

La qualità e la sicurezza nella infrastrutture

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo

Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolembo Ventura

Università degli Studi di Brescia



‘ The biggest danger is that we get bogged down in a technical discussion, when BIM is a behavioural change programme more than anything else. ’

David Philp – Global BIM Director AECOM / Chair Scottish BIM Delivery Group & UK BIM Task Group



Cos'è il Building Information Modelling (BIM)?

BIMDICTIONARY
common language shared goals

Building Information Modelling

Il Building Information Modelling è un insieme di tecnologie, processi e procedure che permettono a diversi soggetti interessati di progettare, costruire e gestire in modo collaborativo un'Opera in un ambiente virtuale. Il significato del termine BIM è cresciuto enormemente nel corso degli anni ed ha ora assunto quello di "innovazione digitale" per il settore delle costruzioni

Italian Language Team: Ms. [Marzia Bolpagni](#) (Editor) PhD Candidate at *Politecnico di Milano*. Marzia is supported by the following co-Editors: [Chiara Rizzarda](#) and [Claudio Vittori Antisari](#) of *Antonio Citterio Patricia Viel*; [Silvia Mastrolemba Ventura](#), a PhD Candidate at *Politecnico di Milano*; [Franco Pittoni](#) of FP Opera; and Prof. Federico Pedron.

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Ufficializzazione del BIM nella direttiva europea sugli appalti pubblici

«Per gli appalti **pubblici di lavori** e i **concorsi di progettazione**, gli Stati membri possono richiedere l'uso di **strumenti elettronici specifici**, quali gli **strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie** o strumenti analoghi».

ENG: «For **public works contracts** and **design contests**, Member States may require the use of **specific electronic tools**, such as of **building information electronic modelling tools** or similar».

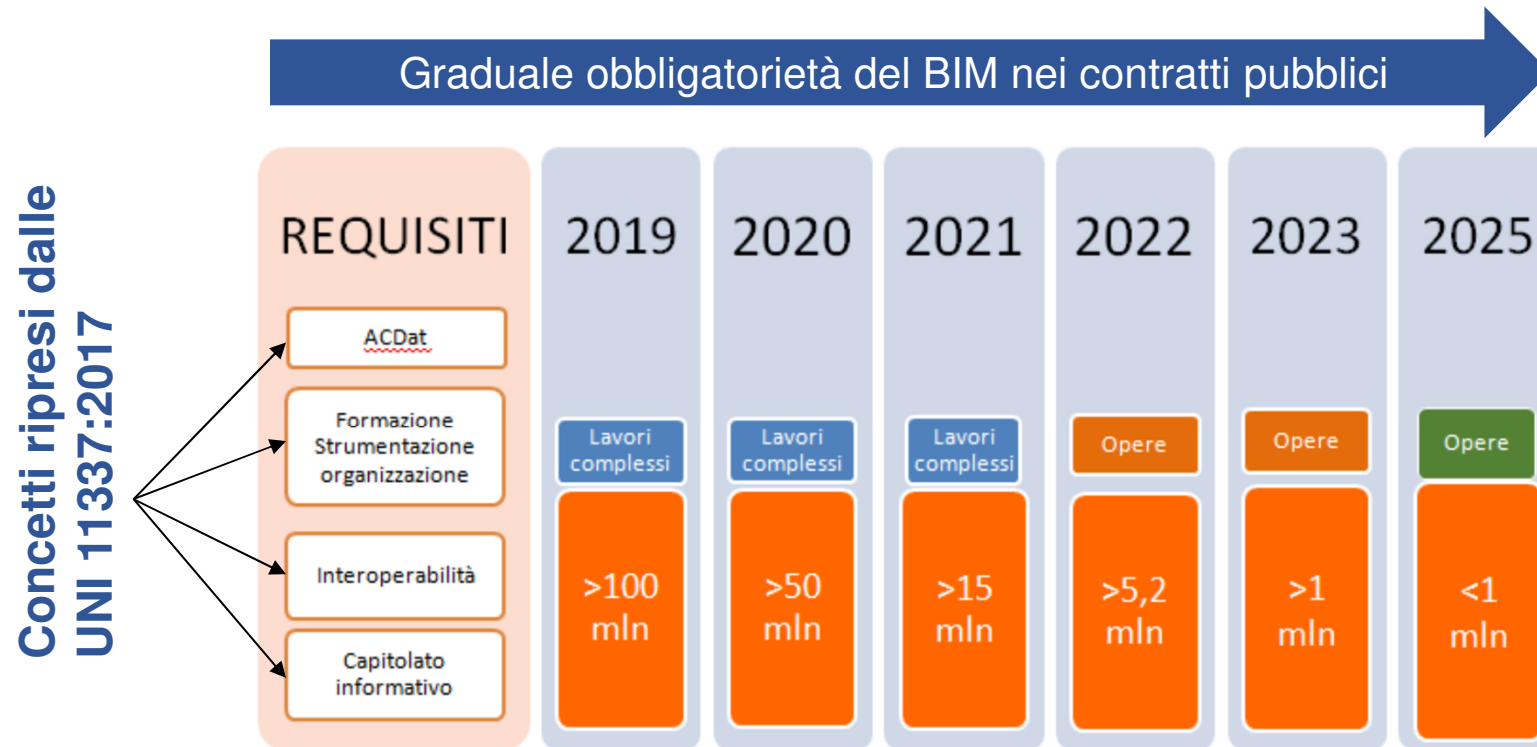
Parlamento Europeo, 15 Gennaio 2014, art. 22 (4)

d.Lgs 50/2016 - Codice dei contratti pubblici

«La progettazione in materia di lavori pubblici (...) è intesa ad assicurare la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il **progressivo uso di metodi e strumenti elettronici** specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture»
Art 23(17)

«**Le stazioni appaltanti possono richiedere** per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, **l'uso dei metodi e strumenti elettronici (...) piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari**, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L'uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di **personale adeguatamente formato (...)**»
Art 23(15)

DM 560/2017: il «Decreto BIM»



Adattato da Arch. PhD. Francesco Ruperto

BIM nella procedure competitive in Italia

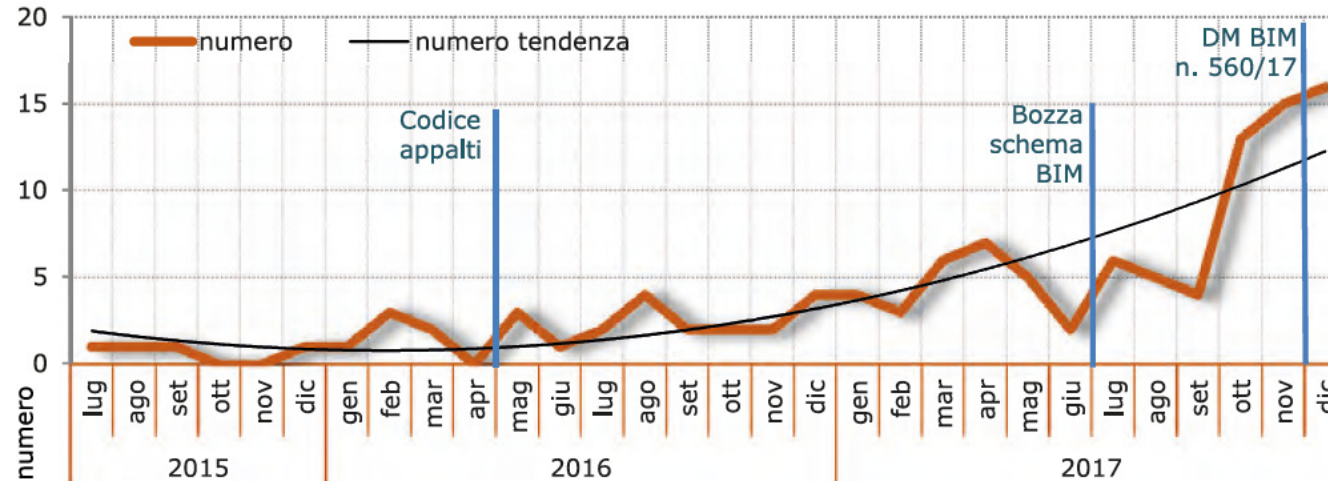
2015: 4 Bandi «BIM»

2016: 26 Bandi «BIM»

2017: 86 Bandi «BIM»

2018: >80 Bandi «BIM» (BIMportale.com)

- Agenzia del Demanio
- Comune di Milano,
- Comune di Liscate,
- Comune di Melzo,
- Presidenza del Consiglio dei Ministri,
- Provveditorato alle OOPP Lombardia e Emilia-Romagna,
- Università degli Studi di Roma,
- Comune di Mantova,
- ...



Fonte: Rapporto OICE sulle gare BIM 2017 per opere pubbliche

Il contesto normativo italiano: le norme UNI

11337-0017

UNI 11337 – Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni

Parte 1	Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti, processi
Parte 2	Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi
Parte 3	Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede tecniche digitali per prodotti e processi)
Parte 4	Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti
Parte 5	Flussi informativi nei processi digitalizzati
Parte 6	Linea guida per la redazione del capitolato informativo
Parte 7	Requisiti di conoscenza, abilità e competenza per le figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi
Parte 8	Project Management e BIM-M
Parte 9	Fascicolo del costruito
Parte 10	Verifica amministrativa

■ Pubblicate

■ In elaborazione

■ In fase di attivazione

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo

Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità nel processo edilizio

Qualità di prodotto: controllo delle prestazioni dei prodotti

Qualità della progettazione: controllo dei contenuti di progetto

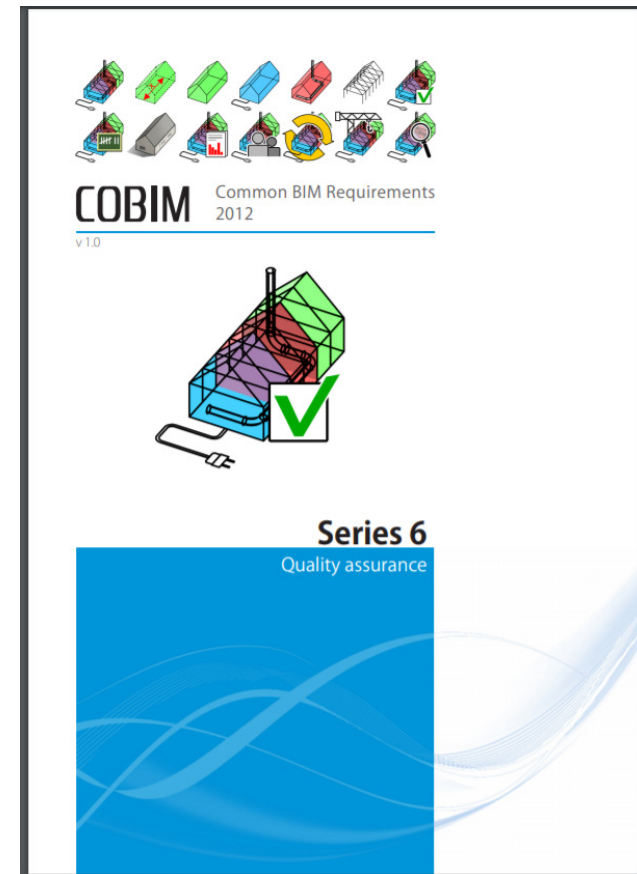
Qualità del processo costruttivo: controllo delle procedure produttive e dell'avanzamento lavori

Qualità del modello informativo (BIM): controllo del livello di definizione geometrica e del contenuto informativo alfanumerico del modello BIM **in funzione degli obiettivi e degli usi**, precedentemente definiti, **della modellazione informativa**

- **Design Requirements Validation, Clash Detection, Code Checking, Virtual Prototyping (VR)**
- **4D BIM, 5D BIM, FieldBIM (IoT, AR, mobile devices)**
- **BIM Validation (model checking tools)**

Obiettivi del processo di QA/QC BIM-based

1. Garantire la qualità della **singola progettazione disciplinare**
2. Supportare lo **scambio informativo tra le parti** al fine di massimizzare l'efficacia della progettazione complessiva
3. Assicurare la **conformità del progetto** ai vincoli normativi e alle esigenze di committenza e utenti finali
4. **Gestire il cronoprogramma e i costi di costruzione** per facilitare la fase costruttiva, prima e durante la costruzione
5. **Ridurre** la necessità di **modifiche in corso d'opera**
6. Garantire la **realizzazione di un edificio funzionale e di alta qualità** come risultato finale



BIM e «collaborazione»: l'importanza della qualità del dato

La **collaborazione** è un processo di scambio o trasferimento di informazioni tra due o più persone, oltre che di convergenza sul significato dell'informazione stessa una volta elaborata.

Media Synchronicity Theory (Dennis & Valacich, 1999)

A first issue in collaboration is the **quality and the quantity of the information exchanges** between the stakeholders.

A Framework for Improving Collaboration Patterns in BIM Projects (Forgues et al., 2016)

Flussi informativi nei processi digitalizzati

UNI 11337-5:2017 – Termini relativi ai contratti

Capitolato Informativo (CI)

*Employer Information Requirement – EIR***

Esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richiesti dai committenti agli affidatari

Offerta per la gestione informativa (oGI)

*BIM Execution Plan pre-contract award***

Esplicitazione e specificazione della gestione informativa offerta dal concorrente in risposta alle esigenze e i requisiti richiesti dal committente

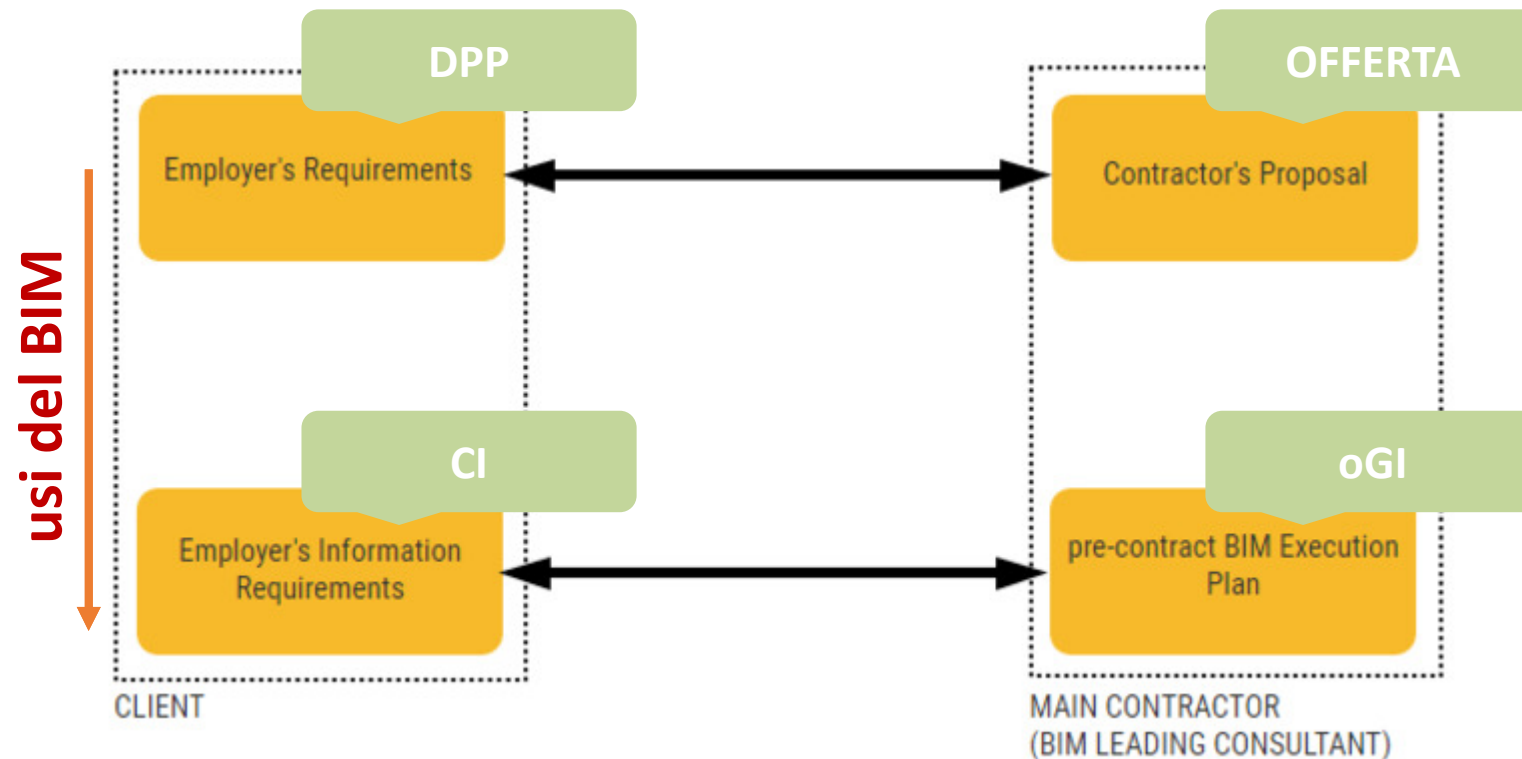
Piano per la gestione informativa (pGI)

*BIM execution plan – BEP***

Pianificazione operativa della gestione informativa attuata dall'affidatario in risposta alle esigenze ed al rispetto dei requisiti della committenza

** Termini inglesi si riferiscono agli standard britannici e in particolare alla PAS 1192:2-2013

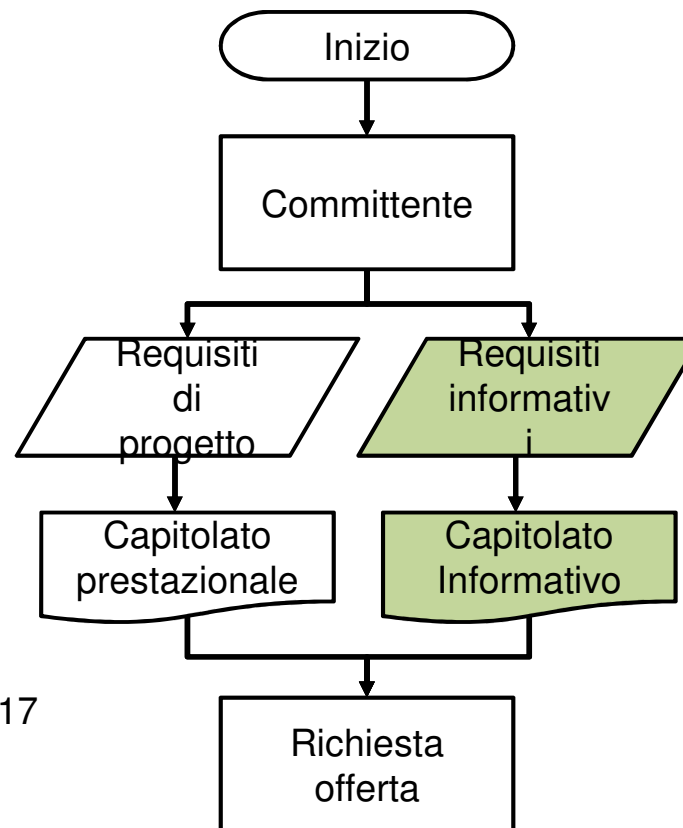
Flussi informativi nei processi digitalizzati



Adattato da Chiara Rizzarda (2016): www.shelidon.it

Flusso informativo*

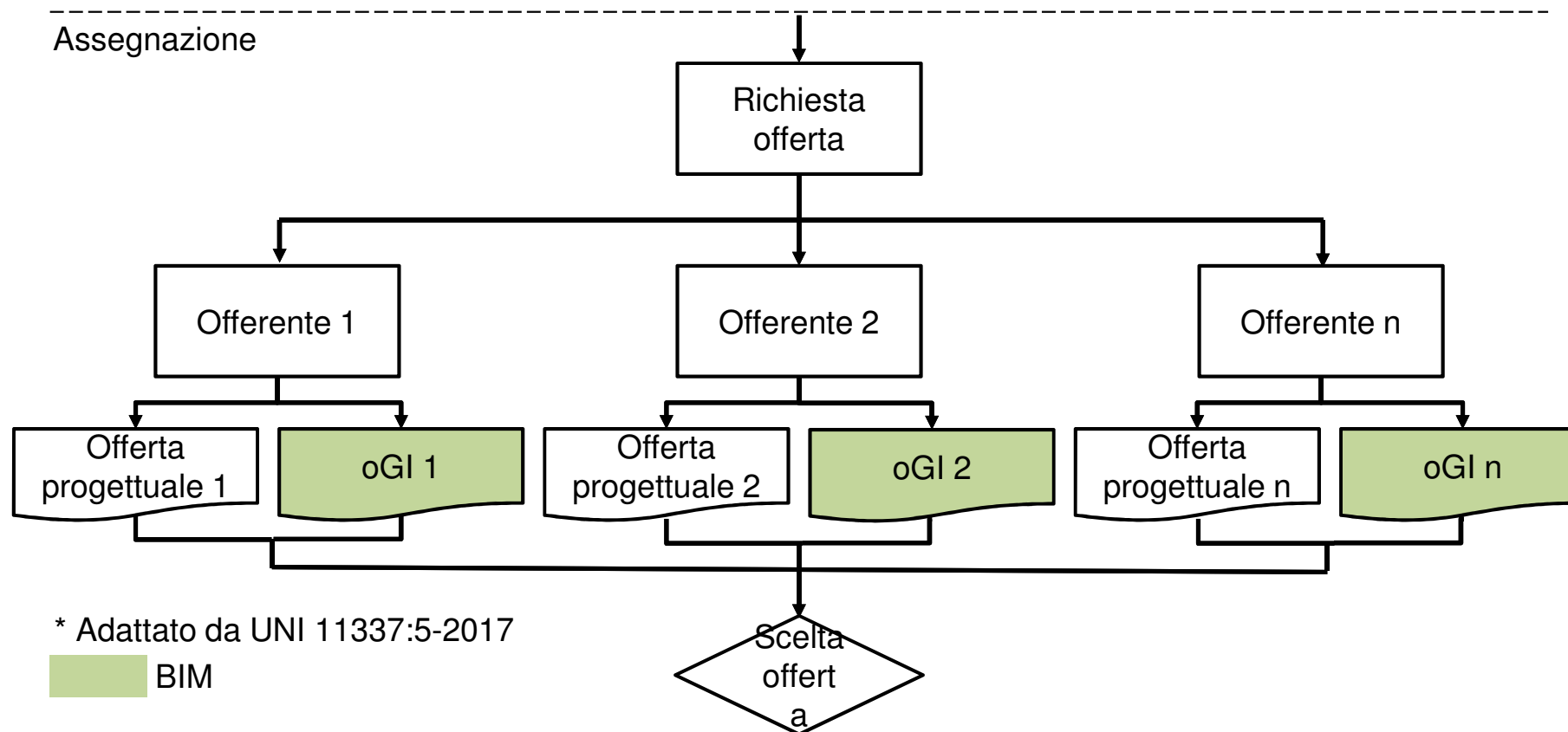
Assegnazione



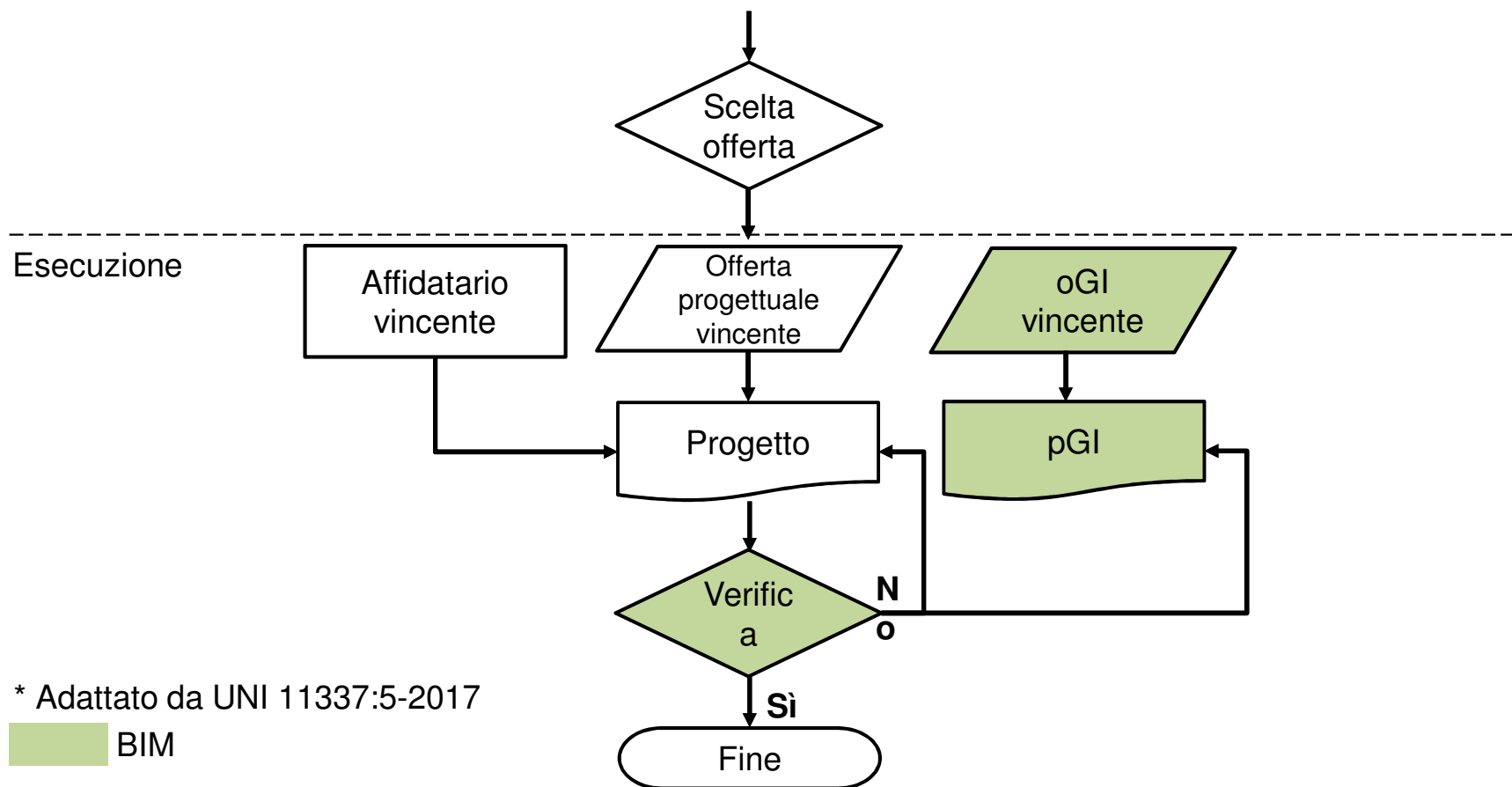
* Adattato da UNI 11337:5-2017

 BIM

Flusso informativo*



Flusso informativo*



Contenuti del Capitolato Informativo (CI)

Premesse

Riferimenti normativi

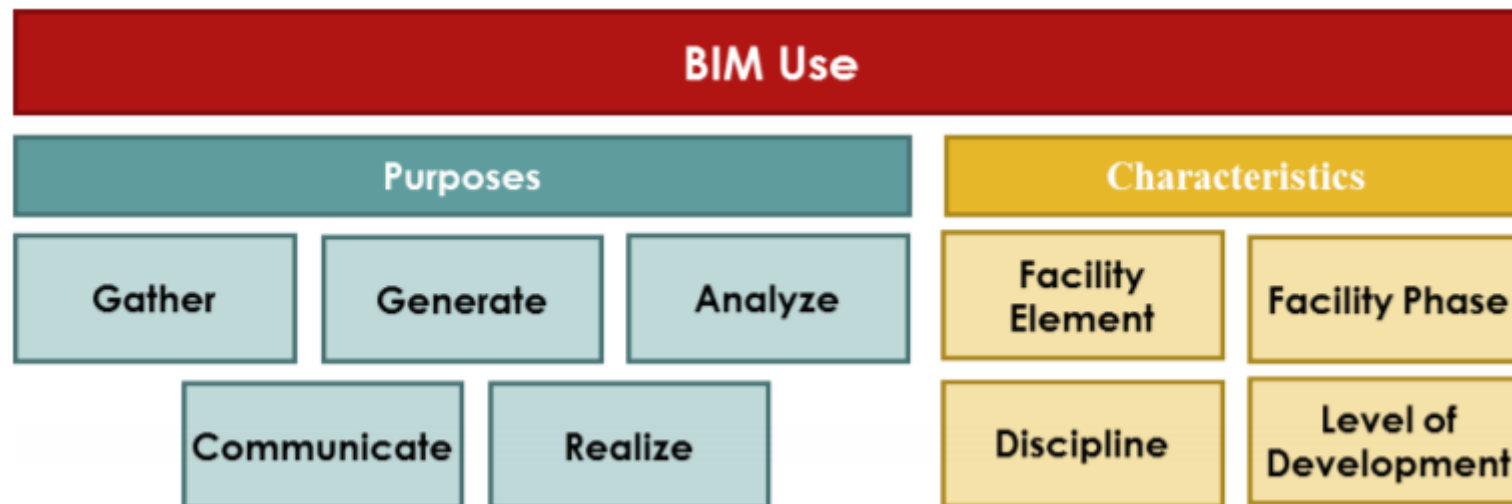
Sezione tecnica

Sezione gestionale

- **Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli e degli elaborati**
- Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative
- Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi
- Caratteristiche informative di modelli, oggetti, elaborati messi a disposizione dalla committenza
- Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale
- Politiche per la tutela e sicurezza del contenuto informativo
- Proprietà del modello
- Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi
- Modalità di programmazione e gestione dei contenuti informativi di eventuali sub-affidatari
- **Procedure di verifica, validazione di modelli, oggetti e/o elaborati**

BIM Use: obiettivi e usi della modellazione informativa

“A BIM use is a method of applying Building Information Modeling during a facility’s lifecycle to achieve **one or more specific objectives**” (Kreider and Messner, 2013).



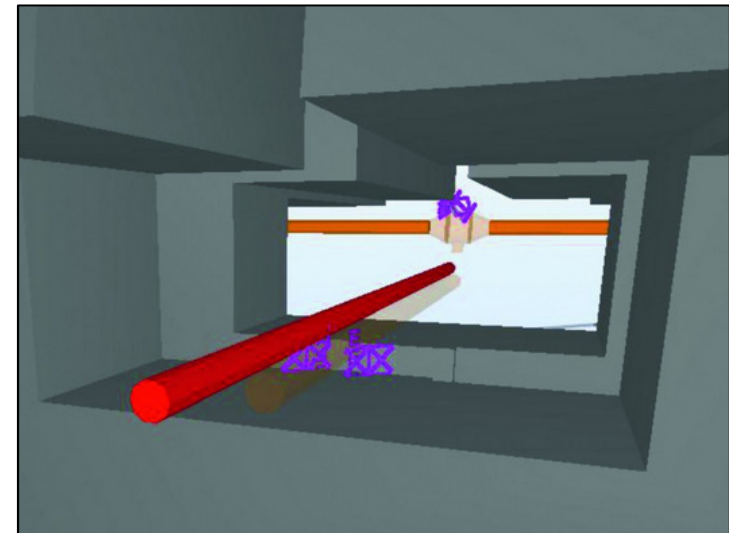
Fonte: Penn State University (2013)

Gli usi del BIM: quali le applicazioni della modellazione informativa?
Ing. Silvia Mastrolembro Ventura

Il Model Checking: processo di QA/QC del modello BIM

I requisiti delle singole discipline e di ciascun «uso del modello» previsto nel C.I. definiscono quali informazioni devono essere contenute nel modello BIM.

Il model checking assicura che il modello sia stato costruito in modo **conforme** a questi requisiti e che possa essere utilizzato in modo affidabile in successive fasi di analisi.



Fonte: Unibs. CMB BIM Pilot Project, Ospedale San Gerardo, Monza –
Clash Detection MEP vs STR

Procedure di verifica e validazione

UNI 11337-5:2017 – Termini relativi ai controlli

Analisi delle incoerenze

Model e Code Checking

Analisi delle possibili **incoerenze informative** di oggetti, modelli ed elaborati rispetto a regole e regolamenti

Analisi delle interferenze geometriche

Clash Detection

Analisi delle possibili **interferenze geometriche** tra oggetti, modelli ed elaborati rispetto ad altri

Coordinamento di n-mo livello

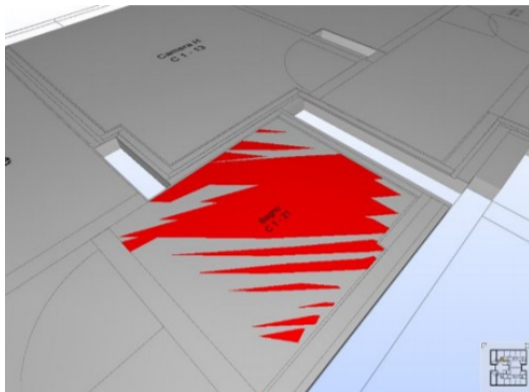
Controllo e risoluzione di incoerenze e interferenze*

Verifica di n-mo livello

Verifica dei dati, delle informazioni e del contenuto informativo nella produzione, consegna e gestione **come richiesto dal CI e dal pGI**

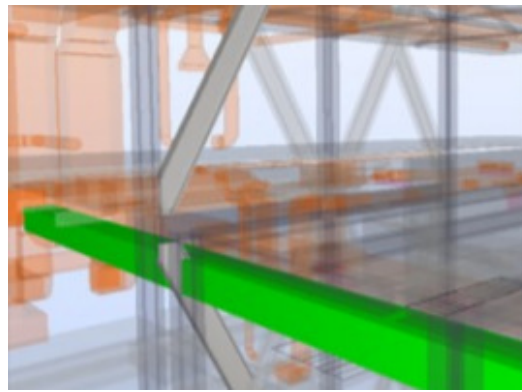
La verifica del modello informativo e del progetto con strumenti BIM

BIM Validation



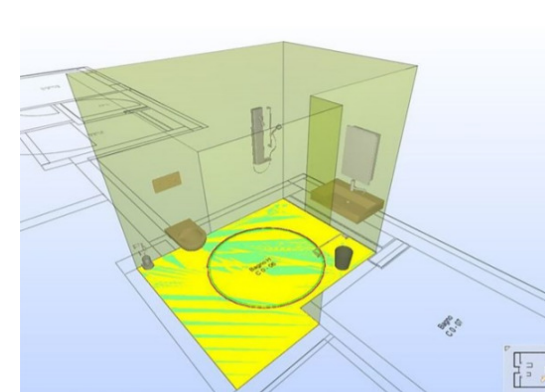
Analisi delle incoerenze informative

Clash Detection



Analisi delle interferenze geometriche

Code Checking



Verifica del progetto ai fini della validazione

Fonte immagini: Mastrolembo Ventura S. & Toselli A., 2013 (tesi di laurea); Mastrolembo Ventura S. & Paneroni M., 2016 (Progetto di ricerca di interesse nazionale «BHIMM»)

Per approfondimenti:

Ciribini A., Mastrolembo Ventura S., Bolpagni M. (2015). [La validazione del contenuto informativo è la chiave di un processo BIM-based](#), Territorio Italia.

Ciribini A., Mastrolembo Ventura S., Paneroni M. (2016). [Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project](#), Automation in Construction.

Livelli di Coordinamento (LC)

Secondo le modalità contrattualmente definite nel CI e nel pGI:

Analisi delle interferenze (clash detection)

- Tra oggetti dello stesso modello grafico (LC1) – *A carico del responsabile dello specifico modello*
- Tra un modello ed altri modelli grafici (LC2) – *Vanno indicati i soggetti responsabili del coordinamento*

Analisi delle incoerenze (model e code checking)

- Tra gli oggetti di un modello grafico e i relativi riferimenti (LC1)
- Tra il modello grafico nel suo insieme e i relativi riferimenti (LC2)
- Tra il modello grafico e gli elaborati non automaticamente estratti, e i relativi riferimenti (LC3)

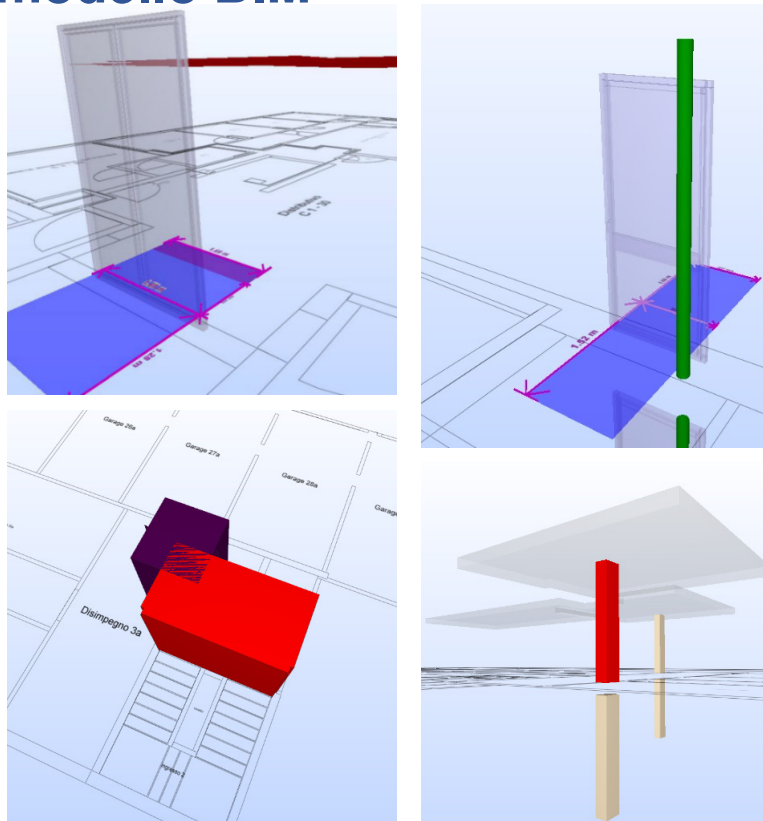
Livelli di Verifica (LV)

Secondo le modalità contrattualmente definite nel CI e nel pGI:

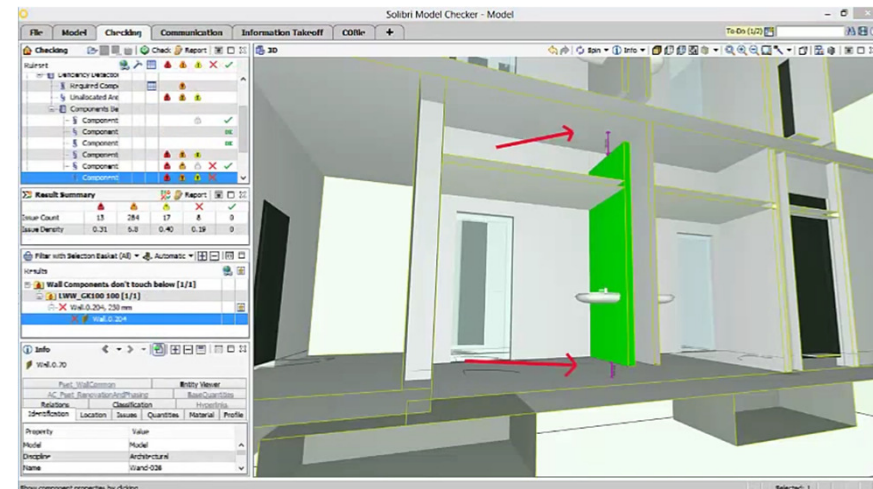
Verifica di conformità di dati, informazioni e contenuto informativo del modello rispetto a quanto richiesto nel CI e previsto nel pGI

- Verifica interna formale (LV1 – modalità di produzione, consegna e gestione) – *Gestore delle informazioni*
- Verifica interna sostanziale (LV2 - tracciabilità, leggibilità e coerenza nei modelli) – *Gestore delle informazioni*
- Verifica indipendente, formale e sostanziale (LV3 - ACDat) – *Committenza o soggetto terzo di ispezione*

BIM Validation: controllo del livello di qualità e coerenza interna del modello BIM



Fonte: Mastrolemba Ventura, Paneroni



Fonte: Solibri

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

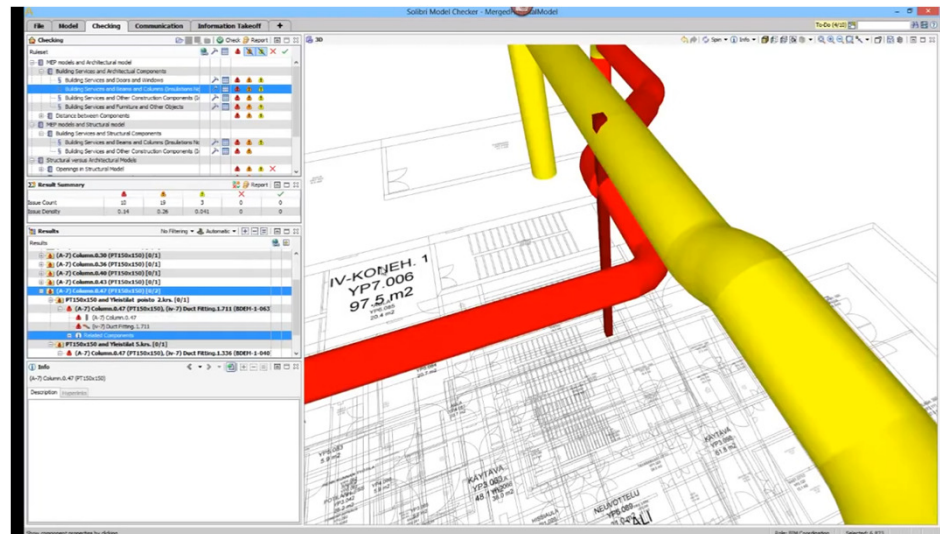
BIM Validation: controllo del livello di qualità e coerenza interna del modello BIM



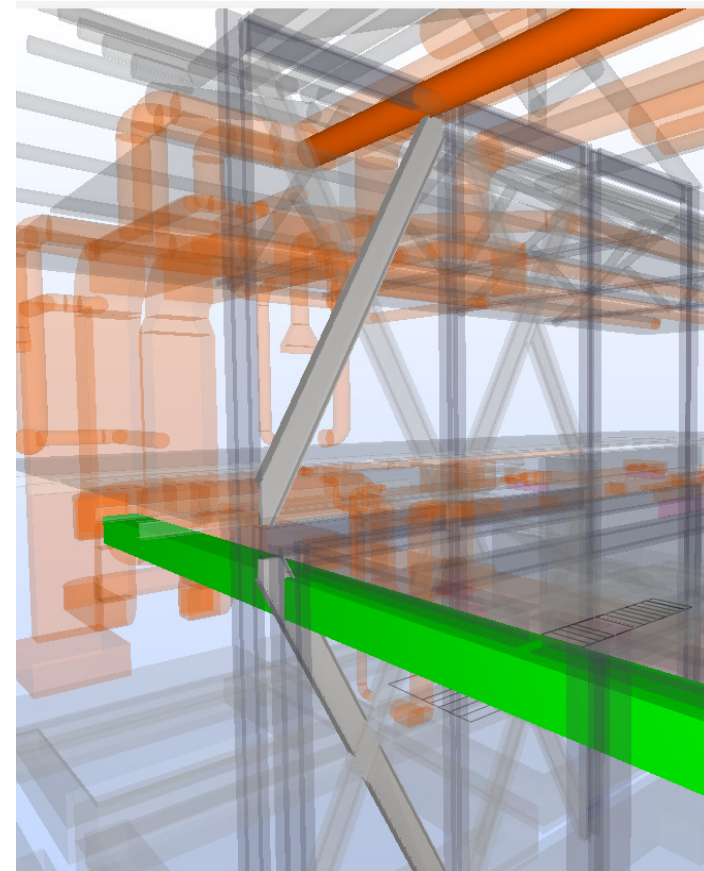
Fonte: Mace, Dashboard di BIM Validation realizzate con Dynamo

Clash Detection: controllo delle interferenze geometriche

Clash Detection	
Requisiti minimi	
Tutti i modelli richiesti sono disponibili	
Rappresentazione BIM dei progetti (Arch, Struct, MEP) nella stessa versione progettuale	
I modelli sono localizzati nel corretto sistema di coordinate cartesiane	
Intersezioni tra componenti architettonici	OK
Intersezioni tra componenti strutturali	OK
Intersezioni in modelli MEP	Warning, Error, Critical
Clash detection - Merged BIM (il modello completo)	
Modello strutturale vs Modello architettonico	Warning, Error, Critical
Modello MEP vs Modello architettonico	Warning, Error, Critical
Modello MEP vs Modello strutturale	Warning, Error, Critical

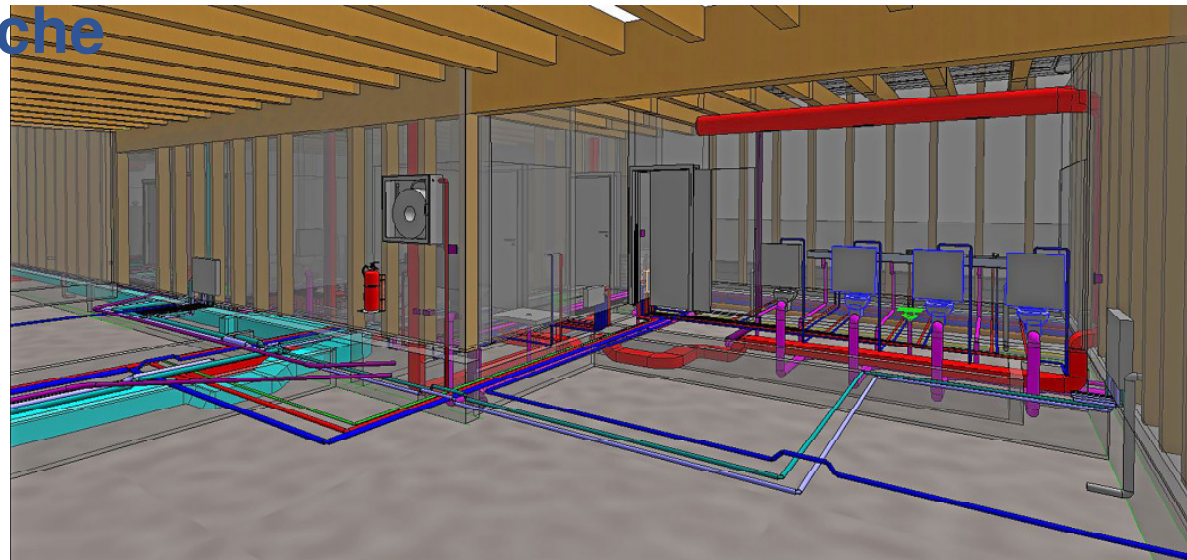


Fonte: Solibri



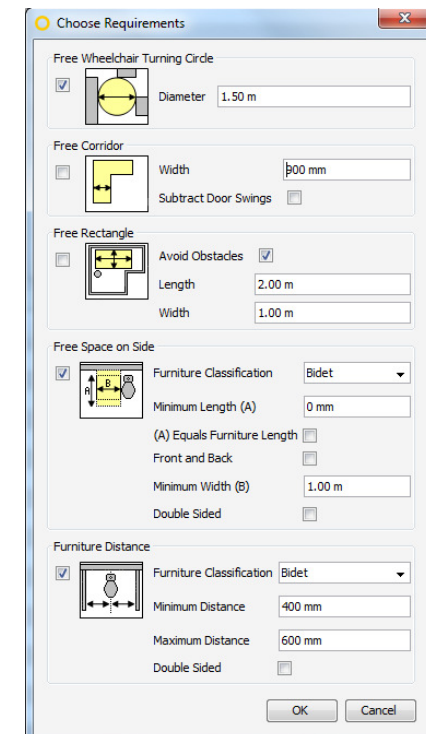
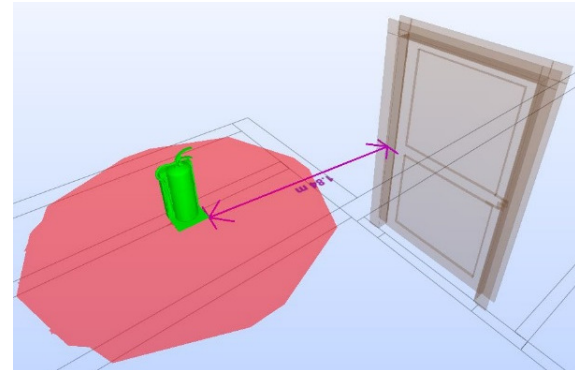
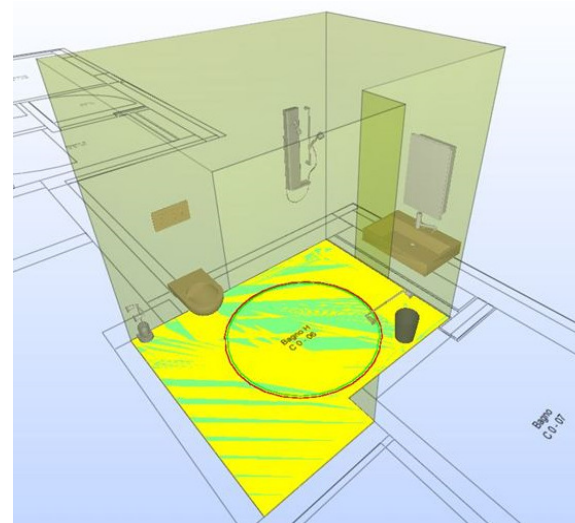
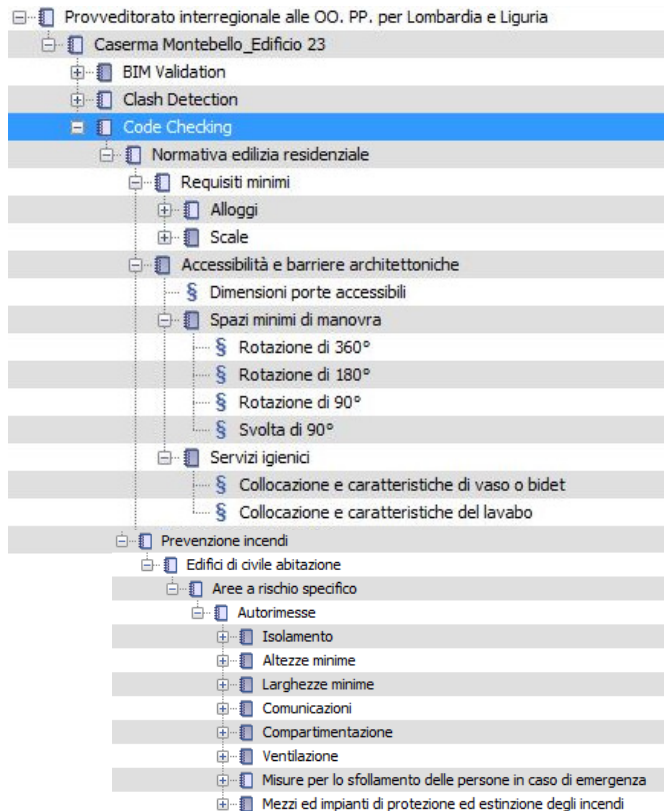
Fonte: Mastrolembro Ventura, Paneroni

Clash Detection: controllo delle interferenze geometriche



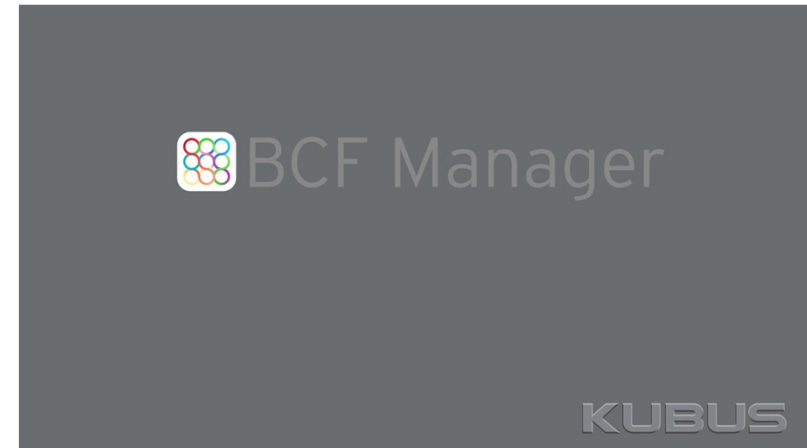
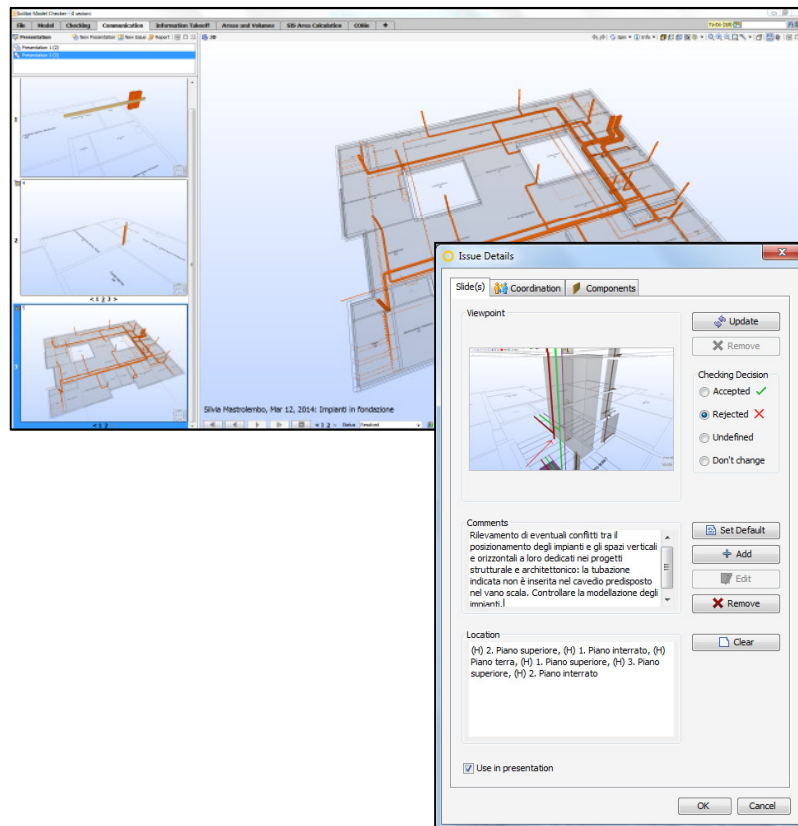
Fonte: Caratozzolo, Mastrolembro Ventura, Paneroni, Bolpagni

Code Checking: controllo di conformità normativa



Fonte: Mastrolembro Ventura, Paneroni

Reportistica (documenti vs BIM Collaboration Format)



Fonte: Kubus

ID	Location	Rev	Author	Priority	Issue comment	Responsibility	Action Required	Action Taken	Status	Comments
1	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
2	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
3	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
4	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
5	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
6	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
7	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
8	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
9	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
10	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018
11	01 - Piano terra	0	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018	01/12/2018

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del proc
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolembo Ventura

Fonte: Mastrolembo Ventura, Paneroni

Virtual Prototyping: la realtà virtuale come strumento di controllo

1) revisioni collaborative del progetto in scala reale



© Fraunhofer IAO

Virtual Prototyping: la realtà virtuale come strumento di controllo

2) visualizzazione e walk-through

3) controllo dalla prospettiva



Fonte: InnoTrans 2016



Fonte: Bechtel London VisualTechnology Group

Virtual Prototyping: la realtà virtuale come strumento di controllo

4) pre-occupancy evaluation tramite gamification e crowd simulation



Fonte: Arup, Admiralty Station



Fonte: MassMotion, Waterloo Station

La simulazione del processo costruttivo



Fonte: Huddlewall (hoynu.com)

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità del processo costruttivo: il digitale *on-site* come strumento di controllo

1) nelle baracche di cantiere



Fonte: Vinci



Qualità del processo costruttivo: il digitale on-site come strumento di controllo

1) nelle baracche di cantiere



Fonte: Skans

Qualità del processo costruttivo: il digitale on-site come strumento di controllo

2) nei luoghi di lavoro



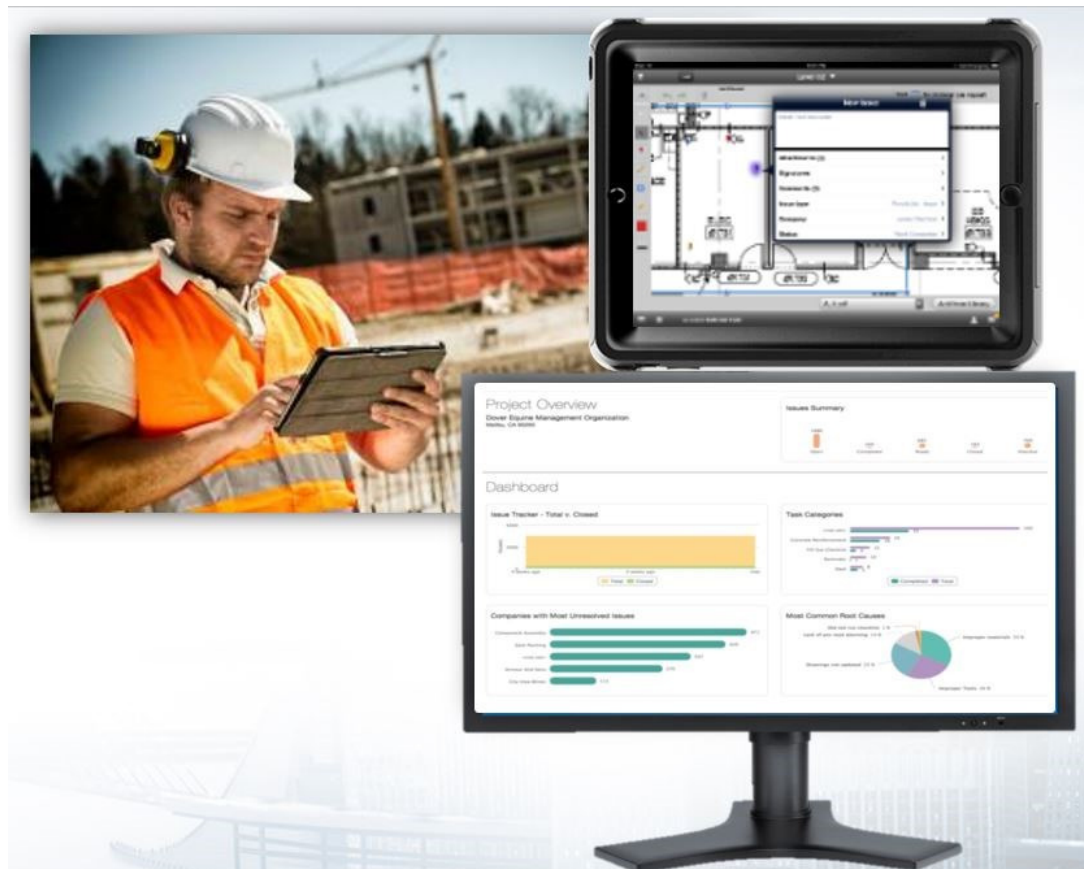
Fonte: Think BIM



Fonte: Microsoft

Qualità del processo costruttivo: il digitale on-site come strumento di controllo

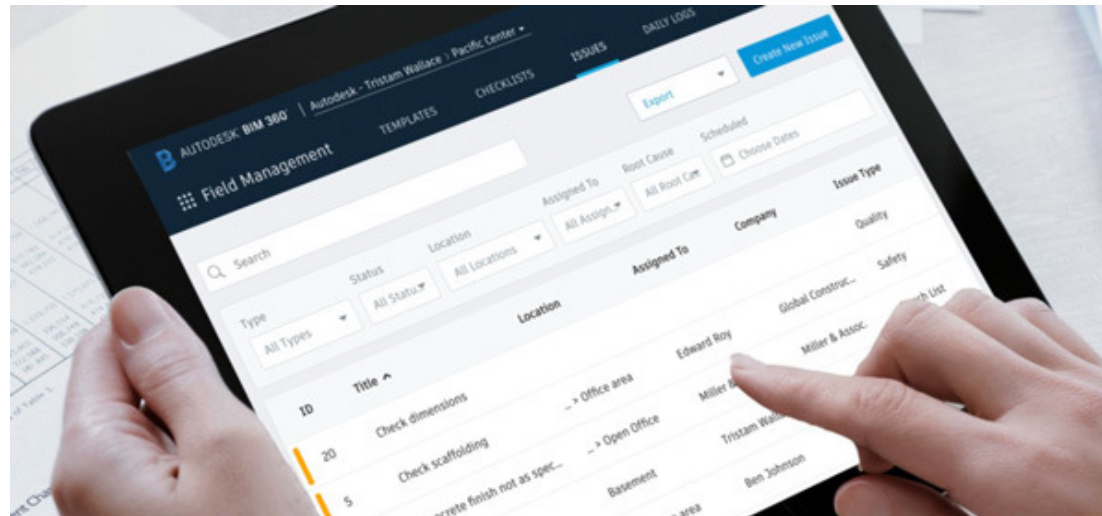
3) in remoto



Fonte: Let it BIM

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità del processo costruttivo: controllo soggettivo



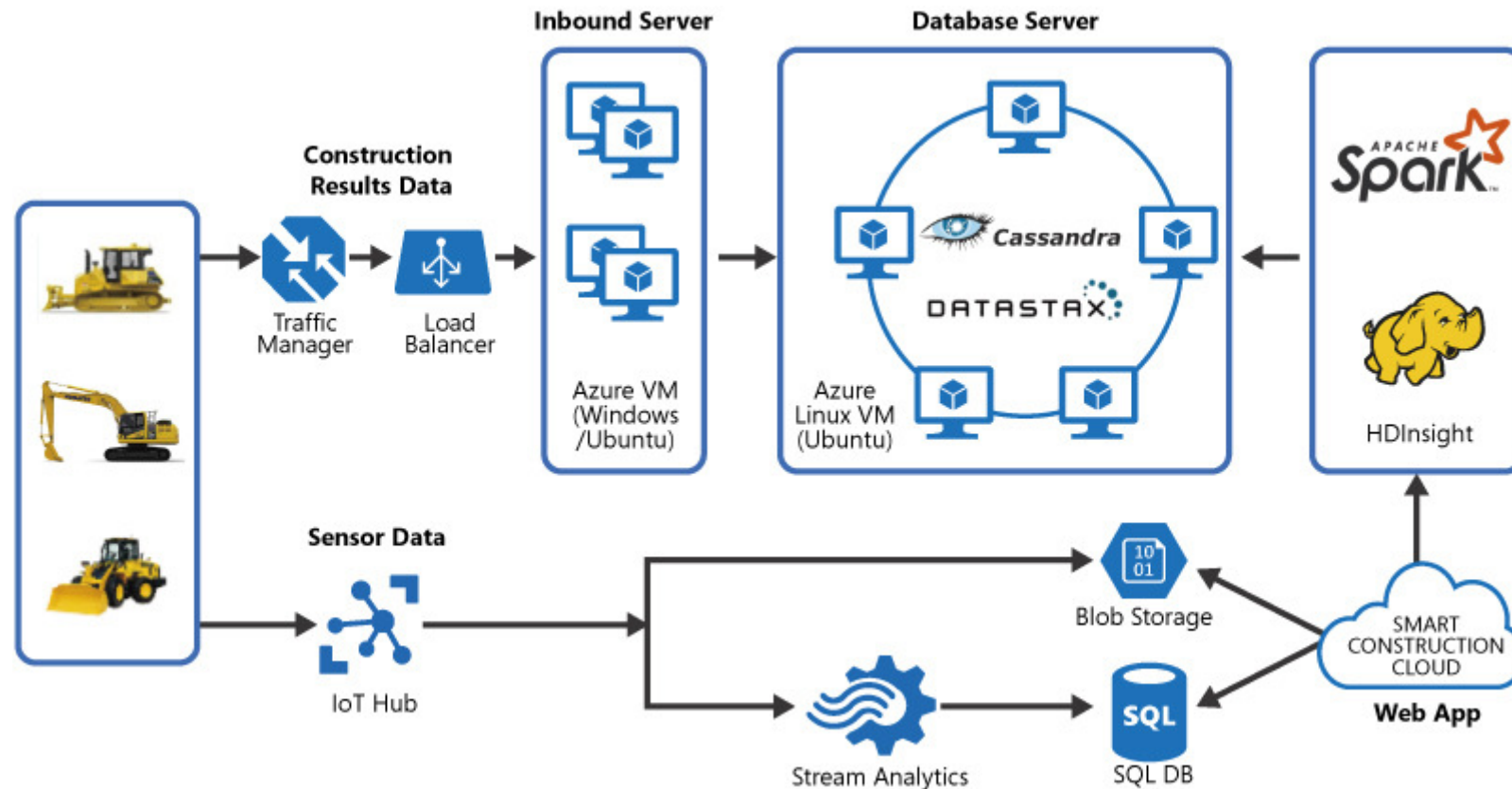
Fonte: Autodesk



Fonte: Unibs

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolembro Ventura

Qualità del processo costruttivo: controllo oggettivo



Fonte: Komatsu

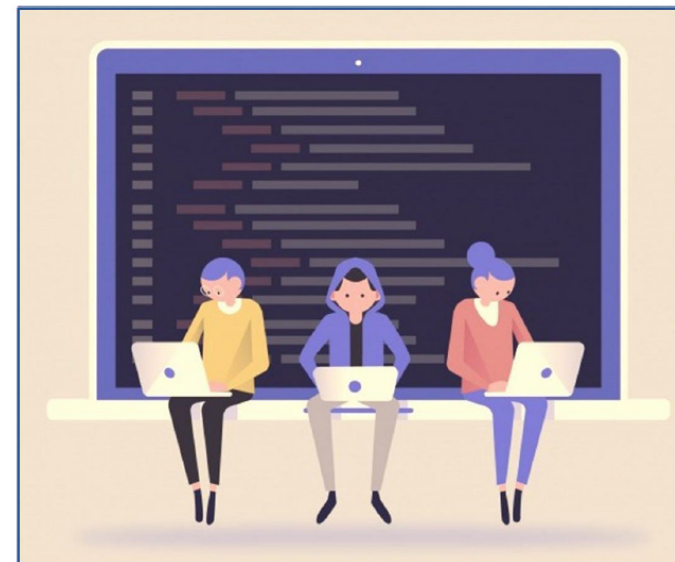
La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità del processo costruttivo: controllo oggettivo

Sensori per il calcestruzzo *Concrete Flowchart Monitoring System*

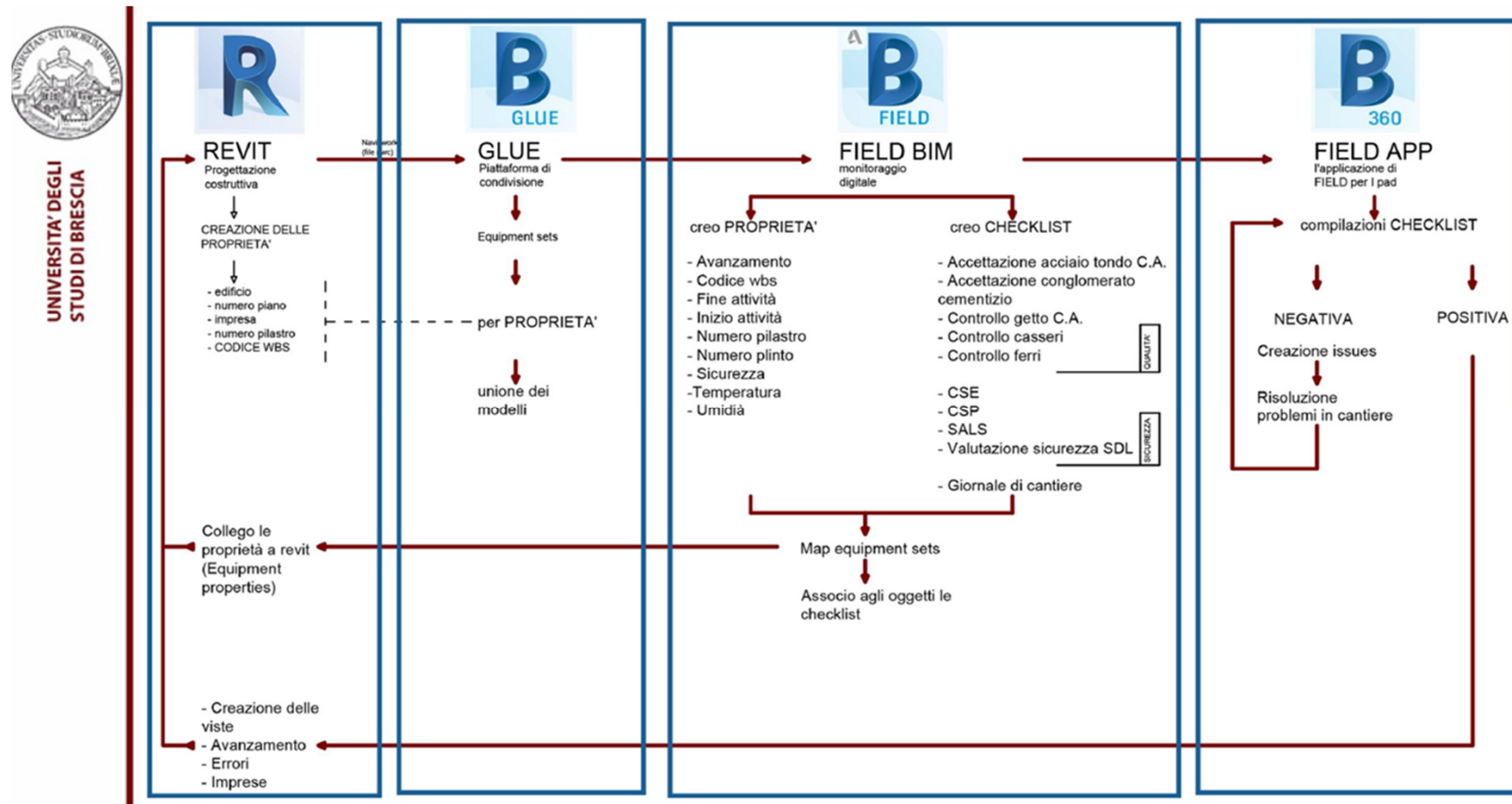


```
91 def check_param_in_range(param_key, param_value, phase, urgency_label):
92     """Checks if the given parameter with his value is in the range allowed,
93     based on the phase of the process and the urgency"""
94     return float(param_value) < abs(
95         params_expected_values[param_key][phase] - params_tolerances[param_key](urgency_label))
96
97
98 def check_params(current_params, phase, urgency_label):
99     """Checks if the current parameters are close enough to the expected value,
100     otherwise returns a warning"""
101     cumulative_or_check = 0
102
103     for key, value in current_params.items():
104         param_check = check_param_in_range(param_key=key, param_value=value,
105                                             phase=phase, urgency_label=urgency_label)
106         cumulative_or_check = cumulative_or_check or param_check
107     return cumulative_or_check
108
109
110 def sensor_input_params():
111     """Queries the RPI sensors in order to update the parameters that have to be monitored"""
112     detected_moisture = rpi.read_humidity[1]
113     detected_temperature = rpi.read_temperature[1]
114     detected_pressure = rpi.read_humidity[1]
115     return detected_moisture, detected_temperature, detected_pressure
116
117
118 def user_input_params():
119     """Asks the user to enter the parameters manually or reads them from an external file"""
120     if read_data_from_file:
121         input_moisture = data['Moisture'].pop()
122         input_temperature = data['Temperature'].pop()
123         input_pressure = data['Pressure'].pop()
124     else:
125         input_moisture = float(input("Enter current moisture: "))
126         input_temperature = float(input("Enter current temperature: "))
127         input_pressure = float(input("Enter current pressure: "))
128     return input_moisture, input_temperature, input_pressure
```



Fonte: Unibs

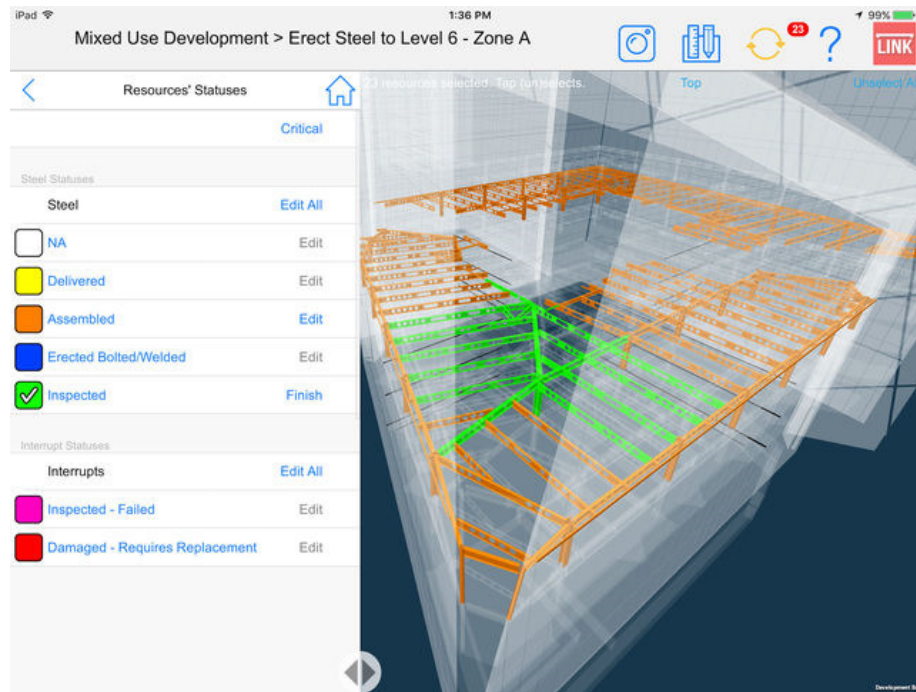
Qualità del processo costruttivo: controllo *FieldBIM*



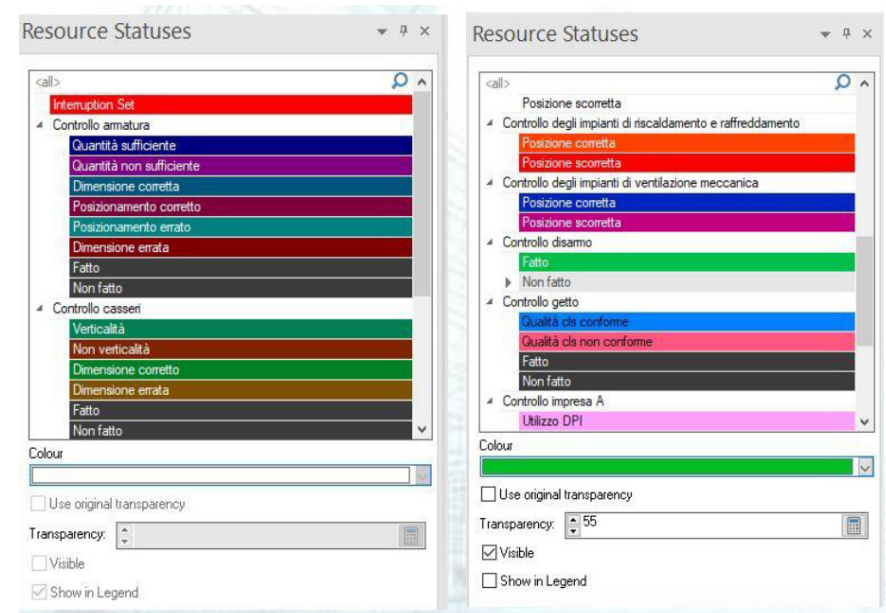
La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Fonte: Unibs

Qualità del processo costruttivo: controllo *FieldBIM*



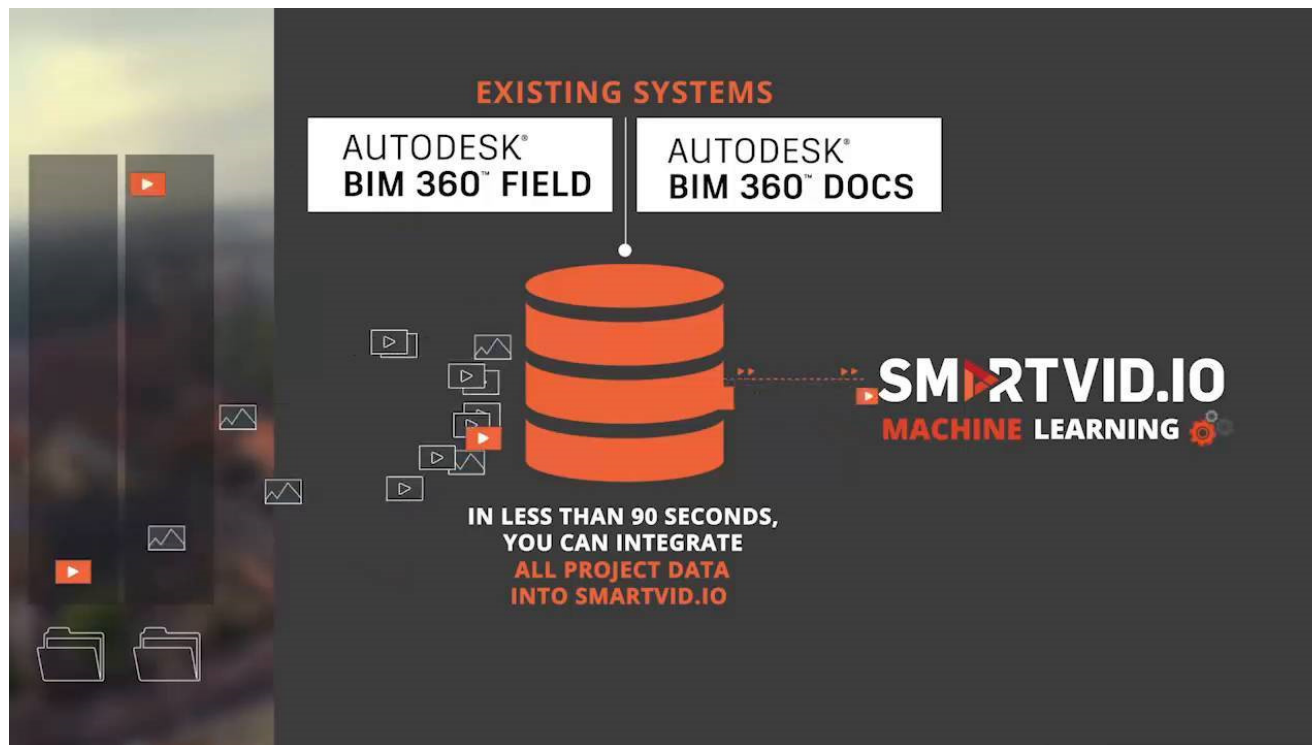
Fonte: Synchro SITE



Fonte: Unibs

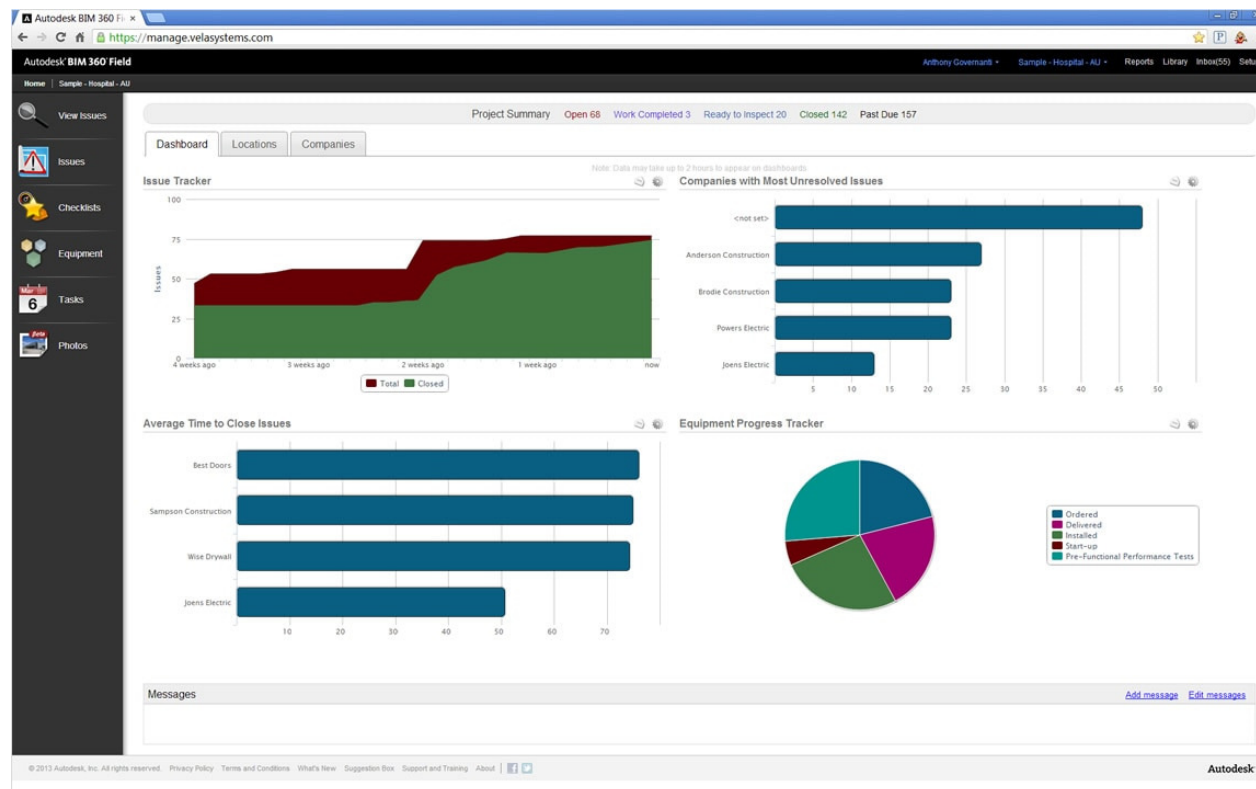
La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità del processo costruttivo: predizione? Il potenziale di Machine Learning, Big Data Analytics e Artificial Intelligence



Fonte: SmartVid

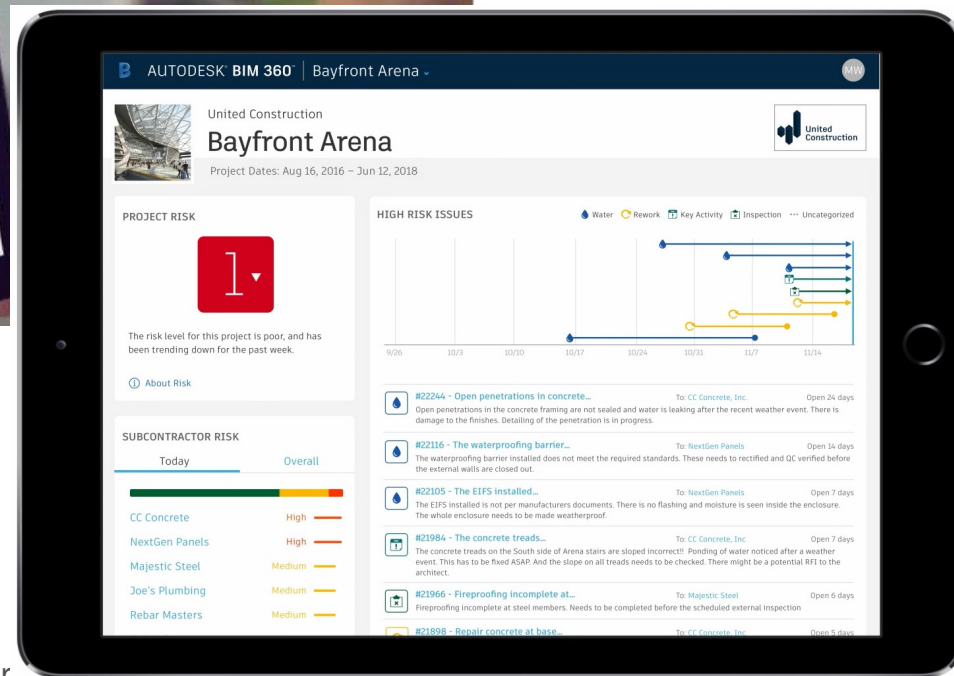
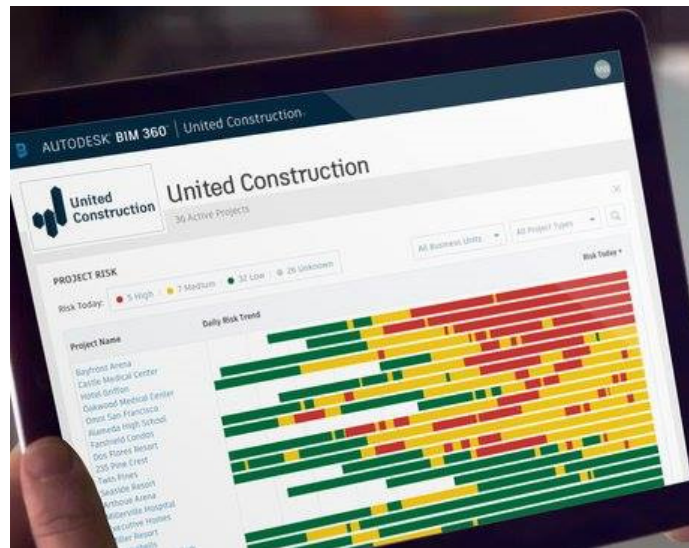
Qualità del processo costruttivo: predizione? Il potenziale di Machine Learning, Big Data Analytics e Artificial Intelligence



Fonte: Autodesk

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Qualità del processo costruttivo: predizione? Il potenziale di Machine Learning, Big Data Analytics e Artificial Intelligence



La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del pr...
 Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Fonte: Autodesk

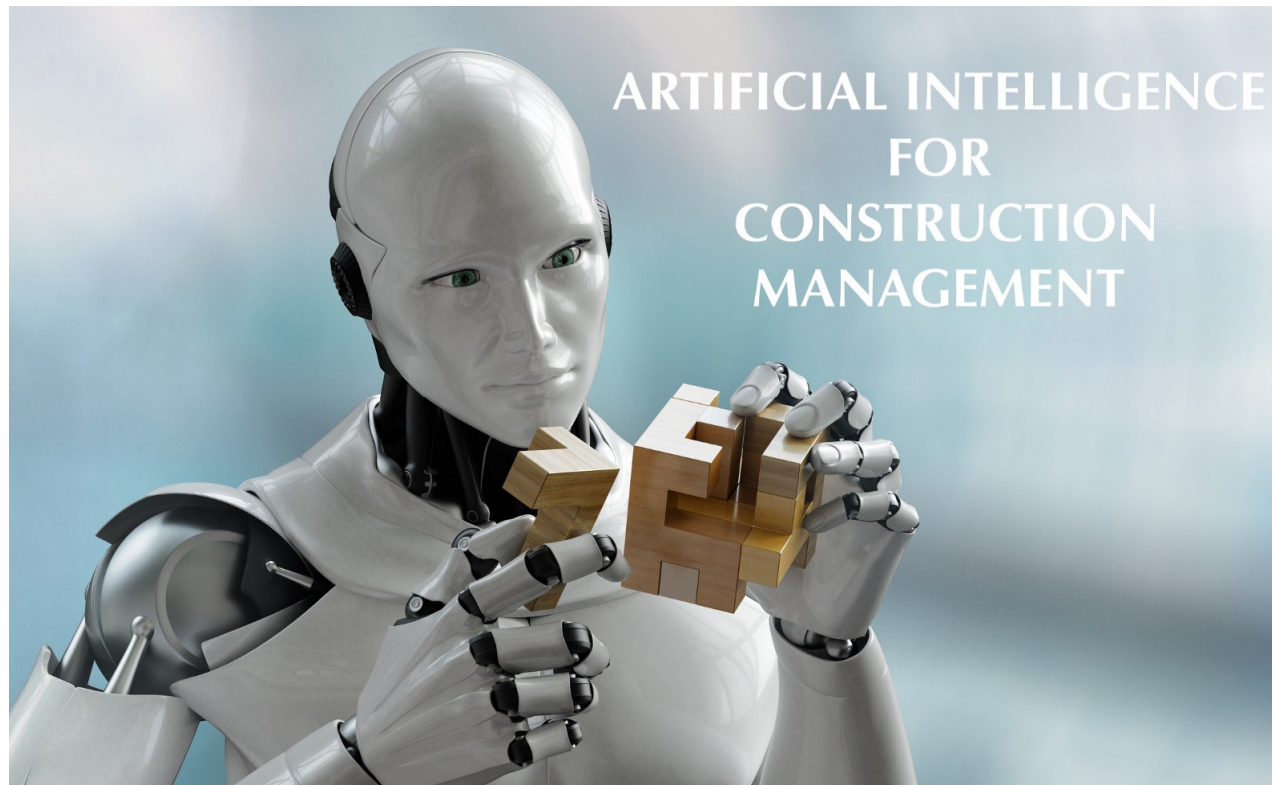
Qualità del processo costruttivo: predizione? Il potenziale di Machine Learning, Big Data Analytics e Artificial Intelligence

Power BI

- Pulls from the data catalog
 - Financials
 - Project processes
 - RFI's
 - Submittals
 - Meetings
 - Quality Pending



Qualità del processo costruttivo: predizione? Il potenziale di Machine Learning, Big Data Analytics e Artificial Intelligence



Fonte: Medium

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo
Prof. Angelo L.C. Ciribini & Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

La relazione tra qualità e digitalizzazione nelle fasi del processo

Ing. Silvia Mastrolemba Ventura

Graduate Research Assistant, Università degli Studi di Brescia
PhD Candidate, Politecnico di Milano

 silviamastrolemba@gmail.com

 [@s_mastrolemba](https://twitter.com/s_mastrolemba)