

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
Sede di Forlì

Corso di Laurea in
INGEGNERIA MECCANICA
Classe LM-33

TESI DI LAUREA

In: Costruzione Di Macchine Automatiche E Robot

**MACCHINARIO PER IL DISIMBALLO DI BOBINE:
DAL BISOGNO AL PROGETTO**

Candidato:
ALEX LEARDINI

Relatore:
GIANGIACOMO MINAK

Anno Accademico 2014/2015
Sessione III

INDICE

Introduzione.....	1
Cap.1 - L'azienda.....	3
1.1- Chi siamo.....	3
1.2- La storia.....	4
1.3- La tecnologia.....	5
1.4- Descrizione del sito produttivo.....	6
Cap.2 - Progetto area di disimballo.....	9
2.1- Contesto.....	9
2.2- Situazione corrente.....	11
2.3- Obbiettivi.....	13
2.4- Analisi.....	14
2.5- Contromisure.....	15
2.6- Pianificazione.....	18
Cap.3 - Richiesta di investimento.....	19
3.1- Come viene effettuata la richiesta.....	19
3.2- Stima dei costi.....	20

Cap.4 - Definizione della progettazione	29
4.1- Vincoli progettuali e lavoro da svolgere.....	29
4.2- Metodo d'analisi (QFD).....	30
4.3- Analisi e definizione della progettazione.....	33
4.4- Analisi preventiva dei costi.....	41
Cap.5 - Progettazione	45
5.1- Pinza di presa.....	45
5.2- Dispenser di pallet.....	74
5.3- Sistema di movimentazione.....	80
5.4- Layout complessivo e sicurezze.....	82
5.5- Descrizione del funzionamento di macchina.....	89
Cap.6 - Illustrazioni	91
Conclusioni	97
Bibliografia	99
Ringraziamenti	101

Introduzione

L'idea di trattare la progettazione di un macchinario adibito alla spallettizzazione¹ di bobine di film trasparente è nata da una richiesta del direttore della SIT S.p.a.² per migliorare la produttività dell'azienda.

SIT è azienda leader nella produzione di pellicole per alimenti e vanta tra i suoi clienti i più importanti nomi dell'industria alimentare italiana e mondiale (Ferrero, Nestlè, Barilla, Doria, Lorenz, ecc.).

In azienda ho avuto la possibilità di collaborare con il direttore di stabilimento, Raffaello Valentini, al progetto dell'area di disimballo e alla rivisitazione della logistica interna.

In seguito, assieme al direttore tecnico Antonio Fantini, ho assimilato le linee guida per la richiesta di un investimento e stimato la cifra di budget per l'attrezzatura necessaria al progetto.

Nella fase preliminare ho eseguito una ricerca per capire se fosse presente sul mercato un macchinario che rispondesse alle nostre necessità; non trovandone, ho stimato un budget.

Dopo aver richiesto l'investimento ho analizzato a fondo le funzioni fondamentali che deve presentare l'attrezzatura e successivamente, prendendo una strada differente dalla politica aziendale³, ho progettato il macchinario per il disimballo, analizzandolo in ogni suo aspetto.

¹ Spallettizzazione, azione che identifica la fase di eliminazione del pallet e/o parte dell'imballo originale

² SIT S.p.a., Stampa Imballaggi Trasparenti, Strada del Sabatino, 62, Faetano, Repubblica di San Marino

³ La politica aziendale di SIT non ha mai portato a progettato internamente macchinari o strumentazioni, ma si è sempre appoggiata a ditte esterne .

Cap. 1 – L'azienda

1.1-Chi siamo

Il Gruppo SIT opera da molti anni nel mercato del packaging flessibile: fornisce ai propri Clienti, nel settore alimentare e non alimentare, tutte le soluzioni di packaging più idonee, tecnologicamente avanzate, sicure e rispettose dell'ambiente.

Attività del Gruppo è la stampa di alta qualità, in tecnologia rotocalco ed in flessografia, su films trasparenti, cartacei o metallizzati, con procedure di accoppiamento di films – con e senza solventi – e trattamenti specifici, in relazione alle esigenze grafiche e di protezione del prodotto.

Il Gruppo SIT opera con forte orientamento al total quality ed agisce secondo norme di Good Manufacturing Practice (GMP). Vuole essere accanto al Cliente, condividendo in partnership i suoi obiettivi, in ogni fase di sviluppo del prodotto: dalla fase di co-progettazione, nella quale i Reparti R&D, Innovazione e di Servizio Grafico full-service mettono a disposizione le loro competenze, al progress in stampa costantemente monitorato, sino ai servizi di logistica avanzata.

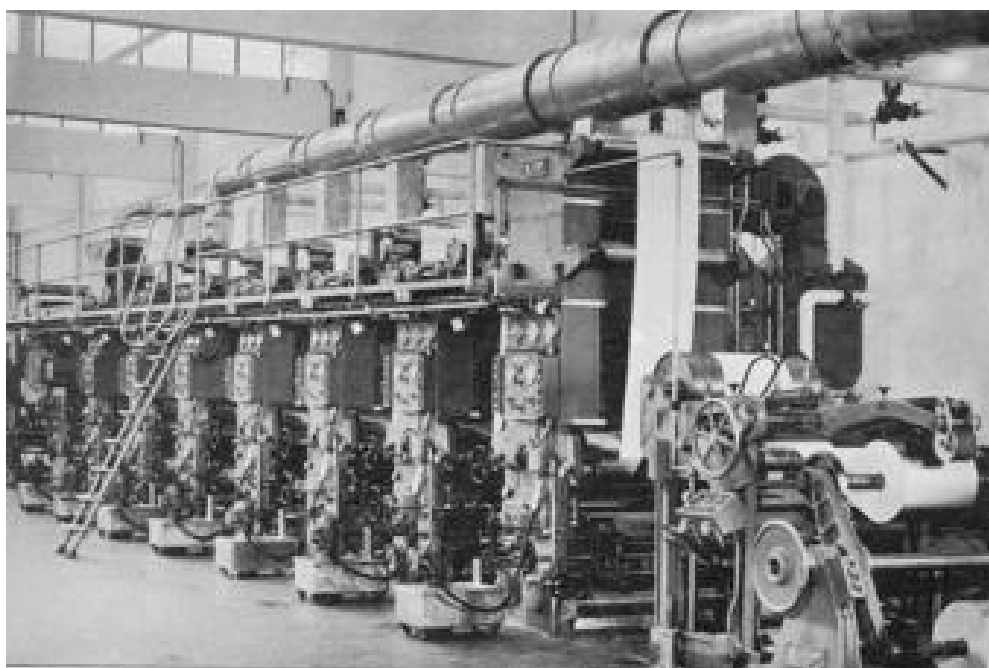
Il Gruppo, oltre alle tecnologie di cui dispone, mette a disposizione dei propri Clienti managerialità, passione e qualità delle Risorse Umane. Oggi il Gruppo SIT, con tre stabilimenti di produzione e la presenza al proprio interno di ogni Servizio / Divisione utile al Cliente, è una realtà industriale che serve aziende multinazionali in ogni parte del mondo.

1.2-La storia

Da Rotostampa, nata a San Marino nel 1967 grazie alle capacità imprenditoriali di Romano Michelotti e della figlia Simona, si sviluppa nel 1971 la Società **SIT**, Stampa di Imballaggi Trasparenti.

Il percorso di forte crescita negli anni si accelera attraverso due acquisizioni realizzate nel 2005 e nel 2006: **Sarel Plast**, azienda in provincia di Padova, specializzata in stampa flessografica⁴ e Mipa, unità produttiva rotocalco a Pesaro – che diviene **SITITALIA** –.

Il Gruppo completa così la sua offerta tecnologica. Investimenti industriali costanti nel tempo, gestione diretta, attenzione all'evoluzione del servizio al Cliente, forte ruolo sempre dato alle Risorse Umane hanno fatto crescere il Gruppo insieme ai propri Clienti. Oggi l'azienda è governata dalla stessa proprietà che l'ha fondata

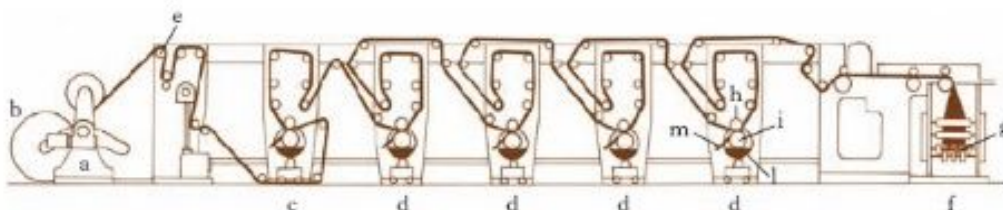


⁴ La matrice è rilievografica, flessibile e morbida, e viene avvolta su di un cilindro. La stampa è diretta: il cliché trasferisce l'inchiostro direttamente al supporto da stampare grazie a una lieve pressione esercitata da un cilindro di pressione

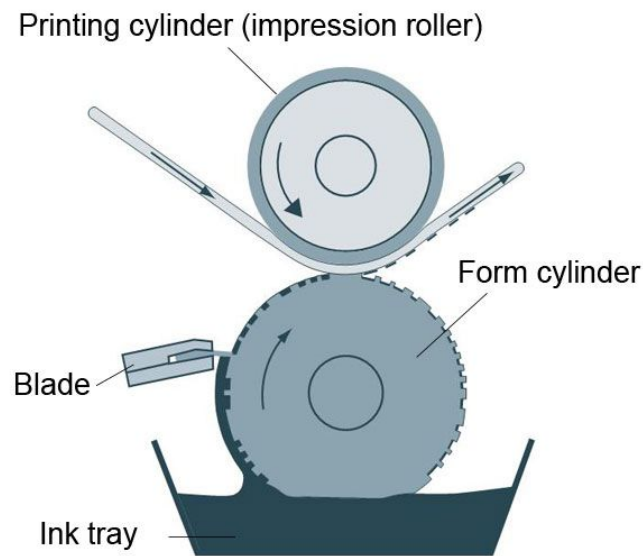
1.3-La tecnologia

La stampa rotocalco o rotocalcografia è una stampa diretta incavografica⁵ (i grafismi ovvero la parte che andrà a stampare è in incavo rispetto ai contrografismi, la parte che non stampa) e rotativa. L'inchiostro viene trasferito sulla carta attraverso un sistema modulare di cellette di diversa profondità. Più le cellette sono profonde, più abbondante sarà l'inchiostro che possono contenere e più scura sarà la stampa. È questo il motivo principale della brillantezza della stampa rotocalco: l'inchiostro infatti non viene pressato (tipografia) o stampato per rimbalzo (offset) ma prelevato dalla carta mantenendo le caratteristiche di brillantezza e coprenza.

Il rotocalco si riconosce dalla tipica forma dei puntini della retinatura, che generalmente hanno la stessa grandezza ma tonalità differenti. Nelle zone più scure il disegno del retino è difficilmente riconoscibile a causa della notevole quantità di inchiostro che spesso si spande sul foglio mentre nelle parti più chiare spesso l'inchiostro rimane solo ai bordi dei piccoli solchi del retino. Dal punto di vista estetico la rotocalcografia riproduce e traduce le apparenze visibili dei segni fotografici in oggetti di volumetrica e vellutata seduzione visiva, dando modo all'immagine di disporsi in una sua dimensione tattile.



⁵ La **stampa incavografica** si serve di una tecnica che prevede l'inchiostrazione totale di una forma contenente delle **cellette cave** (o incavi), con il successivo trasferimento dell'inchiostro da questa ad un supporto tramite semplice pressione.



1.4- Descrizione del sito produttivo

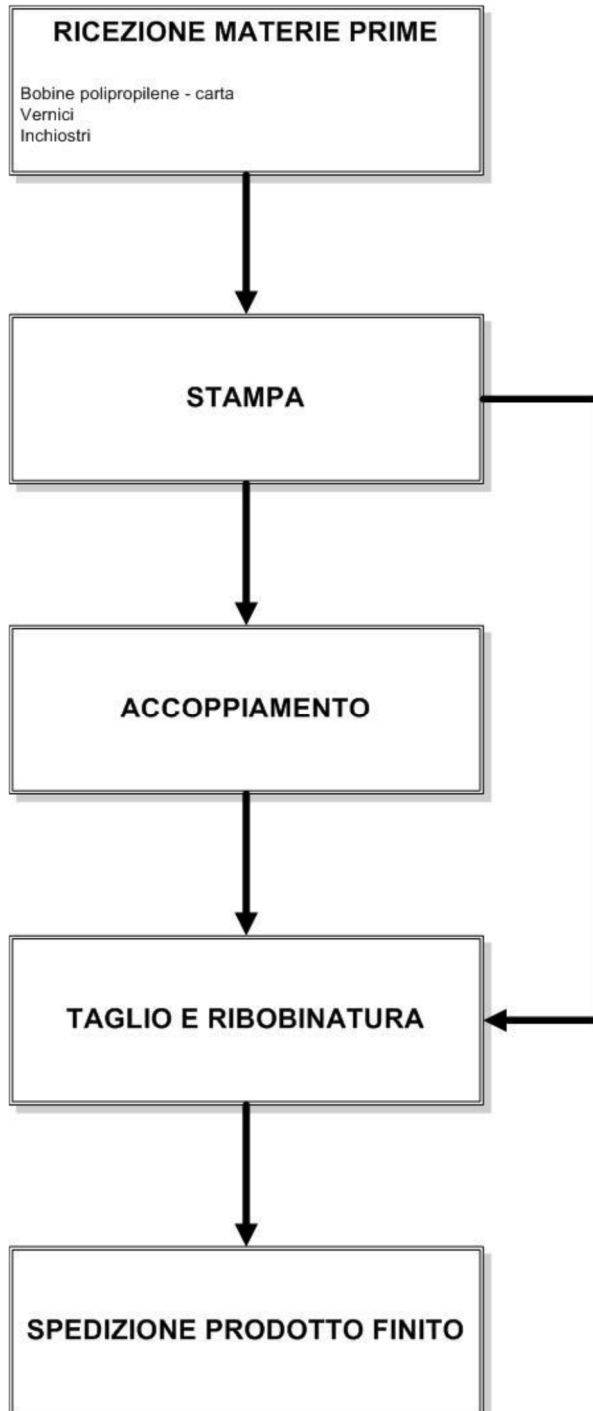
SIT effettua la stampa di materiale da imballo principalmente per alimenti.

Una volta acquistata la materia prima, film di materiale plastico o carta dello spessore di alcuni micron, il ciclo produttivo può essere schematizzato in 4 fasi fondamentali e cioè:

1. Stampa con l'utilizzo di n°3 macchine da stampa rotocalco. A questa attività sono legati altri sotto processi quali la gestione ed il montaggio dei cilindri stampa, la preparazione degli inchiostri, ed in generale la gestione dei magazzini delle materie prime;
2. Accoppiamento con l'utilizzo di n1 macchina accoppiatrice Duplex;
3. Ribobinatura;
4. Taglio con l'utilizzo di n.6 tagliaribobinatrici.

L'attività produttiva viene svolta giornalmente su quattro turni di lavoro dal lunedì mattina al sabato notte 24h.

Schematicamente il processo produttivo può essere rappresentato attraverso un semplice flow-chart:



Cap. 2- Progetto area di disimballo

2.1-Contesto

Con il continuo sviluppo aziendale e il miglioramento del posto di lavoro è nata la necessità di rivedere il layout aziendale, in particolare è stato rivisitato il reparto che ha subito la minor evoluzione negli anni; il magazzino materia prima e semilavorato. In questa zona lavorano i magazzinieri e i servizi generali; i primi si occupano di sistemare in scansie il semilavorato e preparare le bobine che andranno in produzione. Seguendo il programma di lavoro delle macchine a rotocalco; i secondi, solitamente carrellisti, garantiscono il trasporto della materia prima e il prelievo dalle macchine del semilavorato appena stampato.

Nell' ultimo periodo si sono registrate diverse segnalazioni di preposti alla sicurezza per uscite d'emergenza ostruite, incroci pericolosi di carrelli elevatori e mancanza di corridoi adibiti ai pedoni.

Un'altra problematica rilevante riguarda la non conformità che può nascere in caso di audit BRC⁶. Questa certificazione dettaglia ciò che non può venire a contatto con il prodotto e quindi provocare un inquinamento, come ad esempio il legno che finisce in produzione tramite i bancali. Basti pensare al truciolare che viene tolto con metodi burberi affianco la bobina in movimento, disgregandosi e provocando polvere.

⁶ BRC, Lo Standard BRC (Global Standard-Food) costituisce un modello riconosciuto in Inghilterra e oggi in rapida diffusione nel resto dei paesi europei. E' nato nel 1998 per garantire che i prodotti a marchio siano ottenuti secondo standard qualitativi ben definiti e nel rispetto di requisiti minimi. Può essere paragonato ad un capitolato che lega i fornitori qualificati all'azienda di distribuzione.

Ricordo che tutto il sito produttivo è sigillato ed in depressione rispetto all' esterno, bloccando, attraverso delle barriere a rete, qualsiasi tipo di intrusione come insetti, polveri e pollini.

Era consuetudine in periodo di audit (negli ultimi anni annunciato con 20 giorni d'anticipo) sistemare l'azienda pulendo a fondo ogni reparto e presentandosi con scene di tipo kafkiane⁷ di fronte agli auditors. Questo nel nuovo anno non sarà più possibile perché BRC ha imposto gli audit a sorpresa in "giornate di lavoro tipo" con la probabilità di trovarci impreparati.

Riassumendo in punti chiave eventuali problemi riscontrabili:

- Audit clienti che rilevano e aprono segnalazioni sulla pulizia e l'ordine in produzione;
- Segnalazioni sulle uscite di sicurezza ostruite da materia prima e semilavorato;
- Segnalazioni interne sulla gravità di incroci dei carrelli elevatori e il trasporto pericoloso di bobine sovrapposte;
- Situazioni esagerate di pulizia in prossimità di audit BRC;
- Modifiche al regolamento BRC con introduzione di audit a sorpresa a partire dal 2016.

⁷ "kafkiano" è un neologismo (cioè una parola di recente ideazione) della lingua italiana che indica una situazione paradossale, e in genere angosciante, che viene accettata come status quo.

2.2-Situazione corrente

Facendo una panoramica della situazione corrente si possono identificare situazioni di pericolo e flussi logistici migliorabili:

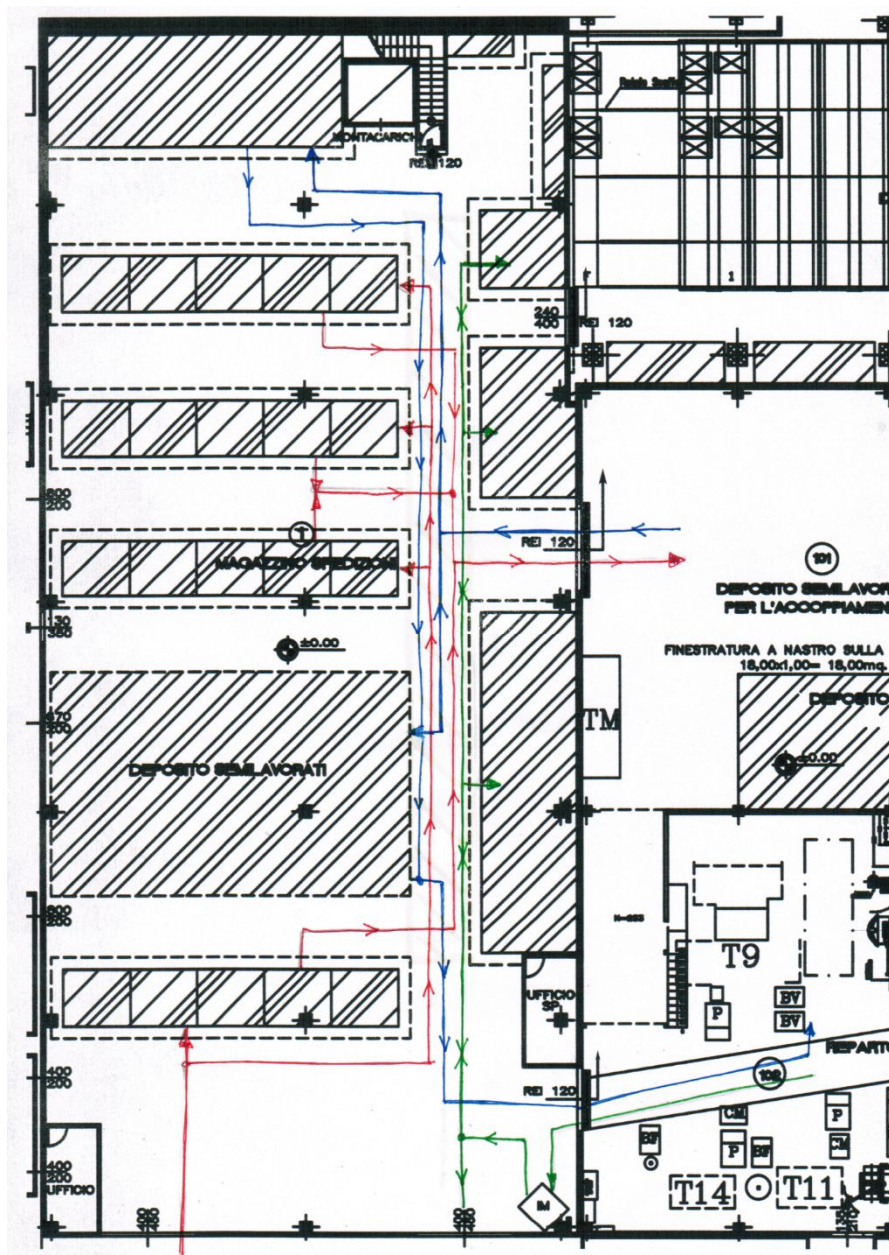
- Il trasporto di bobine sovrapposte (**Fig2.1**) in produzione è troppo ingombrante e pericoloso perché riduce la visuale dell'operatore, impedendogli di vedere eventuale personale di passaggio;



Fig2.1-Bobine sovrapposte

- Attualmente il disimballo è vicino alle macchine da stampa, producendo così detriti di legno, plastica e polvere che inquinano la produzione;

- Il flusso dei carrelli elevatori (**Fig2.2**) presenta un elevato transito nel corridoio principale di materia prima (in rosso), semilavorato (in blu) e prodotto finito (verde). In particolare non vi è una compartimentazione ben fatta e i flussi aziendali hanno andamenti non monodirezionali. Questo comporta anche un rischio per gli operatori che transitano a piedi trovandosi diversi incroci con scarsa visuale.



2.3- Obbiettivi

Gli obbiettivi prefissati sono:

- 10 % di riduzione degli scarti generalmente dovuti alla negligenza degli operatori a macchina che non dovranno più operare il disimballo, diminuendo così il loro lavoro e aumentando la loro attenzione;
- Drastica diminuzione della presenza di legno in produzione evitando reclami di clienti e auditors;
- Azzeramento delle segnalazioni di sicurezza sull'ostruzione delle vie di fuga;
- Eliminazione degli incroci critici dei carrelli elevatori;
- Eliminazione delle situazioni kafkiane mentendo lo stato ottimale della pulizia e ordine in ogni momento;
- Velocizzare e ottimizzare il lavoro degli operatori aumentando l'ergonomia del lavoro di disimballo.

2.4-Analisi

Operando un'analisi dettagliata della situazione corrente sono emerse diverse problematiche:

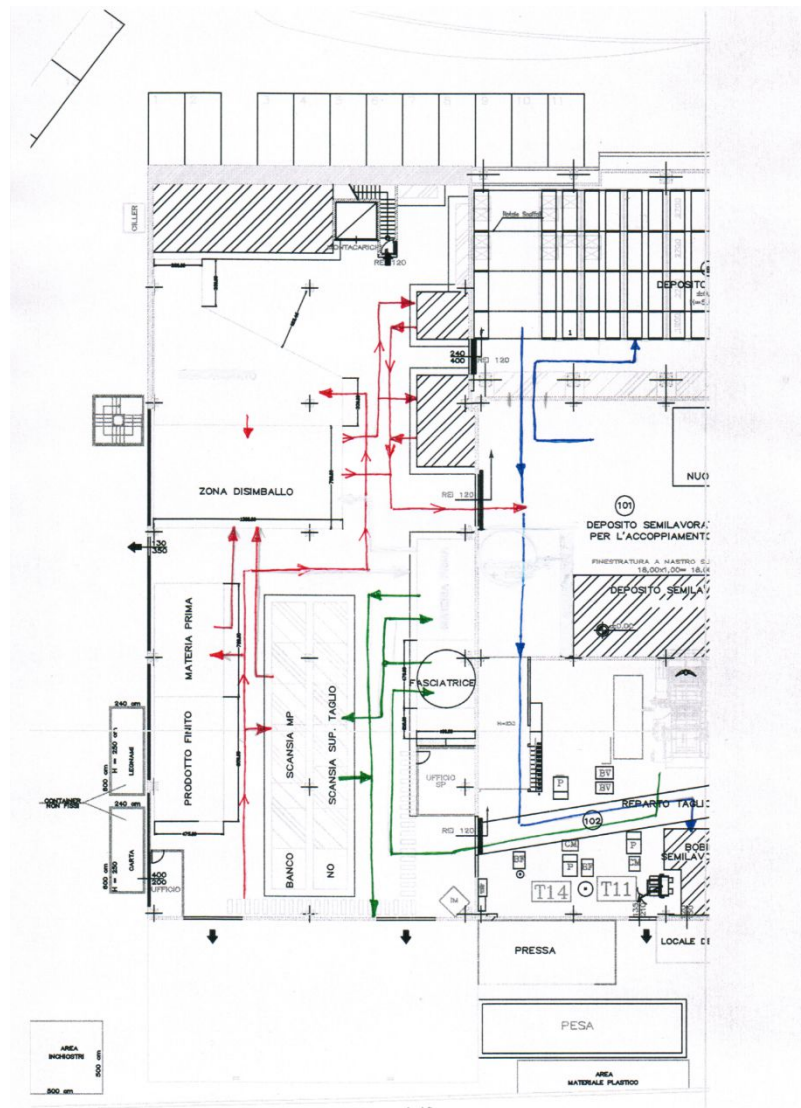
- Mancanza di spazio per il deposito di semilavorato (circa 350 bobine a terra nei periodi di massima produzione) con una logistica "casalinga" che non tiene conto dei flussi. Il personale non avendo una regola ben precisa sistema le bobine dove può e in caso di ordini piuttosto lunghi dovrà sistemarle tutte insieme per permettere ai turni entranti di trovare in maniera logica il semilavorato stoccato da portare al reparto taglio e quindi farlo spedire;
- Le aree di magazzino non presentano una suddivisione netta tra materia prima e semilavorato, provocando un possibile inquinamento della materia prima che arriva in azienda chiusa e isolata;
- Elevato traffico dei carrelli in movimento;
- Il disimballo produce detriti di legno che possono causare la lesione delle prime spire di bobina; a questo proposito si renderebbe utile un'area adibita esclusivamente alla materia prima e sua spallettizzazione, liberando gli operai da compiti rischiosi e aumentando la loro attenzione verso la stampa.

Operando il disimballo esternamente e avendo solo quel tipo di mansione, gli addetti possono indicare il verso di svolgimento della bobina per poi essere ricontrollato a macchina evitando maggiormente gli errori.

2.5- Contromisure

Le contromisure verranno operate sui seguenti punti:

- Miglioramento del layout aziendale eliminando scansie in magazzino che posso compromettere la visuale dei carrellisti;
- Migliorare la logistica compartimentando zone adibite alle varie fasi di produzione, avendo un flusso ben definito e monodirezionale;



- Acquisto di 400 pallet di plastica di unico colore per eliminare tutti i bancali di legno in produzione. I bancali non dovranno prevedere bordi o impedimenti alla rotazione della bobina;



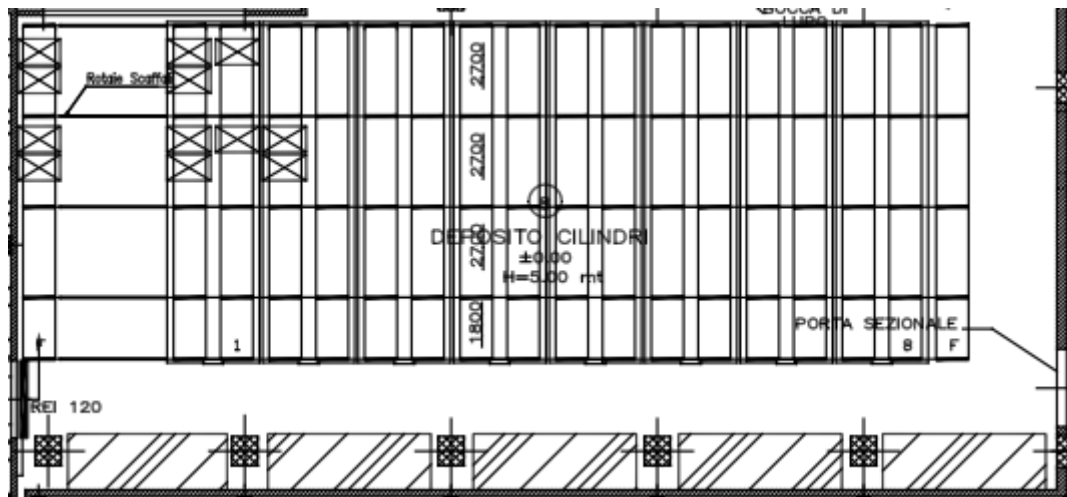
- Acquisto di una fascinatrice Robopack⁸ che permetta l'applicazione di film estensibile tramite wrappatura⁹ e la pesatura del bancale in un'unica postazione;



⁸ Robopac, fondata nel 1982, è leader mondiale nella tecnologia dell'avvolgimento con film estensibile

⁹ rappatura, avvolgimento del pallet e del suo carico co film estensibile, termoretraibile o adesivo.

- L'utilizzo di un magazzino compattabile per stoccare semilavorato con circa 400 posti pallet distribuiti su 3 livelli e 16 scansie;



- L'acquisto di un macchinario che permetta il disimballo delle bobine in maniera sicura, ergonomica e che riduce i tempi e difetti da possibili colpi o strisciamenti sul pallet di legno;
- L'acquisto di carrelli meno ingombranti da utilizzare in produzione;
- Ottimizzazione del parco carrelli, acquistandone 3 dedicati alle funzioni specifiche e vendita di quelli con un coefficiente d'utilizzo basso

2.6- Pianificazione

La pianificazione imposta dal direttore di stabilimento prevede un piano lavori ben preciso con scadenze e relativi responsabili, con un diagramma di Gantt¹⁰ che riassume tutte le attività del progetto:

- Nuovo Layout di magazzino con un miglioramento logistico entro marzo 2016;
- Definizione nuova area di disimballo entro ottobre 2015;
- Area unica di allestimento prodotto finito con fascinatrice a braccio rotante entro dicembre 2015;
- Acquisto di 200 pallet entro dicembre 2015 e altri 200 da gennaio 2016;
- Acquisto, collaudo e formazione sull' utilizzo dell'attrezzatura area disimballo e carrelli transpallet entro il secondo semestre 2016.

¹⁰ Il diagramma di Gantt è uno strumento di supporto alla gestione dei progetti, così chiamato in ricordo dell'ingegnere statunitense Henry Laurence Gantt (1861–1919), che si occupava di scienze sociali e che lo ideò nel 1917.

Cap. 3- Richiesta di investimento

3.1- Come viene effettuata la richiesta

Il Gruppo SIT ritiene di fondamentale importanza il costante adeguamento organizzativo e tecnologico al fine di posizionarsi sul mercato come azienda leader.

A tal fine è necessario il coinvolgimento e il supporto di ogni responsabile nella valutazione delle necessità e opportunità di investimento.

La scheda richiesta di investimento evidenzia:

- Nome del progetto di investimento;
- Descrizione accurata delle motivazioni;
- Stima dei costi ed attendibilità di tale stima;
- Tempistiche di realizzazione(compresa eventuale formazione del personale);
- Centro di responsabilità (in questo caso il sottoscritto);

Approvato l'investimento in maniera totale o parziale, la proprietà assieme alla direzione definirà il budget disponibile. A questo punto si procede richiedendo preventivi e attuando il piano lavori per rientrare nel periodo prestabilito.

Nel caso di mancato completamento dell'investimento nella data prefissata è cura del centro di responsabilità proporre la soppressione e/o rinvio totale o parziale al periodo successivo.

Nel caso specifico la richiesta di investimento comprende 400 pallet di plastica, 2 muletti transpallet (di tipo stoccatore) con uomo a bordo e il macchinario per la spallettizzazione.

3.2-Stima dei costi

Nella parte preliminare non ho avuto problemi nello stimare il costo di pallet e carrelli mentre, per poter identificare il costo di mercato in maniera più oggettiva possibile, ho richiesto diversi preventivi ad aziende concorrenti.

LA stima dei costi di investimento è stata la parte più difficoltosa, a causa della mancanza di un macchinario di disimballo di tipo commerciale da prendere come esempio.

Ho contattato per prime le aziende fornitrici di pallet, identificando un costo il più possibile “standard”. Gli imballaggi devono essere arieggiati, di materiale per alimenti (HACCP¹¹) di dimensioni 1200x800 e di colore rosso (per poterli identificare da quelli dei fornitori o altre aziende). I preventivi fornitomi erano di circa 40,00 €, dato fortemente dipendente dal numero di bancali ordinati.

Il secondo costo da stimare è stato anch'esso di facile reperibilità. La necessità del muletto di tipo transpallet con uomo a bordo (**Fig3.1**) è stato identificato dopo attente analisi, tenendo conto della logistica in produzione, misurando altezze, larghezze e raggi di manovra di tutti i

¹¹ L'**HACCP** o Hazard Analysis and Critical Control Points, letteralmente Analisi dei Pericoli e dei Punti Critici di Controllo, è un protocollo (ovvero un insieme di procedure), volto a prevenire i pericoli di contaminazione alimentare.

passaggi in azienda. Per i carrelli la scelta della ditta fornitrice è stata imposta da SIT in quanto da qualche anno è stato deciso di utilizzare un unico partner: Jungheinrich. Questo filo diretto con l'azienda ci permette di ottenere una manutenzione tempestiva; in 24h abbiamo la disponibilità di qualsiasi pezzo di ricambio e un operatore sempre disponibile per la sostituzione



Fig3.1-Muletto stoccatore

La stima di costo più complicata è stata per il macchinario di disimballo, per il quale non esiste una tipologia di sistema adibito a tale operazione.

Ho cercato aziende che potessero avere una strumentazione il più possibile vicino alle funzioni richieste e, facendo una valutazione tra le soluzioni proposte, ho identificato una cifra più o meno precisa stimando un margine d'errore del 20%.

- Una prima richiesta l'ho fatta a Dalmec, una ditta costruttrice di manipolatori per l'industria che offre una pinza a pantografo montata su di un manipolatore con 4 giunti rotoidali e raggio d'azione sferico (**Fig3.2**). La struttura è sicuramente molto flessibile ma anche costosa (**Fig3.3**), lenta e non permette una ripetibilità dell'operazione di disimballo. Una macchina simile è già montata in azienda per smontare bobine superiori ai 35kg nel reparto taglio. E' utilizzato soprattutto per bobine il cui diametro non supera mai i 40 cm.

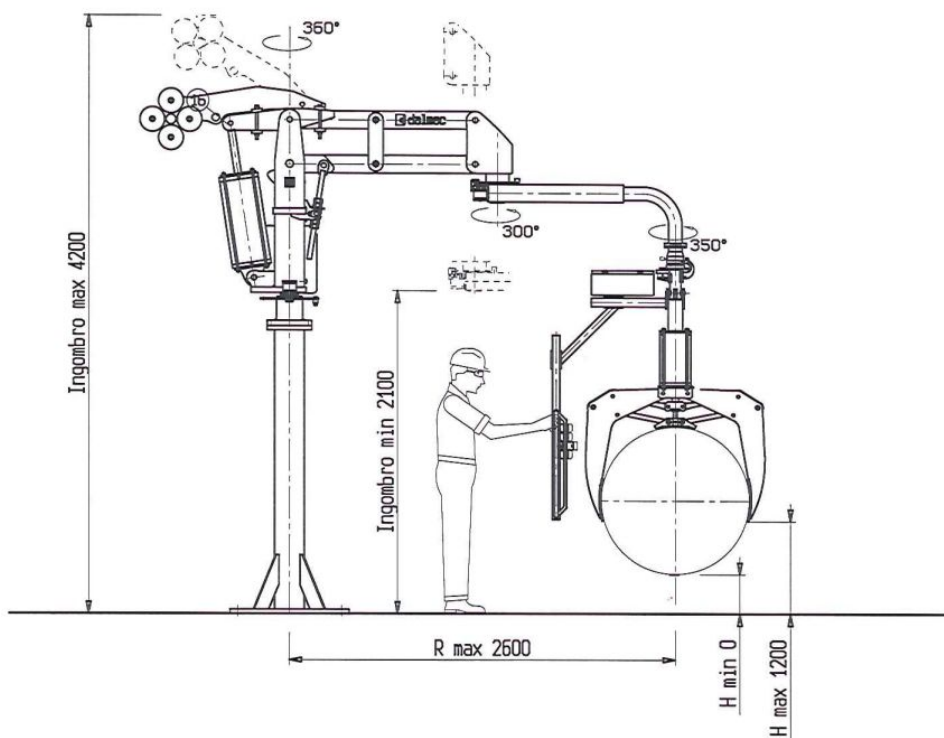


Fig3.2- Manipolatore Dalmec

N° 1	Manipolatore completo di attrezzo per bobine, comprese prove, messa a punto e precollaudo presso il ns. Stabilimento di Cles (TN)		Euro	25.970,00
N° 1	Prestazione installazione e messa in funzione		Euro	700,00
	IMPORTO TOTALE		Euro	26.670,00
	Accessori opzionali			
N° 1	Freno asse attrezzo		Euro	300,00
N° 1	Moltiplicatore di pressione		Euro	1.490,00
N° 1	Alimentazione aria dall'alto		Euro	170,00
N° 1	Motorizzazione assiale		Euro	5.530,00
N° 1	Tasselli		Euro	225,00
N° 1	Verniciatura con tinte RAL diverse		Euro	210,00

Fig3.3- Preventivo Dalmec

- Il secondo preventivo è stato richiesto ad Alfatech, impresa che fornisce gru da sollevamento (carri ponte e gru a bandiera) a tutte le sedi del gruppo SIT. La richiesta è stata di un carro ponte con struttura a portale e una pinza che prendesse la bobina dall'esterno. La proposta è evoluta da un confronto in azienda con gli operatori che richiedevano un sistema simile a quello del reparto montaggio cilindri costituito da un bilancino che potesse prendere la bobina dal mandrino interno (**Fig3.4**) e sollevarla. Durante il colloquio con il direttore tecnico abbiamo pensato che questa soluzione non fosse efficace in quanto il disimballo veniva fatto in tre fasi distinte e riprendendo la bobina due volte. Si può notare dallo schizzo che la presa dall'interno non permette di togliere flange e tappi accoppiati al mandrino senza adagiarla in una stazione intermedia che possa

garantire l'estrazione dei due semialberi dell'organo di presa. Oltretutto questo tipo di presa è fatta da un unico operatore, comportando una difficoltà piuttosto alta nel mirare il foro dalla parte opposta.

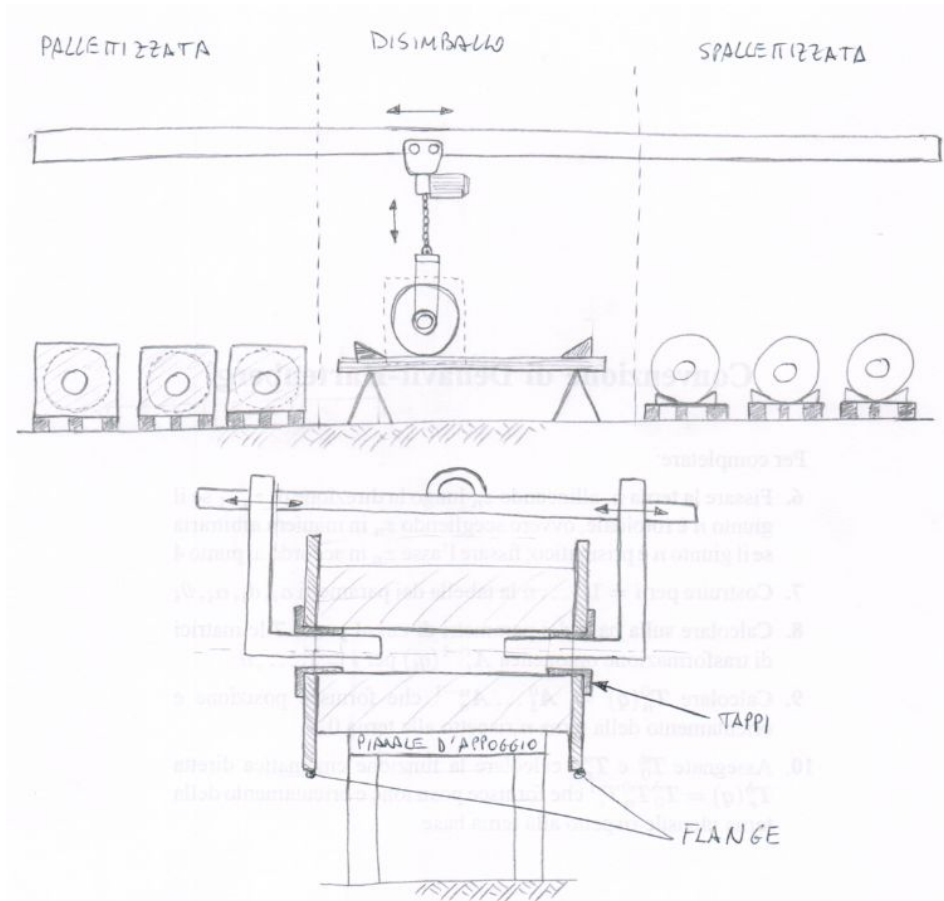


Fig3.4- Schizzo con presa da mandrino

A questo punto abbiamo richiesto la presa dall' esterno per evitare la fase centrale e permettere la presa in maniera più semplice. Rimando al capitolo 5, in cui inserisco i vincoli di progetto, per le caratteristiche delle bobine e pallet. Da queste Alfatech ha prodotto un sistema piuttosto efficace (**Fig3.5**) ma che ci ha dato diverse perplessità sulle

sicurezze e sui tempi di spallettizzazione e personale impiegato al macchinario. In dettaglio analizzando il sistema mobile con catena e paranco per il sollevamento è nato il problema del pendolino della bobina che nel caso di massimo carico (700kg) può essere piuttosto pericoloso. In aggiunta tutta la struttura risultava piuttosto ingombrante e difficilmente accessibile dai carrelli. Nota positiva è il prezzo di tale sistema alquanto economico(**Fig3.6**).

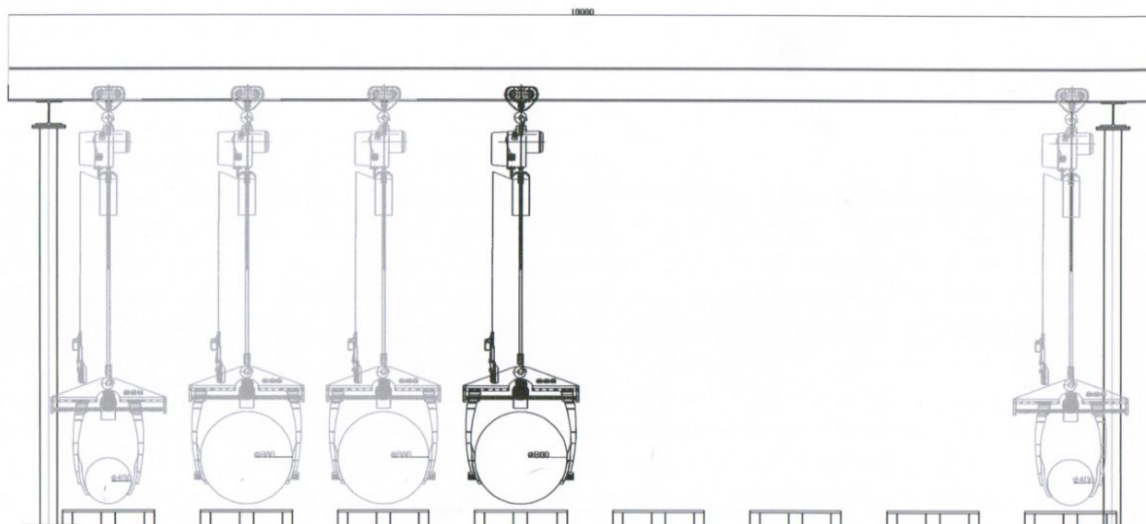


Fig3.5- Carro ponte Alfatech

Descrizione	Q.tà	Prezzo	% Sconto	Importo
IMPIANTO COMPOSTO DA N° 2 PORTALI ANCORATI A TERRA PER MEZZO DI FIALE CHIMICHE h. 3500mm MONOROTAIA L.10.000 PORTATA DI KG. 1.000.	1			
PARANCO ELETTRICO A CATENA: 2 VELOCITA' DI SOLLEVAMENTO. 1 VELOCITA DI TRASLAZIONE. COMANDO TRAMITE RADIOCOMANDO	1			
PINZA COME DA DISEGNO PORTATA KG. 1.000. SOLLEVAMENTO BOBINE DA 400 A 1000 mm DI DIAMETRO. SISTEMA DI SICUREZZA CON CONTROLLO PRESA BOBINA CHE DISINIBISCE IL SOLLEVAMENTO IN CASO DI MANCATA PRESA. COMANDO SEMPRE TRAMITE RADIOCOMANDO	1			
TRASPORTO	1			
MONTAGGIO	1			
COLLAUDO	1			
TOTALE FORNITURA E MONTAGGIO	1	€ 13.500,00		€ 13.500,00
Spese inerenti gestione sicurezza	1	€ 500,00		€ 500,00
CONSEGNA 6 SETTIMANE DATA ORDINE				
ESEGUIAMO LAVORI IN QUOTA CON NOSTRI ELEVATORI ELETTRICI FINO A MT.9/11				
PER CONFERMARE LA PRESENTE OFFERTA INVIARLA TIMBRATA E FIRMATA PER ACCETTAZIONE (o VS. ORDINE).				
			TOTALE	€ 14.000,00

Fig3.6- Prospetto costo carro ponte Alfatech

- Vedendosi scartare il suo prodotto, Alfatech ha sviluppato un'altra idea: una postazione fissa con delle guide lineari per evitare il pendolio o l'inclinazione, quindi lo sfilamento della bobina (**Fig3.7**). Questo però non soddisfaceva comunque le aspettative per la mancanza di operazioni automatiche (salita e discesa della pinza) e la difficoltà di eliminazione delle flange e del pallet di legno. Il costo della struttura non è stato dettagliato con un preventivo ma il prezzo non si discosta di troppo dalla proposta di Dalmecc.

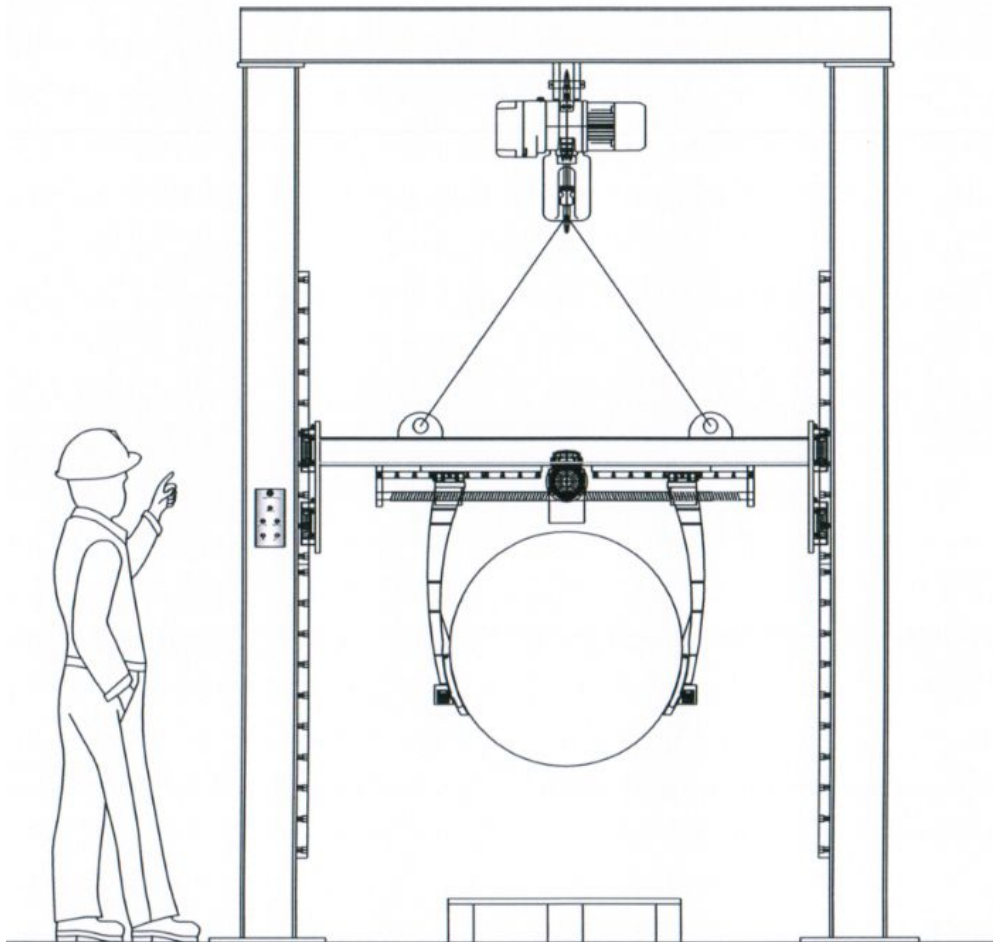


Fig3.7-Postazione fissa Alfatech

Tenendo conto del mercato nel quale voglio operare e dopo avere analizzato diverse offerte, ho realizzato una personale stima di investimento; 30.000 € come soglia di spesa per l'attrezzatura di disimballo, 13.000 € per ogni carrello transpallet. Il budget d'investimento richiesto ammonta così a 57.500€ con una precisione di $\pm 10\%$ (**Bozza d'investimento pagina seguente**).



INVESTIMENTO N°10 – Attrezzature Aree Disimballo

a. Descrizione:

Con la creazione dell' area di disimballo, è nata la necessita di implementare una macchina per il sollevamento delle bobine e 2 carrelli stoccatori uomo a bordo.

b. Categoria:

Sviluppo ed aggiornamento tecnologico

c. Motivazione:

Aggiornamento dell' area di disimballo della materia prima per migliorare la spallettizzazione delle bobine in termini di velocità, pulizia ergonomia e organizzazione del lavoro.

d. Costo Stimato:

57.500€

e. Calcolo Ritorno Investimento/Miglioramento:

Allineamento con i nuovi aggiornamenti BRC e miglioramento dell'area di lavoro. Miglior impatto in caso di audit e visite clienti.

Responsabile: Alex Leardini

Cap.4- Definizione della progettazione

4.1-Vincoli progettuali e lavoro da svolgere

Caratteristiche bobine:

- Diametro esterno massimo: 900mm
- Diametro esterno minimo: 400mm
- Larghezza fascia minima 600mm
- Larghezza fascia massima 1300mm
- Anima foro 6" (152 mm)

Lavoro da svolgere:

Le bobine di materia prima hanno pallet in legno aventi larghezza standard 800 mm e lunghezze varie da 1000 a 1500 mm. Le bobine sono posizionate su detti pallet tramite telai in legno alle due estremità con tappo in plastica introdotto nel foro anima da 6"e completamente ricoperte di pellicola in nylon. Le bobine devono essere disimballate togliendo i telai di supporto completi di tappi chiusura e posizionate su pallet in plastica con alle base due zeppe antiribaltamento (**Fig4.1**).

Attrezzatura interagente con il macchinario:

Il muletto che interagisce con la macchina sarà di tipo stoccatore, come mostrato nel capitolo precedente. In particolare questo carrello presenta le forche sovrapposte e in condizioni di sollevamento quelle sotto saranno d'intralcio al macchinario che dovrà presentare quindi delle aperture per ospitarle. Il tipo di posizionamento dovrà essere più facile possibile con dei

riferimenti chiari sul bancale d'appoggio perché questo tipo di macchina non prevede l'aggiustamento laterale e di beccheggio come un muletto frontale. L'operatore dovrà, invece, accedere per effettuare delle operazioni manuali e quindi la struttura del macchinario dovrà prevedere una buona accessibilità.

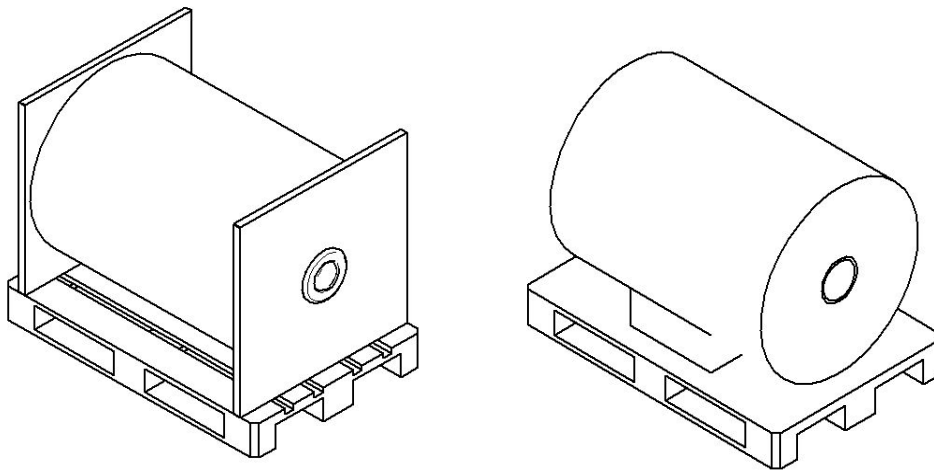


Fig4.1- Lavoro da svolgere

4.2-Metodo d'analisi (QFD)

Come visto nel capitolo precedente le proposte delle aziende sono completamente diverse con punti di forza e debolezza anche opposti. Questo mi ha spinto a concentrarmi sulle caratteristiche funzionali e tecniche che dovrà avere il sistema e produrre infine un progetto concettuale del macchinario che sarà poi commissionato ad una azienda per l'ingegnerizzazione e quindi la realizzazione. Le proposte di Dalmec ed Alfatech non rispondono in pieno alle nostre necessità ma hanno delle caratteristiche interessanti che possono essere prese in considerazione,

come ad esempio la pinza da presa che Dalmec utilizza è a pantografo, mentre ALFATECH usa due bracci su guide lineari movimentati da una vite senza fine.

Per l'analisi della progettazione ho utilizzato il metodo del QFD (Quality Function Deployment) per passare dalle caratteristiche richieste alle specifiche progettuali.

Nato in Giappone nel 1966 per mano del Dr. Yoji Akao, il QFD è uno strumento che serve per mettere in relazione, relativamente ad un prodotto o ad un servizio, le richieste del cliente con le caratteristiche tecniche del prodotto stesso.

I bisogni del cliente che risultano preponderanti (o del progettista nel caso della mia Tesi) vengono tradotti in caratteristiche tecniche individuando subito ed in maniera schematica l'effetto che avrà la variazione di una certa caratteristica del prodotto.

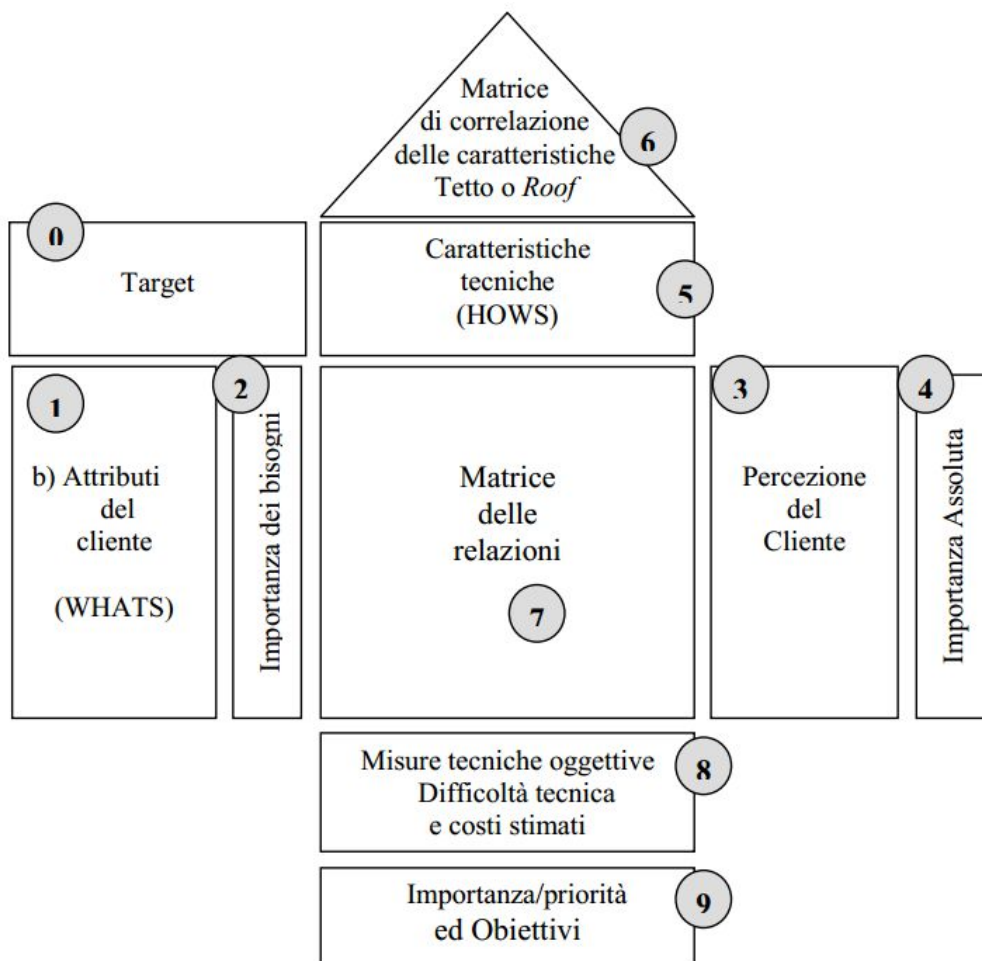
Ovviamente l'obiettivo finale risulta quello di soddisfare le richieste del cliente, ed è quindi fondamentale rispondere alle cinque domande iniziali della stesura di ogni QFD:

1. A chi ci si rivolge?
2. Quali sono i problemi del cliente?
3. Quali vantaggi si possono offrire rispetto alle soluzioni già disponibili?
4. Il Cliente come valuterà i nuovi prodotti?
5. Su quali basi il cliente giudica il prodotto?

I punti centrali dello strumento sono le cosiddette "case della qualità", ognuna è una rappresentazione schematica delle relazioni esistenti fra diversi tipi di informazioni.

Attraverso l'utilizzo di matrici e di pesi, le case della qualità traducono i dati in ingresso in un altro tipo di informazione, lasciando inalterato il grado di priorità.

Nel mio caso di studio saranno necessarie due tipi di matrici fondamentali; una prima relativa al macchinario nel suo insieme, che metta in relazione le qualità richieste con le caratteristiche tecniche che più le influenzano ed una seconda relativa ai componenti, mettendo in risalto le parti di macchina su cui concentrarsi e basare la progettazione.



Nella matrice delle relazioni la somma delle colonne indicherà la specifica tecnica più d'impatto, mentre la somma delle righe moltiplicata per il relativo coefficiente di importanza indicherà la caratteristica più dipendente. Ho utilizzato una scala da 1 a 5, dove 1 indica una relazione molto debole e 5 una relazione molto forte.

4.3- Analisi e definizione della progettazione

Tenendo presente i compiti della macchina e degli operatori ho individuato le caratteristiche richieste dal cliente:

- Tempo dell'operazione
- Facilità di carico e scarico
- Ergonomia
- Flessibilità
- Qualifiche operatori
- Riduzione dei difetti
- Sicurezza
- Ripetibilità dell'operazione
- Costo
- Impatto col cliente e auditor

Nel dettaglio:

Il tempo dell'operazione è fondamentale per il proseguire della produzione che è attiva 24h e di 140 bobine di materia prima al giorno su 3 turni. Ci sono condizioni in cui si può anche arrivare a 160 bobine al

giorno ma sono eventi sporadici, malgrado ciò il dimensionamento dovrà essere fatto sul caso peggiore. Avendo 3 macchine a rotocalco il tempo ciclo massimo di disimballo sarà di:

$$t_{ciclo\ max} = \frac{(24 \cdot 60)}{Q_{max}} = \frac{24 \cdot 60}{160} = 9'$$

Nel caso di normale lavoro il tempo a disposizione per effettuare un ciclo sarà:

$$t_{ciclo} = \frac{(24 \cdot 60)}{Q} = \frac{24 \cdot 60}{140} = 10'40''$$

il che permette di avere un risparmio di quasi 2' su ogni bobina.

Contando che possa esserci un mancato completamento dell'ordine per un intasamento o un bloccaggio della macchina, si può richiedere di effettuare l'operazione nell' 80% del $t_{ciclo\ massimo}$. Abbiamo quindi un dato fondamentale a livello di progettazione che sarà:

$$\widetilde{t_{ciclo}} = 9' \cdot 80\% = 7'15''$$

Questo permette agli operatori di fare pause durante il normale svolgimento del lavoro e mette in guardia per un eventuale aumento di frequenza di disimballo. In particolare avranno a disposizione del tempo libero durante il turno di lavoro:

$$8h \cdot 60 - \widetilde{t_{ciclo}} \cdot \frac{Q}{3} = 141 \frac{min}{turno} = 2h\ 21'$$

La facilità di scarico e carico del macchinario per il disimballo è definita per la facilità di sistemare la bobina in posizione sulla base di lavoro. Questa operazione non dovrà richiedere elevata precisione, ma dovrà essere piuttosto semplice ed evitare errori. Nel caso di errato posizionamento si potrebbero verificare situazioni di pericolo con possibili cadute della bobina o prese incerte della pinza.

L'ergonomia è stata presa in considerazione per poter agevolare il lavoro manuale dell'eliminazione delle flange, tappi e pallet di legno, quindi si cercherà di utilizzare un piano di lavoro ad un'altezza idonea per una corretta postura e senza troppi sforzi per alzare da terra un peso eccessivo (pallet di legno).

La flessibilità dell'operazione non dovrà essere un caratteristica del nostro macchinario, in quanto puntiamo sull'automazione lasciando poche operazioni a discrezione dell'uomo, evitando così tutti i casi di pericolo dovuti a negligenza o dimenticanze: più le operazioni saranno ripetitive e meno ci saranno problemi.

La qualifica degli operatori è importante per il livello tecnologico e di interfaccia per le operazioni automatiche. I movimenti e il cruscotto di macchina dovranno essere più semplici ed intuitivi possibili così da evitare errori di digitazione o di manovra. Un'eccessiva qualifica per utilizzare il macchinario inciderebbe negativamente sui costi variabili allocati ad essa, il che sarebbe una perdita piuttosto che una vincita.

La riduzione dei difetti non gioca un ruolo troppo importante (sono molto bassi anche ora con l'operazione di disimballo a macchina) ma sarà una conseguenza del processare la bobina in maniera più delicata e senza urti.

Il progetto è stato elaborato in modo da garantire la maggiore sicurezza possibile, quindi il minor rischio di lesione per gli operatori.

La ripetibilità dell'operazione garantisce il minor rischio di azioni azzardate o eseguite in maniera non idonea. Standardizzare la funzione è quello che ci garantisce anche una conoscenza del tempo ciclo precisa e delle potenzialità del reparto.

Il costo è in funzione del livello di automazione del macchinario e possibilmente deve rientrare nei budget prestabiliti dalla direzione, oppure deve portare un vantaggio economico notevole (n° di persone dedicate al disimballo).

L'impatto estetico non è un requisito fondamentale, ma sicuramente apprezzabile. In fase di progettazione se ne può tenere conto, senza aumentare notevolmente i costi.

Per capire meglio come le caratteristiche richieste del macchinario incidono sulle caratteristiche tecniche e di conseguenza quelle progettuali ho utilizzato il metodo del QFD.

caratteristiche funzionali	caratteristiche tecniche							Somma	Totale	
	Coeff di importanza	Velocità	Accessibilità operazioni manuali	N°operazioni automatiche	Ingombro macchinario	Estetica	Pulizia ed inquinamento			N°operatori
Tempo dell'operazione	5	5	4	3	1	1	1	3	23	115
Ergonomia	4	1	5	5	2	2	2	2	23	92
Flessibilità	1	3	2	5	1	1	1	1	15	15
Qualifiche operatori	3	3	2	4	1	1	1	4	19	57
Riduzione difetti	2	3	3	4	1	1	3	3	20	40
Sicurezza	5	3	5	4	2	1	2	3	25	125
Ripetibilità operazione	5	4	2	5	1	1	1	1	20	100
Costo	3	3	1	5	3	2	3	5	25	75
impatto col cliente	1	1	1	2	2	4	4	1	16	16
Facilità di scarico/carico	4	5	4	4	3	3	2	3	28	112
Totale		31	29	41	17	17	20	26	181	
Pesi		17%	16%	23%	9%	9%	11%	14%	100%	

Tab5.1- Qfd caratteristiche tecniche

La prima matrice mette in relazione le caratteristiche richieste con le specifiche tecniche.

La tabella QFD delle caratteristiche richieste/tecniche (**Tab5.1**) è stata completata assieme agli operatori dell'area disimballo, al responsabile dei servizi logistici e il direttore di stabilimento attraverso un incontro di circa un'ora. La produzione svolge il suo lavoro su 3 turni e quindi per incontrare tutti gli operatori ho dovuto replicare l'appuntamento per 3 volte impiegando due settimane prima di validare la tabella.

Questo tipo di approccio mi ha permesso di abbassare l'influenza tecnica nell'inserimento dei punteggi e avere maggior veridicità dei risultati.

Si nota immediatamente che la caratteristica richiesta più dipendente è la sicurezza, seguito dalla velocità dell'operazione. Risultano essere ovviamente le più importanti perché determinano il fatto di poter avere una continuità lavorativa ed evitare infortuni. Con un tempo dell'operazione al limite del tempo ciclo, si rischia di bloccare la produzione e tutti i reparti subordinati.

Dalle colonne invece si può vedere che la specifica tecnica più impattante risulta essere il numero di operazioni automatiche che si possono introdurre, seguita dalla velocità delle manovre. Vedremo poi nel seguito come queste caratteristiche verranno affrontate.

La seconda tabella del QFD mette in relazione le caratteristiche tecniche con quelle progettuali dando dei dettagli che orientano nella fase di progettazione.

		Caratteristiche progettuali											
caratteristiche tecniche		Coef. d'importanza	Pinza presa bobina	Telaio e struttura	Sistema di sollevamento	Stima posizionamento	Anti pendolio	Trasportabilità	Comandi di macchina	Sistema automatico eliminazione flange	Sistema automatico cambio pallet	Somma	Totale
Velocità		5	5	1	5	5	5	1	1	4	4	36	180
Accessibilità operazioni manuali		5	4	5	3	2	5	1	3	5	5	38	190
N° operazioni automatiche		4	1	4	1	5	1	1	4	5	5	31	124
Ingombro macchinario		4	4	5	2	2	3	5	1	3	4	33	132
Estetica		1	4	5	3	1	2	2	3	2	3	26	26
Pulizia ed inquinamento		3	3	1	2	1	1	1	1	1	2	16	48
N° operatori		5	2	1	1	4	1	4	3	5	5	31	155
Totale			23	22	17	20	18	15	16	25	28	184	
Pesi			13%	12%	9%	11%	10%	8%	9%	14%	15%		100%

Tab5.2- Qfd caratteristiche progettuali

Osservando la colonna del totale (**Tab5.2**) si nota che le caratteristiche con maggior impatto sono la velocità di sbancamento e l'accessibilità delle operazioni manuali. L'ipotetico cliente o azienda interessata da importanza a queste due caratteristiche in quanto mira all'economicità del macchinario puntando sul risparmio di costi e dei tempi delle operazioni.

Nell'ultima riga è evidente come l'incidenza maggiore è rappresentata dal sistema automatico del cambio pallet (28%), dal sistema automatico di eliminazione delle flange (25%) e dalla pinza della presa per la bobina (23%).

Il numero di operazioni automatiche di eliminazione delle flange e cambio pallet riducono notevolmente i costi variabili del macchinario in quanto escludono l'impiego di operatori. Questo approccio porta ad un maggior investimento iniziale ma con minori tempi di rientro.

Generalmente il ritorno dell'investimento avviene in un tempo superiore al ciclo produttivo o all'esercizio dovuto ad un elevato esborso iniziale; il suo recupero avviene attraverso la vendita dell'output derivante dal capitale investito e dalla dismissione del macchinario stesso.

4.4- Analisi preventiva dei costi

Basandomi su delle cifre ipotetiche ho effettuato un'analisi comparando i costi specifici tra la spallettizzazione di una bobina con macchinario manuale e una con macchinario automatico.

Dati generali:

Costo macchinario base manuale : 30 000 €

Costo automazione : 40 000 €

Giorni lavorativi : 300 d/y

Retribuzione annuale operai (RAL) 2° livello : 22 500 € (75 €/P d)

Produzione giornaliera di bobine : 140 B/d

Turni di lavoro : 3 t/d

1) Macchinario manuale

Per il macchinario manuale l'investimento iniziale è di 30 000 €, con una necessità di un operaio durante il turno d'ufficio e di due durante gli altri turni (negli orari di apertura dell'azienda è presente più personale che può andare in aiuto agli altri addetti).

Considerando un rientro dell'investimento previsto in 2 anni, con un esborso iniziale di 30 000 calcolato su 300 giorni lavorativi, la quota giornaliera di costo è di:

$$\frac{30000\text{€}}{300 \text{ d/y} \cdot 2\text{y}} = 50\text{€/d}$$

Il lavoro manuale al giorno per 5 persone (2+2+1 per turno) ammonta a:

$$75 \text{ €/P} \cdot d \cdot 5P = 375 \text{ €/d}$$

Risulta quindi nel periodo di rientro un costo specifico per bobina di:

$$\frac{375 \text{ €/d} + 50 \text{ €/d}}{140 \text{ B/d}} = 3,03 \text{ €/B}$$

Dal 3° anno dell'investimento il costo a bobina si riduce a:

$$\frac{375 \text{ €/d}}{140 \text{ B/d}} = 2,68 \text{ €/B}$$

2) Macchinario automatizzato

Per il macchinario manuale l'investimento iniziale è di circa 100.000 €, con una necessità di un unico operaio per turno.

Considerando un rientro dell'investimento previsto in 2 anni, con un esborso iniziale di 70 000€ calcolato su 300 giorni lavorativi, la quota giornaliera di costo è di:

$$\frac{100000\text{€}}{300 \text{ d/y} \cdot 2y} = 166,67\text{€/d}$$

Il lavoro manuale al giorno per 3 persone (1 per turno) ammonta a:

$$75 \text{ €/p d} \cdot 3P = 225 \text{ €/d}$$

Risulta quindi nel periodo di rientro un costo specifico per bobina di:

$$\frac{225 \text{ €/d} + 166,67 \text{ €/d}}{140 B/d} = 2,80 \text{ €/B}$$

Dal 3° anno dell'investimento il costo a bobina si riduce a:

$$\frac{225 \text{ €/d}}{140 B/d} = 1,61 \text{ €/B}$$

Con un macchinario automatico avrò una manutenzione più costosa.

Ipotizzando una spesa di 5000€ all' anno, a bobina incideranno di:

$$\frac{5000 \text{ €/y}}{140 B/d \cdot 300 d/y} = 0,12 \text{ €/B}$$

Considerando una vita utile del macchinario di **10 anni** il risparmio economico totale con il sistema automatico rispetto al sistema manuale sarà di:

*Spesa totale macchinario manuale -
spesa totale macchinario automatico =*

$$\begin{aligned} & [(3,03 - 2,80) \text{ €/B} \cdot 2y + (2,68 - 1,61 + 0,12) \text{ €/B} \cdot 8y)] \cdot 300 \cdot 140^B/d = \\ & = 419160\text{€ in 10 anni} \end{aligned}$$

Come si può vedere sull' arco temporale di 10 anni con un investimento doppio si ottiene comunque un risparmio considerevole.

Cap.5- Progettazione

5.1- Pinza di presa

Dall' analisi del QFD del capitolo precedente è risultato che l'elemento fondamentale del macchinario è la pinza di presa senza la quale risulta impossibile realizzare il macchinario.

La scelta della pinza è stata fatta analizzando due meccanismi differenti con efficacia diversa, scegliendo di utilizzare un sistema automatico di discesa e di risalita.

La problematica è stata quella di identificare il diametro esterno della bobina e la posizione del relativo asse rispetto al pianale del macchinario (alcune bobine sono appoggiate al pallet inferiore mentre altre sono vincolate alle flange laterali). La lettura e la stima del diametro esterno della bobina viene fatta tramite quattro laser puntatori (3 sufficienti ed il 4° approva la lettura) che rilevano la distanza dalla pinza. Interpolando le 4 letture di distanza della pinza dalla bobina ottengo una circonferenza che sta nel piano parallelo all' asse di discesa. Il diametro della bobina e la sua posizione verticale sono così determinati (**Fig5.1**).

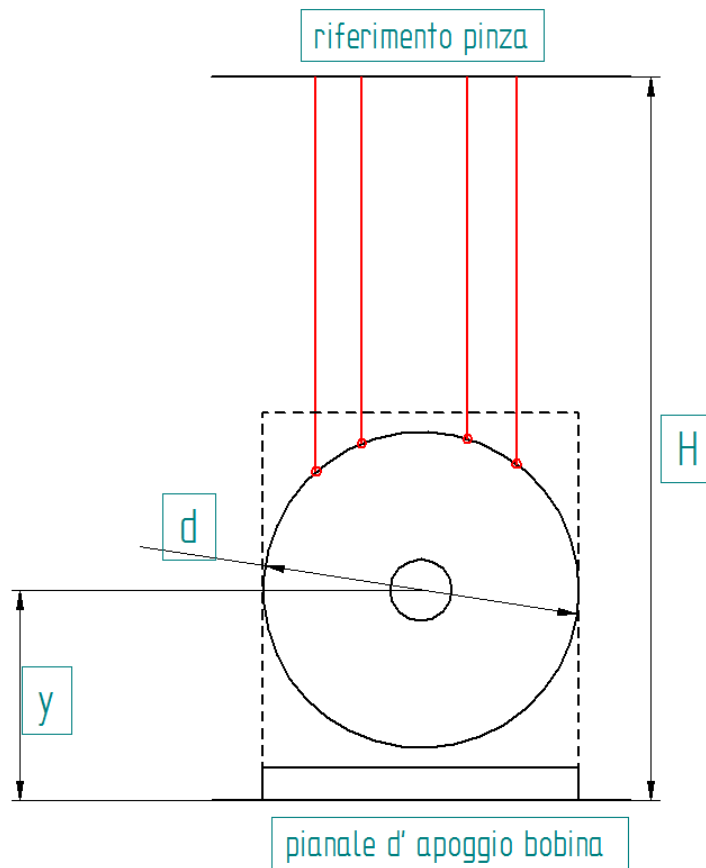


Fig5.1-Rilevazione diametro ed altezza asse

1) Pinza a pantografo

Il primo meccanismo che ho studiato è stata la pinza a pantografo (Fig5.2) che viene già utilizzata per lavori come il sollevamento di oggetti di qualsiasi forma, generando una pressione sui fianchi che aumenta all'aumentare del carico.



Fig5.2-Pinza a pantografo per superfici lisce

Per avere una pinza auto stringente è necessario posizionarla tramite, l'organo di discesa, ad una quota stabilita per poi azionare il pantografo e scendere ulteriormente fino alla quota dove si desidera fare la presa. La prima realizzazione (**Fig 5.3**) del meccanismo di presa presenta un pistone pneumatico, montato orizzontalmente, che serve a mantenere la pinza in condizione di massima apertura e genera una forza di contatto per iniziare la presa (quindi la salita della bobina).

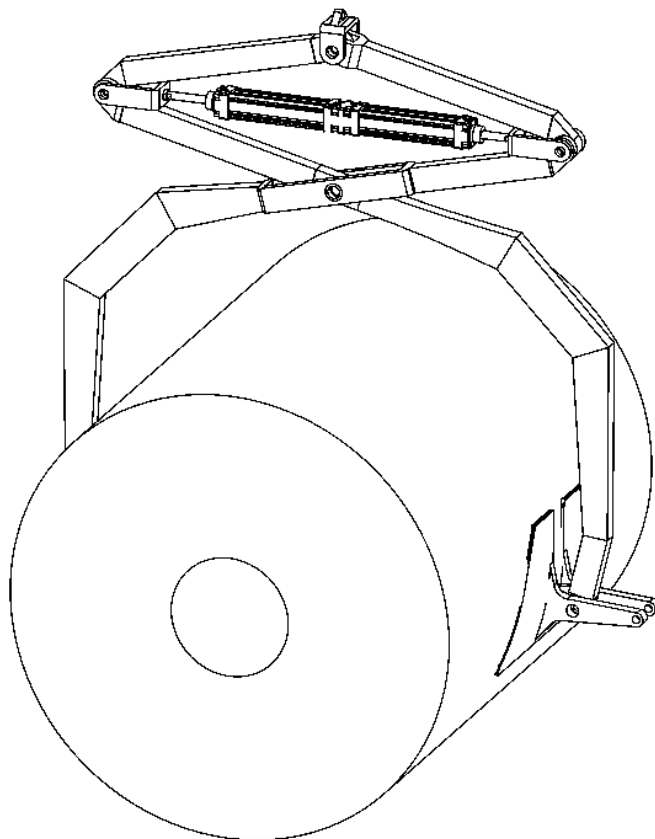


Fig5.3-Pinza a pantografo con pistone orizzontale

La pinza realizzata in questa maniera presenta una notevole variabilità d'altezza in funzione del diametro.

Per il funzionamento in automatico bisogna calcolare il livello di discesa del punto A (**Fig 5.4**) per poi azionare il pistone idraulico che porta le palette di presa ne punto B in cui vogliamo il contatto con la bobina. La discesa dovrà essere soltanto in funzione del raggio r , della

posizione dell'asse della bobina z e dell'angolo di presa β (risultante delle pressioni sulla paletta di presa).

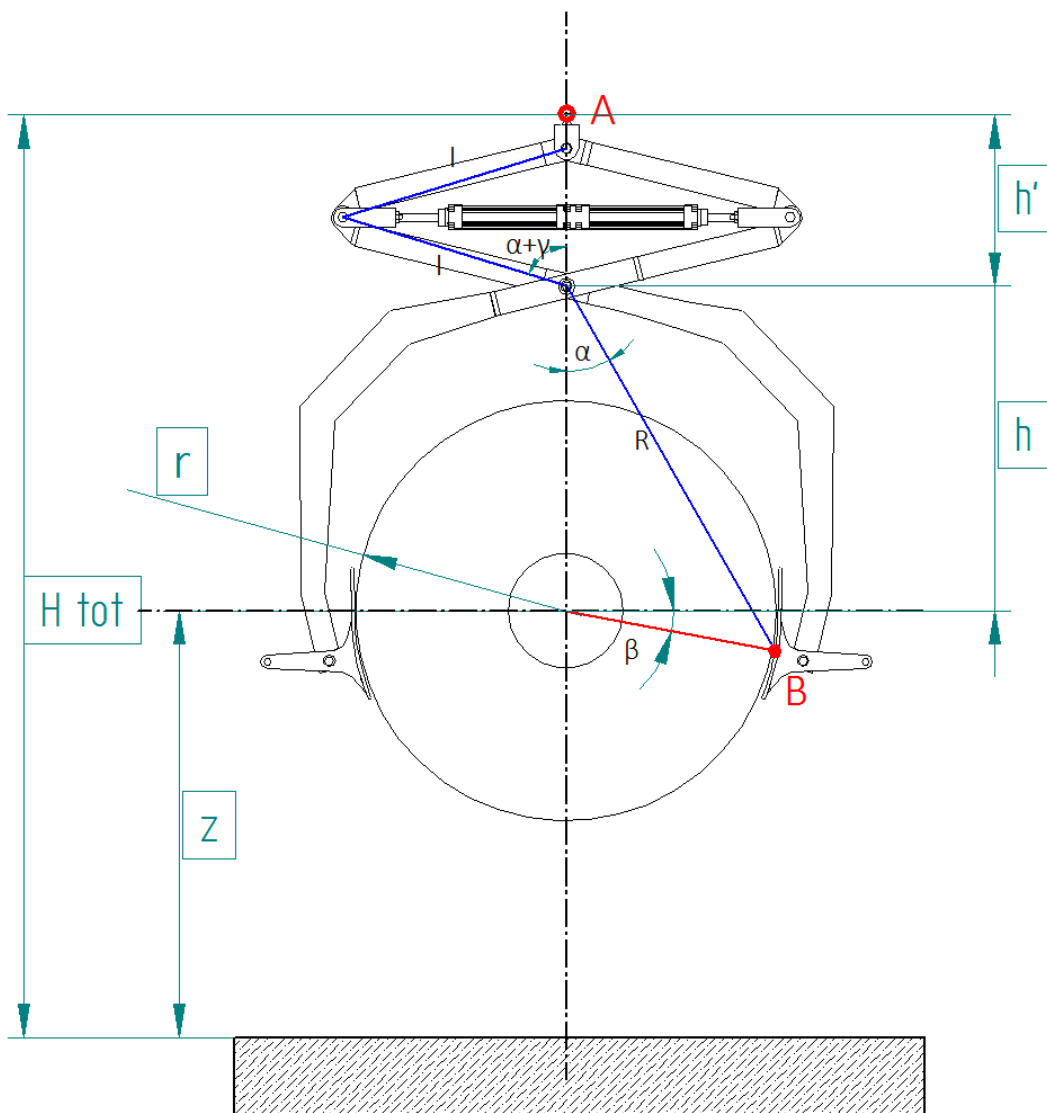


Fig5.4-schema meccanismo

Per determinare la quota X ho definito l'equazione di chiusura della catena cinematica:

$$\begin{cases} R \cos(\alpha) - r \sin(\beta) = h \\ R \sin(\alpha) = r \cos(\beta) \end{cases}$$

dove: $\beta = \text{cost}$, $R = \text{cost}$, $r \neq \text{cost}$, $h = h(r)$

Risolvendo l'equazione di chiusura e semplificando:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin(\alpha) = \frac{r}{R} \cos(\beta) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \cos(\alpha) = \pm \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} \\ \sin(\alpha) = \frac{r}{R} \cos(\beta) \end{array} \right.$$

Prendendo la soluzione per angoli minori di 90° , ottengo la relazione di h :

$$\alpha < \frac{\pi}{2} \rightarrow \cos(\alpha) > 0$$

$$\cos(\alpha) = + \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \cos^2(\beta)}$$

$$h = R \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \cos^2(\beta)} - r \sin(\beta)$$

La seconda quota:

$$h' = 2l \cdot \cos(\alpha + \gamma)$$

$$h' = 2l \left[\cos(\gamma) \cdot \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2} \cos^2(\beta)} - \sin(\gamma) \cdot \frac{r}{R} \cos(\beta) \right]$$

Dove l'angolo $\gamma = \text{cost}$ è funzione della geometria della pinza come l ed

R.

L'equazione finale dell'altezza totale X sarà la somma delle 3 altezze:

$$X = z + h + h'$$

Definendo il parametro:

$$\phi = \frac{r}{R} \cos(\beta)$$

$$H_{tot} = z + R \sqrt{1 - \phi^2} - r \sin(\beta) + 2l \left[\cos(\gamma) \sqrt{1 - \phi^2} - \sin(\gamma) \cdot \phi \right]$$

Elencando i dati d'ingresso dell'equazione:

- l : lunghezza del tirante (membro 1) [mm]
- R : lunghezza del braccio verso la bobina del membro 2 [mm]
- γ : angolo formato fra il braccio R ed l [rad]
- r : diametro della bobina [mm]
- β : angolo della risultante delle pressioni di contatto fra paletta e bobina [rad]

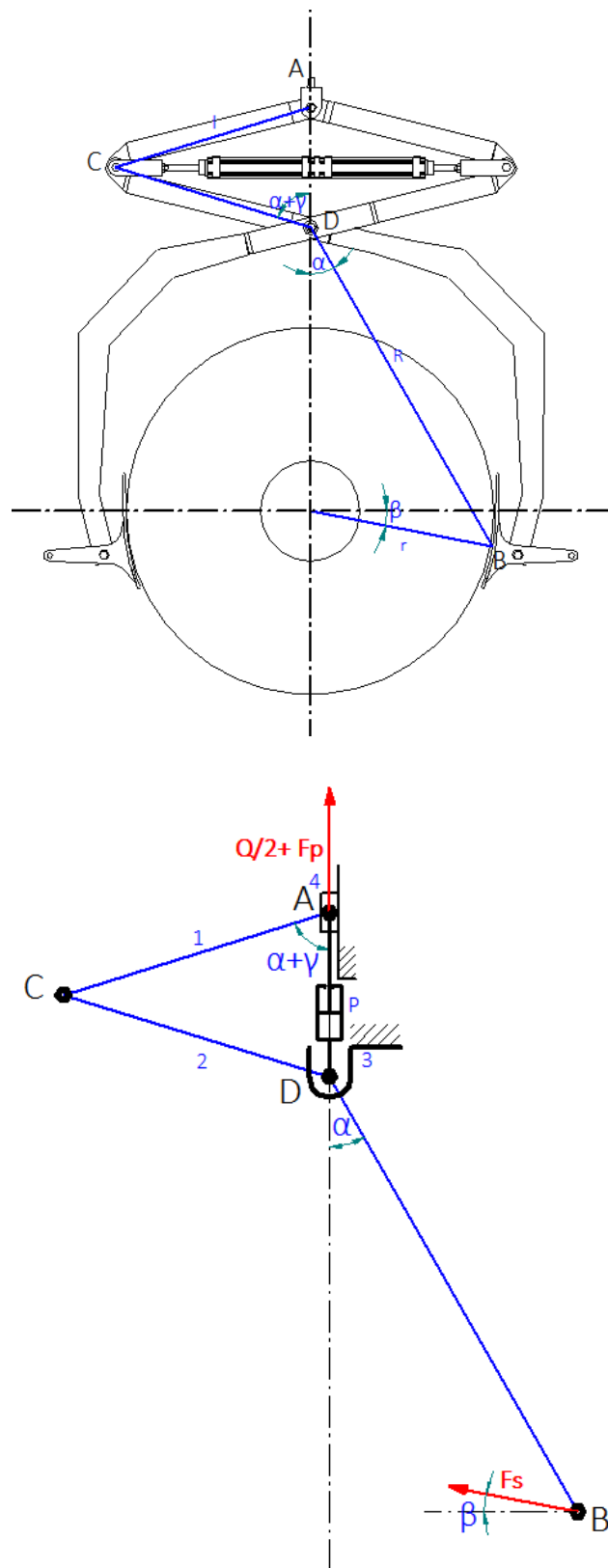


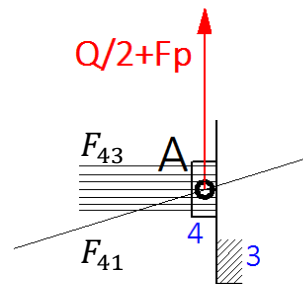
Fig5.5- Schema delle forze della pinza a pantografo

Dallo schema delle forze (**Fig5.5**) possiamo ricavare l'andamento della forza **F_s** in funzione del solo diametro ed angolo di presa della bobina, imponendo una pressione ed un alesaggio del pistone pneumatico. Ho elaborato due fogli di calcolo Excel per graficare l'andamento delle forze di contatto fra paletta e bobina in funzione del solo diametro per due configurazioni differenti del pistone pneumatico (verticale ed orizzontale).

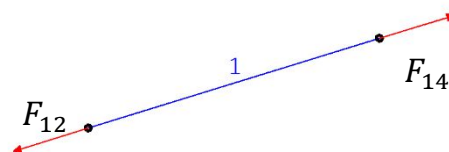
Di seguito ho riportato solo le formule della configurazione con pistone verticale (**Fig5.5** schema forze), mentre per il pistone orizzontale (**Fig5.5** immagine) ho riportato solo la relazione finale di **F_s**.

Scomponendo il meccanismo formato da telaio (3), tirante (1), leva (2) e guida lineare (4) posso calcolare la forza di contatto in **B (F_s)**:

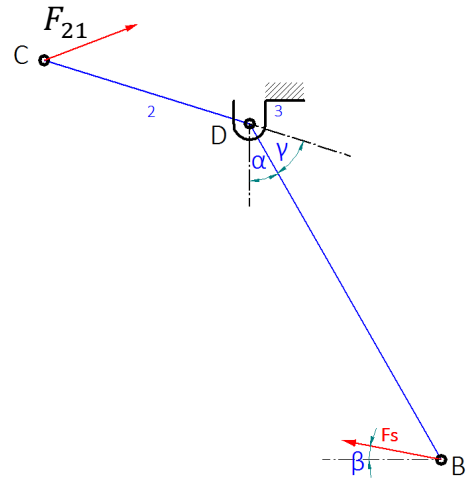
$$F_{41} = \frac{\left(F_p + \frac{Q}{2}\right)}{\cos(\alpha + \gamma)}$$



$$F_{12} = F_{14}$$



$$F_s = \frac{(F_p + Q/2)}{\cos(\alpha + \gamma)} \cdot \sin[2(\alpha + \gamma)] \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{l}{R}$$



Ricordando che α è solo funzione dei parametri variabili: r (diametro della bobina) e β (angolo delle risultanti delle pressioni di contatto fra paletta e bobina):

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{r}{R} \cdot \cos(\beta) \right)$$

La formula di F_s , una volta scelta la pinza e quindi la geometria di essa, sarà solo funzione del diametro della bobina, dell'angolo di pressione (parametro imposto in funzione del miglior contatto), del peso della bobina (funzione della densità e della profondità) e della forza di spinta del pistone pneumatico:

$$F_s = F_s(r, \beta, Q, F_p)$$

$$Q = Q(r, L_{fascia}, \rho)$$

$$F_p = F_p(\text{alesaggio}, p)$$

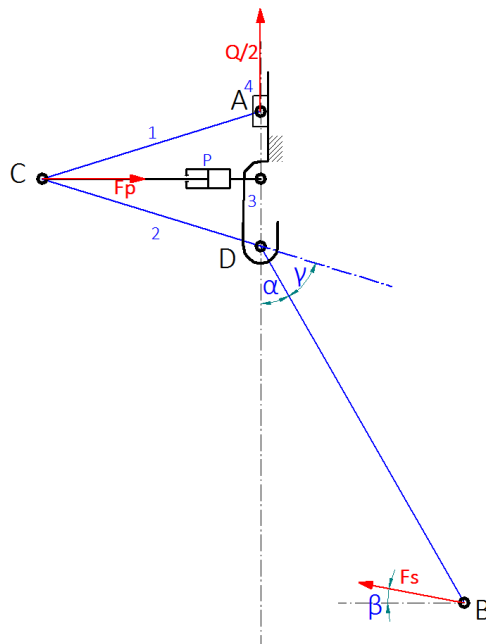
Configurazione pistone pneumatico verticale:

$$F_p = \frac{\pi \cdot \left(\frac{D_p}{10}\right)^2}{4} \cdot p \cdot 10$$

$$F_s = \frac{(F_p + Q/2)}{\cos(\alpha + \gamma)} \cdot \sin[2(\alpha + \gamma)] \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{l}{R}$$

Configurazione pistone pneumatico orizzontale:

$$F_s = \left[\frac{Q/2}{\cos(\alpha + \gamma)} \cdot \sin(2(\alpha + \gamma)) + F_p \cos(\alpha + \gamma) \right] \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \frac{l}{R}$$



Dati d' ingresso dell'equazione:

- l : lunghezza del tirante (membro 1) [mm]
- R : lunghezza del braccio verso la bobina del membro 2 [mm]
- γ : angolo formato fra il braccio R ed il membro 2 [rad]
- r : diametro della bobina [mm]
- β : angolo della risultante delle pressioni di contatto fra paletta e bobina [rad]
- L_{fascia} : profondità della bobina [mm]
- ρ : densità del materiale del film della bobina
- $alesaggio$: diametro di alesaggio del pistone pneumatico [mm]
- p : pressione massima dell'aria introdotta nel pistone pneumatico [bar]

2) Pinza end-effector

Il secondo meccanismo che ho studiato per avere una presa indiretta è simile agli end-effector (**Fig5.6**) che vengo installati sul terminale dei robot, per afferrare qualsiasi oggetto.

Questo sistema permette sempre di utilizzare il peso della bobina per effettuare la stretta sui fianchi, presentando rispetto alla pinza a pantografo presenta una struttura più compatta ma più articolata. La compattezza è molto importante per quanto riguarda l'ingombro del macchinario.

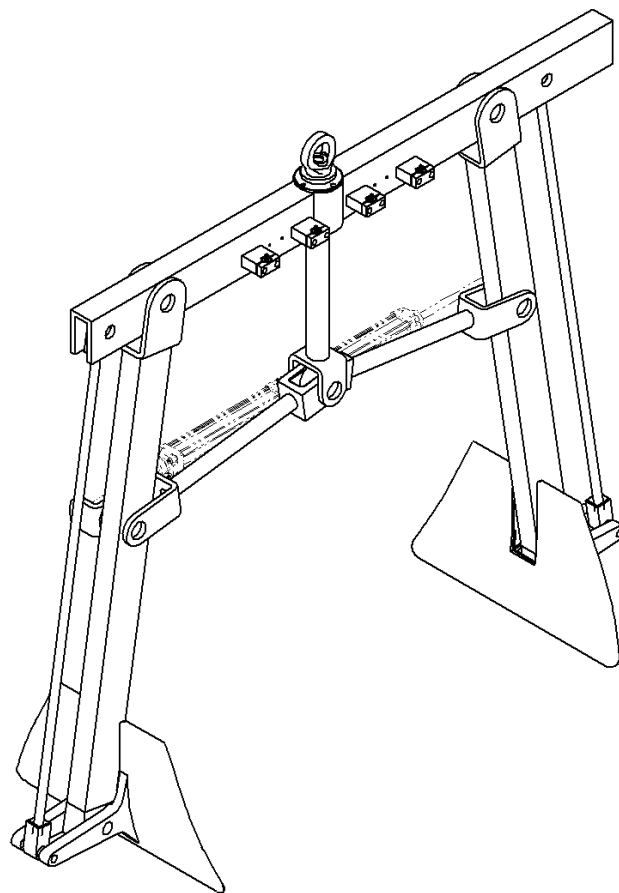


Fig5.6- Pinza end-effector

Per questa pinza, come per quella a pantografo, ho realizzato la stessa verifica, studiando la cinematica e le forze di contatto per ottenere un modello valido. La struttura presenta sempre un doppio pistone pneumatico montato in tandem per attuare l'apertura della bobina in fase di rilascio e garantire la presa nella parte iniziale di salita.

Per il funzionamento in automatico bisogna calcolare sempre il livello di discesa del punto **A** (**Fig 5.7**) per poi azionare il pistone idraulico che ci porta le palette di presa nel punto **C** in cui vogliamo il contatto con la bobina. La discesa dovrà essere soltanto in funzione del raggio r , della posizione dell'asse della bobina z e dell'angolo di presa β (risultante delle pressioni sulla palette di presa):

$$H_{tot} = H_{tot}(r, z, \beta)$$

Scrivendo l'equazione di chiusura della catena cinematica in **Fig5.7**:

$$\begin{cases} x = h \cos(\alpha) - l \sin(\gamma) \\ -h \sin(\alpha) + l \cos(\gamma) = b \end{cases}$$

$$\begin{cases} l \cos(\gamma) = b + h \sin(\alpha) \end{cases}$$

$$\cos(\gamma) = \frac{b + h \sin(\alpha)}{l}$$

$$\sin(\gamma) = \pm \sqrt{1 - \left(\frac{b + h\sin(\alpha)}{l}\right)^2}$$

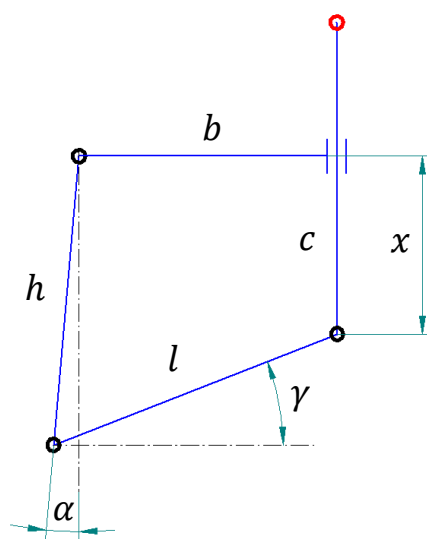
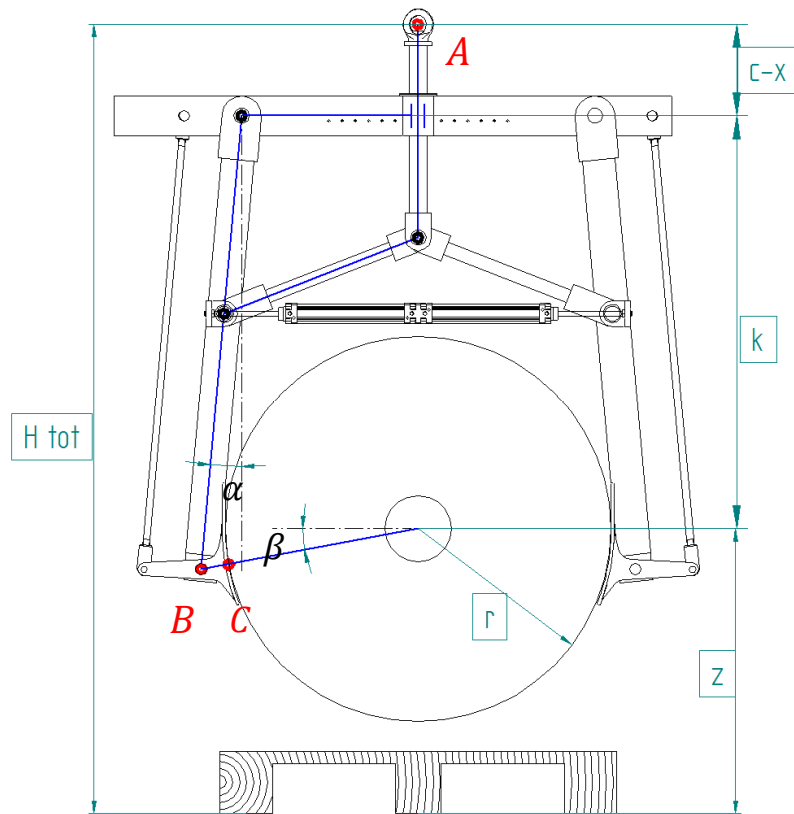


Fig 5.7- Meccanismo pinza ad end-effector

Trovando così il valore x che servirà a calcolare H_{tot} :

$$x = h \cdot \cos(\alpha) - l \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{b + h \sin(\alpha)}{l}\right)^2}$$

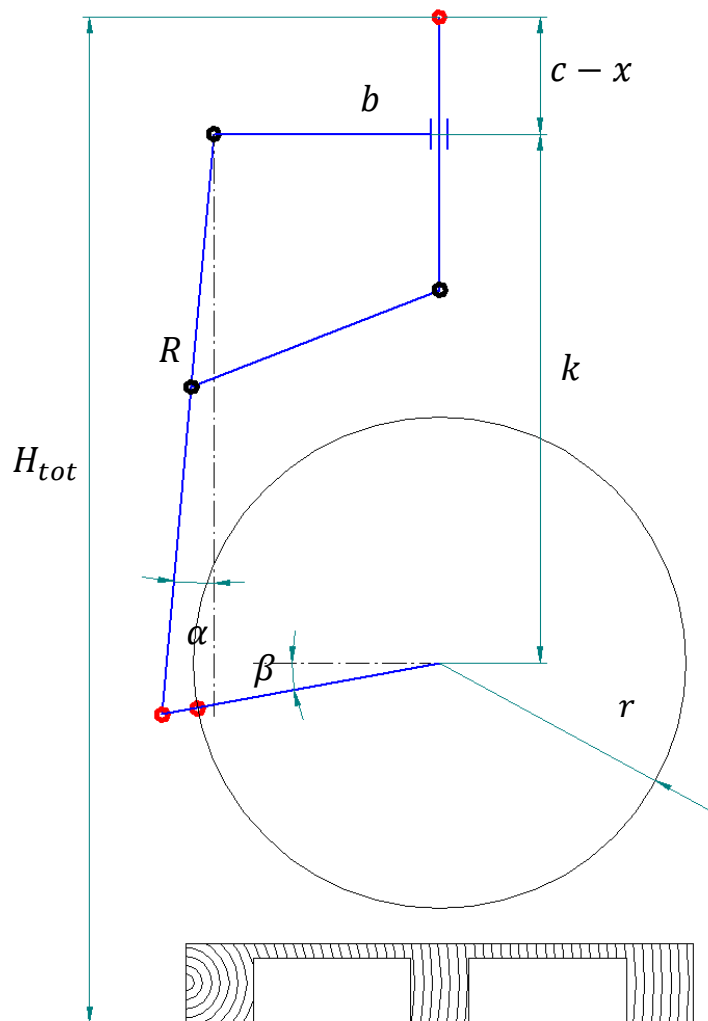


Fig5.8-Seconda catena cinematica

Equazione di chiusura della seconda catena cinematica per trovare **k**:

$$\begin{cases} -R \sin(\alpha) + r \cos(\beta) = b \\ -R \cos(\alpha) + R \sin(\beta) = k \end{cases}$$

Ricavando $\sin(\alpha)$ dalla prima equazione:

$$\sin(\alpha) = \frac{r \cos(\beta) - b}{R}$$

$$\cos(\alpha) = \pm \sqrt{1 - \sin^2(\alpha)} \quad \alpha: \left] -\frac{\pi}{2}; +\frac{\pi}{2} \right[$$

$$\cos(\alpha) = + \sqrt{1 - \left(\frac{r \cos(\beta) - b}{R} \right)^2}$$

La relazione di **k** risulta quindi:

$$k = R \sin(\beta) - R \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{r \cos(\beta) - b}{R} \right)^2}$$

Sostituendo $\cos(\alpha)$ e $\sin(\alpha)$ nella relazione di **x** :

$$\cos(\alpha) = + \sqrt{1 - \left(\frac{r \cos(\beta) - b}{R} \right)^2}; \quad \sin(\alpha) = \frac{r \cos(\beta) - b}{R}$$

$$x = h \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{r \cos(\beta) - b}{R}\right)^2} - l \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{b + h \cdot \frac{r \cos(\beta) - b}{R}}{l}\right)^2}$$

posso ora scrivere l'equazione di **Htot** come:

$$H_{tot} = k + (c - x) + z$$

definendo il parametro ψ ed introducendo la correzione $r^* = r + 64$ ($\overline{BC} = 64mm$):

$$\Lambda = \frac{r^* \cos(\beta) - b}{R}$$

$$H_{tot} = z + c + R \sin(\beta) - [(R + h) \cdot \sqrt{1 - \Lambda^2}] + l \sqrt{1 - \left(\frac{b + h \cdot \Lambda}{l}\right)^2}$$

Come per la pinza a pantografo ho calcolato la forza di contatto fra paletta e bobina in funzione del carico da sollevare.

Per ottenere l'equazione che mette in relazione **Fs** con il raggio della bobina (**r**), l'angolo fra la risultante delle pressioni e la normale all'asse verticale (**β**) e la forza generata dal pistone pneumatico ed il peso della bobina (**Q**), ho scomposto la struttura (**Fig5.9**) per studiare le forze che si scambiano i membri:

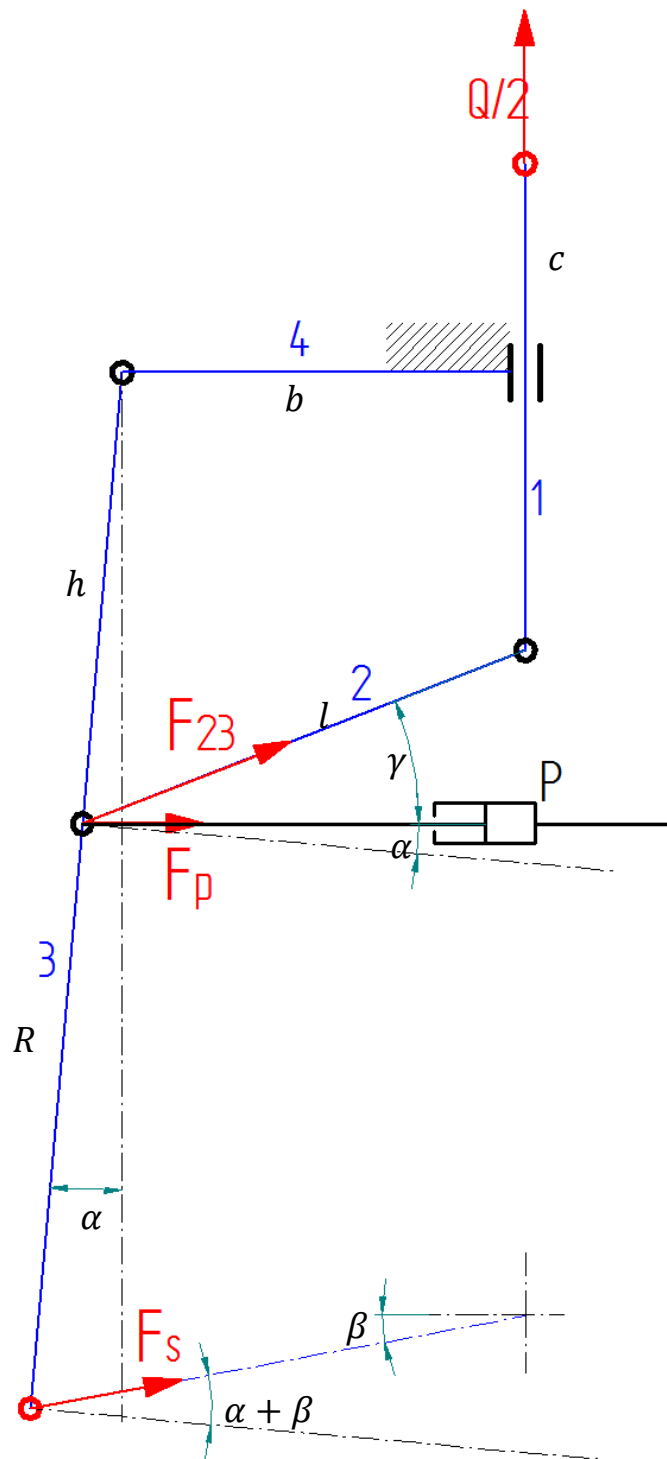


Fig5.9- schema delle forze nel meccanismo end-effector

$$F_{23} = F_{32} = F_{12} = \frac{Q/2}{\sin(\gamma)}$$

$$F_s \cos(\alpha + \beta) \cdot R = [F_p \cos(\alpha) + F_{23} \cos(\alpha + \gamma)] \cdot h$$

Riscrivendo l'equazione di **F_s** e apportando le semplificazioni è possibile ricavare una relazione solo in funzione dei parametri indipendenti:

$$F_s = \frac{[F_p \cos(\alpha) + F_{23} \cos(\alpha + \gamma)] \cdot h}{R \cdot \cos(\alpha + \beta)}$$

Ricordando che le formule di sommazione per cos e sin sono:

$$\begin{aligned} \cos(\alpha \pm \gamma) &= \cos(\alpha) \cdot \cos(\gamma) \mp \sin(\alpha) \cdot \sin(\gamma) \\ \sin(\alpha \pm \gamma) &= \sin(\alpha) \cdot \cos(\gamma) \pm \cos(\alpha) \cdot \sin(\gamma) \end{aligned}$$

scrivo le componenti che andranno a formare la relazione finale:

$$\sin(\alpha) = \frac{r \cos(\beta) - b}{R} = \Lambda$$

$$\cos(\alpha) = \sqrt{1 - \Lambda^2}$$

$$\cos(\gamma) = \frac{b + h \sin(\alpha)}{l} = \frac{b + h \cdot \Lambda}{l}$$

$$\sin(\gamma) = \sqrt{1 - \left(\frac{b + h \cdot \Lambda}{l}\right)^2}$$

$$F_{23} = \frac{Q/2}{\sqrt{1 - \left(\frac{b + h \cdot \Lambda}{l}\right)^2}}$$

L'equazione di F_s si può scrivere:

$$F_s = \frac{\left[F_p \cdot \sqrt{1 - \Lambda^2} + \frac{Q}{2} \cdot \left(\sqrt{1 - \Lambda^2} \cdot \frac{b + h \cdot \Lambda}{l} - \Lambda \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{b + h \cdot \Lambda}{l}\right)^2} \right) \right] \cdot h}{(\sqrt{1 - \Lambda^2} \cdot \cos(\beta) - \Lambda \cdot \sin(\beta)) \cdot R}$$

Elencando i dati d'ingresso dell'equazione:

- l : lunghezza del tirante (membro 1) [mm]
- R : lunghezza del braccio verso la bobina del membro 2 [mm]
- γ : angolo formato fra il braccio R ed l del membro 2 [rad]
- r : diametro della bobina [mm]
- β : angolo della risultante delle pressioni di contatto fra paletta e bobina [rad]
- L_{fascia} : profondità della bobina [mm]
- ρ : densità del materiale del film della bobina
- $alesaggio$: diametro di alesaggio del pistone pneumatico [mm]
- p : pressione massima dell'aria introdotta nel pistone pneumatico [bar]

Per identificare la miglior soluzione costruttiva fra pinza a pantografo con pistone pneumatico orizzontale, pinza a pantografo con pistone pneumatico verticale e pinza end-effector, ho utilizzato il foglio di calcolo di excel per graficare l'andamento della forza di contatto fra la paletta di presa e la superficie esterna della bobina per i vari diametri di progetto. Questa forza è poi stata confrontata con quella di gravità della bobina stessa, per controllare l'efficacia di presa.

I dati di input del foglio di calcolo per trovare la forza di contatto **F_s** sono quelli sopra descritti.

La forza peso della bobina è stata confrontata sommando la componente verticale di **F_s** e il contributo della componente orizzontale per il coefficiente d'attrito fra paletta di presa e bobina:

$$m \cdot g \leq F_s \cos(\beta) \cdot \mu + F_s \cdot \sin(\beta)$$

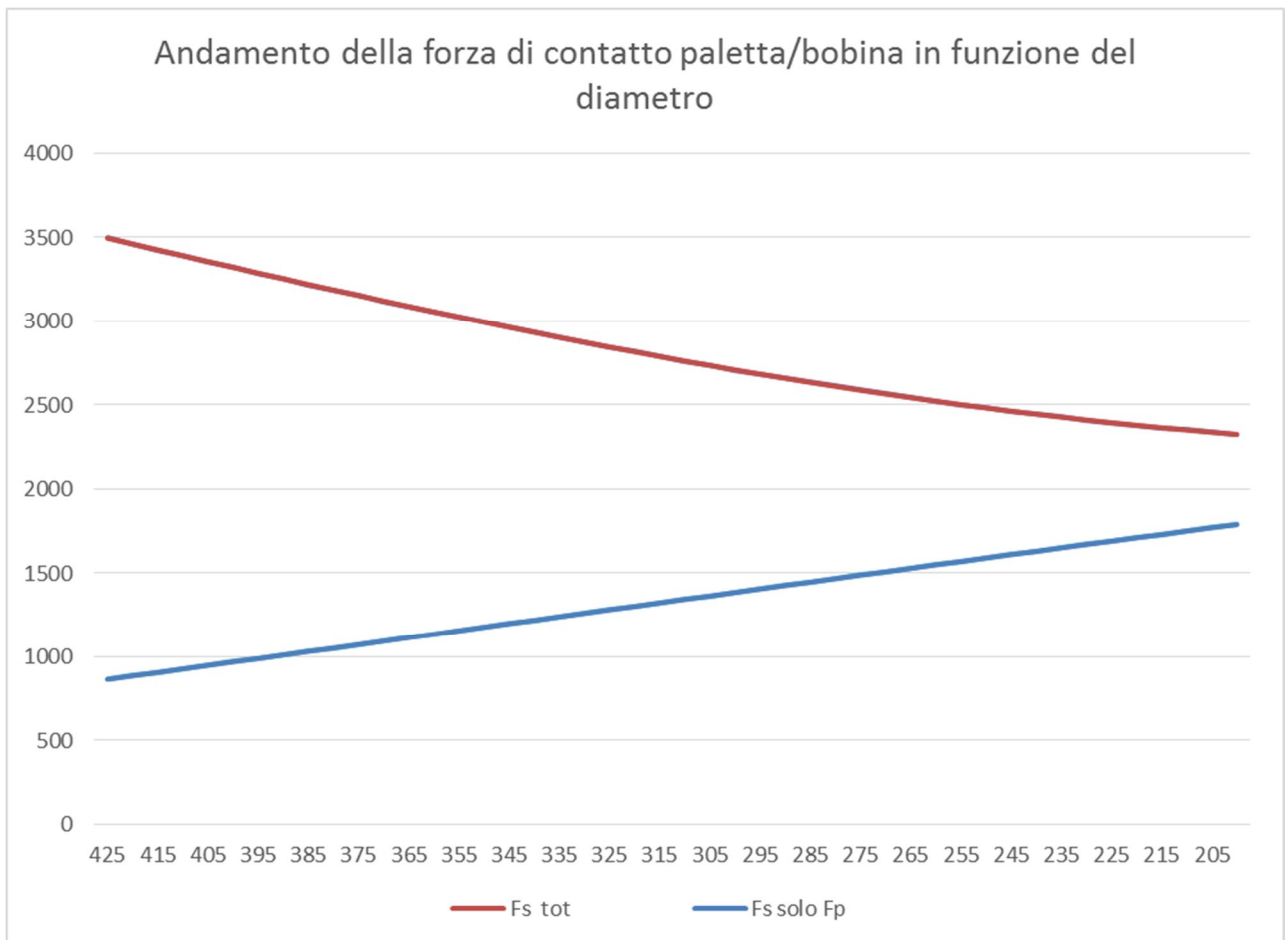
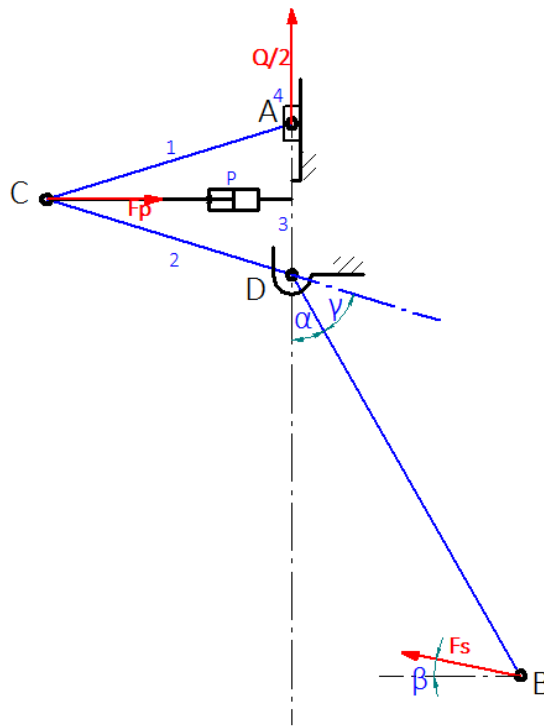
Grafici in funzione del diametro bobina

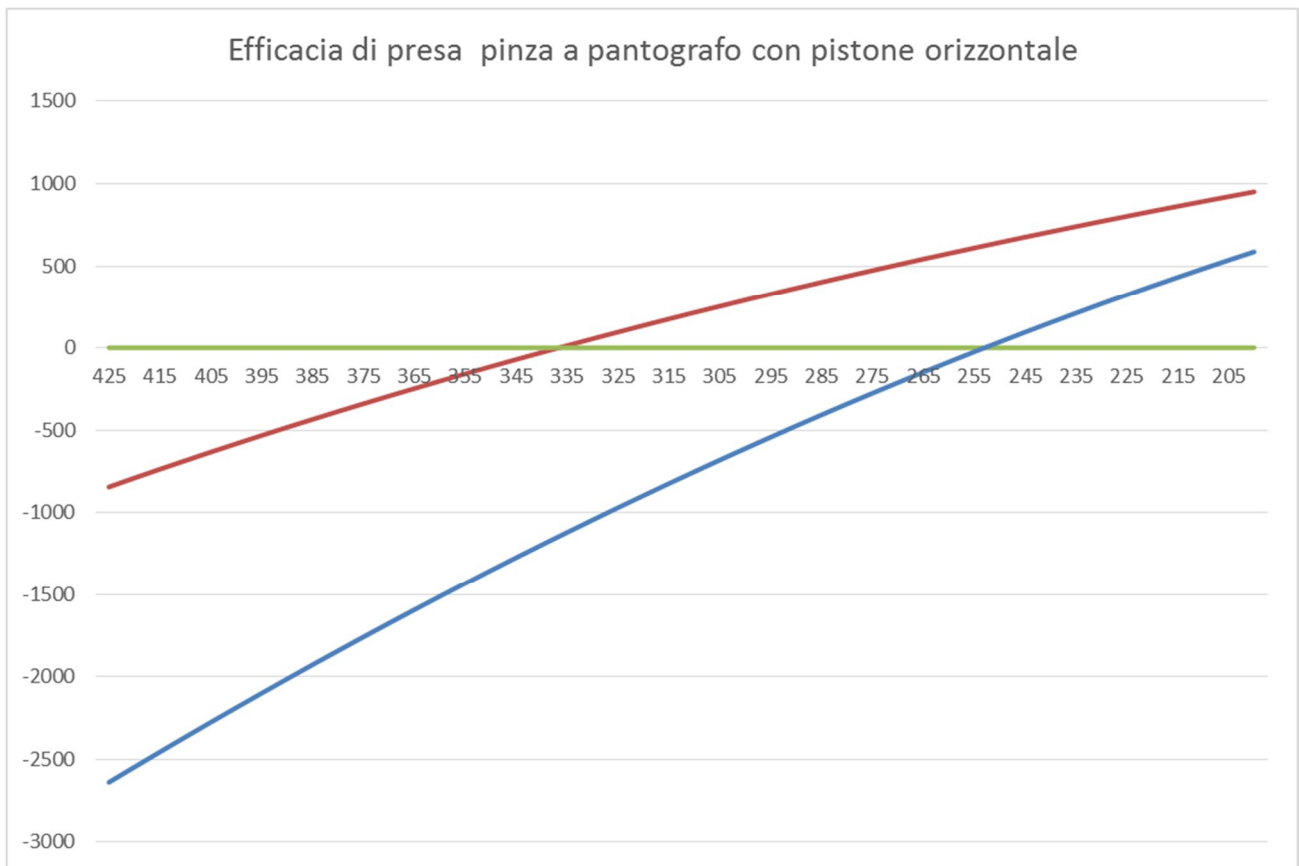
I grafici riportati di seguito sono stati realizzati per calcolare l'andamento di **F_s** in funzione di tutta la gamma di diametri: sull'asse delle ascisse troviamo indicato il raggio della bobina mentre su quelle delle ordinate è indicato il valore in Newton delle forze di contatto.

Andamento delle forze di contatto:

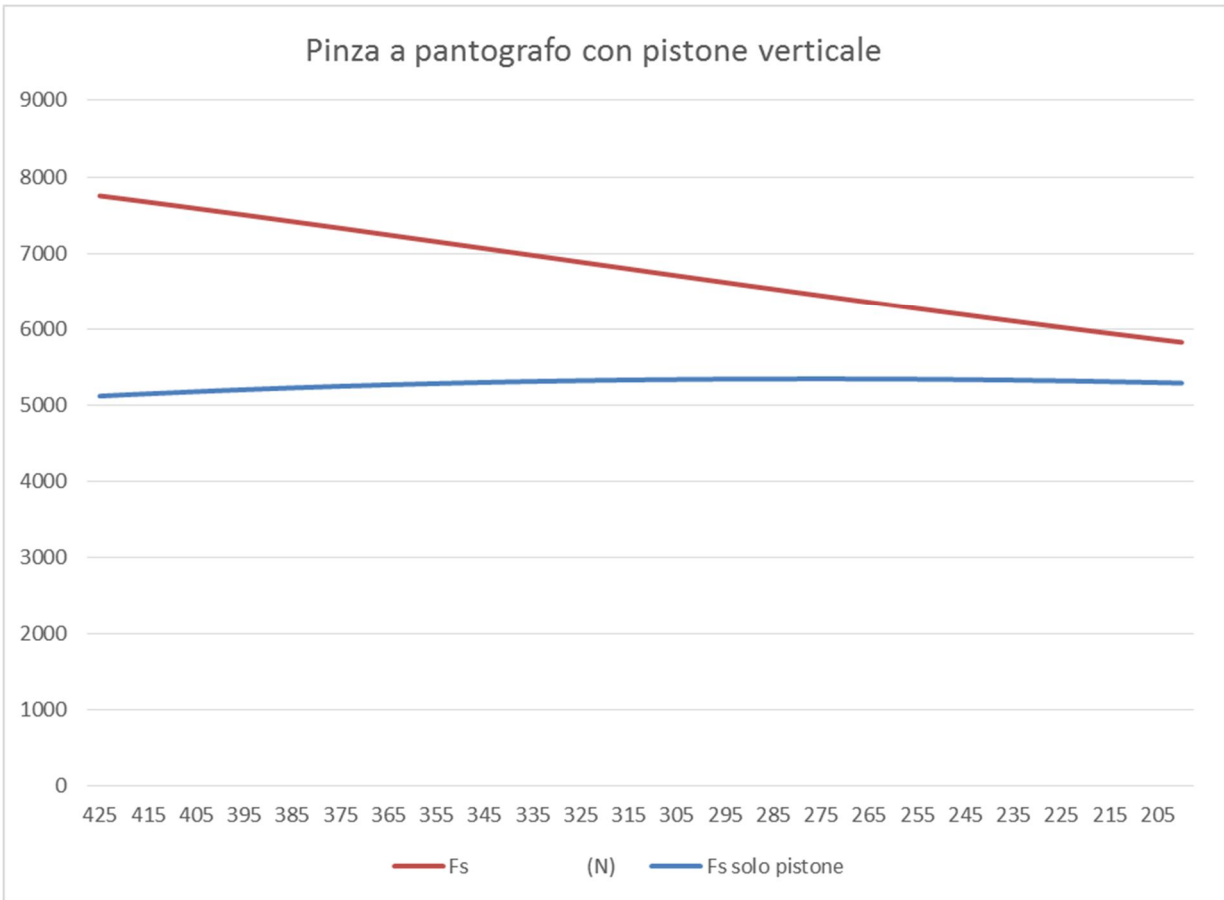
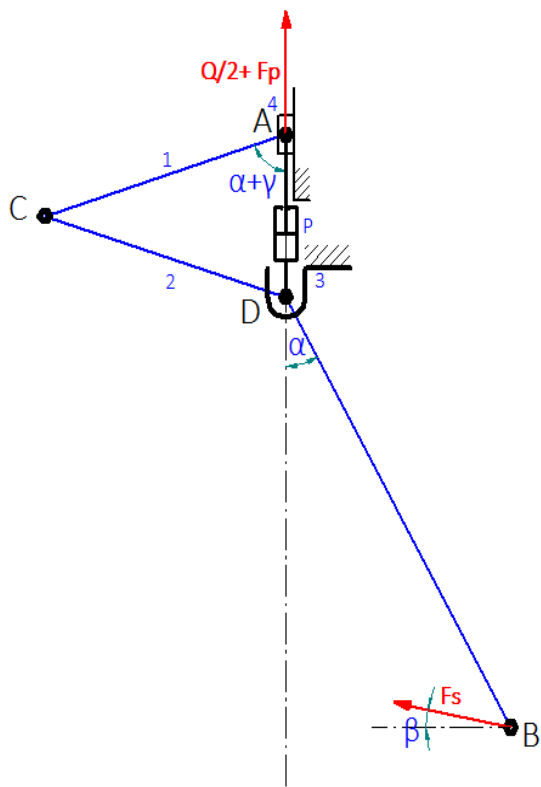
- In rosso, la forza **F_s** data dal contributo della forza peso sollevata e dal pistone pneumatico;
- In blu, la forza **F_s** data dal solo contributo del pistone pneumatico.

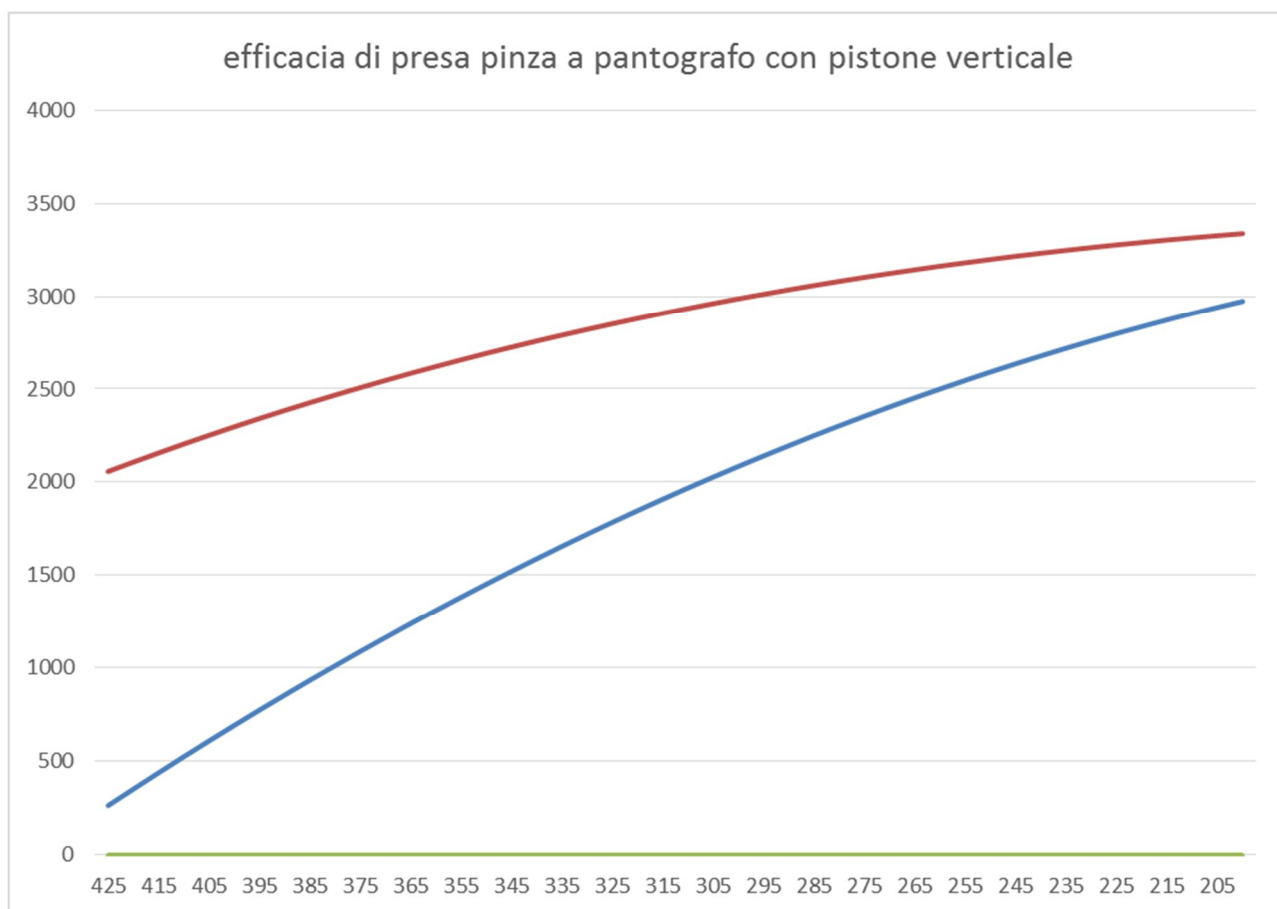
I grafici che indicano l'efficacia di presa hanno una soglia (linea verde) pari a zero, che sta ad indicare se la forza generata è in grado di sollevare e sostenere la bobina. Il coefficiente d'attrito fra bobina e paletta di presa che è stato inserito per eseguire i calcoli è di 0,5.



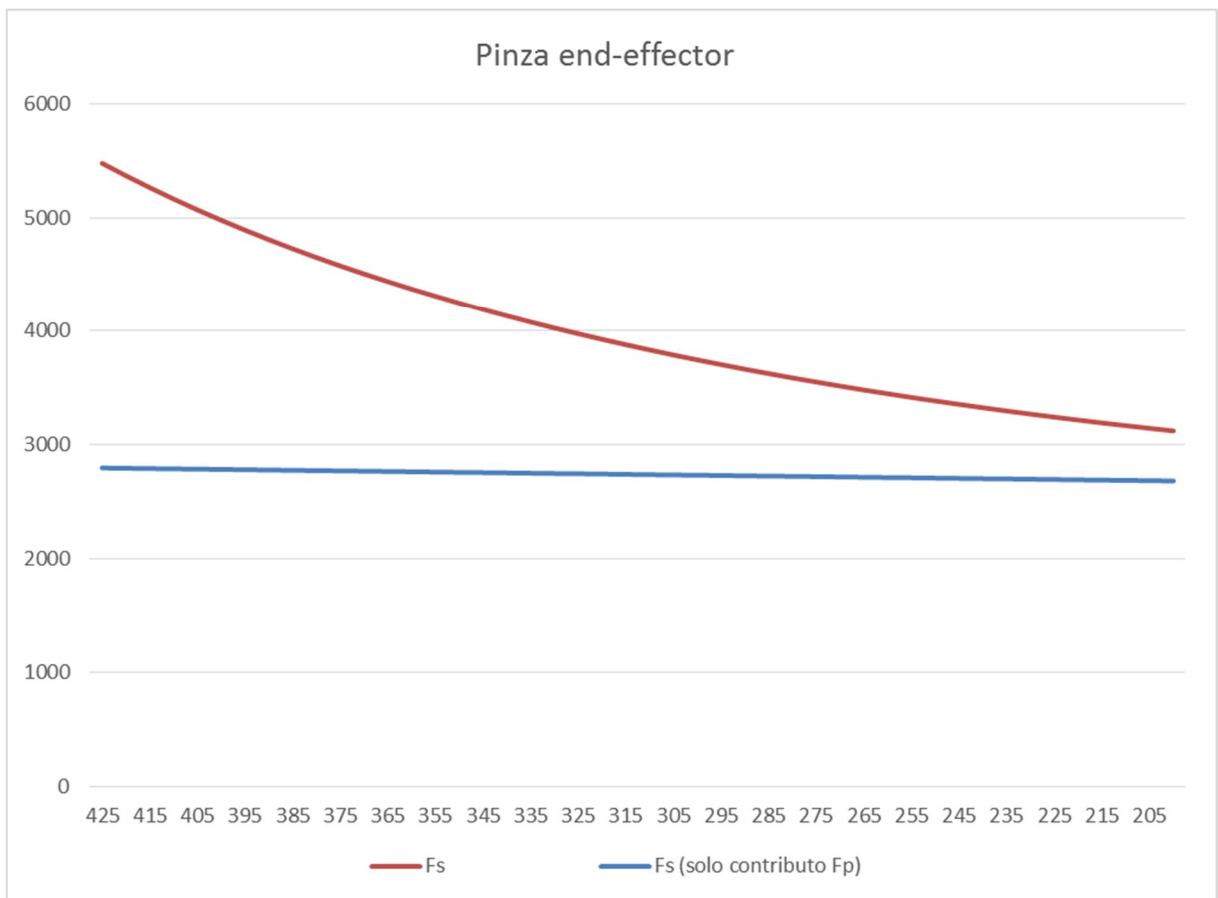
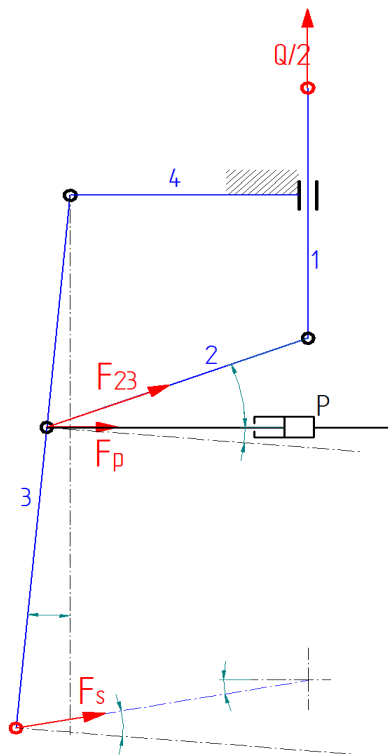


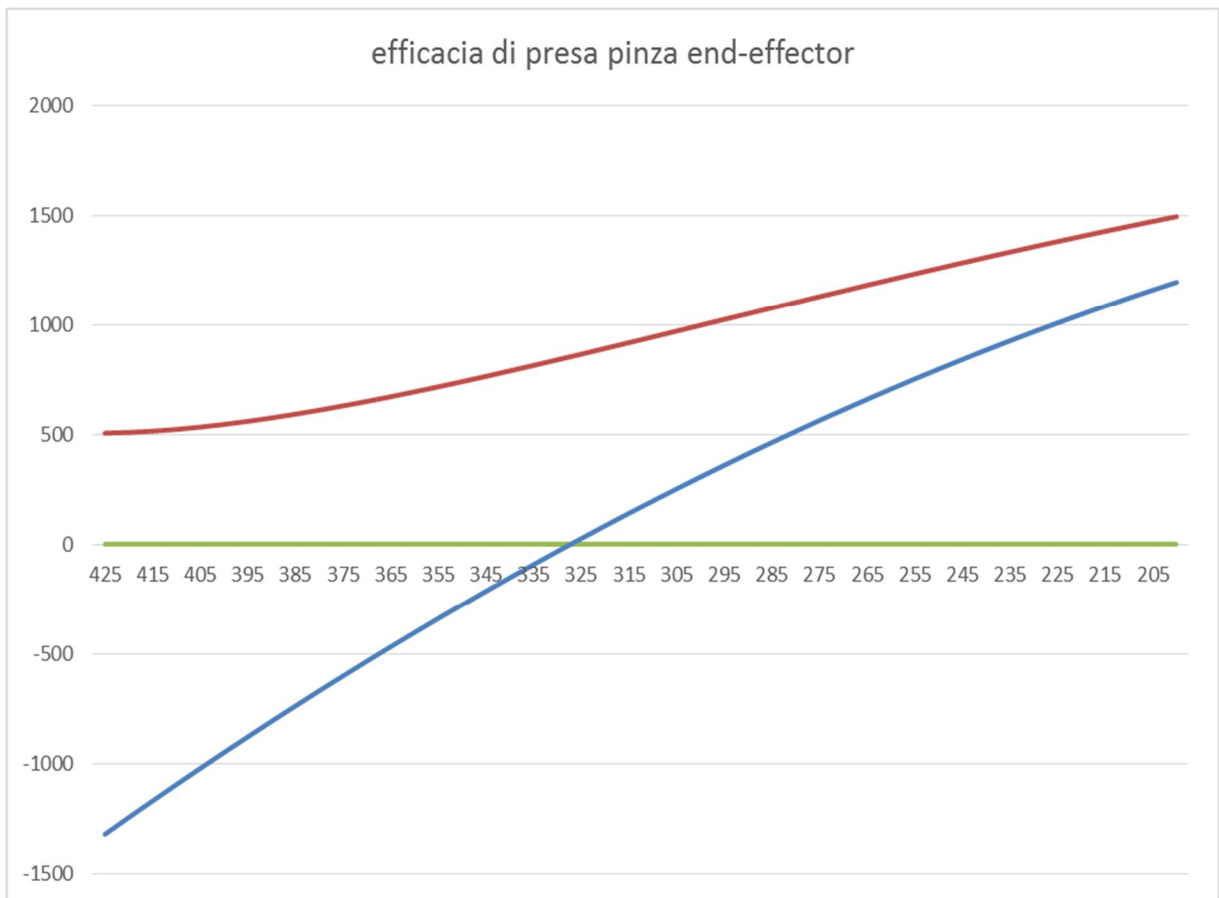
Per i diametri elevati (maggiori di 800mm) il pistone pneumatico da uno scarso beneficio, non riuscendo ad avere una presa sicura . La geometria, come si può notare dai grafici, garantisce un ottima efficacia per un range di diametro molto ristretto. Questo picco di forza può talvolta essere nocivo, in quanto porterebbe ad un danneggiamento superficiale del film plastico.





Posizionando il pistone in configurazione verticale si nota come il suo contributo segua l'andamento della forza totale, in particolare si sommano la componente della forza peso e della forza impressa dal pistone pneumatico. Questo migliora di molto l'efficacia della pinza, coprendo con efficacia tutta la gamma di diametri.





Con la configurazione pinza end-effector si ottiene una buona distribuzione delle forze di contatto in funzione del diametro, aumentando l'efficacia per tutti i diametri. Il pistone pneumatico è fondamentale per la presa in quanto, senza il suo ausili, non è possibile afferrare i diametri maggiori. Inoltre questa pinza è più compatta ed è meccanicamente più semplice da realizzare con tutti gli ausili a bordo (laser di lettura del diametro ed il meccanismo a quadrilatero per mantenere le palette di presa in direzione).

5.2 –Dispenser di pallet

I bancali di plastica verranno stoccati in un dispenser con una capienza di circa 20 pallet che all'occorrenza vengono prelevati tramite un sistema a 4 cassette che solleva la colonna liberando l'ultimo. Di conseguenza la catenaria, che presenta denti di cane, trasporta il pallet sotto la bobina dopo aver eliminato la pedana di legno, le flange e i tappi. La frequenza di carico dei pallet nel dispenser in funzione della produttività dell'azienda sarà:

$$t_{carico} = \frac{24 \cdot 20 \text{ pallet/carico}}{140B/d} = 3h \ 25'$$

Questo tempo dà la possibilità agli addetti dei servi generali dell'azienda di organizzare in modo ottimale i carichi pallet in accordo con i lavori da svolgere durante il giorno.

Il funzionamento del dispenser (**Fig5.10**) è molto semplice ed è stato progettato per avere la maggior semplicità costruttiva per contenere i costi ed i componenti in movimento.

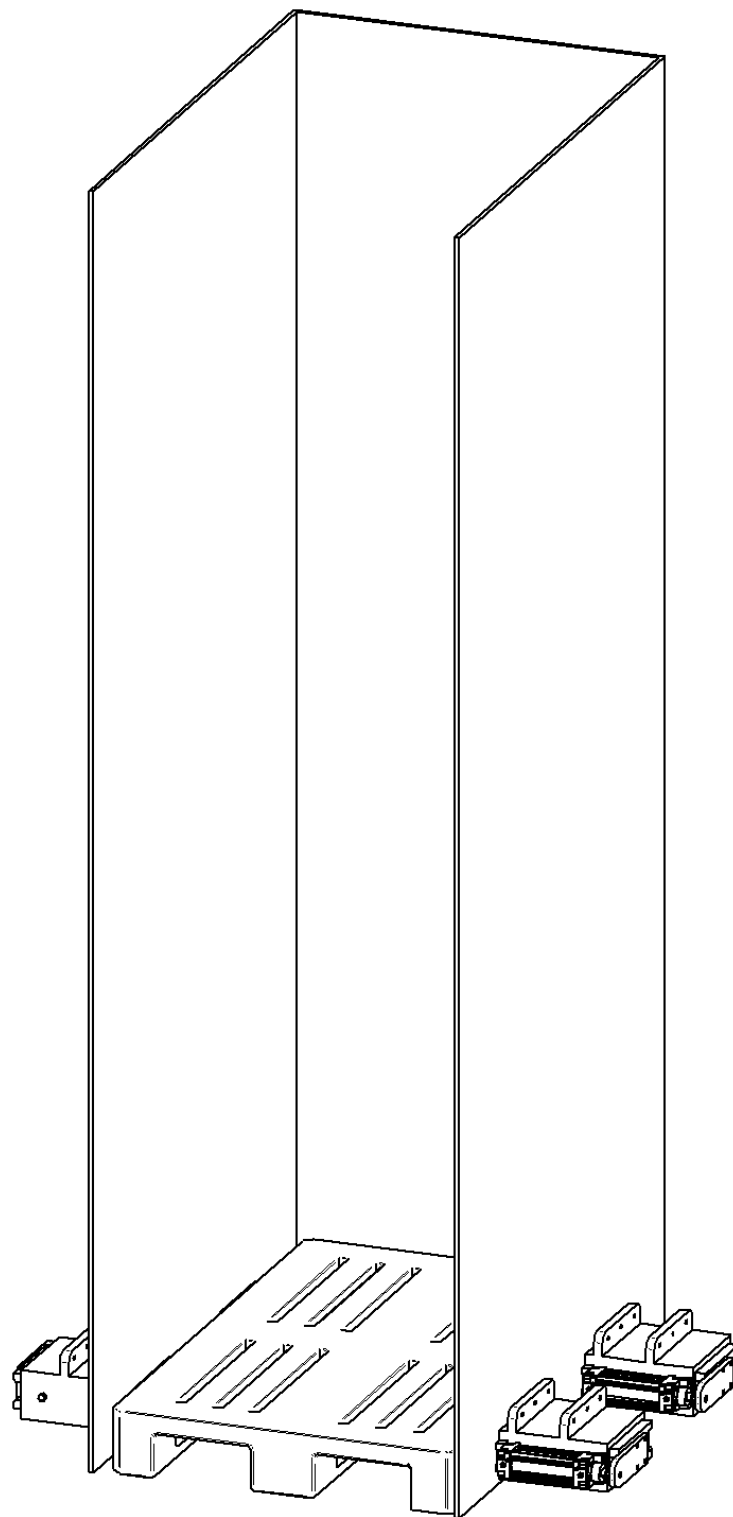


Fig5.10-dispenser pallet in plastica

La colonna di pallet in particolare graverà tutta sui 4 cassettei (**Fig5.11**) che la alzano di circa 30mm da quello inferiore che viene così liberato dal peso sovrastante.

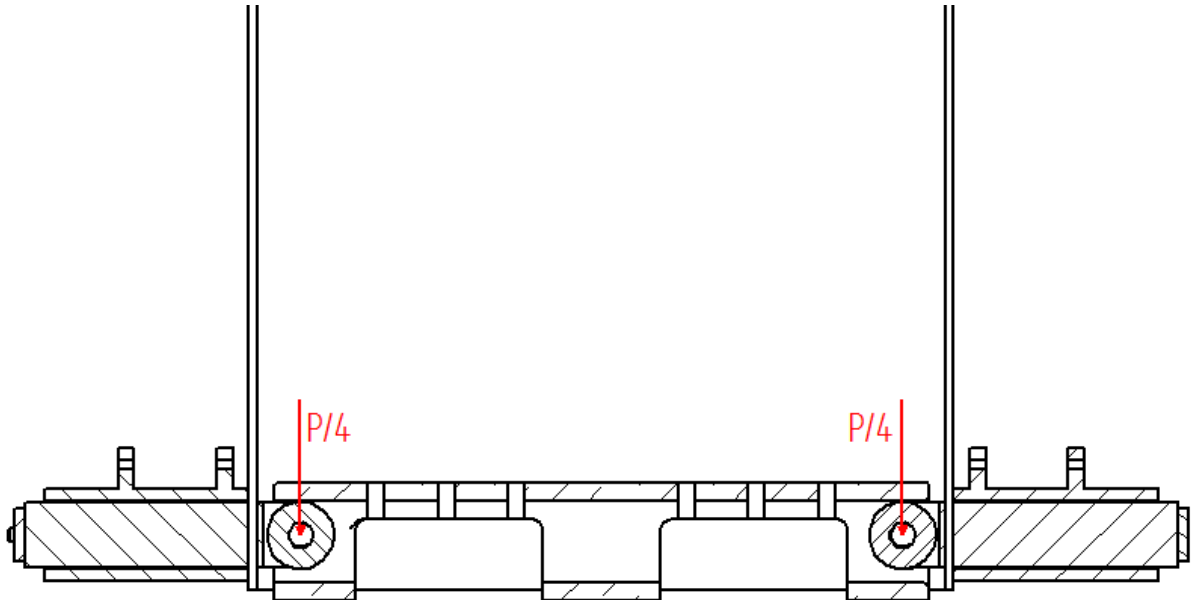


Fig5.11- vista in sezione del sistema di sollevamento dei pallet

Il secondo pallet della colonna viene afferrato dai cassettei mossi da 4 pistoni pneumatici di 50mm di alesaggio e poi spinto in avanti dalla catenaria.

La massima altezza **Y** (**Fig5.12**) di sollevamento fra il primo ed il secondo pallet della pila che si può ottenere è in funzione del raggio del rullo, della pressione e dell'alesaggio dei pistoni pneumatici.

$$Y = Y(d_p, p, r)$$

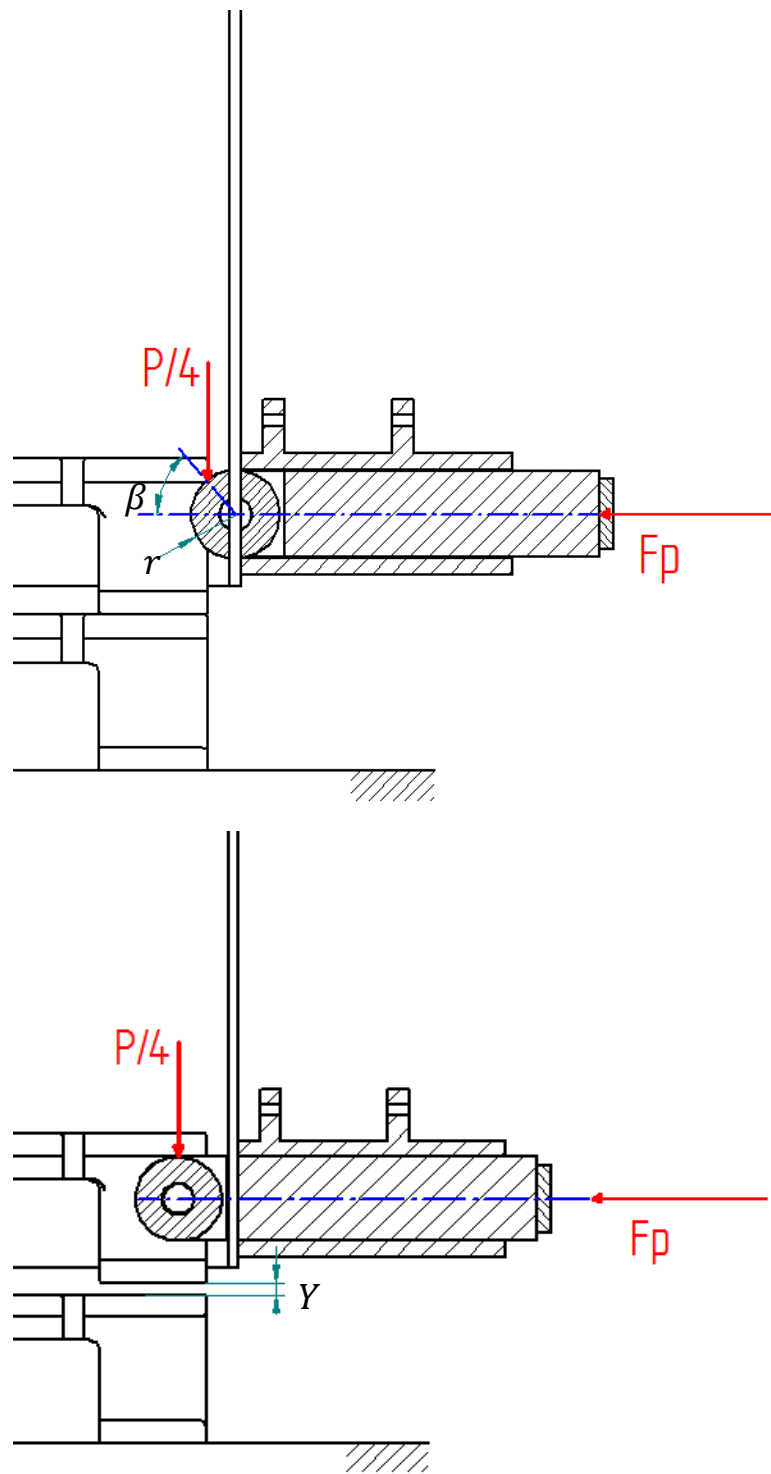


Fig5.12- Sistema di sollevamento colonna pallet

Ricaviamo quindi l'altezza massima Y possibile con le specifiche di macchina:

$$p \cdot \frac{\pi d_p^2}{4} = \frac{P}{4} \cdot \frac{1}{\tan(\beta)}$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{P/4}{p \cdot \frac{\pi d_p^2}{4}} \right]$$

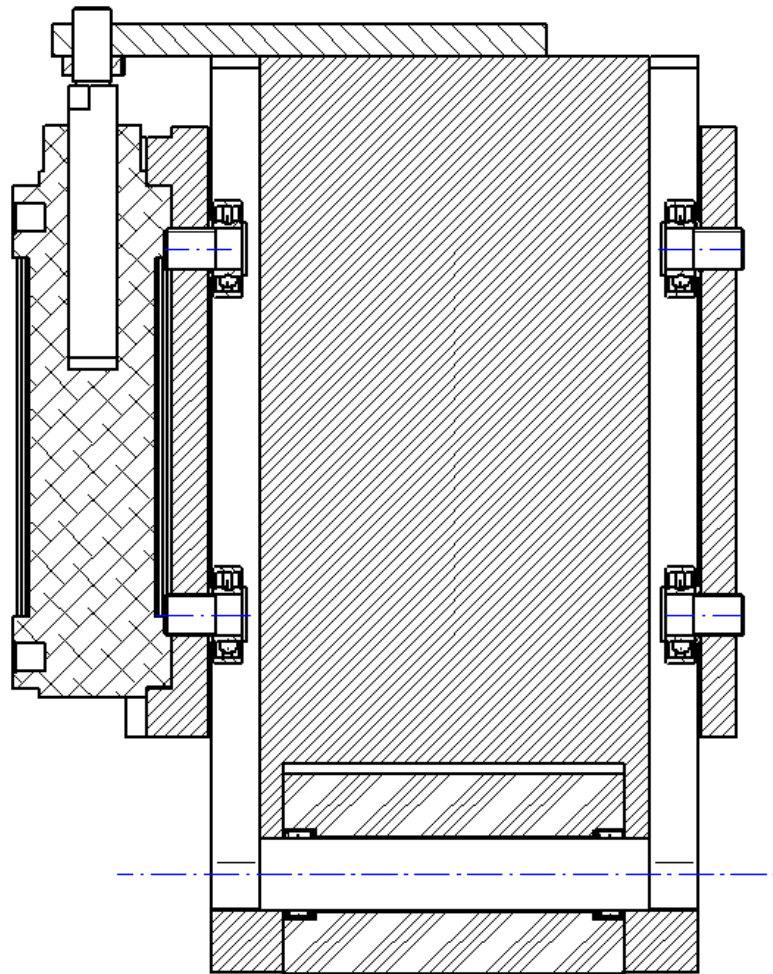
dove d_p (50mm) indica il diametro del pistone pneumatico

Utilizzando una pressione $p=6 \text{ bar}$ otteniamo un $\beta \leq 45^\circ$ quindi una quota di:

$$Y = r (1 - \sin(\beta)) = 23mm$$

I rullotti sono dotati di gabbia a rulli per eliminare il più possibile gli attriti derivanti dal carico e quindi di massimizzare la quota Y ottenibile.

Il cassetto è a sua volta montato su quattro cuscinetti che permettono l'uscita ed il rientro limitando le perdite d'attrito (**Fig5.13**).



SECTION B-B

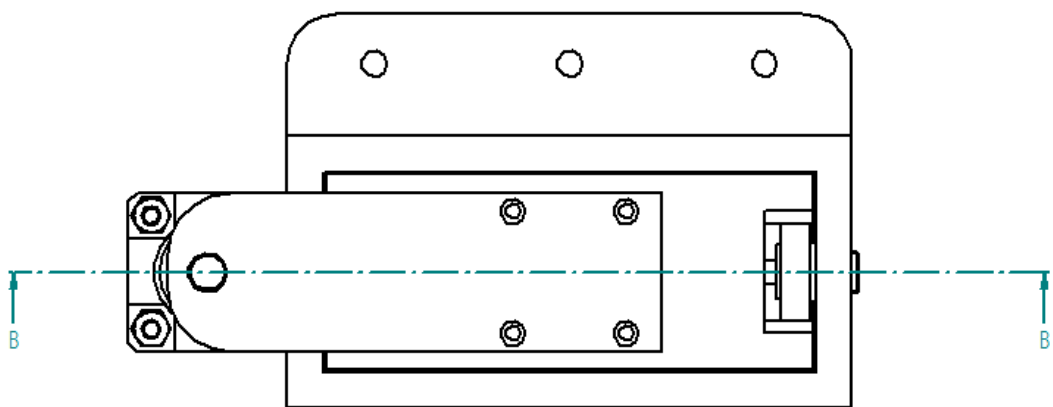
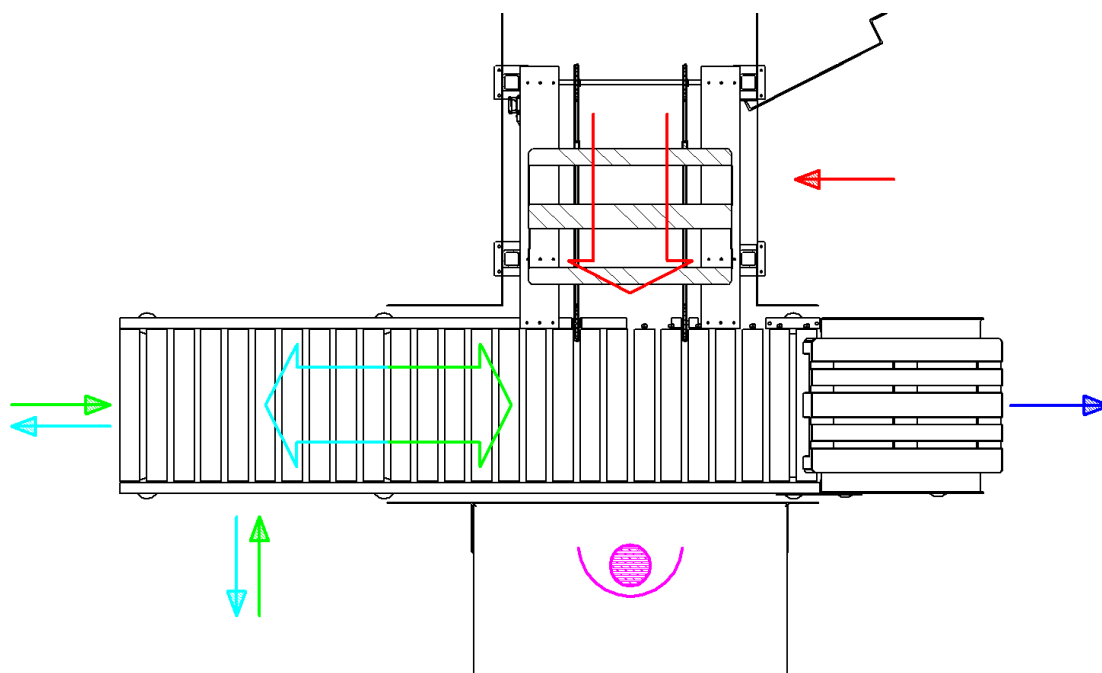


Fig5.13- Sezione cassetto

5.3 - Sistema di movimentazione

Per movimentare i pallet di legno e di plastica ho utilizzato una rulliera motorizzata, combinata ad una catenaria con denti di cane. I due sistemi di movimentazione sono montati perpendicolarmente tra di loro e vengono gestiti in maniera dipendente. La bobina imballata viene inserita su una baia di carico e poi trasportata fin sotto la pinza (freccia verde). La pinza, dopo aver letto il diametro esterno della bobina, scende alla quota prestabilita e attivando il pistone pneumatico, afferra la bobina sollevandola per consentire l'eliminazione delle flange e dei tappi. A questo punto la rulliera motorizzata espelle il pallet di legno su di uno scivolo (freccia blu), mentre la catenaria inserisce il pallet sotto la bobina (freccia rossa). Prima di attivare la discesa della bobina andranno inseriti i cunei anti rotolamento sul pallet di plastica; a questo punto la bobina è appoggiata sul pallet di plastica e la pinza ritorna in quota nella condizione di riposo (aperta). La rulliera si attiva e riporta la bobina disimballata in baia di scarico (freccia celeste).



La catenaria trasporta il pallet di plastica sotto la bobina sempre con il medesimo posizionamento (**Fig5.14**). Il punto di rilascio del pallet coincide con il percorso del dente di cane (in figura la linea e punto rossi); in fase di montaggio sarà necessaria una regolazione per definire la posizione del pallet di plastica.

Il pallet di legno uscirà dalla parte opposta della baia di carico e scarico; in alternativa, si può integrare un qualsiasi percorso con una rulliera folle (in leggera pendenza), motorizzata, o impilatore di pallet.

Nel nostro caso, per necessità di costi, all' uscita, è installato un semplice scivolo, che l'operatore libererà stoccando il pallet di legno sulla pila voluta.

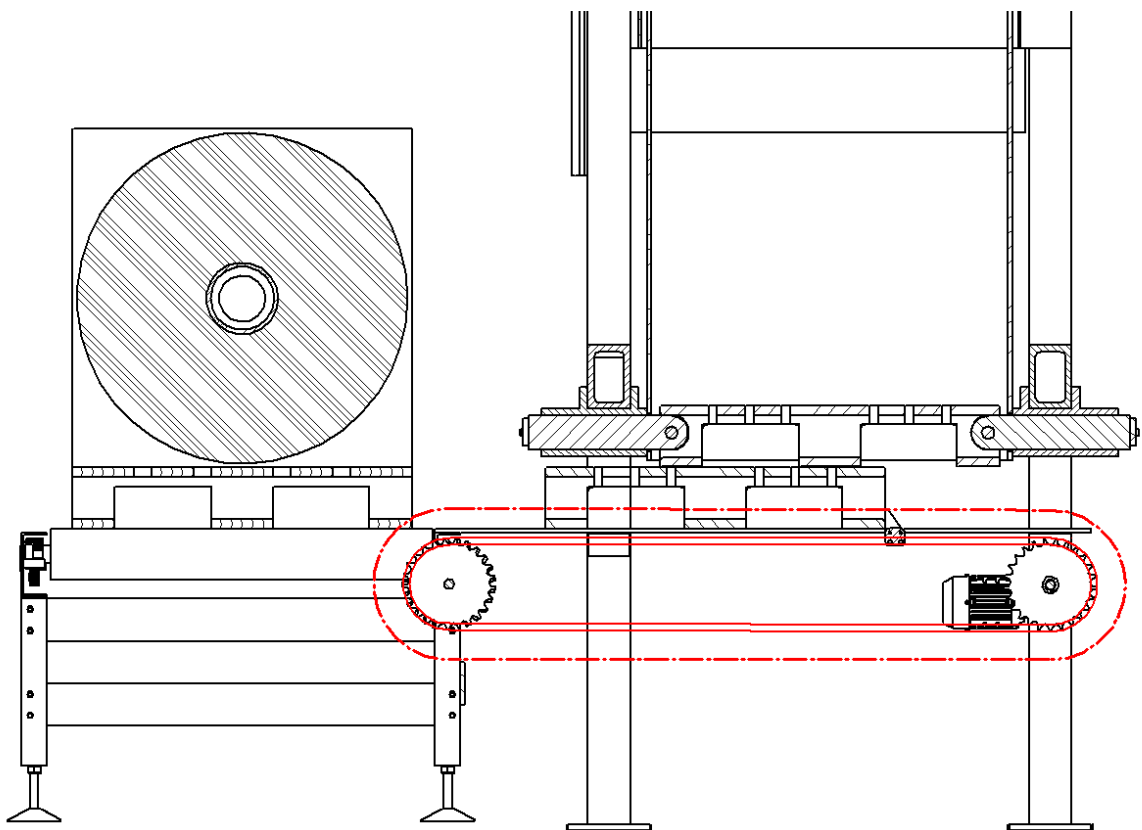


Fig5.14- Vista laterale della catenaria

5.4-Layout complessivo e sicurezze

Il macchinario è composto dalle seguenti parti:

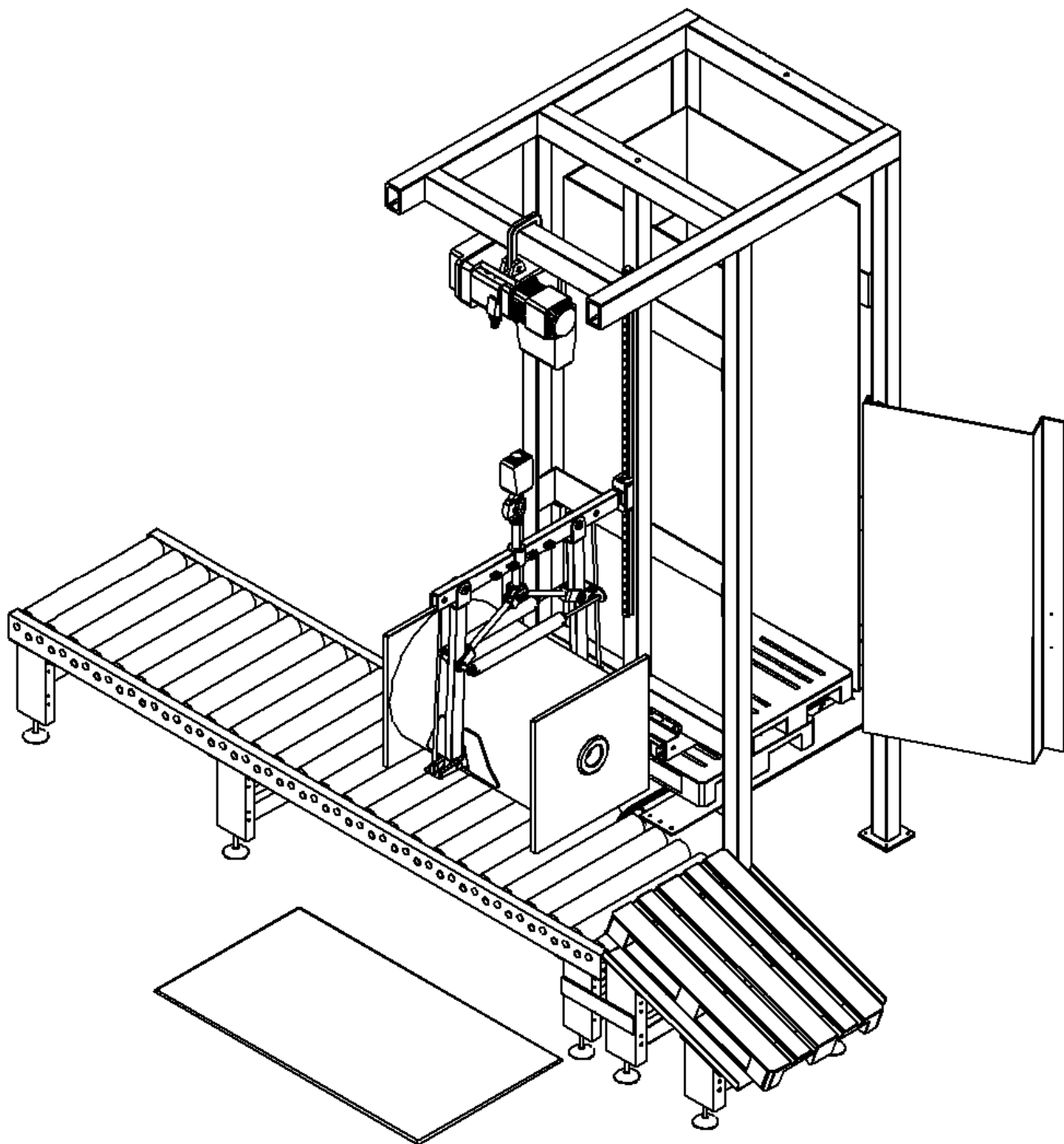
- Paranco di sollevamento elettrico di tipo commerciale;
- Pinza end-effector come da progetto (vedi cap 5.1);
- Rulliera motorizzata di tipo commerciale modificata per ospitare la catenaria;
- Dispenser di pallet come da progetto (vedi cap5.2);
- Catenaria per il trascinamento di pallet di plastica con relativo motore di traino (vedi cap5.3);
- Tappeto di sicurezza per la postazione di eliminazione flange e tappi;
- Recinzione perimetrale con punti di accesso pallet e operatore;
- Sensori di lettura diametro, posizione pallet, e di sicurezza.

Per essere utilizzato in territorio europeo il macchinario deve essere certificato **CE**, deve possedere i requisiti fondamentali di sicurezza previsti dalle direttive applicabili.

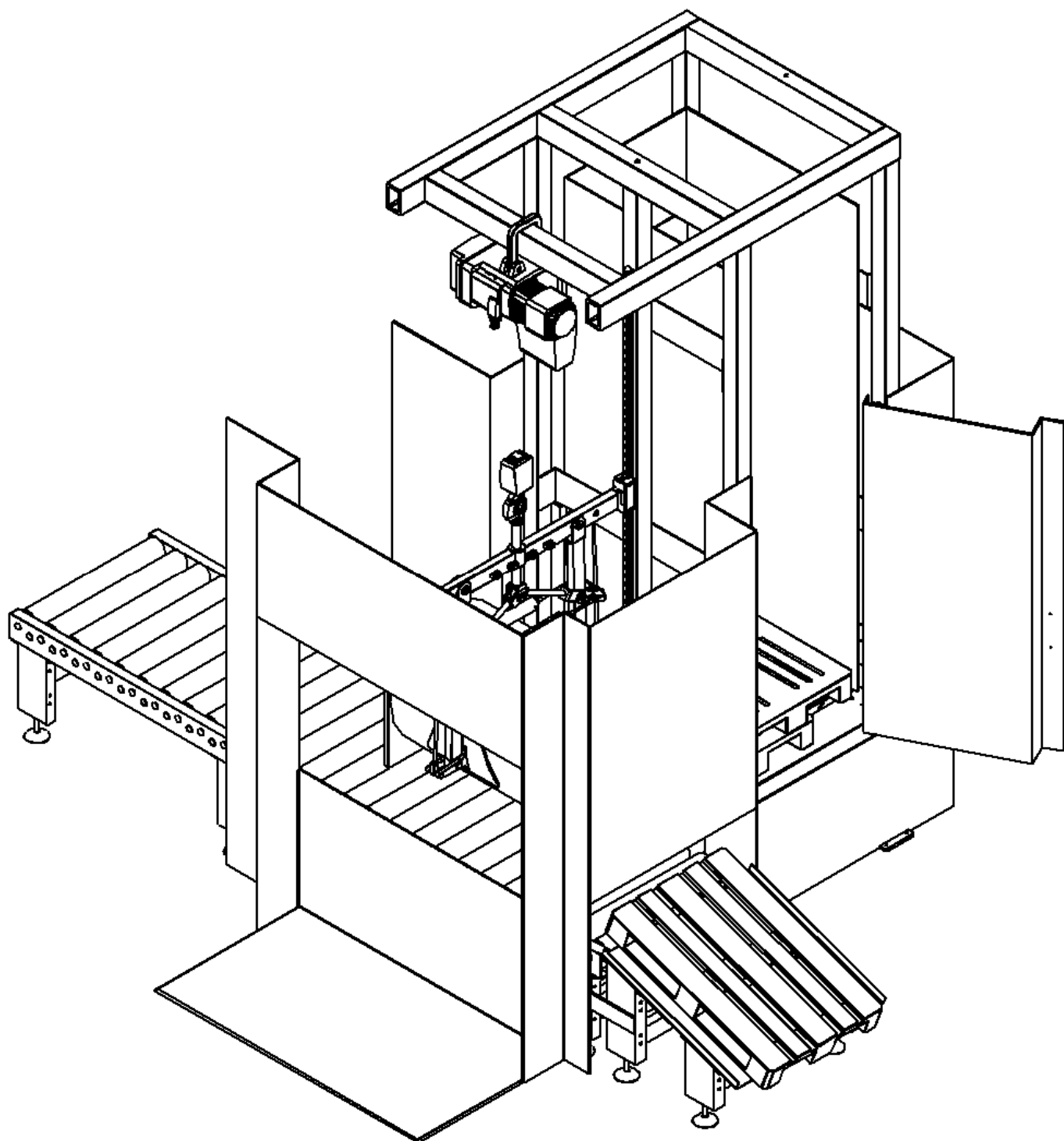
Nel caso specifico il rischio di infortunio è possibile nella fase di eliminazione di flange e tappi, in quanto vi è una interazione uomo-macchina. L'operatore in questa fase accede alla bobina sollevata, eliminando l'imballo primario. Questa operazione, se non è svolta in sicurezza, può portare ad un rischio molto elevato di urto con la pinza e schiacciamento degli arti superiori. Per evitare questi scenari ho inserito un tappeto sensibile alla pressione che si attiva se calpestato. In questo modo il macchinario congela tutti i suoi movimenti mettendoli in sicurezza.

La ripartenza è possibile soltanto se l'operatore esce dalla zona del tappeto di sicurezza e riattiva il macchinario premendo un pulsante che disattiva l'emergenza.

Un'altra accortezza per aumentare la sicurezza è quella di introdurre, all'interno dei pistoni di chiusura per la pinza a pantografo, delle molle. Si otterrebbe così un sistema intrinsecamente sicuro, che in mancanza di pressione all'impianto pneumatico, assicura la chiusura della pinza. Con questa architettura si utilizza la pressione dell'aria per compiere l'apertura e scaricarla per attuare la chiusura. Il macchinario in mancanza di qualsiasi energia rimarrebbe così, in sicurezza.



Complesso macchinario aperto



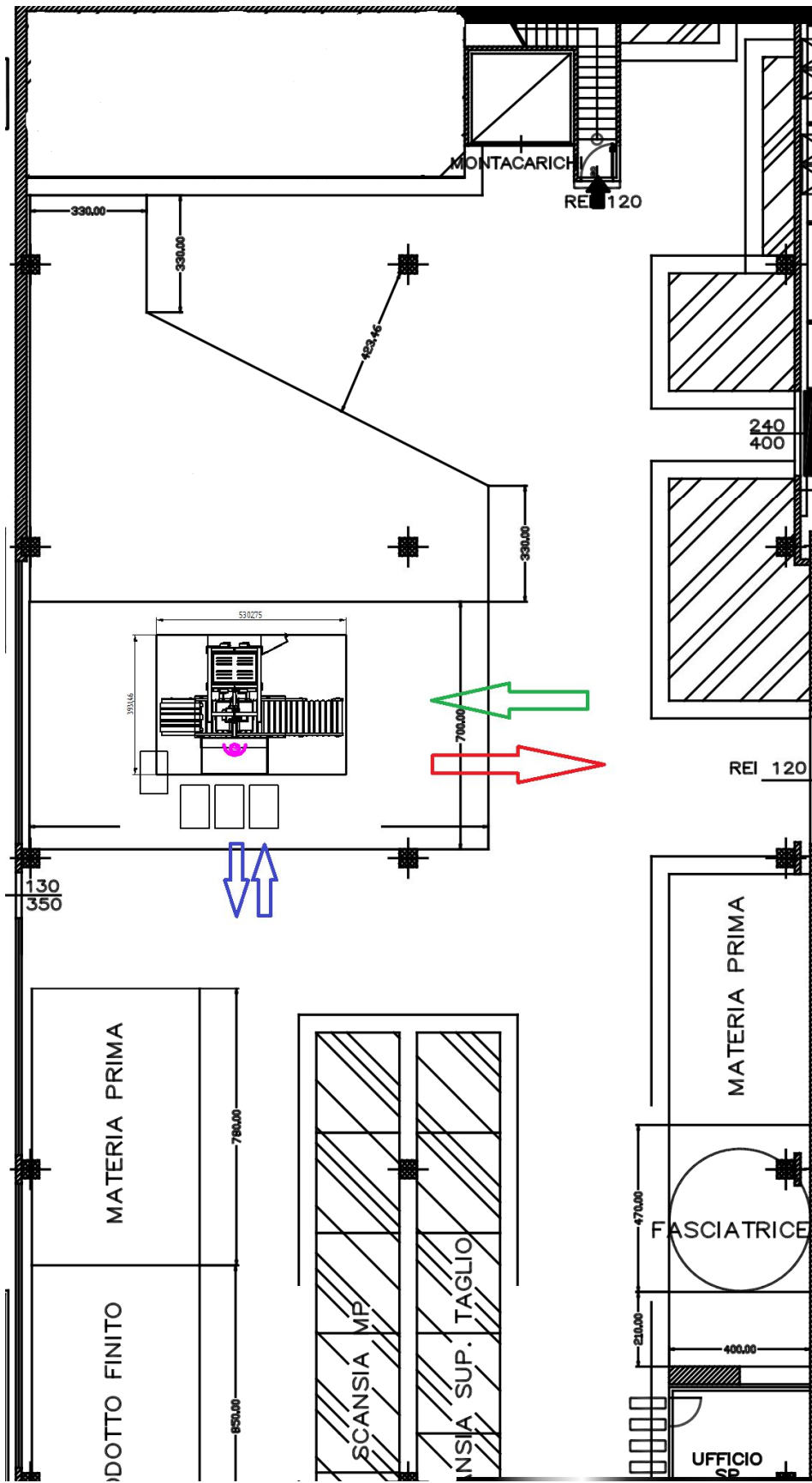
Complesso macchinario recintato

Per valutare gli ingombri e gli accessi, è stato inserito il macchinario nella vista in pianta dell'azienda.

Per un migliore risultato in termini logistici il macchinario dovrà essere montato in maniera differente. La baia di scarico/carico sarà rivolta verso la produzione (freccia rossa disimballata, freccia verde imballata), mentre lo scarico del pallet di legno, che andrà poi impilato con i pallet dello stesso fornitore, verrà fatto verso la parete dell'azienda.

Lo stoccaggio delle flange, dei tappi e dei pallet sarà verso il portone d'uscita dove gli operatori dei servizi generali potranno, in autonomia, ripulire la zona portando fuori il materiale da rendere e da buttare (freccie blu). Sempre dalla stessa parte sarà possibile stoccare i cunei da inserire sul pallet di plastica, forniti dai servizi generali.

Layout nella pagina seguente

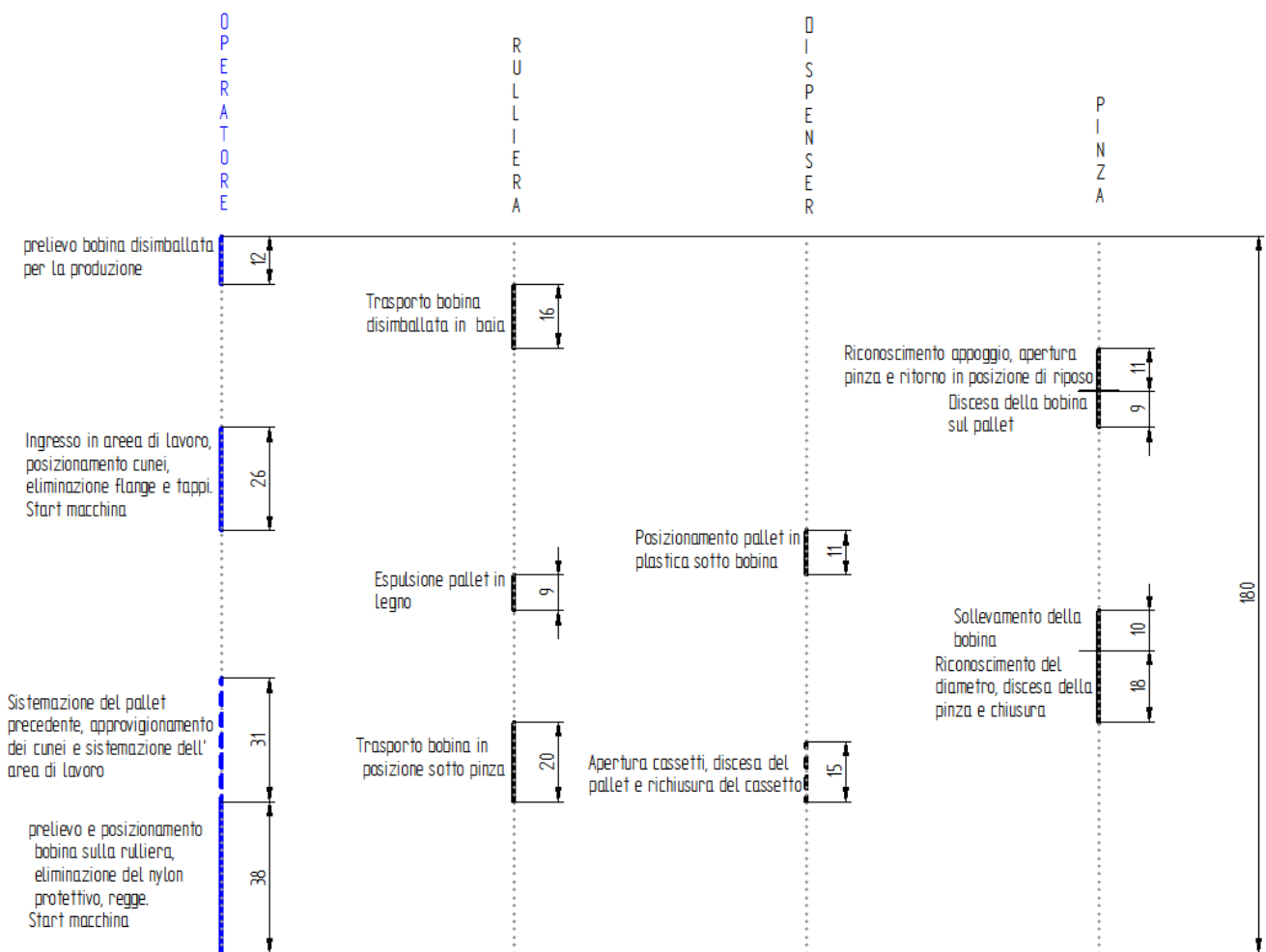


Con questa configurazione il macchinario è inserito nel punto dedicato del magazzino per consentire la miglior condizione di disimballo di materia prima.

Gli operatori hanno un semplice accesso con i carrelli e la macchina è ben servita per il rifornimento dei pallet e il prelievo di materiale di imballo delle bobine.

5.5– Descrizione del funzionamento di macchina

Per avere una visione chiara e dettagliata del funzionamento del macchinario, ho riportato in una linea del tempo le funzioni per analizzare le varie fasi e quindi il tempo totale.



Le linee tratteggiate indicano le operazioni che vengono fatte in tempo mascherato rispetto al tempo totale. Si può vedere che l'operatore di macchina

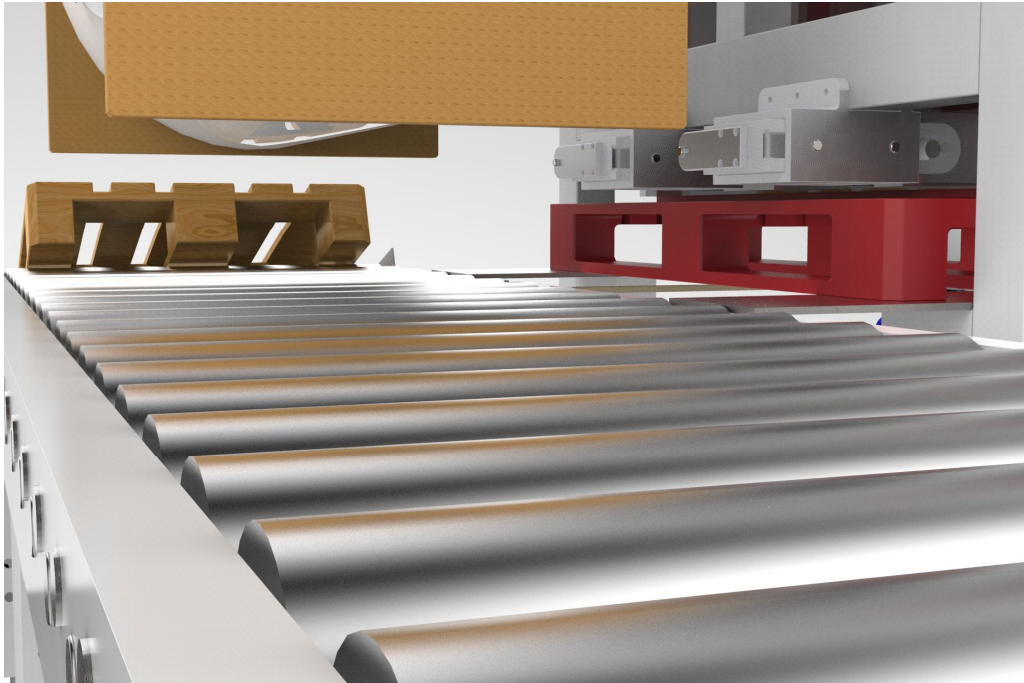
ha molto tempo a disposizione per sistemare l'area di disimballo e prepararsi i cunei per la bobina che è sollevata.

Un'operazione che non è citata, ma è di massima importanza, è quella del posizionamento dell'etichetta sull'ultima spira di bobina. Questa in origine è nell'imballo esterno, e dopo essere stata letta con il lettore EAN viene ritagliata (l'involucro esterno viene gettato) e riposizionata nella fase di scarico con la bobina spalettizzata.

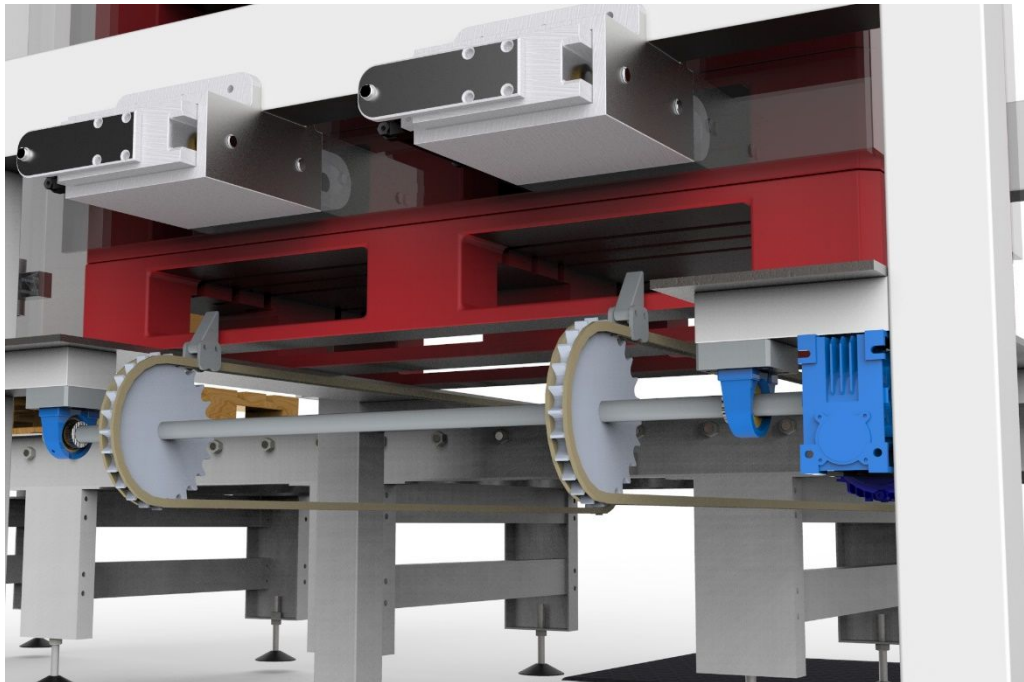
L'operazione di scarico del pallet di plastica dal dispenser è fatta in un tempo mascherato: durante il posizionamento della bobina imballata sotto la pinza.

Le operazioni contrassegnate dalle linee continue di colore blu, sono quelle in cui il macchinario si trova in sicurezza. Ogni volta che c'è una interazione uomo –macchina (bobina), quest'ultima si blocca congelando il macchinario nell'ultima configurazione.

Cap6 – Illustrazioni



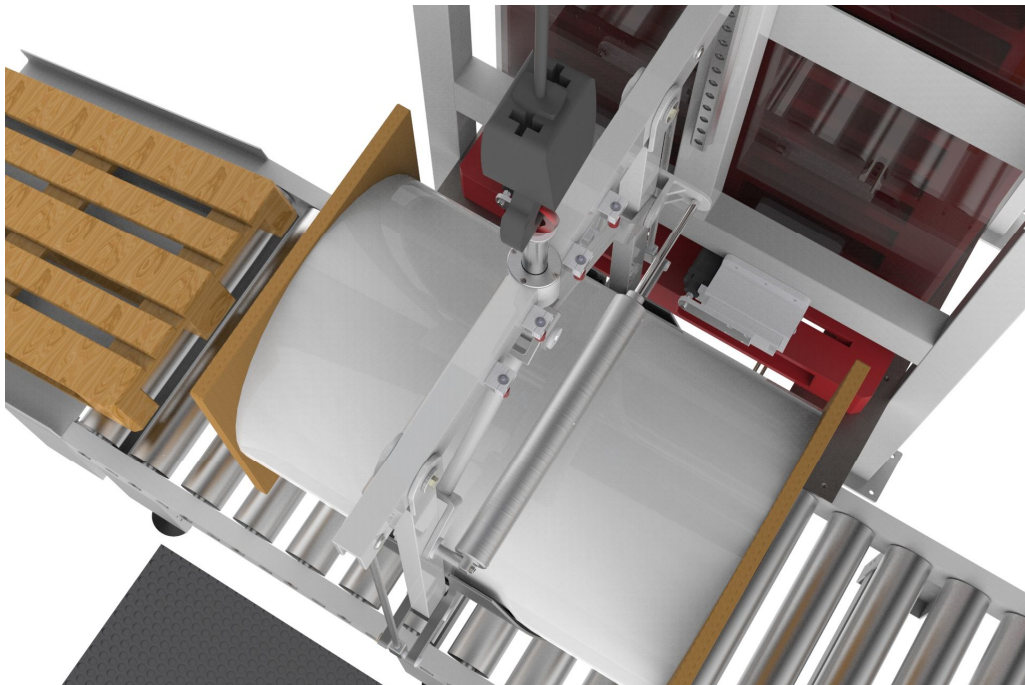
Dettaglio rulliera



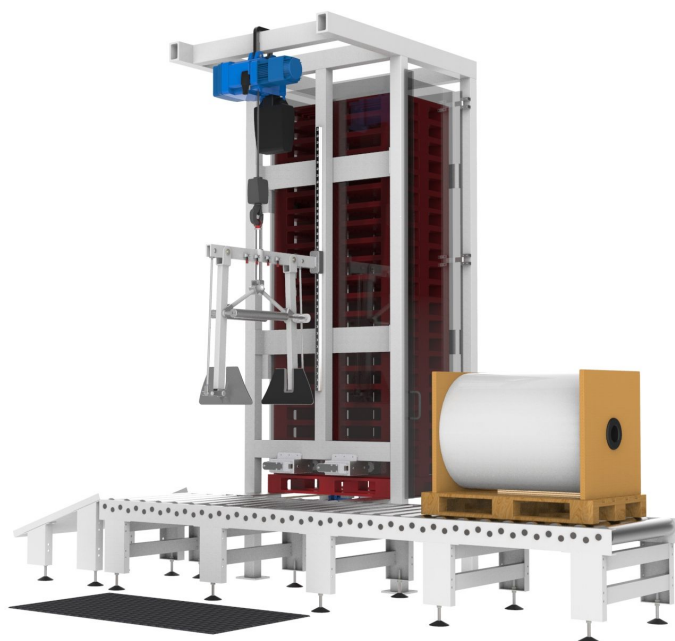
Dettaglio catenaria con denti di cane



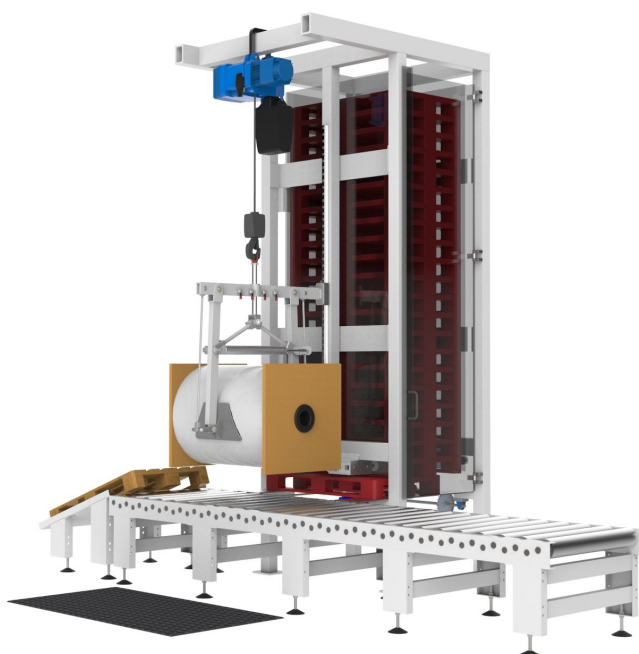
Dettaglio pinza "end-effector" e sistema di lettura del diametro



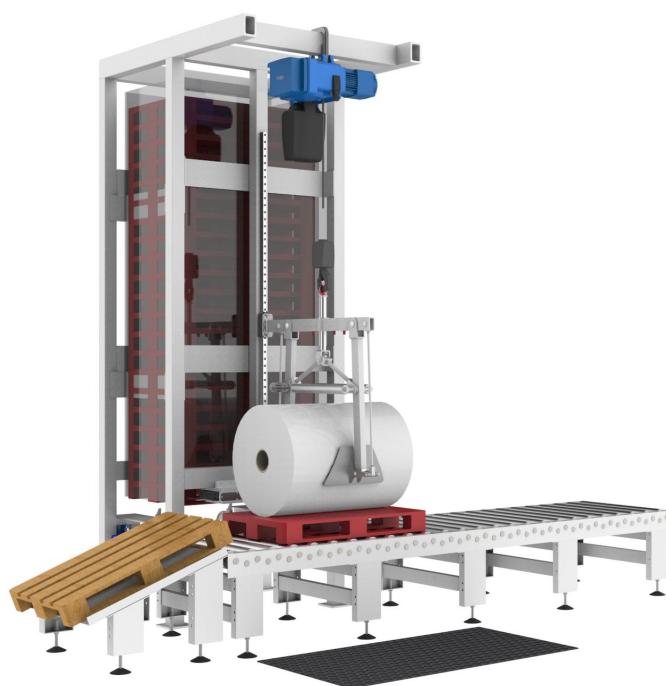
Vista della pinza dall' alto



Bobina palletizzata in baia di carico



Cambio pallet con bobina sollevata



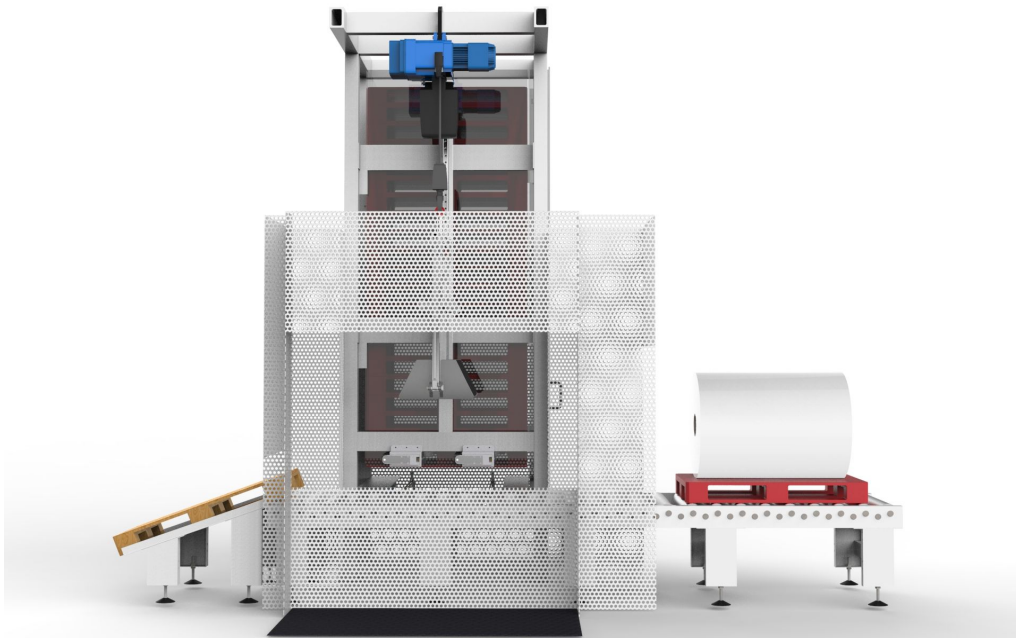
Adagiamento bobina su pallet di plastica (sono inseriti anche i cunei)



Bobina disimballata in baia di scarico

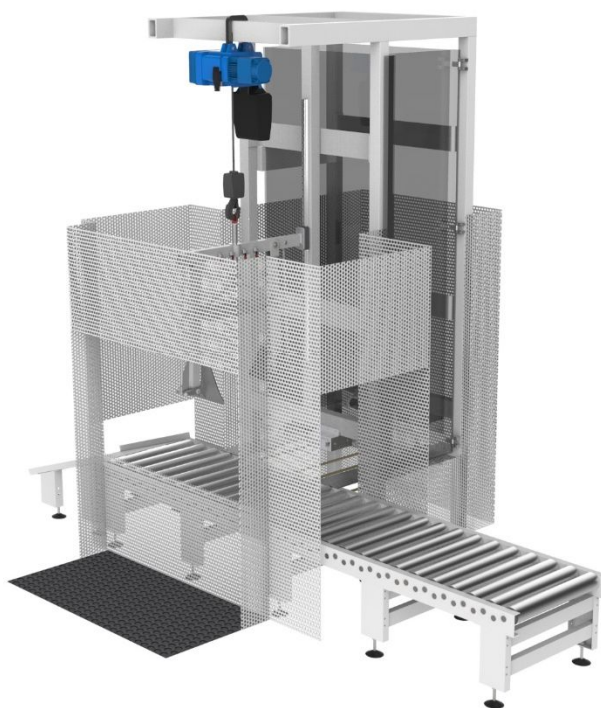
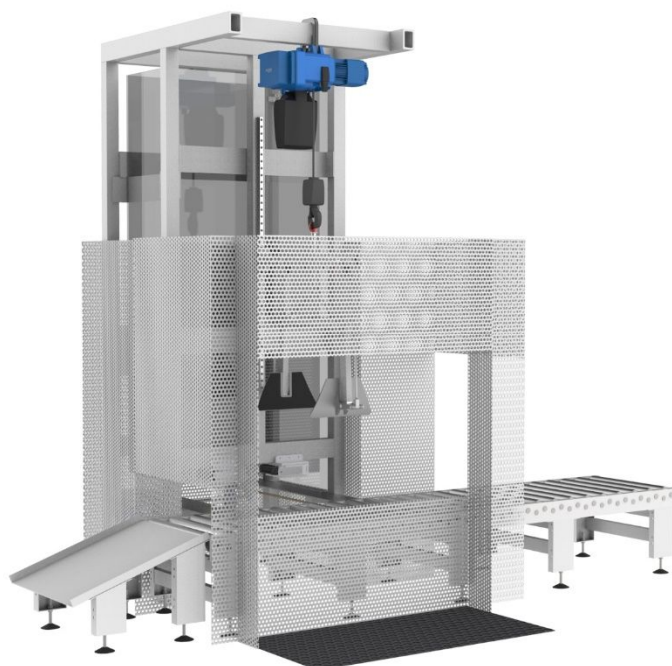


Bobina in baia di scarico



Varco d' accesso operatore con tappeto d'emergenza

Fornitura completa del macchinario per il disimballo



Conclusioni

Ho progettato un sistema semi automatico per il disimballo di bobine di film plastico formato da una rulliera motorizzata, una catenaria a denti di cane, un dispenser di euro pallet e una pinza end-effector (l'ho chiamata così perché ricorda molto il tipico organo terminale dei robot).

Il lavoro di tesi è concentrato sulla progettazione del macchinario per il disimballo ed alla sistemazione della logistica e del layout del magazzino di SIT.

Nella parte preliminare ho analizzato, assieme al direttore di stabilimento, il piano logistico e le modifiche da apportare per migliorare l'igiene e la pulizia in produzione riducendo i tempi di transito delle bobine. Partendo con un piano chiaro e dettagliato ed una pianificazione a step.

Personalmente, in questa fase, mi sono concentrato sullo studio della logistica dei carrelli elevatori, producendo una mappatura dettagliata per individuare percorsi anomali o inefficienze. In oltre ho gestito i lavori di cambio d'uso di un magazzino compattabile: da cilindri stampa a semilavorato, prevedendo un sistema antincendio ed una nuova apertura verso la produzione per migliorare i percorsi.

Arrivati a regime con la nuova situazione logistica e organizzativa, ho registrato tutti i tempi dei tragitti, percorsi e materiale trasportato. Da questa analisi si è capito dove e come poter inserire un macchinario per il disimballo di bobine.

In particolare una macchina di disimballo serve ad aumentare la sicurezza sul lavoro, in quanto le bobine oggi giorno vengo spallettizzate a mano facendole rotolare a terra o inforcandole con un muletto non idoneo

(non vi è nemmeno una regola ben precisa sullo svolgimento dell'operazione).

Prima di dedicarmi alla modellazione 3d e calcoli ho cercato di reperire più informazioni possibili che mi potessero aiutare ad ottenere un prodotto che rispondesse a tutte le specifiche richieste. Per individuare le caratteristiche progettuali su cui concentrarmi ho elaborato delle tabelle QFD che ho compilato assieme agli operatori addetti al disimballo, ottenendo così un'oggettiva priorità sulle funzioni necessarie.

La progettazione ha portato ad un macchinario sicuramente competitivo e che risponde a pieno alle funzioni richieste, nei tempi e modi dettati dall'azienda. In termini di costo la situazione cambia: da un budget approvato di circa 35000€, si è passati a 95000€. Per questo motivo andrà richiesta una revisione del budget d'investimento o un extrabudget. La proprietà, assieme alla direzione, valuterà la competitività economica del macchinario in funzione del personale risparmiato con l'ausilio di questo macchinario.

Nell'ultimo periodo ho proposto il mio progetto alla Archimede Engineering, azienda di Rimini che realizza macchine automatiche per l'industria, chiedendo una valutazione economica dettagliata per la realizzazione.

Bibliografia

- E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti: “Lezioni di meccanica applicata alle macchine. Prima parte: fondamenti di meccanica delle macchine” - Pàtron Editore - 2005
- S. L. Straneo, R. Consorti: “Disegno, progettazione e organizzazione industriale. Volume 2: Disegno di progettazione e tecniche della produzione” – Principato – 2000
- D. Croccolo, N. Vincenzi: “Lezioni di fondamenti e tecnica della progettazione meccanica” – Progetto Leonardo Bologna – 2009
- A. Pareschi, A. Persona, A. Regattieri, E. Ferrari: “Logistica integrata e flessibile per i sistemi produttivi dell’industria e del terziario” – Progetto Leonardo Bologna – 2011

- <http://www.tracepartsonline.net>
- <http://www.grabcad.com>
- <http://www.skf.com>
- <http://www.pneumaxspa.com>

Ringraziamenti

Il mio ringraziamento più sentito, al termine di questa tesi, è rivolto al Prof. Giangiaco­mo Minak, per avermi dato consigli preziosi sulla progettazione.

Un ringraziamento va al personale della SIT, in particolare al direttore di stabilimento, al personale tecnico e agli addetti del magazzino per avermi dato le linee guida e gli strumenti con cui lavorare.

Ringrazio i miei compagni di studio con cui ho sempre condiviso il percorso universitario. Ricordo ancora le intere giornate d'estate passate sui libri a studiare Analisi tutti insieme, cercando di capire integrali e derivate più ostiche. Se non fosse stato per loro probabilmente non avrei mai passato il primo anno e vagherei ancora negli spazi vettoriali...

Un caloroso grazie va alla mia compagna Chiara che mi ha sopportato ed aiutato nella stesura della tesi, correggendo errori grammaticali, punteggiature e sinonimi. Non sono mai stato una cima in Italiano! Anche se è da poco che ci conosciamo, mi ha sempre assecondato nelle scelte ed aiutato nei periodi difficili. Ora ci aspettano altri traguardi importanti...

Un grazie va anche a tutti i miei amici con cui sono cresciuto, ricordando tutti i momenti divertenti della mia infanzia, delle vacanze, delle escursioni fatte insieme e a volte anche di qualche marachella. Ognuno di loro mi ha dato una conoscenza in più che mi permesso di crescere.

Ringrazio infine, non per importanza ma solo per ordine di citazione, i miei genitori e famigliari, che mi hanno sempre assecondato nelle scelte,

hanno saputo sopportarmi nei periodi di sconfitte, nelle gioie dei momenti di gloria e per aver creduto in me fino in fondo.

“Ciò che non abbiamo osato, abbiamo certamente perduto”
(*Oscar Wilde*)

Alex Leardini