

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica



Tesi di Laurea Magistrale

**BIM a supporto della progettazione elettrica: tools per la
determinazione del carico elettrico preliminare e del computo
metrico definitivo**

Relatori:

Prof. Paolo Di Leo

Ing. Matteo Del Giudice

Prof. Anna Osello

Candidato:

Giulio Manco

Marzo 2022

Anno Accademico 2020/2021

Indice degli argomenti

| | |
|---|-----------|
| Il Metodo B.I.M. | 5 |
| 1.1 Generalità | 5 |
| 1.2 Interoperabilità | 8 |
| 1.3 “Begin with the end in Mind”: Curva di MacLeamy | 9 |
| 1.4 BIM Monitoring e Manutenzione Predittiva | 11 |
| 1.5 Riorganizzazione del Lavoro..... | 12 |
| 1.7 Formato IFC e BCF..... | 12 |
| 1.8 Flusso di lavoro del progettista elettrico bim specialist | 13 |
| Obiettivo | 15 |
| Caso studio: Interrati “Grattacielo Regione Piemonte” | 17 |
| 3.1 Da CAD a Information Modeling | 21 |
| 3.2 Creazione famiglie di oggetti | 23 |
| 3.2.2 Creazione Connettori elettrici. Criticità modellazione elettrotecnica | 26 |
| 3.3 Immissione famiglie..... | 29 |
| Descrizione programmi | 33 |
| 4.1 Calcolo di potenza preliminare da modello architettonico | 36 |
| 4.2 Computo metrico attrezzatura da modello elettrico | 49 |
| Conclusioni | 59 |
| Bibliografia | 61 |

Abstract

La progettazione di impianti per la fruizione di servizi essenziali quali acqua, calore, energia elettrica, è sempre stata svolta in maniera autonoma dai singoli progettisti o tecnici.

L'interfacciamento con i colleghi è di fondamentale importanza quando si passa alla fase esecutiva dell'opera, specialmente quando si tratta di opere complesse e multifunzionali.

I metodi "tradizionali", nel flusso di lavoro dal progetto fino all'esecuzione, hanno sempre causato rallentamenti per via di incompatibilità realizzative tra i diversi progetti dell'opera (progetto strutturale, architettonico, elettrico, meccanico ecc..) e di inefficiente comunicazione tra progettisti.

Il metodo BIM ha dato, fin da subito, prova di essere uno strumento utile a tagliare i tempi morti in corso d'opera.

Esso si basa su un processo di modellazione che avviene attraverso elaborazione di informazioni utili non solo alla progettazione del singolo ma che vengono rese presenti anche agli altri progettisti coinvolti nell'opera.

Diversi software sono in grado di utilizzare questo metodo di elaborazione di dati, ognuno di essi ne sfrutta una percentuale diversa del potenziale.

Ma, se da un lato il metodo bim sta svolgendo un ruolo significativo sull'organizzazione del lavoro, è necessario scovarne le criticità e i punti di miglioramento.

La fase di progettazione preliminare, la progettazione "da zero", è ancora adoperata in maniera tradizionale.

I bim use ed i software presenti sul mercato svolgono un ottimo lavoro di facilitazione in ambito di progettazione definitiva, esecutiva e nella manutenzione ma sono carenti in una fase di inquadramento iniziale dell'opera, dove il progettista deve ancora puntare unicamente sulle normative e sulla sua stessa esperienza.

Un uso del bim "entry level" sarebbe capace di coinvolgere ancora di più tecnici e progettisti ed aiuterebbe certamente la diffusione di questa tecnologia.

Nel corso di questa trattazione, saranno proposti dei possibili esempi di uso del metodo BIM come aiuto alla progettazione elettrica non solo in fase definitiva ed esecutiva, ma anche preliminare.

Il discorso sarà introdotto con una visione ampia sullo stato dell'arte della tecnologia BIM per poi provare a delineare le possibilità future in ambito impiantistico.

Il caso studio per mezzo del cui tali osservazioni saranno poste sarà quello della modellazione BIM in ambito impianti elettrici della porzione Interrati de "Grattacielo Regione Piemonte" a Torino, in collaborazione con il laboratorio "Drawing to the Future" del Politecnico di Torino.

Capitolo 1

Il Metodo B.I.M.

1.1 Generalità

Il termine “BIM” è l’acronimo di “Building Information Modeling”, ossia modello informativo di una costruzione.

Il metodo BIM rappresenta un nuovo modo di rappresentare opere edilizie e infrastrutture: la modellazione 3D collegata alle informazioni inerenti la struttura e gli impianti presenti consente la gestione facilitata dell’opera dalla progettazione al suo fine vita, passando per realizzazione e manutenzione.

Alla base della filosofia BIM vi è la condivisione in tempo reale delle informazioni inerenti alla struttura e alle varie fasi di progetto. Esso infatti, non si presenta unicamente come “strumento” di progettazione bensì come un ripensamento del flusso lavorativo degli attori in gioco, in maniera tale, uniformandosi ad un unico standard, da ridurre al minimo errori e discrepanze nelle scelte progettuali.

Obiettivo del BIM risulta essere la rappresentazione in tempo reale dell’edificio, rappresentazione non solo grafica ma anche parametrica, così facendo si necessitano informazioni aggiornate su fattori strutturali, geometrici ed energetici.

Da un punto di vista maggiormente specifico sul settore impiantistico, la capacità di rappresentazione del BIM delle varie parti di impianto, posizionate nello spazio geometrico 3D permette di evidenziare la presenza di conflitti con progetto architettonico o strutturale.

L’appena citata possibilità di compenetrazione nella rappresentazione tra modello impiantistico e base architettonica rappresenta una grande rivoluzione in ambito progettuale data dal metodo.

Un’altra innovazione risulta data dalla possibilità di ottenere un computo metrico aggiornato e dinamico, dipendente in tempo reale dalle modifiche applicate alla

progettazione.

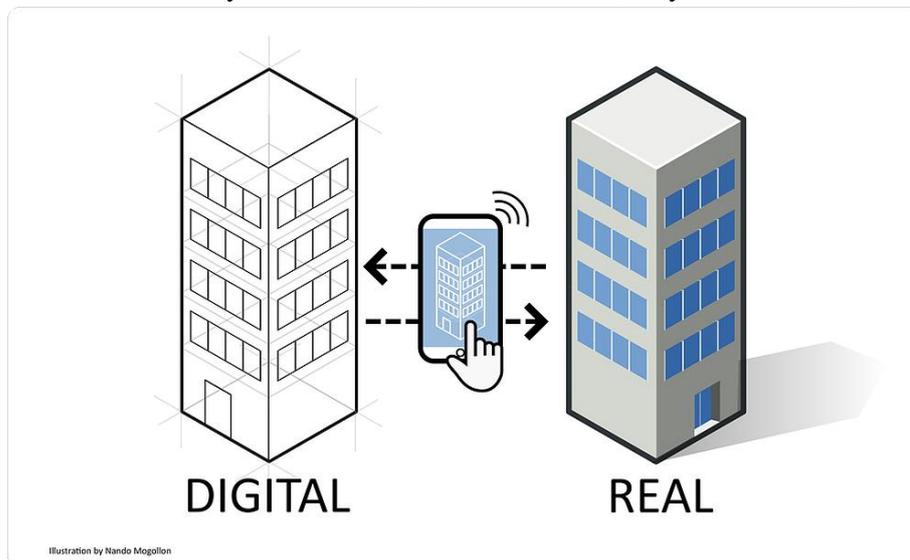
Ciò risulta in una facilitazione non indifferente nel lavoro del tecnico.

Operare con la metodologia BIM vuol dire creare un modello virtuale di un edificio e avere la possibilità di effettuare tutte le operazioni desiderate (sia nella fase progettuale e realizzativa che in quella di management) su tale modello, riuscendo a prevedere il comportamento nell'edificio reale.

In pratica è possibile effettuare delle simulazioni sul modello virtuale, prevedendo la risposta del modello reale. Ciò comporta un vantaggio enorme, sia in termini di tempo che di costi.

Oltre ai vantaggi notoriamente legati all'attività di progetto e realizzazione, anche la fase di manutenzione trova notevoli benefici: valutare gli effetti dei possibili interventi sul modello virtuale consente di definire in maniera assolutamente oggettiva quale sarà l'intervento migliore.

Questo è il concetto di *Digital Twin* (gemello digitale), ovvero un modello digitale che funge da duplicato di un oggetto reale sul quale fare test per poter formulare previsioni sul comportamento fisico dell'edificio. ("From BIM to digital twins: a systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry" Kirti Ruikar, Ketan Kotecha, Sayali Sandbhor, Albert Thomas).



Fonte: <https://www.buildingincloud.net/gestione/cose-il-digital-twin-il-ruolo-del-bim/>

La presenza di sensori disseminati lungo tutto l'edificio, capaci di monitorare le grandezze fisiche in gioco, facilita la generazione di una notevole quantità di dati, la cui analisi è in grado di definire in ogni istante il funzionamento corretto degli impianti e di tutti i componenti, al fine di mantenere costantemente il comportamento ottimale.

La tecnologia IoT (*Internet of Things*) ben si presta a questo tipo di applicazioni. L'Internet delle cose consente agli oggetti di trasferire informazioni alla rete, simulando appunto un "dialogo" tra gli oggetti in rete. (fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_delle_cose)

Per far funzionare correttamente l'Internet of things, affinché sia davvero utile a noi, è importante processare, raccogliere ed analizzare grandi volumi di dati in tempo reale (ad esempio dai sensori).

L'industria delle costruzioni è afflitta da criticità strutturali che ne penalizzano efficienza e produttività.

Enorme criticità risulta nella difficoltà di prevedere a priori costi e tempi di un'opera, per via anche di inefficienze organizzative e imprevisti.

Un interessante studio, sviluppato dal CIFE (Center of Integrated Facility Engineering) della Stanford University confronta la produttività dell'industria in settori non agricoli dal 1964 al 2004.

In questo periodo la produttività delle industrie non agricole, in cui inclusa quella delle costruzioni, è più che raddoppiata.

Nel contempo la produttività dei lavoratori nel settore delle sole costruzioni è diminuita di circa il 10% rispetto a quella del 1964.

L'ipotesi formulata per giustificare la progressione positiva della curva relativa all'industria manifatturiera, prende in considerazione l'effetto positivo dovuto all'affermarsi dell'automazione, dei sistemi informativi, di una migliore metodica dei sistemi di approvvigionamento e di un miglioramento dei processi collaborativi.

Pertanto, la chiave della produttività, negli ultimi anni è stata rappresentata dall'informatizzazione, digitalizzazione e automazione dei processi.

Tutti questi aspetti, non essendo stati ancora adeguatamente assorbiti dal settore delle costruzioni, avrebbero portato ad una sostanziale stazionarietà del trend di crescita.

L'intervento del metodo BIM, frutto della digitalizzazione e informatizzazione del processo costruttivo, ha dimostrato essere utile ai fini di diminuire le inefficienze che colpiscono il settore.

1.2 Interoperabilità

Peculiarità del BIM è la possibilità di che hanno diversi professionisti di altrettanto diverse discipline di interagire con il modello in tempo reale. Pertanto il flusso di informazioni sarà variegato e relativo ad ogni ambito:

- Sicurezza
- Geometria
- Materiali
- Struttura portante
- Impianti
- Costi
- Caratteristiche termiche
- Manutenzione
- Ciclo di vita
- Demolizione
- Dismissione
- Ecc...

Il livello di dettaglio di progettazione attraverso BIM assume risultati così alti da "creare" un edificio virtualmente, prima che esso sia reso possibile nella realtà.

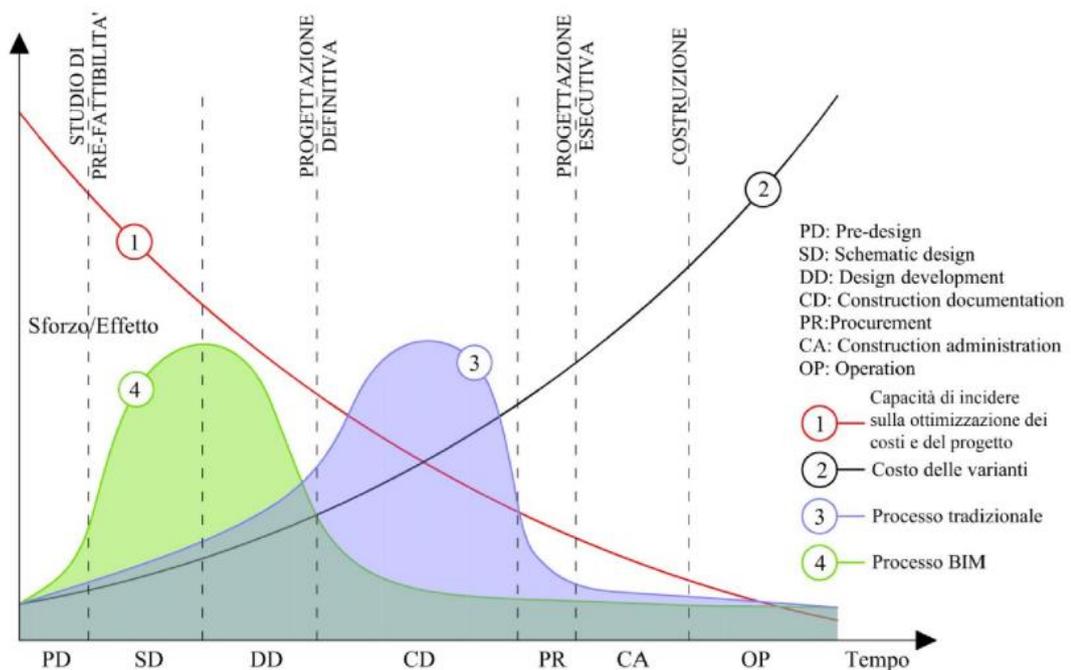
La comunicazione, e quindi il passaggio di informazioni, assume un ruolo principale nel processo ma, a differenza di come accadeva nel metodo tradizionale, essa è facilitata dalla tecnologia apportata dal metodo BIM.

La riorganizzazione del flusso lavorativo e delle mansioni, l'utilizzo di formati dati aperti, quali .ifc e .bcf facilitano le operazioni di comunicazione tra i vari attori del processo.

1.3 “Begin with the end in Mind”: Curva di MacLeamy

Un’ulteriore declinazione delle performance offerte da un approccio BIM, in contrasto rispetto alle inefficienze prodotte da un processo progettuale tradizionale, è mostrata dalle note curve di Mac Leamy.

Le curve rappresentano lo sforzo nelle varie fasi di progettazione: studio di fattibilità, progettazione schematica, progettazione definitiva, documentazione costruttiva, acquisto, coordinamento della costruzione e azione.



1. Curve di MacLeamy per lo studio dell'efficienza dei processi di progettazione

Fonte: <https://docs.dicatechpoliba.it/filemanager/25/a,a,%202018-19/BIM/Anticipazione%20nel%20BIM.pdf>

La curva (1) rappresenta un processo di progettazione in cui lo sforzo maggiore avviene in fase preliminare. Tale processo tende ad ottimizzare costi e procedure.

Partendo dalla fase di pre-design lo sforzo decresce al continuare del processo.

La curva (2), con andamento contrario rispetto alla (1), rappresenta i costi derivanti da un'eventuale variante progettuale.

Quest'ultima tende a far avvenire sforzi progettuali in fasi finali. Ciò comporta sforzo maggiore e maggiori costi.

Pertanto, le modifiche progettuali risultano avere un costo minore se effettuate durante le prime fasi.

Il processo progettuale tradizionale rappresentato dalla curva (3) denota quanto le modifiche al progetto siano effettuate tra la fase di progettazione definitiva e quella esecutiva andando a inficiare e allungare la catena decisionale e il processo.

In questo momento i costi per la realizzazione delle varianti (curva 2) sono notevolmente più alti rispetto alle situazioni in cui sarebbero state valutate inizialmente.

La curva (4) rappresenta l'approccio del metodo BIM.

La forza di tale metodo risulta nel poter valutare semplicemente varianti in una fase di processo in cui esse non influiscono troppo sui costi, precisamente tra disegno schematico e progetto definitivo.

La strutturazione del metodo e la riorganizzazione del lavoro che esso comporta hanno risultati consolidati in termini di costi e sforzi.

A valle di tali ragionamenti, sarà mostrato in seguito un applicativo capace di dare supporto e velocizzare i processi in termini di progettazione preliminare elettrica, favorendo una maggiore ottimizzazione di tempi e costi della progettazione.

1.4 BIM Monitoring e Manutenzione Predittiva

Tra i settori di maggior applicazione attualmente nel mercato troviamo il BIM monitoring.

La tecnologia BIM, l'Internet delle cose e il settore impiantistico trovano il loro punto di incontro nell'innovazione data dalla manutenzione predittiva.

La manutenzione predittiva permette di sostituire un oggetto di impianto prima che arrivi a fine vita. (UNI 10147:2021 Manutenzione - Termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni)

Questo è possibile dall'incrocio e dal confronto di un grande flusso di informazioni quali ad esempio: dati del costruttore inseriti via BIM in parametri tipo ad hoc, misurazioni in tempo reale delle grandezze fisiche, segnali dati da sensori.

Tale mole di dati necessita di un "cervello" tale da poter essere interpretata correttamente in modo tale da elaborare degli output adeguati.

Tale sistema si compenetra con quello che è il BMS, "Building Management System", quindi la gestione dell'edificio nelle sue componenti.

L'impresa di manutenzione, in uno scenario ideale, sarebbe avvertita di una disfunzione prossima, agendo in tempo ed evitando disagi sul nascere, di qualsiasi entità tali disagi siano.

Il discorso potrebbe espandersi anche sul settore consumi e monitoraggio di potenza delle utenze, con sviluppi molto utili a diversi ambiti di ricerca e statistica.

1.5 Riorganizzazione del Lavoro

Grazie al BIM, dal semplice disegno di oggetti parametrici si ottengono automaticamente viste, sezioni, e prospetti perfettamente allineati ed aggiornati rispetto al progetto.

Si lavora su un unico “oggetto virtuale” e ad ogni variazione del modello BIM corrisponde una variazione automatica e dinamica di tutti gli elaborati del progetto.

La creazione automatica di piante e prospetti riferiti ad un unico oggetto di studio è un grande passo avanti rispetto alla modellazione CAD 2D dove le sezioni vanno ancora disegnate “manualmente” con rischio di generare errori e incoerenze.

I software che adoperano Bim sono usualmente corredati da librerie di oggetti parametrici 3D, prelevabili e inseribili direttamente nel modello.

In sintesi tali vantaggi risultano in:

- Risparmio di tempi e costi: il progettista non dovrà disegnare notevoli quantità di linee ma inserire oggetti
- Riduzione degli errori dovuta a generazione automatica di viste e prospetti

1.7 Formato IFC e BCF

L'IFC (Industry Foundation Classes) è un formato dati aperto, non controllato da un singolo operatore, nato per facilitare comunicazione e operabilità tra i vari operatori.

Ha lo scopo di consentire l'interscambio di un modello informativo in una maniera pura e senza perdita di dati. Esso è stato implementato come vettore della trasmissione di informazioni inerenti l'edificio durante tutto il ciclo di vita, dall'analisi di fattibilità fino alla sua realizzazione e manutenzione, passando per le varie fasi di progettazione e pianificazione ed è il formato file in ambiente BIM.

Essendo un formato aperto, consente una facilitazione di lettura per diversi programmi e ambienti di lavoro, favorendo l'interoperabilità del metodo BIM.

Il formato .bcf (“BIM collaboration format”) facilita la comunicazione tra modelli BIM e i diversi progettisti coinvolti nella modellizzazione. Permette lo scambio di indicazioni e aiuta a identificare problemi inerenti al modello.

Permette, nella pratica, di inserire annotazioni sul modello che saranno ricevute da altri attori della progettazione.

Il suo uso facilita una nuova metodologia di lavoro, in cui il processo di progettazione risulta maggiormente controllato e autoregolamentato.

1.8 Flusso di lavoro del progettista elettrico bim specialist

Il flusso di lavoro BIM è caratterizzato dalla presenza di più figure, quali ad esempio: BIM Specialist, BIM Coordinator, BIM Manager.

Il primo si occupa della modellazione nel suo settore ed occupa il livello più basso di gestione. E’ la figura più vicina al tecnico progettista tradizionale, dove, però, oltre ad estrazione dati di computo e analisi di fattibilità, si occupa anche delle operazioni di modellazione 3D.

Il BIM Coordinator partecipa maggiormente della coordinazione tra i vari BIM specialist di settore, tramite lo studio delle clash detections e delle interferenze tra i vari modelli. Solitamente è addetto all’aggiornamento delle librerie BIM da fornire agli specialist.

Suo ruolo è anche quello di supporto al BIM manager, nelle operazioni di computo e capitolato tecnico.

Il BIM manager è, invece, nella scala, la figura più vicina al cliente, capace di interpretare al meglio le sue esigenze e riportarle nel flusso di lavoro. Sua fondamentale responsabilità è nel garantire corretta immissione delle informazioni nel modello BIM.

Da un punto di vista della progettazione elettrica, il bim specialist elettrico lavora inizialmente sfruttando come base il modello architettonico dell’edificio. La variazione repentina e in tempo reale del “sottostante” e l’automatica segnalazione di interferenze, qualora un aggiornamento del modello architettonico

cozzi con le modifiche all'impianto elettrico, permettono un aumento di produttività rispetto alla modellazione CAD 2D.

Non per questo, però, la comunicazione con la controparte architettonica deve farsi meno presente, eventuali modifiche o richieste per locali utili agli impianti dovranno essere discusse.

I BIM specialist lato meccanico, quindi progettisti meccanici, agiranno con la stessa base architettonica, in maniera indipendente, coadiuvati dal supporto della tecnologia pocanzi citato. In realtà, la collaborazione tra impiantisti è necessario sia presente onde evitare interferenze che non abbiano a che fare con un punto di vista unicamente strutturale o spaziale, come le interferenze con modello architettonico, ma anche funzionale e di sicurezza.

Il BIM coordinator si occuperà di fornire le famiglie da immettere al BIM Specialist, mentre il BIM manager avrà cura che l'intero modello BIM e flusso di dati relativo funzioni correttamente.

E' indubbia la velocizzazione dei processi che il BIM apporta al flusso di lavoro, ma ciò non basta a tagliare la comunicazione tra i vari attori.

La collaborazione con esterni, non colleghi, potrebbe essere facilitata dall'uso di standard comuni dati dal flusso BIM e dagli aggiornamenti automatici del modello dati da questa tecnologia.

Capitolo 2

Obiettivo

La metodologia BIM presenta enormi vantaggi asservita alla progettazione impiantistica.

D'altra parte, però, quest'ultima è ancora adoperata in maniera tradizionale (CAD 2D).

Il metodo tradizionale si serve di strumenti puramente grafici al fine di rappresentare le scelte tecnologiche. La semplicità e l'immediatezza di tale metodo si scontra con la capacità di incorrere in errori e/o rallentamenti.

In tale metodo, la modellazione ha come fine ultimo il conteggio delle apparecchiature ai fini del computo metrico estimativo.

Si pone, pertanto, molta attenzione a rappresentare gli oggetti con blocchi e layer corretti, in quanto la funzione del "seleziona simile", utilizzata per il computo, riconosce univocità ad un oggetto attraverso questi due primi parametri.

Eventuali aggiunte erronee di blocchi nello spazio "Modello" esterne alla rappresentazione falsano il conteggio finale. In conclusione, il metodo tradizionale necessita di un modo di agire ordinato, chiaro ed uniformato sia nel lavoro del singolo progettista, sia all'interno di gruppi di professionisti. La mancanza a priori di standard comuni tra i diversi attori può far incorrere in errori e rallentamenti della progettazione.

Il metodo BIM presenta intrinsecamente una modalità di maggior definizione nella rappresentazione degli oggetti, non più associati a similarità geometriche ma a "classi" e "famiglie". La possibilità di associare parametri agli oggetti modellati e la capacità di esplorare uno spazio non più bidimensionale ma tridimensionale possono facilitare il progettista nell'ambito della progettazione definitiva, dove una volta modellata l'attrezzatura da piazzare si possono valutare con più approfondimento gli ingombri

utilizzando le varie opzioni di visualizzazione. Stesso discorso per le fasi manutentive dell'opera e di gestione. Riguardo le fasi di progettazione preliminare ed esecutiva dell'opera, il metodo BIM non offre ancora ufficialmente strumenti definiti e consolidati come aiuto al progettista.

Ciò che invece Autodesk Revit, software per metodo BIM principale, offre, è la possibilità di usare un “manipolatore di informazioni” inerenti al modello, Dynamo, capace di ordinare parametri secondo regole definite dall'utente e di stampare risultati dell'elaborazione in qualsiasi formato, tra cui in forma di foglio di calcolo Excel, ambiente di lavoro più noto.

Le potenzialità di Dynamo vanno ben oltre l'ordinamento di valori associati a parametri, esso infatti è in grado di compiere qualsiasi azione all'interno dello spazio BIM da comando utente. La compilazione delle righe di codice di comando avviene attraverso un sistema di programmazione visuale, data per cui l'utente utilizzerà un'interfaccia grafica più intuitiva al fine di collegare le varie funzioni presenti nelle librerie. Le librerie di funzioni risultano essere di pubblico dominio ed uso e vengono costantemente ampliate ed aggiornate e le possibilità di combinarne le funzioni danno vita a sempre maggiori combinazioni d'uso.

Con il presente lavoro di tesi si vuole dimostrare quanto il metodo BIM apporti maggiori facilitazioni in ambito progettazione elettrica e quanto sia accessibile per un progettista “entry level” creare da sé, in maniera totalmente indipendente ed interna al programma di modellazione BIM, gli strumenti adatti ai propri fini.

In particolare, sarà illustrata l'implementazione di due software, uno per supporto al calcolo di potenza in progettazione preliminare, l'altro alle operazioni di computo metrico in fase di progettazione esecutiva.

Il caso studio per mezzo del cui tali osservazioni saranno poste sarà quello della modellazione BIM in ambito impianti elettrici della porzione Interrati de “Grattacielo Regione Piemonte” a Torino, in collaborazione con il laboratorio “Drawing to the Future” del Politecnico di Torino.

Il caso studio di questa trattazione è il settore “Interrati” de “Grattacielo Regione Piemonte”, corrispondente a piano -1 e -2 dell'opera.

Capitolo 3

Caso studio: Interrati “Grattacielo Regione Piemonte”

L'edificio, opera dell'arch. *Massimiliano Fuksas* si inserisce in un più ampio obiettivo di riqualificazione dell'ex polo industriale di Nizza-Millefiori, in un'area che fino a poco tempo fa accoglieva gli impianti della **FIAT** Avio. Il progetto si compone, oltre la torre, di un centro servizi, di una corte interrata a servizio dell'edificio e di un parcheggio su 3 piani con capienza 1100 posti.

La struttura ha un forte valore strategico e ha come obiettivo quello di unificare le postazioni d'ufficio della Regione, al momento sparse sul territorio, in un unico luogo. Concorrerà anche, come anticipato, ad una riqualificazione generale della zona, oramai ex polo industriale.

Funzione dell'impianto elettrico del grattacielo è fornire assoluta continuità alle utenze con un sistema di alimentazione ridondata.

Punto di consegna della fornitura è in angolo via Nizza con Via Farigliano. La cabina è composta di due locali, uno lato distributore, accessibile solo ad esso, l'altro lato utente.

Caratteristiche della fornitura: 24 kV ad una frequenza di 50 Hz.

Il collegamento alla rete di potenza edificio è svolto con commutatore tra le due linee da QGMTC-01 e QGMTC-02, in modo tale da fornire alimentazione da una partenza o dall'altra in caso di disalimentazione per disservizi o lavorazioni.

Dal quadro QGMTC-01/02 si stacca, quindi, una partenza per il quadro QGMTD-00, anch'esso in media tensione.

A valle di quest'ultimo, si ha la partenza di due linee che collegano le cabine di distribuzione.

Le cabine di distribuzione sono collegate tra loro e gestite in anello aperto al fine di aumentare il grado di connessione, compartimentando, così, eventuali disalimentazioni.

Per l'appunto, le cabine in MT di cui sopra sono quattro e sono destinate all'alimentazione di parcheggio, centro servizi, impianti fluidodinamici e utenze Torre.

La cabina relativa alla torre MT-01 si trova al piano -2 degli Interrati torre.

In questa cabina MT/BT sono presenti i quadri generali di distribuzione e quattro trasformatori in resina Dyn11, due di potenza 2500 kVA e due da 500 kVA uno dei quali di riserva.

Qualora l'alimentazione da fornitura IRETI venisse meno, subentra l'alimentazione da parte dei due gruppi elettrogeni da 2 MVA/400V posti nel locale dedicato.

Ogni trasformatore lavora disaccoppiato dagli altri e mai in parallelo.

Nello specifico, un trasformatore si occupa di alimentare le utenze in bassa tensione della torre, un altro fornisce potenza agli **UPS**, mentre l'ultimo a 500 kVA alimenta i quadri e i dispositivi deputati alla sicurezza (Antincendio, Video sorveglianza, etc.).

L'impianto ha uno sviluppo ad albero con una distribuzione per piano (verticale) e per livello (orizzontale).

Le utenze al piano vengono alimentate da due derivazioni separate, una relativa alla alimentazione ordinaria ed una alla privilegiata.

I carichi sotto alimentazione privilegiata si dividono a loro volta tra quelli collegati sotto UPS (codifica P0) e quelli sotto gruppo elettrogeno (codifica P15).

Questi dovranno attendere un intervallo di 15 min per essere rialimentati, tempo che sintetizza l'accensione e la messa in regime dei motori Diesel nel gruppo elettrogeno.

I circuiti Safety A e Safety B si occupano dell'alimentazione impianti speciali (antintrusione, videosorveglianza, ecc..).

La distribuzione dati e telefonia ha quadro posizionato nel locale quadri a ridosso del cavedio ed estensione in canalina affianca con setto divisorio ai collegamenti di forza motrice.

La zona Interrati Torre è composta prevalentemente da locali adibiti ad Archivio e Magazzini che occupano la maggioranza della superficie. Sono presenti anche uffici cartografici, servizi sanitari, sala riunioni e un presidio medico.

Dal punto di vista elettrico e impiantistico, in questa zona sono concentrati locali tecnici strategicamente fondamentali per l'intero complesso. Sono infatti presenti i locali con trasformatori MT/BT (che fanno da snodo tra la cabina di fornitura di MT e i quadri generali di Bassa Tensione), quadri generali di tutti i tipi di alimentazione dell'edificio, rack per impianti speciali, UPS e carichi capacitivi per il rifasamento del fattore di potenza dell'infrastruttura.

La zona Interrati Torre si sviluppa su due piani, -1 e -2, e, da un punto di vista impiantistico, è divisa in zone elettriche, ogni piano con la sua suddivisione.

Ognuna di queste suddivisioni è alimentata da un quadro di zona nel quale convergono i circuiti dei vari tipi di alimentazione utili alla fruizione dei servizi. Attraverso tale compartimentazione si può garantire meglio la continuità elettrica ed una minore propagazione di disservizi.

Tali quadri sono alimentati con derivazione ai quadri generali presenti negli interrati stessi.

Gli apparecchi di illuminazione adoperati sono perlopiù:

- lampade fluorescenti lineari da 80 W, 58 W, 36 W, 18 W per illuminazione locali di lavoro, zone di collegamento (corridoi), locali tecnici
- lampade fluorescenti compatte da 26 W con reattore elettronico e lampade 24 W per illuminazione servizi sanitari

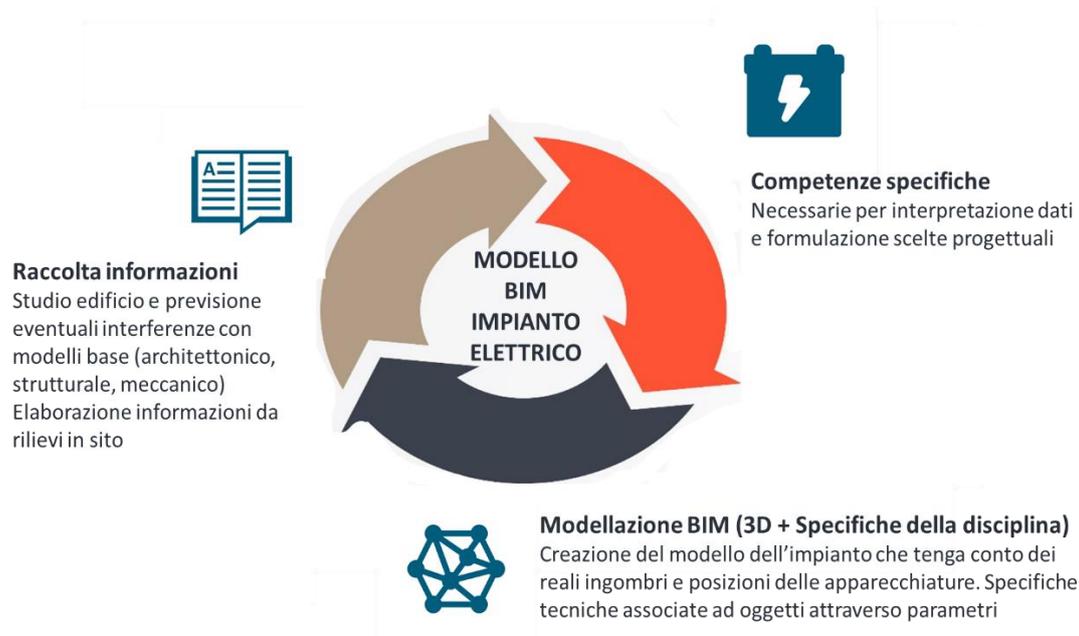
-
- apparecchio illuminante di emergenza autonomo 18 W per illuminazione di sicurezza, batteria con autonomia 1 h
 - apparecchio illuminante di emergenza per indicazione vie esodo T5
 - lampade di segnalazione chiamata bagno disabili dentro e fuori locale

Ed i carichi (apparecchi elettrici) comprendono:

- Rilevatori di presenza
- Prese bipasso 2x10/16 A +T, con interruttore automatico magnetotermico 1x16 A
- Gruppo prese industriali (2x16)+(3x16) A+T, tipo CEE interbloccate
- Gruppo prese serie civile per alimentazione posto di lavoro torretta a scomparsa
- Gruppo prese serie civile per alimentazione posto di lavoro a parete
- Punto di alimentazione per apparecchio asciugamani a parete
- Punto di alimentazione per Ventilconvettori
- Punto di alimentazione per centrali impianti speciali
- Nodo equipotenziale supplementare a servizio dei locali medici
- Interruttori: unipolare, pulsante, con lampada spia, a tirante

Sono presenti, in gran numero, punti luce relativi ad alimentazione ordinaria, preferenziale e di sicurezza.

3.1 Da CAD a Information Modeling



2. Prerequisiti utili al perfezionamento di un modello BIM elettrico di un edificio

La modellazione dell'edificio è intesa nell'ambito del *Facility Management*, ovvero della gestione del patrimonio immobiliare e della manutenzione. Tale inquadramento sarà fondamentale ai fini della resa del modello, come sarà approfondito nei prossimi paragrafi.

Il compito è stato quello di rendere le informazioni (spaziali e relative alla disciplina elettrica) riguardanti la sezione Interrati Torre in un modello 3D BIM, precedentemente progettata (come l'intera struttura) con metodo tradizionale.

Parlando di manutenzione e gestione degli immobili, la priorità è data agli ingombri degli oggetti, alla loro corretta collocazione e al loro consumo energetico effettivo.

La metodologia è stata quella di modellare le famiglie di oggetti servendosi dei CAD 2D, vista controsoffitto, della progettazione definitiva per collocare accuratamente i vari oggetti dell'impianto sul software di modellazione BIM.

La criticità riscontrata in tale passaggio risiede nel fatto che i CAD 2D con vista controsoffitto non contengono informazioni sufficienti per una collocazione precisa dell'oggetto. Ai fini di un ottenimento di un modello maggiormente preciso, è stato

necessario svolgere sopralluoghi per verificare la corretta collocazione degli oggetti ed essere in possesso di ulteriori rappresentazioni CAD 2D maggiormente specifiche.

La precisione del modello e la sua efficacia nel simulare scenari di utilizzo dell'edificio è pertanto condizionata all'ottenimento di informazioni affidabili. Affinchè il modello possa essere definito un *Digital Twin* della struttura reale è necessario:

- Comunicazione precisa delle informazioni da progettista 2D a progettista BIM
- Elevata affidabilità e chiarezza del modello 2D (presenza e collocazione oggetti speculari tra disegno ed edificio reale)
- Recupero di tutte le informazioni necessarie finalizzato agli obiettivi della modellazione (no perdita di informazioni durante le varie fasi di progettazione)
- Buona resa del progettista BIM nel non omettere informazioni e nel restituire un modello fedele

Motivo di rallentamento nella modellazione è stata la collocazione in zone con alta densità di oggetti, dove simboli e linee tendono a sovrapporsi nella rappresentazione CAD 2D con vista controsoffitto rendendo poco chiara la trasmissione delle informazioni necessarie e generando omissioni nel modello BIM, recuperate in diverse "fasi" di modellazione.

3.2 Creazione famiglie di oggetti

Alla base di un approccio digitale BIM vi è il concetto della modellazione a oggetti. Il modello virtuale dell'opera è composto da oggetti, che a loro volta costituiscono una virtualizzazione delle entità dell'opera reale.

Tutti gli oggetti BIM sono ordinati in funzione di: disciplina, classe, famiglia, tipo, istanza:

- Disciplina ha a che vedere con il settore della progettazione di cui ci si sta occupando
- Classe è un raggruppamento funzionale; esempio in disciplina elettrica: apparecchi elettrici (carichi passivi, terminali), apparecchi per illuminazione (lampade, plafoniere), attrezzatura elettrica (quadri elettrici o elementi modellizzabili come tali -ovvero snodi di distribuzione dell'energia elettrica)
- Famiglia: insieme di oggetti accomunati da una caratteristica non funzionale, come forma, modalità di montaggio, geometria, ecc..
- Tipo: insieme di oggetti con caratteristica distintiva ed univoca all'interno della famiglia; esempio: wattaggio in una famiglia di lampade fluorescenti lineari
- Istanza: caratteristica propria e specifica di un singolo oggetto; esempio: collocazione, codice identificativo

Basandosi sulla legenda degli oggetti dell'impianto data dalla rappresentazione CAD 2D si è andati a convertire le informazioni sugli oggetti in famiglie per la modellazione e per il collocamento all'interno dell'edificio virtuale.

La differenziazione non è avvenuta quindi unicamente a livello di "famiglia" ma anche a livello di "tipo".

Caratterizzazioni di tipo sono state tensione di alimentazione e tipologia di utenza, ex: SL_80W (sorgente luminosa con potenza nominale 80W).

E' possibile creare parametri di tipo, utili a supportarci in calcoli o restituirci informazioni. Saranno visualizzati in un menù del genere:

Tipi di famiglia

Nome del tipo: SL_80W

Parametri di ricerca

| Parametro | Valore | Formula |
|---------------------------------------|------------|---------|
| Carico apparente | | = |
| Dimensioni | | |
| Dimensioni simbolo sorgente d'illumin | 609.6 | = |
| b | 1000.0 | = |
| b/2 | 500.0 | =b / 2 |
| h | 100.0 | = |
| s | 100.0 | = |
| s/2 | 50.0 | =s / 2 |
| Fotometrica | | |
| Fattore di perdita di illuminazione | 1 | = |
| Intensità iniziale | 1380.00 lm | = |
| Colore iniziale | 3000 K | = |
| Variazione temperatura colore lampad | <Nessuno> | = |
| Filtro dei colori | Bianco | = |
| Dati identità | | |

3. Schermata utile ad impostazione parametri di Tipo per famiglie di oggetti

3.2.1 LOD, LOG, LOI

Il grado di evoluzione informativo di un oggetto digitale è internazionalmente definito attraverso i LOD, *Level of Development (livello di sviluppo)*. Esso è il livello di approfondimento e stabilità dei dati e delle informazioni degli oggetti digitali che compongono i modelli.

La norma UNI 11337 prevede i seguenti livelli di sviluppo:

- LOD A – oggetto simbolico
- LOD B – oggetto generico
- LOD C – oggetto definito
- LOD D – oggetto dettagliato
- LOD E – oggetto specifico
- LOD F – oggetto eseguito
- LOD G – oggetto aggiornato

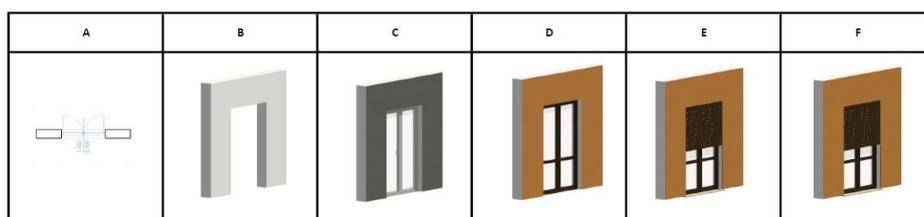


Tabella esempio UNI 11337

4. Esempio LOD riferito ad una Porta

Fonte: <https://www.progettiamobim.com/blog/approfondimenti/i-gradi-dei-lod/#>

Esso racchiude in sé livello di dettaglio geometrico (LOG) e livello di dettaglio informativo non geometrico (LOI).

Come anticipato precedentemente, l'obiettivo della modellazione inficia il dettaglio della stessa, sia che esso sia geometrico o informativo.

E' fondamentale che ogni scelta di modellazione sia adoperata avendo ben chiaro l'uso finale del modello, al fine di rendere il processo più efficiente a livello di tempi e non incrementare il livello di dettaglio senza che sia necessario. (*“Begin with the end in mind”*)

In questo caso, un modello improntato all'uso in ambito manutenzione/facility management/gestione potrebbe non necessitare di un alto LOG, livello di dettaglio geometrico. In corso di modellazione, infatti, sono stati omessi dettagli “visivi” dell'oggetto, riducendo la sua geometria alla sua forma primitiva.

Sono stati rispettate, invece, con maggiore fedeltà quando possibile, le dimensioni e gli ingombri degli oggetti stessi.

Una modellazione improntata ad un supporto alla gestione della struttura dovrebbe quindi affidarsi ad un LOI elevato piuttosto che ad un LOG di pari livello, senza dimenticare che anche qui è buona norma inserire solo le informazioni necessarie ed utili ai fini dell'uso del modello.

Oltre alle caratteristiche energetiche, in ambiente manutentivo, potrebbero essere utili informazioni sul montaggio, la sostituzione, sia che esse siano riguardanti modalità o date, informazioni su scheda tecnica e produttore ecc..

Dal punto di vista degli attributi geometrici degli oggetti, non sempre è stato possibile reperire informazioni specifiche da riportare nel modello, affidandosi a caratteristiche di prodotti simili trovate in rete e a verifiche più puntuali svolte in sopralluogo.

Il LOD adoperato durante la modellizzazione, in funzione degli obiettivi di quest'ultima, è stato del tipo B, non essendo stato reputato un necessario un livello di dettaglio maggiore.

3.2.2 Creazione Connettori elettrici. Criticità modellazione elettrotecnica

Il ponte tra una dimensione totalmente informativa (4D, 5D, 6D, 7D) del BIM e la dimensione geometrica (3D) è fornito dall'oggetto connettore.

Esso, inseribile nella creazione/modifica della famiglia su una singola superficie per volta, racchiude le informazioni riguardanti l'oggetto e le rende utilizzabili, qualora possibile, per calcoli di ogni tipo.

Di notevole importanza risultano i connettori della disciplina, in tal caso elettrica, utili alla creazione di sistemi/circuiti e ai relativi calcoli, una volta trasferita la famiglia nel progetto.

Cliccando sul connettore, situato su una superficie della famiglia, possiamo accedere ai parametri di tipo utili a caratterizzare l'oggetto.

Ad esempio: classificazione carico (utile per identificare le tipologie di carico collegate ad un quadro nei calcoli di potenza nei Sistemi), Voltaggio, numero di fasi, potenza apparente suddivisa per fase, tipo di alimentazione, fattore di alimentazione.

Sono state riscontrate alcune criticità in questa fase.

Precisamente, una volta cliccato su "tipo di alimentazione" viene posta la scelta se alimentazione bilanciata o non bilanciata.

Si è notato come, scegliendo "alimentazione bilanciata", non sia più possibile indicare una potenza apparente suddivisa per fasi, bensì un unico valore.

Nel caso di "alimentazione non bilanciata", è indicabile un unico valore di tensione e diversi di potenza apparente (suddivisa per fase).

Ciò può portare a tradurre "bilanciato" con il più noto, in elettrotecnica, "equilibrato", proprio perchè anche in situazioni di "alimentazione non bilanciata" è immettibile un solo valore di tensione, prova del fatto che il programma non modella carichi "non simmetrici" ovvero con tensioni diverse tra fasi, mentre è capace di modellizzare carichi "non equilibrati", ovvero con impedenze di fase diverse tra loro.

| | |
|--|--------------------------|
| Elemento di connessione <input type="button" value="Modifica tipo"/> | |
| Elettrico - Carichi <input type="button" value="↑"/> | |
| Tipo di sistema | Alimentazione no... |
| Alimentazione non bilanciata | |
| Classificazione carico | Altro |
| Carica motore class... | <input type="checkbox"/> |
| Voltaggio | 230.00 V |
| Fase 1 carico appar... | 18.00 VA |
| Fase 2 carico appar... | 18.00 VA |
| Fase 3 carico appar... | 0.00 VA |
| Fattore di alimenta... | 0.020000 |
| Dati identità <input type="button" value="↑"/> | |
| Servizio pubblico | <input type="checkbox"/> |
| Descrizione connett... | 36 w illuminazione l... |

5. Impostazione dati elettrici da connettore interno alla famiglia di oggetti

Il programma modella l'alimentazione per fasi ma richiede l'immissione manuale dei valori di potenza apparente per ogni singola fase coinvolta. Ciò è buono da un punto di vista della modellazione con carichi contenenti Neutro o Terra, considerati dal programma fasi con potenza apparente nulla (essendo che il programma modella il carico da un punto di vista stazionario/funzionamento a regime), ma è scomodo qualora noi avessimo come informazione la sola corrente nominale: essendo inseribili solo tensione e potenza apparente, quest'ultima va calcolata manualmente nella casella, con "=" all'inizio seguita dalle operazioni per calcolarla, a seconda se il sistema è trifase o monofase, equilibrato o no. Bisogna porre attenzione, inoltre, a suddividere correttamente la potenza tra le fasi.

"Fattore di alimentazione" altro non è che il fattore di potenza del carico in questione. Essendo presente a monte dell'impianto un carico di rifasamento, ciò è stato reso nel modello inserendo fattore di alimentazione uguale a 1 per ogni carico, che, pur non essendo teoricamente corretto, è equivalente da un punto di vista dei calcoli di potenza di zona, quindi sistemistico.

All'interno del settore "classificazione carico" si può indicare la funzionalità del carico. Tale informazione sarà presente tra le voci di potenza nei calcoli circuitali, accompagnata da un corrispettivo valore in potenza consuntivo di tutta la zona e collegato a quella precisa funzione.

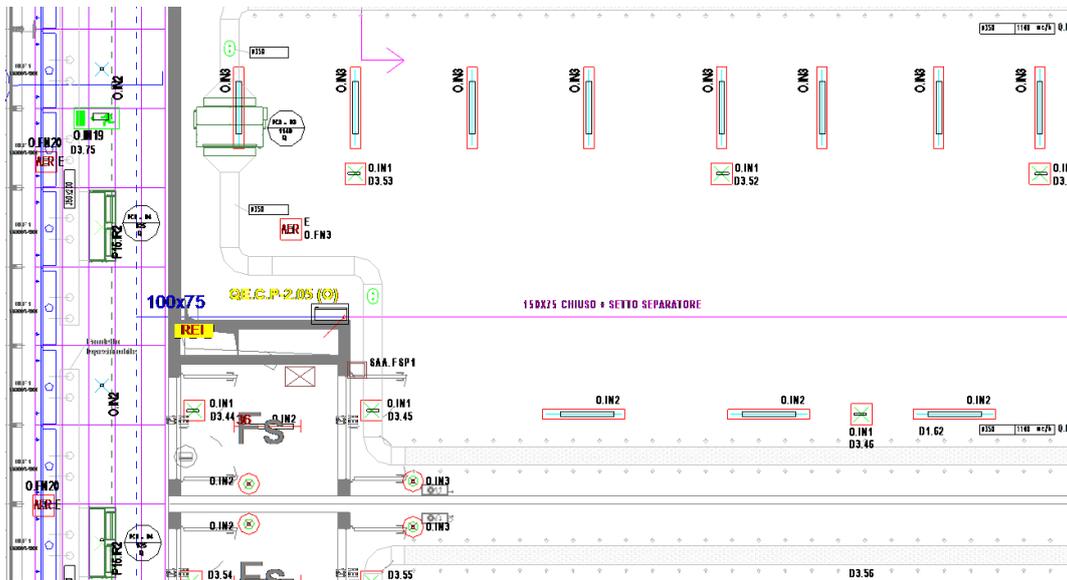
Aggiungendo maggiore precisione nella modellazione, sempre all'interno di "classificazione carico" è possibile definire un "fattore di richiesta" di cui si parlerà meglio a fine trattazione. Esso sarà utile nel differenziare, nei calcoli di potenza, la potenza nominale e la potenza "richiesta" che tiene conto dell'effettiva potenza consumata dai carichi statisticamente lungo un periodo di tempo (*fattori di utilizzazione e contemporaneità*).

E' possibile associare i carichi in "gruppi" attraverso la classificazione carico, utile ad associare un fattore di richiesta a gruppi di elementi e a modellizzare meglio, all'interno del software, una contemporaneità d'uso.

3.3 Immissione famiglie

Una volta create le famiglie, è possibile passare ad una fase di immissione nel progetto.

In questo caso, l'importazione dei file CAD da stato di fatto e sovrapposizione su modello bim pone maggiore supporto alle operazioni di modellazione e posizionamento delle famiglie di oggetti.



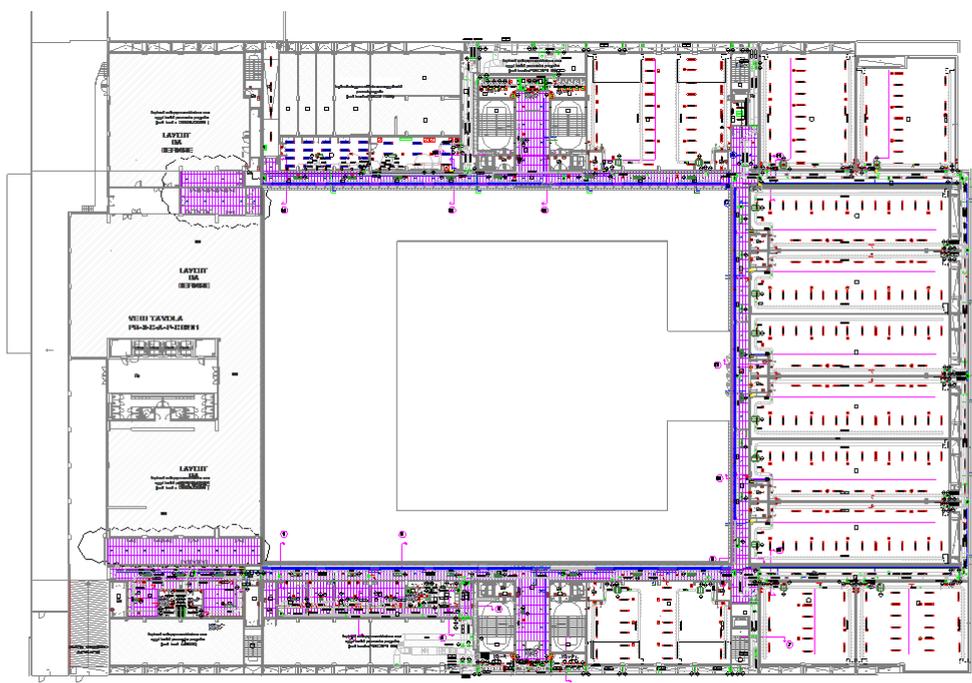
6. Sovrapposizione di disegno CAD a modello BIM come supporto alla modellazione

Le operazioni di copia e di selezione, implementate rispetto alle funzioni CAD di “seleziona simile”, permettono una maggiore velocizzazione dei posizionamenti.

E’ necessario sottolineare quanto, ai fini della restituzione di una modellazione maggiormente affidabile, sia necessario verificare quantità e posizionamenti degli oggetti di impianto grazie a rilievi in sede.

Nel passaggio da modellazione bidimensionale a tridimensionale, è indispensabile conoscere le altezze di montaggio dei vari strumenti di impianto, ciò rende maggiormente dipendenti da informazioni, CAD e non, pregresse e da risultati del rilievo.

Per tale motivo, si è svolto sopralluogo per verifica altezza montaggio e controsoffitti adoperando metro laser ad infrarossi. Si son poi riportate sul modello le informazioni acquisite.

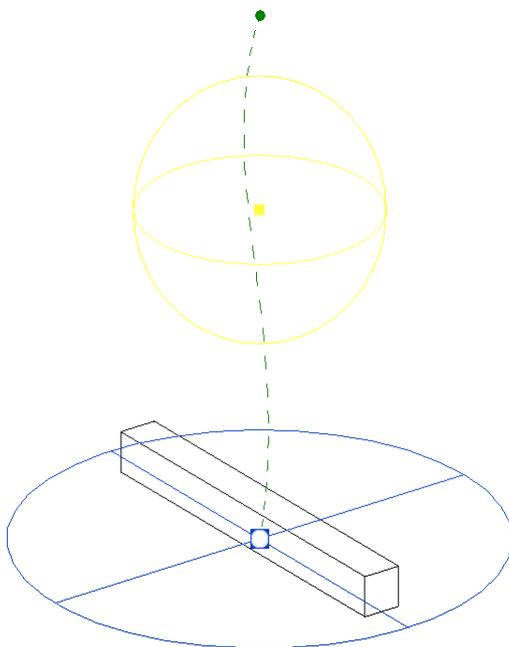


7. Modello piano -1 Interrati Grattacielo Regione Piemonte: sovrapposizione modello CAD e BIM

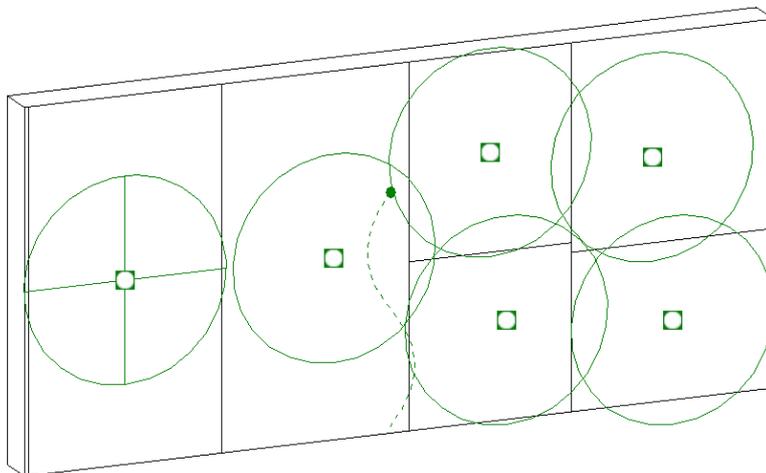
Segue la modellizzazione di una lampada incassata e di un quadro elettrico di distribuzione.

Le circonferenze poste al centro degli elementi rappresentano i connettori elettrici, grazie ai quali inserire le informazioni relative all'impiantistica.

Nei quadri essi rappresentano i circuiti di distribuzione.

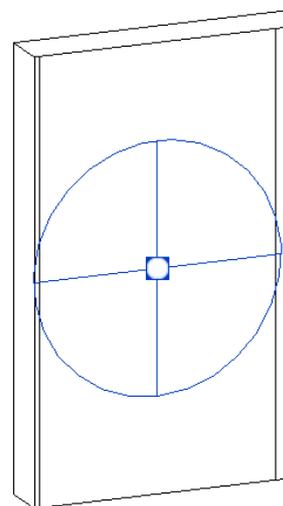


8. Modello 3D di una lampada in progetto: notare presenza sorgente di illuminazione, punto di calcolo interno e connettore alla base dell'oggetto



9. Modellizzazione Quadro Elettrico di Distribuzione diviso per sezioni. Ogni sezione elettrica (circuito) è modellizzata da connettore elettrico

| Elemento di connessione (1) | | Modifica tipo |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|
| Elettrico - Carichi | | |
| Tipo di sistema | Alimentazione bilanciata | |
| Numero di poli | 3 | |
| Stato fattore di alimentazio... | In ritardo | |
| Classificazione carico | Altro | |
| Carica motore classificazion... | <input type="checkbox"/> | |
| Voltaggio | 400.00 V | |
| Carico apparente | 109888.00 VA | |
| Fattore di alimentazione | 1.000000 | |
| Dati identità | | |
| Servizio pubblico | <input type="checkbox"/> | |
| Descrizione connettore | | |



10. Modellizzazione sezione quadro elettrico: immissione dati elettrici in connettore

Capitolo 4

Descrizione programmi

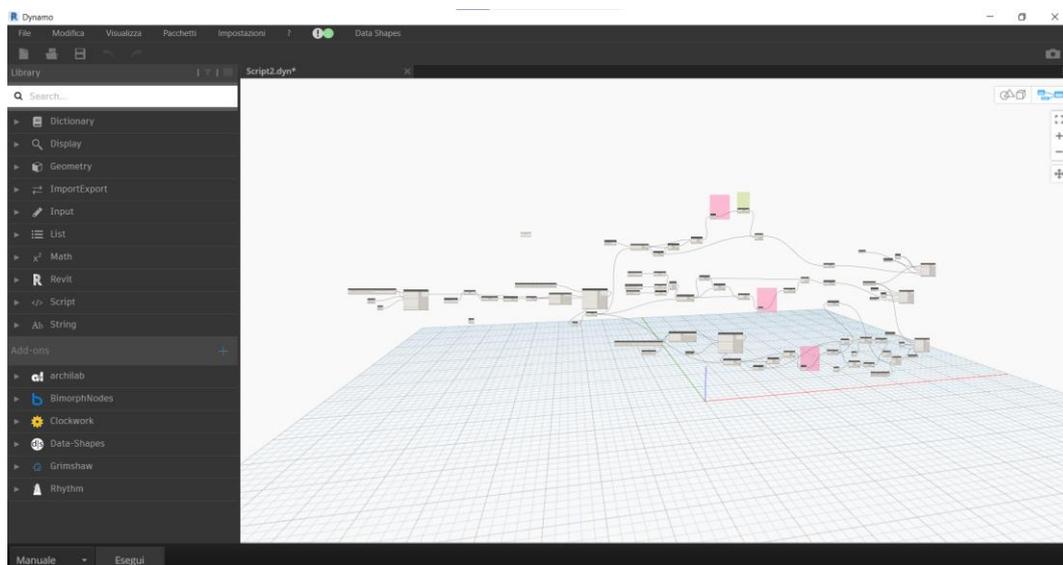
Al fine di sviluppare applicativi nell'ambiente Autodesk Revit, ci si può servire delle funzionalità di Dynamo.

Dynamo è un'interfaccia di programmazione grafica interna a Revit che consente di personalizzare il flusso di lavoro relativo alle informazioni di edilizia, nonché un ambiente di programmazione visiva a libero accesso per progettisti.

In poche parole, Dynamo ci consente di estrapolare informazioni relative al modello, di elaborarle attraverso il collegamento ai “nodi”, che rappresentano le funzioni informatiche necessarie, e di eseguire azioni sul modello o sul file, o di generare file di output.

Il programma possiede un'interfaccia utente di facile utilizzo: la composizione dello script non avviene direttamente scrivendo righe di codice ma collocando sequenzialmente i nodi delle funzioni volute in base ad input ed output, metodologia tipica dell'ambiente di lavoro Simulink.

I nodi sono inclusi in librerie online, di pubblico dominio e create dagli utenti. Tra le più note, il cui download è consigliabile, archilab, bimorphnodes, clockwork, grimshaw, rhythm e data shapes. Proprio quest'ultima è stata utilizzata in questo lavoro per creare un'interfaccia utente per i software di supporto alla progettazione elettrica, in modo tale da rendere più semplice l'utilizzo di tali strumenti.



11. Panoramica ambiente di lavoro Dynamo

Il programma si presenta con una finestra di visualizzazione sui nodi e sui collegamenti che compongono lo script.

Cliccando sui pulsanti presenti all'interno si potranno modificare le opzioni di visualizzazione.

Sulla sinistra sono presenti le varie librerie scaricate, per un accesso "manuale" alle funzioni.

In altro a sinistra sono presenti altre impostazioni su aggiornamento pacchetti delle librerie o altre azioni rapide.

In basso a sinistra è presente il pulsante di esecuzione dello script, accompagnato da un pulsante di scelta delle opzioni di computazione: "manuale" qualora si volesse eseguire il programma a comando, "automatico" se si ha volontà di eseguire il programma, con salvataggio dei dati dall'esecuzione in locale, ad ogni modifica apportata al codice.

L'accesso a Dynamo viene svolto da Revit, sezione "Gestisci" -> "Dynamo".

L'inserimento delle funzioni può essere fatto, come già detto, dal menù a sinistra, altrimenti con tasto destro sullo spazio dedicato allo script e ricerca manuale della funzione attraverso inserimento di parole.

Le funzioni, solitamente, vengono designate con verbi in inglese indicanti l'azione sottoposta.

Una volta cliccato sulla funzione scelta, il suo nodo sarà inserito nello spazio di programmazione.

E' possibile copiare nodi o parti di programma selezionando ed effettuando un copia-incolla.

Questi i consigli per una programmazione efficiente in ambiente Dynamo.

Sì può, pertanto, procedere alla descrizione dei software sviluppati.

4.1 Calcolo di potenza preliminare da modello architettonico

Il primo software che sarà illustrato è un applicativo di supporto alle stime preliminari di potenza elettrica in un edificio.

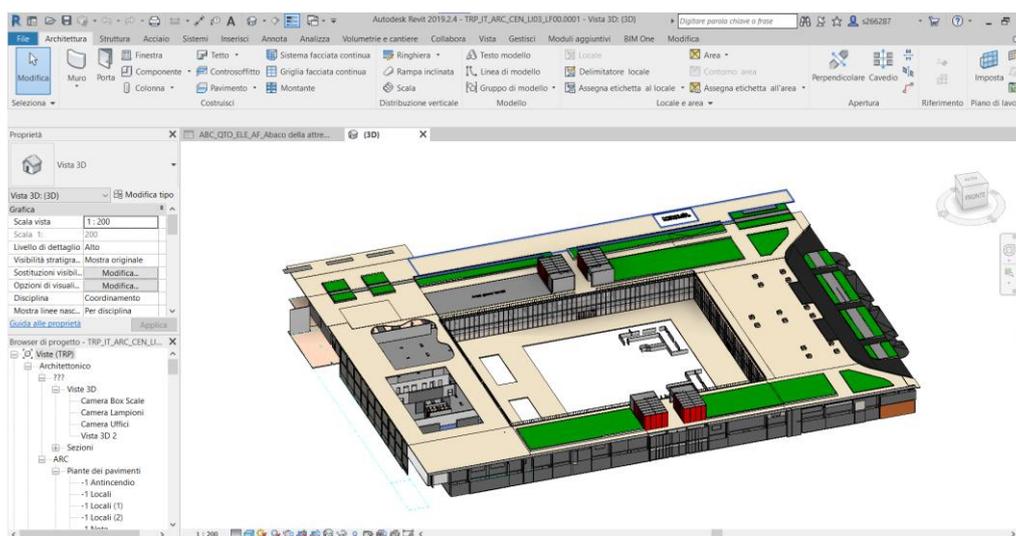
Tale valutazione è tra le prime compiute in sede di progettazione preliminare.

Il progettista moltiplica un fattore di densità di potenza (VA al metro quadro), riferito ad una destinazione d'uso del locale o dell'intero edificio, per la superficie in metri quadri relativa alla zona in oggetto.

Attraverso Dynamo ci è possibile estrapolare le informazioni di superficie dai locali che, in quanto “famiglie di sistema” saranno sempre presenti in ogni progetto BIM. Motivo per cui l'applicativo assumerà uso universale su qualsiasi progetto BIM.

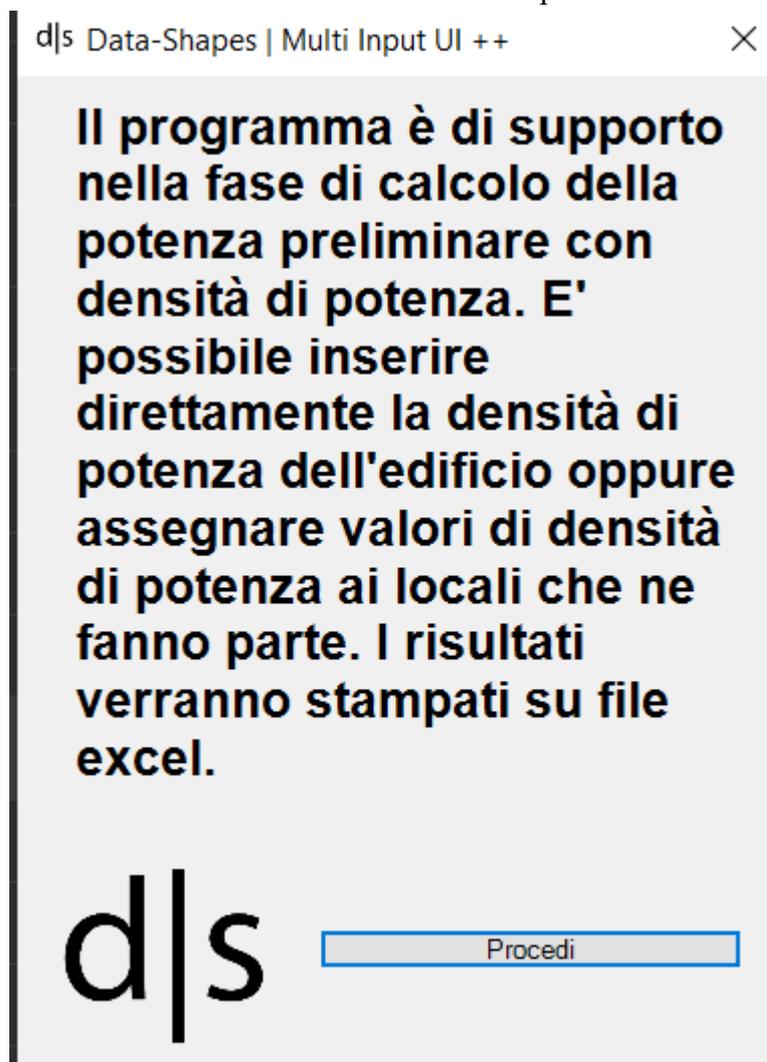
Adeguatamente all'uso, lo script agirà su un modello architettonico.

In questo caso, tale modello è relativo ai piani Interrati de “Grattaciolo Regione Piemonte”.



12. Modello architettonico 3D Interrati Grattaciolo Regione Piemonte

L'idea del software è di associare, da tastiera, dei valori di densità di potenza alle destinazioni d'uso dei locali presenti all'interno del modello.



13. Schermata iniziale interfaccia utente per calcolo potenza preliminare edificio da modello architettonico

Lo script pertanto si compone di tre momenti: estrapolazione dati, ordinamento ed elaborazione e stampa.

4.1.1 Estrapolazione dati

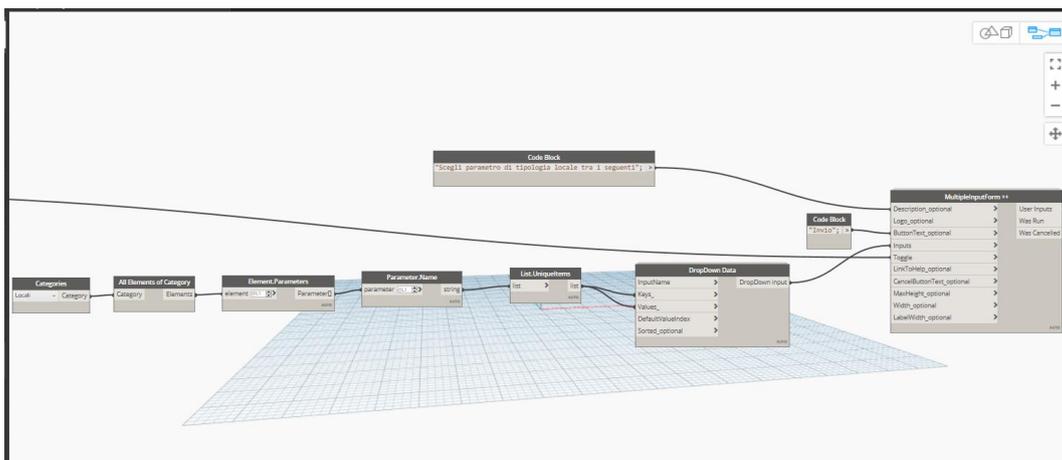
Fondamentale per un buon funzionamento del programma è l'informazione relativa alla destinazione d'uso dei locali.

Essa, a differenza dei locali, che sono “famiglie di sistema”, non è garantito sia presente in ogni progetto BIM.

Tale parametro è un parametro di tipo relativo alla famiglia locale, la sua nomenclatura è data dal progettista architettonico che si sarà occupato di modellare i locali dell'edificio.

Pertanto si è trovato utile implementare un'interfaccia utente che permetta la selezione, tra tutti i parametri del modello, del parametro relativo alla tipologia locale.

Tale informazione sarà prerequisito al funzionamento del programma.

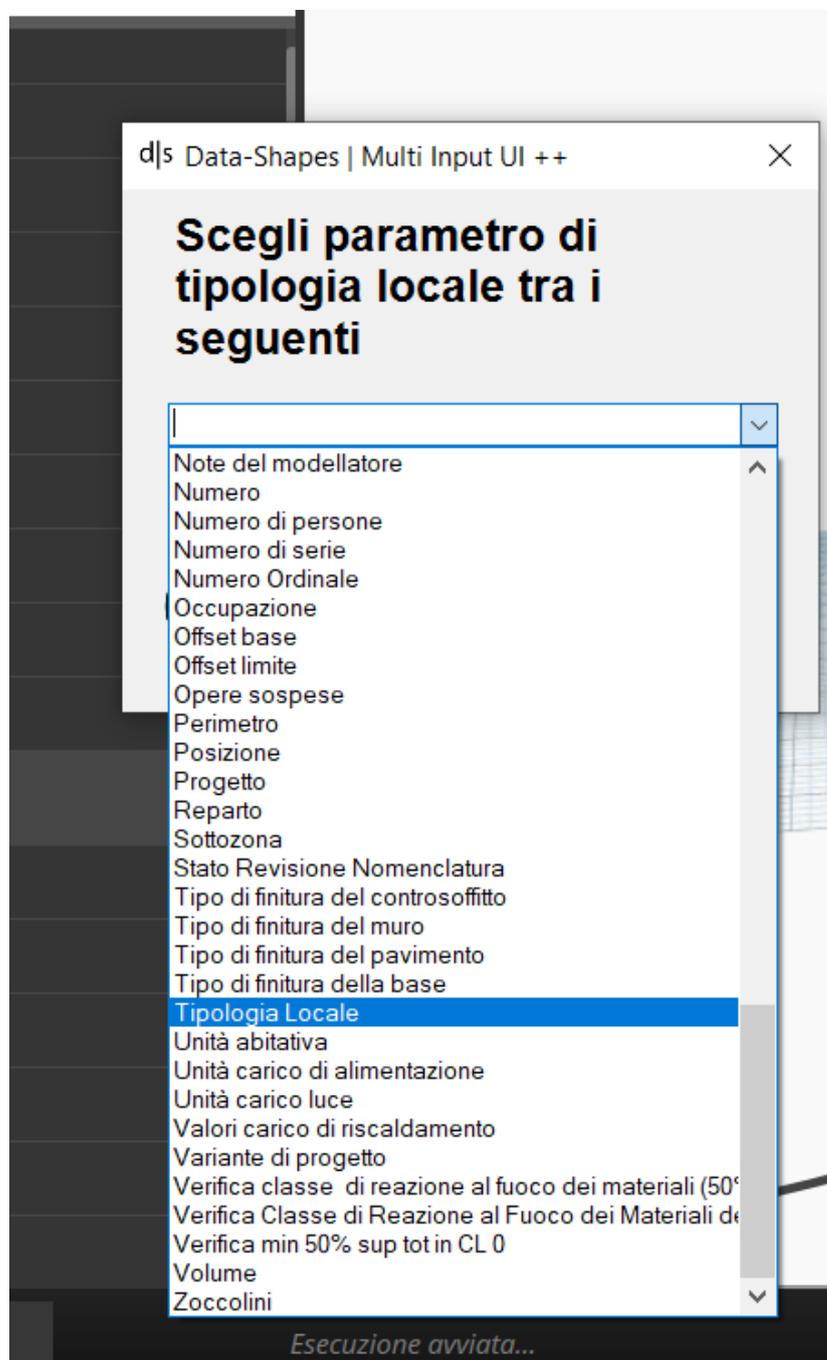


14. Combinazione nodi per estrazione parametri di tipo

Grazie a questa immagine è possibile vedere come siano stati estrapolati tutti i parametri inerenti al progetto ed inseriti in una visualizzazione a tendina (DropDown Data) all'interno di un'interfaccia utente data dal nodo MultipleInputsForm.

Entrambe sono funzioni della libreria DataShapes per la creazione di interfacce utente.

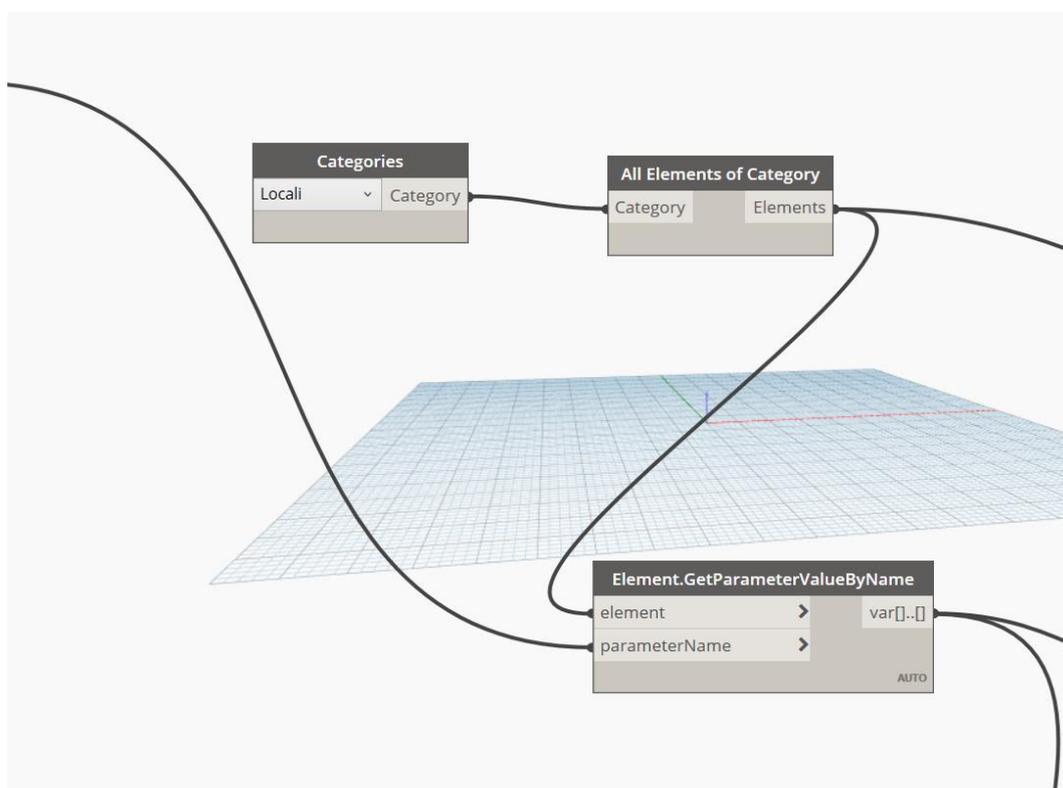
Questa la resa grafica.



15. Interfaccia utente: scelta parametro di tipo utile a calcolo di potenza preliminare

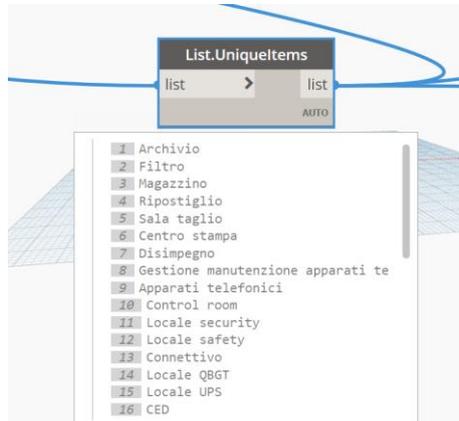
Grazie alla funzione `GetParameterValueByName` otteniamo in output il valore associato ad un parametro. La funzione riconosce il parametro attraverso il suo nome.

Quindi, per ottenere tutte le tipologie di locali presenti diamo in input il parametro "Tipologia locale" ottenuto precedentemente e tutti gli elementi a cui tale parametro si riferisce, ovvero i locali.



16. Dettaglio funzionamento nodo "GetParameterValueByName"

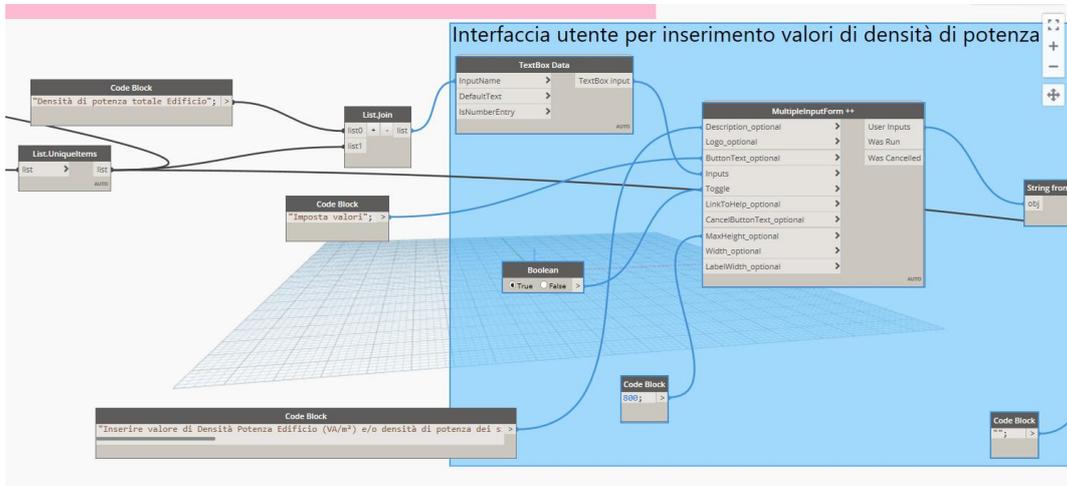
Dando tale output in ingresso alla funzione `Unique`, che restituisce i singoli elementi presi una sola volta di una lista, otteniamo una lista con tutte le tipologie locali del modello.



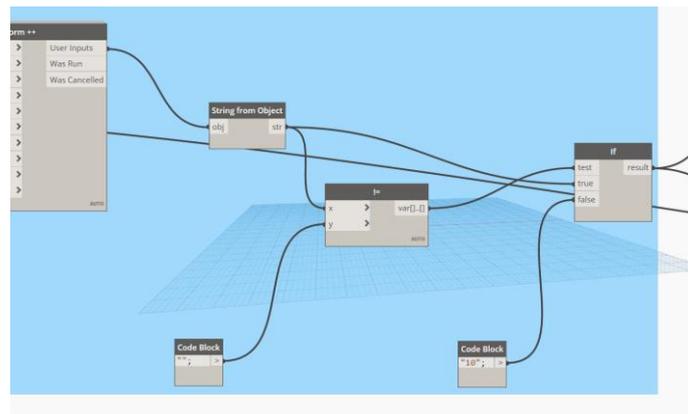
17. Dettaglio output Nodo "Unique"

Impostando l'interfaccia utente (funzione MultipleInputsForm) con la lista dei tipo locali, con aggiunta del parametro di densità potenza intero edificio attraverso funzione Join (che unisce in un unica lista più liste date in input), otteniamo la grafica operativa per inserimento delle densità di potenza relative a locali o edificio.

18. Interfaccia utente per inserimento valori di densità di potenza



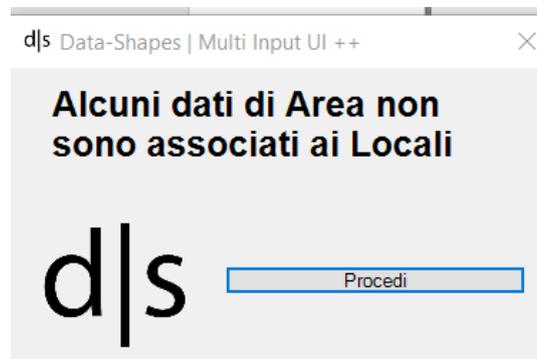
19. Dettaglio in ambiente Dynamo



20. Definizione valore di default di densità di potenza per dati non inseriti.

Fondamentale è capire a pieno come funzionano i nodi. Spostandoci il mouse sopra ci viene detto di che tipo di variabile deve essere l'input (se stringa, valore, lista o quant'altro). Nel caso non avessimo compatibilità di variabili tra output ed input, vanno svolte le dovute conversioni con nodi specifici.

E' stato aggiunto un avviso, non invalidante, riguardante la non computazione di aree all'interno del modello (locale a cui non è associata una superficie). In tale modo il progettista potrà tener conto di ciò.



21. Avviso di non computazione Aree per alcuni locali

4.1.2 Ordinamento ed elaborazione dati

Una volta ottenuti tutti i dati in input, lo script procede con il loro ordinamento e la loro predisposizione alle operazioni finali.

Fulcro di tutto il programma è la funzione di maschera booleana (funzione `FilterByBoolMask`).

Essa ordina una lista di elementi “filtrandola” con una lista di 0 (false) o 1 (true).

Tale lista è ottenuta dal confronto tra tutti i locali con le tipologie locali presenti nel modello.

La lista pertanto restituirà 1 quando ci sarà corrispondenza tra tipologia locale in lista espansa e lista da Unique.

Prodotto finale della maschera booleana sarà una lista con le tipologie locali, ogni indice avrà una sottolista con identificativi dei locali corrispondenti.

In pratica, si è operato un ordinamento dei locali in base alla loro tipologia.

Scopo di tale azione sarà ottenere un valore di superficie per ogni tipologia locale da moltiplicare al valore di densità di potenza voluto, pertanto le aree inerenti alla stessa tipologia verranno sommate per dare un unico output.



24. Dettaglio uso Livelli di nidificazione

Molto utili, nella fase di elaborazione sono le funzioni di FirstItem o DropItems, capaci di creare nuove liste con solo parte degli elementi di una lista di partenza.

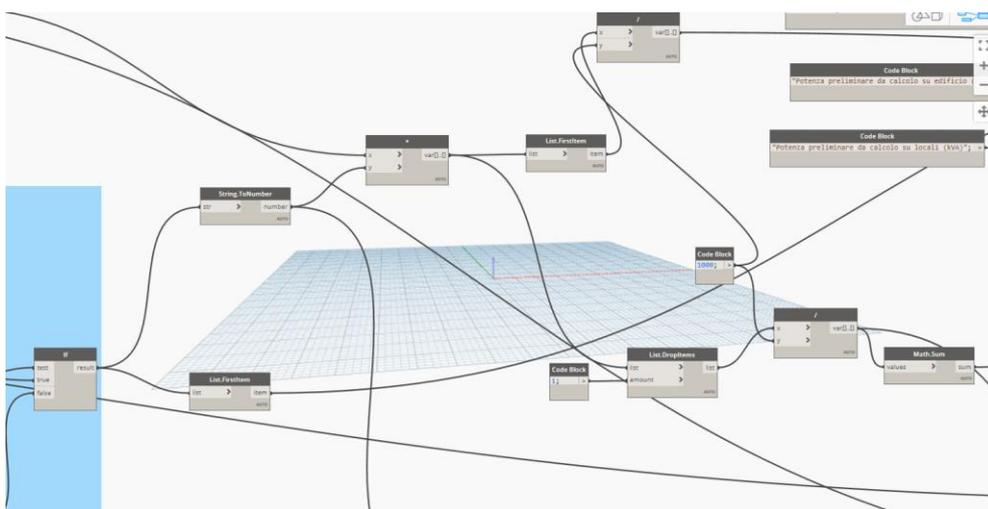
In questo caso è tornata utile per separare i percorsi di elaborazione degli input di densità di potenza dell'edificio e dei singoli locali.

Una volta isolate le aree e le densità di potenza si è passati alla loro moltiplicazione per ottenere un riferimento di potenza per tipo edificio e/o tipologia locale.

Badare al fatto che le uscite dalle funzioni di interfaccia grafica risultano stringhe, urge quindi conversione a numero con funzione "string to number".

Sono adoperate qui le funzioni matematiche "*", "/" e MathSum per somma di numeri appartenenti alla stessa lista.

Ottenuti i valori di potenza è bene riportarli in kVA dividendo per 1000.



25. Configurazione risultati per stampa su ambiente di lavoro Excel

4.1.3 Stampa in foglio excel

L'ultima sezione di questo script riguarda la predisposizione delle informazioni alla stampa in foglio excel.

Ciò che viene fatto è comporre il layout del file excel per come sarà alla fine.

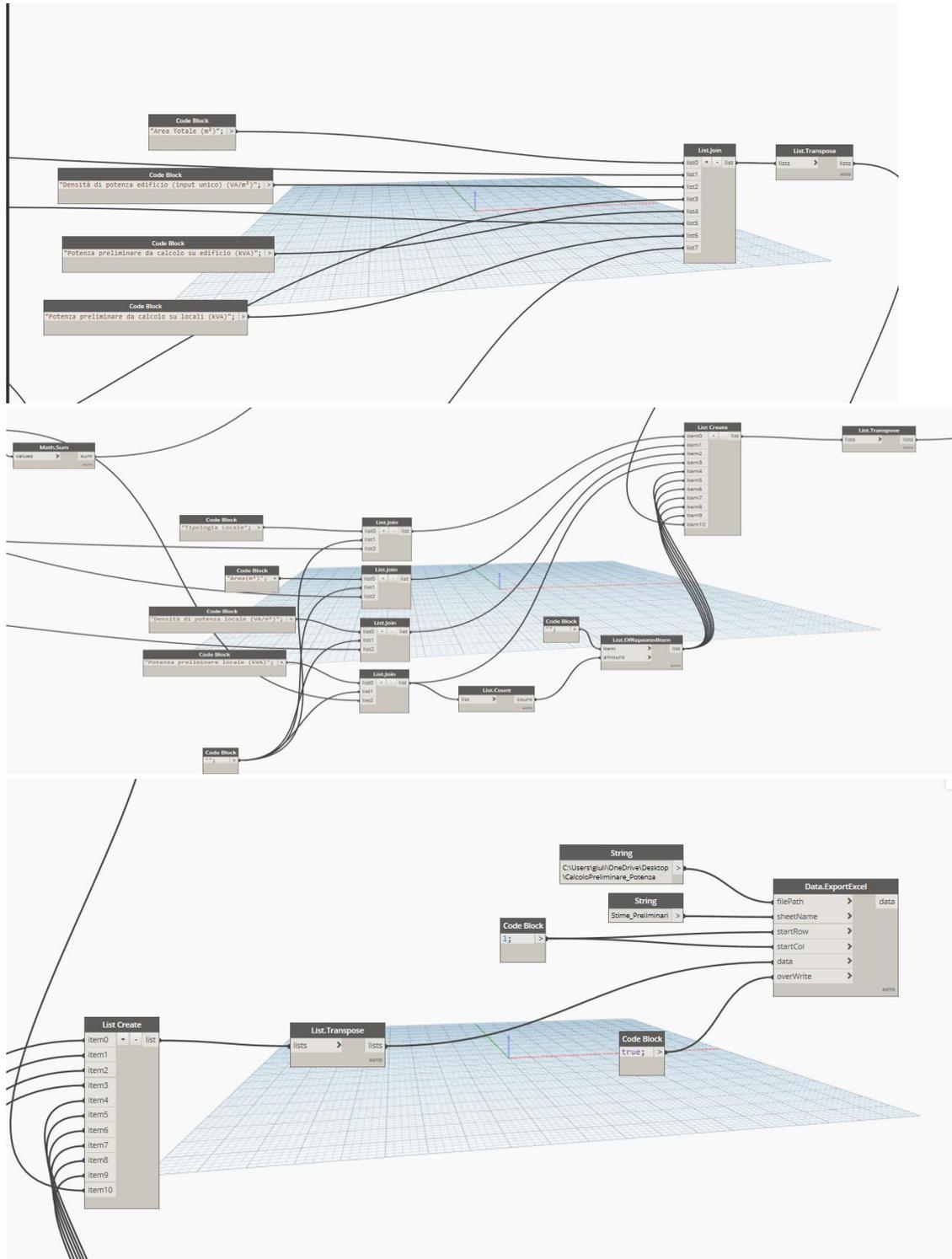
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|---|---|----------|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Tipologia Locale | Area(m²) | Densità di potenza locale (VA/m²) | Potenza preliminare locale (kVA) | | | | | | | Area Totale (m²) | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | 18254,99 | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | Densità di potenza edificio (input unico) (VA/m²) | | | |
| 5 | | Archivio | 6695,665 | 30 | 200,8699616 | | | | | | | 50 | | | |
| 6 | | Filtro | 2232,289 | 10 | 22,32289446 | | | | | | | Potenza preliminare da calcolo su edificio (kVA) | | | |
| 7 | | Magazzino | 195,6977 | 10 | 1,956977304 | | | | | | | 912,7493 | | | |
| 8 | | Ripostiglio | 30,86793 | 10 | 0,308679303 | | | | | | | Potenza preliminare da calcolo su locali (kVA) | | | |
| 9 | | Sala taglio | 134,4339 | 10 | 1,344339268 | | | | | | | 316,4632 | | | |
| 10 | | Centro stampa | 632,2423 | 10 | 6,322423433 | | | | | | | | | | |
| 11 | | Disimpegno | 42,86485 | 10 | 0,428648463 | | | | | | | | | | |
| 12 | | Gestione manutenzione apparati telefonici | 77,80517 | 10 | 0,778051678 | | | | | | | | | | |
| 13 | | Apparati telefonici | 37,52139 | 10 | 0,37521395 | | | | | | | | | | |
| 14 | | Control room | 122,5874 | 10 | 1,225874486 | | | | | | | | | | |
| 15 | | Locale security | 18,47222 | 10 | 0,184722151 | | | | | | | | | | |
| 16 | | Locale safety | 56,73961 | 10 | 0,567396065 | | | | | | | | | | |
| 17 | | Connettivo | 2089,977 | 10 | 20,89976934 | | | | | | | | | | |
| 18 | | Locale QBGT | 76,22638 | 10 | 0,762263809 | | | | | | | | | | |
| 19 | | Locale UPS | 215,1325 | 10 | 2,151325192 | | | | | | | | | | |
| 20 | | CED | 109,0788 | 10 | 1,090788473 | | | | | | | | | | |
| 21 | | Scale | 281,828 | 10 | 2,818280373 | | | | | | | | | | |
| 22 | | Intercapedine di aerazione | 438,429 | 10 | 4,384290162 | | | | | | | | | | |
| 23 | | Cabina MT/BT | 165,5854 | 10 | 1,655854329 | | | | | | | | | | |
| 24 | | Locale UTA | 968,8475 | 10 | 9,688475432 | | | | | | | | | | |
| 25 | | Bagno | 325,0224 | 10 | 3,25022365 | | | | | | | | | | |
| 26 | | Locale tecnico | 42,32166 | 10 | 0,423216606 | | | | | | | | | | |
| 27 | | Locale quadri elettrici | 9,626552 | 10 | 0,096265519 | | | | | | | | | | |
| 28 | | Deposito | 66,90254 | 10 | 0,669025359 | | | | | | | | | | |
| 29 | | Presidio medico | 69.12911 | 10 | 0.691291055 | | | | | | | | | | |

26. Stampa risultati finali su foglio Excel

Per giungere a tale risultato finale è necessario unire in un'unica lista le etichette ("Tipologia Locale", "Area", ecc..) con i valori a cui si riferiscono.

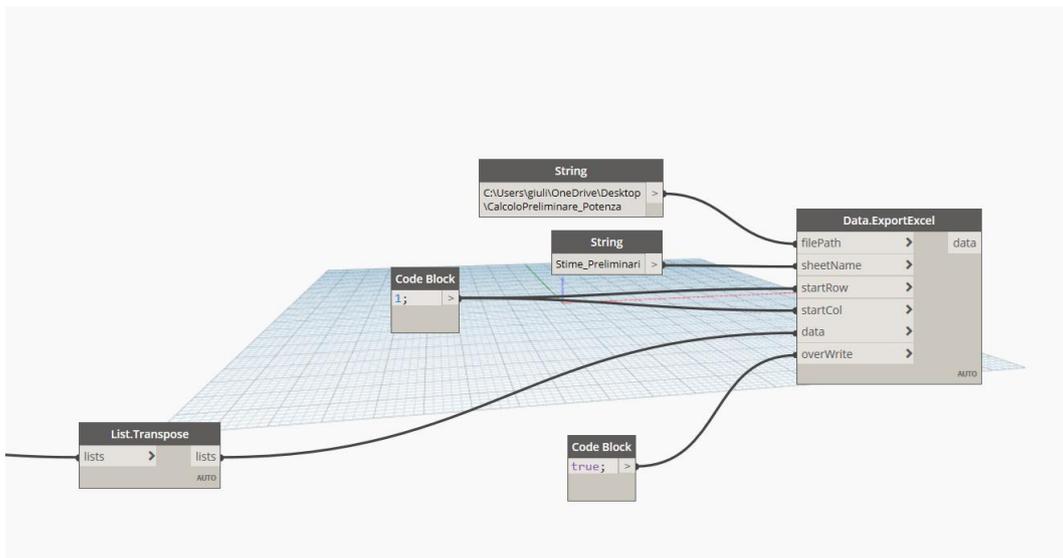
Ciò verrà fatto attraverso le funzioni ListJoin e ListCreate, le quali creeranno il corrispettivo di una riga all'interno di excel.

Per poter riportare tutto in grafica come sopra è necessario effettuare una trasposizione delle liste volute, in modo tale che le righe diventino colonne.



Al fine di inserire tutti i dati in un unico foglio excel, si è fatto in modo che tutte le liste siano convenute in una unica lista, comprensiva di spazi vuoti ai fini di una corretta impaginazione.

Una volta impostato il layout, si utilizza la funzione ExportToExcel per stampare i dati su un foglio excel appositamente creato.

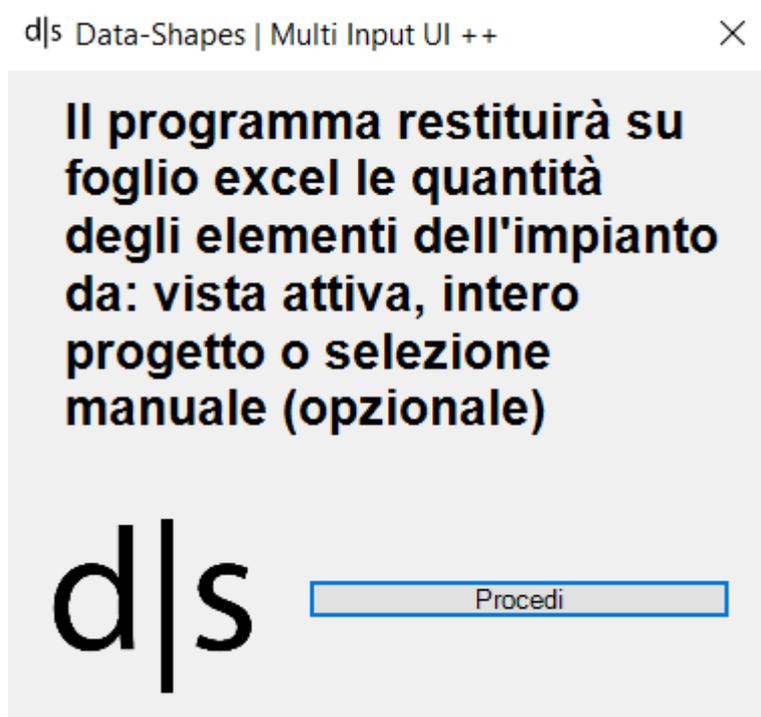


27. Dettaglio Nodo "ExportExcel"

La funzione ha in ingresso il percorso di destinazione del file su pc, il nome del foglio excel all'interno del file creato, le righe e colonne a cui i dati saranno incollati, la lista dati accuratamente ordinata ed infine l'opzione di sovrascrittura ad ogni esecuzione.

4.2 Computo metrico attrezzatura da modello elettrico

Il secondo applicativo qui sviluppato si occupa di conteggiare gli elementi elettrici presenti nell'intero progetto elettrico BIM, oppure su vista attiva o da selezione manuale su modello.



28. Schermata iniziale interfaccia utente per programma di supporto a computo metrico

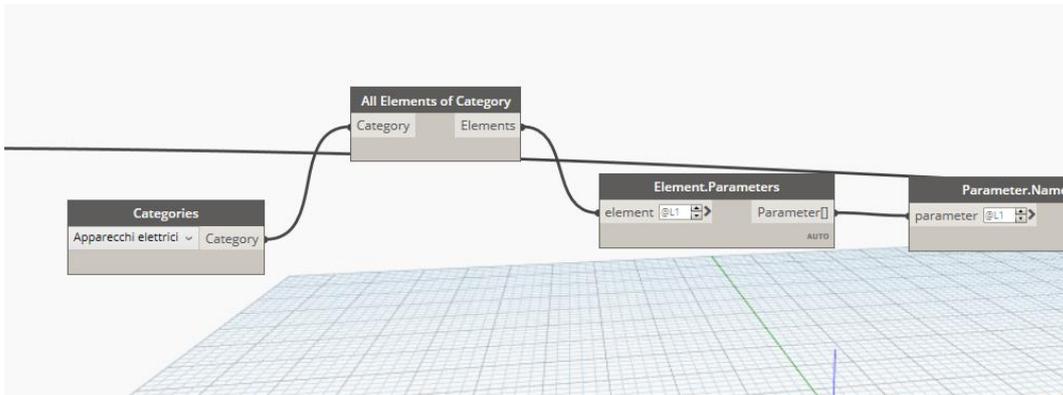
L'esportazione di tali dati su excel aiuta il progettista nelle operazioni di computo metrico estimativo.

Gli algoritmi di ordinamento e di stampa sono gli stessi rispetto al primo applicativo.

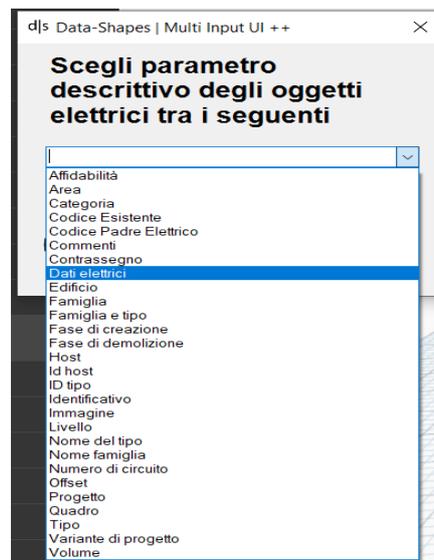
E' stata posta anche qui la selezione del parametro di nomenclatura degli oggetti, in quanto tale dato è inserito dal modellista elettrico.

Ciò che cambia con il primo applicativo è il momento di uso del programma. Nel primo si era in una fase preliminare di progettazione, su un modello non della disciplina elettrica.

In questo secondo applicativo, invece, la modellazione elettrica è già avvenuta e l'utilizzatore dello script potrebbe essere lo stesso modellista elettrico che si cimenta nelle operazioni di computo.

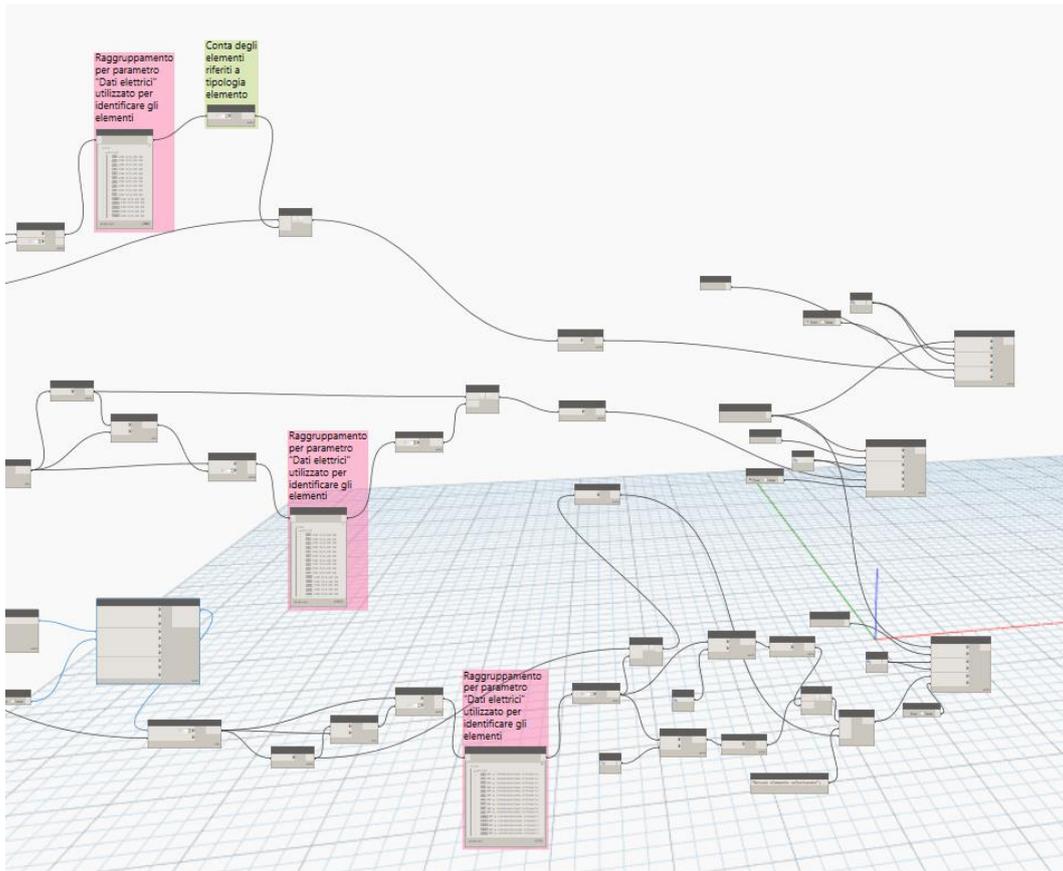


29. Selezione di tutti gli elementi appartenenti ad una categoria



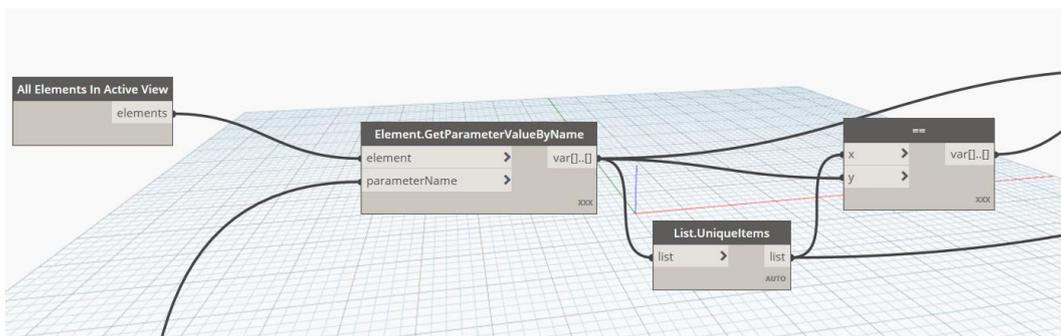
30. Schermata di selezione parametro di tipo utile

Lo script si prefigura con tre diramazioni logiche parallele tra loro, che porteranno all'esportazione di dati su tre fogli diversi nello stesso file excel.



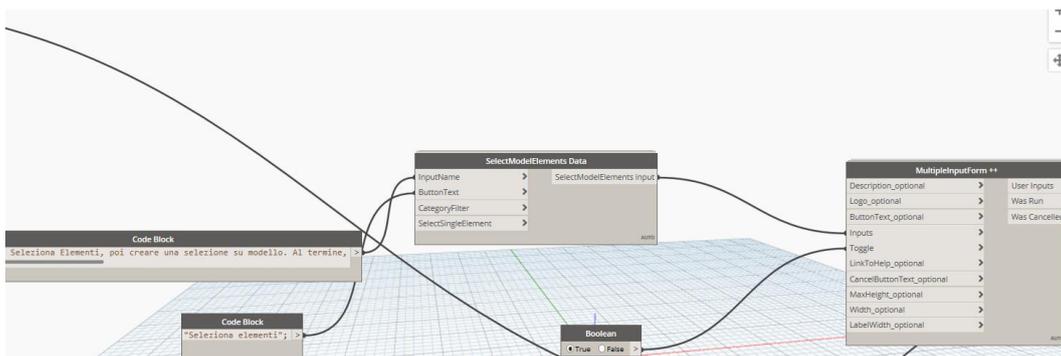
31. Panoramica programma in ambiente Dynamo

Tali diramazioni differiscono tra loro solo nella modalità di input dei dati: da vista attiva, selezione, intero progetto.



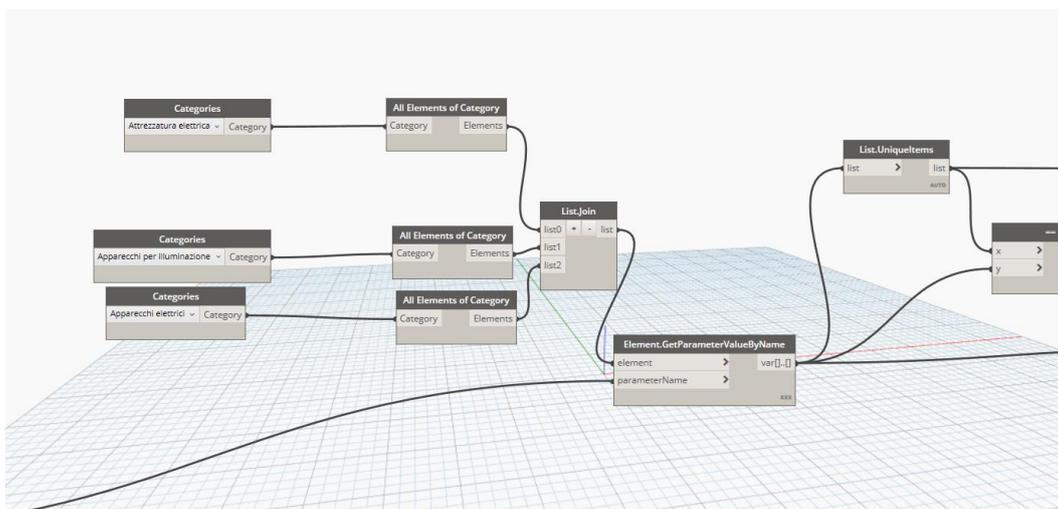
32. Processo di selezione elementi da vista attiva

Per input da vista attiva si adopera funzione “All elements in active view”, per selezione invece il nodo SelectModelElements. Data da dare in input all’interfaccia grafica rappresentata da MultipleInputsForm.



33. Nodo per selezione manuale area di interesse di computo

L’input da intero progetto è una selezione di tutti gli oggetti dell’impianto elettrico divisi per attrezzatura elettrica (quadri e distribuzione), apparecchiatura elettrica (carichi) e dispositivi per illuminazione.



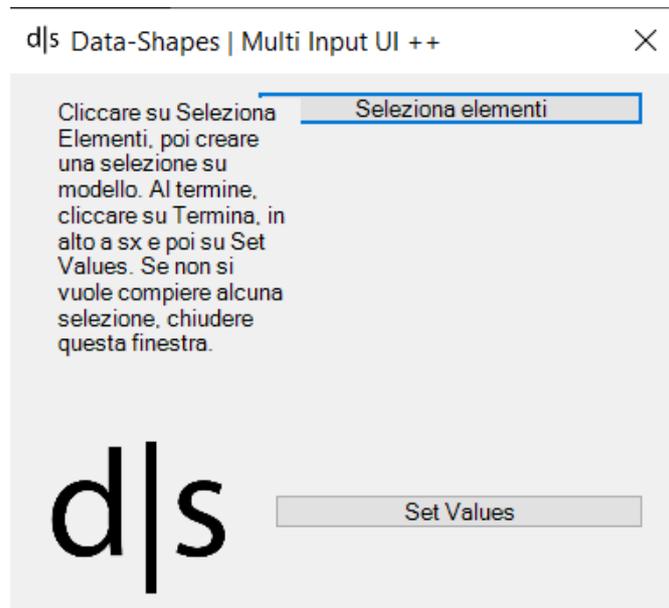
34. Processo per selezione di tutti gli elementi inerenti a progetto

Il programma, dopo aver domandato l'utente sul nome del parametro di nomenclatura degli oggetti elettrici, propone la selezione degli oggetti su mappa.

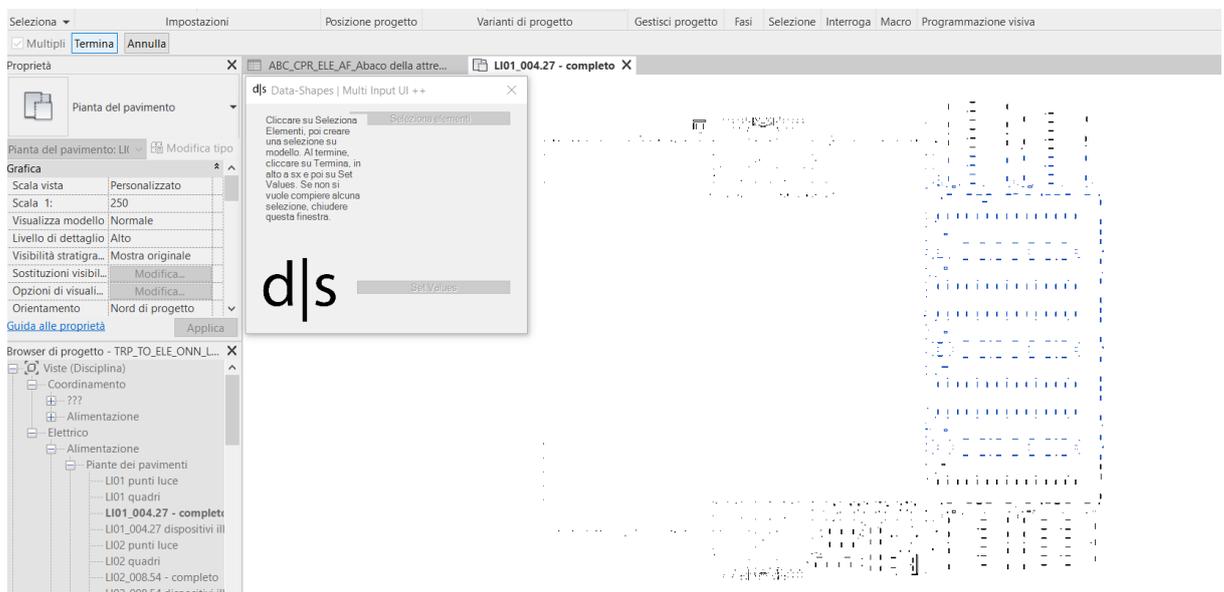
Qualora non si fosse interessati basterebbe chiudere la finestra di dialogo. Sarà così stampato in excel che non è avvenuta alcuna selezione.

Volendo attuare la selezione, è necessario cliccare su seleziona elementi, porre ad icona dynamo ed andare sul modello, nella vista voluta.

Una volta fatto, occorre selezionare con mouse una porzione di impianto e, una volta concluso, cliccare su termina in alto a sinistra e Set Values nella finestra utente.

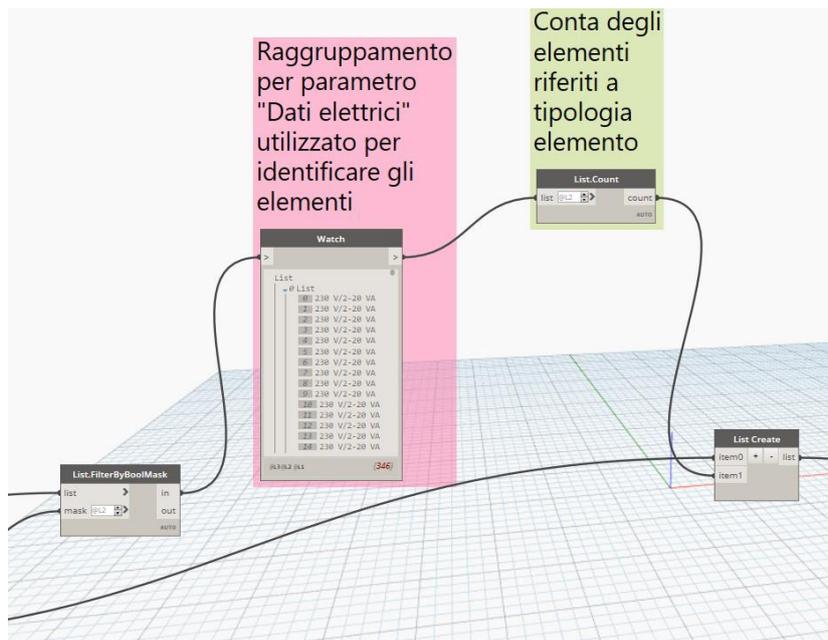


35. Schermata per selezione manuale elementi



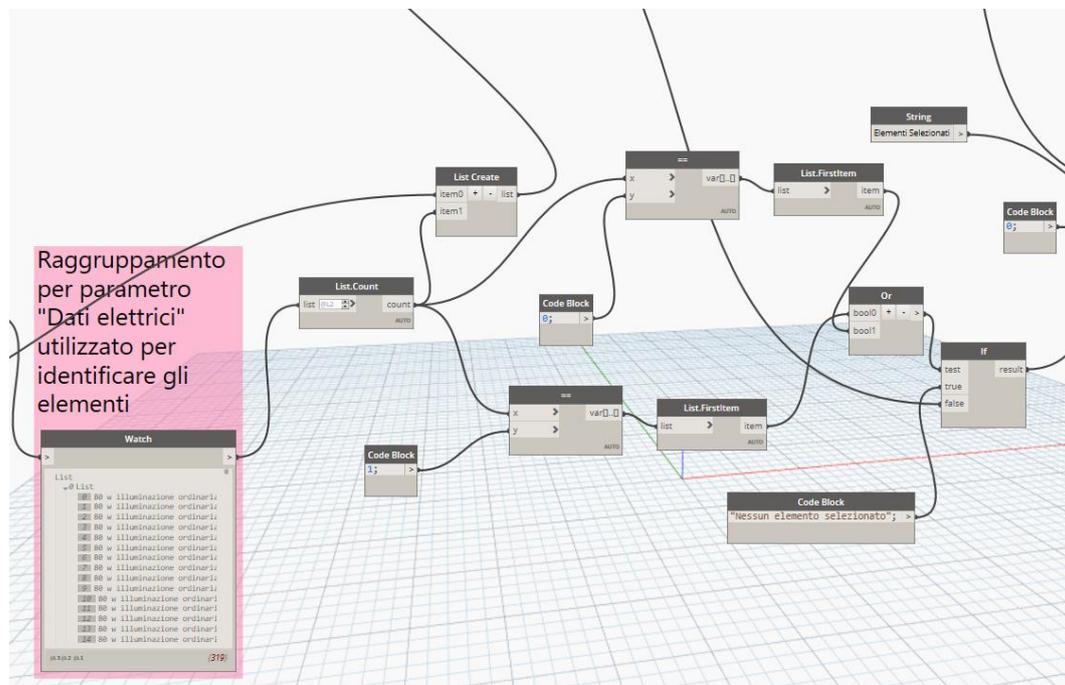
36. Processo di selezione da modello elettrico

Il meccanismo di ordinamento è volto anche qui con maschera booleana, con classificazione su “dati elettrici”, parametro di nomenclatura. Una volta ottenuto ciò, avviene un conteggio degli elementi relativo ad ogni oggetto servendosi della funzione ListCount.



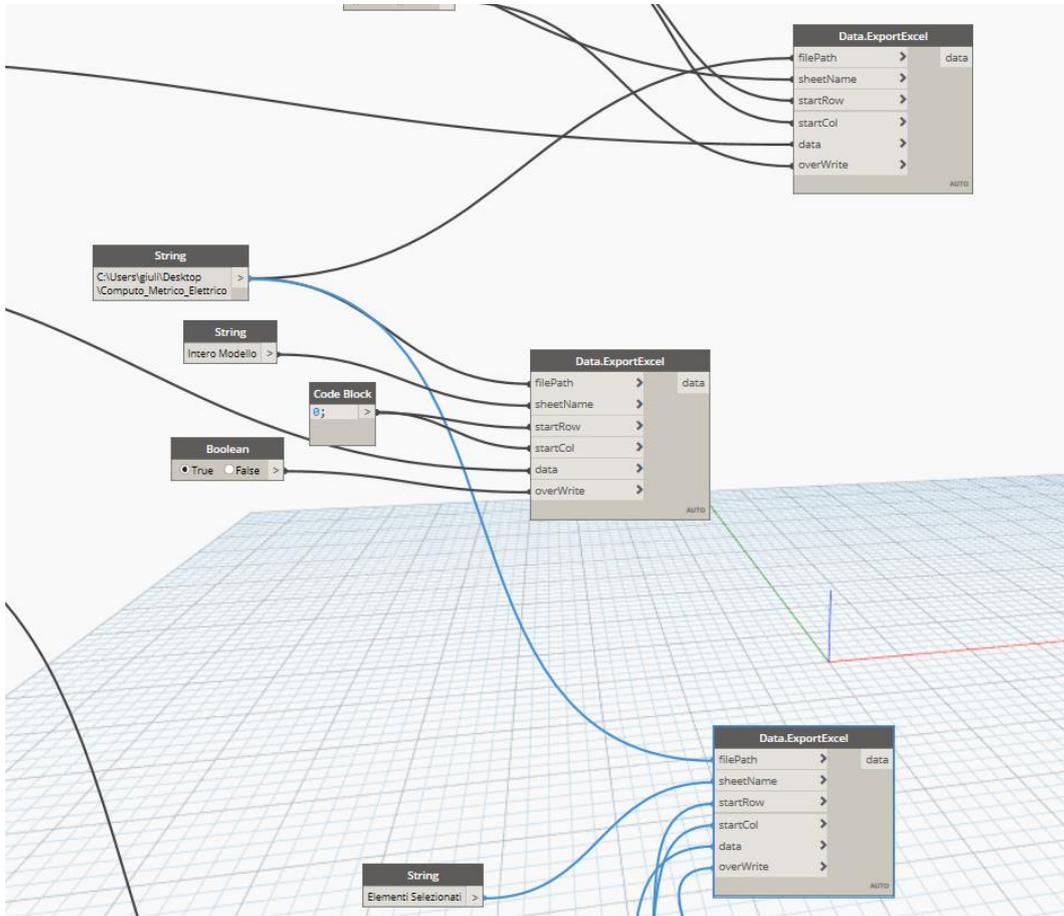
37. Filtro di "maschera booleana" per identificazione elementi e successivo conteggio

Qui sotto viene rappresentato l’algoritmo per restituire “Nessun elemento selezionato” qualora si chiudesse la finestra relativa alla selezione oggetti.



38. Algoritmo di restituzione "Nessun elemento selezionato" in foglio Excel

I tre nodi di esportazione su excel avranno i loro rispettivi dati come input, stesso percorso file “file path” ma diverso “sheet name”, nome del foglio. In tale modo si va a creare un unico file facendo coesistere I tre tipi di informazioni, senza che la stampa di una sovrascriva permanentemente l’altra.



39. Nodi di esportazione su foglio Excel

| | | |
|----|---|-----|
| 3 | 400 V/3-109888 VA- 400 V/3-109888 VA- 400 V/3-109888 VA- 400 V/1-43268 | 1 |
| 4 | quadro ascensore piano -1 400 V/3-54944 VA | 2 |
| 5 | 400 V/3-43268 VA- 400 V/3-109888 VA- 400 V/1-43268 VA- 400 V/3-43268 VA | 1 |
| 6 | quadro zona 10 piano -1 400 V/1-27472 VA | 1 |
| 7 | 400 V/3-85850 VA- 400 V/3-109888 VA- 400 V/3-43268 VA- 400 V/3-68680 VA | 1 |
| 8 | 80 w illuminazione ordinaria 230 V/2-80 VA | 455 |
| 9 | 20 w alimentazione emergenza 230 V/2-20 VA | 48 |
| 10 | 18 w autonoma emergenza 230 V/2-18 VA | 221 |
| 11 | 58 w illuminazione ordinaria 230 V/2-58 VA | 121 |
| 12 | lampada 18 w illuminazione ordinaria 230 V/2-18 VA | 18 |
| 13 | 36 w illuminazione locali tecnici 230 V/2-36 VA | 19 |
| 14 | 26 w illuminazione ordinaria 230 V/2-26 VA | 133 |
| 15 | Lampada segnalazione fuori locale 230 V/2-58 VA | 4 |
| 16 | lampada di segnalazione bagno disabili interna 230 V/2-20 VA | 5 |
| 17 | 24 w illuminazione ordinaria 230 V/2-24 VA | 35 |
| 18 | Rilevatore presenza 230 V/3-2 VA | 44 |
| 19 | Punto alimentazione phon 230 V/3-2000 VA | 21 |
| 20 | Interruttore unipolare 230 V/2-0 VA | 46 |
| 21 | Interruttore con lampada spia 230 V/2-0 VA | 2 |
| 22 | Pulsante 230 V/3-0 VA | 2 |
| 23 | pulsante con lampada spia 230 V/3-0 VA | 93 |
| 24 | pa ventilconvettore a pavimento 230 V/3-2300 VA | 4 |
| 25 | nodo equipotenziale supplementare locali medici 400 V/3-0 VA | 2 |
| 26 | 230 V/3-2300 VA | 100 |
| 27 | Presse Bipasso 230 V/3-3680 VA | 61 |
| 28 | Utenza normale 230 V/3-3680 VA-Utenza normale 230 V/3-3680 VA-Differenz | 30 |
| 29 | punto alimentazione rack impianti speciali 230 V/3-2000 VA | 10 |

Da Vista Attiva | Elementi Selezionati | **Intero Modello** | Foglio1 | (+)

40. Output finale

| | A | B | C |
|----|---|-----|---|
| 1 | 80 w illuminazione ordinaria 230 V/2-80 VA | 135 | |
| 2 | 20 w alimentazione emergenza 230 V/2-20 VA | 9 | |
| 3 | 18 w autonoma emergenza 230 V/2-18 VA | 51 | |
| 4 | 58 w illuminazione ordinaria 230 V/2-58 VA | 22 | |
| 5 | lampada 18 w illuminazione ordinaria 230 V/2-18 VA | 5 | |
| 6 | 36 w illuminazione locali tecnici 230 V/2-36 VA | 5 | |
| 7 | 230 V/2-20 VA | 6 | |
| 8 | 230 V/3-2300 VA | 14 | |
| 9 | pulsante con lampada spia 230 V/3-0 VA | 32 | |
| 10 | Presse Bipasso 230 V/3-3680 VA | 13 | |
| 11 | Utenza normale 230 V/3-3680 VA-Utenza normale 230 V/3-3680 VA-Differenziale 230 V/1-0 VA- | 1 | |
| 12 | punto alimentazione rack impianti speciali 230 V/3-2000 VA | 2 | |
| 13 | quadro zona 10 piano -1 400 V/1-27472 VA | 1 | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |

Da Vista Attiva | **Elementi Selezionati** | Intero Modello | Foglio1 | (+)

Conclusioni

In conclusione di quanto mostrato, si evince quanto la metodologia BIM applicata al settore della progettazione elettrica apporti facilitazione e supporto nei processi.

Un approccio maggiormente informatico alla progettazione permette una maggior velocità nella fruizione delle informazioni utili per stime preliminari e nelle fasi finali di computo.

In particolare, servendosi di librerie di funzioni ad uso libero presenti online, ed attraverso l'ambiente di lavoro Dynamo, è possibile creare strumenti di calcolo e di manipolazione dei dati a supporto della progettazione.

Il gap nell'adozione del metodo da parte dei professionisti del settore delle costruzioni, dovuto probabilmente ad un cambio di approccio nella progettazione, da bidimensionale/simbolico a tridimensionale/informatico, potrebbe essere colmato qualora ci si riuscisse a rendere conto degli effettivi vantaggi che il metodo BIM restituisce a livello operativo.

Le criticità attualmente scovabili nella modellazione inerente ad impianti elettrici possono essere superate con una buona comprensione del funzionamento dei software e di come essi modellizzano i parametri più in uso della disciplina, tipo fattore di potenza, di utilizzazione, di contemporaneità ecc..

Inoltre, l'evoluzione nello sviluppo software BIM in ambito impiantistico (MEP), sia degli ambienti di lavoro principali che dei BIM use, farà in modo che tale sforzo di avvicinamento tra professionisti e il metodo non avvenga solo da un lato.

Ciò che è stato dimostrato, per mezzo di questo elaborato, è come il metodo BIM sia di supporto e facilitazione alle operazioni di gestione dell'edificio, attraverso la visualizzazione delle interferenze nel modello, e di raccolta e manipolazione delle informazioni ai fini utili alla progettazione.

Possibili Sviluppi futuri

Oltre alle strade già intraprese allo stato dell'arte, come applicazioni con realtà virtuale e manutenzione predittiva, il metodo BIM potrà trovare applicazione in ambito di progettazione, dalla preliminare all'esecutiva.

Esempio pratico potrebbe essere una compilazione automatica della distribuzione elettrica, sia che essa sia tramite tubo, canalina, interrata o altro, con restituzione della lunghezza dei percorsi e creazione dell'oggetto di distribuzione su modello, una volta determinati, piazzati e riconosciuti quadri e carichi nello stesso circuito.

Altri sforzi potrebbero essere svolti sull'ambito di progettazione preliminare, dove i valori di densità di potenza potrebbero essere ricavati con script Dynamo in base alle caratteristiche energetiche e strutturali degli elementi architettonici di un locale, oltre alla destinazione d'uso, senza che si debbano immettere da tastiera come nel software visto in trattazione.

Una grande mole di dati di progettazione, appartenente a più progetti su destinazioni d'uso simili, potrebbe aprire le porte ad un'interazione del metodo BIM con machine learning, reti neurali e generative design per creare strumenti di "progettazione" o "compilazione" automatica.

La progettazione, come tutti gli ambiti tecnologici, sta tendendo ad una maggiore digitalizzazione dei suoi processi e anche le professioni che con essa hanno a che fare potranno evolversi a passo con gli strumenti adoperati. Se il metodo BIM riuscirà a superare l'attuale gap e inerzia nell'adozione, ha possibilità di essere protagonista di questo processo.

Bibliografia

1. “Bim and plant systems: a specific assessment”, M. Marini, Costantino C. Mastino, R. Baccoli, A. Frattolillo
2. “The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation”, D. Migilinskas, V. Popov, V. Juocevicius Leonas Ustinovichius
3. “State of Practice of Building Information Modeling in Mechanical and Electrical Construction Industries”, A. S. Hanna, F. Boodai, M. El Asmar
4. “BIM Electric Objects Plug-in for Industry 4.0”, A. Pavan, A.Cunico, C. Mirarchi, D. Mocellin, E. Sattanino, V. Napoleone
5. “An integrated BIM-based framework for the optimization of the trade-off between embodied and operational energy”, F. Shadra, J. Mukkavaara
6. “La logica dell’anticipazione nel BIM”
<https://docs.dicatechpoliba.it/filemanager/25/a,a,%202018-19/BIM/Anticipazione%20nel%20BIM.pdf>
7. “Origins and probabilities of MEP and structural design clashes within a federated BIM model” E.A.Parn, D.J.Edwards, Michael C.P. Sing
8. “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica” CEI 0-16, Comitato Elettrotecnico Italiano
9. Norma CEI 64-8 per impianti elettrici utilizzatori, Comitato Elettrotecnico Italiano, 2019
10. <https://www.progettiamobim.com/blog/approfondimenti/i-gradi-dei-lod/#>
11. UNI 11337-7:2018, “Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni”

12. (“From BIM to digital twins: a systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry” Kirti Ruikar, Ketan Kotecha, Sayali Sandbhor, Albert Thomas

13. “Cos’è il digital twin, il ruolo del BIM”
<https://www.buildingincloud.net/gestione/cose-il-digital-twin-il-ruolo-del-bim/>

14. https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_delle_cose

15. UNI 10147:2021 Manutenzione - Termini aggiuntivi alla UNI EN 13306 e definizioni

16. “Formato open BCF: come rendere più efficiente la comunicazione nei processi BIM”, <https://bim.acca.it/formato-bcf-e-usbim-bcf/#:~:text=e%20a%20cosa%20serve-.Cos%27%A8%20il%20formato%20BCF,modello%20BIM%20in%20formato%20IFC.>

17. “Bim manager, bim specialist, bim coordinator” <https://bim.acca.it/bim-manager-bim-specialist-e-bim-coordinator-chi-sono-cosa-fanno-e-come-si-diventa/>