



**Politecnico
di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.A. 2023/2024

Sessione di Laurea Dicembre 2023

Tesi di Laurea Magistrale

Analisi costi-benefici relativa a possibili implementazioni di efficientamento della gestione dei materiali presso l'azienda Demont S.r.l.

Relatore:

Giovanni Zenezini

Candidata:

Vittoria Damele

ABSTRACT

Il presente elaborato di tesi riporta le analisi effettuate e i risultati conseguiti nel corso dell'esperienza formativa tenuta, con ruolo di supporto al team di project management, presso l'azienda Demont S.r.l.

A partire dai reali problemi operativi riscontrati dall'azienda nell'ambito dello sviluppo del suo progetto con STMicroelectronics S.p.a., il presente lavoro si propone di valutare l'applicabilità di una o più metodologie di rintracciabilità del materiale all'acquisto e in cantiere. Lo scopo ultimo è apportare miglioramenti effettivi alle pratiche di gestione dei materiali nei vari progetti aziendali.

L'analisi è di supporto a due obiettivi strategici principali:

1. Implementare la tracciabilità automatica del materiale dalla sua acquisizione al suo utilizzo, creandone un nesso con il disegno isometrico.

Ciò apporterebbe benefici in termini di *constructability* e ridurrebbe il rischio di generare ritardi e causare sprechi di risorse, che non riescono ad avere immediatamente chiaro il lavoro giornaliero da svolgere.

2. Avere il ritorno di informazione su ciò che è effettivamente stoccato nel magazzino di cantiere.

La pratica comune, oltre a causare uno spreco legato al costo del materiale acquistato in eccesso, genera elevati costi di magazzino e uno sfruttamento improprio degli spazi a disposizione.

A tal fine, si è condotta una revisione dei metodi discussi nella letteratura più recente, in modo da individuare la tecnica più affine alle caratteristiche di Demont come azienda. Una volta identificata la soluzione, è stata eseguita un'indagine in termini di costi e benefici, così da fornire all'azienda tutti gli elementi necessari per un'eventuale valutazione di implementazione futura.

Indice

CAPITOLO 1: OBIETTIVI DI RICERCA	6
LA GESTIONE DEI MATERIALI NEI PROGETTI INFRASTRUTTURALI	6
L'UTILITÀ DEI SISTEMI INFORMATICI NELLA GESTIONE DEI MATERIALI	6
LE SFIDE RELATIVE ALLA GESTIONE DEI MATERIALI NELL'AMBITO DEL PROJECT MANAGEMENT	7
CAPITOLO 2: ANALISI DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA	8
APPROCCIO DI RICERCA E SELEZIONE DEGLI ARTICOLI DI LETTERATURA A SUPPORTO DELL'ANALISI	8
<i>Codice a barre</i>	8
<i>Radio Frequency Identification (RFID)</i>	9
<i>Marcatura laser</i>	12
<i>Global Positioning System (GPS)</i>	13
<i>Puma5 per l'efficientamento del processo di acquisizione dei materiali</i>	14
<i>Cosmo5 per le analisi di fattibilità e la gestione del magazzino</i>	17
CAPITOLO 3: INTRODUZIONE AL PROGETTO OGGETTO DEL CASO DI STUDIO	20
CHI È DEMONT S.R.L. E DI COSA SI OCCUPA	20
IL PROGETTO CON STMICROELECTRONICS E LE DIVERSE FASI CHE LO COMPONGONO	20
CHI È STMICROELECTRONICS S.P.A. E DI COSA SI OCCUPA	21
DESCRIZIONE DEL NUOVO IMPIANTO PRODUTTIVO R3 DI STM E DEGLI "SCOPE OF WORKS"	22
IL CONTRATTO	25
LE CRITICITÀ DEL PROGETTO	26
CAPITOLO 4: LA SITUAZIONE AS-IS	29
IL PROCESSO DI ACQUISIZIONE DEI MATERIALI IMPLEMENTATO PER IL PROGETTO CON STM	29
<i>Il Project Management e il Piano della Committenza</i>	35
CARENZE DELL'ATTUALE SISTEMA DI ACQUISIZIONE, GESTIONE E IMPIEGO DEI MATERIALI	36
CAPITOLO 5: METODOLOGIA DI APPROCCIO ALL'ANALISI COSTI-BENEFICI	44
ANALISI COSTI-BENEFICI	44
REQUISITI GENERALI DI UN SISTEMA INFORMATICO DI GESTIONE DEI MATERIALI	44
IL PROCESSO DI ACQUISIZIONE DEI DATI A SUPPORTO DELL'ANALISI	45
CAPITOLO 6: ANALISI COSTI-BENEFICI	48
VALUTAZIONE QUALITATIVA DI NUOVI APPLICATIVI	48

QUANTIFICAZIONE DEI COSTI LEGATI A UNA CATTIVA GESTIONE DEI MATERIALI NELL'AMBITO DEI PROGETTI DI COSTRUZIONE	
PREFABBRICATA	53
ANALISI DEI COSTI DI INVESTIMENTO NEGLI APPLICATIVI CLA	64
CONCLUSIONI	68
RINGRAZIAMENTI	72
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	74

CAPITOLO 1: OBIETTIVI DI RICERCA

La gestione dei materiali nei progetti infrastrutturali

La gestione dei materiali nei progetti del settore dell'impiantistica industriale consiste nella pianificazione degli ordini e nella ricezione del materiale, che deve essere correttamente stoccato, registrato e preservato, per poi essere rilasciato a chi avrà il compito di procedere con la costruzione in officina e il montaggio dei componenti prefabbricati in cantiere.

Le prestazioni di qualsiasi progetto di costruzione sono fortemente influenzate dalla più o meno efficiente pianificazione della logistica dei materiali e la bontà del sistema di gestione sottostante tale processo costituisce uno dei principali fattori che concorrono alla buona riuscita di un progetto, entro i tempi e i costi preventivati. Infatti, si stima che circa il 50% dei costi complessivi di costruzione sia riconducibile all'acquisto e alla gestione dei materiali. Tale osservazione rende la gestione degli approvvigionamenti un compito cruciale a cui prestare attenzione.

Storicamente, la gestione dei materiali si prefigge due obiettivi principali, strettamente a supporto dei più importanti indicatori di performance di un progetto:

- Tempi: occorre assicurare un'accurata stima delle date di consegna dei materiali, così da prevenire ritardi sull'esecuzione delle attività programmate e rispettare la produttività preventivata;
- Costi: il sistema logistico pianificato deve essere funzionale ad allineare il progetto con il suo costo target.

L'utilità dei sistemi informatici nella gestione dei materiali

La crescente complessità dei progetti di costruzione rende fondamentale, per il settore, valutare e selezionare il migliore approccio di gestione dei flussi fisici e informativi che caratterizzano le diverse fasi della catena di approvvigionamento. A tal proposito, è di vitale importanza l'efficace impostazione delle interfacce operative tra i diversi attori della filiera.

In particolare, la selezione e implementazione di un sistema informatico a supporto della gestione dei materiali rende possibile l'integrazione tra tutte le relative fasi e processi, che includono:

- La gestione delle richieste di materiale derivanti dalla modellazione;
- La gestione degli ordini d'acquisto;
- L'analisi di fattibilità;
- Il ricevimento e il rilascio dei materiali.

Le sfide relative alla gestione dei materiali nell'ambito del project management

Una delle principali sfide nell'ambito del project management consiste nel migliorare la visibilità e la tracciabilità delle informazioni in tempo reale. Infatti, un project manager ha necessità di allineare la disponibilità dei materiali con quella delle risorse umane e dei macchinari, così da prendere decisioni tempestive e informate. Tale esigenza assume particolare rilevanza nel caso di sistemi che si avvicinano al Just In Time (JIT), ove ci sono elementi in acciaio e/o prefabbricati, che devono essere prontamente presenti in cantiere al fine di non interrompere il montaggio e che, allo stesso tempo, occuperebbero un eccessivo spazio, se stoccati nel magazzino di cantiere per un lungo periodo di tempo. Pertanto, in questi casi, la visibilità e la tracciabilità di informazioni, quali il fornitore di riferimento, le quantità e le specifiche del materiale, ottenute in tempo reale, sono altamente desiderate.

Infine, l'adozione di un sistema di controllo computerizzato a supporto della gestione dei materiali è in grado di ridurre il tempo speso dai project manager aziendali per la raccolta dei relativi dati sul campo, garantendo una maggiore concentrazione sulla gestione del progetto.

CAPITOLO 2: ANALISI DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA

Approccio di ricerca e selezione degli articoli di letteratura a supporto dell'analisi

Per individuare le più recenti tecnologie di gestione e tracciabilità dei materiali, si è reso necessario effettuare un'attenta ricerca, che permettesse di valutare la metodologia più adatta a soddisfare i requisiti posti dal caso di studio.

Il processo ha previsto la ricerca di parole chiave, pertinenti all'ambito dell'indagine, nel database accademico Scopus. Il database è stato creato nel 2004 dalla casa editrice Elsevier, è periodicamente aggiornato e permette la visualizzazione diretta di abstract e testi completi di circa 25.000 articoli provenienti da più di 5.000 editori internazionali. Dunque, sulla base degli abstract, si sono identificati diciassette documenti come maggiormente interessanti tra quelli riguardanti la gestione dei materiali nei progetti di costruzione. Di questi, tuttavia, solamente nove si sono dimostrati realmente affini e pertinenti al tema per come voleva essere affrontato. In particolare, tra le tecnologie esistenti in letteratura, si è deciso di valutare bar-code, RFID, marcatura laser, GPS, Puma5 e Cosmo5.

Codice a barre

Tra i sistemi di identificazione e tracciabilità informatica della merce, quello del codice a barre rappresenta, senza dubbio, il più diffuso ed economico.

Il codice a barre è un'immagine composta da linee di spessore variabile, che vengono decodificate in numeri attraverso un apposito lettore. Tale sistema permette di leggere e scrivere informazioni relative alla tipologia di prodotto a cui è applicato.

Il principale vantaggio del bar-code è dato dalla possibilità di tracciare automaticamente il materiale in ingresso e in uscita dall'area di stoccaggio. Quando la merce giunge nella zona di accettazione del magazzino, questa viene identificata e registrata. Successivamente, si applica un'apposita etichetta contenente un codice a barre progressivo, che identifica la tipologia di prodotto e la locazione esatta attribuitagli. Il posizionamento della merce in magazzino viene gestito attraverso il software WMS (*Warehouse Management System*), che indica dove allocare i diversi codici prodotto, sulla base di come si è deciso di mappare l'area.

L'etichettatura semplifica anche la fase di reperimento merce. Infatti, il software di gestione del magazzino può verificare l'effettiva disponibilità della merce e trasmettere all'operatore di magazzino la sequenza ottima di prelievo della merce. Una volta prelevato il carico, l'operatore, tramite il suo terminale, può trasmettere al WMS l'informazione di avvenuto rilascio della merce.

Radio Frequency Identification (RFID)

La tecnologia RFID, il cui funzionamento di base è mostrato in *figura 1*, costituisce una soluzione alternativa al codice a barre.

Mentre l'impiego della tecnologia di identificazione a radiofrequenza (RFID) è stato ampiamente discusso e testato in aziende di produzione e distribuzione, tale applicazione è ancora poco considerata per la gestione dei cantieri nei progetti di costruzione. Il settore delle infrastrutture ha caratteristiche che sono condivise separatamente da altre industrie, ma che, in combinazione, appaiono nel solo ambito della costruzione. Tuttavia, i progressi sull'RFID in altri settori possono essere applicati anche nell'edilizia e l'indagine sull'RFID dovrebbe integrarsi con gli sviluppi al di fuori del settore, come i progressi tecnici, gli standard di informazione e i regolamenti sulle radiofrequenze.

Nonostante quasi tutti abbiamo almeno un oggetto con RFID di nostra proprietà, solamente pochi di noi conoscono questa tecnologia. L'RFID è una tecnologia che utilizza onde radio di diverse frequenze per identificare oggetti.

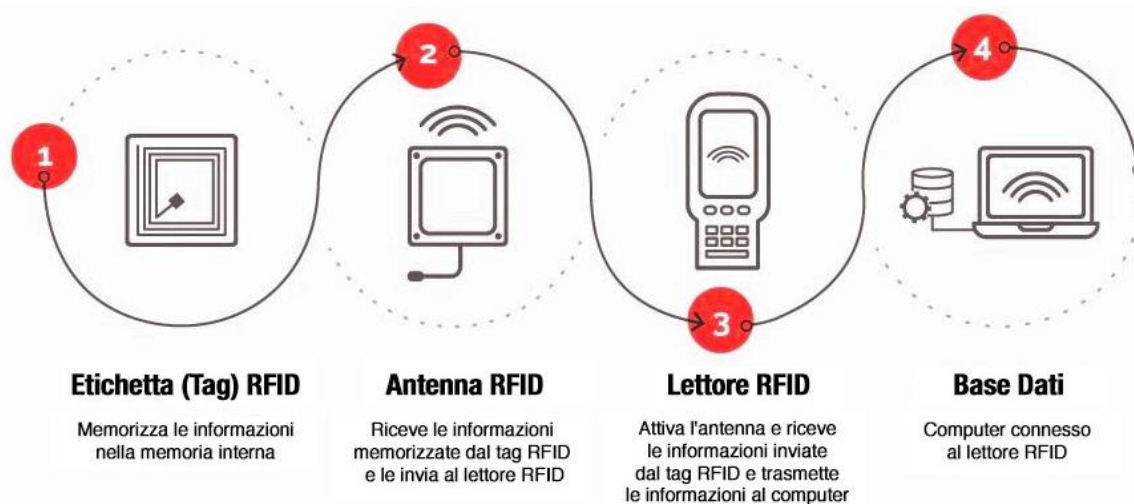


Figura 1: schematizzazione del funzionamento di un sistema RFID semplice e descrizione dei punti di interazione tra i diversi elementi che lo compongono

Un tipico sistema RFID comprende un tag RFID e un lettore RFID. In questo modo, le informazioni relative ai materiali sono memorizzate nei tag fissati sugli stessi e sono fruibili attraverso il lettore RFID.

Un tag RFID è tipicamente formato da un microchip, che memorizza i dati, e da un'antenna integrata, che funge da trasmettitore.

Attualmente, esistono due tipologie principali di tag RFID in commercio:

- Tag attivi.

I tag attivi hanno una fonte di alimentazione installata all'interno e, tipicamente, sono alimentati da batterie. In questo caso, il raggio d'azione è molto lungo, ma il costo unitario è considerevole.

- Tag passivi.

I tag passivi non hanno alcuna fonte di alimentazione interna, ma traggono l'energia per attivarsi dall'onda radio inviata dal lettore che li interroga. In questo senso, la connessione tra tag RFID e lettore RFID avviene tramite una comunicazione di tipo wireless. Il raggio d'azione dei tag passivi non è molto lungo, ma questi tag hanno il vantaggio di essere meno costosi dei tag attivi e di non richiedere manutenzione.

Grazie alla possibilità di avere informazioni in tempo reale legate alla visibilità e alla tracciabilità dei flussi, l'RFID può costituire l'interfaccia tra un *Building Information Model* (BIM) e un progetto reale.

Inoltre, la tecnologia RFID, così come il codice a barre, può essere implementata per migliorare la gestione delle scorte dei materiali da costruzione. Per esempio, nell'area di stoccaggio possono essere installati lettori RFID a lungo raggio, capaci di visualizzare le informazioni immagazzinate nei tag RFID attaccati ai materiali. In questo modo, al momento dell'ingresso della merce in magazzino, i lettori RFID leggono i tag RFID e aggiornano automaticamente il database relativo all'inventario. Analogamente, quando i materiali vengono prelevati per il loro utilizzo e valicano la zona di stoccaggio, il sistema informativo di gestione del magazzino decrementa le scorte di un quantitativo pari alla quantità uscita del relativo materiale. Vi è un ulteriore vantaggio insito in questo meccanismo: il sistema è in grado di aggiornare automaticamente le informazioni, aumentando la produttività delle diverse figure aziendali e riducendo gli errori umani associati alle attività svolte manualmente.

In aggiunta, la tecnologia RFID può essere adottata anche a supporto di una maggiore garanzia di qualità. Infatti, nel caso di prodotti che richiedano una o più certificazioni, la tecnologia RFID consente ai project manager di controllare agevolmente e in qualsiasi momento che i materiali utilizzati siano acquistati da fornitori qualificati e utilizzati in modo appropriato. Per di più, durante i controlli e la manutenzione delle macchine, gli ispettori possono utilizzare un dispositivo RFID portatile per scansionare i tag RFID sulle varie macchine. Infatti, è possibile leggere l'elenco completo di tutti i registri di manutenzione, con l'orario dell'avvenuta ispezione, il riferimento al personale tecnico che ha eseguito il controllo, le condizioni della macchina e gli eventuali lavori di riparazione eseguiti. Al termine di ogni ispezione e attività di manutenzione, le informazioni possono essere immediatamente salvate sul tag e aggiornate nel sistema di gestione centrale per un'eventuale consultazione futura.

Infine, le informazioni registrate in un tag RFID possono estendersi a indicazioni circa le modalità di un futuro smaltimento dei materiali e possono prevenire lo scarico irregolare degli stessi.

La tecnologia di identificazione a radiofrequenza è stata introdotta con l'obiettivo di superare il sistema di codici a barre per l'individuazione dei materiali. In particolare, rispetto alla sua tecnologia gemella, l'RFID garantisce:

- Un tasso di lettura più veloce;
- Una capacità di memorizzazione superiore;
- Una più bassa semplicità di riproduzione di falsi;
- Una maggiore facilità di applicazione, poiché i tag sono più flessibili e possono essere inseriti anche all'interno dei materiali da costruzione;
- Una migliore adesione e resistenza, anche in ambienti polverosi e fangosi;
- Una più elevata accuratezza circa la posizione degli oggetti;
- Superiori distanze di lettura, che possono arrivare anche a 15-25 metri nel caso dei tag attivi;
- La possibilità di leggere più tag in una volta sola, aumentando così l'efficienza dell'elaborazione dei dati;
- La possibilità di scrivere i dati sul tag, oltre che di leggerli, aumentando l'interazione tra i diversi attori del processo.

Di contro, tuttavia, i tag RFID possiedono un costo unitario superiore rispetto a quello di un codice a barre e le informazioni sono più complicate da cogliere, se i dati vengono crittografati per aumentarne la sicurezza.

Sebbene il costo si sia ridotto negli ultimi anni, la tecnologia RFID è ancora relativamente costosa rispetto ai sistemi di codici a barre. Infatti, come anticipato, nel caso dei componenti costruttivi di grandi dimensioni, occorrerebbe utilizzare tag attivi, così da incrementare la possibile distanza di lettura del tag, ma questo rende la tecnologia ancora meno competitiva.

Un altro degli attuali ostacoli verso l'integrazione dell'RFID è determinato dal fatto che il segnale radio può essere disturbato da oggetti in acciaio, acqua o altri segnali in radiofrequenza. Ciò è particolarmente vero per i cantieri in cui gli elementi in acciaio sono predominanti.

Marchatura laser

Negli ultimi decenni, il laser è stato ampiamente utilizzato nelle operazioni di taglio, saldatura e pulitura. Tuttavia, questa tecnologia è stata recentemente adottata in altri processi industriali, quali la marcatura e la lavorazione di diversi materiali, grazie all'introduzione di sorgenti laser caratterizzate da impulsi brevi e ultracorti.

I laser possono essere utilizzati per diversi metodi di marcatura, tra cui fusione e bruciatura della superficie, placcatura e rimozione della vernice, ossidazione e scolorimento. Tale variabilità consente di selezionare il metodo di marcatura maggiormente adatto al materiale da tracciare.

Come mostrato in *figura 2*, la marcatura laser viene utilizzata per marcare loghi, nomi di prodotti, numeri di serie, numeri di modello e altre informazioni sul prodotto irradiato.

I principali vantaggi del processo laser sono il lavoro senza contatto, l'elevata ripetibilità, l'elevata velocità di scansione, la possibilità di incidere oggetti di minori dimensioni e l'elevata flessibilità e automazione. Inoltre, l'uso di lunghezze d'onda più corte, che sono meglio assorbite dal materiale, consente di lavorare dimensioni di caratteristiche più piccole, mentre l'uso di impulsi più corti riduce la zona interessata dal calore e apre nuove strade verso l'accuratezza nanometrica.

Anche la marcatura laser è stata introdotta per superare i limiti di alcune altre tecnologie di identificazione, quali i codici a barre e l'RFID. Infatti, la tecnologia laser consente di ottenere tag fisici unici, non clonabili e più duraturi.



Figura 2: Tecnologia di marcatura laser nata dalla sinergia tra l'azienda Ridix S.p.A e M-Pix S.r.l. Tale procedimento consente una marcatura più profonda dei pezzi metallici e abbatte significativamente i tempi di incisione rispetto alle altre tecnologie disponibili ad oggi. È, infatti, possibile raggiungere profondità di marcatura che vanno oltre i 0,3 mm, grazie all'utilizzo di innovative sorgenti a fibra con impulsi molto energetici e potenze che variano dai 150 ai 1.000W a seconda dell'applicazione e del tipo di metallo.

Global Positioning System (GPS)

Il GPS è un sistema mondiale di radionavigazione satellitare all'aperto, formato da una costellazione di ventiquattro satelliti, stazioni di controllo a terra e utenti finali. Il GPS utilizza la triangolazione di questi satelliti per determinare la posizione tridimensionale di un determinato oggetto. In particolare, i ricevitori GPS calcolano le distanze di almeno quattro diversi satelliti in un dato momento, misurando il tempo di viaggio dei segnali radio da ciascuno dei satelliti.

Alcune ricerche hanno provato come l'utilizzo di un ricevitore GPS garantisca un risparmio, in termini di tempo impiegato per localizzare bobine di tubazione. Inoltre, l'identificazione e il monitoraggio della posizione dei materiali permettono di controllare in tempo reale lo stato di avanzamento delle attività e di ridurre il numero di oggetti smarriti.

L'uso di un ricevitore GPS può essere di supporto ad analisi che aiutino a identificare le inefficienze e le aree per il miglioramento dei processi, creando effetti positivi sulle prestazioni di costruzione e ottimizzando il layout dei percorsi.

Per esempio, un sistema GPS può essere usato anche in modo combinato con l'RFID.

Puma5 per l'efficientamento del processo di acquisizione dei materiali

Puma5 è il nominativo di un software della *Computer Line Associates (CLA)*, studiato appositamente per soddisfare le esigenze degli EPC contractors che lavorano nell'ambito dell'impiantistica industriale. L'applicativo permette e semplifica la gestione dell'elenco linee, lo sviluppo delle specifiche piping e la gestione dei materiali, fino alla generazione delle richieste di materiale.

Puma5 garantisce l'integrità dei dati. Infatti, durante ogni fase del ciclo di vita del progetto, tutti i dati risiedono su un unico database: questo dà la possibilità di eseguire controlli sulla consistenza dei dati stessi, assicurando che siano coerenti con gli standard internazionali e aziendali. Nel caso in cui dovessero sorgere eventuali problemi durante lo sviluppo del progetto, Puma5 sarebbe in grado di mandare dei segnali, affinché il personale possa intraprendere le opportune azioni correttive.

Grazie alla sua architettura modulare, Puma5 può essere utilizzato sia come soluzione totale sia in versione personalizzata, scegliendo i singoli moduli di interesse da installare, ma sempre consentendo una perfetta integrazione con altri prodotti o soluzioni interne già in uso, quali il gestionale SAP.

Il punto di partenza è caricare le *Piping Classes* in Puma5, così che l'applicativo le prenda in carico.

Le *Piping Classes* rappresentano l'insieme di regole necessarie per modellare delle tubazioni. In base alle caratteristiche, quali composizione chimica, temperatura e pressione, del fluido che vi scorrerà all'interno, le *Piping Classes* riportano indicazioni circa il materiale di cui deve essere costituita la linea piping e i componenti da utilizzare.

Dunque, per uniformare le scelte relative alle caratteristiche che le tubazioni devono avere, ogni cliente finale crea le sue *Piping Classes* di riferimento, che l'appaltatore dovrà seguire. Una stessa *Piping Class* può raggruppare più fluidi e questo garantisce la possibilità di costruire un impianto con pochi sistemi di tubazioni.

In particolare, ogni *Piping Class* riporta:

- Il codice di calcolo (per esempio, il codice europeo);

- Il materiale base per la tubazione (per esempio, acciaio al carbonio, acciaio inox o plastica);
- Il rating relativo alla pressione del fluido;
- La necessità o meno di certificazione 3.1 per il materiale che costituirà la tubazione (per esempio, i materiali metallici richiedono rintracciabilità in termini di fonderia di provenienza, mentre la plastica non richiede questa certificazione);
- Lo spessore di corrosione, che influisce sullo spessore che deve avere la tubazione (solitamente si considera 1,5 mm di spessore aggiuntivo per tenere conto degli effetti della corrosione);
- La schedula, ovvero il diametro del tubo, che, insieme alle altre condizioni di progetto, influisce sullo spessore del tubo;
- La possibilità di effettuare saldature sulla tubazione, che è funzione del diametro del tubo;
- La finitura delle flange, che possono avere faccia piana oppure presentare una certa rugosità;
- La pressione di prova idraulica (infatti, per tutte le *Piping Classes*, bisogna considerare che la pressione del fluido decresce all'aumentare della temperatura).

All'interno di ciascuna *Piping Class*, sono contenute le relative *Branches Tables*. Queste tabelle, che riportano i diametri minori sull'asse delle ordinate e il diametro principale sull'asse delle ascisse, individuano i componenti di linea da utilizzare per ottenere la riduzione di diametro all'interno di una linea di piping.

A partire dalle *Piping Classes*, l'applicativo Puma5 può creare automaticamente il catalogo dei componenti di progetto, ovvero la libreria dei particolari piping utilizzata per modellare e che verrà successivamente usata per ottenere il *Material Take-Off* (MTO).

Per gestire le possibili carenze di materiale, le quantità nel MTO possono essere aumentate automaticamente utilizzando delle semplici regole di eccedenza. L'utente può, inoltre, definire le specifiche di isolamento e i cicli di verniciatura, così che l'applicazione calcoli automaticamente i materiali di isolamento e verniciatura richiesti.

Di per sé, l'applicativo Puma5 non è in grado di accedere ai dati caricati sul gestionale SAP. Per questo motivo, si rende necessario ricorrere all'interfaccia SAP-Link per Puma5, ovvero

PumaToSap. PumaToSap è un'applicazione esterna a Puma5, che viene installata nella cartella dei programmi Puma e utilizza i dati presenti nelle banche dati/progetti Puma5.

Le operazioni che descrivono il flusso di dati scambiati tra gli applicativi sono le seguenti:

1. Puma5 genera il catalogo dei componenti a partire dalle *Piping Classes*;
2. PumaToSap importa i componenti da Puma5 e genera un PumaCode da associare a ogni componente;
3. PumaToSap esporta a SAP il catalogo dei componenti e i relativi codici Puma;
4. SAP importa il catalogo dei componenti e i codici Puma;
5. SAP genera i SapCode, uno da associare a ciascun componente;
6. SAP esporta un file contenente il codice Puma e il codice SAP;
7. PumaToSap importa il codice SAP generato per ogni componente;
8. PumaToSap esporta il catalogo componenti e il MTO presenti in Puma in un file compatibile con il batch d'importazione standard di SAP;
9. SAP importa il catalogo e il MTO.

Va notato che l'interfaccia SAP-Link non genera autonomamente la codifica dei prodotti. Per ogni componente, PumaToSap crea il codice Puma, che è un codice progressivo univoco per banca dati. I componenti importati da Puma5 vengono visualizzati in PumaToSap e, per ogni componente, viene visualizzato il SAPcode, se già presente. In caso di mancanza del codice SAP, PumaToSap genera un file contenente il codice Puma e la descrizione di eventuali altri attributi del prodotto da definire. Questa informazione viene inviata a SAP in un file contenente anche il catalogo componenti, dove, per ogni componente, sono presenti tutte le caratteristiche da registrare nella relativa anagrafica di SAP. Vengono importati a SAP solamente i componenti a cui non è ancora stato assegnato il campo SapCode e che, quindi, non sono ancora stati inseriti nel sistema SAP.

A partire da questo file, SAP, a sua volta, genera il codice SAP univoco per componente e restituisce il file contenente il PumaCode e il SapCode a PumaToSap. In questo modo, si rende possibile l'utilizzo dei codici generati a SAP per le successive elaborazioni.

Finché tutti i componenti presenti nel catalogo e nel fabbisogno (MTO) non hanno un codice SAP assegnato, non è possibile importare a SAP il file con le relative informazioni.

Insieme al fabbisogno di materiale, viene importato a SAP anche l'elenco delle relative richieste d'acquisto. L'importazione dell'elenco delle RDA in SAP, così come l'importazione dell'elenco materiali, può essere schedulata in background o avviata manualmente.

In SAP, i project manager possono consultare e rilasciare le richieste d'acquisto importate, filtrando Puma come richiedente.

A questo punto, l'ufficio acquisti può procedere con la creazione di ordini d'acquisto.

Cosmo5 per le analisi di fattibilità e la gestione del magazzino

Anch'esso prodotto dalla *Computer Line Associates (CLA)*, Cosmo5 costituisce un'appendice all'implementazione di Puma5. Una volta emessi gli ordini ai fornitori, questo applicativo si occupa della funzione relativa alle analisi di fattibilità, fornendo supporto in termini di gestione e controllo delle fasi di prefabbricazione e montaggio. Infatti, il software può essere impiegato come strumento di supporto alle decisioni per ottimizzare il processo di prefabbricazione e montaggio del "*Bulk Material Piping*".

Le funzioni per eseguire le analisi di fattibilità consentono di effettuare indagini per verificare quali spool (porzioni di sistemi piping) sia possibile costruire in base a una determinata situazione di giacenze. Infatti, tramite il dialogo con SAP, l'applicativo è in grado di leggere i codici nel gestionale e conoscere esattamente quale sia il materiale in consegna. In particolare, Cosmo5 si occupa anche della gestione dei documenti di procurement e utilizza le *Material Requisitions*, i *Purchase Orders* e le *Packing Lists* a SAP per tracciare lo stato del materiale. Ai vari componenti, l'applicativo è in grado di associare una delle seguenti condizioni:

- Richiesto;
- Ordinato;
- Spedito;
- Arrivato in cantiere.

Tale informazione risulta molto utile al fine di poter monitorare le fasi di movimentazione del materiale e pianificare le date delle attività di costruzione.

Con le successive consegne di materiale, vengono caricati in SAP i Documenti Di Trasporto (DDT) e Puma5 può restituire la fattibilità delle linee di piping, in termini di prefabbricazione e/o di montaggio, in modo automatico.

Gli studi di fattibilità costituiscono un approccio proattivo alla pianificazione e controllo nelle varie fasi di progetto. Consentono di verificare che vi siano i disegni emessi per costruzione e che sia presente in cantiere il relativo materiale richiesto da BOM per eseguire le attività, in accordo con le priorità definite nella pianificazione di progetto. Nel caso in cui l'analisi desse un esito negativo, non sarebbe possibile procedere con la costruzione pianificata, ma si renderebbe necessario modificare la pianificazione di medio-breve periodo.

In particolare, uno studio di fattibilità prevede:

- La verifica della pianificazione delle attività di montaggio stimate inizialmente rispetto all'effettiva possibilità di realizzazione;
- La previsione delle ore di lavoro necessarie;
- La migliore gestione delle attività di chi esegue il montaggio.

In Cosmo5, le analisi di fattibilità possono essere effettuate in due modalità: reale e previsionale. La prima utilizza la giacenza reale di magazzino, mentre la seconda utilizza i quantitativi e le date di consegna indicate nelle *Packing Lists* e nei *Purchase Orders*.

La *Packing List* è un documento fornito dal fornitore al momento della spedizione e riporta una serie di informazioni sui beni contenuti nella spedizione e su come sono imballati.

Le fattibilità possono essere salvate e, per mezzo di esse, è consentito impegnare il materiale a magazzino senza scaricarlo effettivamente. Allo stesso tempo, bloccando i materiali su una analisi, questi non saranno più disponibili per analisi diverse.

Infine, è possibile scaricare il magazzino direttamente dalle analisi di fattibilità, ottenendo automaticamente la stampa dei buoni di prelievo. Questi ultimi costituiscono un documento interno, che contiene tutte le informazioni necessarie ai magazzinieri per prelevare nel modo più agevole e veloce possibile i componenti per la prefabbricazione e per il montaggio.

Oltre a effettuare in modo automatico le analisi di fattibilità, l'applicativo Cosmo5 è in grado di facilitare anche la gestione e il controllo dei magazzini di cantiere.

In particolare, il software può effettuare una gestione a singolo magazzino o multi-magazzino, nel caso di impianti particolarmente estesi che necessitano di più depositi per la loro costruzione. Inoltre, è possibile gestire le varie ubicazioni all'interno di ciascun magazzino.

In Cosmo5, le *Packing Lists* sono utilizzate come riferimento per registrare l'entrata merci a magazzino, mentre è possibile scaricare il magazzino direttamente dalle analisi di fattibilità, ottenendo la stampa dei buoni di prelievo.

Tramite le funzioni che consentono la movimentazione delle merci, si mantiene aggiornata la situazione delle giacenze di magazzino, con la possibilità di produrre, in qualsiasi momento, report relativi alle movimentazioni e alle giacenze dei materiali dislocati sui vari cantieri.

Tale gestione delle scorte può garantire fluidità nei processi di costruzione e, allo stesso tempo, informazioni in tempo reale relative all'inventario possono facilitare anche i precedenti processi di gestione dei materiali, quale l'emissione degli ordini d'acquisto.

CAPITOLO 3: INTRODUZIONE AL PROGETTO OGGETTO DEL CASO DI STUDIO

Chi è Demont s.r.l. e di cosa si occupa

Fin dai primi anni '80, Demont S.r.l. progetta e realizza impianti complessi, sicuri e sostenibili in qualità di EPC Contractor. Attualmente, l'azienda, sita a Millesimo (SV), opera nei settori Oil & Gas, Power Generation e in altri comparti produttivi strategici, sia in Italia che all'estero. Grazie alle sue competenze ingegneristiche avanzate, è in grado di occuparsi di tutto ciò che concerne le fasi di progettazione (*Engineering*), approvvigionamento (*Procurement*) e costruzione (*Construction*) dell'impianto, nonché del montaggio, della consegna e delle operazioni di manutenzione. L'azienda lavora con un approccio di tipo Engineering To Order (ETO), poiché ogni impianto viene sviluppato, sin dalle fasi di ingegneria, solo nel momento in cui si presenta un'effettiva richiesta da parte del cliente, in modo da potergli consegnare un prodotto e dei servizi fatti su misura per lui.

Negli ultimi anni, uno degli obiettivi dell'azienda è quello di garantire il massimo livello di integrazione tra i diversi processi aziendali, a partire dalla fase di progettazione fino a quella di avviamento degli impianti, a tutto vantaggio della sicurezza complessiva dell'esecuzione e dell'ottimalità della gestione di progetto. Per fare questo, Demont si impegna costantemente a formare personale con conoscenze e competenze completamente condivise e armonizzate.

Il progetto con STMicroelectronics e le diverse fasi che lo compongono

Quello che Demont svolge presso il nuovo stabilimento produttivo di STMicroelectronics S.p.a., denominato "R3" e mostrato in *figura 3*, è un progetto EPC, il cui scopo è la progettazione costruttiva, la fabbricazione, consegna e installazione degli impianti tecnologici, meccanici e di processo. Tali attrezzature sono atte a sostenere il funzionamento della nuova linea di produzione all'interno dello stabilimento produttivo e dei relativi edifici, necessari ad STM per fabbricare wafer di silicio di diametro 300 mm.

A tal proposito, la collaborazione tra Demont e STMicroelectronics è iniziata nel 2020 e ha riguardato il susseguirsi di diverse fasi di progetto:

- PILOT: si tratta della prima fase di costruzione dello stabilimento, necessaria a STM per assicurare l'inizio della produzione;

- HBO (*Half Build Out*): costituisce la seconda fase di costruzione, di cui FPM7 e FPMA sono varianti, necessarie a STM affinché potesse aggiudicarsi alcune certificazioni (per esempio, la *CR Certification*) senza dover aspettare lo sviluppo della gara d'appalto per FBO e le relative costruzioni;
- FBO (*Full Build Out*): si tratta del progetto full, che Demont concorre ad aggiudicarsi partecipando alla prossima gara d'appalto e di cui FPM7 e FPMA costituiscono degli "early package".

Nel susseguirsi di tutte queste fasi, STM ha affidato e affiderà a Demont le diverse progettazioni e realizzazioni tramite contratti d'appalto con termini e condizioni del tutto simili.



Figura 3: fotografia del cantiere di costruzione del nuovo stabilimento "R3" di STMicroelectronics S.p.A., sito ad Agrate Brianza (MB).

Chi è STMicroelectronics S.p.a. e di cosa si occupa

STMicroelectronics, conosciuta anche come STM o semplicemente ST, è un'azienda italo-francese produttrice di componenti elettronici a semiconduttore. Attraverso decenni di investimenti, STM ha sviluppato tecnologie all'avanguardia per la produzione e l'imballaggio dei chip, che aiutano i suoi clienti a dare vita a grandi idee. Attualmente, la sua tecnologia avanzata gli permette di realizzare i microchip che sono incorporati nelle innovazioni più avanzate. Infatti, i suoi chip sono parte essenziale di prodotti appartenenti ai settori più disparati:

auto elettriche, macchine di fabbrica, data center, lavatrici, hard disks, smartphone e spazzolini da denti.

L'azienda, produttrice globale di dispositivi integrati (IDM), ritiene che la tecnologia svolga un ruolo chiave nell'aiutare a risolvere le sfide ambientali e sociali e, per questo motivo, progetta e realizza, insieme ai suoi clienti, prodotti, soluzioni ed ecosistemi, che consentono un futuro più intelligente e sostenibile.

Il fulcro dell'innovazione di STM deriva dalle tendenze a lungo termine, che stanno rimodellando industrie e società e aprendo la strada a un mondo più sostenibile. Per esempio, le sue soluzioni di elettrificazione sono progettate per aiutare le case automobilistiche a costruire veicoli elettrici più ecologici e convenienti, mentre le sue soluzioni di digitalizzazione rendono la guida più intelligente e sicura per tutti.

In qualità di pioniere nella trasformazione dell'Internet Of Things e dei big data, STM sta rendendo accessibili ai suoi clienti tecnologie integrate, sicure e affidabili, che li rendono in grado di far fronte a un mondo che sta diventando sempre più intelligente e connesso. L'innovazione di STM è guidata da oltre novemila dipendenti di ricerca e sviluppo e dal suo ampio lavoro con i principali laboratori di ricerca e partner aziendali in tutto il mondo.

Solamente quest'anno, a giugno, Demont si è aggiudicata il titolo di fornitore locale strategico dell'importante player dell'industria dei microchip, STMicroelectronics. Questa collaborazione rappresenta, per Demont, l'opportunità di dimostrare ancora una volta la propria affidabilità.

Descrizione del nuovo impianto produttivo R3 di STM e degli "scope of works"

Il nuovo stabilimento produttivo R3, sito ad Agrate Brianza (MB), costituisce una fabbrica ad altissimo livello di automazione, che si basa sugli strumenti tipici dell'industria 4.0.

Gli interventi di realizzazione del nuovo impianto sono iniziati nel mese di luglio del 2018, quando è stato stimato un investimento di oltre due miliardi di dollari. È proprio tale impiego a rendere il nuovo sito di STM il più grande investimento produttivo hi-tech in Italia e il polo produttivo per semiconduttori più grande in Europa.

Il nuovo impianto si estende per 65.000 metri quadrati complessivi, di cui 15.100 di *clean room*.

Come mostrato in *figura 4*, l'edificio, che si sviluppa su quattro livelli, si compone di diverse aree:

- *Support*, in cui risiedono gli impianti di trattamento dell'aria (UTA) a livello 3, la camera bianca per la produzione dei microchip a livello 2 e gli impianti di produzione di acqua demineralizzata e osmotizzata ai livelli 0 e 1;
- *Fabrication* (abbreviato *Fab*), che include la cosiddetta "camera bianca", la "west wing" e la "east wing" e costituisce l'edificio principale in cui hanno luogo i processi di fabbricazione di microchip da parte di STMicroelectronics;
- *Entrance*, ovvero l'edificio, posto lateralmente al Fab, in cui risiede una parte degli uffici dell'azienda cliente (STM);
- *Scrubber*, dedicato alla ricezione e al trattamento degli scarti liquidi e gassosi di produzione, così che questi vengano correttamente smaltiti.

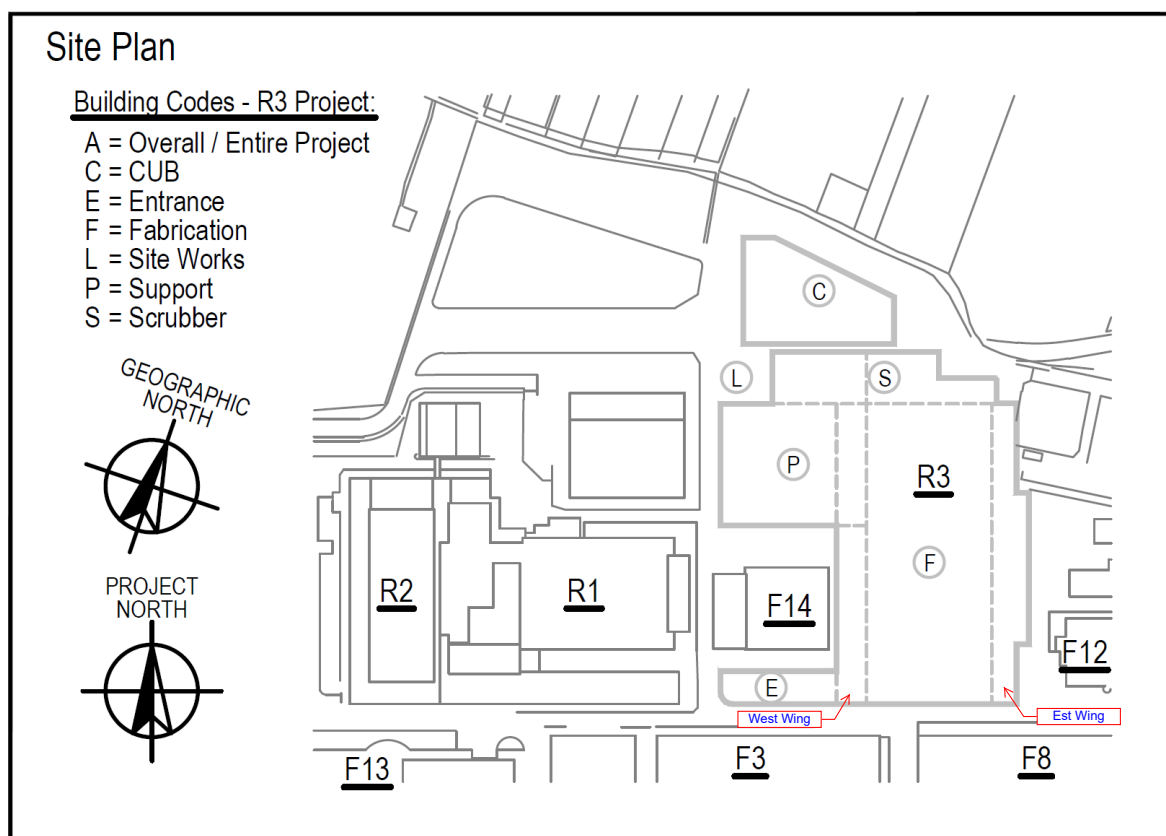


Figura 4: vista in pianta dei diversi edifici (R1, R2, R3) che comporranno il nuovo stabilimento produttivo di STM e delle diverse aree che costituiscono l'edificio R3, attualmente in fase di completamento.

La fase Pilot del progetto ha previsto l'installazione di impianti di condizionamento e raffreddamento, principalmente nei quattro livelli delle aree *Entrance*, *Support*, *Scrubber* e *Fab*. Demont, attraverso la costruzione e l'installazione di collettori, ha realizzato la rete distribuzione delle utilities dal *Central Utility Building* (CUB) alle aree *Entrance*, *Support* e nelle due ali, ovest ed est, del *Fab*. L'impianto di Demont rende, così, possibile l'alimentazione delle macchine di condizionamento (*Unità di Trattamento dell'Aria*, UTA) con fluidi, quali acqua refrigerata, acqua di riscaldamento, acqua industriale, acqua domestica, gas naturale e aria compressa, che provengono dall'edificio limitrofo.

Inoltre, il lavoro di Demont nella fase Pilot ha previsto l'installazione, nell'area *Fab*, del sistema di raffreddamento (*Process Cooling Water*, PCW) e di produzione del vuoto (PV).

Infine, nell'area *Scrubber*, è presente un sistema di scarichi, realizzati mediante materiali plastici, che confluiscono nei relativi serbatoi di raccolta, e le pompe per il rilancio.

La fase HBO, poi, si è prefissata di portare a termine l'ingegnerizzazione, la fornitura, la costruzione e il montaggio della parte a completamento della distribuzione di alcune utilities iniziate con il contratto precedente, Pilot. In particolare, si sono realizzati i gruppi di regolazione di quattro macchine di condizionamento dell'aria dislocate come segue:

- Una macchina presso l'edificio *East Wing* al livello 0;
- Una macchina presso l'edificio *Support* a livello 3;
- Due macchine presso l'edificio *West Wing* a livello 3.

Il lavoro ha previsto, inoltre, il potenziamento del sistema PCW, aggiungendo a quanto realizzato nella fase Pilot alcune pompe di circolazione, dei filtri, uno scambiatore e un serbatoio. Lo scopo era quello di incrementare, mediante l'installazione delle nuove apparecchiature, la capacità della centrale di produzione dell'acqua di raffreddamento di processo, sita nella *West Wing* dell'edificio a livello 0.

Infine, la commessa ha previsto la selezione, fornitura e installazione di otto *Air Conditioning Unit* (ACU), che sono state dislocate in diverse posizioni all'interno del fabbricato. Di queste macchine, è stato anche effettuato il piping di alimentazione e, in un caso, è stata realizzata una condotta *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC).

Infine, la fase FBO e i relativi early package, FPM7 e FPMA, si occupano di implementare gli stessi impianti, in modo simmetrico a quanto fatto nelle fasi precedenti, nell'ala est dell'edificio di produzione dell'azienda italo-francese, portando lo stabilimento alla massima capacità produttiva.

Il contratto

La base della fornitura dell'impianto di Demont a STMicroelectronics è costituita da un ordine. Il contratto di appalto è il contratto attraverso cui il soggetto committente (*owner*) affida al soggetto appaltatore (*contractor*) la realizzazione di un ambito di progetto (*scope of work*). In questo senso, l'appaltatore si impegna a offrire delle prestazioni in cambio di un prezzo, che può essere dilazionato in uno o più pagamenti.

Per quanto riguarda la forma organizzativa del contratto, siamo nel caso del *Construction Management* (CM), schematizzato in *figura 5*. In questo caso, il committente decide di attivare un meccanismo di project management di terza parte.

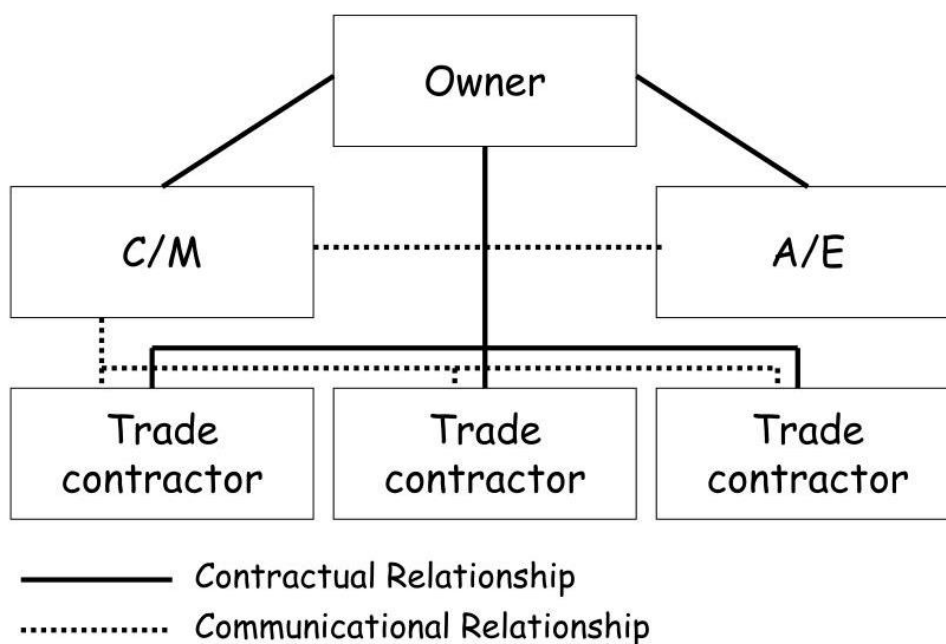


Figura 5: Schematizzazione della forma organizzativa propria del Pure (o Agency) Construction Management e indicazione delle relazioni contrattuali e di comunicazione che legano le diverse aziende coinvolte nella realizzazione del progetto

Nella fattispecie, Exyte Italy S.r.l. è l'agenzia che svolge il ruolo di gestore della commessa in nome e per conto del committente, STMicroelectronics.

L'agenzia di project management, insieme a ST, si occupa di suddividere la *Work Breakdown Structure* (WBS) di STMicroelectronics in tanti componenti di realizzazione, in modo da affidarli a singoli appaltatori specialistici. In questo senso, non c'è un appaltatore generale, ma il committente stipula una serie di contratti con i soggetti specializzati nelle varie componenti di prodotto.

La società di project management svolge ruoli di assistenza alla cantierabilità, assistenza alla stima dei costi, affidamento degli appalti, gestione e coordinamento delle fasi progettuali, scelta delle opzioni progettuali più efficienti (*value engineering*), assicurazione della qualità, monitoraggio dei tempi e dei costi, coordinamento e direzione, gestione delle variazioni e dei reclami da parte di tutti i piccoli/medi appaltatori specialistici.

Per quanto riguarda la forma di pagamento, siamo nel caso di un prezzo fisso a corpo (*lump sum*), che rimane incondizionatamente impegnativo e invariabile e che si intende comprensivo di tutti i lavori, forniture, prestazioni e materiali costituenti l'oggetto dei lavori.

In particolare, il pagamento del prezzo a corpo da parte di STM avviene come segue:

- a. Il 5% del corrispettivo fisso viene corrisposto all'appaltatore al momento della sua mobilitazione;
- b. Il 10% del corrispettivo fisso viene corrisposto all'appaltatore al momento dell'approvazione da parte del committente di alcuni elaborati;
- c. L'85% del corrispettivo fisso viene corrisposto all'appaltatore sulla base di stati mensili di avanzamento lavori (SAL), a misura dell'avanzamento dei lavori effettivamente eseguiti in ciascun mese solare di riferimento, calcolato a misura sulla base di quanto previsto nel capitolato tecnico, fino all'integrale pagamento del prezzo a corpo.

Le criticità del progetto

Per affrontare il caso di studio, il punto di partenza è stato consultare i project manager aziendali e porre loro domande mirate, in modo da cogliere i reali problemi operativi affrontati nelle diverse fasi del progetto con STMicroelectronics. A emergere come maggiori problematiche sono state le attività legate alla gestione dei materiali. In particolare, sono state individuate due

aree, sinonimo di processi aziendali mal funzionanti e poco efficienti, in cui è possibile effettuare ottimizzazioni:

1. Nel passaggio tra tutti i vari step che portano all'acquisizione e all'impiego del materiale, non si tiene traccia, se non tramite una onerosa analisi effettuata manualmente, di quale sia la porzione di progetto a cui un determinato ordine faccia riferimento. Nello specifico, non si crea automaticamente un nesso tra il materiale acquistato e il disegno isometrico e l'informazione sembra perdersi nel passaggio tra il settore dell'ingegneria e l'ufficio acquisti, causando ripercussioni in termini di *constructability* al momento della consegna e stoccaggio della merce in magazzino, sia esso di officina o di cantiere.

Spesso, al momento della prefabbricazione e del montaggio in cantiere, ci sono vincoli stretti, in termini di priorità, tra le attività da eseguire e il fatto di non poter facilmente fruire delle informazioni sulla disponibilità o la mancanza dei materiali per costruire le parti di impianto in priorità rischia di allungare i tempi e generare ritardi.

Inoltre, il problema si verifica anche nei casi in cui non è presente un vincolo di priorità stretta tra due attività: si potrebbe partire a prefabbricare/montare le parti per cui si ha tutto il materiale necessario a disposizione, ma il fatto di non avere una comoda fruibilità di questa informazione richiede lavoro aggiuntivo, con il concreto rischio di sprechi di tempo e di risorse, che non hanno chiaro il lavoro giornaliero da svolgere.

2. Non si ha effettivamente il ritorno di informazione su ciò che è stoccato nel magazzino di cantiere. Spesso, nelle fasi avanzate di un progetto, c'è un eccesso di materiale, acquistato e non utilizzato. Una ragione, per esempio, sono le quantità minime di acquisto imposte dai fornitori: se la richiesta di acquisto esprime la necessità di dieci bulloni per la realizzazione di un sottoinsieme del progetto, magari si è comunque obbligati ad acquistarne cento. Inoltre, eseguendo gli acquisti man mano che viene sviluppato il progetto, si effettuano richieste d'acquisto parziali e distanziate nel tempo: in questo senso, l'eccedenza di materiale ordinato rispetto alla quantità necessaria continua via via ad accumularsi, poiché non si valuta la possibile presenza di materiale già ordinato in eccedenza che potrebbe coprire il fabbisogno di una nuova richiesta d'acquisto appena emessa. Alla base, dunque, vi è una sorta di "pigrizia aziendale": spesso risulta più facile eseguire ordini multipli piuttosto che spendere tempo

nell'effettuare valutazioni sull'effettiva giacenza di magazzino, nonché del materiale in transito dai fornitori. Di conseguenza, la pratica comune, oltre a causare uno spreco legato al costo del materiale avanzato, genera elevati costi di magazzino e uno sfruttamento improprio degli spazi a disposizione.

A partire da queste considerazioni, si è pensato di valutare l'applicabilità di una o più nuove metodologie di rintracciabilità del materiale all'acquisto e in cantiere, che potesse apportare all'azienda miglioramenti effettivi alle pratiche di gestione dei materiali nei vari progetti intrapresi.

CAPITOLO 4: LA SITUAZIONE AS-IS

Al fine di condurre la ricerca oggetto del presente elaborato, si è ritenuto opportuno partire da una mappatura dei processi attualmente implementati in azienda, con lo scopo di identificarne i punti critici. A tal fine, si è deciso di fissare dei colloqui con diverse figure aziendali responsabili dell'ingegneria, degli acquisti e della gestione del materiale in officina di sede, per chiedere loro quale fosse l'iter ripetitivo di attività che li coinvolgesse quotidianamente, oltre che per ascoltare eventuali spunti di miglioramento.

Accanto a questo, è stato programmato ed effettuato un periodo in cantiere, con l'obiettivo di osservarne l'operatività di tutti i giorni ed individuarne inefficienze legate alla gestione dei materiali.

Il processo di acquisizione dei materiali implementato per il progetto con STM

La prima fase di lavoro affrontata dall'azienda, una volta acquisita la commessa, è quella riguardante l'ingegnerizzazione e schematizzata in *figura 6*.

In fase di richiesta di offerta, STM ha fornito a Demont un modello base degli impianti, affinché fosse perfezionato. Dunque, il primo passo, per Demont, è stato assegnare alle sue risorse ingegneristiche il compito di completare e ottimizzare il modello a livello di BIM.

Il *Building Information Modeling* (BIM) indica un modello contenente informazioni di progetto. Costituisce un metodo integrato di progettazione utilizzato principalmente nel settore delle costruzioni e rende possibile l'unione delle "forze" di un elevato numero di categorie professionali tecniche. Proprio questo è stato il punto di forza dell'applicazione della metodologia nel progetto di Demont con STM: si potevano raccogliere, unificare e combinare insieme tutti i dati di progettazione delle diverse società di progettazione che si erano aggiudicate l'esecuzione dell'opera in qualità di appaltatori di STM.

All'interno del settore edile, il BIM permette un corretto sviluppo e un'adeguata gestione, senza errori, del progetto multidisciplinare, a cui possono partecipare, in maniera più agevolata, tutte le parti coinvolte nel progetto, rendendo possibile la condivisione e il continuo controllo di processo tra i vari soggetti coinvolti dalla committenza.

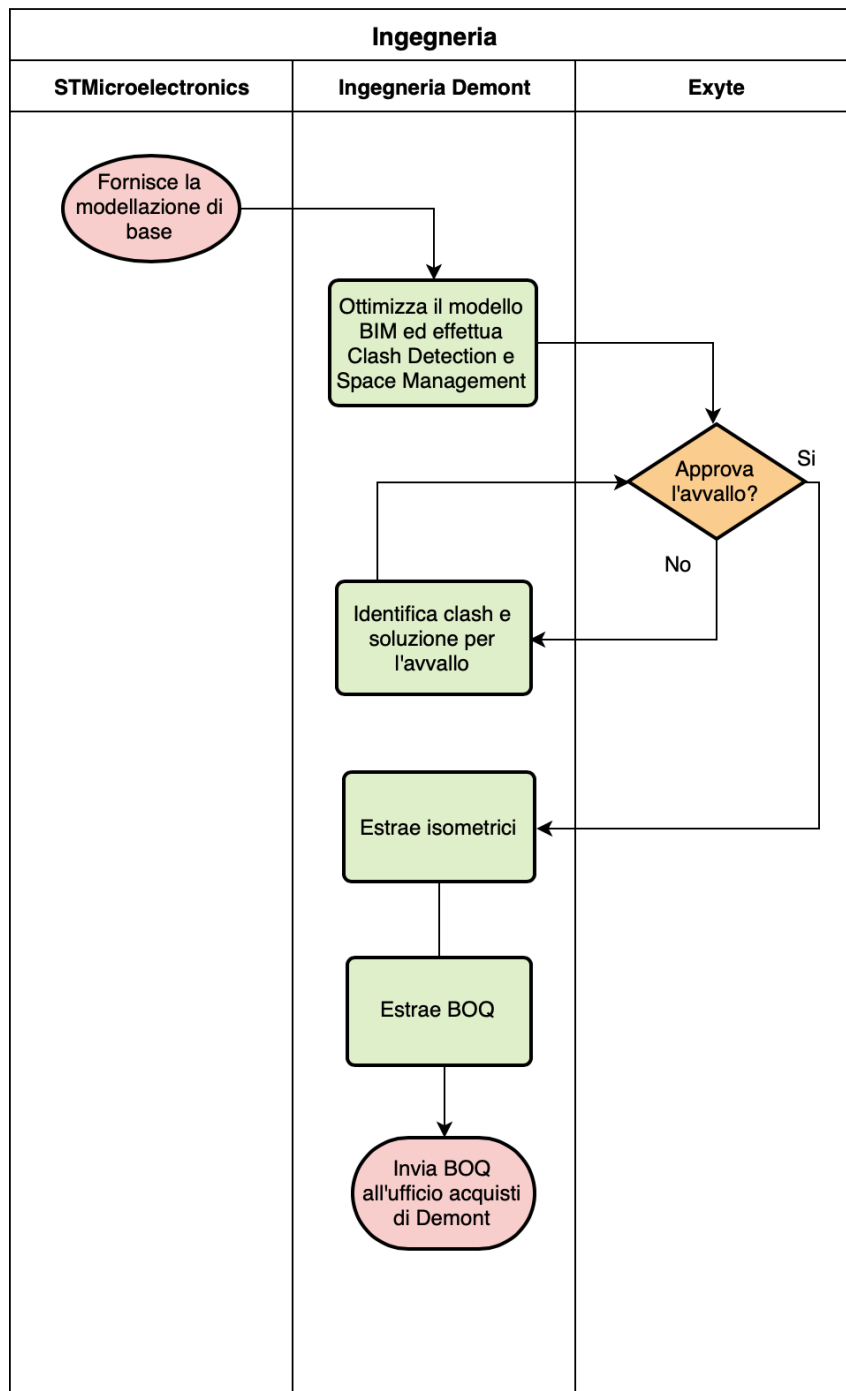


Figura 6: diagramma di flusso relativo al processo di ingegnerizzazione attualmente implementato in Demont per lo sviluppo del progetto con STMicroelectronics e simili

A livello informatico, il lavoro di Demont ha previsto l'assegnazione di proprietà a ciascuno dei diversi componenti del modello, così che questi fossero descritti da un nome, una dimensione, una descrizione, un numero di linea, un peso e una lunghezza, come mostrato in *figura 7*.

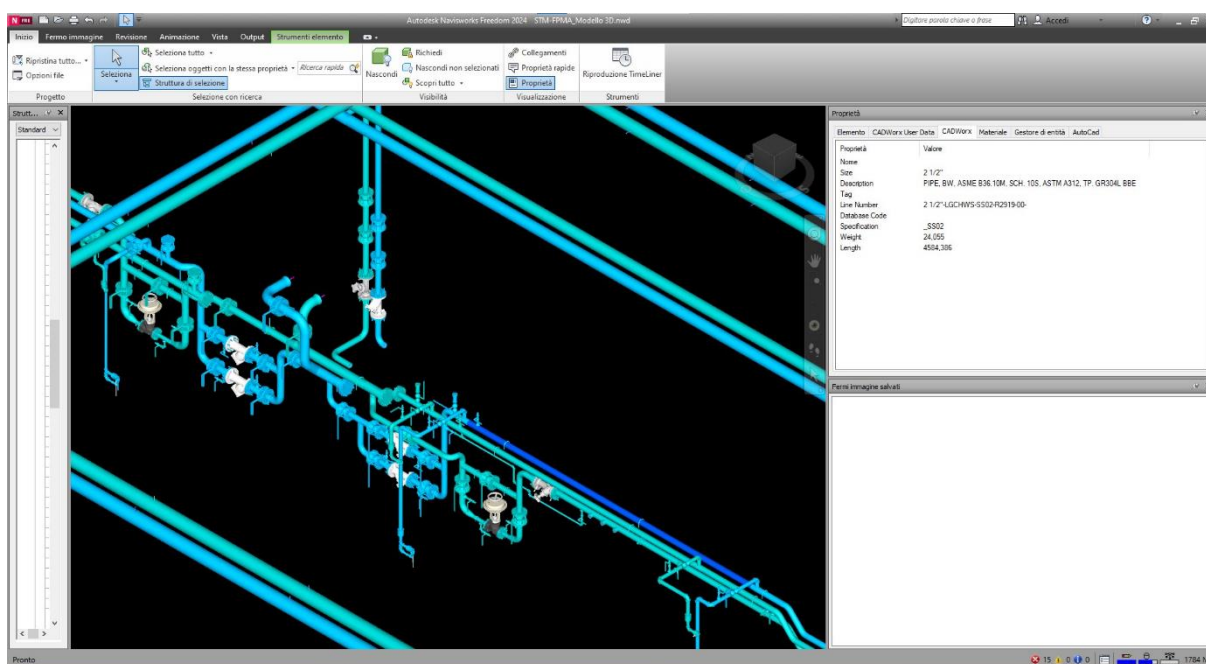


Figura 7: Schermata acquisita dal modello 3D del progetto in esame

Inoltre, gli ingegneri di Demont si sono occupati di controllare e risolvere le interferenze geometriche e spaziali all'interno del modello, che emergevano nel momento in cui si andavano a intersecare i diversi modelli divisi per disciplina, e si sono occupati di identificare il miglior layout per incontrare le esigenze di tutta l'organizzazione assegnata al progetto, dai bisogni delle aziende a quelli dei singoli lavoratori. Quelle appena descritte sono due attività, comunemente chiamate *Clash Detection* e *Space Management*.

Una volta ottenuto il modello finito, questo deve essere avallato dal cliente oppure dalla società terza a cui lo stesso ha richiesto l'esecuzione di un servizio di project management per suo conto.

Il passo successivo è l'estrazione degli isometrici, ovvero i disegni costruttivi impiantistici, che riportano la lista dei materiali che concorrono a definire il modello, come riportato in *figura 8*.

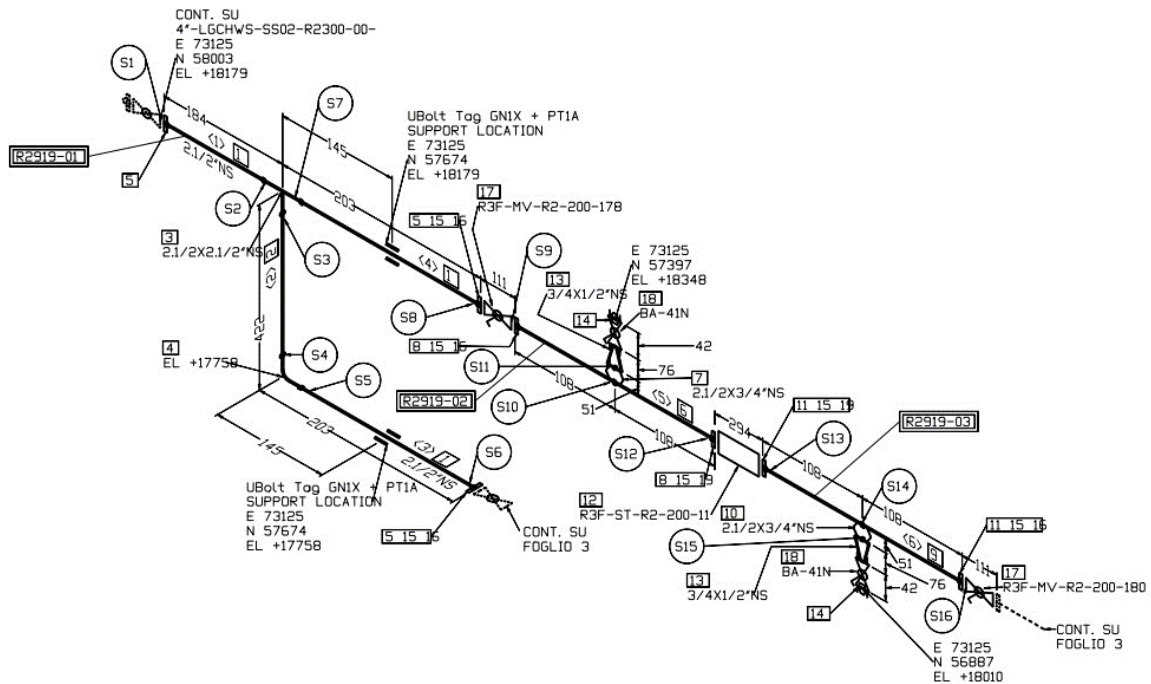


Figura 8: Disegno isometrico relativo a una porzione di linea piping del progetto in esame

A ogni modello è associata una distinta base (in inglese *Bill of Materials* – BOM), ovvero l'elenco di tutti i componenti con le relative quantità, che concorrono alla realizzazione dell'oggetto modellato. Combinando più modelli insieme, viene estratto il fabbisogno del progetto: questo prende il nome di computo metrico (in inglese, *Material Take Off*).

Il *Material Take Off* (MTO) rappresenta la richiesta scritta di materiale emessa dall'ufficio dell'ingegneria, a seguito dell'analisi dei documenti di progettazione. Si tratta di un termine utilizzato in ingegneria e costruzione e si riferisce a un elenco di materiali con quantità e caratteristiche (come, per esempio, gradi specifici di acciaio) necessarie per costruire la struttura o l'oggetto progettato.

Una volta che l'ingegneria ha definito il fabbisogno di materiale, subentra il processo relativo alla fase di approvvigionamento, sintetizzato nel diagramma di flusso riportato in *figura 9*.

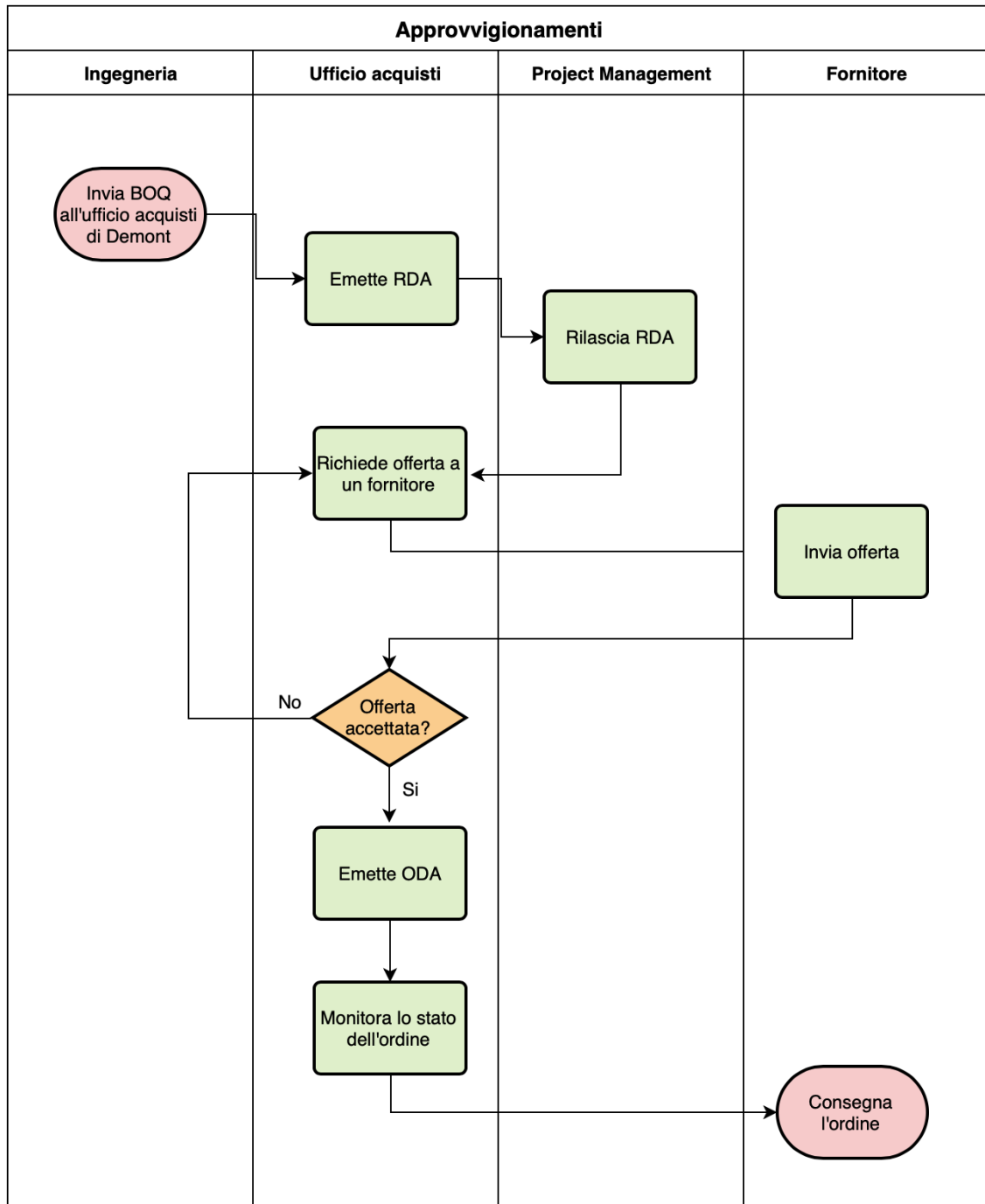
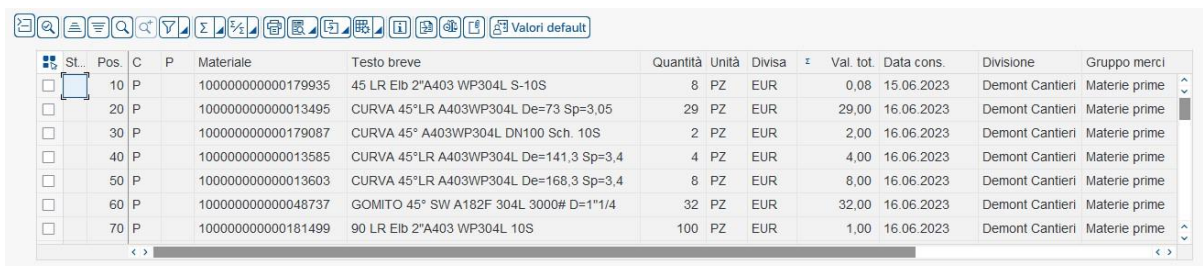


Figura 9: Diagramma di flusso relativo al processo di approvvigionamento dei materiali attualmente implementato in Demont per lo sviluppo del progetto con STMicroelectronics e simili

Anzitutto, l'elenco con i quantitativi viene trasformato in Richieste di Acquisto (RDA).

L'RDA, in *figura 10*, è il passaggio che ufficializza formalmente la necessità di materiale, comunicandola per la prima volta al sistema gestionale. In questo senso, le richieste d'acquisto giocano un ruolo chiave nella tracciabilità del materiale.



St.	Pos.	C	P	Materiale	Testo breve	Quantità	Unità	Divisa	Val. tot.	Data cons.	Divisione	Gruppo merci
	10	P		1000000000000179935	45 LR Eib 2"A403 WP304L S-10S	8	PZ	EUR	0,08	15.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	20	P		100000000000013495	CURVA 45°LR A403WP304L De=73 Sp=3,05	29	PZ	EUR	29,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	30	P		1000000000000179087	CURVA 45° A403WP304L DN100 Sch. 10S	2	PZ	EUR	2,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	40	P		100000000000013585	CURVA 45°LR A403WP304L De=141,3 Sp=3,4	4	PZ	EUR	4,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	50	P		100000000000013603	CURVA 45°LR A403WP304L De=168,3 Sp=3,4	8	PZ	EUR	8,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	60	P		100000000000048737	GOMITO 45° SW A182F 304L 3000# D=1"1/4	32	PZ	EUR	32,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime
	70	P		1000000000000181499	90 LR Eib 2"A403 WP304L 10S	100	PZ	EUR	1,00	16.06.2023	Demont Cantieri	Materie prime

Figura 10: Schermata, acquisita dal sistema gestionale SAP, relativa a una Richiesta D'Acquisto per il progetto in esame

A questo punto, i project manager assegnati al progetto hanno il compito di rilasciare le richieste d'acquisto.

Dal momento in cui è stata rilasciata una RDA, l'ufficio acquisti ha la possibilità di selezionarne ciascuna delle voci e di associarla a un Ordine Di Acquisto (ODA): può accadere che con più RDA venga fatto un unico ordine d'acquisto oppure che un'unica RDA porti a diversi ordini d'acquisto, ma l'obiettivo del team di approvvigionamento deve sempre essere quello di ottimizzare i quantitativi e, se possibile, ottenere degli sconti quantità dai fornitori.

Dunque, il rilascio delle RDA autorizza l'ufficio acquisti a effettuare dei veri e propri ordini d'acquisto, basati sulle offerte ricevute dai fornitori in fase preliminare di acquisizione della commessa.

Ogni ordine d'acquisto a un fornitore è accompagnato dalla MR (acronimo di *Material Requisition*), ovvero la scheda che riporta le proprietà del materiale e della componentistica che si intende acquistare. Si tratta un documento contrattuale che viene allegato all'ordine d'acquisto e consegnato al fornitore in modo che possa fornire l'elemento giusto in termini di specifiche tecniche.

Nel caso di Demont, la MR serve principalmente per componenti più critici e voluminosi come le valvole o le pompe. Per esempio, una pompa è definita da una portata e da una prevalenza, inoltre è possibile dire che vogliamo la girante in inox e la cassa in ghisa, che vogliamo una

verniciatura secondo ciclo anticorrosivo, che la pompa sia sottoposta ad alcuni test di controllo qualità, che il fornitore produca determinati documenti, quali datasheet e disegni, eccetera. Tuttavia, qualsiasi materiale ordinato in Demont è accompagnato da una MR, compreso il piping.

La *Material Requisition*, dunque, riporta tutte le proprietà e i servizi che noi vogliamo ricevere dal fornitore riguardo a un determinato componente.

Il fornitore è strettamente tenuto a consegnare quanto riportato nella MR e, in caso venga consegnato un prodotto non conforme a quanto indicato, Demont ha diritto di richiederne la sostituzione al fornitore.

Una volta che l'ufficio tecnico ha rilasciato gli isometrici validi per costruzione e che i materiali per la prefabbricazione sono giunti in officina di sede, quest'ultima prepara le schede di taglio, fa l'elenco materiali necessari e lo passa al magazzino sotto forma di buono di prelievo, affinché questo predisponga i prodotti per la prefabbricazione.

Le schede di taglio sono documenti che riportano la metratura effettiva di tubo necessario per la prefabbricazione di una linea e si rendono necessarie poiché i disegni isometrici riportano semplicemente delle distanze "punto a punto", senza considerare le distanze occupate dai vari elementi di raccorderia.

Il Project Management e il Piano della Committenza

Il Piano della Committenza (PDC) è un documento di gestione della commessa che permette al team di project management di mappare e tenere sotto controllo gli ordini di fornitura emessi, per far sì che questi siano effettivamente consegnati a ridosso della data in cui dovranno essere disponibili in cantiere.

A partire dalla data di consegna del progetto, l'obiettivo è disporre del materiale quando questo serve in cantiere, non tardi, ma nemmeno troppo presto, affinché non si disperda o deteriori ancor prima che possa essere utilizzato dalla manodopera di cantiere. Ovviamente, per alcune parti, l'ordine al fornitore andrà emesso subito, mentre, per altre, l'ordine si potrà posticipare, perché possono essere montate solamente dopo altri elementi.

Successivamente, come già anticipato, il computo dei materiali viene approvato e tramutato in una o più Richieste di Acquisto (RDA), che deliberano l'ufficio acquisti ad emettere degli Ordini di Acquisto (ODA) ai fornitori identificati come più adatti.

Il passaggio da MTO a RDA e, ancora, a ODA (Ordine D'Acquisto) richiede dei tempi di esecuzione non trascurabili e tale osservazione richiede di valutare bene le tempistiche, così da non sfiorare oltre le date in cui il materiale deve essere pronto e installato in cantiere.

Sulla base dei dati storici, tipicamente Demont ipotizza:

- Due giorni per il passaggio dal MTO alla RDA;
- Sette giorni per il passaggio dalla RDA all'ordine.

Accanto a questo, si stila un preventivo anche riguardo al *Delivery Lead Time*, ovvero al quantitativo di giorni necessari al fornitore per consegnare la merce una volta ricevuto l'ordine. Ovviamente, tali dati, indipendenti da Demont, sono diversificati sulla base del prodotto ordinato, oltre che del fornitore, e comunque stimati da rapporti di fornitura pregressi. In ogni caso, questi costituiscono dei valori di partenza, in grado di fornire un'indicazione circa la priorità secondo cui emettere gli ordini, ma che vanno via via adattati consultando gli avanzamenti registrati dall'ufficio acquisti per quanto riguarda lo stato degli ordini. In questo senso, alla fine, ciò che comanda realmente il piano della committenza è l'ordine, una volta che è stato emesso.

Carenze dell'attuale sistema di acquisizione, gestione e impiego dei materiali

Per quanto concerne la gestione dei materiali, i principali problemi riscontrati dal personale Demont coinvolto nel progetto con STMicroelectronics, sono i seguenti:

- Il *Material Take Off* estratto dall'ingegneria è associato a un modello, ma non a una linea. Avere un database più specifico, che permetta di sdoppiare il quantitativo dato dal MTO sulle diverse linee, aumenterebbe di molto il numero di informazioni immagazzinate a sistema.
- L'ingegneria, che elabora i disegni isometrici ed estrae il computo metrico dai modelli, ha il collegamento tra materiale e isometrico e, quindi, sa che, per produrre una certa linea, prefabbricata e montata, si ha necessità di determinati materiali. Tuttavia, questo legame materiale-isometrico viene a perdersi con l'inizio delle attività di prefabbricazione.

Supponiamo che escano due isometrici in successione, prima l'isometrico A e poi l'isometrico B. Questi due isometrici hanno la distinta base dei materiali parzialmente o totalmente sovrapponibile. Il materiale della distinta materiali sovrapponibile non è

ancora stato consegnato per l'isometrico B, mentre è arrivato per l'isometrico A. Può succedere che si inizino a prefabbricare le linee dell'isometrico B, per necessità (le priorità subiscono una modifica e l'isometrico B diventa più urgente rispetto all'isometrico A) o per volontà (a pari priorità, si sceglie di partire a prefabbricare dall'isometrico B), attingendo al materiale già consegnato per l'isometrico A e adatto a compensare le carenze riguardanti il materiale necessario a prefabbricare le linee dell'isometrico B. La mancata tracciatura di questa operazione fa sì che, quando gli operatori si accingono a prefabbricare le linee relative all'isometrico A, si trovano con del materiale mancante.

In linea teorica, se si è usato il materiale relativo all'isometrico A per prefabbricare le linee dell'isometrico B, si potrà poi utilizzare il materiale relativo all'isometrico B per prefabbricare le linee dell'isometrico A, una volta che questo materiale sarà consegnato dal fornitore e giunto in cantiere. Allora, il reale problema è che, a un certo punto, si perde l'informazione e non si sa dove sia andato a finire il materiale comprato. Il tubista che si accinge a prefabbricare le linee dell'isometrico A lamenta la mancanza di materiale e si ha una perdita di tempo nel cercare di capire se quel materiale era già stato ordinato e sta arrivando oppure è da acquistare nuovamente perché andato perso. L'ingegneria ci mette molto tempo per capire, a ritroso, che cosa sia successo e, talvolta, l'azienda fa prima a emettere direttamente un nuovo ordine, per esempio a un nuovo fornitore. A questo punto, l'ordine "vecchio", ovvero quello tradizionale, emesso per primo, verrà comunque consegnato e costituirà un avanzo di materiale tenuto a magazzino.

In officina, gli operatori sembrano dare poco peso all'applicazione per cui determinati materiali siano stati acquistati. Se, per prefabbricare una linea, serve un manicotto, l'operatore prende il primo manicotto disponibile, senza curarsi del fatto che, poi, a un altro tubista, che si accingerà a prefabbricare una linea dell'isometrico B, mancherà quel manicotto. È come se l'ingegneria, dopo aver indicato il materiale da acquistare, ne perda traccia e non sappia più dove sia andato a finire. Semplicemente, talvolta, l'ingegneria riceve dal cantiere un "allarme" di mancanza del materiale necessario e riscontra difficoltà nell'individuare le cause di tale carenza.

- L'ingegneria non ha il ritorno di informazione sul materiale stoccato presso il magazzino di cantiere. Dalla fase Pilot del progetto con STMicroelectronics, il responsabile di magazzino ha la possibilità, tramite controllo visivo di inventario, di sapere che cosa risulta stoccato, ma non è automatizzato il rientro dell'informazione in sede. Nel momento in cui l'ingegneria emette una nuova richiesta d'acquisto ed esprime la necessità di emettere un nuovo ordine con determinate quantità di materiale, non sa di poter attingere a qualcosa di già presente a magazzino. Dunque, l'ingegneria continua a comprare, anche se parte dei quantitativi che si acquistano sarebbero già disponibili, in quanto avanzati da un altro lavoro o, addirittura, da un altro progetto. L'ingegneria lavora dando per scontato che tutto ciò che acquista venga utilizzato e impiegato in cantiere, anche se questo difficilmente si verifica. Aprire una procedura di acquisto per materiale che non si sa di avere comporta uno spreco di tempo.
- L'ingegneria estrae il fabbisogno di materiale sotto forma del MTO di commessa ed emette delle richieste d'acquisto, in modo da far partire le operazioni di approvvigionamento. Con il caricamento delle richieste di acquisto a SAP, compaiono una serie di codici sul sistema gestionale, che vanno a identificare i prodotti da acquistare. In questa fase, subentra un problema: l'anagrafica di codici a SAP non identifica univocamente i prodotti acquistati e impiegati dall'azienda. Talvolta, capita che, nonostante vengano richiesti materiali nuovi molto diversi da quelli impiegati dall'azienda fino a quel momento, per risparmiare tempo, non si vadano a creare codici nuovi nelle RDA, ma si vada semplicemente ad aggiungere una descrizione nel campo note di un materiale precedentemente acquistato e inserito a SAP. Dunque, per risparmiare tempo, si compra un pezzo ma lo si associa al codice di un altro prodotto precedentemente acquistato, semplicemente indicandolo nel campo note. Così facendo, nel momento in cui un operatore scarica l'elenco del materiale ordinato a SAP per capire che cosa deve arrivare in officina, legge la voce collegata al codice, senza avere nessuna accortezza di guardare ciò che è scritto nel campo note, e si aspetta di ricevere un prodotto diverso da quello che, invece, verrà consegnato. Tale pratica è molto più frequente nell'ambito della raccorderia particolare, mentre difficilmente riguarda il piping, e genera sprechi di tempo legati a indagini manuali sulle discrepanze, costituendo una fonte di errori operativi.

D'altra parte, si verificano anche situazioni simili ma inverse: nel momento in cui si caricano le richieste d'acquisto a SAP e non si trova immediatamente il codice relativo al prodotto da acquistare e già precedentemente comprato, per risparmiare tempo, si crea un codice nuovo per un prodotto già esistente. In questo secondo caso, il risultato è quello di avere più codici prodotto associati a uno stesso materiale.

Uno dei problemi di rintracciabilità dei materiali è dato dal fatto che il gestionale SAP non abbia i cosiddetti codici parlanti.

Con l'espressione "codice parlante", si intende un particolare metodo di codifica dei prodotti che consente di individuare, direttamente dal codice, alcune delle caratteristiche del prodotto. Infatti, il codice parlante è strutturato e ogni gruppo di caratteri indica una specifica caratteristica dell'articolo.

Avere codici parlanti sarebbe particolarmente utile per Demont, che tratta prodotti simili, differenti solo per alcuni parametri. Tuttavia, in azienda, accade che i codici non diano una chiara indicazione dell'oggetto codificato e, per poter dire a quale prodotto corrisponda un determinato codice letto a SAP, occorrerebbe conoscere tutti i codici dell'azienda a memoria.

Avere codici parlanti a SAP ridurrebbe il numero di errori commessi, poiché chiunque, a colpo d'occhio, avrebbe un'informazione più chiara circa il prodotto che sta trattando e questo apporterebbe dei benefici in termini di gestione.

- Settimanalmente, il personale dell'officina scarica da SAP l'elenco di materiale con data di consegna nella settimana corrente. Questo passaggio è stato introdotto durante il progetto con STM e viene replicato in ugual modo dal personale in cantiere.

Dunque, ogni settimana, il punto di partenza è l'estratto dell'ordinato a SAP, così che si possano conoscere tutti i prodotti che devono essere consegnati. Se, da parte dei fornitori, non dovessero arrivare gli avvisi di merce pronta per la totalità del materiale atteso nella settimana, il personale dell'officina sarebbe pronto a mandare degli *allert*. Questo significa che il controllo sulla puntualità o meno della consegna viene fatto in officina, mentre l'ufficio acquisti, una volta emesso l'ordine, non ne è più padrone. Le risorse che si occupano degli approvvigionamenti, una volta emesso l'ordine d'acquisto, non si sentono più responsabili e dimostrano poco impegno nel controllare che la data di consegna promessa dai fornitori venga effettivamente rispettata. Questo è tanto più

vero nel caso di item poco critici per il progetto e causa disinformazione sulla tracciabilità dei materiali a vari livelli.

- Spesso, le date di consegna indicate dall'ufficio acquisti non sono realistiche. Di conseguenza, i project manager, l'officina e il cantiere, che fanno affidamento su quelle date, non effettuano programmazioni valide del lavoro. Chi guarda le date di consegna non ha l'informazione veritiera di quando potrà iniziare a svolgere una determinata attività.
- Gli isometrici validi per costruzione vengono rilasciati in corso d'opera dall'ufficio tecnico e circa il 30% dei materiali acquistati fa riferimento a ordini di fornitura emessi a sbalzo, prima ancora di avere gli isometrici definitivi. Per questo motivo, gli ordini potrebbero non prevedere tutto il materiale necessario all'officina per eseguire il lavoro e si potrebbe rendere necessario effettuare degli ordini integrativi con urgenza, sostenendo un costo d'acquisto unitario più elevato per i diversi *item*.
- Negli ultimi anni, si è persa l'abitudine, in Demont, di eseguire controlli sul materiale alla loro consegna. La qualità dei prodotti e la loro conformità rispetto alle specifiche tecniche viene testata solamente al momento del loro impiego, per la prefabbricazione o per il montaggio. Le mancate ispezioni qualitative dei materiali al ricevimento determinano la difficoltà di reclamare ai fornitori i difetti e la scarsa qualità dei prodotti. La necessità di introdurre un controllo di qualità tempestivo in Demont è amplificata nel caso di prodotti con elevati *lead time* di consegna, magari perché provenienti da fornitori lontani oppure perché customizzati, che potrebbero bloccare l'operatività dell'officina.
- Nel corso dello sviluppo del progetto con STM, Demont ha sempre cercato di adoperare tubazioni schedate anziché standard, così da risparmiare sul peso del materiale, oltre che lavorare con prodotti più adatti ai loro impieghi. Infatti, la schedula di un materiale ha a che fare con i parametri che permettono di determinare le dimensioni e lo spessore del tubo. Durante la progettazione di un impianto industriale, definire la schedula è un elemento fondamentale per garantire che la parete della conduttura sia in grado di sopportare la pressione di esercizio e la temperatura del fluido che transita al suo interno. Un attento calcolo del parametro è indispensabile per garantire la sicurezza della linea di *piping* ed evitare rotture o perdite.

Tuttavia, nonostante gli ordini riguardino tubazioni schedulate, accade che i fornitori decidano autonomamente, senza avvisare l'ufficio acquisti o altro personale Demont, di spedire una tubazione con schedula standard, magari perché in quel momento hanno solamente quella in casa. Così facendo, i fornitori introducono una deviazione rispetto all'isometrico: a volte può andare bene, mentre altre volte può non andare bene, perché l'aumento di peso può costringere a fare delle *stress analysis* sulle linee. Dunque, occorre effettuare un'analisi aggiuntiva, per verificare se il tubo standard possa essere montato ugualmente oppure no.

Poiché il fornitore spedisce un tubo di peso maggiorato rispetto al sotto-spessore che gli era stato ordinato, dal suo punto di vista, la schedula che spedisce è migliorativa. Infatti, Demont acquista un tubo di peso superiore allo stesso prezzo della tubazione più leggera. Tuttavia, anche se il fornitore dà qualcosa di più costoso per lui, può creare problemi in termini di modifica dei certificati e degli isometrici, con conseguenti ritardi. Le problematiche si allargano anche alla rintracciabilità dei materiali, poiché, in ogni caso, il fornitore indica la schedula richiesta nel documento di trasporto (DDT), che viene compilato in funzione dell'ordine. Alcuni tubisti, con minore esperienza, potrebbero non accorgersi della sottile differenza tra due schedule e portare ugualmente avanti il montaggio. In quest'ultimo caso, una volta che è stata effettuata la saldatura, il fornitore potrebbe anche non accettare di cambiare il pezzo a sue spese.

- Spesso, in Demont, la qualità dei prodotti viene trascurata, al fine di assicurarsi un prezzo d'acquisto unitario del materiale più basso. Molti dei materiali che arrivano in Demont sono di bassa qualità e questo comporta una serie di problematiche. Per esempio, se vengono consegnati due componenti che sono ai limiti delle tolleranze, per combinare i due pezzi, occorre effettuare delle lavorazioni, che richiedono un certo tempo, difficilmente quantificabile in termini di costo. Nonostante questi problemi vengano sollevati in azienda, non determinano la valutazione di altri fornitori sostituti a cui l'azienda potrebbe ricorrere.
- In alcuni periodi di punta, in Demont, capita che vengano emesse giornalmente centinaia di richieste d'acquisto. Talvolta, questo comporta che le RDA relative a ordini più piccoli, a cui si presta minore attenzione, vengano dimenticate e restino accantonate.

Per questo motivo, occorre effettuare un controllo sull'operatività dell'ufficio acquisti, in modo da accertarsi che a ogni RDA corrispondano uno o più ordini emessi.

Il fatto di dimenticarsi di emettere alcuni ordini porta a lavorare in urgenza, anche quando non ce ne sarebbe stato bisogno. Perciò gli ordini ai fornitori diventano più costosi e si rischia di bloccare le attività.

- L'officina deve impiegare una persona che ottenga la fattibilità a mano e non può averla immediatamente. Lo stesso accade al momento dell'esecuzione delle attività di montaggio.

L'azienda è abituata ad organizzare un trasferimento progressivo dei materiali dal magazzino al cantiere, man mano che vengono completate le priorità. Per soddisfare questo modo di procedere, il responsabile della logistica, che ha note solamente le priorità in termini di isometrici e di codici di linee, necessita di conoscere effettivamente il materiale per cui organizzare la spedizione. Tuttavia, l'informazione non è immediatamente fruibile, ma l'ingegneria deve sfogliare gli isometrici uno alla volta per risalire all'elenco materiali desiderato. Infatti, al momento, non esiste un elenco scritto del fabbisogno di materiale di montaggio con il riferimento agli isometrici.

- Altro elemento che causa deviazioni rispetto al regolare svolgimento delle attività sono le modifiche e i perfezionamenti al montaggio. Infatti, può accadere che i tubisti portino a termine il montaggio facendo a meno di alcuni elementi di minore importanza già ordinati oppure che l'ingegneria valuti in modo errato il lavoro da svolgere o le rilavorazioni che dovessero rendersi necessarie e non consideri la necessità di approvvigionarsi di alcuni materiali. I due casi appena presentati portano a una sovrastima o sottostima del materiale necessario per il montaggio, causando, nel primo caso, un avanzo di materiale non tracciato e difficilmente impiegato per un utilizzo futuro e, nel secondo caso, una carenza di materiale e un ritardo rispetto alla programmazione legato alla necessità di effettuare un ordine urgente ai fornitori.

In realtà, la sottostima del materiale costituisce raramente un problema, poiché l'azienda riesce a coprire tali carenze con lo *spare*, ovvero acquistando una piccola percentuale di materiale aggiuntivo non direttamente collegato a una qualche linea o a un qualche isometrico. Tuttavia, l'azienda non ha al momento implementata una metodologia di tracciamento che permetta di conoscere il quantitativo di scorta consumato e quello,

invece, ancora disponibile a magazzino per eventuali applicazioni future. In generale, non vengono registrate e condivise le informazioni circa le entrate e le uscite di materiale da magazzino.

- Il fatto di essere costantemente in ritardo e di rendere urgenti molte forniture e attività, non permette di pianificare con calma e attenzione le attività del futuro meno imminente. Demont ha difficoltà a pianificare ciò che serve tra uno o due mesi, poiché le risorse sono troppo incentrate a risolvere il problema “urgente”.

La riduzione degli errori commessi e la linearità dei flussi e dei processi è l’unica soluzione per uscire dal *loop*.

CAPITOLO 5: METODOLOGIA DI APPROCCIO ALL'ANALISI COSTI-BENEFICI

Analisi costi-benefici

L'analisi costi-benefici è un approccio sistematico utilizzato in ambito economico e ingegneristico per eseguire valutazioni circa la convenienza di un progetto di investimento. È definita “analisi comparata”, poiché si basa sulla misurazione e la comparazione di tutti i costi e i benefici direttamente e indirettamente ricollegabili al progetto in esame.

A differenza di un'analisi finanziaria, che valuta esclusivamente la redditività di un progetto, l'analisi costi-benefici prende in considerazione anche il valore non strettamente economico che l'innovazione o la modifica potrebbero portare in azienda.

Oltre a essere utile per decidere se intraprendere il progetto, l'analisi costi-benefici aiuta a fissare obiettivi e a sviluppare misure di successo adeguate.

Nel corso dell'analisi, occorre considerare tre categorie di costo principali:

- I costi potenziali di mancata adozione del progetto;
- I costi potenziali di fallimento del progetto;
- I costi opportunità, ovvero i potenziali benefici che si sarebbero ricavati dalla scelta di un progetto diverso.

Infine, altri fattori chiave che influenzano i risultati di un'analisi costi-benefici sono l'orizzonte temporale di analisi e i criteri su cui questa si basa.

Requisiti generali di un sistema informatico di gestione dei materiali

Diversi fattori devono essere valutati durante la pianificazione e la progettazione di un sistema di gestione dei materiali. Anzitutto, un sistema informatico di gestione dei materiali dovrebbe essere economico e avere la capacità di identificare e tracciare automaticamente i materiali e di rendere le relative informazioni prontamente e facilmente disponibili.

Ai fini della ricerca, tali requisiti sono classificati come segue:

- Sicurezza: la tecnologia deve funzionare in qualsiasi luogo e momento, senza danneggiare le persone;
- Costo: l'applicativo deve avere un costo di installazione ragionevole ed essere in grado di aumentare la produttività del lavoro;

- Precisione: i processi di gestione assistiti dalla tecnologia dovrebbero portare a informazioni e dati più accurati rispetto a quelli derivanti dalle pratiche manuali;
- Rete: occorre predisporre della rete più adatta, in termini di copertura, distanza del collegamento wireless e larghezza di banda dei dati, così che questa sia in grado di scalare per soddisfare le eventuali esigenze di un'applicazione;
- Flessibilità: il sistema deve essere flessibile in termini di implementazione, per integrarsi con successo con altri sistemi di gestione dei progetti, e deve essere portatile, in modo che la funzionalità possa essere trasferita a nuovi progetti;
- Facilità d'uso: il sistema dovrebbe essere semplice e facile da usare nelle sue operazioni e, allo stesso tempo, ridurre gli errori associati ai ruoli umani;
- Robustezza: il sistema deve essere abbastanza robusto da resistere ad ambienti di costruzione difficili, che sono intrinsecamente esposti a condizioni avverse, come polvere, pioggia, fango e neve;
- Tempo: dovrebbe essere necessario un tempo minimo per la configurazione iniziale, oltre che per l'elaborazione dei dati, soprattutto se confrontata con i processi manuali.

Questi requisiti tecnologici costituiscono la base per la selezione delle tecnologie di gestione dei materiali. Difficilmente una tecnologia disponibile in commercio è in grado di soddisfare tutti i requisiti elencati e, per questo motivo, spesso occorre optare per un approccio integrativo di diverse tecnologie esistenti.

Il processo di acquisizione dei dati a supporto dell'analisi

Ai fini della stesura del presente elaborato di tesi, la valutazione dei costi e dei benefici relativi a possibili soluzioni di efficientamento della gestione dei materiali presso l'azienda Demont ha previsto due successivi step di analisi:

1. Analisi qualitativa;
2. Analisi quantitativa.

Valutazioni di tipo qualitativo hanno permesso di effettuare un'analisi preliminare, in grado di indagare l'utilità delle possibili implementazioni con stretto riferimento alle necessità dell'azienda e del suo ambito di lavoro. In particolare, questo primo step di analisi ha riguardato

le tecnologie di nuova applicazione elencate e descritte nel capitolo 2, relativo all'analisi della letteratura.

Alla base delle considerazioni, ci sono il metodo e i campi di analisi imparati a valutare durante il corso di studi e la conoscenza delle dinamiche aziendali acquisita durante il tirocinio, anche grazie al supporto fornito dalla maggiore esperienza del personale aziendale.

Tale analisi qualitativa ha permesso di effettuare una prima selezione dei metodi per cui fosse giustificato un maggiore livello di dettaglio dell'indagine.

Solamente per gli applicativi risultati maggiormente promettenti dall'analisi qualitativa, si è deciso di procedere con un'analisi di tipo quantitativo, articolata in due sotto-capitoli:

1. Il primo sotto-capitolo è relativo a un'analisi dei costi differenziali tra la condizione attuale, caratterizzata da inefficienze nei processi di approvvigionamento dei materiali, e quella di implementazione degli applicativi. Tale analisi è stata sviluppata con stretto riferimento all'ambito della costruzione prefabbricata, in cui opera Demont.

La costruzione prefabbricata si pone come obiettivo principale la gestione delle risorse e dei programmi di consegna Just In Time, al fine di minimizzare costi aggiuntivi e ritardi nei progetti. Tale necessità nasce dall'avere uno spazio buffer, in cui vengono temporaneamente stoccati gli spool prefabbricati, limitato. Infatti, uno spazio buffer si rende necessario per fornire stabilità al processo di approvvigionamento del cantiere e alleviare i rischi di gestione della catena di fornitura, ma non può essere eccessivamente grande, al fine di minimizzare il deterioramento delle parti prefabbricate e contenere i costi di stoccaggio e di gestione dell'inventario.

Poiché l'allocazione impropria delle risorse e la consegna non puntuale rappresentano colli di bottiglia significativi, che limitano il progresso del progetto, tutte le parti coinvolte nello stesso perseguono la riduzione dell'influenza dei ritardi del progetto e il completamento del programma di costruzione in tempo. Per tale motivo, si rendono necessarie un'attenta gestione dei materiali e della catena di fornitura.

L'analisi dei costi legati a una cattiva gestione dei materiali nei progetti di costruzione prefabbricata è stata sviluppata quantitativamente considerando gli effetti di un processo di approvvigionamento non ottimale e delle conseguenti disruption sulla produttività delle risorse dedicate alla prefabbricazione e ai montaggi. Tale meccanismo genera a sua volta dei ritardi rispetto alla programmazione contrattuale di

partenza, quantificabile come il valore minore tra il costo dell'accelerazione e le penali sul ritardo dovute al cliente.

2. Il secondo sotto-capitolo è relativo a un'analisi dei costi di investimento e mantenimento legati all'implementazione degli applicativi Puma5 e Cosmo5, selezionati con l'analisi qualitativa.

A tal riguardo, si è condotta un'analisi della documentazione relativa al 2009, anno in cui Demont si trovò ad usare gli applicativi Puma5 e Cosmo5, dietro a specifica richiesta del cliente, per lo sviluppo di un progetto nel settore industriale. In tale occasione, i costi di implementazione e adattamento degli applicativi ai processi Demont furono interamente coperti dalla committente, che, evidentemente, ne giustificava la spesa, dati gli elevati volumi di materiale coinvolti e i benefici che avrebbe ottenuto esercitando un rigido controllo sul suo appaltatore. Tuttavia, Demont riuscì a raccogliere diversi preventivi, che, ai fini del presente elaborato di tesi, hanno permesso di conoscere in modo puntuale le esigenze di investimento a livello di componenti hardware e software, di supporto all'installazione e di mantenimento del sistema, evitando così il ricorso a incontri e consulenze con l'azienda fornitrice, che sarebbero state eccessivamente vincolanti per Demont in questa fase di analisi preliminare.

Una volta assegnato un valore monetario ai vantaggi e agli svantaggi derivanti dall'investimento, si è pensato di valutare la bontà di quest'ultimo attraverso un confronto dei costi e dei benefici generati su un periodo di sette anni.

CAPITOLO 6: ANALISI COSTI-BENEFICI

Come anticipato al capitolo precedente, il punto di partenza per l'esecuzione dell'analisi costi-benefici è l'inquadramento delle necessità specifiche dell'azienda in esame.

In particolare, si vogliono risolvere le due criticità principali legate alla gestione dei materiali in Demont:

1. Avere la fattibilità in modo automatico;
2. Tracciare i materiali, a partire dal loro ingresso in azienda.

A tal proposito, si è deciso, anzitutto, di effettuare delle considerazioni qualitative e, successivamente, procedere con la quantificazione dei costi e dei benefici individuati per le soluzioni più promettenti.

Valutazione qualitativa di nuovi applicativi

- Ogni tipologia di materiale andrebbe gestita e tracciata mediante l'implementazione di una stessa e unica tecnologia (tag, bar-code, GPS, marcatura laser o software dedicati). Tale condizione si rende necessaria al fine di mantenere snellezza nei processi aziendali, oltre che per garantire che l'investimento iniziale non sia troppo invasivo per Demont. Tuttavia, il fatto che Demont non si occupi di produzioni in serie costituisce un ostacolo all'obiettivo sopra menzionato. Lavorare, a ogni progetto, con materiali differenti e clienti diversi, con esigenze diverse, rende difficoltosi e incerti gli investimenti. Nonostante l'officina sia sempre la stessa, le attrezzature e i modi di codificare e tracciare il materiale cambiano nel tempo per adattarsi alle necessità del caso. Dunque, è difficile trovare degli strumenti che si adattino a tutti gli ambiti in cui Demont lavora e che siano capaci di standardizzare in modo definitivo la gestione dei materiali in azienda.
- Tracciare il materiale assegnandogli un codice univoco costituirebbe anche un'attività a supporto della manutenzione. Infatti, agli operatori basterebbe inquadrare il codice sul materiale per visualizzare tutta la documentazione relativa alla parte da mantenere. Tuttavia, questo sarebbe possibile solamente per alcune valvole e item particolari,

mentre per le tubazioni si potrebbe rendere necessaria una duplicazione dell'attività di tracciatura, a causa della coibentazione.

- Contrassegnare a priori un materiale, indicandone la destinazione definita da modello, significherebbe inserire una marchiatura irrimovibile, tale da aggiungere un ulteriore vincolo all'operabilità di Demont.

Non è sbagliato impiegare un materiale per la prefabbricazione di una linea diversa rispetto a quella di destinazione in base alla progettazione, semplicemente tale deviazione andrebbe tracciata.

- Pensare a delle forme di collaborazione con i fornitori potrebbe non essere giustificabile in un'azienda come Demont, che non produce pezzi in serie.

Spesso, nei progetti di costruzione, accade di acquistare uno stesso prodotto con diversi ordini d'acquisto emessi in momenti differenti e a fornitori differenti, in base alla loro disponibilità in termini di prezzo, di quantità e di lead time di fornitura. In questo senso, un codice univoco si renderebbe necessario al fine di gestire uno stesso prodotto fornito da diversi fornitori. Tuttavia, se chiedessimo ai fornitori di fornirci un prodotto fatto su misura, questi sarebbero costretti a prometterci una data di consegna più lontana nel tempo e un prezzo più elevato.

Per un'azienda che non realizza processi di produzione standard e ripetitivi e che non può effettuare piani d'acquisto a lungo termine, il conseguente aumento dei tempi di consegna da parte dei fornitori non sarebbe accettabile. Infine, con riferimento a una specifica commessa, Demont richiede ai fornitori relativamente piccole quantità di ciascun componente e, quindi, anche l'aumento di prezzo legato alla richiesta di incidere la propria codifica SAP sui materiali potrebbe non essere giustificabile. Mentre l'integrazione fornitore-cliente è possibile e conveniente quando ci sono grandi volumi in gioco, con piccoli volumi, è difficile pensare che il fornitore faccia una codifica personalizzata includendola nel prezzo d'acquisto del componente.

- Un bar-code non ha perfetta adesione su tutte le superfici. Demont lavora componenti in ferro, facilmente sporchi, untati o ossidati e il bar-code resterebbe difficilmente attaccato per tutto il periodo di trasporto e di mantenimento delle parti in magazzino.

Inoltre, se il tubo dovesse prendere un colpo e il bar-code dovesse rigarsi, questo non verrebbe più letto e la tracciabilità andrebbe persa.

- La tecnologia RFID è adatta ai fini dell'identificazione, ma, anche in questo caso, la difficoltà consiste nel mettere il tag in un punto in cui rimanga agganciato e sia sempre identificabile, senza che si rovini o si stacchi nel corso degli spostamenti e delle lavorazioni.
- Per quanto riguarda la tecnologia GPS, possiamo dire che questa non si presta a risolvere le problematiche di gestione dei materiali in Demont. Infatti, l'azienda chiede di tenere traccia dello stato degli ordini e dei flussi di magazzino, con riferimento all'ambito di applicazione dei vari componenti, ma non è interessata a conoscere l'esatta posizione del materiale nelle diverse fasi di prefabbricazione e montaggio delle linee.
- Una macchina al laser ha un costo piuttosto elevato e sarebbe frequentemente adoperata per incidere componenti con un costo d'acquisto irrisorio. Inoltre, l'elevata ripetibilità e automazione del sistema laser non sono sfruttabili da Demont, che tratta oggetti molto diversi tra loro e non ha un flusso continuo di materiali in ingresso/uscita.

Tutte queste considerazioni hanno spinto a pensare che un sistema di tracciabilità fisica dei materiali non fosse la soluzione appropriata per il settore in cui opera Demont e hanno fatto propendere per un sistema gestionale, atto a migliorare la tracciabilità informatica dei prodotti nel susseguirsi dei diversi processi aziendali.

A tal proposito, è rilevante considerare ciò che gli applicativi della CLA possono offrire:

- Il software Puma5 nasce per garantire l'integrità dei dati, migliorando la qualità complessiva dell'esecuzione dei progetti piping, riducendo l'impatto dei costi, il ritardo della pianificazione e i rischi associati alla gestione dei materiali. In tal senso, si tratterebbe di un applicativo appositamente studiato per il settore in cui opera Demont.
- L'implementazione dei software CLA è rapida e l'apprendimento veloce, grazie all'interfaccia utente intuitiva basata sull'interfaccia di Microsoft Office;
- Resta la possibilità di elaborare richieste d'acquisto senza l'utilizzo di Puma5, ma solo per i materiali che sono stati già codificati attraverso il tool. In questo caso, la ricerca dei codici materiale da inserire nella RDA verrà fatta tramite classi di appartenenza.
- Anche il sistema di interfaccia tra Puma5 e SAP offre alcuni vantaggi. Anzitutto, la possibilità di far comunicare l'applicativo Puma5 con il gestionale aziendale SAP, cosicché non siano necessarie tutte le attività di transcodifica atte ad associare un codice

SAP a ogni MR emessa da Puma5. In questo modo, si eliminano alcuni passaggi manuali che sono soggetti a errori e che allungano i tempi di processo.

- Al fine di poter garantire il collegamento tra l'applicativo Puma5 e SAP, è necessario che vengano generati nuovi codici SAP per prodotti già presenti nel gestionale aziendale e già codificati. Infatti, introduzione dell'applicativo dovrebbe essere accompagnata dalla sostituzione degli attuali codici a SAP con dei codici leggibili da Puma5.

La conseguenza sarebbe quella di avere uno stesso materiale identificato con due (o più) codici diversi, anziché con un codice univoco. Dunque, per evitare la duplicazione dei codici SAP, bisognerebbe prevedere la cancellazione di tutti i codici già esistenti sul gestionale.

Il rischio è di eliminare codici materiali che sono presenti nelle Classi Piping, ma che non sono prettamente utilizzati per la tipologia di progetti gestiti con Puma5. Dunque, nonostante sia necessaria una conversione perfetta dei codici SAP in partenza, prima di procedere con la cancellazione massiva dei codici pregressi, occorrerebbe valutarli e dividerli in sottogruppi.

- Come in tutti i processi di automatizzazione, un problema rilevante è costituito dalla rigidità dei programmi. Per esempio, eventuali errori nella codifica dei materiali a SAP determinano che Puma5 non individui mai la fattibilità dell'isometrico contenente quel materiale.
- L'introduzione di Puma5 richiederebbe, in Demont, almeno una risorsa dedicata, che inserisca puntualmente nel gestionale tutte le informazioni che arrivano nel modo corretto.

Infatti, l'applicativo andrebbe a sostituire tutti gli strumenti di gestione più semplici attualmente impiegati dall'azienda e il mancato inserimento delle informazioni nell'applicativo per un periodo di tempo prolungato implicherebbe la perdita totale di controllo sul progetto.

Anche questa osservazione rientra nel tema della rigidità introdotta dai processi automatizzati. Se, invece, si decidesse di lasciare più morbidi i processi, allora aumenterebbe il rischio che incorrano dei problemi, ma le persone sarebbero più preparate a gestirli.

- Si potrebbe pensare che l'introduzione di Puma5 possa essere giustificata solo su grandi commesse con elevati volumi di materiale da gestire, mentre, su progetti più piccoli, l'onere delle attività di gestione del programma potrebbe superare i benefici. Tuttavia, l'applicativo potrebbe essere giustificato in Demont, in quanto azienda che lavora per progetti, accomunati dal settore di riferimento e dalle procedure aziendali di gestione.
- Dal punto di vista di Cosmo5, è possibile affermare che un'analisi di fattibilità si adatta alle più disparate discipline e, in base a queste, utilizza diverse unità di misura: volume del calcestruzzo, peso del tubo, inches saldatura, ore uomo standard, eccetera. Tuttavia, le attività che gestiscono grandi quantità di materiali bulk, come il piping, sono quelle che traggono maggior beneficio dall'applicazione di uno studio di fattibilità.
In particolare, tra i vantaggi tratti dall'EPC contractor dalla possibilità di eseguire analisi di fattibilità in modo agevole, occorre citare il miglioramento nella pianificazione delle attività di cantiere e nel controllo dell'avanzamento, la riduzione dei tempi di inattività di uomini e attrezzature, con conseguente risparmio sui costi di costruzione, e, infine, la riduzione delle risorse dedicate alla pianificazione e alla gestione del fronte del lavoro.
- Un ulteriore beneficio garantito da Cosmo5 è il rilevamento tempestivo della carenza di materiale nel cantiere, possibile grazie alle analisi previsionali svolte dall'applicativo e basate sulle informazioni più recenti circa lo stato delle forniture. In questo modo, il personale di officina e di cantiere può rilevare tempestivamente le consegne in ritardo e riprogrammare i pacchetti di lavoro secondo necessità.
- L'applicativo Cosmo5 è in grado di immagazzinare informazioni utili e consentire il riutilizzo dei dati inseriti nelle precedenti fasi di *procurement* ed *expediting* (per esempio, i tempi di consegna dei fornitori).
- È chiaro che all'investimento per Puma5 andrebbe affiancato quello per Cosmo5, così da sfruttare le sinergie ed economie di scala. Dunque, l'investimento iniziale sarebbe maggiore, ma i benefici ottenibili dalla combinazione dei due applicativi lo sarebbero in misura ancora di più grande.
- Un sistema gestionale in grado di integrare tutti i diversi processi aziendali rende disponibili report migliori, con maggiori informazioni in tempo reale, a vantaggio della qualità del progetto e della riduzione dei costi.

- È ragionevole pensare che la riduzione delle attività manuali legata all'investimento in software gestionali sia in grado di fornire un aumento della produttività, sia in sede sia in cantiere.
- L'implementazione di un sistema gestionale volto all'efficientamento dei processi aziendali e al miglioramento dell'accuratezza delle informazioni raccolte porterebbe benefici anche in termini di immagine e reputazione verso il cliente. Infatti, il rapporto tra committente e appaltatore è un rapporto di fiducia, basato sulla condivisione periodica di informazioni circa lo stato delle forniture, la fattibilità e lo stato avanzamento lavori. Proprio per questo motivo, è più probabile che un sistema a supporto della gestione integrale del progetto venga notato dal cliente rispetto a un sistema di tracciabilità dei materiali, quale bar-code, RFID, GPS o marcatura laser.

Quantificazione dei costi legati a una cattiva gestione dei materiali nell'ambito dei progetti di costruzione prefabbricata

L'analisi quantitativa dei costi differenziali tra la condizione attuale e quella di implementazione degli applicativi considera le ripercussioni di una cattiva gestione dei materiali in termini di:

1. Costo delle forniture, inclusivo dei costi d'acquisto dei materiali, ma anche dei costi di trasporto;
2. Ritardi legati alle conseguenti *disruption*, con ripercussioni sulla produttività delle risorse dedicate alla prefabbricazione e ai montaggi.

A tale scopo, il punto di partenza è stato recuperare i costi delle forniture meccaniche ed elettrostrumentali previsti a computo, per l'ordine contrattuale di base e per le due varianti di progetto. Tali costi sono riportati in *tabella 1*.

Fase del progetto	Costo forniture [€]
HBO	872.020,83 €
FPM7	181.847,23 €
FPMA	484.113,36 €
TOTALE	1.537.981,42 €

Tabella 1: Costi preventivati per le forniture meccaniche ed elettro-strumentali, ricavati dal tabulato del progetto per STM

Successivamente, al fine di quantificare l'importo totale degli ordini aggiuntivi che si è reso necessario effettuare nel corso del progetto, il punto di partenza è stato effettuare un estratto degli ordini presenti a SAP per la commessa in esame. A partire da tale elenco, sono stati messi dei filtri, al fine di considerare i soli ordini emessi in fase di prefabbricazione e montaggio avviati, quando i materiali avrebbero già dovuto essere integralmente presenti a scorta. In particolare, si sono considerati:

- Gli ordini con data di emissione successiva al 31/12/2022 per la fase HBO;
- Gli ordini con data di emissione successiva al 31/05/2023 per la fase FPM7;
- Gli ordini con data di emissione successiva al 31/08/2023 per la fase FPMA.

Da tale lista, sono state ulteriormente sottratte le posizioni annullate di ciascun ordine e tutte le posizioni relative a ordini per attrezzature, materiali di consumo e servizi.

La somma degli importi relativi alle posizioni residue, pari a 56.796,86€, si è ritenuta essere una buona stima dei costi d'acquisto e di trasporto dei materiali persi e nuovamente acquistati. Tale risultato, ha permesso di calcolare il peso percentuale delle forniture extra per il progetto, rapportando l'importo delle forniture aggiuntive al costo totale delle forniture preventivate:

Peso % delle forniture extra per il progetto in esame

$$= \frac{\text{Importo degli ordini extra}}{\text{Costo totale delle forniture a tabulato}} = \frac{56.796,86\text{€}}{1.537.981,42\text{€}} = 3,69\%$$

Non essendo possibile affermare che l'implementazione degli applicativi Puma5 e Cosmo5 porti a un azzeramento totale degli ordini di fornitura extra emessi, si è dovuta isolare la

componente legata a perdite, deterioramento del materiale, furti e, in generale, a errori imputabili agli spostamenti manuali e a cause esterne. A tale fine, è stato preso l'equivalente dato storico registrato relativamente alla commessa del settore industriale Demont nel 2009, occasione in cui l'azienda si trovò a utilizzare Puma5 e Cosmo5 sotto richiesta del committente. Per quest'ultima commessa, il dato è stato pari a 2,34% e ha permesso di ricavare un delta percentuale legato a una cattiva gestione e a una bassa tracciabilità dei flussi delle materie prime acquistate pari a:

$$\text{Delta \% imputabile all'uso degli applicativi} = 3,69\% - 2,34\% = 1,35\%$$

Da tale osservazione, si deduce che il costo differenziale delle forniture tra la condizione attuale e quella di implementazione degli applicativi è dato da:

$$\text{Costo differenziale delle forniture} = 1.537.981,42\text{€} \cdot 1,35\% = 20.808,09\text{€}$$

Le inefficienze nei processi di approvvigionamento e gestione dei materiali causano delle *disruption*, ovvero delle perturbazioni, nelle attività pianificate. Di conseguenza, l'allocazione delle risorse non è più quella ottimale e si verifica una perdita di efficienza. Al fine di calcolare il tempo aggiuntivo, necessario per svolgere tutte le attività pianificate, per effetto della riduzione della produttività del lavoro, sono stati ricavati alcuni dati dal tabulato di progetto. Tra questi:

- Il quantitativo di ore e l'importo di prefabbricazione presenti a tabulato: riportati in *tabella 2*.
- Peso, in chilogrammi, in prefabbricazione: riportato in *tabella 3*.
- Il quantitativo di ore e l'importo di montaggio presenti a tabulato e inclusivi del montaggio delle tubazioni, dei montaggi elettro-strumentali, di isolamenti, verniciature, touch-up e del montaggio dei ponteggi: riportati in *tabella 4*.
- Peso, in chilogrammi, al montaggio: riportato in *tabella 5*.

Fase del progetto	Ore di prefabbricazione [h]	Importo di prefabbricazione [€]
HBO	5.172 h	142.216,48 €
FPM7	1.947 h	54.525,36 €
FPMA	5.851 h	163.839,10 €
TOTALE	12.970 h	360.580,94 €

Tabella 2: Quantitativo di ore e importo, dedicati alla prefabbricazione, ricavati dal tabulato del progetto con STM

Fase del progetto	Peso in prefabbricazione [kg]
HBO	15.747,42 kg
FPM7	4.635,60 kg
FPMA	5.154,00 kg
TOTALE	25.537,02 kg

Tabella 3: Peso, in chilogrammi, degli spool da prefabbricare, ricavato dal tabulato del progetto per STM

Fase del progetto	Ore di montaggio [h]	Importo di montaggio [€]
HBO	12.073 h	388.931,56 €
FPM7	3.672 h	7.877,93 €
FPMA	12.405 h	397.580,28 €
TOTALE	28.150 h	794.389,77 €

Tabella 4: Quantitativo di ore e importo dedicati al montaggio, ricavati dal tabulato del progetto con STM

Fase del progetto	Peso al montaggio [kg]
HBO	26.245,70 kg
FPM7	7.726,00 kg
FPMA	8.590,00 kg
TOTALE	42.561,70 kg

Tabella 5: Peso, in chilogrammi, degli spool prefabbricati da montare, ricavato dal tabulato del progetto con STM

A partire dai seguenti dati, è stato possibile quantificare gli sprechi di tempo legati a una più bassa produttività del personale dedicato alla prefabbricazione e ai montaggi.

Nel caso della prefabbricazione, sono stati sviluppati i seguenti calcoli:

Resa media giornaliera preventivata per la prefabbricazione con singolo operaio

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Peso totale in prefabbricazione}}{\text{Ore totali preventivate per la prefabbricazione}} \cdot 8 \frac{h}{\text{giorno}} \\
 &= \frac{25.537,02 \text{ kg}}{12.970 \text{ h}} \cdot 8 \frac{h}{\text{giorno}} = 15,75 \frac{\text{kg}}{\text{gg} \cdot \text{operaio}}
 \end{aligned}$$

Numero di giornate uomo di lavoro necessarie per la prefabbricazione

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Peso totale in prefabbricazione}}{\text{Resa media giornaliera preventivata per la prefabbricazione con singolo operaio}} \\
 &= \frac{25.537,02 \text{ kg}}{15,75 \frac{\text{kg}}{\text{gg} \cdot \text{operaio}}} = 1.621 \text{ gg} \cdot \text{operaio}
 \end{aligned}$$

Poiché la durata della prefabbricazione prevista contrattualmente è di 75 giorni lavorativi, ne segue che:

$$\begin{aligned} & \text{Numero di operai mediamente necessari per la prefabbricazione} \\ &= \frac{\text{Numero di giornate uomo di lavoro necessarie per la prefabbricazione}}{\text{Durata della prefabbricazione prevista contrattualmente}} \\ &= \frac{1.621 \text{ gg} \cdot \text{operaio}}{75 \text{ gg}} = 21,62 \text{ operai} \end{aligned}$$

Tale dato è ragionevolmente da approssimare al numero intero successivo più vicino e, dunque, si ricorre a 22 operai. L'approssimazione riduce lievemente la durata preventivata per la prefabbricazione da 75 giorni a $\frac{1.621 \text{ gg} \cdot \text{operaio}}{22 \text{ operai}} = 73,69$ giorni.

La resa media giornaliera della prefabbricazione in assenza di disruption con tale dotazione di risorse si ottiene moltiplicando la resa media giornaliera preventivata per la prefabbricazione con un singolo operaio e il numero di operai a cui si ricorre, ovvero ventidue:

$$\begin{aligned} & \text{Resa media giornaliera della prefabbricazione senza disruption con 22 operai} \\ &= 15,75 \frac{\text{kg}}{\text{gg} \cdot \text{operaio}} \cdot 22 \text{ operai} = 346,53 \frac{\text{kg}}{\text{gg}} \end{aligned}$$

Poiché la prefabbricazione è stata data in subappalto, non si è potuta effettuare una stima del calo di resa relativo a tali attività a partire da dati interni all'azienda, ma si è dovuto chiedere il dato registrato dall'officina. Tale dato è stato quantificato dall'officina in un 8% di calo di resa rispetto a quanto preventivato per l'intero progetto in esame.

Conseguentemente, è stato possibile ottenere, in proporzione, il calo di resa che si sarebbe potuto avere in condizione di applicazione di Puma5 e Cosmo5.

Infatti, sapendo che il 3,65% di ordini extra ha portato a *disruption* nei processi di approvvigionamento e gestione dei materiali, per un calo di resa in prefabbricazione dell'8%, si può dire che il 2,34% di forniture extra avesse determinato, nella commessa del 2009, un calo di resa pari a:

$$\frac{8,00\% \cdot 2,34\%}{3,69\%} = 5,07\%$$

Dunque, il calo di resa differenziale nella prefabbricazione, esclusivamente imputabile al non utilizzo degli applicativi Puma5 e Cosmo5, è pari a:

$$8,00\% - 5,07\% = 2,93\%$$

Ne segue che:

Resa media giornaliera della prefabbricazione con disruption con 22 operai

$$= 346,53 \frac{kg}{gg} \cdot (1 - 2,93\%) = 336,38 \frac{kg}{gg}$$

Durata della prefabbricazione con disruption =

$$= \frac{\text{Peso totale in prefabbricazione}}{\text{Resa media giornaliera della prefabbricazione con disruption con 22 operai}}$$

$$= \frac{25.537,02 \text{ kg}}{336,38 \frac{kg}{gg}} = 75,92 \text{ gg}$$

Di conseguenza, la perdita di produttività nella prefabbricazione, legata alle disruption causate da una cattiva gestione dei materiali, è quantificabile in $75,92 - 73,69 = 2,23$ giornate lavorative di spreco.

Ipotizzando il costo orario di un operaio vestito pari a 45 €/h, è stato possibile calcolare il costo legato alla durata differenziale delle attività di prefabbricazione come segue:

$$2,23 \text{ gg di spreco} \cdot 45 \frac{\text{€}}{\text{h} \cdot \text{operaio}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{gg}} \cdot 22 \text{ operai} = 17.622,58 \text{ €}$$

Calcoli analoghi sono stati sviluppati per le attività di montaggio:

Resa media giornaliera preventivata per i montaggi con singolo operaio

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso totale al montaggio}}{\text{Ore totali preventivate per i montaggi}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{giorno}} \\ &= \frac{42.561,70 \text{ kg}}{28.150 \text{ h}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{giorno}} = 12,10 \frac{\text{kg}}{\text{gg} \cdot \text{operaio}} \end{aligned}$$

Numero di giornate uomo di lavoro necessarie per i montaggi

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso totale al montaggio}}{\text{Resa media giornaliera preventivata per i montaggi con singolo operaio}} \\ &= \frac{42.561,7 \text{ kg}}{12,10 \frac{\text{kg}}{\text{gg} \cdot \text{operaio}}} = 3.518,75 \text{ gg} \cdot \text{operaio} \end{aligned}$$

Poiché la durata dei montaggi prevista contrattualmente è di 240 giorni lavorativi, ne segue che:

Numero di operai mediamente necessari per i montaggi

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Numero di giornate uomo di lavoro necessarie per i montaggi}}{\text{Durata dei montaggi prevista contrattualmente}} \\ &= \frac{3.518,75 \text{ gg} \cdot \text{operaio}}{240 \text{ gg}} = 14,66 \text{ operai} \end{aligned}$$

Tale dato è ragionevolmente da approssimare al numero intero successivo più vicino e, dunque, si ricorre a 15 operai. L'approssimazione riduce lievemente la durata preventivata per i montaggi da 240 giorni a $\frac{3.518,75 \text{ gg} \cdot \text{operaio}}{15 \text{ operai}} = 234,58$ giorni.

Il quantitativo di operai sopra determinato è stato ragionevolmente diviso in cinque squadre da tre operai ciascuna.

Al fine di determinare il calo di resa avuto nei montaggi rispetto alla situazione preventivata per il progetto in esame, si è ricorso al numero di “interruzioni” di una squadra osservate in un turno lavorativo di otto ore, pari a 46. In questi casi, è possibile stimare che la riallocazione su un nuovo fronte di lavoro abbia fatto perdere, in media, due ore di lavoro su otto a ciascun membro della squadra. Tale stima del numero di ore perse può essere considerata ragionevole, in quanto mediata su situazioni di maggiore o minore facilità di riorganizzazione delle attività giornaliere riscontrata operativamente. Infatti, essendo la commessa in esame relativamente piccola (in particolar modo, per i mesi in cui si lavorava sulle varianti all'ordine contrattuale, FPM7 e FPMA), non sempre si avevano attività polmone su cui riallocare la squadra in cantiere e, quindi, anche la mancanza di poco materiale ha in più casi bloccato del tutto l'operatività giornaliera della squadra. Inoltre, occorre considerare che i montaggi vengono effettuati in cantiere, dove operano allo stesso tempo molte aziende appaltatrici e, nel caso in esame, una parte dello stabilimento era già operativa in termini di produzione del cliente. Ciò richiede di avere permessi e ottenere autorizzazioni con sufficiente anticipo per intervenire nelle diverse aree dello stabilimento.

Dunque, considerando un numero medio di due ore perse da ciascuno dei tre membri di una squadra, a ogni interruzione, si ottiene uno spreco di tempo totale sui montaggi dell'intera commessa in esame pari a:

$$\frac{46 \text{ interruzioni di squadra} \cdot 3 \frac{\text{operai}}{\text{squadra}} \cdot 2 \frac{h}{\text{operaio}}}{8 \frac{h}{\text{gg}}} = 34,5 \text{ giorni}$$

Di conseguenza, la durata totale dei montaggi, a causa di inefficienze nella gestione dei materiali, è stata pari a $234,59 + 34,5 = 269,09$ giorni e il calo di resa è stato pari a:

$$1 - \left(\frac{158,17 \frac{kg}{gg}}{181,43 \frac{kg}{gg}} \right) = 12,82\%$$

Infatti, in base ai dati a tabulato, la resa avrebbe dovuto essere di $\frac{42.561,70 \text{ kg}}{234,59 \text{ gg}} = 181,43 \frac{kg}{gg}$, mentre è stata di $\frac{42.561,70 \text{ kg}}{269,09 \text{ gg}} = 158,17 \frac{kg}{gg}$.

Anche in questo caso, è stato possibile ottenere, in proporzione, il calo di resa che si sarebbe potuto avere nei montaggi in condizione di applicazione di Puma5 e Cosmo5.

Infatti, sapendo che il 3,65% di ordini extra ha portato a *disruption* nei processi di approvvigionamento e gestione dei materiali, per un calo di resa in prefabbricazione dell'12,82%, si può dire che il 2,34% di forniture extra avesse determinato, nella commessa del 2009, un calo di resa pari a:

$$\frac{12,82\% \cdot 2,34\%}{3,69\%} = 8,12\%$$

Di conseguenza, il calo di resa differenziale nei montaggi, esclusivamente imputabile al non utilizzo degli applicativi Puma5 e Cosmo5, è pari a:

$$12,82\% - 8,12\% = 4,70\%$$

Ne segue che:

$$\begin{aligned} & \text{Resa media giornaliera dei montaggi con disruption con 16 operai} \\ & = \text{Resa media giornaliera dei montaggi senza disruption con 16 operai} \cdot (1 - 4,7\%) \\ & = 181,44 \frac{kg}{gg} \cdot (1 - 4,7\%) = 172,91 \frac{kg}{gg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durata dei montaggi con disruption} & = \\ & = \frac{\text{Peso totale al montaggio}}{\text{Resa media giornaliera dei montaggi con disruption con 16 operai}} \\ & = \frac{42.561,7 kg}{172,91 \frac{kg}{gg}} = 246,15 gg \end{aligned}$$

Dunque, la perdita di produttività nei montaggi, legata alle *disruption* causate da una cattiva gestione dei materiali, è quantificabile in $246,15 - 234,58 = 11,56$ giornate lavorative di spreco.

Ipotizzando il costo orario di un operaio vestito pari a 45 €/h, è stato possibile calcolare il costo legato alla durata differenziale delle attività di montaggio come segue:

$$11,56 \text{ gg di spreco} \cdot 45 \frac{\text{€}}{\text{h} \cdot \text{operaio}} \cdot 8 \frac{\text{h}}{\text{gg}} \cdot 15 \text{ operai} = 62.434,19 \text{ €}$$

In base ai calcoli effettuati, il costo differenziale totale legato a una cattiva gestione dei materiali è dato dalla somma del costo differenziale delle forniture e del costo legato alla durata differenziale delle attività di prefabbricazione e di montaggio:

$$\text{Costo differenziale totale} = 20.808,09\text{€} + 17.622,58\text{€} + 62.434,19\text{€} = 100.864,86\text{€}$$

Dato il prezzo a corpo del contratto EPC pari a 8.266.395,49€, si stima una percentuale di impatto sui ricavi di progetto pari a:

$$\frac{100.864,86 \text{ €}}{8.266.395,49 \text{ €}} = 1,22\%$$

Infine, si è ritenuto ragionevole estendere tale risultato, ottenuto sul singolo progetto aziendale, a un sottoinsieme più ampio del portafoglio di progetti in Demont. A tale scopo, il dato ricavato relativamente alla percentuale di impatto è stato riportato sul fatturato del settore industriale di Demont, alle cui commesse si rendono adatti gli applicativi Puma5 e Cosmo5.

Considerando un fatturato annuo medio pari a 40.000.000 € osservato negli ultimi anni, si deduce che il beneficio annuale ottenibile dall'implementazione di Puma5 e Cosmo5 è pari a:

$$1,22\% \cdot 40.000.000 \text{ €} = 488.071,79\text{€}$$

Analisi dei costi di investimento negli applicativi CLA

Al fine di effettuare un'indagine circa i costi di investimento legati all'implementazione di Puma5 e Cosmo5, si è condotta un'analisi e revisione dei vecchi preventivi disponibili in azienda, datati 2009, i quali riportano le voci di costo in *tabella 6*.

Voce di costo	Prezzo unitario nel 2009 [€]	Quantità stimata	Unità di misura	Prezzo totale nel 2009 [€]
Fornitura del modulo SAP-Link per Puma5 di interfaccia con il sistema SAP	1.500,00 €	1	Corpo	1.500,00 €
Implementazioni e modifiche al modulo SAP-Link per Puma5	8.800,00 €	1	Corpo	8.800,00 €
Implementazione tool in SAP per richiedere la codifica materiale	9.500,00 €	1	Corpo	9.500,00 €
Ulteriori implementazioni	1.800,00 €	1	Corpo	1.800,00 €

Codifica automatica dei materiali su SAP, riconoscimento dell'esistenza o meno di un codice SAP già esistente, implementazione delle MR e creazione automatica delle relative RDA su SAP, integrazione totale con il sistema di gestione del magazzino Cosmo5	19.000,00 €	1	Corpo	19.000,00 €
Creazione catalogo materiali	1.150,00 €/giorno	30	Giorni	34.500,00 €
Realizzazione e caricamento delle piping classes nel database Puma5	1.150,00 €/giorno	20	Giorni	23.000,00 €
Implementazione/modifica delle stampe di messaggi relativi all'emissione degli ordini	3.295,00 €	1	Corpo	3.295,00 €
Licenze	10.000,00 €	1	Corpo	10.000,00 €
Assistenza per l'installazione e test delle personalizzazioni realizzate (comprende anche il pagamento di vitto, alloggio, rimborso chilometrico, pedaggi autostradali, eccetera)	1.000,00 €/giorno	25	Giorni	25.000,00 €
Corsi di formazione software per utilizzatori dedicati Puma5	500,00 €/giorno	5	Giorni	2.500,00 €
Corsi di formazione software per staff di commessa	450,00 €/giorno	10	Giorni	4.500,00 €
TOTALE				143.395,00 €

Tabella 6: Elenco dei costi di investimento legati all'implementazione degli applicativi della CLA, ricavati da alcuni preventivi del 2009

A tali prezzi si è applicato un tasso di inflazione del 40%, per tenere conto della distanza nel tempo della data dei preventivi disponibili rispetto al 2024, anno in cui potrà eventualmente essere effettuato l'investimento negli applicativi.

Inoltre, in aggiunta ai costi di investimento da pagare all'azienda fornitrice, sono stati considerati i costi del personale legati a sette nuove figure da introdurre in azienda e da dedicare inizialmente ad attività preliminari di adattamento dei processi (per esempio, ricreare da zero un catalogo SAP con codici univoci per ogni item da acquistare) e, in generale, da affiancare al personale esterno che fornirà assistenza. Tali figure sono state suddivise come segue:

- Tre risorse al settore dell'ingegneria;
- Una risorsa all'officina;
- Tre risorse al cantiere.

Tutte le risorse affiancheranno il personale esterno durante le attività di formazione e assistenza all'installazione e le tre risorse allocate all'ingegneria si occuperanno anche di ricreare da zero un catalogo SAP con codici univoci per ogni item da acquistare.

Dunque, gli ulteriori costi di investimento considerati sono riportati in *tabella 7*.

Voce di costo	Costo unitario nel 2024 [€]	Quantità stimata	Unità di misura	Costo totale nel 2024 [€]
Personale Demont da dedicare ad attività preliminari rispetto all'installazione e da affiancare al personale esterno che fornirà assistenza	240,00 €/giorno	315	Giorni	75.600,00 €
Personale Demont dedicato a ricreare da zero un catalogo SAP con codici univoci per ogni item da acquistare	240,00 €/giorno	90	Giorni	21.600,00 €
TOTALE				97.200,00 €

Tabella 7: Costi di investimento negli applicativi della CLA, legati al costo del personale Demont dedicato

Dunque, i costi totali di investimento negli applicativi Puma5 e Cosmo5 sono pari a:

$$143.395,00 \text{ €} \cdot (1 + 40\%) + 97.200,00 \text{ €} = 200.753 \text{ €} + 97.200 \text{ €} = 297.953,00\text{€}$$

Oltre ai costi di investimento, sono stati considerati anche i costi annuali di mantenimento del sistema, riconducibili principalmente alla manutenzione e al personale dedicato, come riportato in *tabella 8*.

Voce di costo	Prezzo unitario nel 2024 [€]	Quantità stimata	Unità di misura	Prezzo totale nel 2024 [€]
Contratto di manutenzione annuale	5.040,00 €	1	Corpo	5.040,00 €
Personale Demont dedicato alla gestione	50.000,00 €/persona	7	Persone	350.000,00 €
TOTALE				355.040,00 €

Tabella 8: Costi di mantenimento annuale degli applicativi della CLA, legati alla manutenzione e al personale Demont dedicato

CONCLUSIONI

Una volta assegnato un valore monetario ai vantaggi e agli svantaggi derivanti dall'investimento, si è pensato di valutare la bontà di quest'ultimo attraverso un confronto tra i costi e i benefici generati su un periodo di sette anni.

I risultati, riportati in *tabella 9*, mostrano che, in caso di ricorso agli applicativi Puma5 e Cosmo5, a partire dal terzo anno, il costo d'investimento iniziale arriverebbe a essere interamente coperto dai benefici ottenuti da una migliore gestione dei materiali, al netto dei costi di mantenimento annuali.

Anno	Costo	Beneficio	Beneficio netto	Beneficio cumulativo
2023		297.953 €	-297.953 €	-297.953 €
2024	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	-164.921 €
2025	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	-31.889 €
2026	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	101.142 €
2027	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	234.174 €
2028	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	367.206 €
2029	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	500.238 €
2030	488.071,79 €	355.040 €	133.032 €	633.270 €

Tabella 9: Confronto tra i costi e i benefici generati dall'investimento in Puma5 e Cosmo5, analizzati su un periodo di sette anni

In particolare, è stato calcolato il Tempo di Recupero dell'Investimento, ovvero l'istante temporale in cui i costi di investimento sostenuti sarebbero interamente coperti dai benefici generati dall'investimento, al netto del costo annuale di mantenimento degli applicativi:

$$\begin{aligned} \text{Tempo di Recupero dell'Investimento} &= \frac{\text{Costo fisso di investimento iniziale}}{(\text{Beneficio annuo} - \text{Costo variabile annuo})} \\ &= \frac{297.953 \text{ €}}{(488.071,79 - 355.040) \frac{\text{€}}{\text{anno}}} = 2,24 \text{ anni} \end{aligned}$$

Tale punto è quello in cui ricavi e costi totali si pareggiano, come mostrato in *figura 11*:

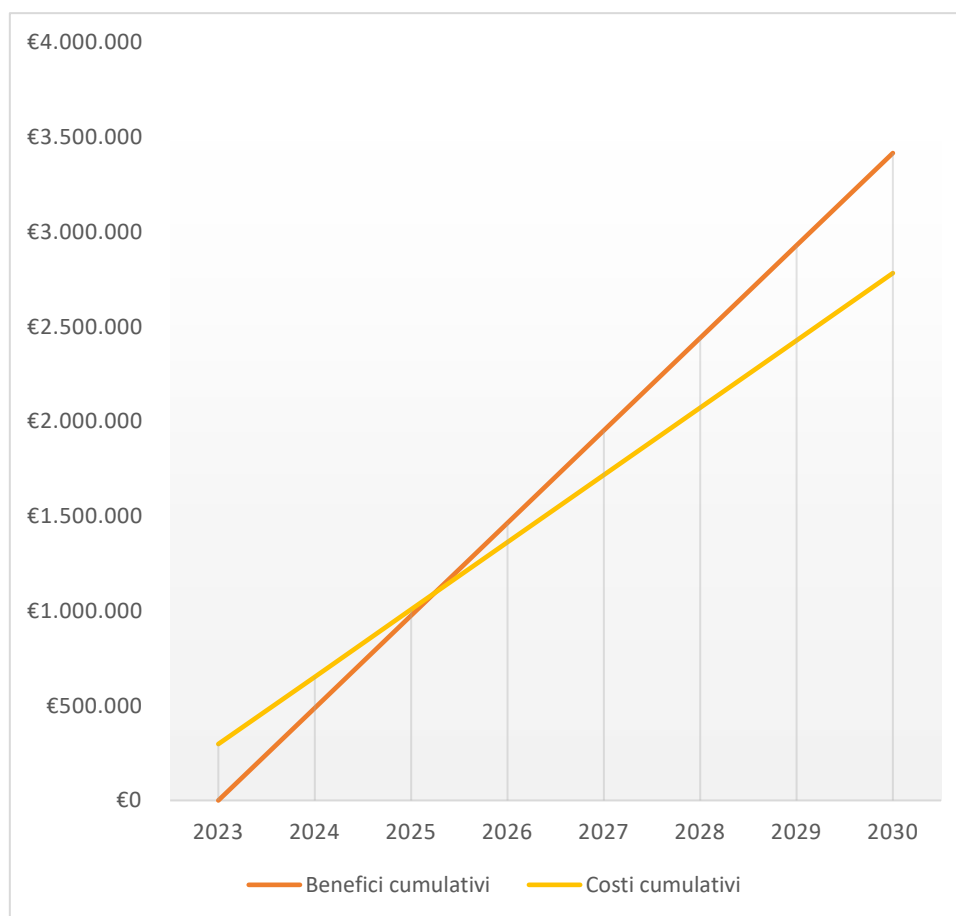


Figura 11: Rappresentazione grafica del punto di pareggio, calcolato come istante temporale in cui benefici cumulativi e costi cumulativi generati dall'investimento si pareggiano

Sebbene l'1,22% di impatto in termini di benefici ottenibili sui ricavi di commessa possa sembrare un dato poco significativo, questo è stato ottenuto trascurando:

- I costi di accelerazione per riportare il progetto *on time*, che si andrebbero a sommare ai costi legati alla perdita di produttività nelle attività di prefabbricazione e di montaggio generati dalle *disruption* nella catena di fornitura e nella gestione dei materiali;
- I costi di gestione e smaltimento dei materiali in eccesso;
- La perdita d'immagine, reputazione e affidabilità nei confronti del cliente, causate dalle *disruption* e dalla perdita di produttività nelle attività di prefabbricazione e montaggio;

- Un'ulteriore riduzione della produttività rispetto al caso di implementazione degli applicativi, legato alle attività svolte manualmente.

È stato importante osservare come anche solo un 1,35% di acquisti doppi differenziali, effettuati a prefabbricazione e montaggi avviati, si ripercuota nella catena di fornitura in modo amplificato, a causa delle interdipendenze tra i diversi livelli della catena e della complessità dei progetti EPC.

Tale percentuale, seppur bassa, può comunque portare elevati benefici, se si considera l'impatto sul fatturato aziendale del settore industriale. Infatti, nonostante i benefici non sembrano essere giustificati sulla singola commessa, vale comunque la pena tenere in considerazione il ricorso ai due applicativi in Demont, in quanto azienda che lavora per progetti, accomunati dal settore di riferimento e dalle procedure aziendali di gestione.

Nello svolgimento di questa analisi è stato fondamentale lavorare con i project manager aziendali, che, grazie al loro ruolo, hanno aiutato ad avere una visione ad ampio spettro e sono riusciti a fissare incontri con il personale dei vari uffici Demont, nonché con l'officina di sede e con il personale di cantiere.

Tra le molte lezioni imparate c'è saper ascoltare le problematiche dal punto di vista di chi, operativamente, le affronta nella quotidianità, come punto di partenza per gestire ed efficientare i processi di un'azienda.

Indipendentemente dall'eventualità di ricorrere a Puma5 e Cosmo5 come sistemi di gestione, il presente elaborato di tesi ha suscitato in azienda particolare attenzione alle ripercussioni che un'inefficiente gestione dei flussi di materiale è in grado di generare sulle attività di progetto.

Nonostante l'analisi abbia dato evidenza di come un sistema gestionale possa efficientare i processi aziendali e snellire le attività, con conseguente miglioramento delle performance di progetto, in termini di tempi e costi, ci sono ancora alcuni limiti e sfide che occorre citare:

1. Una delle sfide previste è quella sociale. L'implementazione dei sistemi discussi potrebbe incontrare la resistenza di una parte del personale aziendale e, in particolare, dei dipendenti più longevi, abituati a mettere in pratica le procedure tradizionali. Questo soprattutto a fronte del fatto che l'implementazione degli applicativi richiederebbe un

oneroso lavoro di settaggio del sistema e richiederebbe l'adattamento del catalogo dei materiali e dei codici a SAP in modo che questi siano leggibili e compatibili con il sistema Puma5. L'investimento richiederebbe, inoltre, una maggiore tempestività nell'aggiornare i dati a SAP, così che gli applicativi possano essere sfruttati al meglio e diano output basati su informazioni ottenute quasi in tempo reale.

Per far sì che tutti i dipendenti dell'azienda siano convinti e determinati ad affrontare il cambiamento, occorre che ciascuno venga messo a conoscenza dei benefici che i nuovi applicativi potrebbero apportare al loro lavoro, oltre che all'azienda stessa. Pertanto, al fine di prevenire l'ostilità al cambiamento, si rendono necessari uno sforzo e una formazione addizionali, oltre alla promozione di un adeguato sistemi di incentivi.

2. Tutte le considerazioni effettuate hanno fatto seguito all'assunzione che Demont preveda strategicamente di continuare a investire in progetti simili a quello analizzato nel caso di studio. Attualmente, infatti, l'azienda sta considerando di creare un settore nucleare al suo interno ed è già in gara per l'acquisizione di una commessa nello stesso ambito.

RINGRAZIAMENTI

Ai miei genitori,
Che mi hanno donato la vita e che,
Incondizionatamente,
Continuano a curarla.
A loro, che,
In questo giorno speciale,
Si meriterebbero una corona più di chiunque altro.

A voi,
Benni e Lu,
Che, anche se non ve lo dico mai,
Siete un pilastro fermo
E un riferimento in tutto ciò che faccio.

A te,
Nonna,
Perché non c'è tempo che possa separarci.
Vorrei tanto raccontarti di questo mio traguardo,
Ma tanto tu
Lo sapevi già,
Hai creduto in me prima di ogni altro.

A Camilla,
Agli anni trascorsi,
In cui le nostre diversità
Ci hanno tenute distanti
Eppure, realizzo che
Silenziosamente, mi sei sempre stata accanto.

Ai miei compagni di università,
A cui auguro il meglio.

A Demont,
A Lorenzo e Andrea,
Perché mi avete accompagnata a posizionare questo ultimo tassello,
Ma, soprattutto, per le persone buone che siete.

Alla vita,
Che mi ha regalato
Tutto quello che non avrei mai saputo chiedere.

E, infine, a te,
Vittoria,
che hai sempre paura di non essere all'altezza,
Ma che, se ti guardi indietro,
Non potresti essere più fiera dei passi che hai fatto.

Grazie!

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

- [1] Majrouhi Sardroud, Javad, *Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components*, in *Scientia Iranica* 2012.
- [2] Edward J. Jaselskis, Mary Rose Anderson, Charles T. Jahren, Yvan Rodriguez and Steven Njos, *Radio-frequency Identification Applications in Construction Industry*, in *Journal of Construction Engineering and Management* 1995.
- [3] Carlos H. Caldas; David Grau Torrent; and Carl T. Haas, *Using Global Positioning System to Improve Materials-Locating Processes on Industrial Projects*, in *Journal of Construction Engineering and Management* 2006.
- [4] Al-Hussein Mohammed Hassan Al-Aidrous, Ng Jenn Hern, Yani RAHMAWATI, Mohamad Jahja, Khamaruzaman Wan Yusof, Noor Amila Wan Abdullah Zawawi, Christiono Utomo, RAFLIS, *Critical factors influencing inventory and procurement system of infrastructure projects*, in *Journal of Civil Engineering and Management* 2022.
- [5] Weisheng Lu, George Q. Huang, Heng Li, *Scenarios for applying RFID technology in construction project management*, in *Automation in Construction* 2011.
- [6] Wennan Zhang, Chenglin Yu, Ray Y. Zhong, *Stability measure for prefab balancing in prefabrication construction supply chain management*, in *Computers & Industrial Engineering* 2023.
- [7] Al-Hussein Mohammed Hassan AL-AIDROUS, Ng Jenn HERN, Yani RAHMAWATI, Mohamad JAHJA, Khamaruzaman Wan YUSOF, Noor Amila Wan Abdullah ZAWAWI, Christiono UTOMO, RAFLIS, *CRITICAL FACTORS INFLUENCING INVENTORY AND PROCUREMENT SYSTEM OF INFRASTRUCTURE PROJECTS*, in *Journal of Civil Engineering and Management* 2022.
- [8] Jing Liu, Meimanat Soleimanifar and Ming Lu, *Resource-loaded piping spool fabrication scheduling: material-supply-driven optimization*, in *Visualization in Engineering* 2017.
- [9] Lars Bankvall, Lena E. Bygballe, Anna Dubois, Marianne Jahre, *Interdependence in supply chains and projects in construction*, in *Supply Chain Management* 2010.

<https://www.cla-it.com/puma5/>

<https://www.ingenio-web.it/articoli/space-management-e-sistemi-4-0-per-la-gestione-degli-spazi-nello-smart-building/>

<https://adhox.it/model-checking-modelli-bim/#:~:text=Clash%20Detection%3A%20si%20tratta%20del,secondo%20diversi%20gradi%20di%20severità>

<https://esain.com/2023/05/shedula-tubi-cosa-e-come-si-calcola/#:~:text=pareti%20delle%20tubazioni.-,Cos%27è%20e%20come%20si%20calcola%20la%20schedula%20dei%20tubi,sostenere%20la%20pressione%20del%20fluido.>

<https://manuale.monami3000.it/codiceparlante.htm#:~:text=Con%20il%20termine%20%22co dice%20parlante,alcune%20delle%20caratteristiche%20del%20prodotto.>

<https://www.ilcittadinomb.it/news/economia/agrate-r3-dentro-la-camera-bianca-hi-tech-distmicroelectronics/>

<https://www.monzatoday.it/economia/stabilimento-r3-st-agrate-brianza.html>

https://www.hwupgrade.it/news/mercato/stmicroelectronics-ad-agrate-sfornato-il-primo-lotto-di-wafer-da-300-mm_112166.html

<https://reviews.tn/it/wiki/what-is-a-take-off/>

<https://www.a-sapiens.it/bim/news/cosa-e-bim-ne-un-software-ne-un-programma-ma-una-metodologia/>

<https://www.bureauveritas.it/needs/qualifica-e-formazione-del-personale-addetto-alle-attivita-di-expediting>

[https://it.wikipedia.org/wiki/Scopus_\(base_di_dati\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Scopus_(base_di_dati))

<https://www.fedex.com/it-it/customer-support/faq/sending/shipping-documents/packing-list-fedex.html#:~:text=La%20packing%20list%20è%20un,le%20dimensioni%20di%20ogni%20cartone>

<https://vitolavecchia.altervista.org/classificazione-generale-dei-tag-rfid/>

<https://www.keyence.it/ss/products/marketing/lasermarker/knowledge/laser-marking.jsp#:~:text=La%20marcatura%20laser%20viene%20utilizzata,tagliare%20o%20scolorire%20la%20superficie.>

