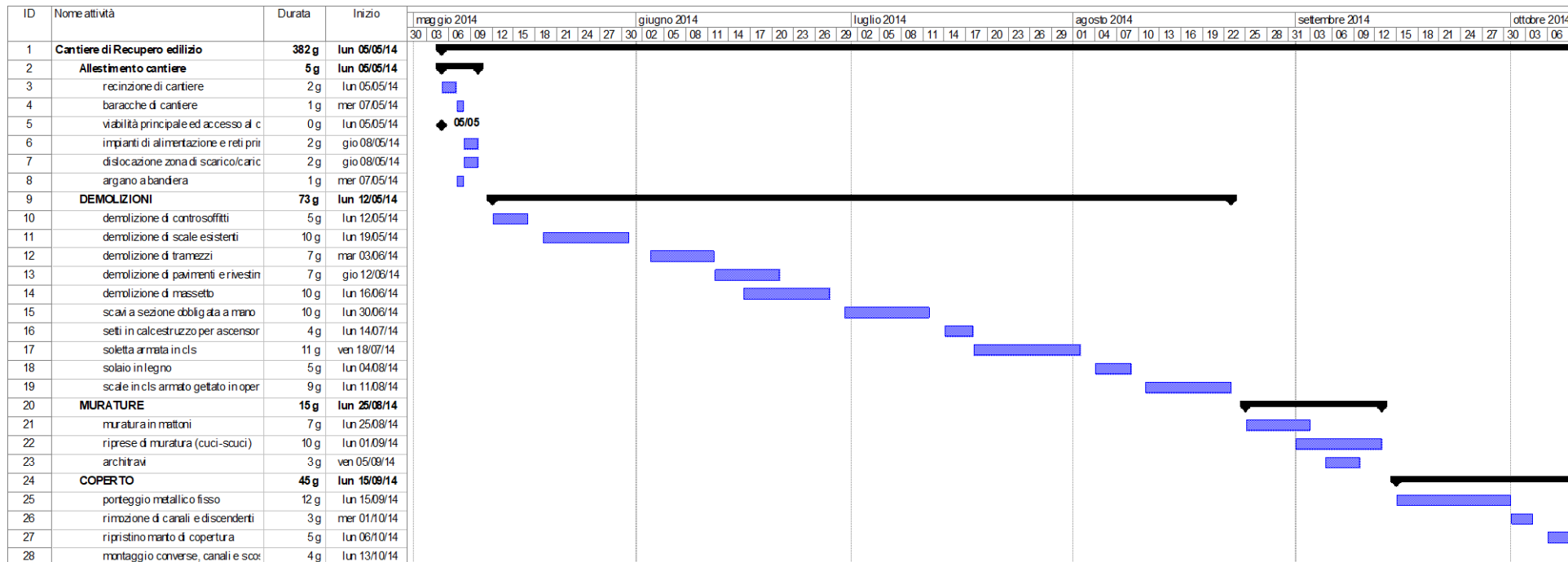


Pos.	Descrizione attività	Inizio	Fine	
1	Acquisizione ordine	2007-03-07	2007-03-07	
1.1	Apertura commessa	2007-03-07	2007-03-15	
2	Acquisto materiali prima	2007-03-15	2007-05	
2.1	Lamiere	2007-03-15	2007-05-28	
2.1	Forgati	2007-03-22	2007-06-14	
2.1	Bulloneria	2007-05-07	2007-06-20	
2.1	Guarnizioni	2007-06-15	2007-06-20	
3	Costruzione	2007-03-07	2007-03-15	
3.1	Calendatura lamiere	2007-05-28	2007-06-28	
3.2	Formatura fondi	2007-06-12	2007-07-04	
3.3	Saldatura	2007-07-04	2007-08-07	
3.4	Assemblatura bocchelli	2007-07-30	2007-08-19	
3.5	Assemblatura generale	2007-08-20	2007-09-07	
4	Collaudi	2007-09-10	2007-09-19	
4.1	Esame LP	2007-09-10	2007-09-12	
4.2	Ispezione Rix	2007-09-12	2007-09-14	
4.3	Prova idraulica	2007-09-17	2007-09-19	
5	Finitura	2007-09-24	2007-10-19	
5.1	Verniciatura	2007-09-24	2007-09-27	
5.2	Protezione bocchelli	2007-10-01	2007-10-05	
6	Spedizione	2007-10-08	2007-10-19	
7	Consegna	2007-10-19	2007-10-19	

■ Milestone  
■ Riassunto  
■ Personale ufficio  
■ Personale normale

# Metodi di programmazione basati sulle attività Activity – Based

- La programmazione basata sulle attività (activity-based) costituisce lo standard per la programmazione dei lavori.
- Si tratta delle ben note tecniche del **cronoprogramma di Gantt** e del **Metodo del Cammino Critico (Critical Path Method)**, **Precedence Diagramming Method**, entrambi utilizzati da numerosi software di programmazione tra cui il MS Project ed il Primavera Project Planner.



Henry Laurence Gantt  
(1861 – 1919)

# DIAGRAMMA DI GANTT / 2

## **NEL CRONOGRAMMA DI GANTT SI RAPPRESENTANO LE ATTIVITÀ DA SVOLGERE CON BARRE ORIZZONTALI IN UN DIAGRAMMA BIDIMENSIONALE.**

- LA LUNGHEZZA DELLE BARRE È PROPORZIONALE ALLA DURATA DELL'ATTIVITÀ.
- L'ASCISSA DEL GRAFICO RIPORTERÀ I TEMPI A PARTIRE DALL'ISTANTE "0", DI INIZIO DEL PROCESSO, STABILITO CONVENZIONALMENTE.
- L'ASCISSA CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DI OGNI BARRA CORRISPONDE ALLA DATA DI INIZIO DELL'ATTIVITÀ RAPPRESENTATA.
- L'ASCISSA CORRISPONDENTE ALLA FINE DELLA BARRA RAPPRESENTA LA DATA DI ULTIMAZIONE DELL'ATTIVITÀ.
- PER FACILITARE LA LETTURA DEL DIAGRAMMA SI RAPPRESENTANO LE ATTIVITÀ SITUANDO LE PRIME DA SVOLGERE IN ALTO A SINISTRA E ORDINANDONE LA PROGRESSIONE SECONDO LE DATE DI INIZIO SCENDENDO NEL DIAGRAMMA VERSO IL BASSO.

## **PUNTI DI FORZA E ASPETTI CRITICI**

- IL PRINCIPALE VANTAGGIO DEI SISTEMI DI PROGRAMMAZIONE GRAFICA A BARRE CONSISTE NELLA LORO FACILITÀ DI LETTURA E NELL'IMMEDIATEZZA DELLA COMPrensIONE DELLA SITUAZIONE RAPPRESENTATA.
- LA SEMPLICITÀ NEL RAPPRESENTARE LE ATTIVITÀ DI PROCESSO:
  - CONSENTE UNA MAGGIORE CAPACITÀ DI RAPPRESENTARE SITUAZIONI NON ANCORA PERFETTAMENTE DEFINITE.
  - RENDE I CRONOGRAMMI A BARRE ADATTI A PROGRAMMARE LAVORI DI TIPO RIPETITIVO, CHE COMPORTANO L'ESECUZIONE DI UN NUMERO LIMITATO DI ATTIVITÀ RIPETUTE PIÙ VOLTE, COME LA COSTRUZIONE DI STRADE O LA POSA DI INFRASTRUTTURE SOTTERRANEE O AEREE.



# DIAGRAMMA DI GANTT / 3

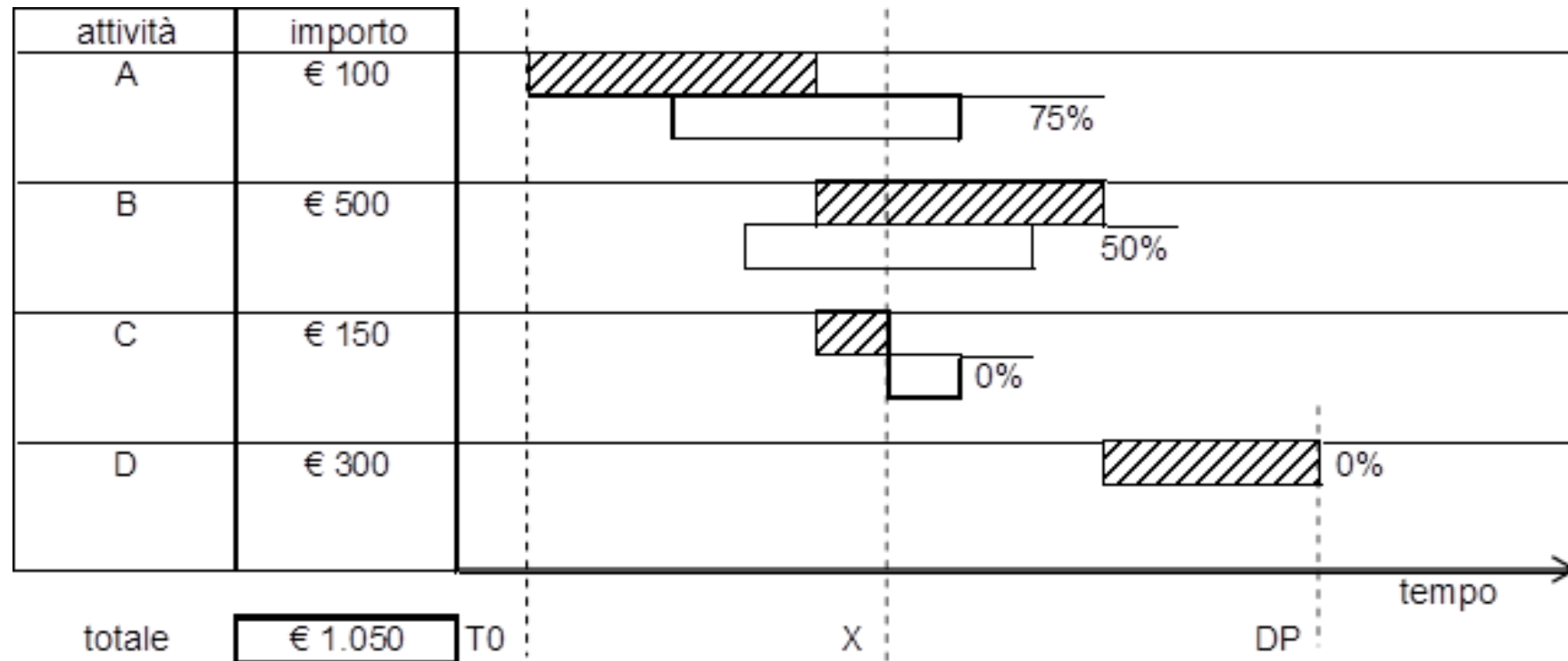
D'ALTRO CANTO LA SEMPLICITÀ DEI CRONOGRAMMI A BARRE NON CONSENTE DI DEFINIRE:

- LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI LEGAMI DI DIPENDENZA LOGICA TRA LE DIVERSE ATTIVITÀ;
- LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI VINCOLI DA RISPETTARE CHE PERMETTONO L'INIZIO DI UN'ATTIVITÀ;
- L'INDICAZIONE DI QUALI SIANO LE ATTIVITÀ STRATEGICHE DEL PROGRAMMA, QUELLE CIOÈ CHE DEBONO ESSERE ESEGUITE PRIORITARIAMENTE PER PERMETTERE LA FINE DEL PROGRAMMA ENTRO UNA TALE DATA;
- LE EVENTUALI DILAZIONI CHE POSSONO ESSERE CONCESSE ALL'INIZIO E/O ALLA FINE DI UNA DETERMINATA ATTIVITÀ SENZA COMPROMETTERE LA DATA DI ULTIMAZIONE DEI LAVORI.

A QUESTO SI SOMMANO I SEGUENTI ASPETTI CRITICI:

- SE IL NUMERO DI ATTIVITÀ DA PROGRAMMARE DIVENTA ELEVATO E IL DIAGRAMMA SI SVILUPPA SU PIÙ PAGINE DIVENTA DIFFICILE LA LETTURA E L'INTERPRETAZIONE DEI DATI, IN PARTICOLARE È DIFFICILE "VEDERE" LE RELAZIONI TRA LE ATTIVITÀ;
- NON CONSENTE DI INDIVIDUARE I CAMBIAMENTI NEL PROGRAMMA CHE POSSONO INTERVENIRE A SEGUITO DI CAMBIAMENTI DI DURATA O DI RISORSE IN UNA ATTIVITÀ;
- **È DIFFICILE IL SUO UTILIZZO COME STRUMENTO DI CONTROLLO DELL'AVANZAMENTO DEI LAVORI.**
- È DIFFICILE L'INTRODUZIONE DI METODI MATEMATICI PER LA GESTIONE DELLE RISORSE;
- SI PIANIFICA E SI PROGRAMMA.

# AGGIORNAMENTO IN CORSO D'OPERA: IL CONTROLLO DELL'AVANZAMENTO



legenda:



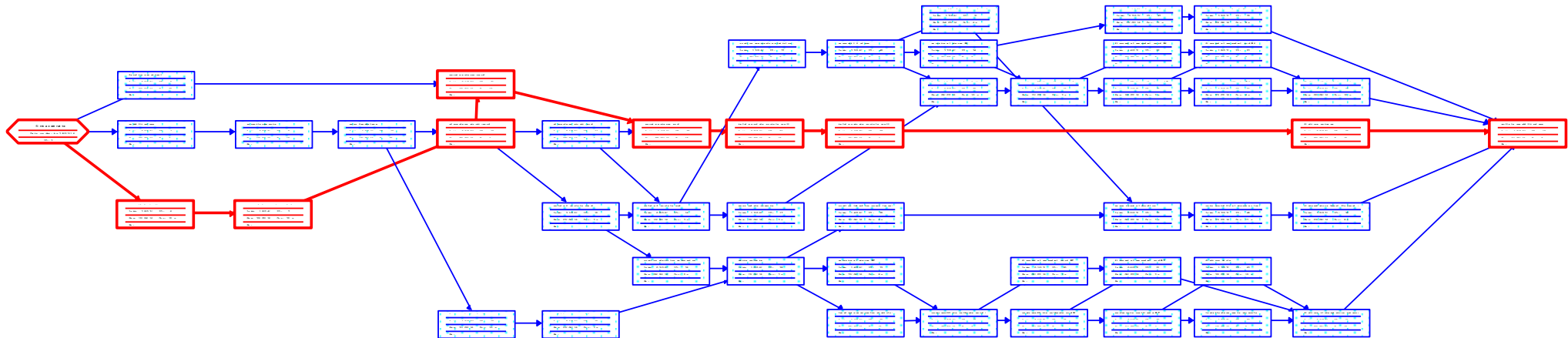
avanzamento programmato



avanzamento effettivo e stima a finire

# I DIAGRAMMI RETICOLARI CPM-PDM

- Il metodo del cammino critico, **Critical Path Method CPM**, è stato sviluppato a partire dal 1956 dalla E.I. Du Pont de Nemours (DuPont), in seguito all'acquisto di uno dei primi computer realizzati per la libera vendita ai privati dalla ditta UNIVAC (Remington Rand).
- Il lavoro di **Kelley e Walker** produsse il CPM, che fu chiamato così "because of the central position that critical activities in a project play in the method" (Kelley, Walker, 1959).
- In seguito il **Professor Fondhal della Stanford University (Fondhal 1961)** identificò quello che è poi divenuto il Precedence Diagramming Method (PDM), con netto orientamento per il settore delle costruzioni.



# NETWORK LOGIC

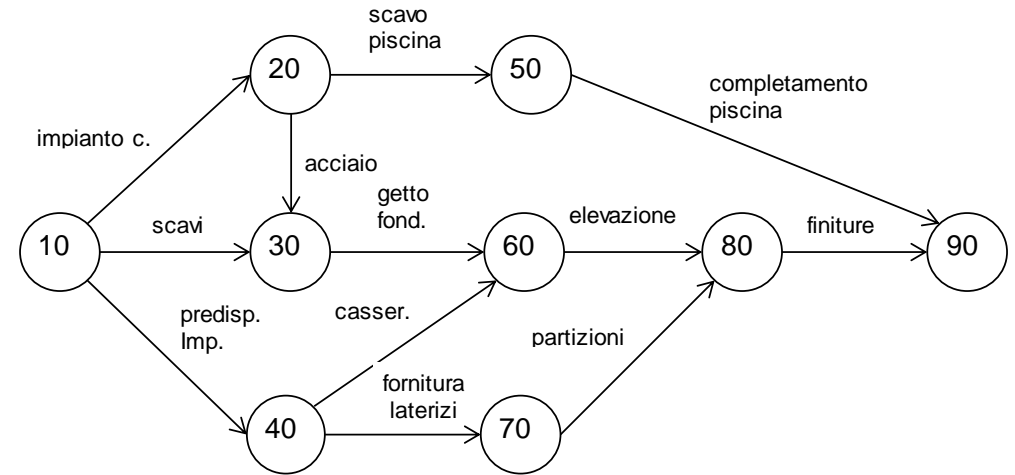
La tecnica di programmazione si realizza mediante un reticolo di attività (Network Logic) che pianifica la sequenza delle fasi di lavoro.

La rappresentazione delle attività nel reticolo può essere di due tipi, con le attività sul nodo (Activity on Node AON), quella del PDM, o con le attività sulla freccia (Activity on Arc AOA), quella dell'originale metodo CPM.

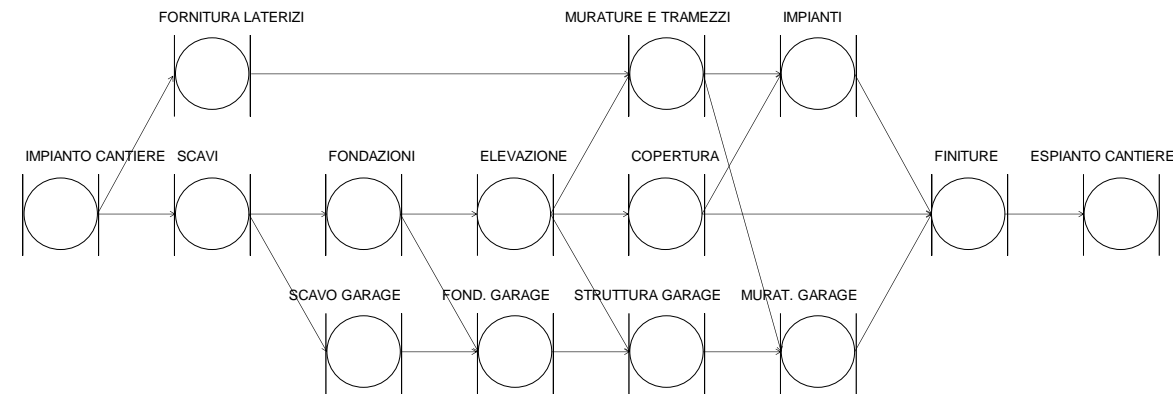
Il metodo del cammino critico nasce per il controllo integrato tempi / costi.

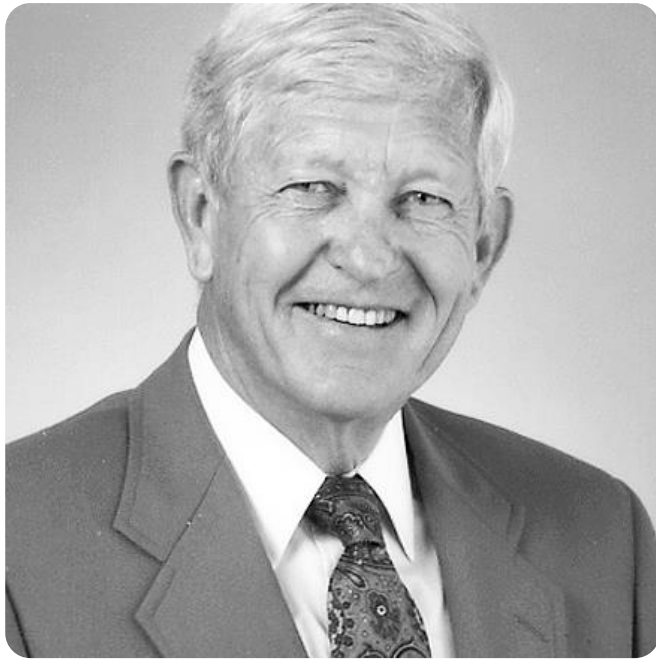
Il PERT, Program Evaluation and Review Technique condivide la stessa struttura del reticolo ma prevede un approccio probabilistico.

RETICOLO ACTIVITY ON ARC:



RETICOLO ACTIVITY ON NODE:

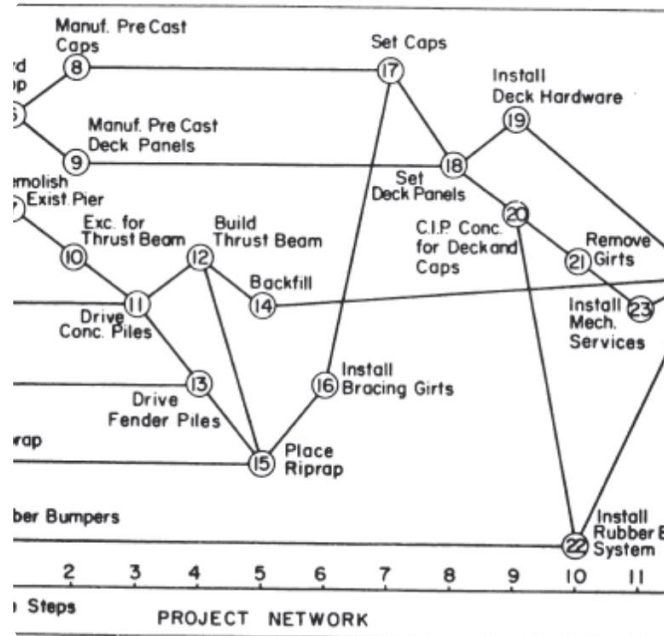




# Precedence Diagramming Method

**LA RAPPRESENTAZIONE MEDIANTE NODI:** I NODI RAPPRESENTANO LE ATTIVITÀ E GLI ARCHI LE RELAZIONI DI DIPENDENZA LOGICA-CRONOLOGICA.

- QUESTA RAPPRESENTAZIONE È STATA IDEATA DA J.W. FONDHAL (1924-2008) NEL 1961 COME **“CIRCLE AND CONNECTING LINE”**, MENTRE LA LETTERATURA SCIENTIFICA LA DEFINÌ **“ACTIVITY ON NODE”** (AON) O **“NODE DIAGRAMMING”**.
- **A NON-COMPUTER APPROACH TO THE CRITICAL PATH METHOD FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY**





# Precedence Diagramming Method

NEL METODO PDM L'ANALISI TEMPORALE DELLE ATTIVITA' DEL RETICOLO INDIVIDUA PER OGNI ATTIVITA':

- **TEMPI MINIMI DI INIZIO E DI FINE (ES, EF)**
- **TEMPI MASSIMI DI INIZIO E DI FINE (LS, LF).**

LA DIFFERENZA TRA TEMPI MASSIMI E TEMPI MINIMI INDIVIDUA **LO SCORRIMENTO TOTALE DELL'ATTIVITA' (TOTAL FLOAT)**, OVVERO IL **RITARDO AMMISSIBILE NELL'ESECUZIONE DELL'ATTIVITÀ CHE NON INFLUISCE SULLA DATA PREVISTA DAL PROGRAMMA PER IL TERMINE DEI LAVORI.**

## ATTIVITA' CRITICHE E PERCORSO CRITICO

PARTICOLARI ATTIVITA' DEL RETICOLO PER CUI **LO SCORRIMENTO TOTALE E' IL MINIMO (NULLO)** SI DICONO **ATTIVITA' CRITICHE** E IL **PERCORSO DA ESSE FORMATO SI DICE PERCORSO CRITICO.**

**IL PERCORSO CRITICO E' IL PERCORSO PIU' LUNGO PER I TEMPI E STABILISCE LA DURATA COMPLESSIVA DEL PROGRAMMA.**

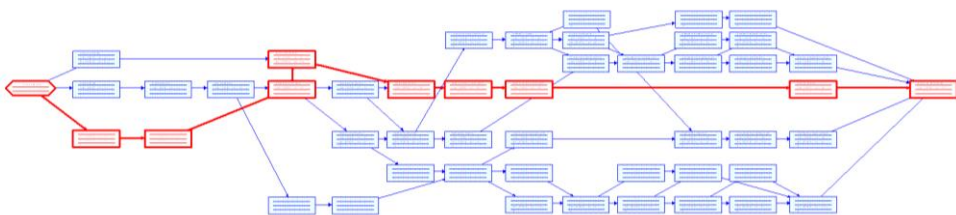
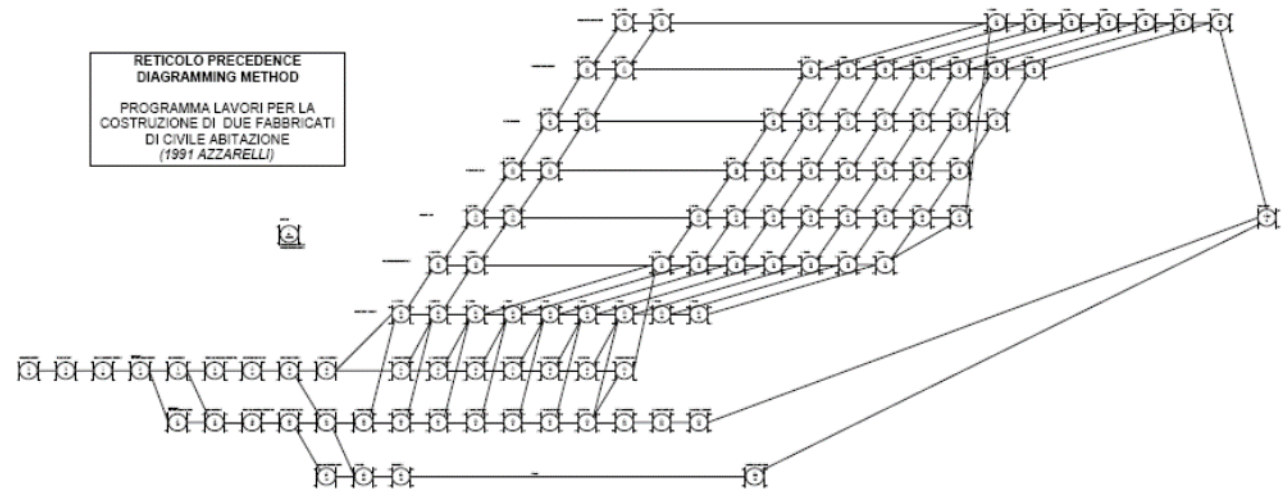
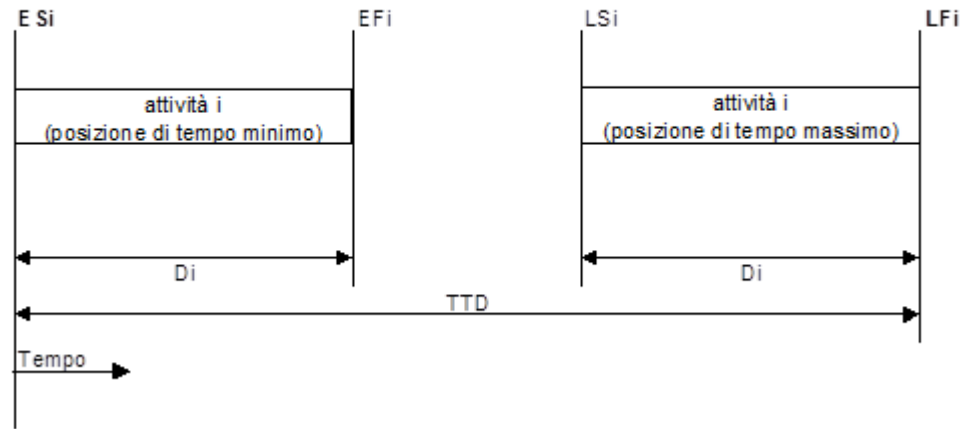
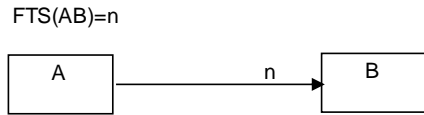


Figura: I quattro tempi di attività

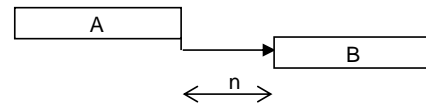


# La logica del reticolo activity - based

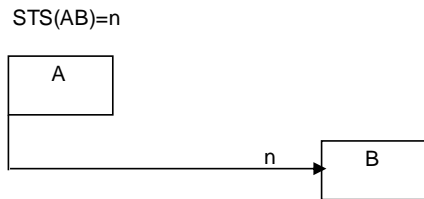
1) Legame fine - inizio



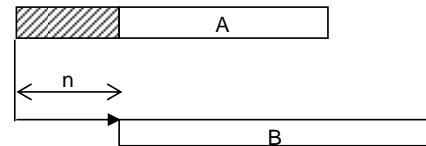
1) Legame fine - inizio:  $n > 0$



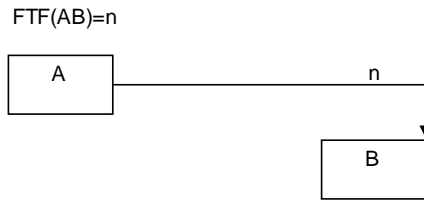
2) Legame inizio - inizio



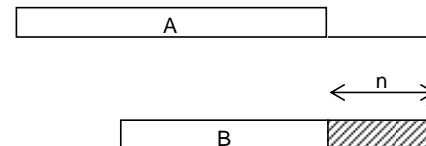
2) Legame inizio - inizio



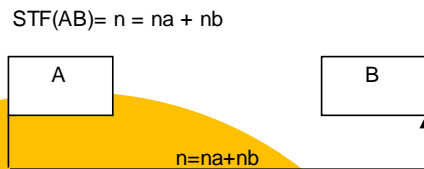
3) Legame fine-fine



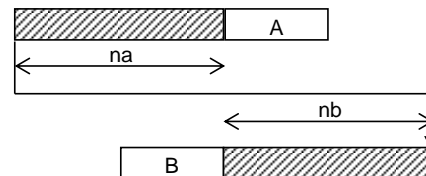
3) Legame fine-fine



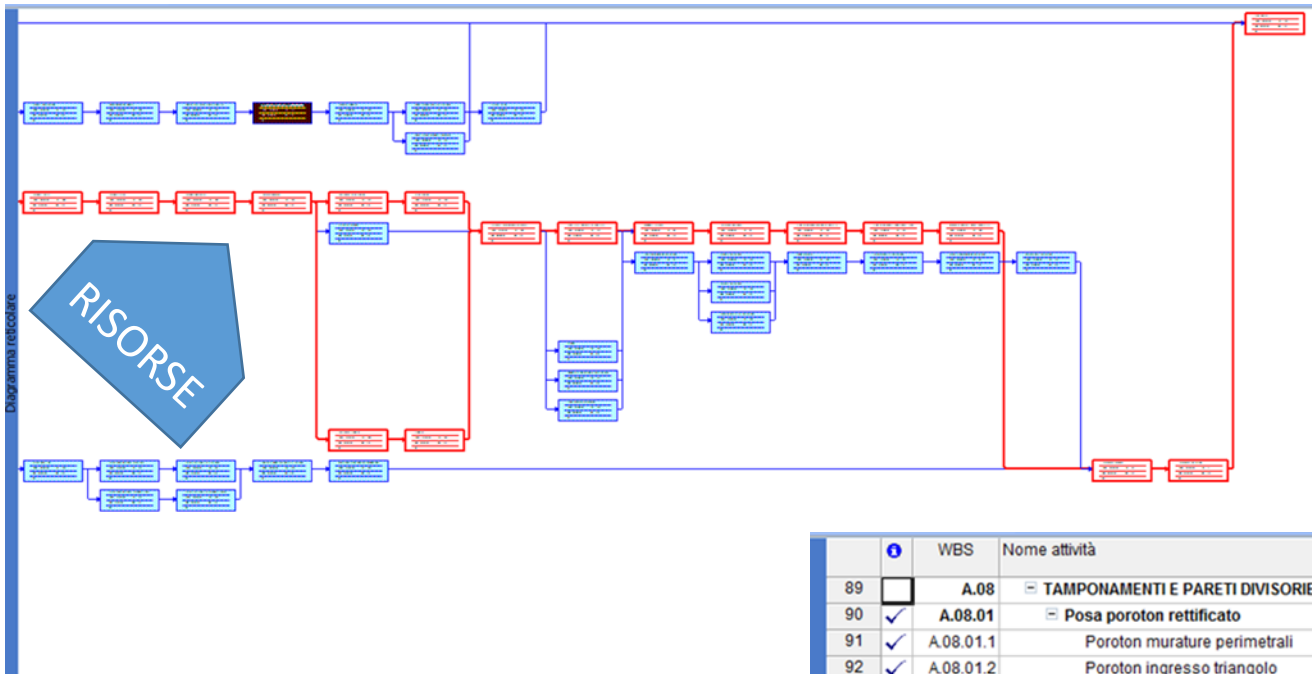
4) Legame inizio - fine



4) Legame inizio - fine



- IL DIAGRAMMA RETICOLARE È **UNA MAPPA TOPOLOGICA DI ATTIVITÀ DISCRETE (I NODI) COLLEGATE DA RELAZIONI LOGICHE E CRONOLOGICHE (LE FRECCE).**
- **OGNI ATTIVITÀ È CONSIDERATA LIBERA DI MUOVERSI NEL TEMPO SE MANTIENE LE SUE RELAZIONI LOGICHE CON I SUOI PREDECESSORI E SUCCESSORI.**
- SI TRATTA DI UN MODELLO CHE SI ADATTA MOLTO BENE AD UN PROGETTO IN CUI LE ATTIVITÀ SONO **COMPLETAMENTE DISCRETE E NON HANNO ALTRI LEGAMI STRUTTURALI CON ALTRE ATTIVITÀ (AD ESEMPIO IL FLUSSO DEL LAVORO DELLE SINGOLE SQUADRE).**
- SI TRATTA DI UN **MODELLO BASATO SULLE ATTIVITÀ** IN QUANTO IL CONCETTO ALLA BASE DELLA MODELLAZIONE È CHE IL PROCESSO COSTRUTTIVO, LA COSTRUZIONE, POSSA ESSERE MODELLIZZATA SEMPLICEMENTE CON PACCHETTI DISCRETI, UNICI, DI ATTIVITÀ (DETTI WORK PACKAGES) E CON LE LORO RELAZIONI LOGICHE.
- IL MODELLO SI CONCENTRA SULLA SINGOLA ATTIVITÀ, INTESA COME MINIMO ELEMENTO BASE DI DATI DEL PROGETTO, E LA LOGICA RETICOLARE SI COSTRUISCE COLLEGANDO LE ATTIVITÀ CON LE RELAZIONI LOGICO/CRONOLOGICHE DI FINE – INIZIO (FINISH TO START) NEL PDM SEMPLICE E ANCHE DI INIZIO – INIZIO, FINE – FINE E INIZIO – FINE (START TO START, FINISH TO FINISH, START TO FINISH) NEL PDM GENERALIZZATO.



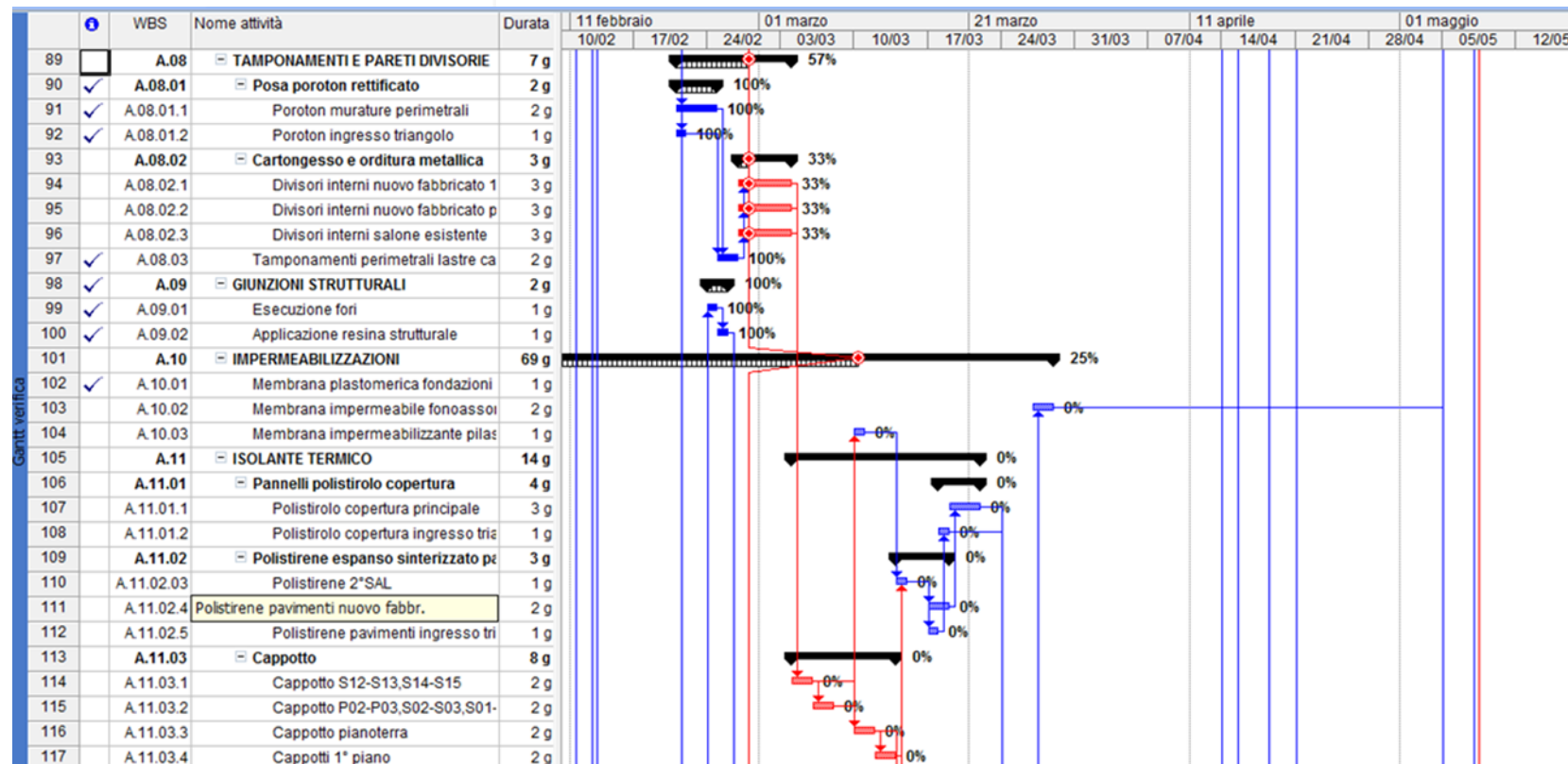
ESEMPIO DI FRAGNET / ELEMENTO DI RETICOLO (MS-PROJECT)

- **MANAGEMENT BY EXCEPTION**

ESEMPIO DI CONTROL BARCHART

SOFTWARE:

- MS PROJECT
- PROJECT LIBRE
- PRIMAVERA PROJECT PLANNER



# EMPIRE STATE BUILDING

- **CONTRACT SIGNED 1929**
- **PROJECT COMPLETION 1931**
- **103 PIANI**
- **381 METRI ALTEZZA**

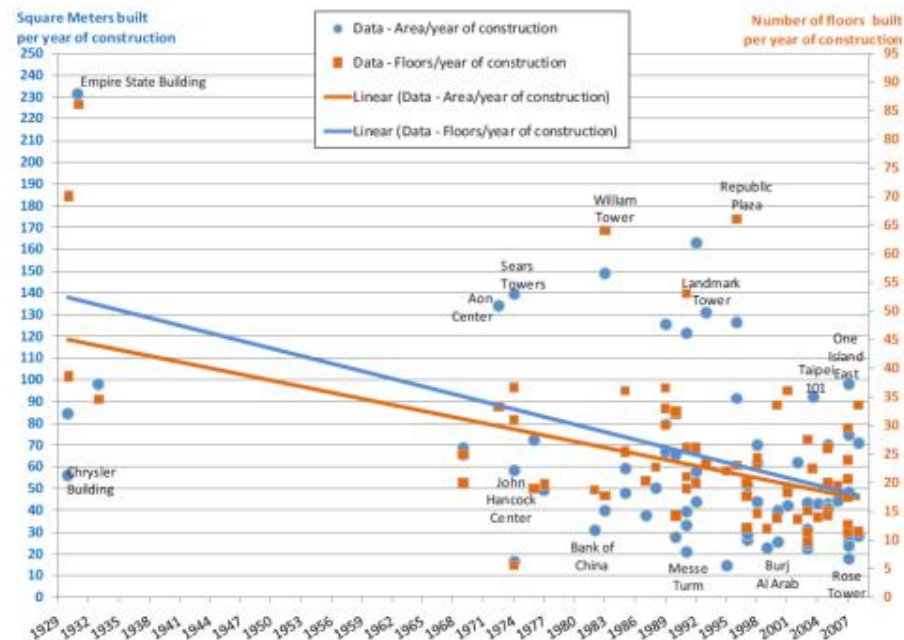


Fig. 1. Construction rates for the world's 100 tallest buildings built between 1929 and 2008 (Partouche 2009). Data sources: Emporis Standard Committee (Emporis 2009) and SkyscraperPage (SkyscraperPage 2008).













*LA COSTRUZIONE DELL'EMPIRE STATE BUILDING  
(THE BUILDING OF THE EMPIRE STATE C. WILLIS).*



LA COSTRUZIONE DEL ROCKFELLER CENTRE (1930)

# EMPIRE STATE BUILDING

- *IL PROGETTO DELLE STRUTTURE ERA AI LIMITI DEL POSSIBILE*
- *IL CANTIERE DURO' 13 MESI*
- *SONO STATI IMPIEGATI ANCHE 3400 OPERAI CONTEMPORANEAMENTE*
- *SI RIUSCIVANO A COSTRUIRE ANCHE 5 PIANI ALLA SETTIMANE.*
- *LE TRAVI DI ACCIAIO DI 74 TONNELLATE ERANO FABBRICATE A PITTSBURGH, TRASPORTATE SU TRENO E TRAGHETTATE SU PONTONI ATTRAVERSO IL FIUME HUDSON, CONSEGNATE IN CANTIERE CON L'AUTOCARRO, IN 18 ORE.*
- *ARRIVAVANO IN CANTIERE ANCORA CALDE*
- *NESSUNA MISURA DI SICUREZZA*
- *CINQUE/SEI MORTI*
- *LA SQUADRA DI QUATTRO PERSONE FISSAVA LA CARPENTERIA METALLICA CON RIVETTI ARROVENTATI SU UN BRACIERE E RIBATTUTI A MANO*
- *IL CHIEDO VENIVA SCALDATO AL CALOR ROSSO POI LANCIATO DALL'ADDETTO AL BRACIERE AL MONTATORE CHE LO PRENDEVA AL VOLO CON UNA SPECIE DI IMBUTO METALLICO, LO INSERIVA E LO FISSAVA CON BATTITURA*



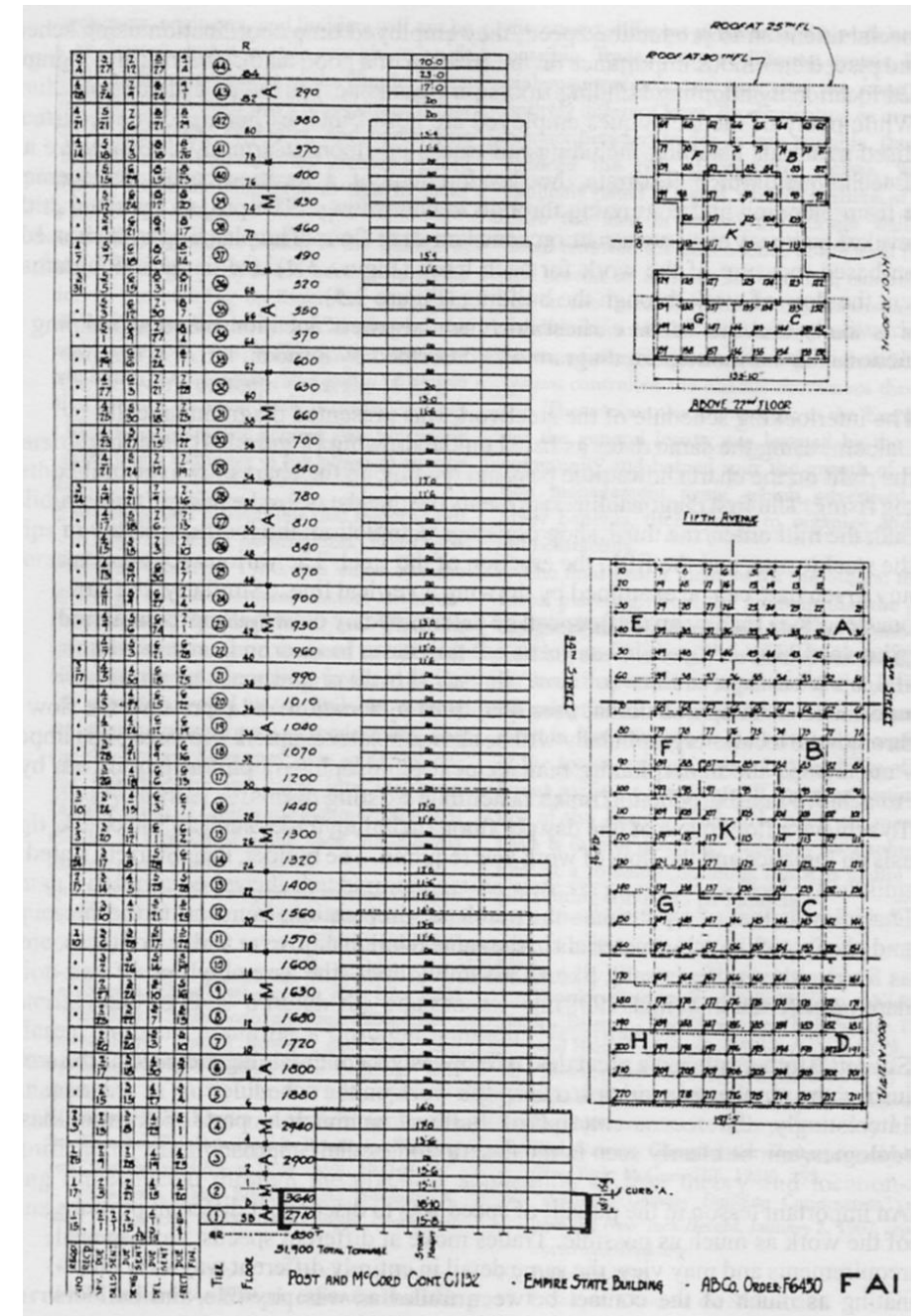
# EMPIRE STATE BUILDING

Programma Location-Based della posa della carpenteria metallica della struttura dell'Empire State Building con quantità di acciaio da posare e date di controllo per livello e zona dell'edificio.

Location Breakdown Structure – zone di lavoro

Le attività programmate con le date sono:

- informazioni e disegni degli architetti;
- ordini allo stabilimento;
- dettagli costruttivi
- consegna dell'acciaio
- posa dell'acciaio

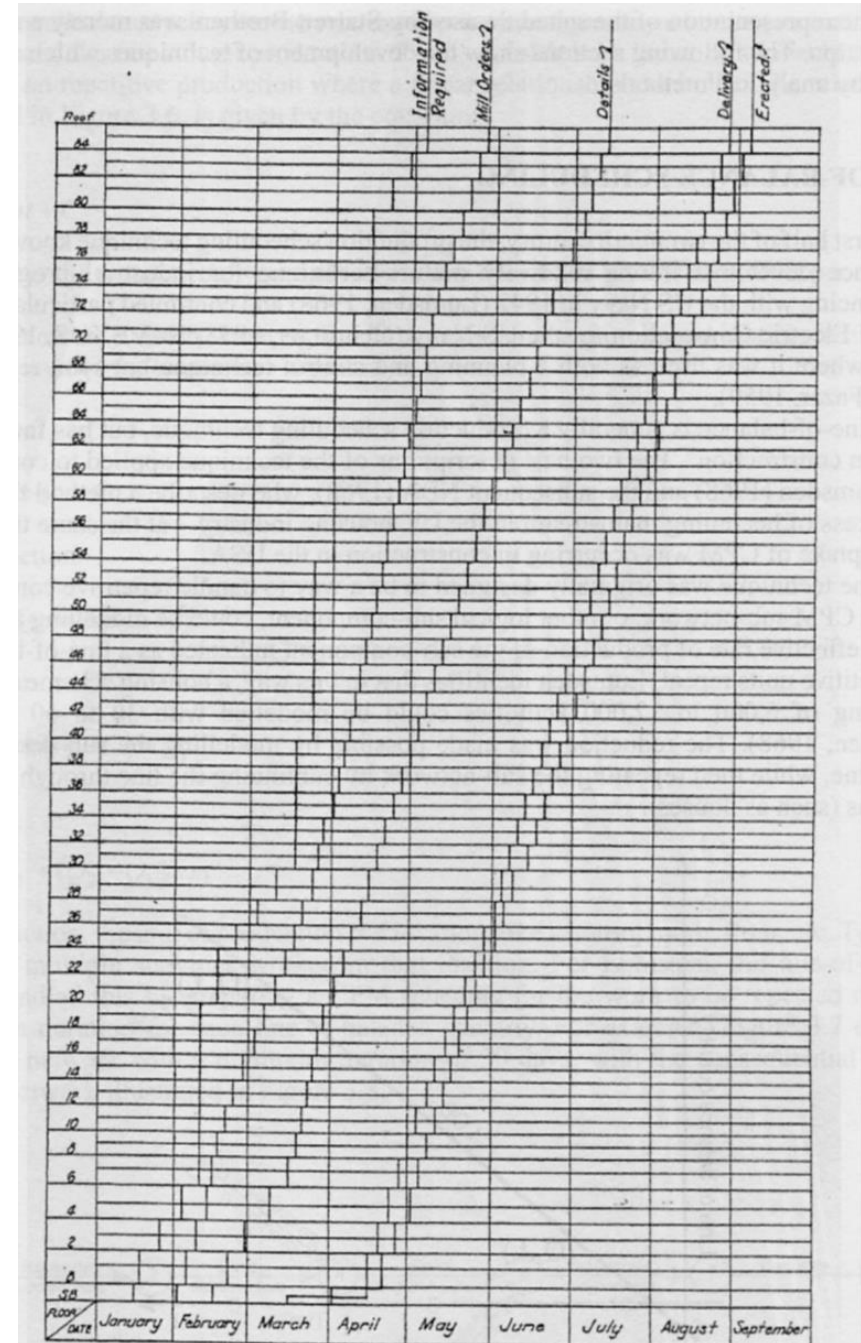




# EMPIRE STATE BUILDING

Programma Location-Based per il progetto e l'installazione dell'acciaio per livelli nell'Empire State Building. Le attività programmate flowline sono:

- informazioni e disegni degli architetti;
- ordini allo stabilimento;
- dettagli costruttivi
- consegna dell'acciaio
- posa dell'acciaio





# LOCATION – BASED MANAGEMENT SYSTEM (LBMS)

- SI TRATTA DI UNA METODOLOGIA GESTIONALE PARTICOLARMENTE ADATTA A LAVORI RIPETITIVI
- SI SCOMPONGONO LE ATTIVITA' COSTRUTTIVE IN UNA SERIE DI ATTIVITA' REALIZZATE DALLA STESSA SQUADRA CHE SI RIPETONO NELLE DIVERSE UNITA' SPAZIALI
- IN REALTA' **SI FOCALIZZA PIU' SUL MOVIMENTO DELLE RISORSE, SQUADRE OPERATIVE, ATTRAVERSO UNITA' SPAZIALI O «LOCATIONS»**
- LINE OF BALANCE (LOB) (LUMSDEN 1961).
- REPCON (RUSSELL, 1998). Individua una famiglia di tipologie di attività in funzione della pianificazione
- REPETITIVE SCHEDULING METHOD (RSM) (IOANNOU AND HARRIS, 1998)
- LBMS (KENLEY AND SEPPANEN, 2010). I compiti di lavoro o le attività, sono rappresentate come linee, *flow-line*.

# Location- Based Management System

**LA METODOLOGIA DI PROGRAMMAZIONE BASATA SULLA GESTIONE DELLE LOCALIZZAZIONI È UNA METODOLOGIA ALTERNATIVA DI PROGRAMMAZIONE CHE SI BASA SULLA DEFINIZIONE DEL FLUSSO DEL LAVORO DELLE SQUADRE SULLE VARIE ATTIVITÀ COSTRUTTIVE.**

SI TRATTA DI TECNICHE INIZIALMENTE SOLO GRAFICHE, BASATE SUI

- **DIAGRAMMI SPAZIO – TEMPO**

SONO DISPONIBILI APPLICATIVI INFORMATICI (TRIMBLE):

- VICO CONTROL
- TILOS
- CHE SONO DOTATI DI VISTA GANTT E PDM

PER LE **OPERE PUNTUALI - EDIFICI** - SI TRATTA NORMALMENTE DI GRAFICI CHE RIPORTANO:

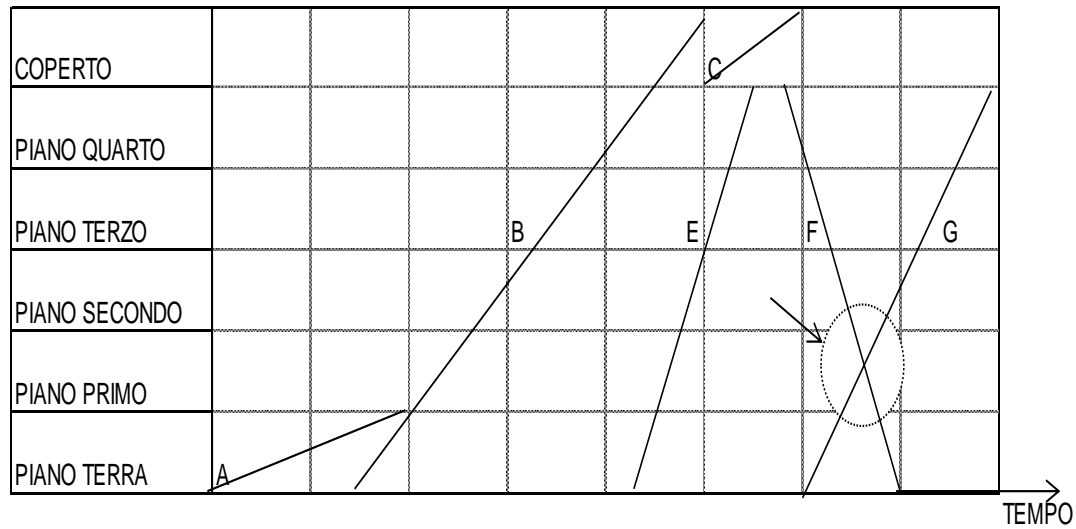
- IN ORDINATA LO SPAZIO, AD ESEMPIO I VARI PIANI DELL'EDIFICIO,
- IN ASCISSA IL TEMPO DI ESECUZIONE

PER **OPERE A RETE** (INFRASTRUTTURALI), SI INDICA:

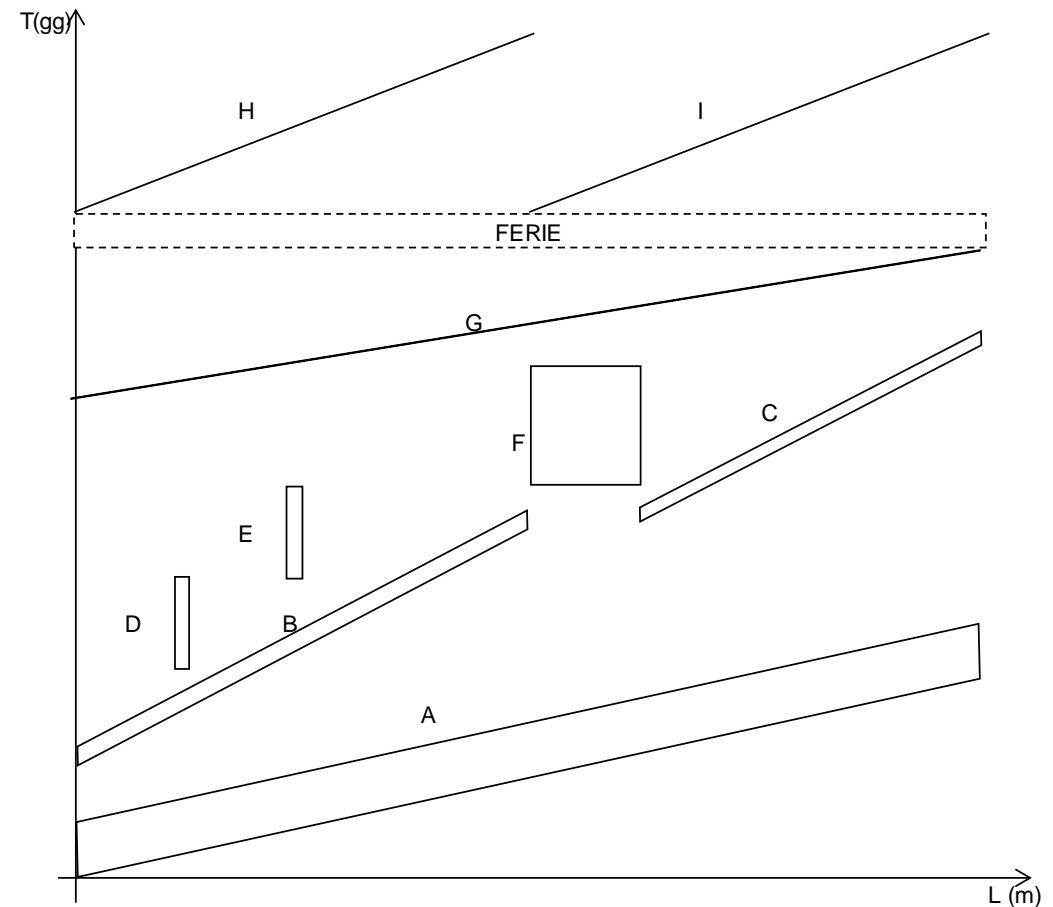
- IN ORDINATA IL TEMPO DI ESECUZIONE
- IN ASCISSA LO SPAZIO, NORMALMENTE DESUNTO DAL PROFILO LONGITUDINALE DELL'OPERA (ES. STRADA).
- NEL SISTEMA DI RIFERIMENTO SI TRACCIANO LE VARIE **ATTIVITÀ LAVORATIVE, RAPPRESENTATE DA LINEE DI DIVERSA PENDENZA IN RELAZIONE AI TASSI DI PRODUZIONE SVILUPPATI, O DA FIGURE GEOMETRICHE.**
- I DIAGRAMMI SPAZIO TEMPO SONO UTILI PER EVIDENZIARE EVENTUALI SITUAZIONI DI INTERFERENZA TRA ATTIVITÀ CHE SI SVOLGONO IN UNO STESSO AMBITO SPAZIALE.

# DIAGRAMMI SPAZIO / TEMPO - FLOWLINES

- OPERE PUNTUALI:



- OPERE A RETE:



# LOCATION – BASED PLANNING

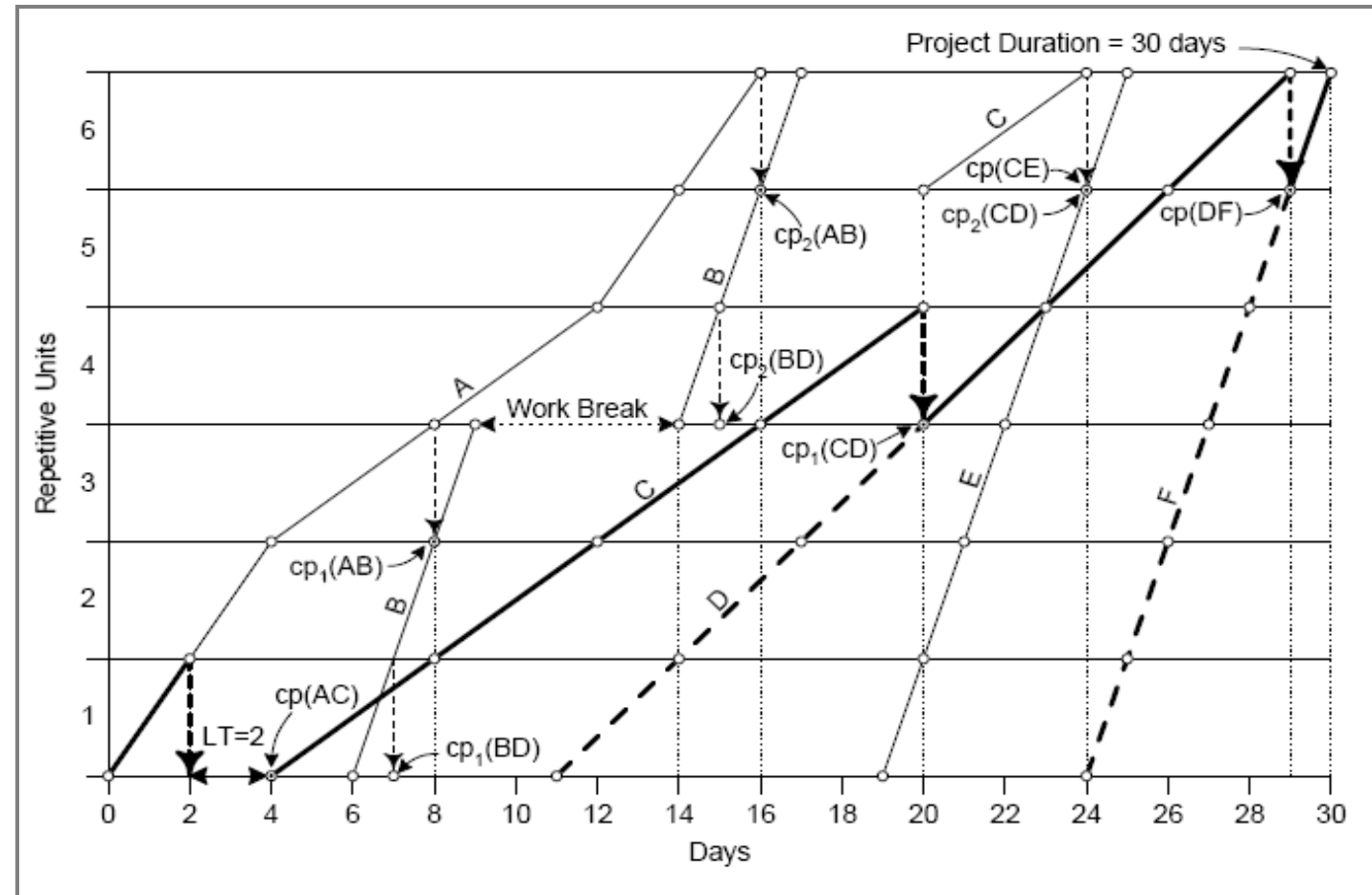
## DIAGRAMMA SPAZIO TEMPO PER UN PROGETTO DI SEI UNITA'

- **LOGICA ORIZZONTALE:**  
lega le diverse attività su uno stesso piano

- **LOGICA VERTICALE:** lega le attività svolte su diversi piani

- **ATTIVITA' RIPETITIVE (TASK)**

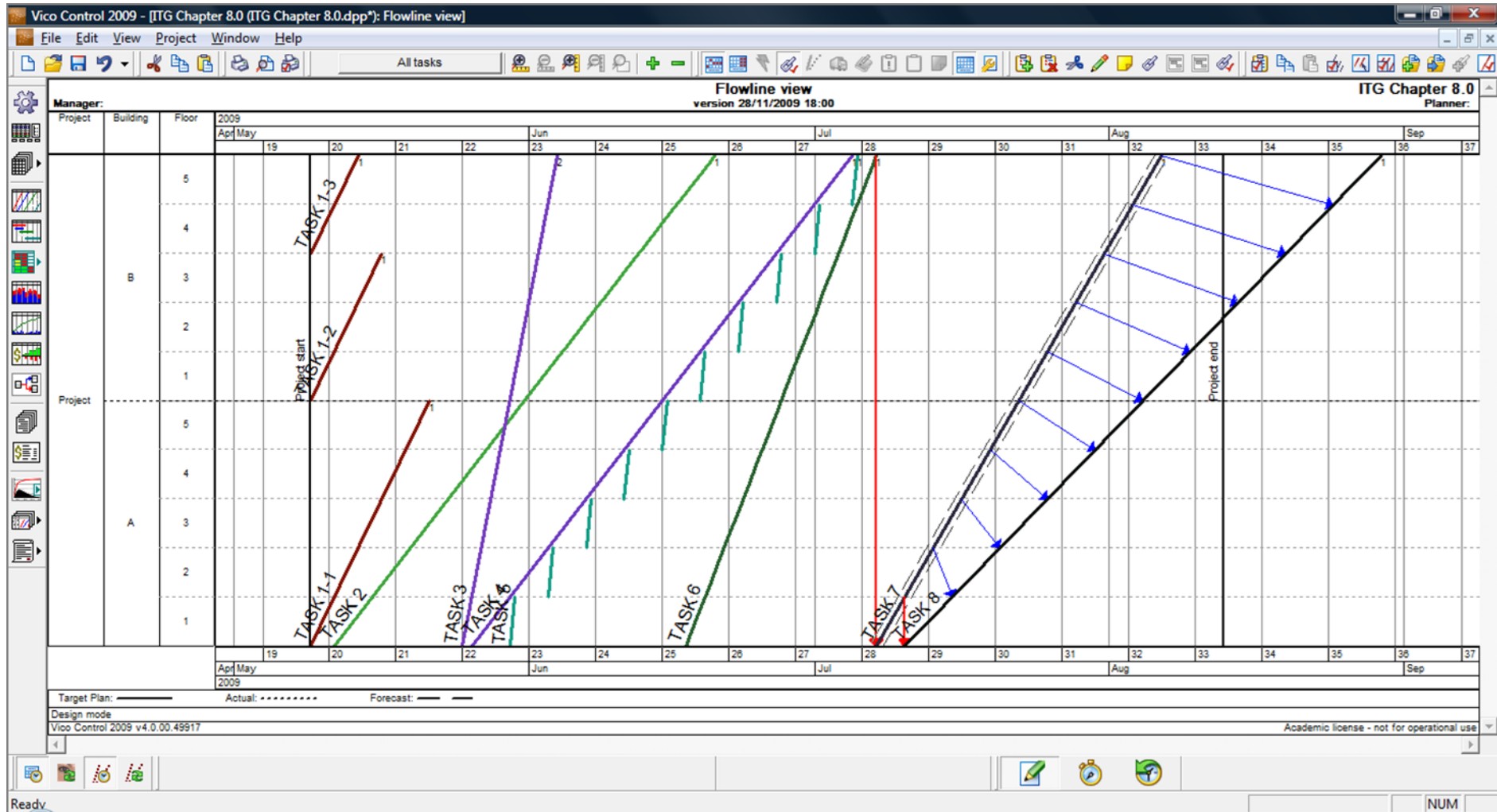
- **TASSO DI PRODUZIONE**



(RSM Harris, 98)

# LOCATION – BASED PLANNING

VICO  
CONTROL





# LOCATION – BASED PLANNING (LBS)

CONSENTE DI:

- LOCALIZZARE LE SQUADRE E IL LORO MOVIMENTO
- TRACCIARE IL FLUSSO DEL LAVORO (CONTINUITA', INTERRUZIONI, PASSO)
- VISUALIZZARE LA PRODUTTIVITA' DELLE SQUADRE
- **INDIVIDUARE PIU' FACILMENTE LE SOVRAPPOSIZIONI E INTERFERENZE**
- CONSIDERA VANTAGGIOSO SCOMPORRE IL PROGETTO IN SINGOLE LOCALIZZAZIONI E CONTROLLARE IL FLUSSO DEL LAVORO TRA LE LOCALIZZAZIONI
- LOCATION: UNITA' SPAZIALE CHE FORNISCE INFORMAZIONI E DATI SUL PROGETTO AD UNA SCALA CHE SIA SEMPLICE DA CONTROLLARE

# LA REGOLA DELLE "3S" PER LA PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI

- ELEMENTO BASE DELLA PROGRAMMAZIONE DELLA COSTRUZIONE E' LA CORRETTEZZA DEL MODELLO PRODUTTIVO CHE SIMULA LA COSTRUZIONE
- LA REGOLA DELLE 3 S SIGNIFICA:
  - ORIENTARE LA COSTRUZIONE ALLA SICUREZZA DEI LAVORATORI: **SICUREZZA**
  - FORNIRE LO SPAZIO NECESSARIO PER LE OPERAZIONI COSTRUTTIVE: **SPAZIO**
  - SEGUIRE LA CORRETTA SEQUENZA DELLE LAVORAZIONI: **STRUTTURA**
- **"STRUTTURA"**: LA CORRETTA DEFINIZIONE DELLE DIPENDENZE TRA LE ATTIVITA'
- **"SPAZIO"**: **REQUISITI SPAZIALI** PER LA SQUADRA, LE ATTREZZATURE E LE OPERE PROVVISORIALI
- **"SICUREZZA"**: **RICHIESTE DI CONTROLLARE LA PRESENZA DI PROBLEMI PER LA SICUREZZA A CAUSA DI ERRORI NELLA SEQUENZA DELLE ATTIVITA', E DI PERICOLI CREATI NELLE ALTRE UNITA' SPAZIALI**
- LA REGOLA DELLE 3S, ED IN PARTICOLARE "SICUREZZA" E "SPAZIO", RIGUARDA SOPRATTUTTO I CONFLITTI SPAZIO- TEMPORALI TRA LE ATTIVITA': LE INTERFERENZE

# INTERFERENZE TRA ATTIVITA' DEL CANTIERE

- SEI TIPI BASE DI SPAZIO NECESSARIO ALLE ATTIVITA':

- 1. COMPONENTE EDILIZIO**
- 2. AREA DI LAVORO SQUADRA**
- 3. ATTREZZATURE**
- 4. ZONE PERICOLOSE**
- 5. ZONE PROTETTE**
- 6. OPERE PROVVISORIALI**

- OGNI ATTIVITA' COSTRUTTIVA RICHIEDE ALMENO UNO DI QUESTI SPAZI
- POICHE' LE ATTIVITA' POSSONO ESSERE REALIZZATE IN CONTEMPORANEA, SI SVILUPPANO LE INTERFERENZE
- LE INTERFERENZE SONO CONFLITTI SPAZIO/TEMPORALI

# INTERFERENZE TRA ATTIVITA' DEL CANTIERE

- LE INTERFERENZE HANNO TRE CARATTERISTICHE:

1. ASPETTO TEMPORALE: SI SVILUPPANO SOLO IN CERTI PERIODI DI TEMPO
2. INTERFERENZE MULTIPLE TRA DUE O PIU' ATTIVITA', DOVUTE A INTERFERENZE DEI VARI TIPI DI SPAZIO DELLE ATTIVITA'

3. MOLTEPLICITA' DELLE INTERFERENZE:

1. RISCHIO PER LA SICUREZZA: ZONE PERICOLOSE SI SOVRAPPONGONO ALL'AREA DI LAVORO DELLA SQUADRA
2. CONGESTIONE: L'AREA DI LAVORO O L'ATTREZZATURA / OPERA PROVVISORIALE SI SOVRAPPONE CON L'AREA DI UN'ALTRA ATTIVITA'
3. CONFLITTO PROGETTUALE: TRE COMPONENTI EDILIZI
4. DANNEGGIAMENTO: QUANDO L'AREA DI LAVORO DELLA SQUADRA, DELL'ATTREZZATURA O DELLA ZONA PERICOLOSA, INTERFERISCE CON LO SPAZIO DI PROTEZIONE DI UN'ALTRA ATTIVITA'

# REGOLA DELLE 3S: APPLICAZIONE ESEMPLIFICATIVA

LO STRUMENTO MIGLIORE PER PROGRAMMARE UNA COSTRUZIONE CON LA METODOLOGIA LOCATION- BASED E'

- **DIAGRAMMA SPAZIO – TEMPO (FLOW-LINE / LINEAR SCHEDULING METHOD)**
- **INTEGRATA CON UN DIAGRAMMA RETICOLARE**

## APPLICAZIONE:

- RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE DI 4 PIANI F.T.
- LE ATTIVITA' SONO: PONTEGGI, RIQUALIFICAZIONE DELLA COPERTURA, ISOLAMENTO DI PARETE A CAPPOTTO, FINITURA E TINTEGGIATURA, SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI (table 1).

Activity list / Space Units	Scaffolding		Roof retrofitting		External wall insulation		Base coat & wall finish		Win-dow retrofit	
		Days		Days		Days		Days		Days
SP0 – Ground floor	A-0	2			C-0	2	D-0	1	E-0	1
SP1 – First floor	A-1	2			C-1	2	D-1	1	E-1	2
SP2 – Second floor	A-2	2			C-2	2	D-2	1	E-2	2
SP3 – Third Floor	A-3	2			C-3	2	D-3	1	E-3	2
SP4 – Roof	A-4	2	B-4	5						

# ESTRATTO DEL PROGRAMMA LAVORI PRIMA DELLA VERIFICA DELLE INTERFERENZE – REGOLA 3S

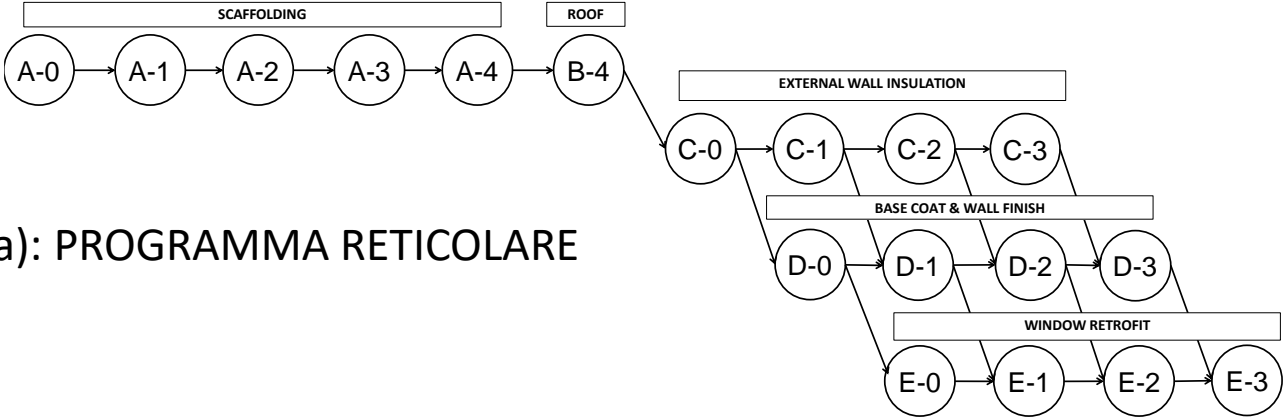


Fig. 1 a): PROGRAMMA RETICOLARE

*LA PRIMA VERSIONE DEL PROGRAMMA LAVORI PRESENTA CONFLITTI SPAZIO-TEMPORALI E RISCHI DA INTERFERENZA*

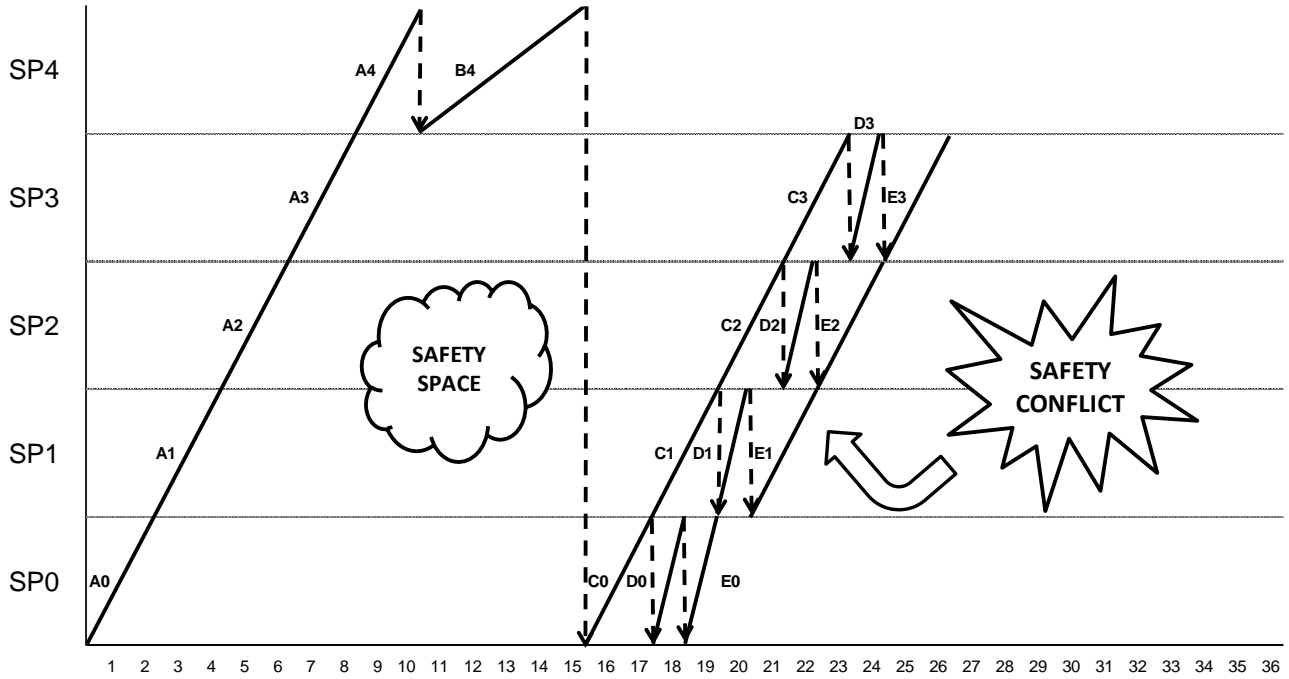


Fig. 1 b):  
DIAGRAMMA SPAZIO TEMPO

# ESTRATTO DEL PROGRAMMA LAVORI DOPO LA VERIFICA DELLE INTERFERENZE E LE AZIONI CORRETTIVE – REGOLA 3S

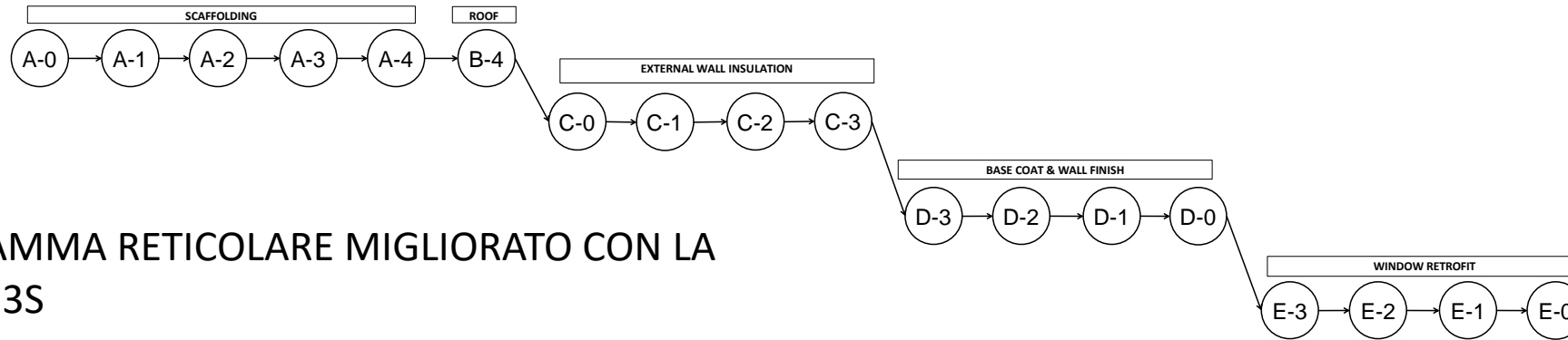
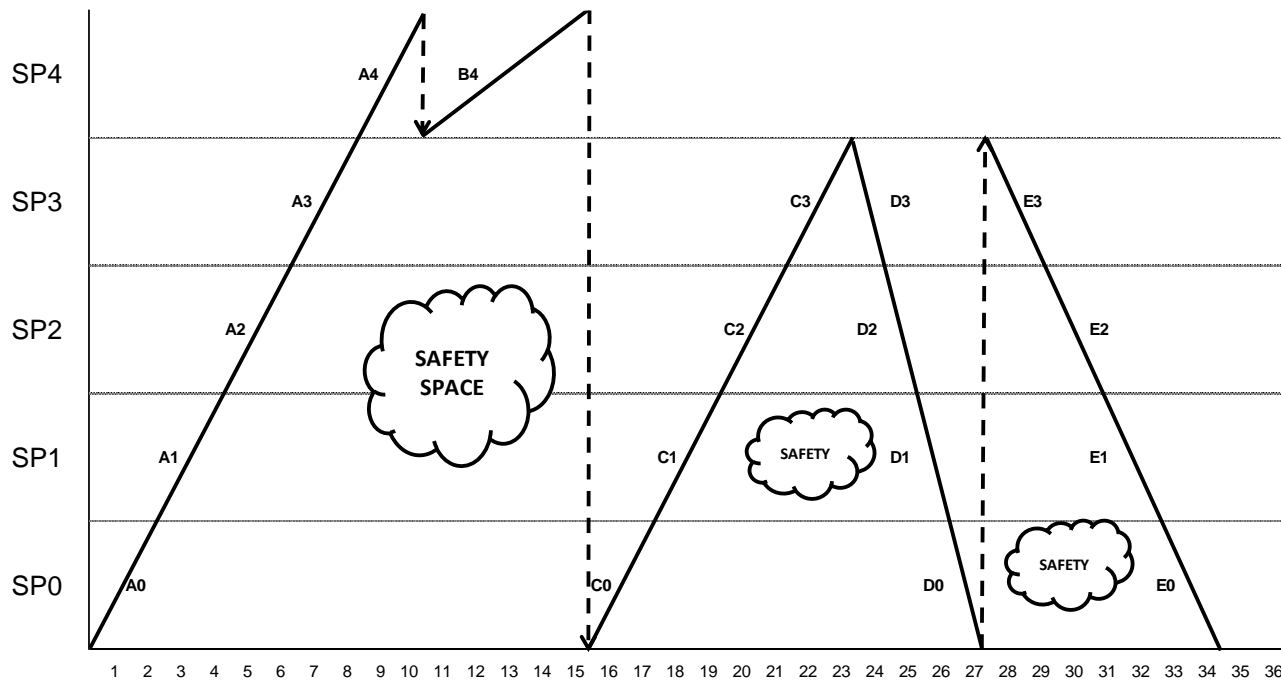


Fig. 2: DIAGRAMMA RETICOLARE MIGLIORATO CON LA REGOLA DELL 3S

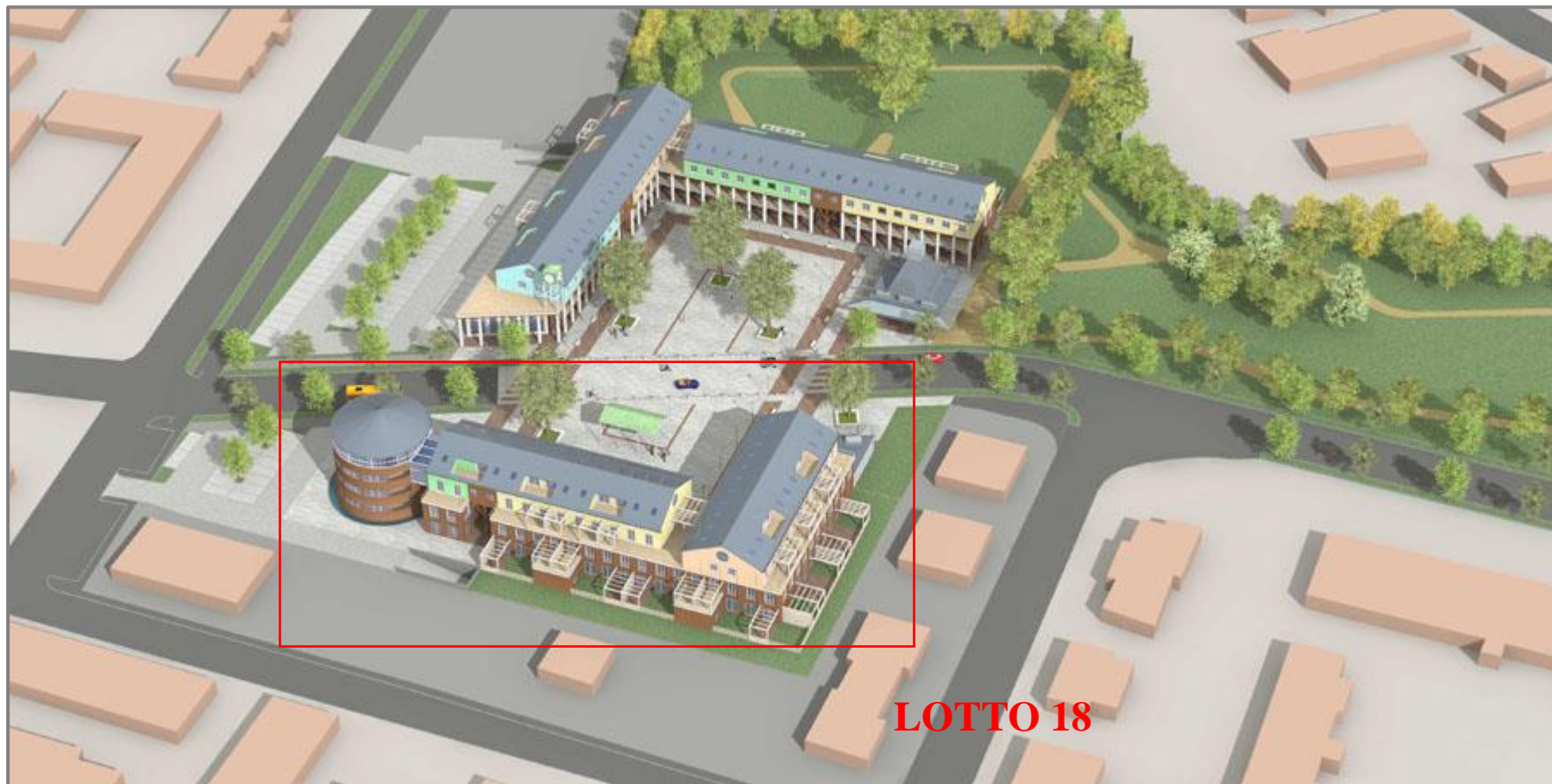


*IL PROGRAMMA LAVORI OTTIMIZZATO CON LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE. I CONFLITTI SPAZIO – TEMPORALI SONO STATI RISOLTI, MA LA DURATA DEI LAVORI E' AUMENTATA.*

Fig. 3: DIAGRAMMA SPAZIO TEMPO MIGLIORATO CON LA REGOLA DELLE 3S

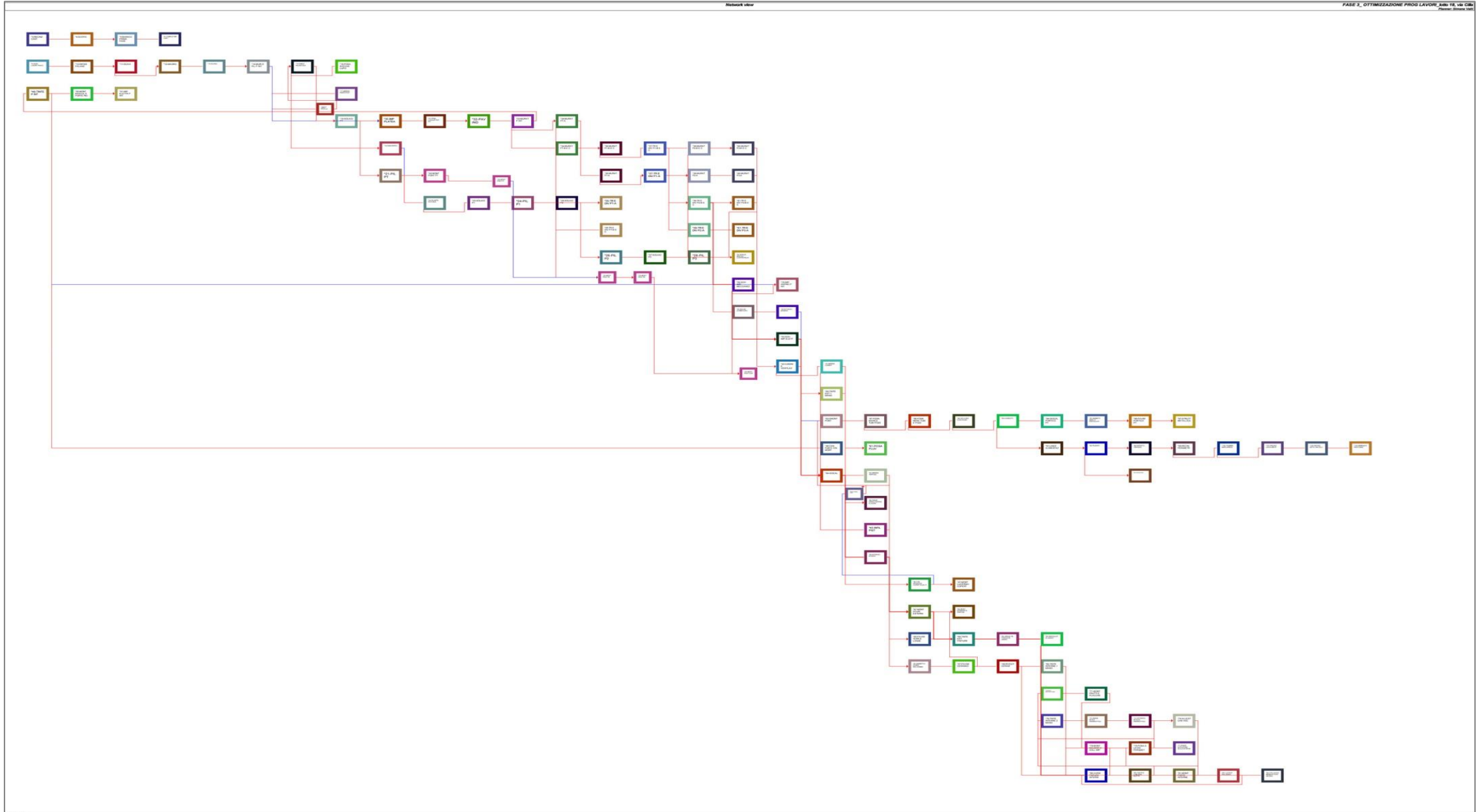


# UN CASO APPLICATIVO: CANTIERE RESIDENZIALE

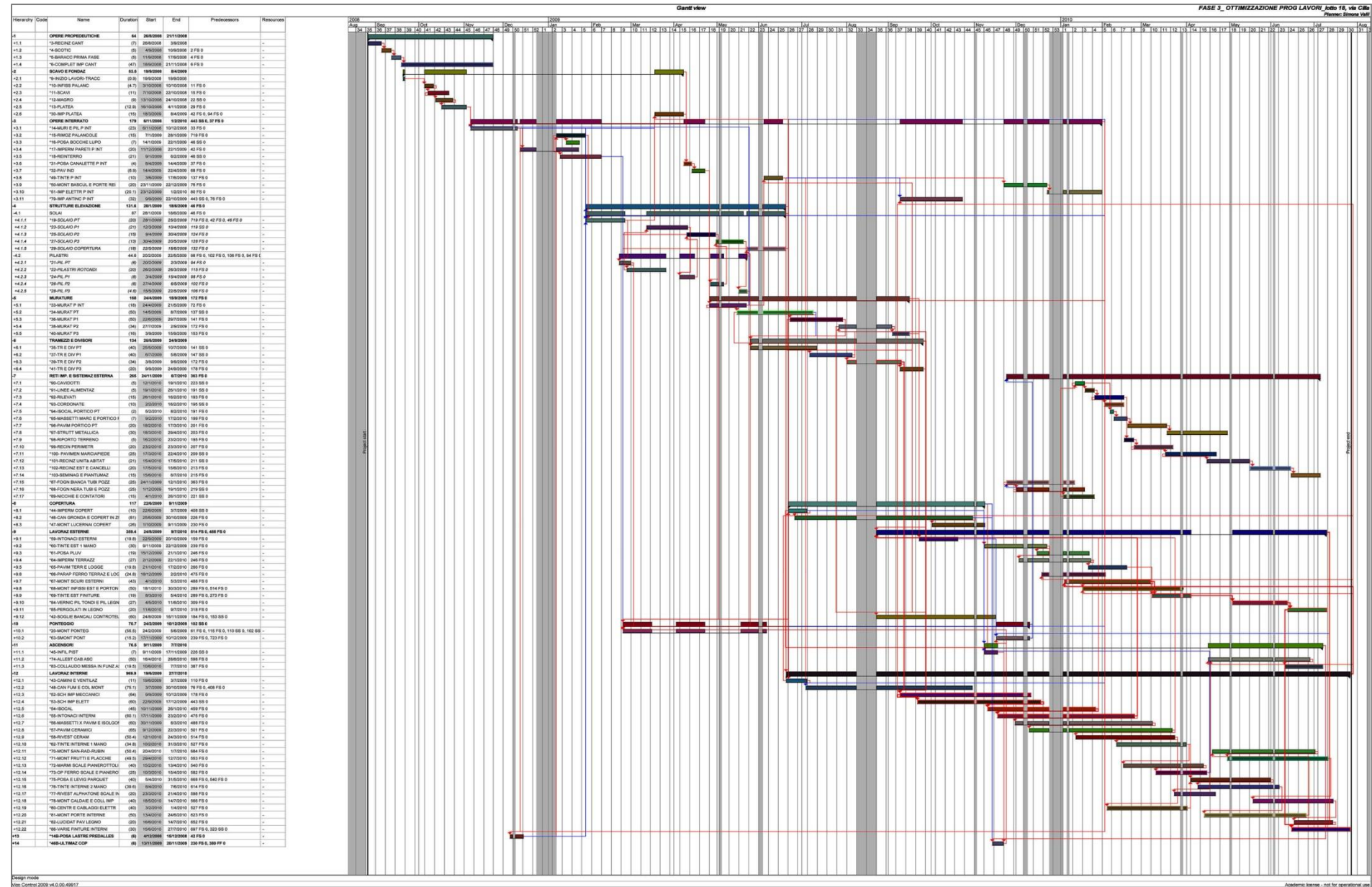


- *CASO DI STUDIO TRATTATO DA SIMONA VALLI PER LA TESI IN INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA – UNIVERSITA' DI BOLOGNA*
- *EDIFICIO MISTO RESIDENZIALE, COMMERCIALE E DIREZIONALE*

# MODALITÀ VISUALIZZAZIONE RETICOLO (VICO CONTROL)



# MODALITÀ VISUALIZZAZIONE CRONOGRAMMA DI GANTT

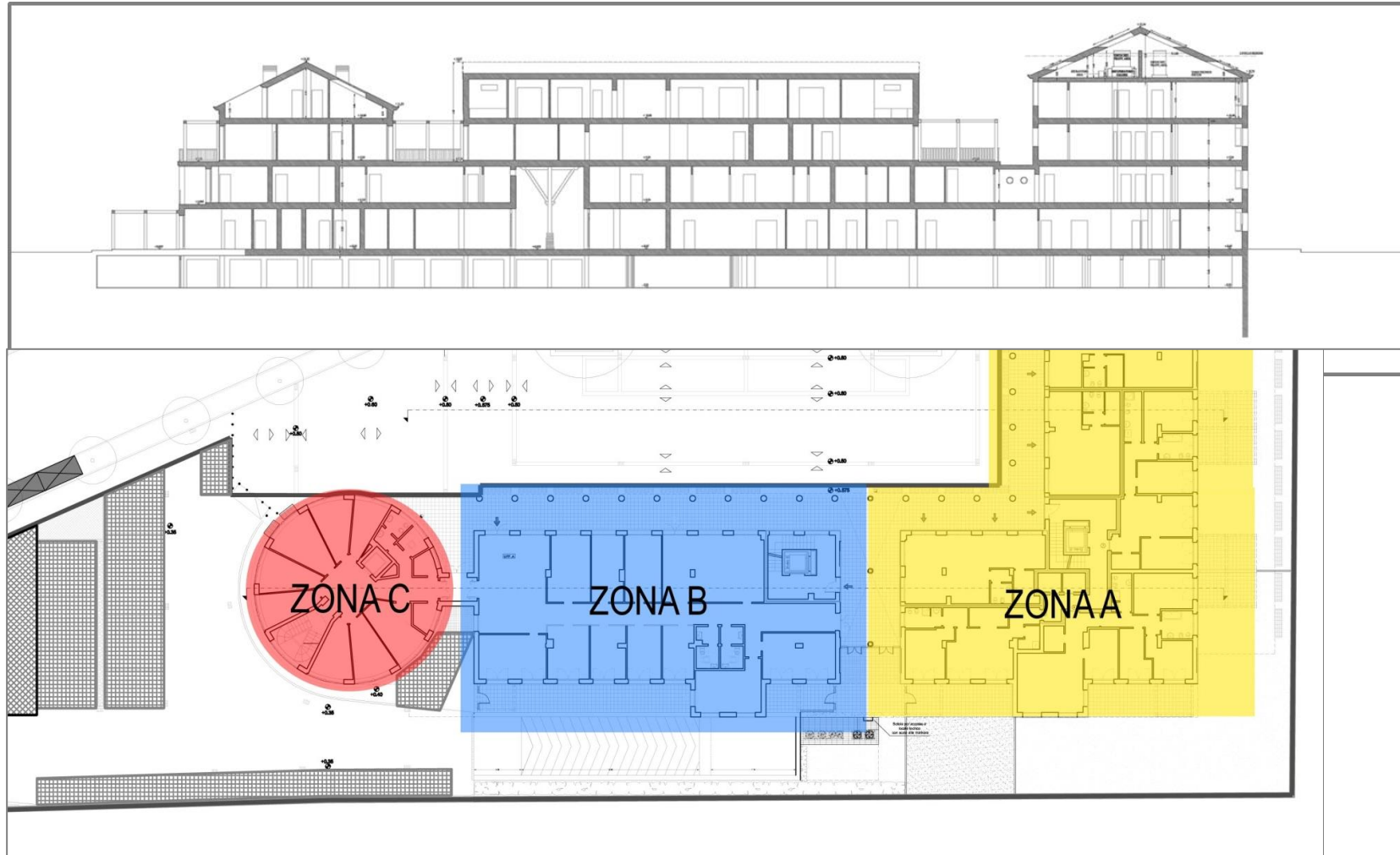




# SUDDIVISIONE IN UNITÀ SPAZIALI (LBS)

LOCATION – BASED  
STRUCTURE:

- LOTTO 18:
  - ZONA A
    - FONDAZIONI
    - P. INT
    - PT.
    - P1
    - P2
    - P3
    - COPERTURA
  - ZONA B
    - FONDAZIONI
    - P. INT
    - PT.
    - P1
    - P2
    - P3
    - COPERTURA
  - ZONA C
    - .....
  - AREA ESTERNA



# PLANNING PHASE: FLOWLINE VIEW



• LA LOGICA DEL PROGRAMMA ORIGINARIO MOSTRA SOVRAPPOSIZIONI E INCONGRUENZE NELL'IMPIEGO DELLE RISORSE.

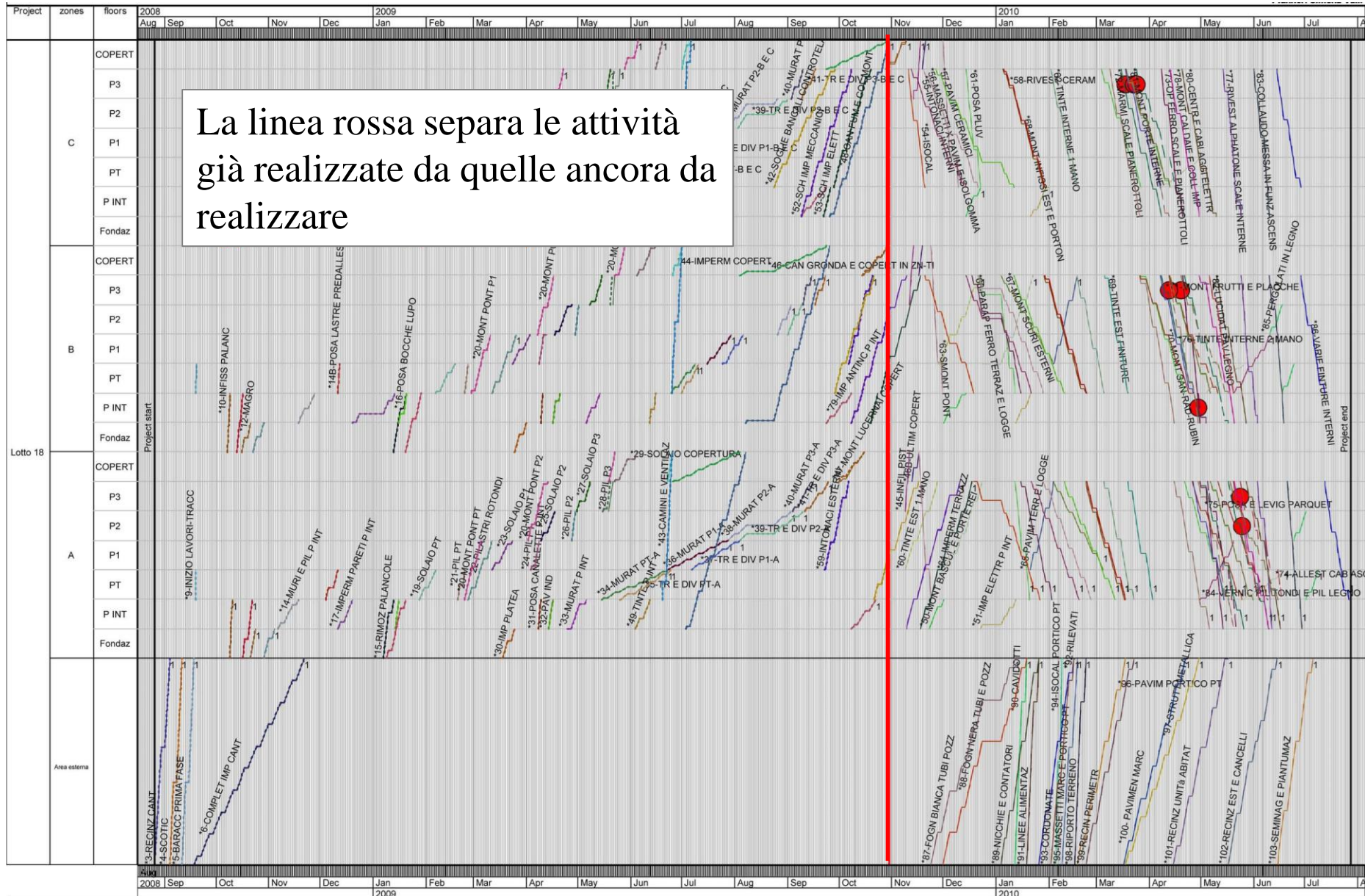


# PLANNING PHASE: FLOWLINE VIEW RIPROGRAMMATO



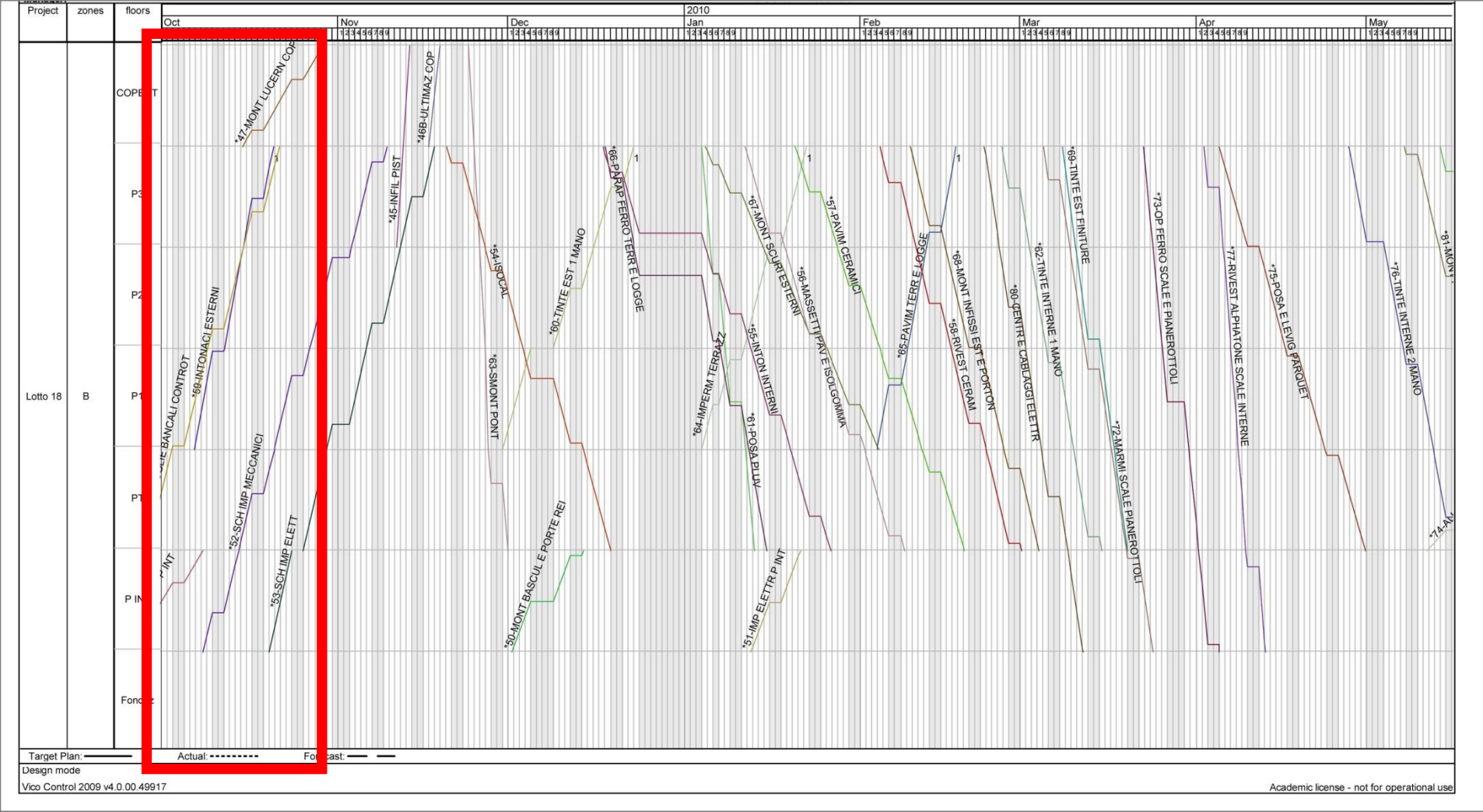
- AGGIORNAMENTO PROGRAMMA
- INSERIMENTO LOGICA CORRETTA TRA LE ATTIVITA' RIPETITIVE
- RIELABORAZIONE DEL PROGRAMMA CON LA LOGICA LOCATION-BASED

# CONTROL PHASE: FLOWLINE VIEW



La linea rossa separa le attività già realizzate da quelle ancora da realizzare

# INDIVIDUAZIONE E ANALISI DELLE INTEFERENZE RESIDUE





# LOCATION-BASED MANAGEMENT SYSTEM

- L'IMPIEGO DI DIAGRAMMI SPAZIO – TEMPO, INTEGRATI CON LA LOGICA RETICOLARE, PUO' ESSERE DI VALIDO AIUTO PER LA PROGRAMMAZIONE DEL CANTIERE, IN PARTICOLARE PER IL COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN CANTIERE
- SI TRATTA DI STRUMENTI CHE PERMETTONO LO STUDIO ACCURATO DELLE INTERFERENZE TRAMITE LA DEFINIZIONE DI UN MODELLO OPERATIVO DEL CANTIERE BASATO SULLE LOCALIZZAZIONI
- ***LA FRONTIERA SUCCESSIVA E' LA COMPLETA DIGITALIZZAZIONE DEL MODELLO DEL CANTIERE, IL BIM***

# BIM – Building Information Modelling e Project Control





# ***Building information Modelling***

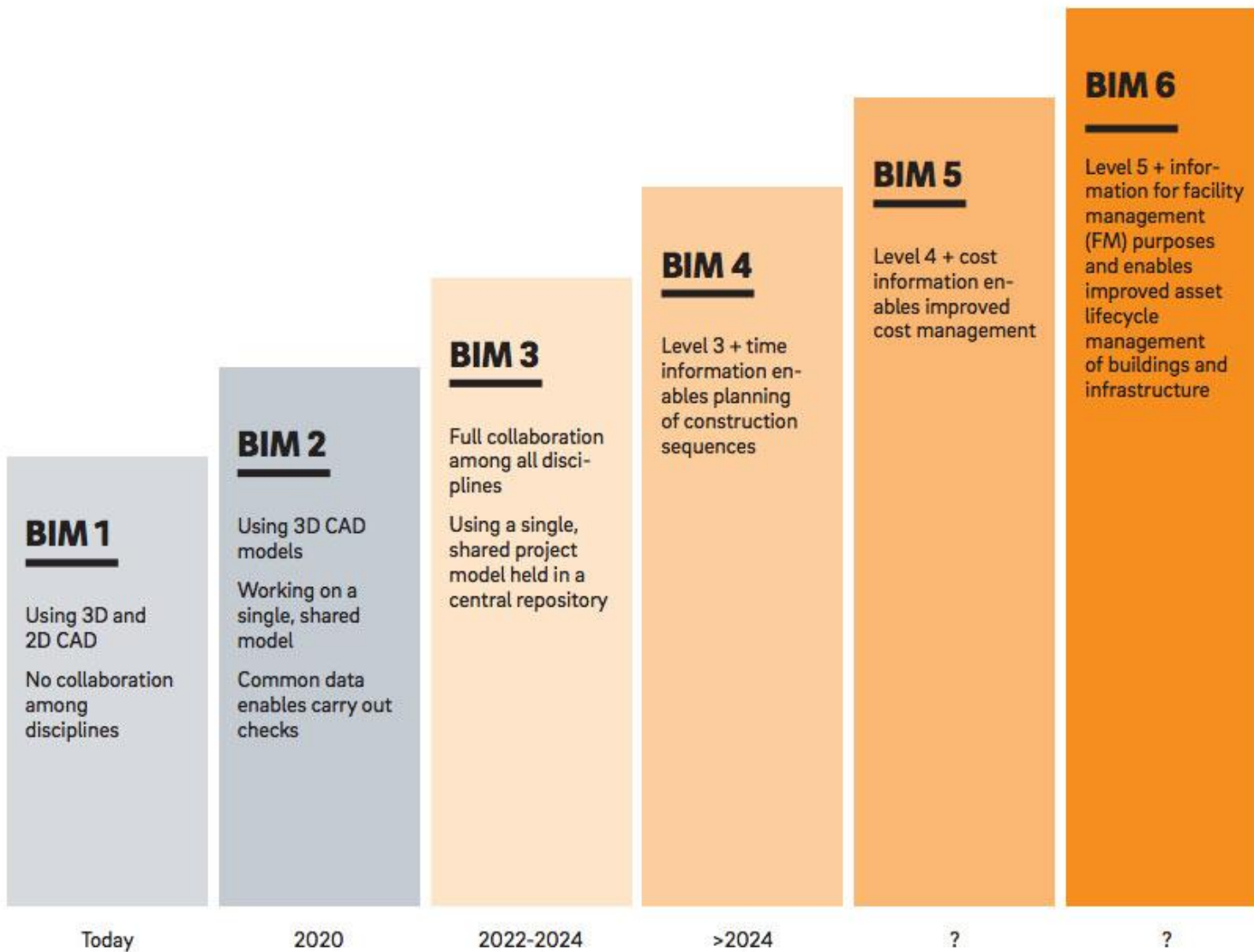
- ISO 29481-1:2016: building information modelling (**BIM**): use of a **shared digital representation of a built object** (including buildings, bridges, roads, process plants, etc.) to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions.

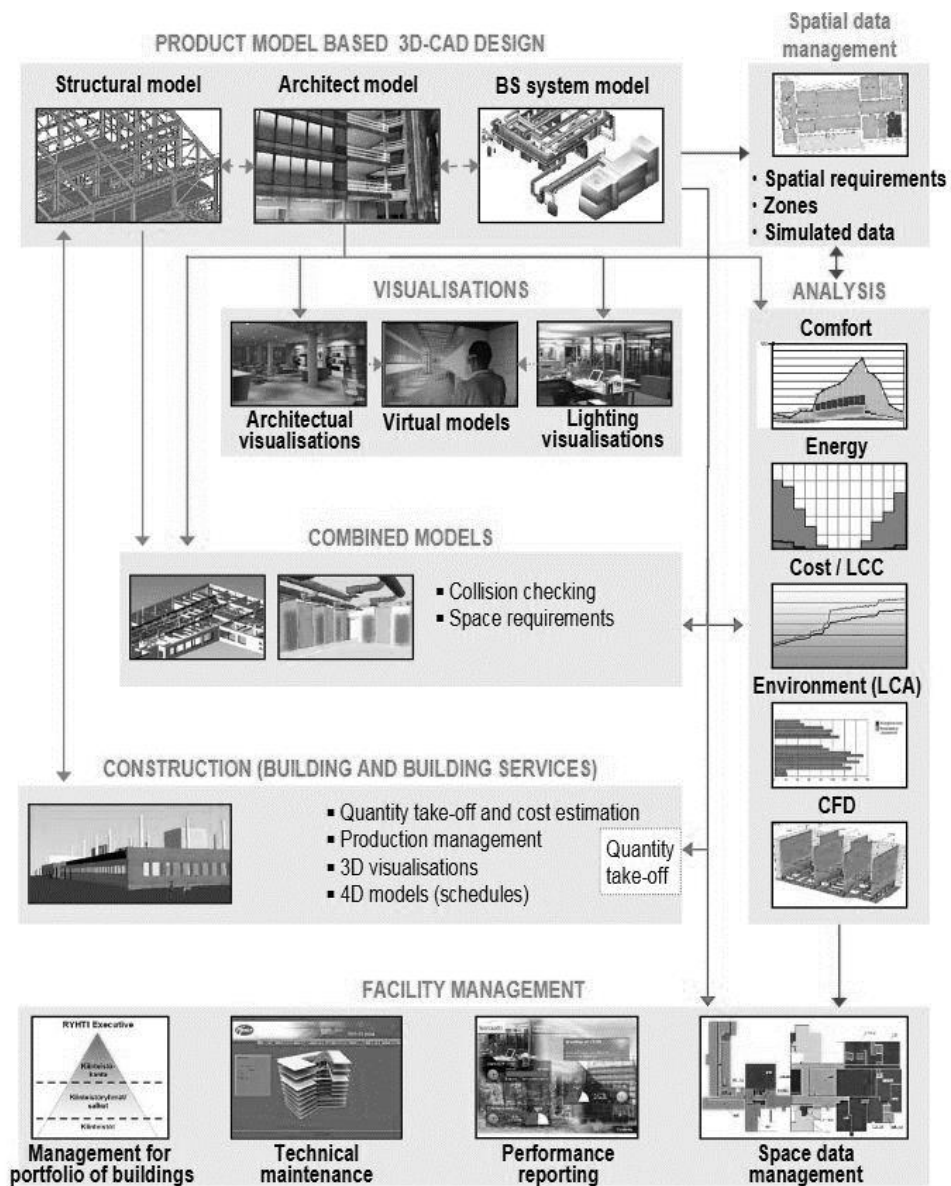
**BIM: process of managing information** related to the facilities and projects in order to coordinate multiple inputs and outputs, irrespective of specific implementations (ISO TS 12911).



***BIM IS A MODEL, A PROCESS AND A STRATEGY: A METHODOLOGY***

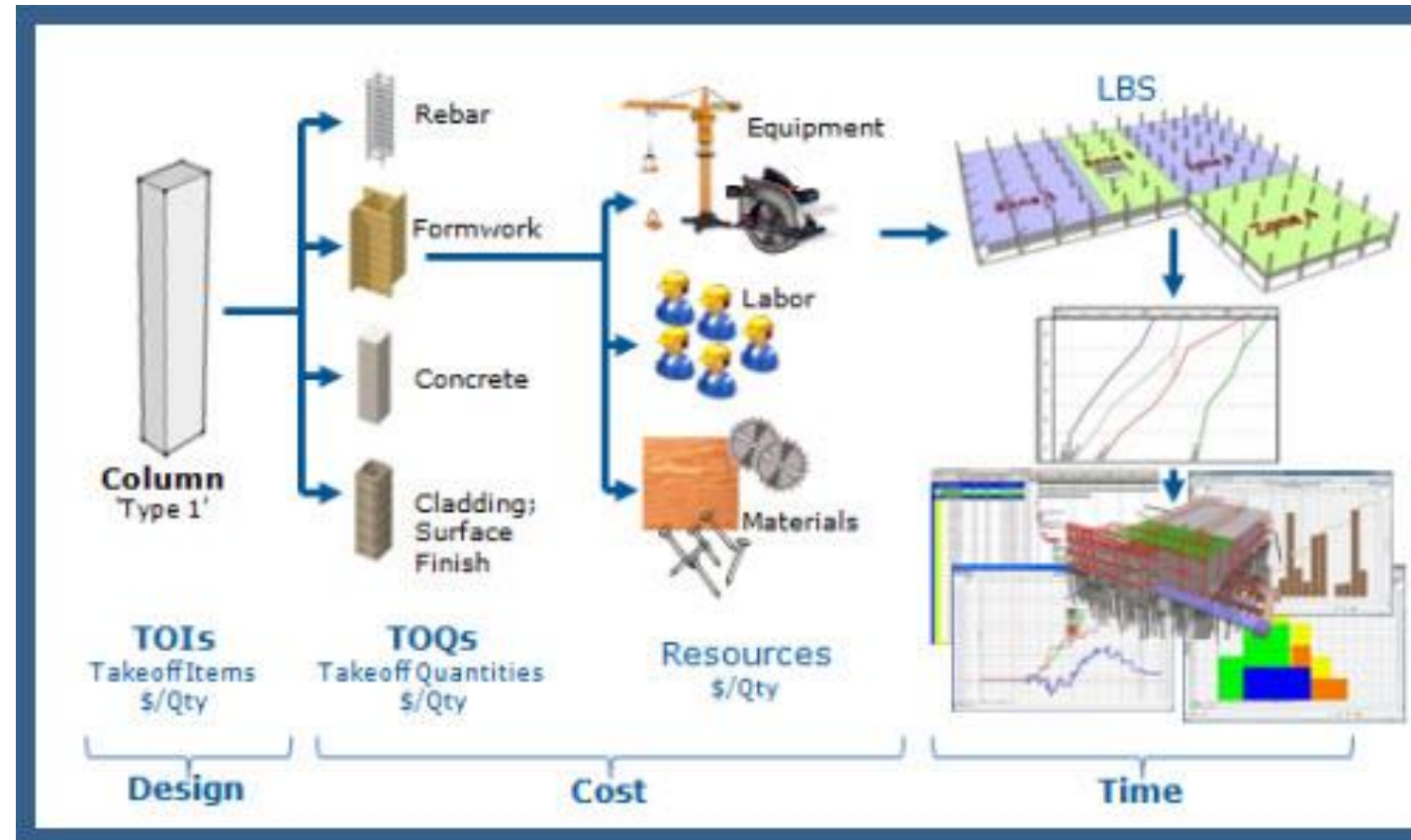
# Le dimensioni del BIM





# BIM – Building Information Modelling e Project Control

- Il BIM per la fase di costruzione







# **BIM 4 D e 5D – Building Information Modelling e Sicurezza: frontiere della digitalizzazione della costruzione**

- In attuazione della direttiva cantieri 92/57/EEC e del T.U. per la sicurezza sul lavoro, D.lgs. 81/08 e s.m.i. il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) e il Piano Operativo di Sicurezza (POS) contengono il **modello operativo preventivo del cantiere**.
- Nella prima riunione il Coordinatore della Sicurezza per l'Esecuzione illustra il Piano di Sicurezza e Coordinamento:
  - Contenuti e caratteristiche principali
  - Fasi di lavoro interferenti e misure preventive
  - Soluzioni progettuali significative per mitigare i rischi.
- Tecniche di visualizzazione delle fasi di cantiere, 3D e 4D rendono l'informazione più comprensibile e non equivocabile.
- Immagini fotorealistiche e video coinvolgono direttamente gli operatori, superando anche eventuali barriere linguistiche. Non è BIM ma è già vantaggio



# LAYOUT TRIDIMENSIONALE



# BIM – Building Information Modelling e Costruzione



- *DA:  
ANDREOTTI  
M. CHENDI V.  
BOSCHI R.  
2022 CORSO  
DI CANTIERI E  
PRODUZIONE  
EDILIZIA  
UNIBO*

# BIM – Building Information Modelling e Costruzione



- DA:  
ANDREOTTI  
M. CHENDI V.  
BOSCHI R.  
2022 CORSO  
DI CANTIERI E  
PRODUZIONE  
EDILIZIA  
UNIBO

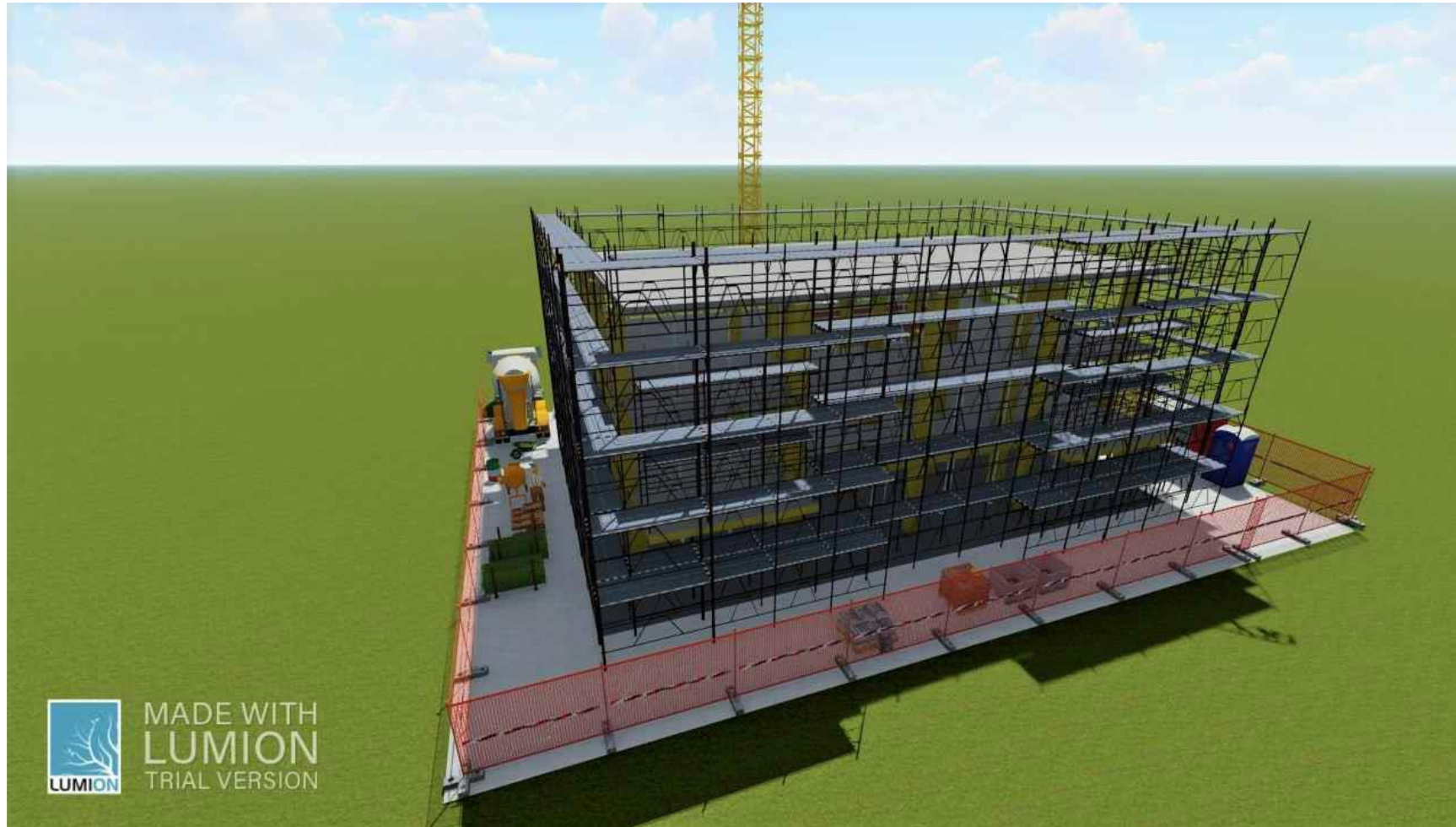


# BIM – Building Information Modelling e Costruzione



- *DA:  
ANDREOTTI  
M. CHENDI V.  
BOSCHI R.  
2022 CORSO  
DI CANTIERI E  
PRODUZIONE  
EDILIZIA  
UNIBO*

# BIM – Building Information Modelling e Costruzione

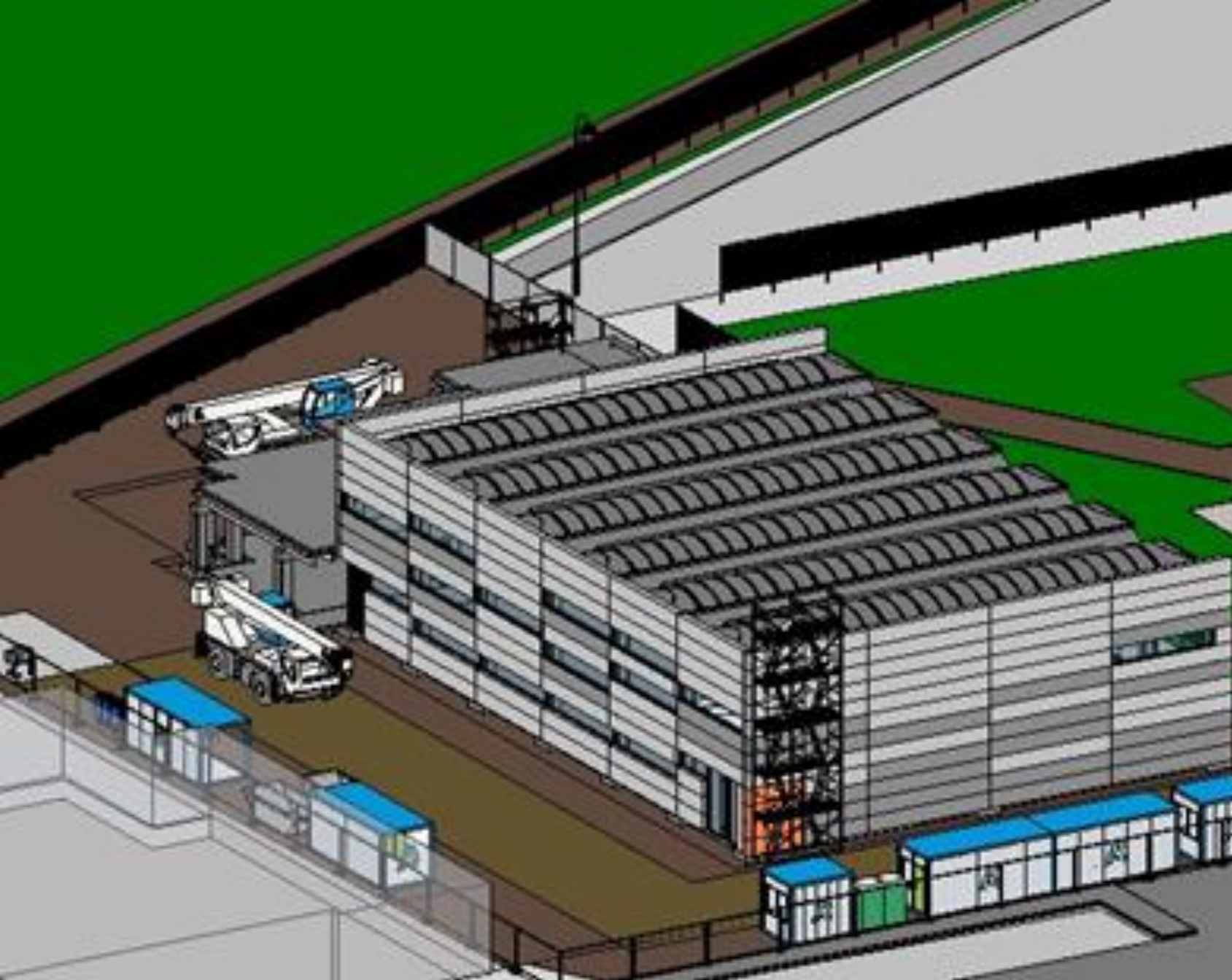


- *DA:  
ANDREOTTI  
M. CHENDI V.  
BOSCHI R.  
2022 CORSO  
DI CANTIERI E  
PRODUZIONE  
EDILIZIA  
UNIBO*



# BIM 4D: cronoprogrammi e modelli Layout-oriented e Workspace-oriented

- *4D Layout oriented* (per MACRO-FASE), è il livello del cronoprogramma di progetto in cui le varie attività sono raggruppate in macrofasi, come scavi, opere di fondazione, opere strutturali, muri esterni ecc.... o se necessario, sottofasi più dettagliate. *output* sono viste tridimensionali oppure immagini istantanee e simulazioni video
- *4D WorkSpace Oriented* (per singole attività lavorative), è il livello della programmazione esecutiva/operativa di cantiere. Ogni singola attività e lavorazione viene analizzata più nel dettaglio a livello temporale, definendo gli spazi necessari per l'esecuzione in sicurezza in cantiere. Ciò comporta l'introduzione dei concetti di *Workspace* e *Clash Detection*, ovvero i conflitti spazio temporali delle lavorazioni, le interferenze



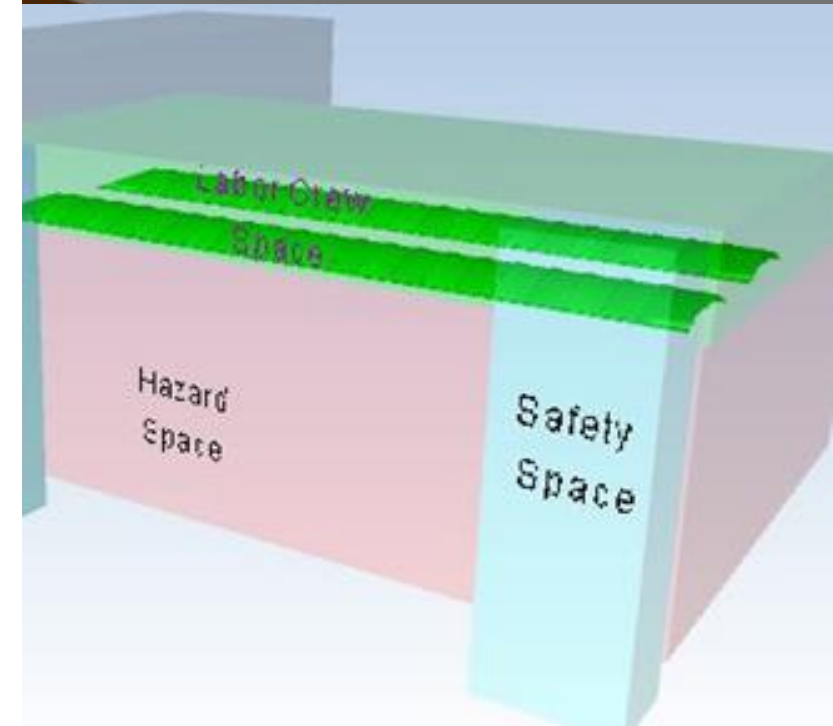
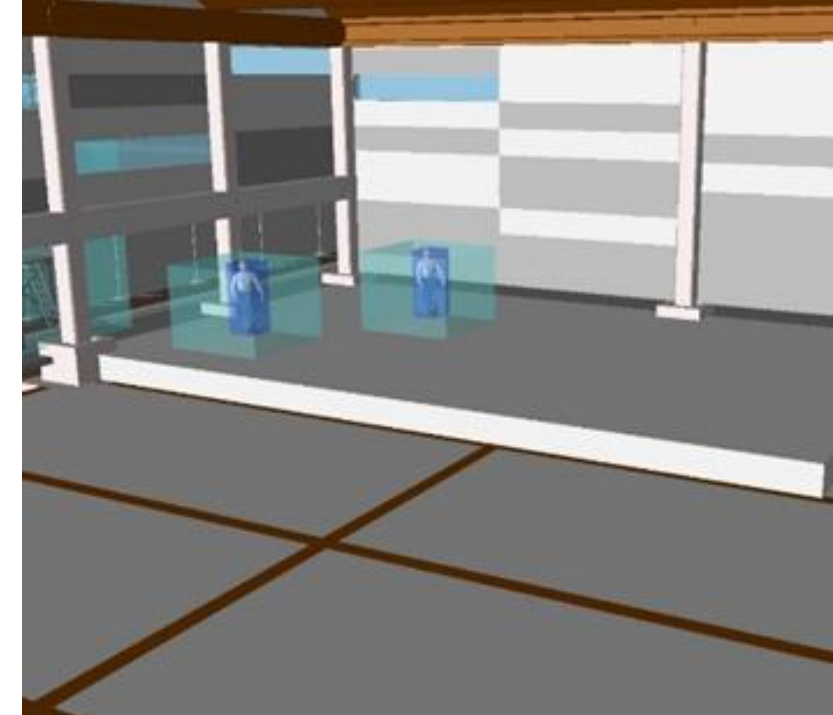
BIM 4 D per la programmazione e sicurezza del cantiere durante l'emergenza sanitaria COVID – 19  
(Guida F. Bragadin M. Di Camillo U., 2021)

- BIM 4D per MACRO-FASI “layout-oriented”: una pianificazione dove le diverse attività possono essere raggruppate in macro-fasi, quali scavi, opere di fondazione, opere strutturali, murature esterne
- BIM 4D per singole attività lavorative: una pianificazione della singola attività analizzata in maniera più dettagliata a livello temporale, definendo gli spazi necessari per svolgere in sicurezza la sua realizzazione in cantiere. Questo comporta l'introduzione dei concetti di Workspace e Clash Detection

BIM 4 D per la  
programmazione e  
sicurezza del cantiere  
durante  
l'emergenza sanitaria  
COVID – 19  
(Guida F. Bragadin M.  
Di Camillo U., 2021)

- *workspace*: spazi di lavoro necessari per svolgere in sicurezza una determinata attività. Sono identificate quattro tipologie di spazi di lavoro:

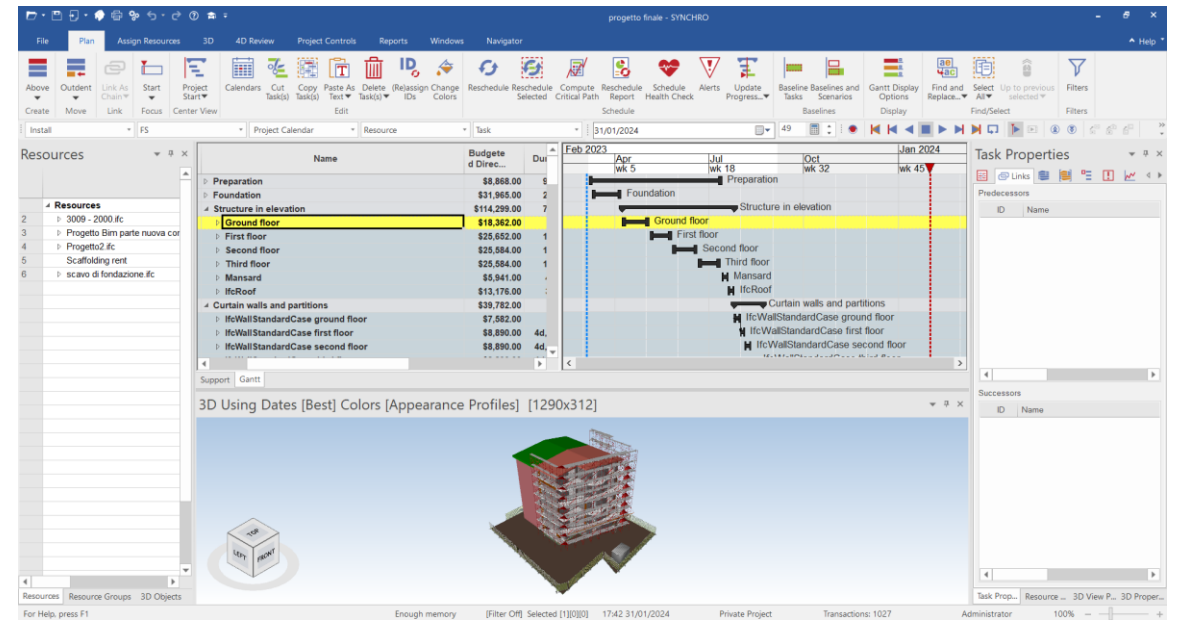
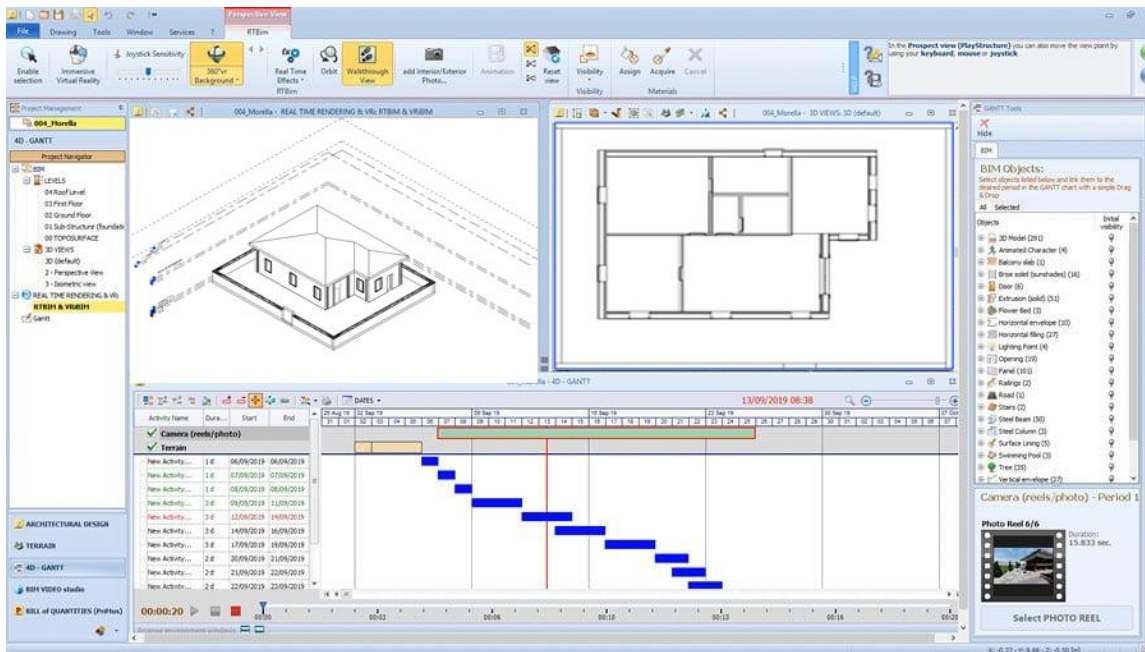
- - *Hazard Space*, spazi di possibile pericolo,
- - *Safety Space*, spazi necessari di sicurezza,
- - *Equipment Space*, spazi delle attrezzature di lavoro,
- - *Labor crew Space*, spazi di lavoro della squadra operativa.





# BIM 4D/5D: cronoprogrammi e project control

- Il nuovo ambiente BIM 4D, può essere implementato con molteplici applicativi informatici. Si può quindi associare la proprietà "tempo" ad ogni oggetto del modello BIM importato nel sistema e vedere la TimeLine del progetto anche nell'ambiente *Real Time Rendering*





# ESEMPIO DI MODELLAZIONE 3 D E BIM



Figura 1: BIM 3D, teatro A. Galli di Rimini (tesi di laurea di Giuseppe Battistini, Ingegneria Edile – Architettura Università di Bologna, 2012)

# BIM E SICUREZZA: FASI DI LAVORO

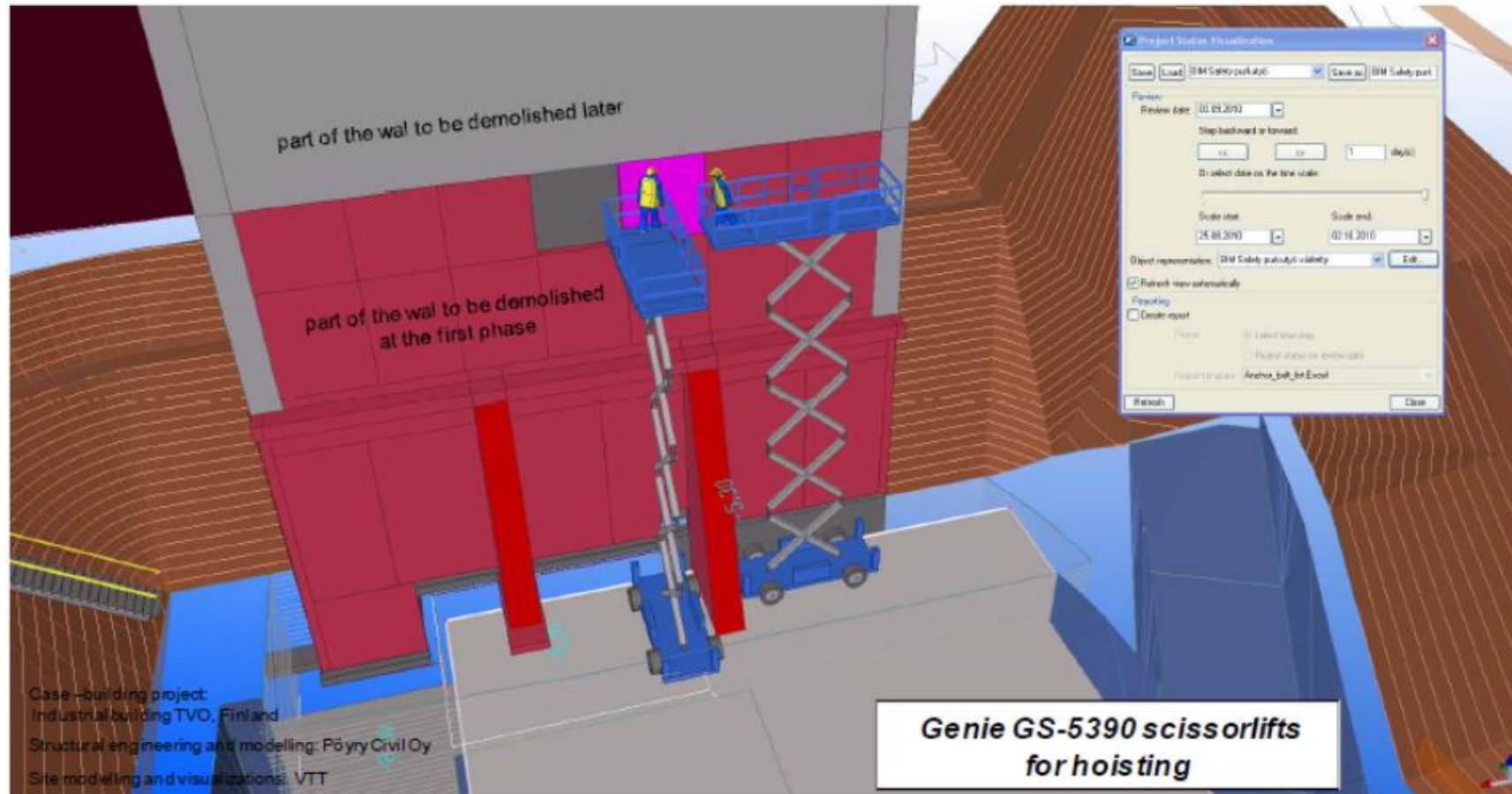


Figura 2: BIM 3D, fase di cantiere (da Kiviniemi M., Sulankivi K., Kahkonen K., Makela T., Merivirta M.L. 2011)

# BIM E SICUREZZA IN CANTIERE



Figura 3: BIM 3D, fase di cantiere teatro A. Galli di Rimini (da Battistini, 2012)



# BIM E SICUREZZA IN CANTIERE

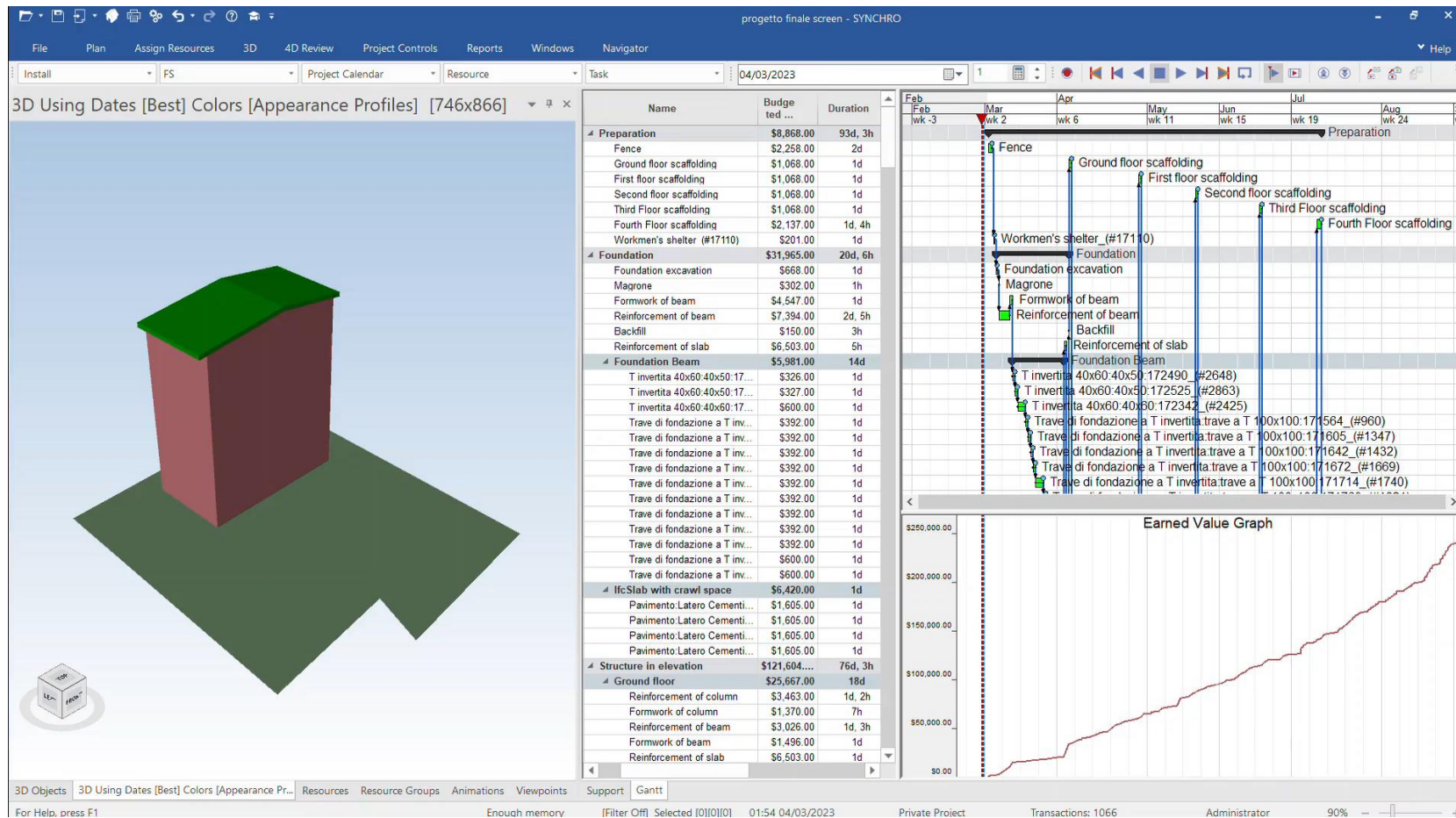


Figura 4:  
BIM 3D, fase  
di cantiere  
teatro A.  
Galli di  
Rimini (da  
Battistini,  
2012)



# Construction simulation for Project Control

- **PROGRAMMA DI DETTAGLIO A DIVERSA SCALA TEMPORALE**
- **PIANO DI AVANZAMENTO DEI COSTI**
- **AZIONI CORRETTIVE**



DA: TESI DI LAUREA  
DANIELE ORSETTI  
UNIBO



Dall'idea al costruito:  
programmazione, gestione e  
performance dei progetti di  
costruzione

***GRAZIE DELL'ATTENZIONE!***