

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi energetica di un'impresa operante
nel settore dello stampaggio ad iniezione**



Relatore

Prof. Maurizio Schenone

Candidato

Giacomo Gilardino

Luglio 2020

Sommario

RINGRAZIAMENTI	7
1. INTRODUZIONE	9
1.1. DATI SUL SITO PRODUTTIVO.....	12
1.2. EDIFICI.....	13
1.3. EMERGENZA COVID-19.....	14
2. STAMPAGGIO AD INIEZIONE	16
2.1. PROCESSO PRODUTTIVO.....	20
2.2. PRESSA AD INIEZIONE.....	23
2.2.1. <i>Specifiche della macchina</i>	24
2.2.2. <i>Unità di iniezione</i>	24
2.2.3. <i>Unità di chiusura</i>	25
2.3. STAMPI.....	26
2.3.1. <i>Progettazione dello stampo</i>	26
2.3.2. <i>Base e figure stampo</i>	28
2.3.3. <i>Canali stampo</i>	29
2.3.4. <i>Sistema di alimentazione tradizionale o a canale freddo</i>	30
2.3.5. <i>Sistema di alimentazione a canali caldi</i>	32
2.4. ROBOT CARTESIANI - ANTROPOMORFI.....	34
2.5. TECNOLOGIA IN MOULD LABELLING.....	37
3. IMPIANTI	40
3.1. IMPIANTI NEI REPARTI PRODUTTIVI.....	42
3.2. GRUPPI FRIGO - TERMOCONVETTORI.....	43
3.3. IMPIANTO ARIA COMPRESSA.....	44
3.4. IMPIANTO DI RISCALDAMENTO - RAFFRESCAMENTO.....	44
3.5. IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	45
3.6. IMPIANTO ANTINCENDIO.....	45
3.7. IMPIANTO ELETTRICO.....	45
3.8. IMPIANTO DISTRIBUZIONE MATERIA PRIMA.....	46
3.8.1. <i>Trasporto automatico centralizzato</i>	46

3.8.2.	<i>Dosatore - miscelatore</i>	46
3.8.3.	<i>Essiccatore</i>	46
3.8.4.	<i>Silos - Stoccaggio ponderato</i>	47
4.	MAGAZZINO	48
4.1.	STOCCAGGIO E MOVIMENTAZIONE MATERIA PRIMA	48
4.2.	MATERIA PRIMA.....	48
4.2.1.	<i>Caso Ferrero - New Plastics Economy Global Commitment</i>	51
4.3.	IMBALLAGGIO E STOCCAGGIO PRODOTTI FINITI.....	52
4.4.	MEZZI DI MOVIMENTAZIONE INTERNA	52
5.	ANALISI ENERGETICA	53
5.1.	CONSUMI ENERGETICI.....	53
5.2.	INFORMAZIONI SUL METODO DI RACCOLTA DATI.....	56
5.3.	DESCRIZIONE DELL'IMPLEMENTAZIONE DELLA STRATEGIA DI MONITORAGGIO	57
5.4.	MODELLI ENERGETICI	60
5.5.	SERVIZI GENERALI E AUSILIARI	63
5.6.	ATTIVITÀ PRINCIPALE	64
5.7.	INDICE PRESTAZIONALE	69
6.	COSTO MACCHINA	76
6.1.	ESEMPIO ESPLICATIVO	78
7.	CONCLUSIONE	81
8.	ALLEGATI	85
9.	BIBLIOGRAFIA	91

Ringraziamenti

Il giorno della conclusione del mio periodo accademico è arrivato: scrivere queste frasi di ringraziamento è il tocco finale della mia tesi. È stato un periodo di profondo apprendimento, non solo a livello scientifico, ma anche a livello personale. Scrivere questa tesi ha avuto un forte impatto sulla mia persona. Vorrei spendere due parole di ringraziamento nei confronti di tutte le persone che mi hanno sostenuto e aiutato durante questo periodo.

Prima di tutto vorrei ringraziare il Prof. Maurizio Schenone, per avermi guidato e supportato nella fase più importante del mio percorso accademico. Grazie al suo supporto costante, le dritte fondamentali e la sua cooperazione sono riuscito a portare a termine ogni capitolo della mia tesi.

Ringrazio l'azienda Omnia per avermi dato la possibilità di svolgere il mio lavoro di tesi in un ambiente interessante e dinamico, che mi ha permesso di mettermi in gioco e fare un'esperienza che sarà preziosa per il mio futuro. Nonostante l'impossibilità di raggiungere il sito di produzione e la sede amministrativa a causa del COVID, ho lavorato per tutta la durata del tirocinio in telelavoro e posso ritenermi comunque pienamente soddisfatto della mia esperienza.

Vorrei ringraziare i miei familiari per il loro costante sostegno ed i loro preziosi insegnamenti senza i quali oggi non sarei la persona che sono.

Per ultimi ma non meno importanti, i miei amici. Ci siamo sempre sostenuti a vicenda nella buona e nella cattiva sorte, sia durante le fatiche che hanno caratterizzato il nostro percorso sia nei momenti di gioia e soddisfazione al raggiungimento di ogni nostro obiettivo.

1. Introduzione

Il presente lavoro ha come oggetto l'analisi energetica e la sua influenza sulla struttura dei costi. L'obiettivo generale è quello di aggiornare nel modo più puntuale e veritiero possibile il costo di produzione di ogni singola macchina. Tale dato potrà poi essere confrontato con il budget ed i preventivi redatti in fase di avvio produzione. Dal confronto si ha la possibilità di capire in modo oggettivo la redditività di ogni singolo prodotto/macchina, inoltre questa comparazione ha la funzione di giustificare le scelte della direzione in merito alle strategie, gli investimenti e le tecnologie future da utilizzare.

La Direttiva Europea 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica prevede l'obbligo per le grandi imprese e per le imprese energivore di eseguire la diagnosi energetica presso i propri siti produttivi.

La diagnosi energetica completa prevede l'analisi dei consumi attuali dei reparti produttivi, il confronto di questi con indici di riferimento presi da un *benchmark* o scelti dall'impresa stessa, ed infine uno studio di possibili interventi che permettano di apportare migliorie al sistema produttivo generale con conseguente diminuzione dei consumi energetici.

L'obiettivo della diagnosi energetica è quindi quello di studiare lo stato attuale di efficientamento energetico verificando i consumi dell'azienda per individuare gli opportuni e appropriati indici di prestazione energetica. Essi rappresentano la *baseline* del caso specifico, per confrontare i valori dei consumi così individuati con quelli del settore di riferimento, tenendo conto specifiche tecnologie utilizzate in modo da poter descrivere correttamente la situazione dell'impresa dal punto di vista delle prestazioni energetiche.

Attraverso tale mezzo è quindi possibile perseguire i seguenti obiettivi: diminuire l'incidenza della spesa energetica annuale sui costi di trasformazione, sia individuando azioni con cui ridurre il consumo energetico per unità di output, sia studiando strategie di manutenzione preventiva; diminuire le emissioni di gas climalteranti ed aumentare la propria efficienza energetica, cioè consumare meno energia a parità di qualità e quantità di prodotti.

L'azienda sulla quale ho effettuato questo studio è la Omnia Plast, la quale si occupa della produzione di articoli in materiale plastico.

La società è una consociata del Gruppo Sunino. La prima azienda del gruppo nasce nel secondo dopoguerra quando il fondatore avvia, in una cittadina nel torinese, un'attività di trasformazione del legno per il settore edilizio, ferroviario e automobilistico che successivamente con l'ingresso del figlio, diventerà una moderna azienda di produzione di articoli per imballaggio: pallet, casse e gabbie. Lavorando per i settori automobilistico, tecnologico e di produzione di materie prime; avendo come principali clienti il Gruppo Fiat, i principali produttori di hardware del periodo quali Olivetti, Honeywell e il Gruppo Montedison.

Le trasformazioni industriali appassionano l'imprenditore che vive a pieno la vitalità e il fermento produttivo ed industriale degli anni Sessanta differenziando la produzione con l'ingresso nel mercato dello stampaggio del polistirolo espanso. È il 1968 quando viene fondata Plastic Legno con la quale aumentano i volumi, i dipendenti e di conseguenza il fatturato. L'azienda non teme i cambiamenti di mercato e cogliendo le nuove opportunità che si presentano negli anni Ottanta, grazie anche all'arrivo della terza generazione entra nel settore dello stampaggio materie plastiche con la tecnologia dell'iniezione.

Dopo gli anni Ottanta con l'ingresso nel settore termoplastico prende il via il processo di internazionalizzazione e di diversificazione produttiva. Nel 1992 nasce a Bucarest, in Romania, la Plastic Legno Romania; nel 1996, nella Repubblica Moldava, la Plastic Manufacturing; nel 2008 sempre nella città di Bucarest la Omnia Plast e nel 2010 il gruppo cresce anche al di fuori del continente europeo, grazie alla costituzione in India della Dream Plast. Le ultime nate sono la società Belgrad nel 2017 in Ungheria e la Omnia Technologies ad Hong Kong nel 2018.

Oggi il gruppo è presente nei settori del packaging alimentare, dei giocattoli, degli articoli promozionali, tecnici e sportivi. Grazie ad una presenza globale garantita da dieci stabilimenti in tutto il mondo nel 2019 il fatturato ha superato i cento milioni di euro e i dipendenti erano circa 3.500.

Nel 2019 il gruppo è entrato nel programma *Elite*, il prestigioso network internazionale del *London Stock Exchange Group* e di borsa italiana, nato per supportare le aziende nella crescita e per accompagnarle nell'accesso ai mercati finanziari internazionali. Un passo importante per costruire un futuro sempre più nel segno dello sviluppo ed internazionalizzazione.

Le tecnologie utilizzate in tutte le società del gruppo sono: lo stampaggio di materie plastiche con il metodo ad iniezione o termoformatura per la modellazione dell'articolo, la tecnologia

IML, la *sleeveratura*, l'*OFF-SET*, la tampografia e la saldatura ultrasuoni per quanto riguarda le decorazioni ed il confezionamento dei prodotti.

L'azienda che prenderò in esame è la Omnia Plast, presso la quale ho effettuato lo stage formativo, purtroppo in smart-working causa la delicata situazione sanitaria attuale che non mi ha permesso di recarmi fisicamente nei siti produttivi.

Negli ultimi dieci anni la società rumena in questione ha conseguito un importante incremento di fatturato. Tale sviluppo industriale ha rivoluzionato l'incidenza del fatturato dei singoli settori. I grafici seguenti mostrano come siano cambiate dal 2014 al 2019 le percentuali sul fatturato complessivo delle principali categorie merceologiche.

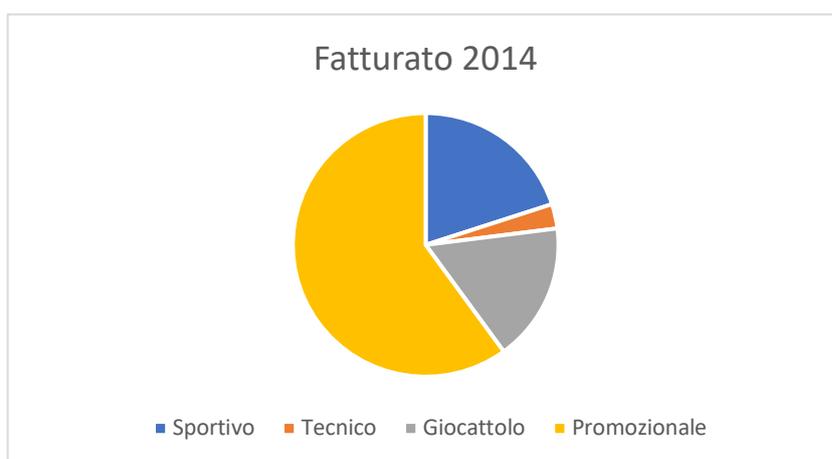


Grafico 1. Incidenza fatturato 2014

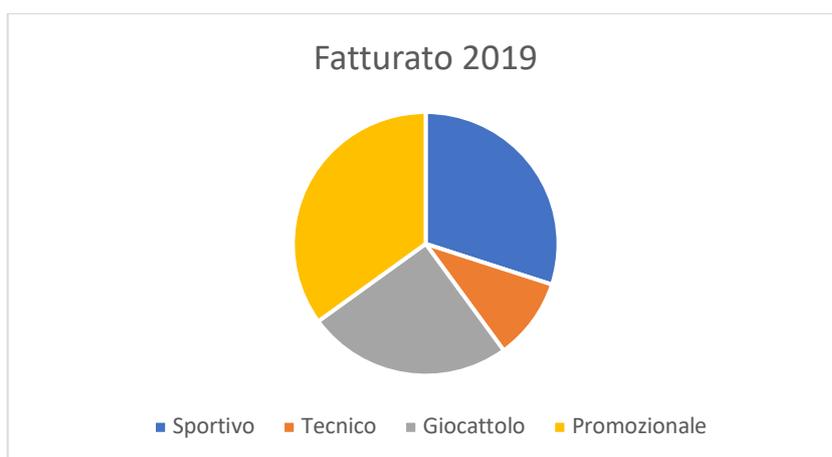


Grafico 2. Incidenza fatturato 2019

Il radicale mutamento di peso legato al fatturato per ogni singolo settore ha avuto come conseguenza un importante cambiamento strutturale dell'organizzazione produttiva con conseguente mutazione del layout aziendale e dei costi, in particolar modo energetici.

L'obiettivo della mia tesi è quello di analizzare la variazione negli anni dei diversi centri di costo, in particolar modo soffermandomi sui consumi energetici delle nuove tecnologie impiegate, al fine di determinare l'incidenza sul costo orario macchina che mi permetta di determinare delle considerazioni approfondite: sulla programmazione della produzione, sulla correttezza dei dati preventivi, sugli investimenti in attrezzature, impianti e macchinari e di conseguenza sulla riorganizzazione delle maestranze.

1.1. Dati sul sito produttivo

Omnia Plast srl è un'impresa con sede in Romania. La sua sede principale è a CHIAJNA, Bucarest con un secondo stabilimento in un comune limitrofo. L'attività è iniziata nel 1996. Il numero totale dei dipendenti è attualmente di 836 unità (dati 2019).

Nel 2018 è stato deciso di ampliare la produzione anche nel nord della Romania ed è stato preso in affitto e ristrutturato un capannone di 3.500 m² nel comune di Satu Mare per lo stampaggio e il confezionamento di oggetti promozionali. Durante lo stesso anno è stato acquistato nel comune di Arduș, zona industriale di Satu Mare, un terreno di 43.000 m² dove è stata iniziata la costruzione di un compendio industriale che entrerà in funzione nell'estate 2020.

Omnia, nello stabilimento di Chiajna, oggetto della presente diagnosi, effettua attività di produzione di articoli in plastica tramite processo di stampaggio ad iniezione per il settore alimentare, ludico, sportivo e promozionale. Utilizza linee di circa quaranta presse ad iniezione che variano dalle duecento alle ottocentocinquanta tonnellate, dotate di sistemi idraulici, ibridi ed elettrici. Ogni pressa è equipaggiata con un manipolatore verticale o orizzontale il quale ha la funzione di prelevare il prodotto finito dallo stampo e posizionarlo sul nastro adiacente.

Omnia Plast è certificata secondo le seguenti normative: UNI EN ISO 9001, UNI EN ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000 e le linee di produzione sono organizzate mediante il metodo della *Lean Manufacturing*. Mi è stato affidato questo progetto legato alla analisi energetica in quanto la direzione vorrebbe ottenere la certificazione energetica ISO 50001. Come per altri standard del sistema di gestione ISO, suddetta certificazione è possibile ma non obbligatoria.

Alcune organizzazioni decidono di conseguire la certificazione solo per i benefici che essa fornisce: poiché una volta ottenuta possono dimostrare ai soggetti esterni interessati che l'azienda opera con un sistema di gestione certificato dalle norme ISO.

La norma ISO 50001 richiede la definizione di un sistema di gestione dell'energia basato sul concetto del miglioramento continuo attraverso la creazione di una squadra dedicata, con la collaborazione tra direzione e tecnici, al fine di sviluppare una policy aziendale per un uso efficiente dell'energia, per definire obiettivi graduali e per prendere decisioni basate su dati in materia energetica. Viene richiesto inoltre di misurare i risultati e valutare gli effetti positivi generati dalla policy, per introdurre miglioramenti continui nella gestione dell'energia.

Le finalità della norma ISO 50001 si può riassumere nei seguenti punti:

- Sviluppare una politica per un uso più efficiente dell'energia;
- Fissare obiettivi e traguardi per implementare la politica aziendale;
- Utilizzare i dati per prendere decisioni sul consumo corretto dell'energia;
- Misurare ed analizzare i risultati ottenuti;
- Esaminare la metodologia di rilevamento consumi;
- Migliorare continuamente la gestione dell'energia.

1.2. Edifici

La palazzina uffici ha una superficie coperta di 975 m² distribuita su due piani. La climatizzazione invernale è garantita da due caldaie Vitocrossal 200 della Viessmann da 293 kWh. Le quali riscaldano la palazzina uffici, servizi e parte dei reparti di produzione.

Per quanto riguarda le utenze elettriche sono presenti 25 postazioni con personal computer, stampanti, fotocopiatrici, locali server ecc.

L'illuminazione degli edifici è realizzata tramite lampade a tubi fluorescenti con una potenza totale installata uguale a 6 kWh.

1.3. Emergenza Covid-19

La propagazione in Romania del virus SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome – Coronavirus – 2) responsabile della malattia respiratoria denominata Covid-19, ha avuto inizio negli ultimi giorni del febbraio 2019 ed ha originato uno stato di indeterminatezza ed emergenza a livello prima nazionale ed in seguito mondiale, con l'Organizzazione Mondiale della Sanità che l'11 marzo 2019 l'ha definita come una pandemia globale. Questa circostanza, vissuta dal punto di vista di una impresa, ha comportato l'insorgere di problematiche che non riguardano l'attività produttiva della stessa ma che influenzano negativamente l'ambito commerciale e l'operatività gestionale causa anche l'emanazione di numerosi decreti che hanno incrementato il numero di obblighi legislativi ai quali risulta necessario adempiere per poter procedere con le attività di produzione e commercializzazione. Prendendo atto dell'effettiva gravità della pandemia il governo rumeno ha ordinato la chiusura forzata di una buona parte delle attività produttive e commerciali in tutto il paese, con l'eccezione di alcuni settori ritenuti fondamentali per il funzionamento del sistema nazione, individuati in una lista di codici identificativi.

Tra le attività di Omnia è presente lo stampaggio d'imballaggi in materie plastiche ed essendo appartenete alla filiera alimentare ha avuto l'opportunità di non fermare la produzione con l'obbligo però di prendere i provvedimenti necessari a minimizzare il rischio legato al contagio. Alcuni dei suddetti provvedimenti possono essere riassunti nei seguenti punti, allegati al Documento di Valutazione del Rischio (DVR):

- È stato nominato un comitato interno per la gestione dell'emergenza formato da Direzione, Datore di lavoro, Responsabile del Sistema di Prevenzione e Protezione (RSPP), il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS) ed il Responsabile del Sistema di Gestione Integrato;
- Il gel a base alcolica utilizzato in stabilimento per la sanificazione delle mani destinate ad entrare a contatto con i prodotti stampati, il quale è stato fornito a tutti gli uffici e posto all'ingresso della sede amministrativa;
- Misurazione della temperatura corporea all'arrivo in sede o in stabilimento per verificare che sia inferiore a 37,5 °C a tutti i dipendenti diretti ed indiretti;
- Tutto il personale non necessario per il funzionamento del processo produttivo è stato invitato a restare a casa predisponendo il telelavoro quando possibile;

- Sono inoltre stati messi in evidenza i dieci comportamenti da seguire indicati dal Ministero della Salute per ridurre il rischio da Covid-19;
- La pulizia degli ambienti comuni e dei servizi sanitari è stata inoltre intensificata, affiancata da una sanificazione completa mensile.

Il fatturato di Omnia nei primi mesi del 2020 ha subito una forte diminuzione nel settore del giocattolo, tecnico e sportivo ma non si può dire lo stesso per quanto riguarda il settore degli imballaggi per alimentari, al contrario il fatturato di quest'ultimo settore ha subito un incremento. La parafrasi che segue è stata scritta in un articolo del Sole 24 Ore che descrivere pienamente il fenomeno, manifestato su scale europea, che ha causato l'aumento di fatturato in questo particolare settore. "A casa o al supermercato. Questa la vita degli italiani nell'ultimo mese. A beneficiare delle restrizioni imposte dalla pandemia da Covid-19 le vendite della grande distribuzione registrate tra il 30 marzo e il 5 aprile, in crescita rispetto allo stesso periodo del 2019, e con un trend in linea con la settimana precedente: +2,2%. I dati sono di Nielsen Connect Italia, che evidenzia come per la terza settimana sia il Nordest a registrare gli incrementi più alti su base tendenziale: +5,9%, seguito subito dal Sud (+5,8%). Rimangono stabili il Nordovest (+0,3%) e il Centro (-0,5%)." Un esempio molto significativo di questo periodo sono il mascarpone e gli ingredienti per la pasticceria che rispettivamente hanno registrato un aumento di fatturato delle GDO del 155,6% e del 149,3% (fonte dati Nielsen Connect Italia). "Con l'avvicinarsi della Pasqua - spiega Romolo de Camillis, direttore Retailer Service di Nielsen Connect in Italia - continuano ad aumentare i prodotti base con cui si preparano pasta, pizza e dolci caserecci ...". Omnia inoltre per affrontare la drastica riduzione di fatturato che ha notevoli conseguenze sui costi fissi, riferendomi in modo particolare al personale, ha iniziato la produzione di mascherine DPI e visiere in plastica prodotte con la tecnologia *injection moulding*. L'introduzione in questo nuovo mercato è stata agevolata dai pochi investimenti necessari per l'avvio della produzione dato che le macchine per la cucitura fossero già presenti e non utilizzate al 100% per i prodotti sportivi e le visiere in plastica hanno lo stesso sistema produttivo degli altri prodotti già realizzati dalla stessa Omnia. Grazie all'aumento del fatturato nel settore alimentare e l'introduzione nel mercato dei DPI il fatturato di Omnia non è fortunatamente diminuito radicalmente.

2. Stampaggio ad iniezione

Lo stampaggio ad iniezione è un processo mediante il quale è possibile ottenere articoli in materiale plastico per la produzione di grandi volumi. È tipicamente utilizzato per l'ottenimento di massa, dove lo stesso pezzo viene replicato centinaia di migliaia o addirittura milioni di volte ed è la base di partenza per la realizzazione di tutti i prodotti e per tutti i settori in cui Omnia opera.

Il vantaggio principale dello stampaggio ad iniezione è la capacità di ottenere migliaia di articoli con le stesse caratteristiche. I costi iniziali di progettazione, prototipazione, industrializzazione e conseguente costruzione attrezzature degli articoli sono molto elevati, tuttavia il costo per unità durante la produzione a iniezione è estremamente basso e tende a scendere in modo importante a man mano che le quantità aumentano.

Tale processo presenta molti vantaggi che possono essere così riassunti:

- Bassi tassi di scarto rispetto a processi di produzione più tradizionali, come ad esempio la lavorazione CNC con la quale si lavora blocchi o fogli di materiale plastico che originano molti sprechi di materia prima. Un'altra lavorazione con la quale si potrebbero ottenere gli stessi prodotti è quella mediante la produzione additiva come la stampa 3D che hanno percentuali di scarti ancora più basse ma con cicli di produzione molto più lunghi e quindi difficilmente impiegabili nella produzione di grandi volumi. Inoltre, è bene notare che gli scarti della produzione ad iniezione provengono principalmente dalle materozze che si generano con l'utilizzo di stampi a canale caldo ma che possono essere immediatamente macinati e reinseriti nel ciclo di lavorazione.
- La possibilità di ottenere infiniti articoli con le stesse caratteristiche tecniche e qualitative che possono essere anche assemblati tra di loro per l'ottenimento di prodotti finiti molto più complessi. Con il vantaggio che variando semplicemente il colore della materia prima o le decorazioni è possibile ottenere una gamma molto ampia di un prodotto standard ma allo stesso tempo *customizzato*.

Per quanto riguarda gli aspetti negativi dello stampaggio a iniezione bisogna sicuramente tenere conto dei costi iniziali che tendono ad essere molto elevati. Sia dal punto di vista della pura produzione in quanto una pressa per poter produrre ha la necessità di essere asservita da

numerosi impianti ausiliari quali ad esempio: impianto raffreddamento pressa, impianto raffreddamento stampi, impianto aria compressa, impianto distribuzione materia prima, impianto elettrico ecc. Sia nella fase di creazione dell'articolo da produrre in quanto durante la fase di progettazione si deve tenere conto dell'aspetto commerciale e dei requisiti tecnici che ogni prodotto deve avere. Quindi procedere con la progettazione, prototipazione e solo dopo l'approvazione dell'ufficio marketing dei clienti si potrà procedere alla industrializzazione del progetto e alla costruzione dello stampo.

Per ottenere il giusto design bisogna procedere con le seguenti fasi:

- Progettazione e poi prototipazione del pezzo stesso secondo le specifiche. Lo sviluppo iniziale del prototipo è tipicamente completato su una stampante 3D e spesso in un materiale diverso (come resina ABS);
- Progettazione di uno stampo ad iniezione per un primo ciclo di produzione (stampo pilota). Per la generazione da 300 a 1000 prototipi stampati ad iniezione nel materiale di produzione definitivo.
- Perfezionare tutti i dettagli dello stampo ad iniezione, redigere le matematiche definitive e passare alla costruzione dello stampo definitivo.

Come potete immaginare, tutto l'iter necessario per l'ottenimento della attrezzatura corretta prima della produzione di massa richiede sia tempo che denaro. Non è raro che si realizzi uno stampo pilota soprattutto, per le attrezzature che saranno realizzate a più cavità. Ad esempio, nel caso in cui si dovesse progettare un nuovo tappo di contenitore per shampoo, che debba avere sistemi di aggancio al flacone stesso, tipo una cerniera viva, una chiusura a scatto e quindi potenzialmente anche qualche sovrastampaggio o sottosquadra. In questo caso è sicuramente importante scegliere di progettare e costruire una impronta singola per assicurarsi che tutte le caratteristiche necessarie al perfetto accoppiamento si modellino come desiderato. Dopo l'approvazione, si procederà alla fase di costruzione definitiva della attrezzatura a più cavità in grado, ad esempio, di produrre 16 tappi per ciclo.

Lo stampaggio ad iniezione richiede uno spessore uniforme delle pareti dell'oggetto da realizzare. Tagliando una sezione trasversale dell'articolo si può notare che lo spessore della parete è di circa 2-3 mm di spessore in totale. Evitare che le pareti siano troppo spesse o non omogenee è importante per evitare problemi nel processo di riempimento prima e di

raffreddamento dopo l'iniezione della plastica fusa i quali potrebbero causare difetti come bolle, parti mancanti o imbarcamenti.

Una buona regola è quella di mantenere le pareti con uno spessore il più basso possibile in relazione alle caratteristiche tecniche che si vogliono ottenere in quanto più spesse sono le pareti, più materiale si dovrà utilizzare, più lungo sarà il tempo di ciclo di produzione e più alto sarà il costo del particolare. Se lo spessore delle pareti fosse troppo sottile, si potrebbero avere problemi di riempimento delle cavità dello stampo con conseguenti pezzi mancanti o addirittura ottenere bruciature sulle superfici dell'oggetto. I progettisti devono tenere in considerazione tutte queste problematiche durante la fase della progettazione dello stampo e nella scelta delle resine da utilizzare in quanto ogni resina ha un indice di fluidità, fusione, raffreddamento e ritiri differenti. Ad esempio, utilizzando un materiale con un indice di flusso di fusione più alto è possibile ottenere pareti più sottili.

Spesso non è possibile mediante lo stampaggio ad iniezione produrre articoli di grandi dimensioni con un unico stampo. Ciò è dovuto alle limitazioni dimensionali delle presse e di conseguenza degli stampi.

Nel caso in cui la macchina nasca per lo stampaggio di pezzi molto grandi ad esempio, presse da 1000 tonnellate le quali possono raggiungere lunghezze di 15-17 m, l'utilizzo è molto costoso. Per questo motivo, gli oggetti più grandi sono spesso prodotti in più parti che vengono successivamente assemblate. Le macchine CNC hanno limitazioni simili per quanto riguarda le dimensioni del prodotto, mentre la stampa 3D è ancora più limitata.

Nella scelta delle tecnologie da utilizzare per la produzione degli articoli in materiale plastico bisogna valutare diversi aspetti:

- Considerazioni finanziarie:
 - **Costo d'ingresso:** La predisposizione di un prodotto mediante la produzione ad iniezione richiede un grande investimento iniziale. Come già esposto in precedenza la pressa, lo stampo, tutti gli impianti ausiliari e gli attrezzaggi hanno un costo elevato;
 - **Quantità di produzione:** questa tecnologia viene scelta per grandi volumi, infatti determinare il numero delle parti da produrre è importante per calcolare il punto di pareggio dell'investimento. Considerando i costi di progettazione, collaudo,

produzione, assemblaggio, marketing e distribuzione, nonché il prezzo di riferimento previsto dal mercato.

- Considerazioni sulla fase di progettazione:
 - **Design:** l'aspetto estetico del prodotto normalmente viene deciso dall'ufficio marketing del cliente in quanto deve tenere conto delle esigenze del mercato, in base alla fascia di età a cui ci si vuole rivolgere ed alla capacità dell'oggetto di attirare un possibile cliente finale;
 - **Progettazione dell'articolo:** è una fase molto delicata in quanto deve tenere in considerazione le esigenze del cliente come spiegato nel punto precedente, ma nello stesso tempo deve essere industrializzabile e quindi prodotto facilmente con le caratteristiche tecniche, qualitative e normative di riferimento;
 - **Progettazione dello stampo:** una volta determinate le dimensioni, l'aspetto estetico e le caratteristiche fondamentali dell'articolo bisogna valutare la quantità da produrre. In base a quanti pezzi si vogliono ottenere in un certo intervallo di tempo si decide a quante cavità lo stampo debba essere progettato.
- Considerazioni sulla produzione:
 - **Pressa:** deve essere individuata la dimensione della pressa e le caratteristiche tecniche più idonee per ottenere l'articolo scelto;
 - **Tempo di ciclo:** è fondamentale ridurre al minimo il tempo ciclo di produzione, che sarà determinato dall'utilizzo di presse con la tecnologia più appropriata così come un'attrezzatura ben studiata. Piccole differenze di ciclo possono avere un grande impatto sui costi di produzione quando si devono replicare milioni di pezzi.
 - **Assemblaggio:** molte volte gli articoli fanno parte di un assieme che nella fase successiva allo stampaggio devono essere decorati mediante tecnologie di tampografia, *sleeveatura*, *off-set* e poi assemblati e confezionati per ottenere il prodotto finito da vendere sul mercato. Possiamo prendere ad esempio un giocattolo composto da vari articoli ed in differenti varianti di colori. Alcune volte sono necessari 60-70 stampi con 8-10 varianti di colori per ottenere un manufatto finito. La fase dell'assemblaggio deve essere progettata con molta cura in modo lineare e tale da ridurre al minimo sprechi di tempo nei differenti passaggi, l'ideale è infatti utilizzare la *lean manufacturing*. Nonostante la perfetta progettazione della fase di assemblaggio e comunque necessario l'utilizzo di un elevato numero di ore

uomo. Questo aspetto è normalmente il motivo per cui viene fatto in paesi a basso costo salariale. Inoltre, l'assemblaggio viene fatto sempre in un momento successivo alla fase dello stampaggio in quanto i tempi di produzione sono completamente differenti.



Figura 1. Esempio giocattolo per bambini 0-4 realizzato con più stampi

2.1. Processo produttivo

Lo stampaggio ad iniezione è il processo di produzione più comunemente usato per la fabbricazione di parti in plastica. Un'ampia varietà di prodotti è realizzata con lo stampaggio ad iniezione, che si differenziano notevolmente per dimensione, complessità ed applicazione. Il processo di stampaggio ad iniezione si effettua mediante l'utilizzo di una pressa ed uno stampo. La resina viene fusa all'interno della macchina e poi iniettata nello stampo, dove prende la forma dell'articolo che si vuole ottenere poi mediante il raffreddamento si solidifica e viene espulso.

Il ciclo di produzione dello stampaggio ad iniezione può variare da pochi secondi ad alcuni minuti e consiste nelle seguenti quattro fasi:

1. **Serraggio** - Prima dell'iniezione del materiale nello stampo, le due metà dello stesso devono essere saldamente chiuse dall'unità di serraggio. Ogni metà dello stampo è collegata alla pressa, una è posizionata sul lato fisso mentre l'altra scorre sul lato mobile. L'unità di chiusura azionata idraulicamente e/o elettricamente spinge una metà dello stampo contro l'altra ed esercita una forza sufficiente a mantenere lo stampo saldamente chiuso mentre il materiale viene iniettato. Il tempo necessario per chiudere e bloccare lo stampo dipende dalla macchina. Le macchine più grandi, quelle con forze di chiusura maggiori, richiedono più tempo.
2. **Iniezione** - La materia plastica grezza, di solito sotto forma di granuli, viene aspirata nella tramoggia della pressa ed avanza verso lo stampo. Durante questo processo, il materiale viene fuso dal calore e dalla pressione e mediante una vite viene portato nello stampo. La quantità iniettata viene definita "dose". Il tempo di iniezione varia notevolmente in base alla quantità, fluidità e densità del tipo di resina che viene utilizzato, per questo motivo può subire delle variazioni di pochi decimi di secondo durante il turno di lavoro. Il tempo di iniezione può essere stimato in base al volume del getto, alla pressione di iniezione e alla potenza di iniezione.
3. **Raffreddamento** - La plastica fusa che si trova all'interno dello stampo inizia a raffreddarsi non appena entra in contatto con le superfici interne dello stampo infatti le pareti dello stesso sono raffreddate grazie ad un sistema di canali ad acqua fredda. Man mano che la plastica si raffredda, si solidifica nella forma desiderata. Durante la fase di raffreddamento il pezzo si restringe ed è necessario un flusso d'aria compressa che elimini il sottovuoto creatosi tra il prodotto finito e la cavità "maschio" dello stampo. Lo stampo non può essere aperto fino a quando non è trascorso il tempo di raffreddamento richiesto. Il tempo di raffreddamento può essere stimato in base alle diverse proprietà termodinamiche della resina, allo spessore massimo della parete del pezzo ed alla capacità di portata massima e temperatura dell'impianto di raffreddamento.
4. **Espulsione** - Dopo un tempo sufficiente, la parte raffreddata può essere espulsa dallo stampo dal sistema di espulsione, mediante estrattori presenti nella parte posteriore dello stampo. Questo meccanismo spinge il prodotto finito fuori dallo stampo. È necessario applicare una forza per espellere il particolare perché durante il raffreddamento il pezzo subisce dei ritiri e aderisce allo stampo stesso. Nel caso di articoli particolarmente

complessi con sottosquadra o pareti di diverso spessore, per facilitare l'espulsione del pezzo, è possibile spruzzare un agente di rilascio sulle superfici delle cavità dello stampo prima dell'iniezione del materiale. Il tempo necessario per aprire lo stampo ed espellere il pezzo può essere stimato a partire da quando termina la fase di raffreddamento ed include il tempo necessario affinché il pezzo cada libero o venga prelevato mediante un robot-manipolatore cartesiano. Una volta che il pezzo viene espulso, lo stampo si richiude per il successivo ciclo di produzione.

Dopo il ciclo di stampaggio ed in base alla tipologia di stampo utilizzato a canali caldi o freddi è necessaria una ulteriore lavorazione. Infatti, durante il raffreddamento il materiale nei canali dello stampo si solidifica formando una materozza che alcune volte rimane attaccata al pezzo. Questo materiale in eccesso deve essere eliminato con operazioni manuali o con robot prendi materozze. Questo materiale di scarto può essere riciclato, viene posto in un granulatore, che macina il materiale riducendolo in piccole scaglie e può essere immediatamente riutilizzato.

A causa di una certa degradazione delle proprietà del materiale a seguito di tale operazione, il materiale macinato deve essere miscelato con la materia prima in una giusta percentuale per non compromettere le caratteristiche tecniche-qualitative del pezzo che si vuole ottenere.

$$\begin{aligned} \textit{Tempo ciclo} = \\ \textit{Tempo di chiusura} + \textit{Tempo d'iniezione} + \textit{Tempo di raffreddamento} \\ + \textit{Tempo di apertura} + \textit{Robot di asservimento} \end{aligned}$$

Nella figura successiva è rappresentato lo schermo del pannello di controllo di una pressa in cui si vede il diagramma di GANT che descrivere le fasi e le tempistiche di un tempo ciclo.

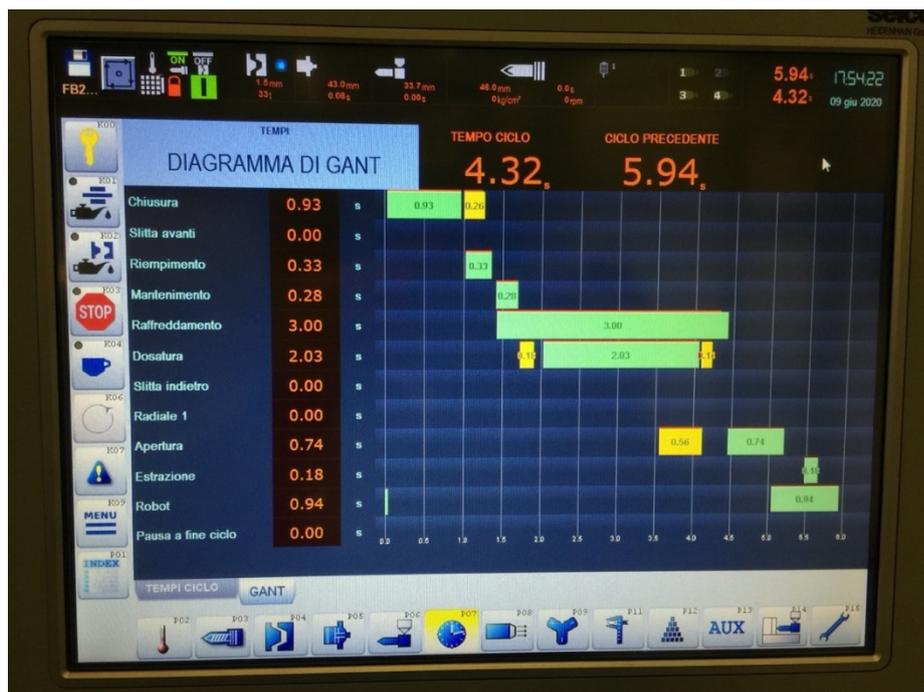


Figura 2. Fase e tempistiche di un tempo ciclo generico

Esistono altre due fasi che hanno una minima incidenza sul tempo ciclo. Si tratta della fase di dosatura e della fase di mantenimento. La dosatura è la fase in cui la vite nel barile torna indietro e ricarica quindi la nuova dose da iniettare per il ciclo successivo, essa si verifica durante la fase di raffreddamento ed è questo il motivo per cui non è una fase caratterizzante del tempo ciclo.

Infine, c'è una piccola fase chiamata mantenimento che è differente da quella di raffreddamento perché ha la funzione di “abbellire” la plastica fusa con l'utilizzo della pressione, essa infatti ha l'obiettivo di compattare la plastica ed uniformarla rendendo in questo modo il prodotto finito esteticamente più gradevole alla vista.

2.2. Pressa ad iniezione

I dispositivi di stampaggio per iniezione sono composti da diverse parti e sono disponibili in varie configurazioni: una configurazione orizzontale ed una verticale. Entrambe le due tipologie di presse, tuttavia utilizzano una fonte di alimentazione, un'unità di iniezione, un gruppo stampo e un'unità di chiusura per eseguire le quattro fasi del ciclo di processo indipendentemente dalle loro dimensioni.



Figura 3. Pressa ad iniezione BMB di media dimensione

2.2.1. Specifiche della macchina

Le presse per lo stampaggio ad iniezione sono caratterizzate dal tonnellaggio che rappresenta la forza di chiusura che forniscono. La forza di chiusura necessaria è proporzionale alla superficie delle figure dello stampo e dalla pressione con cui il materiale viene iniettato. Un pezzo più grande richiederà quindi una maggiore forza di serraggio, come anche alcuni materiali che necessitano di maggiore pressione di iniezione, hanno quindi la necessità di utilizzare macchine più grandi.

Le dimensioni del pezzo influenzano anche altre specifiche della pressa come ad esempio la corsa di chiusura, lo spessore dello stampo, le dimensioni della piastra e la capacità del manipolatore cartesiano per il prelievamento e posizionamento del prodotto finito su appositi nastri o altri dispositivi per l'imballaggio.

2.2.2. Unità di iniezione

L'unità di iniezione ha il compito sia di fondere la resina che di iniettarla nello stampo. Questa unità è formata dalle seguenti parti:

- **La tramoggia** che è un grande contenitore in cui viene versata la plastica grezza in granuli. La resina può arrivare mediante un sistema automatico di aspirazione sottovuoto o mediante alimentazione manuale. La tramoggia ha un fondo aperto, che permette al materiale di entrare in un secondo contenitore.
- **Il barile** dove il materiale viene fuso mediante il riscaldamento e successivamente iniettato nello stampo. Questo meccanismo è composto solitamente da un iniettore a

pistone o una vite alternata. L'iniettore a pistone ha il compito di spingere la resina attraverso una parte riscaldata con uno stantuffo che può essere messo in movimento con un motore idraulico od elettrico. Più comunemente viene utilizzata una vite con pistone alternato. Tale vite ha la funzione di far avanzare il materiale sia ruotando che scorrendo assialmente ed anch'essa è alimentata da un motore idraulico od elettrico.

- **La vite alternata** è circondata da delle resistenze che hanno il compito di fondere il materiale infatti esso cade dalla tramoggia, entra nelle scanalature della vite e viene fatto avanzare verso lo stampo mentre la vite ruota. La resina mentre avanza viene fusa dalla pressione, dall'attrito e dalle resistenze.
- **Lo stampo** riceve la plastica fusa che viene iniettata molto rapidamente attraverso l'ugello, sfruttando la pressione e il movimento rotatorio della vite. La pressione ha il compito di trattenere con la forza crescente il materiale nello stampo. Una volta che il materiale si è solidificato all'interno dello stampo, la vite può ritirarsi ed è pronta per iniziare un successivo ciclo di produzione.

2.2.3. Unità di chiusura

L'unità di chiusura ha il compito di tenere saldamente chiuse le due metà dello stampo. Quando lo stampo viene montato sulla pressa viene fissata la parte femmina dello stampo sul lato fisso e la parte maschio sul lato mobile, tramite delle piastre. Quindi prima dell'iniezione della plastica fusa nello stampo, le due metà devono essere tenute saldamente chiuse dall'unità di chiusura. La metà anteriore dello stampo è montata su una piastra fissa e si allinea con l'ugello dell'unità di iniezione. La metà posteriore dello stampo, chiamata nucleo dello stampo, è montata su una piastra mobile, che scorre lungo le barre di collegamento (colonne).

Il motore di chiusura ad azionamento idraulico, elettrico o ibrido aziona la “*ginocchiera*”, che spinge la piastra mobile verso la piastra fissa scorrendo sulle colonne ed esercitando una forza sufficiente a mantenere lo stampo saldamente chiuso mentre il materiale viene iniettato e raffreddato. Dopo il tempo di raffreddamento richiesto, lo stampo viene quindi aperto dalla stessa unità. Un sistema di espulsione mediante estrattori fissati sulla metà posteriore dello stampo viene azionato dalla barra di espulsione e spinge il pezzo solidificato fuori dalle cavità.

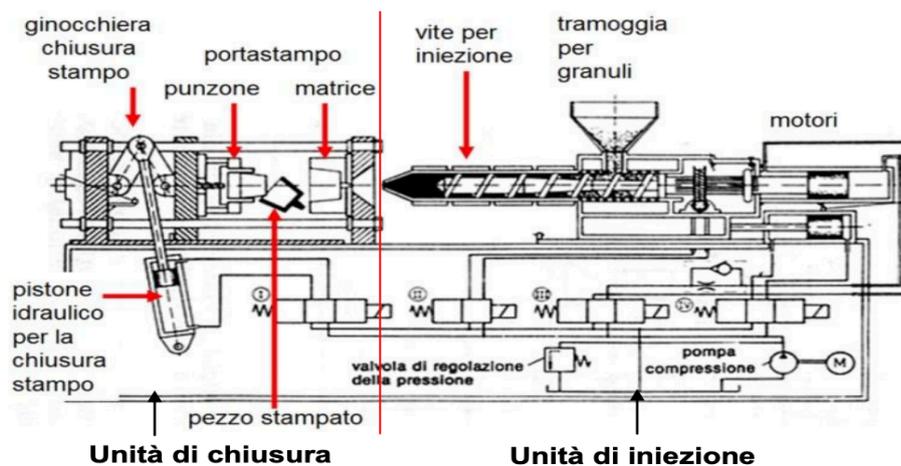


Figura 4. Schema delle due unità che compongono una generica pressa ad iniezione

2.3. Stampi

2.3.1. Progettazione dello stampo

La fase di progettazione dello stampo è una fase estremamente delicata. Lo stampo deve assicurare alla plastica fusa di fluire facilmente in tutte le cavità. Il requisito progettuale più importante per ottenere pezzi di un livello qualitativo alto consiste nel progettare le pareti con spessore costante. Infatti, pareti spesse possono alterare le dimensioni del pezzo, indebolirne la struttura e richiedere successive lavorazioni.

Resina	Spessore Delle Pareti Consigliato (in mm)
ABS	1.14 - 3.50
Acetale	0.64 - 3.05
Acrilico	0.64 - 3.81
Polimero liquido cristallizzato	0.76 - 3.05
Plastici rinforzati a fibra lunga	1.90- 2.54
PA (Nylon)	0.76 - 2.92
Policarbonato	0.11 - 3.810
Poliestere	0.64 - 3.17
Polietilene	0.76 - 5.08
Solfuro di polifenile	0.51- 4.57
Polipropilene	0.64 - 3.81
Polistirene	0.89 - 3.81

Tabella 1. Spessore assoluto delle pareti consigliato a seconda del tipo di resina

Un secondo requisito di massima importanza è tenere presente che gli angoli vivi possono dare origine a pezzi molto deboli, infatti è opportuno eliminare tutte le sollecitazioni derivanti dal flusso della resina. Inoltre, per impedire la formazione di depressioni sull'oggetto, le nervature non devono superare il 60% dello spessore delle pareti.

Il design dello stampo deve anche accogliere eventuali caratteristiche complesse del pezzo, come sottosquadra o filettature che richiedono l'inserimento di ulteriori utensili che debbono muoversi durante la fase di stampaggio, infatti questi dispositivi scivolano nella cavità del pezzo attraverso il lato dello stampo e debbono successivamente ritrarsi.

Dotare il pezzo di angoli di spoglia ovunque sia possibile è importante per creare particolari più profondi. La spoglia facilita l'espulsione dei pezzi senza che rimangano sugli stessi segni di tiratura o fori prodotti dalle punte degli estrattori.

Gli elementi scorrevoli sono una scelta ideale per gli stampi ad estrazione diretta, mentre gli azionamenti laterali possono formare sottosquadri sull'esterno del pezzo che però devono trovarsi assolutamente in corrispondenza della linea di giunzione.

Il punto d'iniezione deve essere normalmente in corrispondenza di una parete spessa poiché i bordi sottili ostacolano il flusso della resina e possono rompersi durante il taglio dei punti d'iniezione.

La progettazione di stampi più complessi può permettere anche la possibilità di produrre dei particolari in co-stampaggio e sovrastampaggio e con le presse appropriate iniettare diversi colori con la tecnica della bi-iniezione.

Il processo di stampaggio ad iniezione utilizza stampi, tipicamente in acciaio o alluminio. In particolare, il primo è un materiale molto duro e non è facile apportare modifiche. In fase di modifica se vi vuole aumentare il volume del pezzo aggiungendo della resina, sullo stampo bisognerà togliere del materiale rendendo la cavità dell'utensile più grande tagliando via l'acciaio o l'alluminio. Nel caso in cui si volesse diminuire il volume del particolare occorrerebbe aggiungere alluminio od acciaio diminuendo in questo modo le dimensioni della cavità. Questo è estremamente difficile e in molti casi potrebbe significare la necessità di rottamare completamente l'utensile (o parte di esso) e ricominciare da capo. Infatti, normalmente molti stampi prototipali vengono prodotti in alluminio in quanto è un materiale molto più facile da trattare e solo successivamente lo stampo definitivo verrà poi prodotto in acciaio. Gli stampi prototipali sono fondamentali per il perfezionamento del progetto, per i test

funzionali dei cicli di produzione e per testare più materiali. Come detto già precedentemente i suddetti stampi sono mono cavità.



Figura 5. Stampo per pressa ad iniezione

2.3.2. Base e figure stampo

Lo stampo è composto da due metà, esse sono saldamente vincolate alle due pareti opposte all'interno della macchina per lo stampaggio ad iniezione. Una delle due metà è fissa mentre l'altra ha la possibilità di muoversi longitudinalmente in modo tale da permettere allo stampo di aprirsi e chiudersi in corrispondenza della linea di divisione dello stampo.

I due componenti principali dello stampo sono il nucleo dello stampo e la cavità dello stampo.

Nella fase di chiusura, come è facilmente intuibile, il nucleo dello stampo e la cavità dello stampo formano il volume e la forma del particolare che si vuole ottenere, esso verrà completamente riempito dalla plastica fusa durante la fase di dosatura. Come già menzionato nei capitoli precedenti esistono stampi multi-cavità, in cui le due metà dello stampo formano diverse cavità identiche.

Il nucleo e la cavità sono le due parti che compongono la figura dello stampo, esse vengono montate su due piastre le quali prendono il nome di base dello stampo. Infine, le due piastre vengono fissate all'interno della macchina per lo stampaggio. È importante annoverare che le

figure sono intercambiabili e quindi su una base stampo possono essere montate più figure differenti. Per questo motivo quando si procede all'acquisto di uno stampo è possibile acquistare anche le sole figure che verranno montate su una piastra di uno stampo già esistente.

La metà anteriore della base dello stampo comprende:

- La cavità dello stampo;
- La piastra di supporto;
- L'apertura del canale di colata in cui il materiale fluisce dall'ugello;
- Un anello di localizzazione, al fine di allineare la base dello stampo con l'ugello.

La metà posteriore della base dello stampo comprende:

- Il nucleo dello stampo;
- Il sistema di espulsione;
- La piastra di supporto.

Al termine della fase di apertura entra in funzione il sistema di espulsione, il quale ha il compito di spingere in avanti la piastra di espulsione che a sua volta porta in avanti i perni di espulsione (estrattori). Quest'ultimi creando pressione meccanica sull'articolo solidificato lo spingono fuori dalla cavità dello stampo.

2.3.3. Canali stampo

Il canale di colata è semplicemente il canale che guida la plastica fusa dall'ugello della pressa ad iniezione al punto d'ingresso dell'intero stampo. È una parte separata dallo stampo stesso. Ci sono due categorie principali di canali di colata: caldo e freddo. Infine, il cancello è la parte del canale che conduce direttamente nella cavità del pezzo.

Affinché la plastica fusa possa fluire nelle cavità dello stampo, nella sua progettazione sono contemplati diversi canali:

- **Il canale di colata** è il primo canale incontrato dalla plastica fusa una volta attraversato l'ugello, attraverso il quale la plastica fusa entra nello stampo;
- **Il canale di scorrimento** ha la funzionalità di trasporto della plastica fusa dal canale di colata a tutte le cavità presenti nello stampo.

- **Il canale di raffreddamento** permette all'acqua di fluire attraverso le pareti dello stampo in modo tale da apportare acqua di bassa temperatura e di espellere acqua di temperatura più elevata. Come è facilmente intuibile questi canali sono adiacenti alle pareti delle figure dello stampo e hanno la funzionalità di raffreddare la plastica fusa.

La parte conclusiva dei canali di colata e di scorrimento prende il nome di *gate*, esso ha il compito di fare entrate rispettivamente la plastica fusa dentro i canali di scorrimento e dentro le differenti cavità di cui è composto lo stampo.

2.3.4. *Sistema di alimentazione tradizionale o a canale freddo*

Il sistema di alimentazione a canale freddo è tra le due metodologie la più vecchia. Essa è caratterizzata dalla formazione, oltre dell'articolo desiderato, della materozza. Quest'ultima è frutto della struttura di canali che compongono lo stampo e che hanno la funzione di trasporto e guida della plastica fusa. La struttura appena citata è costituita da un ugello caldo che collega lo stampo all'unità di plastificazione e da tre principali canali freddi:

- la carota (*sprue*);
- i canali di alimentazione (*runner*);
- i canali di iniezione (*gate*).

Nella foto successiva viene rappresentata lo schema di una materozza di uno stampo multi-impronta.

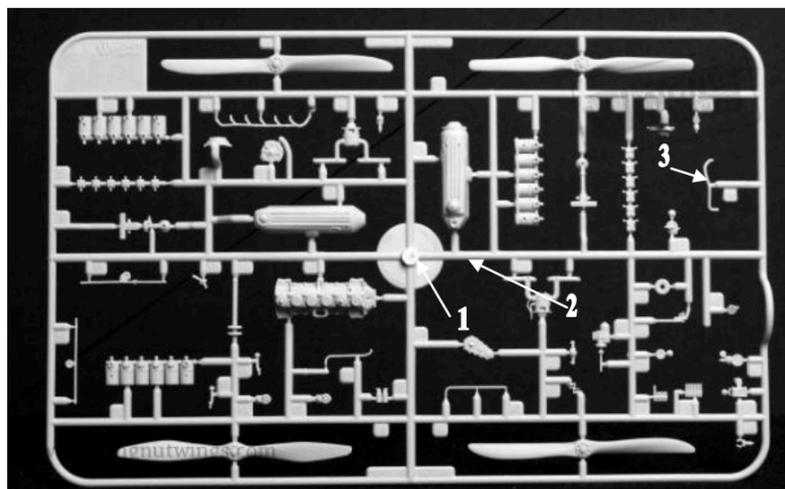


Figura 6. Schema di una materozza di uno stampo multi-impronta. 1- Punto d'iniezione. 2-Materozza

La materozza è formata dai tre elementi sopracitati: *sprue*, *runner* e *gate*; inoltre i canali di alimentazione descritti nel capitolo precedente vengono divisi nel sistema di alimentazione a freddo in due categorie:

- **I canali primari** che sono direttamente collegati alla carota;
- **I canali secondari** si possono considerare i rami che si collegano ai canali primari.

I canali di questo sistema di alimentazione hanno la caratteristica di avere la stessa temperatura dall'inizio (ugello) fino all'estremità (*gate*) che conduce successivamente alla cavità dello stampo.

Ad ogni ciclo di lavorazione il materiale iniettato nei canali e nelle cavità durante la fase di raffreddamento solidifica e verrà poi successivamente, durante la fase di apertura, estratto completamente. Il prodotto così come estratto ha bisogno di una seconda lavorazione: l'eliminazione della materozza. Questa lavorazione può avvenire manualmente o automaticamente. La materozza divisa dal prodotto finito verrà poi riciclata e riutilizzata per successive miscele.

Una caratteristica progettuale fondamentale degli stampi è che i canali vengano progettati in maniera tale da permettere alla corretta dose di resina di avere il tempo necessario per essere completamente iniettata all'interno dello stampo e quindi di non raffreddarsi fino alla temperatura di "non flusso". Essa è proporzionale al tempo di compattazione specifico del polimero. Nella progettazione dei multi-stampo si deve fare particolare attenzione a queste tempistiche in modo tale da garantire la distribuzione uniforme del materiale all'interno dei canali e delle cavità. Intuitivamente una soluzione per contrastare facilmente il fenomeno del "non flusso" può essere l'aumento del diametro dei canali riducendo in questo drasticamente il raffreddamento precoce aumentando la velocità di iniezione. Questa soluzione però penalizza fortemente il ciclo produttivo e i consumi energetici in quanto l'aumento dell'area del canale comporta una maggiore temperatura per il funzionamento del ciclo stesso.

I costi di progettazione e manutenzione degli stampi a canale freddo data la struttura interna poco complessa risultano essere economici. Questo aspetto non è assolutamente da sottovalutare dato che uno stampo di medie dimensioni (4 cavità) ha un prezzo di alcune decine di migliaia di euro.

Gli aspetti negativi invece si possono riassumere in due punti:

- I tempi di ciclo genericamente sono più lunghi rispetto al sistema di alimentazione a canali caldi;
- L'utilizzo delle materozze aumenta inevitabilmente la quantità di materia prima utilizzata per ogni singolo ciclo di produzione, incidendo in questo modo sui costi di acquisto.

2.3.5. Sistema di alimentazione a canali caldi

Il sistema di alimentazione a canali caldi viene definito anche sistema senza materozza, i canali guida in cui passa la resina fusa all'interno dello stampo sono mantenuti grazie a delle resistenze controllate da una centralina a temperature elevate consentendo in questo modo di mantenere il polimero fuso. Le resistenze mantengono i canali a temperature che si aggirano dai 180 fino ai 260 °C.

Il controllo della temperatura delle resistenze nello stampo è utile per risolvere due problemi molto frequenti nello stampaggio ad iniezione:

- **Il filo** che si genera sul punto d'iniezione dato dal fatto che la temperatura della resistenza presente sul gate della cavità è troppo elevata e che quindi il tempo di “non flusso” è troppo elevato. Diminuendo la temperatura della resistenza si velocizza il tempo di plastificazione eliminando il filo. Il filo è un difetto che viene ritenuto da qualsiasi cliente molto grave.
- **Il punto d'iniezione sporgente**, questo difetto è esattamente l'opposto, si verifica nel momento in cui la temperatura della resistenza sul *gate* della cavità è troppo bassa comportando in questo modo un tempo di solidificazione troppo basso e quindi non permettendo a tutta la dose di essere iniettata correttamente nella cavità. Il risultato è un punto d'iniezione sporgente ed anch'esso sempre contestato dai controlli qualità dei clienti. Per risolvere il problema è necessario aumentare la temperatura della resistenza dando in questo modo il corretto tempo di solidificazione alla resina.

Come si può notare da questi due frequenti errori gli stampi a canale caldo rispetto a quelli a canale freddo sono strutturalmente più complessi ed al loro interno c'è un “gioco” di

temperature molto complesso. Sono presenti le resistenze per il mantenimento della plastica fusa e il sistema di raffreddamento per solidificare l'articolo all'interno delle cavità.

È estremamente importante gestire con la massima attenzione queste temperature per avere un prodotto finito qualitativamente accettabile nel minor tempo ciclo possibile. Vorrei far notare che una diminuzione di pochi decimi su un tempo ciclo di qualche secondo ottenuta grazie ad una gestione attenta di queste temperature può tramutarsi in un consistente aumento di fatturato su base annua.

In comparazione ai canali tradizionali i sistemi di alimentazione a caldo sono più convenienti da un punto di vista produttivo:

- Hanno un minor tempo ciclo perché si riduce notevolmente la fase di raffreddamento (meno materiale da raffreddare);
- Lavorano a temperature minori consumando in questo modo un quantitativo inferiore di energia.
- Grazie all'assenza di materozza si ha un notevole risparmio di materia prima e una minore quantità di kg di scarto prodotti.

L'aspetto negativo di questi stampi è la struttura molto complessa, che ha un impatto pesante sul costo di acquisto dello stesso e, spesso, anche un'elevata produzione non riesce a giustificare il costo di tale investimento.

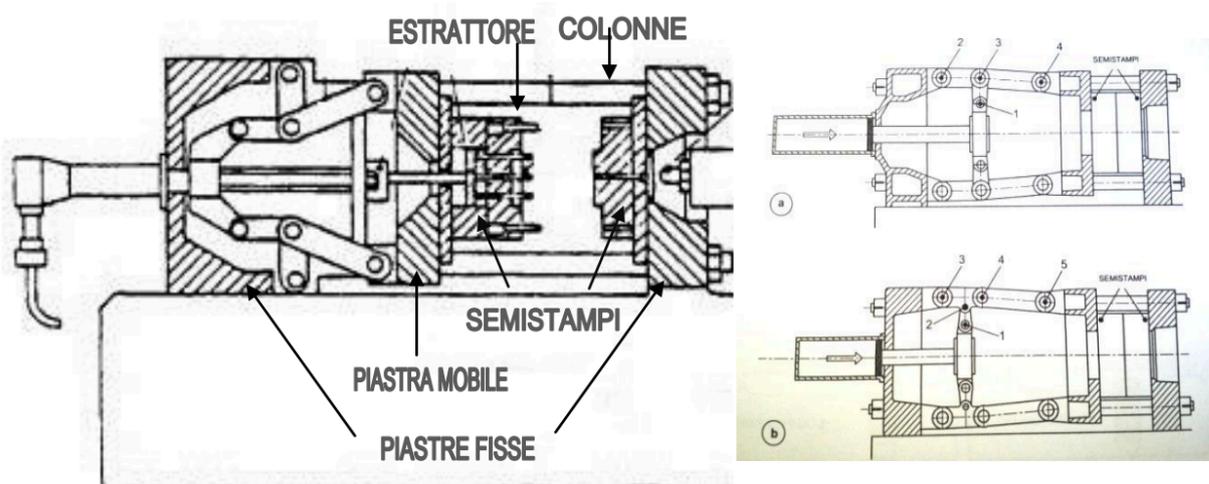


Figura 7. Sezione trasversale pressa ad iniezione

2.4. Robot cartesiani - antropomorfi

I robot cartesiani sono manipolatori usati per la movimentazione dei prodotti. Essi sono dotati di una mano di presa grazie alla quale trasferiscono un componente da una parte all'altra. Vengono impiegati nelle operazioni di carico-scarico dei particolari o per l'imballaggio dei prodotti finiti.

Il controllo del movimento in genere avviene con il sistema "*punto-punto*", in considerazione che non è importante il controllo della traiettoria, ma serve unicamente per rispettare dei punti di passaggio in modo da raggiungere la posizione finale. È importante stabilire una traiettoria, ovvero un insieme di punti per evitare ostacoli nell'ambiente di lavoro. Il robot deve possedere movimenti molto versatili, le strutture più utilizzate sono quella cartesiana o quella antropomorfa / articolata se il percorso è complesso e a seconda dei movimenti richiesti.

I tre movimenti principali sono realizzati da coppie/giunti prismatici. È presente una base che si trasla in orizzontale, una colonna e un braccio che si muove/estende in verticale. I movimenti avvengono in uno spazio di fronte al robot formando un volume simile ad un parallelepipedo. Ogni punto raggiungibile è individuato da una terna cartesiana di riferimento. Per quanto riguarda i robot cartesiani la modellazione e la programmazione sono semplici in quanto i movimenti avvengono lungo i tre assi cartesiani. Mentre per i robot antropomorfi la programmazione è molto più complessa in quanto devono svolgere movimenti non solo orizzontali e verticali ma anche rotativi. La capacità di effettuare all'infinito manipolazioni ripetitive con maggiore forza, migliore precisione e assoluta costanza nel tempo consente di utilizzare i *robots* per ottenere livelli di produttività, efficienza e marginalità significativamente superiori, migliorando allo stesso tempo la qualità del lavoro e comprimendo i rischi per i lavoratori.

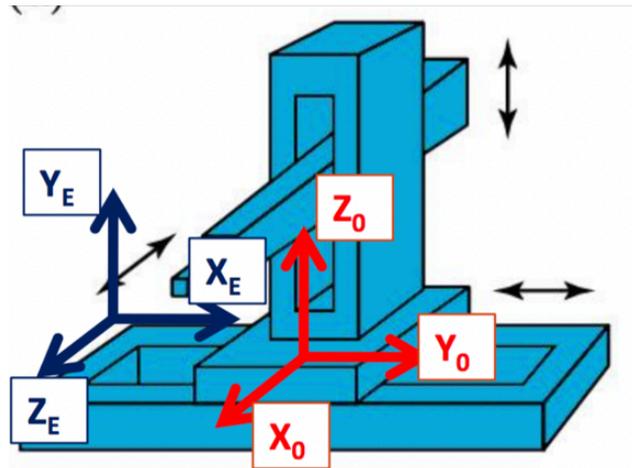


Figura 8. Manipolatore cartesiano

Il sistema di azionamento dei robot è molto simile a quello delle macchine a controllo numerico. Lo scopo è quello di trasformare l'energia in ingresso in energia meccanica sulla base di segnali di comando in bassa potenza. Gli azionamenti della robotica sono essenzialmente di tre tipi:

- **Elettrici:** sono i più diffusi. Permettono di ottenere movimenti precisi, ripetibili, sono semplici da controllare, si interfacciano direttamente con l'unità di governo.

Viene utilizzato con:

- motori passo-passo;
 - servomotore a corrente continua;
 - motori *brushless*: sono compatti e hanno il miglior compromesso tra prestazioni e dimensioni;
 - motori asincroni con inverter.
- **Pneumatici:** formati da un cilindro e un pistone al suo interno, il quale divide l'area in due sezioni. Viene indirizzata aria compressa per far muovere il pistone. Non si raggiungono pressioni elevate, nella maggior parte dei casi si raggiunge una pressione massima di 5 bar. Il limite più importante è legato alla movimentazione perché l'aria è un fluido comprimibile e quindi c'è il rischio che si ottenga un movimento diverso da quello voluto. Nel caso in cui si avesse una forza sul braccio che si oppone al movimento, il pistone non si arresta ma continua a comprimere il gas. (Possiamo prendere ad esempio la classica sedia da scrivania, che con il peso si abbassa.)

L'azionamento pneumatico è ottimo per: carichi leggeri, dimensioni robot ridotti e nel caso in cui non sia richiesta elevata precisione (nell'ordine di 1 mm). Questo

azionamento è utilizzato esclusivamente nei manipolatori molto semplici ad uno o due gradi di libertà per l'esecuzione di movimenti semplici e ripetitivi di tipo *"Pick and Place"*. L'azionamento è poco costoso, ma anche poco rigido (preciso) in quanto, come detto precedentemente, l'aria è fortemente comprimibile.

- **Oleodinamici:** utilizzato per carichi molto pesanti e gravosi. I robot e i motori sono di dimensioni elevate e con potenze che non si possono raggiungere altrimenti. Hanno come vantaggio l'alta potenza utilizzabile. Il funzionamento è simile all'azionamento pneumatico. Ci sono pistoni con all'interno olio a pressione e si supera quindi il problema del fluido comprimibile perché l'olio è considerato incompressibile. Si raggiungono pressioni elevate dell'ordine di 100/200 bar.

Ci sono inconvenienti legati alla gestione dell'olio che:

- Richiede un contributo energetico di potenza e quindi si deve sovradimensionare il sistema. La maggior parte dell'energia è spesa per la gestione dell'olio;
- Le potenze utilizzate dagli assi sono piccole rispetto alla potenza installata complessiva;
- Si richiedono valvole di sicurezza che sono costose e complesse;
- Possono innescarsi delle vibrazioni;
- Lavorando a pressioni elevate possono essere presenti trafile, cioè che l'olio tenda ad uscire, creando problemi di scorie nella zona degli azionamenti.

Ogni macchina ad iniezione è attrezzata con un robot cartesiano di asservimento, esso ha il compito di prelevare il pezzo finito dallo stampo dopo la fase di apertura e di appoggiarlo sul nastro impilandolo.

Successivamente l'operatore inserirà il prodotto finito nel box in cartone concludendo in questo modo il processo produttivo dal granulo della materia prima allo stock in magazzino del prodotto finito.



Figura 9. Robot cartesiano di asservimento pressa ad iniezione

2.5. Tecnologia In Mould Labelling

“*In Mould Labeling*”, il cui acronimo è semplicemente IML, è un sistema di decorazione che permette di personalizzare gli articoli direttamente durante lo stampaggio rendendo, in questo modo, gli oggetti più resistenti all'usura. Potrebbe sembrare un sinonimo di etichettatura ma, in realtà, così non è in quanto non vi è presenza di colla: il risultato è ottenuto mediante una pellicola, che viene prodotta nello stesso materiale dell'oggetto da personalizzare.

La tecnologia IML permette di avere un prodotto finito composto dall'item da decorare completato dall'etichetta facenti parte di un unico prodotto. Non è prevista un'applicazione successiva alla realizzazione del prodotto, ma la decorazione avviene direttamente durante la fase di stampaggio.

Questo processo avviene mediante un passaggio meccanico: il manipolatore cartesiano, quando si appresta a prelevare il particolare finito, prodotto in una specifica resina, dallo stampo anteriore in fase di apertura, inserisce nello stesso istante l'etichetta, sempre composta dalla stessa resina, nella parte posteriore dello stampo. In sostanza, l'etichetta grazie all'alta temperatura, alla plastica fusa iniettata nello stampo e per effetto della pressione esercitata sulla superficie, viene inglobata nell'oggetto stesso, realizzando una pellicola che diventa un tutt'uno con l'articolo.

Il robot che applica l'IML ha anche il compito di gestire la logica di funzionamento del magazzino etichette, l'inserimento della stessa nello stampo e di gestire il manipolatore di scarico del prodotto finito.

La macchina preleva le etichette specifiche per IML (spessore 60-85 μm) dal magazzino etichette, le deposita sul sistema di inserimento etichette nello stampo (tamponi), così da essere inserite nella parte fissa dello stampo. Successivamente preleva i particolari stampati nel ciclo precedente ed esegue, mediante un sistema di visione, un controllo di qualità degli *item* appena prodotti. Il manipolatore di scarico prende in consegna i pezzi e li deposita sul nastro trasportatore se il controllo qualità è risultato positivo, altrimenti li deposita sul nastro pezzi di scarto.

Essendo l'impianto completamente automatico, l'operatore deve provvedere esclusivamente al carico delle etichette nei magazzini ed allo scarico dei particolari stampati depositati sul nastro trasportatore.

Di seguito si riporta una descrizione generica dell'impianto IML:

- Magazzino etichette composto da più postazioni di contenimento;
- Sistema di carica elettrostatica per conferire alle etichette un effetto adesivo temporaneo;
- Asse elettrico di carico etichette nello stampo;
- Asse elettrico di scarico del componente stampato;
- Manipolatore di scarico con sistema di presa particolari stampati per deposito ordinato su nastro;
- Nastro trasportatore;
- Sistema di visione per controllo qualità;
- Gestione del pezzo di scarto con scarico su nastro trasportatore alternativo.

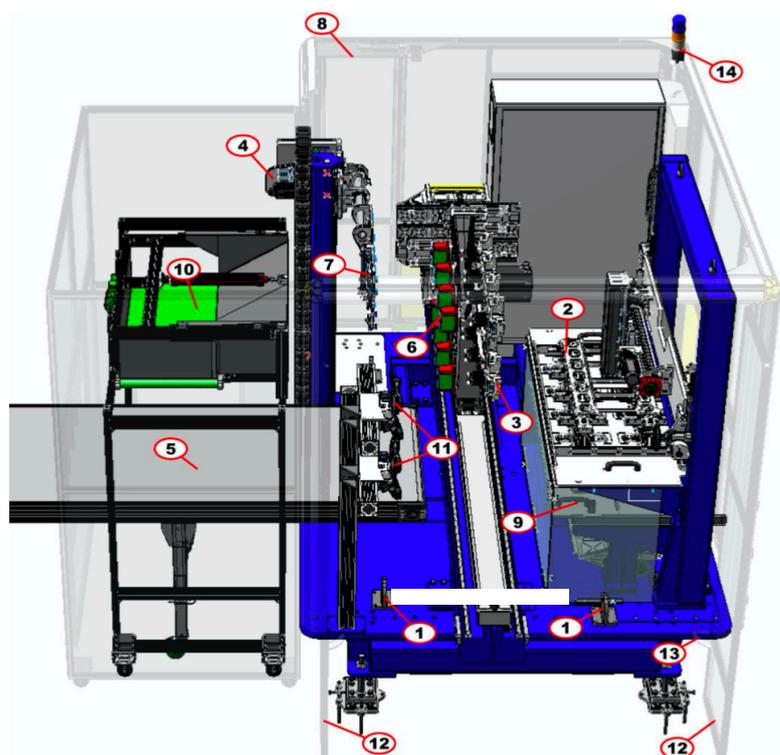


Fig. 2 – composizione macchina

1	Supporti di ancoraggio per sollevamento	8	Porta di accesso area di lavoro della macchina con interblocco di sicurezza e blocco
2	Sistema di presa etichette Sn 5368-0105	9	Posaggi etichette su magazzino IML
3	Tamponi di inserimento etichette nello stampo	10	Scivolo pezzi scarto con nastro trasportatore della MB Conveyors, modello T50 STD, Sn B93354
4	Manipolatore di scarico Sn 5368-0104	11	Fotocamere per sistema di visione e controllo qualità
5	Nastro di uscita particolari stampati della MB Conveyors, modello PA ALL, Sn B93352	12	Paratie regolabili di limitazione dell'area di lavoro
6	Sistema di presa pezzi stampati	13	Registro paratie regolabili
7	Sistema di presa pezzi stampati per deposito su nastro trasportatore	14	Colonnina luminosa di segnalazione

Figura 10. Composizione robot asservimento per tecnologia IML

3. Impianti

Tutti gli impianti dello stabilimento di ogni reparto vengono divisi nel seguente modo secondo le linee guida di Enea per la diagnosi e il monitoraggio energetico nelle imprese industriali:

- a) **“Attività principali** (“aree funzionali”, “laborazioni” o “reparti”): *in tale descrizione vanno inserite tutte le attività legate all’articolazione della produzione o che caratterizzano il servizio erogato, distinte per tipologia di prodotto/servizio laddove applicabile, e strutturate in fasi funzionali ben distinte.”*
- b) **“Servizi ausiliari** (c.d. “utilities”): *in tale descrizione vanno inserite tutte le attività a supporto delle attività principali quali ad esempio il sistema di produzione dell’aria compressa, la centrale termica, la centrale frigo, i sistemi di aspirazione, di movimentazione dei materiali, ecc. “*
- c) **“Servizi generali**: *in tale descrizione vanno inserite tutte le attività che sono connesse al processo produttivo/ servizio offerto i cui fabbisogni però non sono ad essi strettamente correlati. In questo contesto entrano in gioco l’illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione in generale, gli uffici, ecc.”*

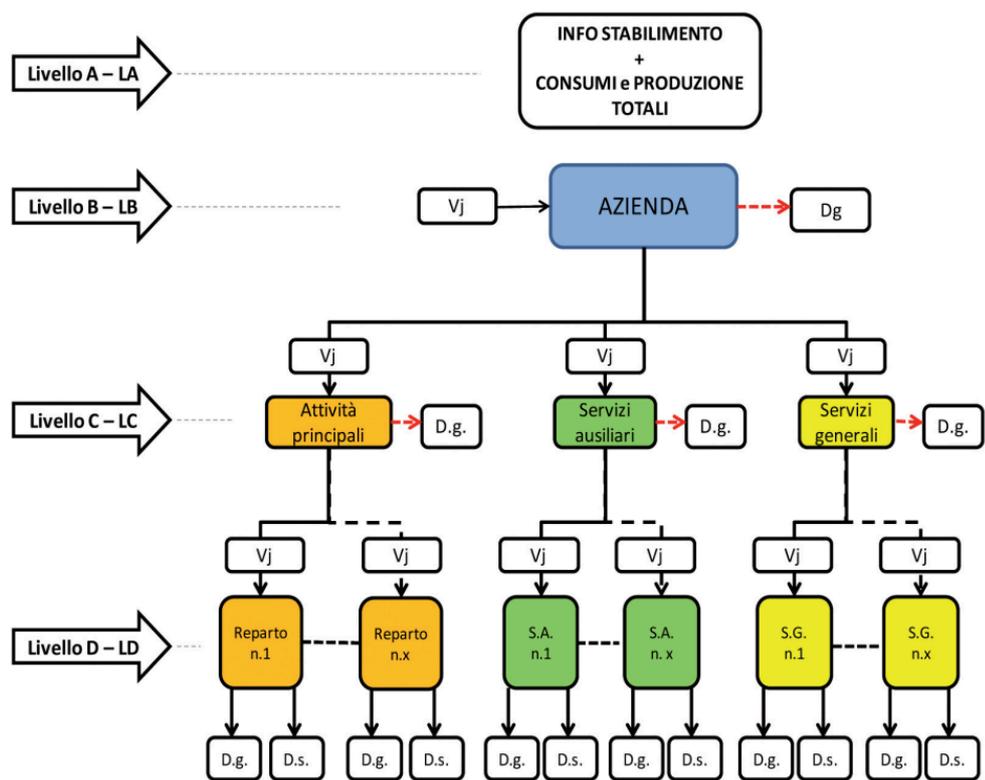


Figura 11. Schema riassuntivo suddivisione impianti industriali

Fonte: Analisi dei dati relativi alle diagnosi energetiche e individuazione preliminare degli indici di prestazione nei settori della lavorazione della gomma e della trasformazione delle materie plastiche

L'organizzazione dell'attività nel suo complesso viene suddivisa nel modo seguente:

	Lavorazioni
Attività principali	Stampaggio ad iniezione
	Impianto di raffreddamento - Gruppi frigo
Servizi ausiliari	Stoccaggio prodotti finiti
	Impianto aria compressa
	Stoccaggio e movimentazioni materie prime
	Mezzi di movimentazione interni
	Impianto di climatizzazione
Servizi generali	Edifici
	Illuminazione
	Impianto antincendio

Tabella 2. Attività suddivise seguendo le linee guida ENEA

3.1. Impianti nei reparti produttivi

Nei reparti produttivi avviene, tramite lo stampaggio ad iniezione, la trasformazione delle materie plastiche nel prodotto finito, mediante presse azionate e riscaldate elettricamente, che utilizzano stampi intercambiabili. Nei reparti oggetto dello studio sono presenti 39 presse di differenti caratteristiche per azionamento e potenza.

“Nel campo dello stampaggio un ruolo importante è giocato dal tipo di azionamento della pressa. Come approfondito nel capitolo delle tecnologie di trasformazione nel processo di stampaggio ad iniezione esistono due generazioni di macchine: quelle tradizionali di tipo idraulico e quelle elettriche di realizzazione più recente. Le presse idrauliche sono efficienti sotto il profilo dell’ottimizzazione del ciclo produttivo, ma non lo sono altrettanto sotto il profilo energetico. Queste macchine hanno un rendimento complessivo molto basso, richiedendo una quantità di energia più elevata rispetto a quella strettamente necessaria dal punto di vista termodinamico per la trasformazione della plastica. Da quanto letto nelle diagnosi che specificavano il tipo di macchine da stampaggio installate i due sistemi sono quasi sempre presenti contemporaneamente all’interno dello stesso stabilimento.”

La pressa ad azionamento elettrico tendenzialmente ha un apporto energetico più sostenibile perché durante il ciclo produttivo nei momenti in cui lo stampo è fermo (tempo di raffreddamento) l’apporto energetico è pari a zero. Tant’è vero che una pressa elettrica è consigliata dal punto di vista dei consumi energetici per cicli lunghi, invece una pressa idraulica è più performante, sempre da un punto di vista legato al fabbisogno energetico, per cicli produttivi con durate minori.

I reparti produttivi analizzati sono tre, ognuno del quale vede le presse posizionate in fila sul lato destro e sul lato sinistro che per semplicità chiameremo: reparto R1, reparto R2 e reparto R3.

- Il **raffreddamento dello stampo** durante ogni ciclo di produzione, necessario per raffreddare il prodotto prima di essere prelevato, è costituito da un circuito chiuso alimentato ad acqua, la quale viene raffreddata da una batteria di otto unità frigo;
- Il **raffreddamento della parte pressa**, necessario per raffreddare l’olio all’interno della stessa è costituito da un circuito chiuso alimentato ad acqua anch’esso, la quale viene raffreddata da una batteria di otto unità di termoconvettori con scambiatori di calore;

- L'impianto che produce **aria compressa** necessaria per la movimentazione di tutte le parti meccaniche è composto da un impianto di distribuzione alimentato da tre compressori;
- **L'impianto di riscaldamento** è alimentato da una centrale termica;
- **L'impianto d'illuminazione** è composto da corpi illuminanti distribuiti nei tre reparti per la luce diffusa e da corpi illuminanti specifici installati sulle singole postazioni per il controllo qualitativo degli articoli;
- **L'impianto elettrico** è asservito da un punto di consegna di energia ad alta tensione, due cabine di trasformazione che trasformano l'energia elettrica da 15.000 a 380 volt, una cabina di condensatori e blindo-sbarra per la distribuzione alle singole presse.
- **L'impianto di distribuzione della materia prima** è asservito da tre turbine che mediante la creazione di un sottovuoto aspirano i materiali dai silos di stoccaggio e lo distribuiscono alle singole presse.
- Le presse sono dotate di un sistema di **aspirazione fumi**, azionato da un motore elettrico controllato con inverter.

3.2. Gruppi frigo - termoconvettori

L'impianto di raffreddamento dell'acqua è suddiviso in separati circuiti: uno per il raffreddamento stampi ed uno per il raffreddamento olio delle presse. È stata necessaria tale suddivisione in quanto i due circuiti devono lavorare a temperature dell'acqua differenti. Per il circuito stampi vengono utilizzate otto macchine frigorifere che lavorano ad una temperatura media di 15 gradi centigradi:

- Due gruppi uguali della Nova Frigo Engineering S.r.l, modello R-45 con potenza 48,7 kWh ciascuno;
- Due gruppi uguali della Nova Frigo Engineering S.r.l, modello R-65 con potenza 81,4 kWh ciascuno;
- Una macchina Nova Frigo Engineering S.r.l, modello RC-80 con potenza 78 kWh;
- Tre gruppi frigo uguali della Nova Frigo Engineering S.r.l, modello RC-120 con potenza 118,6 kWh ciascuno.

Per il circuito olio presse sono utilizzati sei termoconvettori modello Nova Frigo TS 120 con potenza da 7,5 kWh cadauno che lavorano ad una temperatura media di 25-35 °C in quanto normalmente lavorano con un salto termico di 5 °C inferiori alla temperatura esterna, per questo motivo sono posizionati all'esterno sul tetto dello stabile. Inoltre, in inverno utilizzando l'aria fredda esterna sono di ausilio al circuito di raffreddamento stampi per ridurre ed ottimizzare i consumi energetici dei gruppi frigo.

3.3. Impianto aria compressa

Per la produzione dell'aria compressa sono in servizio tre compressori. Due sono della Pneumofore e uno dell'Atlas Copco, essi lavorano grazie a motori elettrici ed i modelli dei compressori sono i seguenti:

- Modello UR9 da 75 kWh;
- Modello UR6 da 45 kWh;
- Modello GSVD da 75 kWh.

I compressori garantiscono in media 8 bar di pressione costanti alla linea di produzione. L'aria compressa ha lo scopo di far funzionare i manipolatori cartesiani, antropomorfi e agevola il sistema di estrazione del manufatto dallo stampo nella fase di apertura del processo di produzione all'interno della macchina a iniezione.

3.4. Impianto di riscaldamento - Raffrescamento

Nello stabilimento è presente una centrale termica in cui sono installati due generatori a condensazione prodotti dalla Viessman, modello Vitocrossal 200 da 293 kWh cadauno di potenza termica utile nominale. La centrale fornisce calore per il riscaldamento ambiente dei reparti di produzione e del magazzino.

La climatizzazione estiva dei reparti produttivi è ottenuta sfruttando lo scambio termico del circuito di raffreddamento degli stampi e con il supporto di sei termoconvettori posizionati sopra la copertura dell'area di macinazione plastica. I quali sono collegati ad una centralina, che sulla base del differenziale termico con l'esterno, è capace di alternare l'utilizzo dei circuiti

di raffreddamento degli stampi con quello dell'aria esterna per il raffrescamento, ottimizzando in questo modo i consumi e mantenendo una temperatura nell'ambiente di lavoro ottimale per gli operatori e per le presse.

3.5. Impianto illuminazione

Lo stabilimento ha un impianto dedicato all'illuminazione esterna, con una potenza totale installata uguale a 1,35 kWh. L'accensione dell'illuminazione è automatica e comandata da interruttori crepuscolari. Anche se afferente alla attività principale si riporta in questo paragrafo la potenza totale installata per l'illuminazione dei reparti produttivi e dei magazzini:

- Reparti produttivi: 24,71 kWh;
- Magazzini: 12,94 kWh.

3.6. Impianto antincendio

L'impianto antincendio è composto da una rete d'idranti e un impianto sprinkler. La pressione necessaria all'esercizio è fornita da una elettropompa da 55 kWh, più una motopompa a gasolio. L'impianto dispone di una alimentazione elettrica dedicata.

3.7. Impianto elettrico

L'impianto elettrico è asservito da un punto di consegna di energia ad alta tensione, successivamente l'alta tensione viene trasformata da 15.000 a 380 V in due cabine di trasformazione e distribuita nei vari reparti di produzione e magazzini tramite blindo sbarra.

Il consumo energetico annuale si aggira intorno agli 8 milioni di kWh con una potenza massima istantanea installata di 1.560 kW.

3.8. Impianto distribuzione materia prima

3.8.1. Trasporto automatico centralizzato

I tre reparti di produzione sono asserviti da un impianto automatico centralizzato di distribuzione della materia prima. In una prima fase la materia prima viene stoccata in silos, successivamente mediante tre turbine che creano il vuoto viene aspirata dai silos e distribuita alle singole presse.

Il granulo viene trasportato in modo rapido ed in sicurezza da eventuali corpi estranei dai silos alla tramoggia della pressa, in quella dell'essiccatore o nel contenitore giornaliero a bordo macchina in base al suo fabbisogno.

Ogni pressa è dotata di un alimentatore monofase capace di alimentare automaticamente le tramogge in modo efficiente ed economico.

La gestione automatica dell'alimentatore gli permette di controllare la quantità di materiale necessario e quindi di provvedere ad alimentare la macchina ad iniezione. Evitando in questo modo fermi di produzione dovuti a presse che effettuano cicli di produzione senza materia prima ed escludendo in aggiunta perdite di materiale. Il posto di lavoro rimane pulito e sicuro. Gli alimentatori sono utilizzabili per portate di materiale da 15 a 200 kg/h.

3.8.2. Dosatore - miscelatore

Ogni pressa è dotata di un dosatore/miscelatore che con un'elevata precisione di dosaggio e ripetibilità è di fondamentale importanza quando si aggiungono additivi o master coloranti direttamente nella macchina ad iniezione per garantire una corretta quantità e qualità di miscelazione. Il dosatore è montato direttamente sopra l'apertura di alimentazione della pressa occupando uno spazio ridotto, è in grado di gestire differenti materiali con differenti densità e caratteristiche di fluidità.

3.8.3. Essiccatore

Per produrre particolari con differenti caratteristiche alcune volte è necessario che la materia prima inserita nel processo di produzione sia essiccata. Quindi prima di essere caricata nella tramoggia della pressa deve stazionare per un certo periodo in un essiccatore, in modo da

raggiungere il corretto equilibrio di umidità. Gli essiccatori vengono posizionati a bordo macchina ed è importante stabilire preventivamente la loro dimensione in base alla quantità di materia prima che si vuole trasformare in un determinato intervallo di tempo.

3.8.4. Silos - Stoccaggio ponderato

A monte dell'impianto di distribuzione della materia prima è necessario avere uno stoccaggio della stessa utilizzando contenitori/silos di differenti dimensioni. Tali silos possono essere alimentati manualmente o direttamente dai mezzi di trasporto inviati dai produttori della materia prima. Avere la soluzione ottimale di stoccaggio per le esigenze di alimentazione materiale aiuta a risparmiare spazio e materie prime nonché di abbassare il dispendio e i costi di trasporto.

Nome	Quantità	Descrizione			
Forno	1	Reparto Imballaggio			
Macchina macinatura	2	Zona macinatura			
	2	Presso macchine articoli promozionali (materozza)			
Frigo	3	Zona frigo	Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC120		pot. 118,6 Kw
			Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC65		pot. 81,4 Kw
			Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC65		pot. 81,4 Kw
	3	Zona silos	Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC65		pot. 81,4 Kw
			Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC45		pot. 48,7 Kw
	2	Zona silos	Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC45		pot. 48,7 Kw
			Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC80		pot. 78 Kw
			Gruppo frigorifero mod. NOVA FRIGO RC120		pot. 118,6 Kw
Compressori	3	Zona compressori	Pneumofore UR6	Arancione 1	pot.45 Kw
			Pneumofore UR9	Arancione 2	pot.75 Kw
			Atlas Copco	Grigio	pot.75 Kw
Fanuc	3	Zona forno	F1		
			F2		
			F3		pot.5 kW/cad.
	2	Reparto 2	F4		
			F5		
Dischettatrici	2	Terzo reparto			pot.21,6 kW pot.8 kW

Tabella 3. Riassunto impianti con potenza massima associata

4. Magazzino

4.1. Stoccaggio e movimentazione materia prima

La materia prima sotto forma granulare è confezionata in sacchi da 25 kg, arriva dai fornitori con autotreni e dopo un accurato controllo qualitativo viene stoccata nei magazzini o all'aperto. È molto comune che le varie tipologie di resine vengano stoccate all'aperto per problemi di carico d'incendio. Successivamente viene versata nei silos, dai quali tramite un impianto pneumatico con pompe che creano sottovuoto viene inviata alle singole presse, le quali sono tutte dotate di tramoggia e di alimentazione automatica.

4.2. Materia prima

La scelta del materiale da utilizzare per la produzione dell'articolo è soggetta alla valutazione delle proprietà intrinseche di ogni resina, infatti bisogna valutare la resistenza meccanica, fisica e chimica o la resistenza al calore, all'elettricità, alle fiamme o ai raggi ultravioletti. Inoltre, è di fondamentale importanza valutare anche la resistenza al freddo nel caso in cui si parli di *packaging* alimentare, poiché il contenuto potrebbe essere surgelato.

Le resine più comuni sono: Polipropilene (PP), Polietilene (PE), Polistirene (PS), Polistirolo cristallo (PST), ABS, Poliammide (PA), LCP, Policarbonato e Tecnopolimeri. Tutti vengono prodotti sotto forma di granuli e imballati in sacchi da 25 kg o consegnati sfusi nel caso si avesse bisogno di quantità specifiche da caricare direttamente nei silos.

Le resine possono essere di colore neutro o colorate. Le resine neutre possono essere colorate durante la fase di stampaggio. I coloranti, più semplicemente definiti master, possono essere aggiunti in percentuale direttamente nella tramoggia in modo tale da ottenere il colore del pantone di riferimento.

Ogni materiale ha proprietà diverse che influenzano la resistenza e la funzionalità del prodotto finito, queste proprietà determinano anche i parametri da utilizzare durante la fase di stampaggio. Ogni materiale richiede un diverso *mix* dei parametri di lavorazione nel processo di stampaggio ad iniezione, infatti la temperatura di iniezione, la pressione di iniezione, la

temperatura dello stampo, la temperatura di espulsione e il tempo di ciclo dovranno essere singolarmente impostati in base alla resina.

Di seguito viene mostrato un confronto di alcuni materiali comunemente usati:

Polipropilene:

- Abbreviazione: PP;
- Nomi commerciali: Novolen, Appryl, Escorene;
- Descrizione: Leggero, resistente al calore, elevata resistenza chimica, resistenza ai graffi, aspetto ceroso naturale, resistente e rigido, basso costo;
- Applicazioni: Packaging alimentare, automotive (paraurti, coperture, finiture), bottiglie, tappi, casse, maniglie, alloggiamenti, giocattoli.

Acrilonitrili Butadiene Stirene:

- Abbreviazione: ABS;
- Nomi commerciali: Cycolac, Magnum, Novodur, Terluran;
- Descrizione: Forte, flessibile, basso ritiro nello stampo (tolleranze strette), resistenza chimica, capacità di galvanoplastica, naturalmente opaco, basso/medio costo;
- Applicazioni: Automotive (console, panels, trim, vents), boxes, gauges, housings, inhalors, toys.

Poliammide 6 (Nylon):

- Abbreviazione: PA6;
- Nomi commerciali: Akulon, Ultramid, Grilon;
- Descrizione: Alta resistenza, resistenza alla fatica, resistenza chimica, basso creep, basso attrito, quasi opaco/bianco, costo medio/alto;
- Applicazioni: Cuscinetti, boccole, ingranaggi, rulli, ruote dentate.

Elastomero termoplastico/gomma:

- Abbreviazione: TPE/R;
- Nomi commerciali: Hytrel, Santoprene, Sarlink;
- Descrizione: Robusto, flessibile, costo elevato;
- Applicazioni: Boccole, componenti elettrici, guarnizioni, rondelle.

Polietilene ad alta densità:

- Abbreviazione: HDPE (dall'inglese high-density polyethylene);
- Descrizione: Poche ramificazioni, resistenza alle trazioni, resistenza chimica, alta forza specifica, duro ed opaco a elevate temperature, costo basso/medio;
- Applicazioni: Cavi per le telecomunicazioni, contenitori di vario tipo, mobilio in plastica, sistemi di tubazioni, borse di plastica, tappi, bottiglie ecc.

Nella tabella seguente si riporta il totale di materia prima trasformata nel periodo 2014 – 2019.

	Ton					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Polistirolo	4107	3915	4826	5123	4948	5522
Polipropilene	1144	1097	1396	1677	2073	2628
ABS	97	14	26	71	68	74
Poliammide 6	75	46	0	0	0	26
Polietilene HD	0	98	93	111	36	38
Tecnopolimeri	0	19	3	3	3	3
Pigmenti colorati	31	26	27	28	31	36
Totale	5454	5215	6371	7013	7159	8327

Tabella 4. Totale di materia prima trasformata nel periodo 2014 – 2018

I polimeri termoplastici sono materiali plastici che possono essere fusi, raffreddati e solidificati più volte. I materiali termoplastici possono essere riciclati e riutilizzati. Reinseriti immediatamente nel ciclo produttivo dopo essere stati macinati (ad esempio le materozze e le eventuali parti di scarto). Tale materiale macinato ha la possibilità di essere aggiunto nuovamente al materiale vergine. In genere, i reparti di controllo qualità limitano la quantità di macinato che può essere inserito nuovamente nel ciclo produttivo, poiché alcune proprietà prestazionali della resina potrebbero subire delle alterazioni.

Nel momento in cui la quantità di materiale di scarto o di materiale utilizzato numerose volte non potesse essere completamente assorbita dalla produzione stessa, potrà essere venduta e riutilizzata in altri prodotti aventi caratteristiche tecniche meno performanti. Ad esempio, cassonetti per la spazzatura o cassette di plastica per frutta verdura e polli.

4.2.1. Caso Ferrero - New Plastics Economy Global Commitment

“Ferrero ha da sempre adottato comportamenti responsabili per offrire prodotti di alta qualità, che contribuiscano positivamente sia alla società di oggi che a quella futura. Questa convinzione continua a spingerci verso una catena del valore responsabile costituita da un approvvigionamento sostenibile, una produzione sostenibile e, ora, da un rafforzamento ulteriore del nostro impegno per un packaging ancora più sostenibile. Siamo lieti di annunciare quindi il nostro impegno verso imballaggi 100% riutilizzabili, riciclabili o compostabili entro il 2025 e la firma del New Plastics Economy Global Commitment promosso dalla Ellen MacArthur Foundation, che ci permette di supportare l'accelerazione verso un'economia circolare” ha affermato **Giovanni Ferrero, Presidente Esecutivo del Gruppo Ferrero.**

Le grandi multinazionali, come ad esempio la Ferrero, attraverso policy aziendali possono avere un forte impatto a livello gestionale e sui costi interni dei loro fornitori. Questo esempio è legato al fatto che sostituire i propri imballaggi con un packaging più eco-sostenibile è una decisione così radicale ed allo stesso pienamente condivisibile che si trasmette a tutta la catena del valore: partendo dalle materie prime, passando per gli impianti produttivi e la logistica. Vengono quindi coinvolti i fornitori in un radicale cambiamento di metodologia di produzione e approvvigionamento di materie prime.

Un'azienda terzista come Omnia, fortemente soggetta alle decisioni dei propri clienti, deve avere la prontezza e la flessibilità di poter rinnovare velocemente le proprie caratteristiche produttive a seconda dell'esigente dei propri clienti. Tant'è vero che la tabella 4, la quale riassume i consumi delle materie prime, si pensa che cambierà notevolmente nei prossimi 4 o 5 anni. Il cambiamento consisterà: in una riduzione del polistirolo considerato dalle multinazionali sempre meno eco-sostenibile ed in un forte aumento del polipropilene, il quale ha la caratteristica di essere più facilmente riciclabile. Inoltre, è doveroso fare una finale riflessione: le grandi multinazionali operanti nel settore alimentare hanno deciso di utilizzare tutte le stesse materie prime: il PP e il PET, per il loro packaging alimentare in modo tale da agevolare i processi di raccolta rifiuti e riciclaggio.

4.3. Imballaggio e stoccaggio prodotti finiti

Ogni pressa ha un sistema specifico di movimentazione del prodotto finito: esso una volta prelevato dallo stampo dal manipolatore laterale/verticale viene trasferito sul nastro per il confezionamento. Quest'ultimo può avvenire manualmente mediante un operatore che provvede ad impilarlo in scatole d'imballaggio o automaticamente con robot antropomorfo.

Al termine della fase di confezionamento il prodotto imballato verrà posizionato su *pallet* che a loro volta vengono protetti, e quindi avvolti, da un film in nylon mediante un'avvolgitrice o un forno di termo retrazione. In questa fase viene posta un'etichetta direttamente sulla pedana, essa è caratterizzata da un codice a barre che identifica il prodotto mediante il codice dell'articolo, la data e turno di produzione, l'operatore e l'approvazione del controllo qualità. Tutte queste informazioni sono fondamentali per la tracciabilità da parte del cliente. Infine, il prodotto finito viene trasferito e stoccato nei magazzini.

4.4. Mezzi di movimentazione interna

Lo spostamento sia della materia prima sia dei prodotti finiti nei rispettivi magazzini è effettuato grazie carrelli elettrici o con motore endotermico.

Il consumo di gasolio e il gas naturale non verranno analizzati in questa diagnosi perché ricoprono meno del 5% sul consumo totale.

5. Analisi energetica

Nei capitoli precedenti è stata analizzato e descritto il processo di produzione affinché sia possibile comprendere l'analisi energetica che segue.

La presente diagnosi si riferisce al 2019. I dati annuali utilizzati sono: le ore lavorate e i kg di materia prima trasformata da ogni singola pressa, le ore lavorate dalla manodopera e i consumi di energia delle presse, impianti e attrezzature. Sono stati inseriti anche i valori dei consumi energetici di ogni vettore dal 2014 al 2019 in modo da avere una continuità di dati e poter eseguire delle comparazioni.

Sono state utilizzate le unità di misura del sistema metrico internazionale per tutte le grandezze trattate nella presente diagnosi. In particolare:

- Chilowattora (kWh) per l'energia elettrica, con fattore di conversione in tep uguale a $0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh.
- Standard metro cubo (Smc) per il gas naturale;
- Tonnellate per il consumo di gasolio.

5.1. Consumi Energetici

Lo stabilimento importa **energia elettrica** da due POD:

- ROXXXXXXXXXX828 con potenza disponibile in import di 1,56 MW. Sul punto di connessione è stato installato dal distributore un misuratore, il quale misura l'energia prelevata dalla rete MT. Sono presenti due cabine elettriche di trasformazione: una per gli uffici ed una per i reparti di produzione. Il rifasamento viene assicurato con appositi quadri rifasatori e viene monitorato costantemente.
- ROXXXXXXXXXX101 con potenza disponibile in import di 31 kW. Sul punto di connessione è installato dal distributore un misuratore, il quale misura l'energia prelevata dalla rete BT. Questa alimentazione è dedicata esclusivamente all'impianto antincendio.

La distribuzione e il prelievo in MT ai reparti di produzione è garantita da sette blindo.

Gas naturale da due PDR:

- Dal primo viene prelevato in bassa pressione ed è utilizzato per alimentare i bruciatori per la termo-retrazione.
- Dal secondo viene prelevato sempre in bassa pressione ed è utilizzato per alimentare la centrale termica ad uso riscaldamento.

Gasolio:

Utilizzato per l'alimentazione dei carrelli elevatori e per la motopompa dell'impianto antincendio. Il gasolio è stoccato in una cisterna interrata da 8900L e distribuito alle utenze tramite un erogatore dotato di contatore fiscale.

Si riporta in forma tabellare i consumi annuali dei vettori energetici importati. È trascurato il consumo del POD in BT (circa 300 kWh/anno) perché inferiore a quello del POD in MT, essendo usato solamente per le prove di funzionamento periodiche dell'impianto antincendio.

	Energia elettrica	Gas naturale	Gasolio
	kWh	Smc	tons
2014	6.191.763,00	54.058,00	32,00
2015	5.983.845,00	57.200,00	20,00
2016	6.545.811,00	50.250,00	16,00
2017	7.197.765,00	84.130,00	21,00
2018	7.642.825,00	40.909,00	18,60
2019	8.928.417,00	66.404,00	16,15

Tabella 5. Consumo energia elettrica, gas naturale e gasolio nel periodo 2014-2019

	2019				
	Energia elettrica			NG	Gasolio
	kWh	kW max	kW avg	Smc	tons
gen	612.210,00	1.422,00	853,20	12.149,00	2,06
feb	753.142,00	1.614,00	968,40	10.913,00	2,22
mar	870.641,00	1.683,00	1.009,80	7.995,00	1,74
apr	631.499,00	1.614,00	968,40	4.077,00	0,94
mag	775.388,00	1.674,00	1.004,40	3.917,00	1,14
giu	770.045,00	1.569,00	941,40	1.868,00	1,14
lug	602.459,00	1.620,00	972,00	1.174,00	0,99
ago	754.352,00	1.670,00	1.002,00	1.161,00	0,95
set	965.662,00	1.788,00	1.072,80	1.841,00	1,42
ott	1.004.946,00	1.770,00	1.062,00	4.900,00	1,48
nov	718.752,00	1.632,00	979,20	6.547,00	1,23
dic	469.321,00	1.395,00	837,00	9.862,00	0,85

Tabella 6. Energia elettrica, gas naturale e gasolio consumati nel 2019 divisi per mese

La potenza nella seconda colonna della tabella rappresenta la potenza elettrica massima e la terza colonna la potenza elettrica media consumata. Nel grafico seguente sono confrontati il consumo mensile di energia elettrica del 2019 e del 2014, anno di riferimento della precedente diagnosi.

	2014
	kWh
gen	442.125,00
feb	444.692,00
mar	557.604,00
apr	552.308,00
mag	601.148,00
giu	524.636,00
lug	635.310,00
ago	333.617,00
set	650.093,00
ott	769.313,00
nov	617.391,00
dic	336.794,00

Tabella 7. Energia elettrica consumata nel 2014 divisa per mese

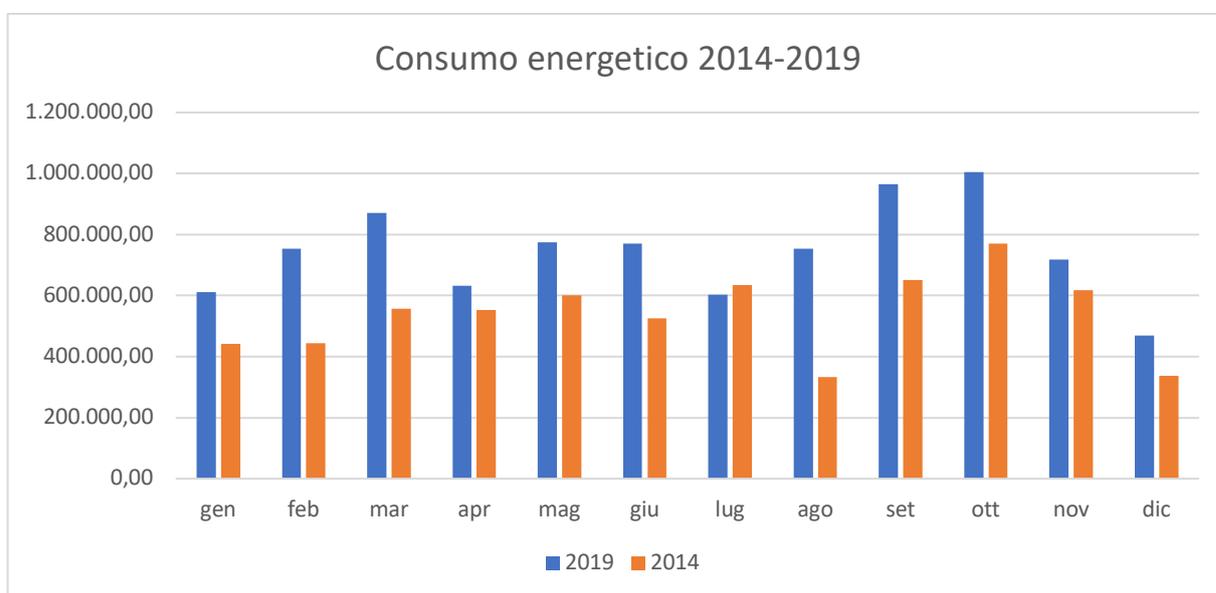


Grafico 3. Comparazione consumi energetici 2014-2019

Dal confronto dei due anni si evince, al di là di diversità evidenziabili nei singoli mesi, che la forma del prelievo in tutto l'anno è simile. Esiste un aumento progressivo da inizio anno fino a maggio/giugno, seguito da un forte aumento dopo la pausa estiva a settembre e con successiva progressiva discesa dei consumi fino a fine anno.

Il prezzo di acquisto dell'energia elettrica è indicizzato a PUN su base oraria. A questa spesa si aggiunge quella per i servizi di rete e le tariffe per il trasporto. Il gas naturale è acquistato con un prezzo indicizzato a PSV. Nella tabella seguente si riporta la spesa del 2019 per l'acquisto di energia elettrica e di gas naturale:

	EUR	Prezzo	
Energia elettrica	931.386,00	104,31	EUR/MWh
Gas naturale	24.458,00	0,368	EUR/Smc

Tabella 8. Consumo e prezzo all'unità nel 2019 di energia elettrica e gas naturale

Gli indici PUN e PSV sono indici italiani e non romeni, sono solo a titolo esplicativo per conteggiare la spesa in euro dell'energia elettrica.

5.2. Informazioni sul metodo di raccolta dati

Si illustra per ogni dato misurato riportato ai capitoli precedenti la modalità di raccolta.

Energia elettrica: mensilmente vengono acquisite le misure di potenza attiva e reattiva al quarto d'ora in import ed export dal portale del distributore, rilevati dal misuratore fiscale. I dati sono aggregati mensilmente per ottenere il consumo del sito e sono utilizzati per il controllo puntuale delle fatture di acquisto dell'energia elettrica.

Gas naturale: il consumo mensile è letto direttamente sui misuratori fiscali installati.

Gasolio: i dati di consumo mensile sono calcolati moltiplicando la lettura in litri del contatore fiscale dell'erogatore per una densità standard del gasolio uguale a 0,835 t/m³.

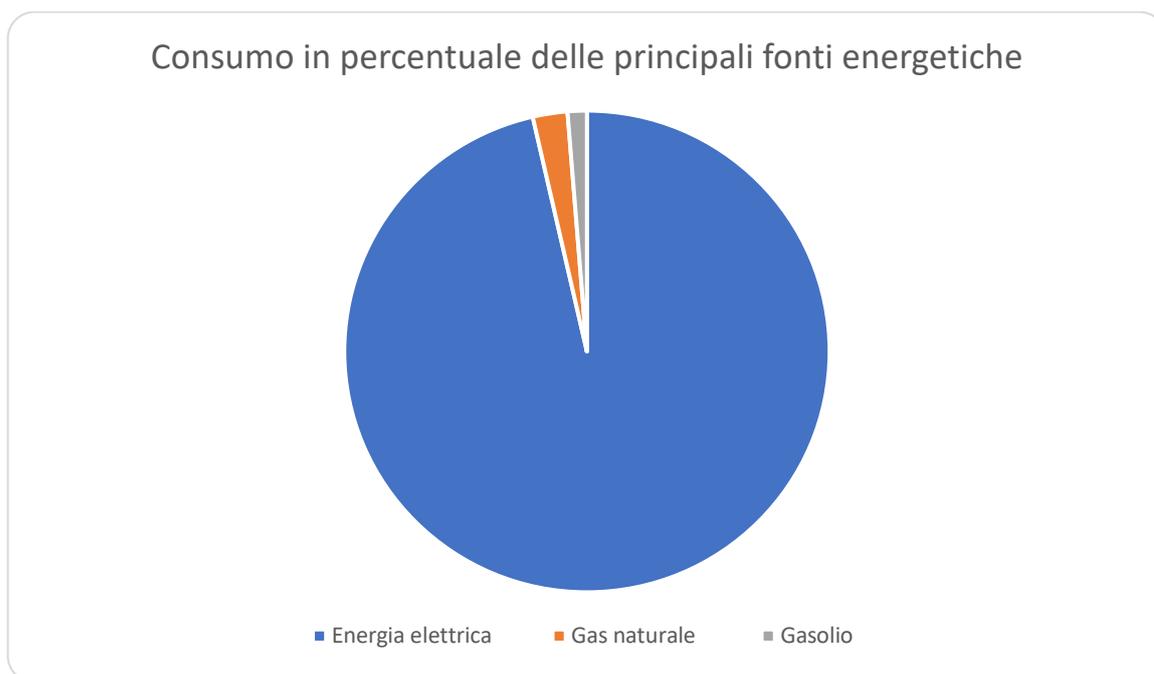


Grafico 4. Consumi in percentuale delle principali fonti energetiche

Il gasolio e il gas naturale hanno un peso inferiore al 5%, pertanto non vengono monitorati e non prenderanno parte in questa diagnosi.

5.3. Descrizione dell'implementazione della strategia di monitoraggio

In questo capitolo illustrerò la strategia seguita per l'energia elettrica, unico vettore energetico rilevante, al fine di ripartirne il consumo tra attività principali, servizi ausiliari e servizi generali. Nel corso del 2019 è stato installato un sistema di misura in continuo dei consumi elettrici (analizzatori di rete) su alcune utenze, in particolare:

- Dodici sulle presse ad iniezione: 59, 62, 77, 93, 82, 83, 92, 94, 76, 88, 95, 97. Le presse precedentemente elencate sono state scelte in modo tale da misurare tutti i differenti tonnellaggi e tipologie di marche presenti in stabilimento;
- Alimentatori dei compressori;
- Pompe della distribuzione della materia prima;
- Alimentatore impianto di aspirazione;
- Robot antropomorfo (impilatore del prodotto finito);
- Dischettatrici (seconda ed ultima lavorazione per tappi);

- Alimentatore linea frigo;
- Generale luci e centrale termica;
- Due nelle cabine di trasformazione.

Le misure rilevate sono memorizzate e storicizzate, con la possibilità di estrazione di dati orari, giornalieri e mensili. Inoltre, con l'integrazione del sistema gestionale è possibile attribuire il consumo energetico di ogni singola pressa ad iniezione ad ogni diverso prodotto. Il sistema è stato installato a fine settembre 2018, dopo un periodo di test per il funzionamento, è diventato pienamente operativo dal primo gennaio 2019. Mediante le misurazioni reperite dalle cabine di trasformazione si riesce a misurare i servizi generali ed ausiliari.

Nella figura successiva è rappresentato il layout aziendale e sono evidenziate le presse che sono sottoposte a monitoraggio, le quali come precedentemente espresso sono diverse per reparto, per tonnellaggio e per tipologia di azionamento (elettrico, idraulico o ibrido).

Alcune considerazioni sulla scelta delle presse da misurare:

Nel **primo reparto** si misura:

- La pressa più grande delle due ibride presenti, la 93 di 380 tonnellate;
- La pressa idraulica 62 e la 77, che sono due delle cinque uguali presenti, ognuna di 420 tonnellate. La 77 non ha però il fine linea che serve le altre quattro, quindi in questo modo si evidenzia la differenza nei consumi del diverso tipo di robot;
- La pressa idraulica 59, una delle due uguali da 480 tonnellate;
- Le altre presse idrauliche presenti nel reparto hanno tonnellaggio inferiore a quelle misurate, tra le 200 alle 270 tonnellate.

Nel **secondo reparto** si misura:

- Una pressa idraulica da 300 tonnellate di un gruppo di quattro uguali;
- Una pressa idraulica uguale alla precedente, ma con tonnellaggio diverso;
- Una pressa ibrida da 550 tonnellate;
- Le altre presse idrauliche presenti nel reparto hanno tonnellaggio inferiore a quelle misurate e sono tra le 200 e le 270 tonnellate.

Nel **terzo reparto** si misura:

- Entrambe le presse ibride: la 92 da 500 tonnellate e la 94 da 380 tonnellate;
- Due presse idrauliche: una da 200 e l'altra da 300 tonnellate, le quali sono ritenute rappresentative di tutte le altre idrauliche presenti nello stabilimento con lo stesso tonnellaggio.
- Su tre presse elettriche presenti in tutto lo stabilimento si misura la 97 del reparto due, la quale è una pressa da 280 tonnellate, identica alla numero 96.

Primo reparto							
Idrauliche	F01	37	41	29	30	35	36
	77	58	59	61	62	63	64
Elettriche							
Ibride	98	93					
Secondo reparto							
Idrauliche	88	89	70	73	75	76	40
	40	60	87	99	101		
Elettriche	96	97					
Ibride	95	100					
Terzo reparto							
Idrauliche	67	66	72	82	83		
Elettriche	90						
Ibride	92	94					

Schema 1. Layout aziendale con evidenziate le presse che hanno implementazione del sistema di misurazione automatico dei consumi energetici

Nello stabilimento si sta approntando un sistema di acquisizione automatico e centralizzato dei dati di produzione di ogni differente macchina. In questo modo sarà possibile elaborare degli indici di prestazione e dei costi orari di energia per ogni singola macchina, come detto precedentemente nel capitolo stampaggio ad iniezione esistono delle notevoli e reali differenze di efficienza tra i diversi sistemi di azionamento (elettrico ed idraulico) e come si può facilmente intuire il consumo e il fabbisogno energetico di una pressa generica è direttamente

proporzionale al tonnellaggio, ergo una pressa di dimensioni maggiori avrà bisogno di più energia per funzionare durante il suo ciclo di produzione rispetto ad una macchina di dimensioni minori.

5.4. Modelli energetici

Si illustra l'analisi dei dati di misura scaricati dal sistema di monitoraggio per il periodo dal 01/10/18 al 31/12/19, estendendo poi i risultati all'intero 2018 per ripartire i consumi tra attività principali, servizi ausiliari e servizi generali. Prima di tutto è stata verificata l'affidabilità delle misure di energia ricavate dagli analizzatori di rete, confrontando le misure rilevate da quello installato in parallelo dal distributore.

Nella tabella seguente si riporta il confronto tra: i valori mensili delle misurazioni ufficiali e le misurazioni rilevate dal sistema di monitoraggio, con il relativo errore in percentuale:

	kWh		err%
	SM_Omnia	Distributore	
ott-18	848.060	847.288	0,09%
nov-18	625.022	626.380	-0,22%
dic-18	430.298	445.163	-3,45%
gen-19	608.053	612.210	-0,68%
feb-19	747.098	753.142	-0,81%
mar-19	871.534	870.641	0,10%
apr-19	621.428	631.499	-1,62%
mag-19	762.373	775.388	-1,71%
giu-19	768.685	770.045	-0,18%
lug-19	596.477	602.459	-1,00%
ago-19	740.329	754.352	-1,89%
set-19	966.660	965.662	0,10%
ott-19	1.003.886	1.004.946	-0,11%
nov-19	714.237	718.752	-0,63%
dic-19	464.764	469.321	-0,98%
Totale	10.768.904	10.847.248	-0,73%

Tabella 9. Misurazioni rilevate dal sistema di monitoraggio e le misurazioni ufficiali con il relativo errore in percentuale

Errore percentuale su base annua (2019): 0,73%

Oltre a essere molto contenuto su base mensile, l'errore relativo è inferiore all'uno percento su base annua. Pertanto, i misuratori possono essere ritenuti affidabili.

Nel grafico seguente si confrontano i consumi del 2019 con i corrispettivi mesi del 2018: l'andamento è del tutto simile, quindi le considerazioni sulla ripartizione dei consumi che si sono fatte sulle misure rilevate nei primi nove mesi del 2019 potranno essere trasposte sui primi nove mesi del 2018. Tali considerazioni verranno effettuate con opportuni coefficienti di aggiustamento delle misure, in modo tale da tenere in conto il diverso livello di consumo all'interno del singolo mese.

	kWh		
	SM_Omnia	Distributore	err%
gen-18	582.398	586.663	-0,73%
feb-18	473.777	477.247	-0,73%
mar-18	600.018	604.412	-0,73%
apr-18	523.996	527.834	-0,73%
mag-18	676.568	681.523	-0,73%
giu-18	676.931	681.889	-0,73%
lug-18	562.737	566.858	-0,73%
ago-18	628.625	633.229	-0,73%
set-18	912.655	919.339	-0,73%

Tabella 10. Misurazioni rilevate dal sistema di monitoraggio e le misurazioni ufficiali con il relativo errore in percentuale

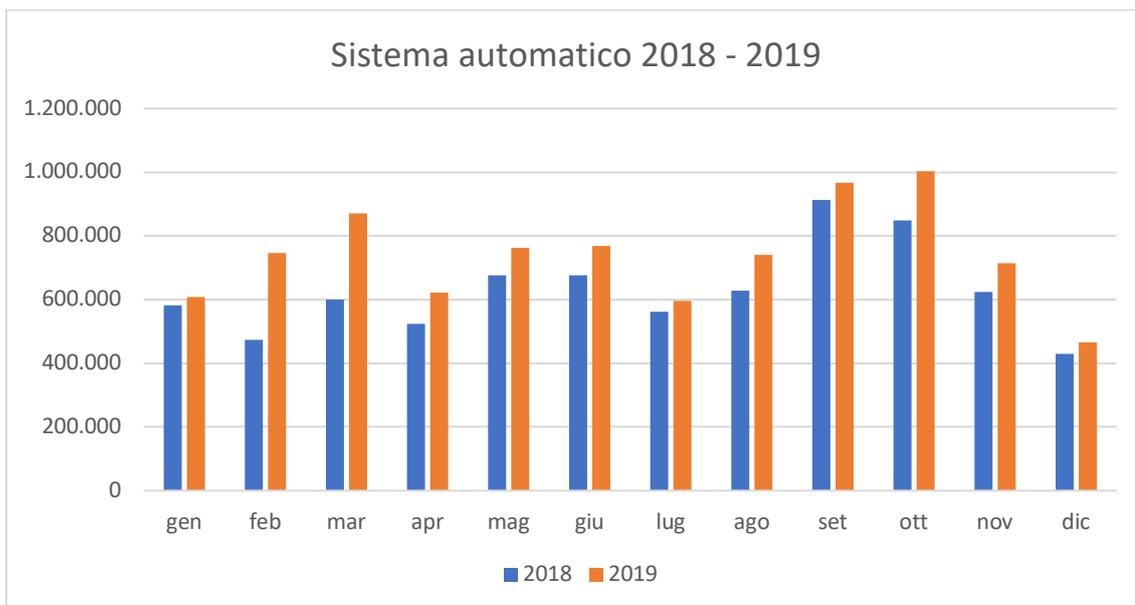


Grafico 5. Confronto consumi energetici del 2019 con i corrispettivi mesi del 2018 del sistema automatico di rilevamento

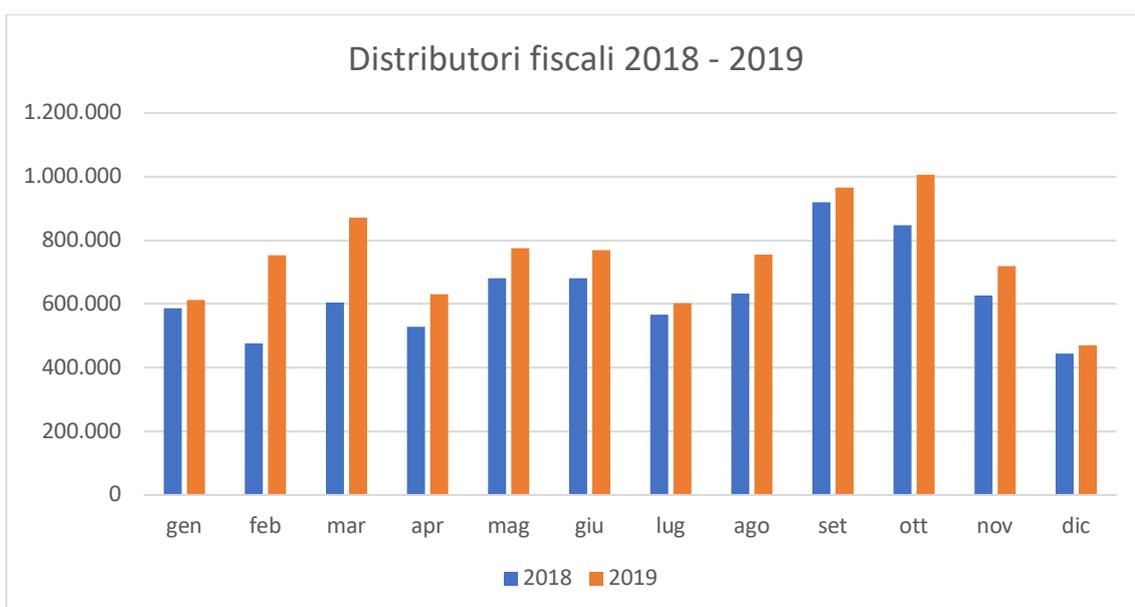


Grafico 6. Confronto consumi energetici del 2019 con i corrispettivi mesi del 2018 dei distributori fiscali

Nella precedente diagnosi energetica (2014), analizzando le ore macchina effettive, le potenze installate su di esse e degli opportuni fattori di ricarica, in modo da contemplare le attrezzature a bordo macchina e gli impianti dedicati al funzionamento della pressa, si è determinata la seguente ripartizione sul consumo globale energetico:

- Attività principali: 78,75%;
- Servizi ausiliari: 12,69%;
- Servizi generali: 3,87%.

5.5. Servizi generali e ausiliari

Sulla base delle misure effettive, possiamo determinare il consumo dei servizi ausiliari e generali. Per quanto riguarda i servizi generali le voci più significative sono le seguenti:

- Il consumo dell'impianto antincendio è trascurabile;
- Il consumo dell'impianto di climatizzazione è stimabile utilizzando il consumo elettrico di targa (massima potenza installata) delle due caldaie per il numero di ore di accensione massimo previsto;
- Il consumo dell'illuminazione esterna può essere calcolato considerando la potenza installata (1,35 kWh) per le ore medie di buio in un anno (4380 h).
- Il consumo degli uffici è misurato.

Per quanto riguarda i servizi ausiliari:

- Il consumo complessivo dell'impianto di aria compressa è misurato;
- Il consumo complessivo dei frigo è misurato;
- Il consumo del sistema di alimentazione della materia prima è misurato;
- Il consumo elettrico dei mezzi di movimentazione è trascurabile.

La seguente tabella invece riporta le incidenze sul consumo totale di energia elettrica dei servizi generali e dei servizi ausiliari sul periodo indicato e divisi per mese. Come si può notare grazie al sistema di misurazione automatico le nuove percentuali sono nettamente diverse.

	Servizi generali				Servizi ausiliari				
	kWh								
	Totale	Uffici	Luce	Clima	Tot	Compressori	Frigo	Pompe materia prima	Tot
ott-18	847.288	2.583	502	123	3.208	95.203	37.661	13.900	146.764
nov-18	626.380	3.017	486	247	3.750	81.734	27.384	13.451	122.569
dic-18	445.163	3.055	502	255	3.812	56.035	19.880	9.353	85.268
gen-19	612.210	3.232	502	255	3.989	71.658	30.318	11.949	113.925
feb-19	753.142	2.774	454	230	3.458	73.606	37.750	11.812	123.168
mar-19	870.641	2.784	502	255	3.541	93.120	40.413	14.347	147.880
apr-19	631.499	2.679	486	123	3.288	66.290	30.343	9.901	106.534
mag-19	775.388	2.578	502	0	3.080	77.348	37.077	11.653	126.078
giu-19	770.045	2.662	486	0	3.148	85.387	41.557	12.607	139.551
lug-19	602.459	3.179	502	0	3.681	68.737	30.544	11.535	110.816
ago-19	754.352	2.937	502	0	3.439	79.104	34.747	13.693	127.544
set-19	965.662	2.704	486	0	3.190	99.476	43.099	19.701	162.276
ott-19	1.004.946	2.583	502	123	3.208	95.345	42.129	16.764	154.238
nov-19	718.752	3.017	490	247	3.754	71.679	36.749	10.876	119.304
dic-19	469.321	3.055	502	255	3.812	65.765	34.562	8.972	109.299
Totale	10.847.248	42.839	7.406	2.113	52.358	1.180.487	524.213	190.514	1.895.214
Incidenza sul consumo totale del sito					0,48%				17,47%

Tabella 11. Riassunto consumi energetici impianti generali ed ausiliari

5.6. Attività principale

Per quanto riguarda le attività principali, la loro percentuale si può ricavare per differenza tra il consumo totale e i consumi di servizi generali ed ausiliari: tradotto in termini percentuali è circa l'82% su base annua. Vista la disposizione dei misuratori illustrata in precedenza e considerando lo schema di distribuzione delle presse (layout aziendale) si è in grado di misurare circa il 100% della potenza installata nei reparti produttivi.

Negli allegati 1 e 2, file Excel "Diagnosi energetica 2019", sono presenti due fogli: il primo descrive dettagliatamente ogni linea di produzione e il secondo ne quantifica i consumi di ogni pressa, attrezzatura, impianto ecc ...

Nel foglio di calcolo allegato numero 1 "attrezzature" ogni riga del file rappresenta una determinata linea di produzione con caratteristiche proprie e quindi consumi differenti. La crescente tendenza di Omnia di diversificare i propri clienti e quindi i propri prodotti, l'ha portata ad avere linee di produzione con diversi consumi energetici. La propensione a diversificare il proprio fatturato è sostenuta vivamente dalla direzione ed è una strategia adottata da molte aziende per prevenire una eventuale perdita di fatturato legata alla dipendenza da un unico o pochi clienti.

Esempi di aziende multi-business possono essere: **LVMH**, la quale è presente nel settore della moda con accessori come borse, portafogli, orologi e dello champagne; un secondo esempio può essere **Samsung**, il quale opera nel settore petrolifero, telefonia e apparecchiature elettromedicali; un'ultima e forse più esemplificativa azienda è la **Berkshire Hathaway INC.** la quale sviluppa aeromobili, gioielli e salse da tavola.

Nel foglio di calcolo allegato 1 chiamato “attrezzature” le isole di lavoro/linee produttive possono essere divise in quattro grandi macro-categorie:

- Isola con robot cartesiano verticale più nastro di deposito;
- Isola con tecnologia IML più nastro di deposito, tale sistema di decorazione è composto da: un alimentatore di etichette, manipolatore di asservimento per scarico particolari stampati ed infine di un braccio di asservimento pressa ad iniezione, dedicata all'inserimento di etichette nello stampo e al prelievo dei particolari stampati;
- Fine linea di produzione con robot cartesiano dedicato alla chiusura box più impilatore e imballatore automatico;
- Fine linea di produzione con dischettatrici più struttura rotante per confezionamento.
- Ogni riga del foglio di calcolo “attrezzature” quindi descrive dettagliatamente la linea produttiva caratterizzata da una differente macchina ad iniezione:
- Il manipolatore, con annesso il consumo d'aria legato alla mano di presa e il consumo elettrico legato allo spostamento fisico dei bracci automatizzati.
- Il numero di nastri utilizzati nella linea con il consumo elettrico per singolo nastro;
- Manipolatore di chiusura fondo e coperchio per i box alimentari e suo consumo sempre di aria per quanto concerne la mano di presa ed elettrico per lo spostamento fisico dei bracci;
- Robot di pallettizzazione e consumo suddiviso per le linee di asservimento;
- Dischettatrici con il loro consumo elettrico.
- Una volta sviluppato il layout aziendale e descritto metodicamente ogni singola linea di produzione sono passato all'analisi dei consumi nel foglio di calcolo allegato numero 2 nominato “2019”. Tale foglio di calcolo riprende la struttura del foglio descritto precedentemente, ovvero ogni singola riga descrive una linea di produzione.

Nel foglio di calcolo 2019, allegato 2, vengono analizzate le seguenti voci:

- **I kg di materia prima trasformati** da ogni singola macchina sono caratteristici per ogni pressa perché sono differenti per ogni singolo prodotto. Prodotti differenti su presse differenti comportano una quantità di materia prima trasformata all'anno differente. Un secondo dato molto significativo dell'analisi riguardante i kg è la quantità di kg trasformati all'ora. Essi si possono ricavare semplicemente dividendo i kg trasformati in un anno per il numero delle ore lavorate in un anno dalla stessa macchina.
- Le **ore macchina lavorate** durante tutto l'anno da ogni singola pressa vengono comparate con le ore totali lavorabili. Sommando le ore lavorate da tutte le presse e rapportate con le ore totali lavorabili sempre di tutte le macchine ho ottenuto una percentuale del 81,47%. Questa percentuale si può ritenere soddisfacente ed è molto importante che rimanga più alta possibile, dato che come consolidato nei capitoli precedenti un alto numero di ore lavorate permette di aumentare la produzione e quindi di abbassare i costi fissi generali delle attività principali.
- **Consumo rilevato dal sistema continuo** di misurazione elettrica di ogni singola pressa. Nell'allegato 3 è possibile trovare un esempio del grafico rappresentativo del consumo annuale di una pressa. Per misurare il consumo annuale della pressa ho utilizzato il consumo massimo di energia in kWh registrato durante l'anno e moltiplicato quindi per il numero di ore che la pressa ha lavorato durante l'anno.

Successivamente ho analizzato tutte le attrezzature collegate ad ogni singola pressa, le voci sono:

- **Manipolatore/nastro**, i cui consumi orari sono stati analizzati precedentemente nel foglio di calcolo attrezzature.
- **L'impianto di distribuzione della materia prima** che consuma 7,5 kWh per reparto. Per trovare il consumo orario di ogni singola macchina, visto che l'impianto è sempre in funzione e consuma elettricità indipendentemente se tutte le macchine sono in funzione, ho moltiplicato il consumo dell'impianto per il numero maggiore di ore lavorate da una pressa in un determinato reparto e diviso tale risultato per il totale complessivo di ore di quel reparto. Ho ripeto questo iter per tutti e tre i differenti dipartimenti.

- **L'impianto di raffreddamento** è composto da 8 frigo che complessivamente hanno un consumo di energia di 167 kWh. Il primo passo per quantificare il consumo orario dell'impianto frigo per ogni singola macchina è stato quello di calcolare la capacità di raffreddamento. La capacità di raffreddamento è calcolata moltiplicando i kg trasformati all'ora per un coefficiente uguale a 257 ed il tutto diviso per 1000. Per il calcolo del coefficiente ho utilizzato i seguenti dati: i kg trasformati nel 2019 dal secondo e del terzo reparto (A), la potenza installata dei frigo del secondo e del terzo reparto (B), la capacità di raffreddamento dei frigo del secondo e terzo reparto (C) e il consumo energetico in kWh del secondo e terzo reparto durante il 2019 dei frigo rilevato dal sistema automatico (D).

La formula utilizzata è la seguente:

$$Coeff. = \frac{D * C * 1000}{A * B}$$

Kg trasformati 2019 secondo e terzo reparto	6.350.463,44
Consumo totale	96,6
Capacità di raff.	375,4
Kw consumati dal secondo e terzo reparto	420783,359
Coefficiente	257,495876

Tabella 12. Calcolo del coefficiente

Come secondo passaggio per trovare il consumo energetico in kWh è bastato utilizzare una semplice proporzione: la capacità di raffreddamento di una pressa sta alla capacità di raffreddamento totale del reparto come il consumo energetico della pressa (la nostra incognita) sta al consumo totale dell'impianto frigo di un particolare dipartimento.

		Capacità di raff.	Consumo totale
Primo reparto consumo frigo	RC 120	118,6	29,8
	(2) RC 65	162,8	40,4
	Totale	281,4	70,2
Secondo reparto consumo frigo	RC 65	81,4	20,2
	(2) RC 45	97,4	26,4
	Totale	178,8	46,6
terzo reparto consumo frigo	RC 120	118,6	29,8
	RC 80	78	20,2
	Totale	196,6	50

Tabella 13. Capacità di raffreddamento e consumi totali divisi per reparto

- **L'impianto di aspirazione** dei fumi consuma 30 kWh per reparto. Esso non fa parte del processo produttivo ma è un impianto imposto dalla legge in quanto si trasforma ad alte temperature una sostanza sintetica che può liberare fumi nocivi nell'ambiente. Per trovare il consumo orario di ogni singola macchina, visto che l'impianto è sempre in funzione e consuma elettricità indipendentemente se tutte le macchine sono in funzione, ho moltiplicato il consumo dell'impianto per il numero maggiore di ore lavorate da una pressa in un determinato reparto e diviso tale risultato per il totale complessivo di ore di quel dipartimento. Ho ripeto questo iter per tutti e tre i differenti reparti.
- I consumi energetici dei **robot di pallettizzazione antropomorfi e delle discettatrici** sono divisi in maniera uniforme esclusivamente nelle linee di produzione in cui sono presenti. Non sarebbe corretto addossare il loro consumo energetico a tutte le linee di produzione.

Tutti i consumi delle attrezzature collegate ad ogni singola macchina ad iniezione verranno moltiplicati per le rispettive ore macchina effettive in modo tale da misurare il consumo annuale. Successivamente ho sommato tutte le misurazioni annuali delle attrezzature tra di loro ed aggiunto inoltre il consumo annuale della singola pressa.

Il totale ottenuto è di 8.396.604,160 kWh. Il consumo energetico del 2019 complessivo dell'intero stabilimento è di 8.928.417,00 kWh questo significa che 531.812,840 kWh non sono stati conteggiati nell'analisi appena descritta e che quindi dovranno essere allocati uniformemente ad ogni singola pressa.

La percentuale non contemplata, circa il 6%, è molto bassa e questo rivela che circa il 94% della spesa energetica è stata correttamente imputata ad ogni singola utenza energivora ed il sistema automatizzato di rilevamento si può ritenere affidabile.

5.7. Indice prestazionale

La “*Struttura Energetica Aziendale*” permette quindi di assegnare un indice prestazionale (consumo specifico) significativo ad ogni fase che costituisce la realtà aziendale, mettendo in rapporto l’energia consumata sia con il prodotto finito, sia con la sua specifica destinazione d’uso. Ciò consente di valutare per ogni fase significativa della realtà aziendale, ovvero area funzionale, sia lo specifico indice prestazionale, che il suo peso rapportato al fabbisogno energetico complessivo.

Grazie all'utilizzo di una macro costruita in Visual Basic, i fogli di calcolo sono stati poi compilati in un'unica cartella Excel e rappresentano il punto di partenza per la stesura degli IPE di riferimento per ogni tipo di trasformazione. È stato ideato un metodo basato sulla ricerca di una relazione spesso lineare che mette in relazione il consumo di energia con la produzione.

Il modello energetico così ottenuto, come verrà illustrato successivamente, ha il vantaggio di riportare un IPE di riferimento in funzione della produzione dell'azienda stessa. Esaminando la questione che utilizzando un valore medio si ha un vantaggio per le imprese più grandi rispetto a quelle più piccole, rendendo possibile tenere conto in questo modo dell'effetto dell'entità dei prezzi alla produzione. Infatti, è immediato menzionare che una maggiore produzione porta ad un più facile ammortamento dell'uso fisso dell’energia.

Fase 1: Aggregazione dei dati

Le quantità (consumo di elettricità e tonnellate di polimero lavorato) sono indicate in un grafico di dispersione.

La tabella seguente mostra i valori storici dell’IPE globale dal 2014 al 2019 ed i valori sono riportati in grafico. Il benchmark complessivo è molto positivo dato che le altre aziende italiane hanno un valore medio intorno allo 0,4.

	IPE Globale		
	TEP	Tons	Tep/Tons
2014	1.236	5.454	0,227
2015	1.189	5.225	0,228
2016	1.278	6.371	0,201
2017	1.438	7.013	0,205
2018	1.482	7.159	0,207
2019	1.535	8.328	0,184

Tabella 14. Valori storici dell'IPE globale dal 2014 al 2019

Fonte: "Analisi dei dati relativi alle diagnosi energetiche e individuazione preliminare degli indici di prestazione nei settori della lavorazione della gomma e della trasformazione delle materie plastiche"

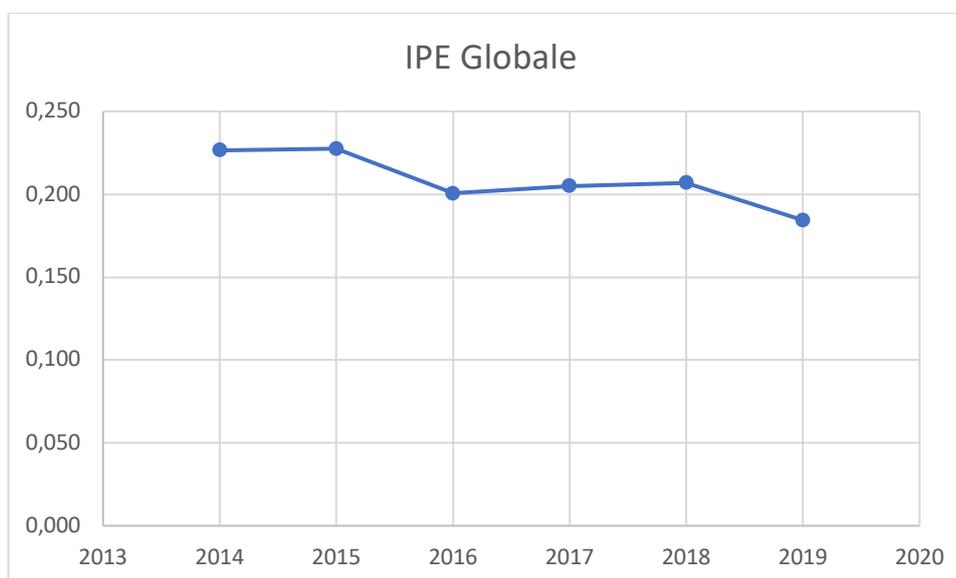


Grafico 7. Andamento dell'IPE dal 2014 al 2019

I dati confermano la tendenza che la prestazione dello stabilimento migliora all'aumentare della produzione, ovvero dalle tonnellate di materia prima trasformata in prodotto finito.

Fase 2: cercare una correlazione tra le quantità nel diagramma di dispersione

Si impiega la regressione lineare che restituisce un legame del tipo $y = ax + b$. L'equazione della retta sopracitata assume quindi il significato:

Consumi energetici

$$= \text{Quota energia variabile} * \text{Volume di produzione} \\ + \text{Quota energia fissa}$$

Si ricerca poi il valore del coefficiente di correlazione R^2 , che è un parametro che indica la bontà del modello statistico in base ai dati forniti, quindi quanto più R^2 è vicino a 1 tanto più le variabili sono correlate tra di loro.

Nel caso in cui si riscontrasse tuttavia un coefficiente basso, si cerca di approssimare i punti con un polinomio di secondo grado. Se non ci sono ancora risultati positivi, si cerca di identificare la presenza di processi di fabbricazione non specificati nel rapporto di diagnosi, o l'errata attribuzione di alcune fasi all'attività principale.

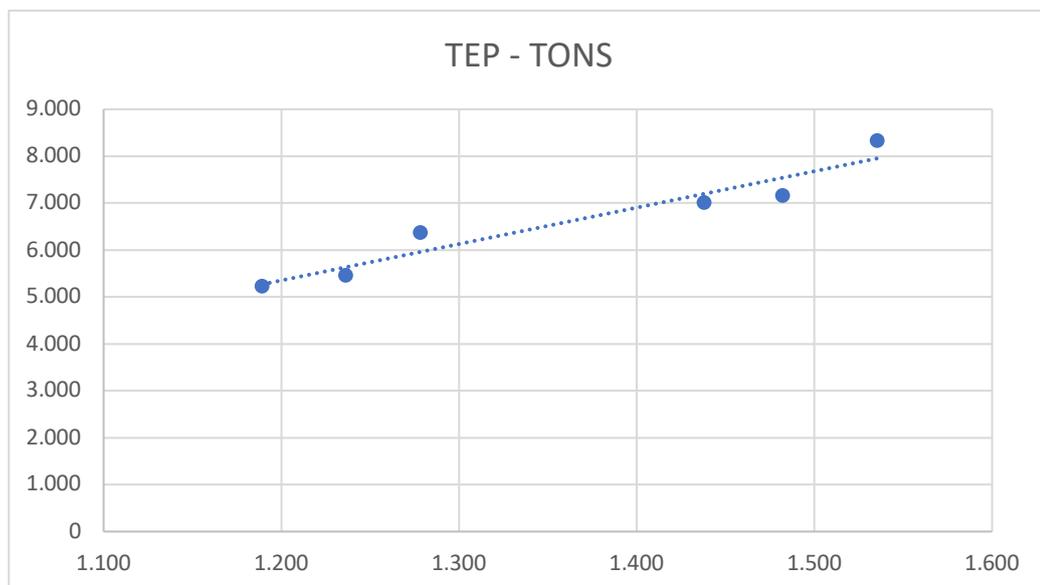


Grafico 8. Retta di tendenza che descrive il rapporto tra i consumi energetici e i kg di materia prima trasformata

Fase 3: Creazione di un modello empirico per l'IPE

Una volta trovata la correlazione tra le quantità, si costruisce la curva IPE, definita da una funzione della seguente forma nel caso di una relazione lineare tra consumo e produzione (ragionamento analogo vale nel caso di una relazione polinomiale di secondo grado).

$$IPE = a + b/x$$

Dove a e b rappresentano rispettivamente la pendenza e la intercetta della retta di regressione lineare.

Lo studio realizzato da ENEA e Federazione Plastica Gomma “Analisi dei dati relativi alle diagnosi energetiche e individuazione preliminare degli indici di prestazione nei settori della lavorazione della gomma e della trasformazione delle materie plastiche”, sulla base dei dati diagnosi realizzate nel 2015, individua dei valori di riferimento per gli indicatori energetici relativi allo stampaggio a iniezione. L’indicatore di prestazione per le attività principali è:

$$IPE_{Ap} = 0,52211 + \frac{2397147}{Kg \text{ Trasformati}}$$

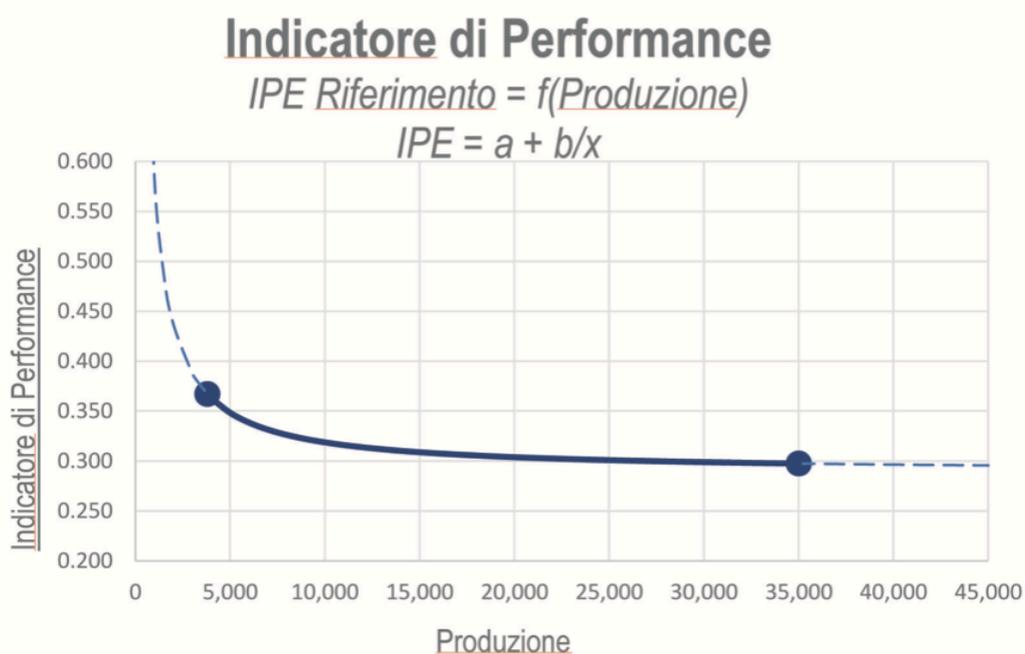


Grafico 9. Indicatore di Performance IPE

“Nel grafico precedente con la parte continua si è evidenziata la fascia in cui i valori degli IPE calcolati con la formula matematica sono confrontabili con valori reali ricavati dalle diagnosi energetiche di aziende che producono in quel range. La parte tratteggiata rappresenta invece i valori degli IPE ricavati matematicamente dal modello per i quali non si ha un riscontro nelle aziende in termini di volumi produttivi. Nel presentare i risultati dello studio non verrà riportata la parte per la quale non è possibile avere un confronto.”

In base alla produzione del 2019 quindi l'indice di prestazione delle attività principali di Omnia dovrebbe essere 0,81 kWh/kg. I valori medi del comparto, ricavati da Enea (quindi su un campione di aziende italiane e non rumene) sono:

- 1,2536 kWh/kg per le attività principali;
- 0,3932 tep/tons per il sito nel suo complesso.

Lo studio realizzato da Enea e dalla federazione Plastica Gomma ha analizzato i dati relativi alle diagnosi energetiche di ottantacinque aziende, le quali sono state isolate perché lo stampaggio ad iniezione di materie plastiche è l'attività principale. Come previsto c'è un deterioramento delle prestazioni a bassi tassi di produzione.

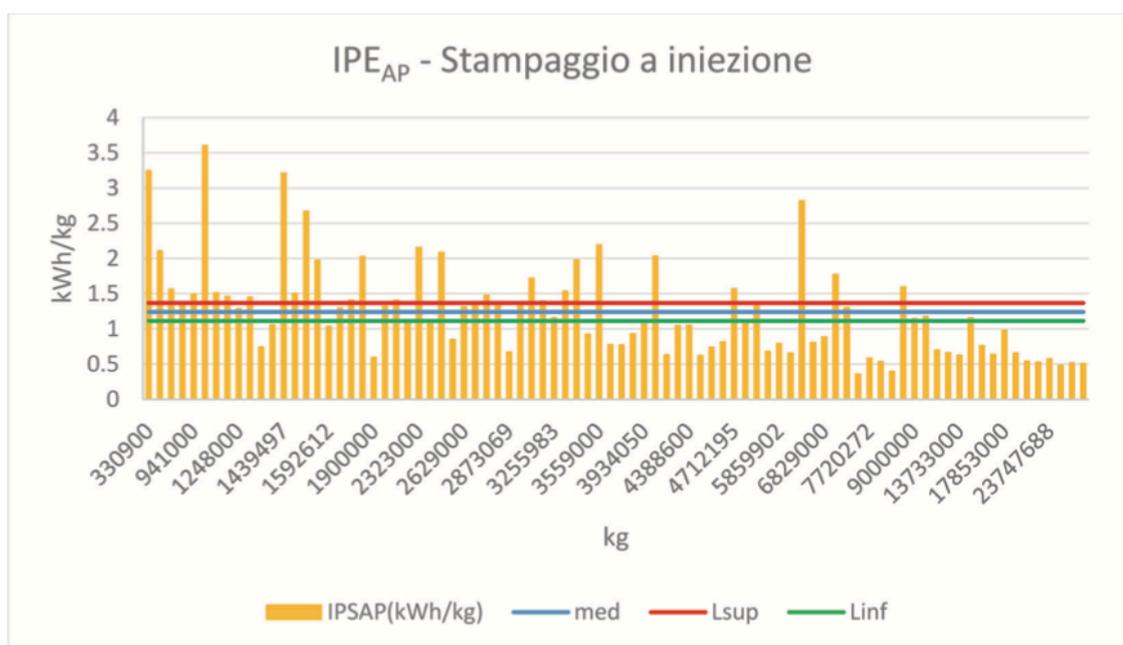


Grafico 10. Panoramica indici di prestazione IPE di aziende italiane confrontate dall'analisi di Enea

Omnia in comparazione con le aziende italiane dello stesso settore ha una performance complessiva migliore rispetto al benchmark e in progressivo miglioramento negli anni. L'IPE per le attività principali calcolato per il 2019 è:

$$IPE_{AP} = 0,81 \text{ kWh/kg}$$

Quindi migliore di una buona percentuale rispetto alla media del comparto.

Fase 4: Valutazione dello scostamento tra valori reali e valori del modello

Si esamina lo scarto tra i valori reali e quelli del modello calcolati alla stessa produzione del valore reale; si effettua il rapporto tra gli stessi e in base alla distanza tra valore reale e valore del modello risulta:

- Se il 90% dei punti reali risultano lontani meno del 30% dal valore del modello, quest'ultimo viene definito affidabile;
- Se più del 10% dei punti reali risultano lontani più del 30% dal valore del modello, quest'ultimo viene ritenuto poco affidabile.

Nella tabella seguente vengono riportati gli indici di prestazione annuali in funzione dei kg trasformati di materia prima.

$$IPE_{Ap} = 0,52211 + \frac{2397147}{Kg \text{ Trasformati}}$$

Dove x sono i kg trasformati di materia prima durante l'anno ed $f(x)$ è la formula IPE_{Ap} utilizzata per il calcolo dell'indice.

	X	F(x)
2014	5.454.000	0,9616309
2015	5.225.000	0,9808941
2016	6.371.000	0,8983691
2017	7.013.000	0,8639248
2018	7.159.000	0,8569538
2019	8.327.713	0,8099618

Tabella 15. Calcolo dell'IPE

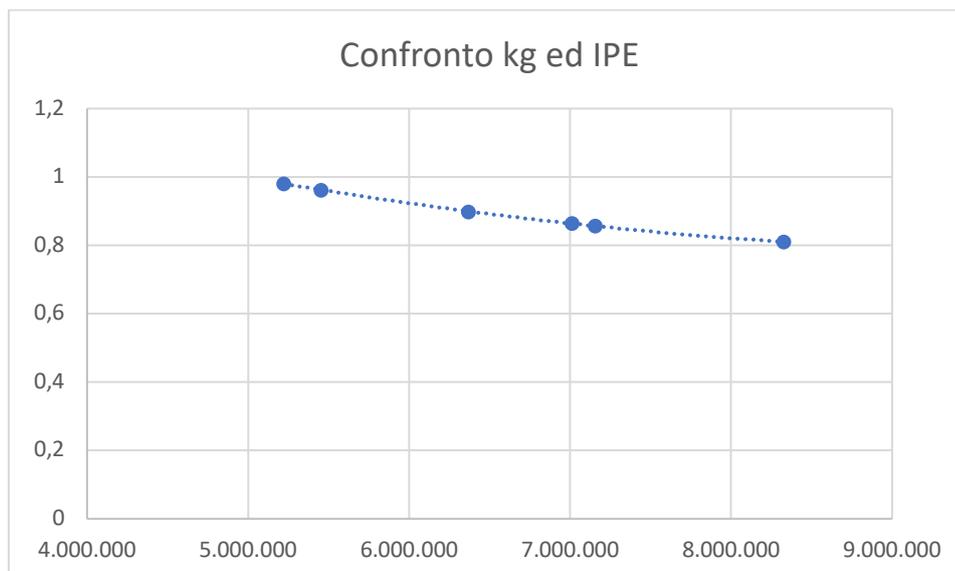


Grafico 11. Confronto tra IPE e kg trasformati

Sono due le variabili interconnesse che incidono notevolmente sui consumi energetici:

- I kg trasformati di materia prima;
- Le ore macchina effettive lavorate.

Come si può notare nel grafico 11 la tendenza del polinomio è negativa aumentando i kg di materia prima trasformata. Questo significa che i kg trasformati e l'indice di prestazione energetica sono inversamente proporzionali. Il costante decremento dell'indice è testimone di un continuo miglioramento nella gestione dei consumi dell'energia ed inoltre esso è, come scritto nel capitolo introduttivo, un punto fondamentale per l'acquisizione della certificazione ISO 50001.

Le ore macchina, invece, che sono direttamente proporzionali ai kg di materia prima trasformata sono un dato di straordinaria importanza nel momento in cui si desidera analizzare il costo orario macchina. L'importanza di un costante aumento negli anni delle ore macchina lavorate è fondamentale in un'ottica di contrazione degli ammortamenti finanziari, riduzione dei costi energetici fissi, dei costi della manodopera indiretta e della struttura. Nel successivo capitolo verrà analizzata la metodologia di calcolo del costo orario macchina che ci permetterà di capire l'incidenza del costo dell'energia in un'azienda energivora operante nel settore dello stampaggio ad iniezione.

6. Costo macchina

Il principale metodo di controllo dei costi utilizzato dall'impresa è quello tipico attraverso il quale vengono calcolati i preventivi. In poche parole, l'impresa ricostruisce il costo totale del singolo articolo in base al costo orario della macchina, del lavoro (diretto ed indiretto) della manodopera e, infine, alloca i costi indiretti residuali, raggruppandoli in unico *cost pool*, in base al costo del singolo ordine stesso. In particolare, l'impresa calcola un costo orario per il centro di costo "stampaggio" che comprende un costo orario "macchina" (così denominato in quanto la principale voce di costo è rappresentata dall'ammortamento dei macchinari) e il costo orario della manodopera diretta. E nel caso in cui il prodotto in questione necessiti della successiva fase di etichettatura (off-set o sleeve), l'impresa calcola per questo centro di costo "etichettatura" un altro costo orario, denominato costo "uomo" (poiché la principale voce di costo è la manodopera diretta), in questa analisi energetica il costo della "etichettatura" non viene conteggiato in quanto l'operazione viene eseguita da una azienda terza sempre facente del gruppo.

Il costo orario "macchina" che caratterizza il centro di costo dello stampaggio comprende: l'ammortamento della pressa, l'ammortamento del robot di movimentazione dei particolari, l'ammortamento degli impianti ausiliari, la manodopera indiretta di reparto (responsabili qualità, carrellisti, manutentori), il costo dell'affitto dell'immobile, il costo di manutenzione e il costo dell'energia consumata.

Dato che tale metodologia rappresenta un'analisi a preventivo, tali costi devono essere necessariamente calcolati attraverso diverse supposizioni teoriche o pratiche che derivano dalla diretta osservazione di determinati parametri nel processo produttivo (know-how).

In questo modo, gli ammortamenti della pressa e del robot di movimentazione sono calcolati in base alla vita utile del cespite di riferimento e in base al totale delle ore di lavoro programmate della singola pressa. Gli altri costi (impianti generali, manodopera indiretta, affitto immobile e manutenzione) che, dunque, non riguardano una pressa in particolare, sono divisi semplicemente per il totale delle ore di lavoro programmate di tutte le presse. Invece, il quantitativo di energia consumato e il relativo costo sono facilmente reperibili grazie all'apparecchiatura a bordo macchina legata al sistema automatico di registrazione del consumo energetico.

A questo punto, è fondamentale capire la quantità di quel particolare articolo che la pressa è in grado di produrre mediamente in un'ora: esso dipende principalmente dal tempo ciclo e dal numero delle cavità dello stampo. La capacità produttiva della pressa è fondamentale per calcolare il costo orario della manodopera.

Infatti, come è stato precedentemente detto, per completare il costo orario dello stampaggio è necessario aggiungere al costo orario "macchina" il costo orario della manodopera diretta composta da operai, capoturno e imballatori. Tale allocazione avviene in base alla capacità produttiva del singolo lavoratore: ad esempio, è necessario un operaio ogni tre presse e un capoturno ogni otto. La capacità dell'operaio di guardare nello stesso tempo diverse macchine dipende, a sua volta, dalla capacità produttiva delle presse, il cui numero di prodotti stampati dipende dallo specifico prodotto stampato: diversi prodotti hanno diversi tempi ciclo e diversi stampi con, probabilmente, un numero diverso di cavità. In poche parole, un operaio è in grado di lavorare su più macchine se queste presentano lunghi cicli e poche cavità.

Per quanto concerne lo stampo, esso non viene né conteggiato né ammortizzato all'interno del costo orario poiché viene finanziato precedentemente per intero o in parte dal cliente e/o tramite finanziamento interno e solo nel caso in cui lo stampo sia di proprietà dell'azienda il suo costo verrà ammortizzato sui rispettivi articoli.

Una volta ottenuto il costo orario totale, l'azienda calcola i costi relativi all'imballaggio (scatole, sacchi, pedane) e al trasporto. Ovviamente, tali costi saranno rapportati, rispettivamente, al numero di prodotti per pedana e per viaggio.

In conclusione, l'impresa somma i relativi costi di struttura che comprendono: i costi e le spese generali, gli stipendi degli impiegati e i compensi degli amministratori. In base ai dati storici di bilancio, questi hanno rappresentato ogni anno mediamente circa il 15% del fatturato di trasformazione (cioè del fatturato a cui sono stati sottratti i costi della materia prima e l'utile) e, per questo motivo, essi vengono imputati al singolo prodotto in questa maniera:

$$\begin{aligned} & \text{COSTI DI STRUTTURA} = \\ & (\text{COSTO STAMPAGGIO} + \text{COSTO MANODOPERA} + \text{COSTO TRASPORTO} \\ & + \text{COSTO IMBALLO}) \times 15\%. \end{aligned}$$

Successivamente l'impresa calcola l'utile in percentuale che desidera ottenere e, di seguito e a parte, viene poi indicato il costo della materia prima.

Se il prodotto necessita di un'ulteriore fase di lavorazione di etichettatura (sleeve o off-set), verrà calcolato uno specifico costo orario anche per questo centro di costo che comprenderà, a sua volta: il costo dell'energia consumata dalla macchina etichettatrice, l'ammortamento di tale macchina, il costo della manodopera diretta ed indiretta. Ad ogni modo, il procedimento di allocazione dei costi riflette quello precedentemente spiegato relativo allo stampaggio.

6.1. Esempio esplicativo

Al fine di chiarire l'esposizione verrà presentato un esempio. Supponiamo che l'impresa debba stampare la vaschetta x e che utilizzi una determinata pressa y con uno stampo a 16 impronte con un ciclo stampata di 5 secondi. Considerando che l'impresa lavora h24 su tre diversi turni da otto ore, supponiamo che a causa di inefficienze e ritardi il ciclo sia di 6 secondi e che a causa di riattrezzaggi produca solo per 23 ore, allora i pezzi mediamente prodotti all'ora saranno:

$$\frac{23 * 3.600}{6} * \frac{16}{24} = 9.200$$

Calcoliamo ora il costo orario macchina: supponiamo che la pressa y abbia un valore contabile di 155.000 euro da ammortizzare in 6 anni e che la quantità di ore lavorative ipotizzate in un anno siano 4500. L'ammortamento orario della pressa sarà:

$$\frac{155.000}{6 * 4.500} = 5,74$$

Dato che la pressa e il robot lavorano contestualmente, il robot di movimentazione presenta la stessa vita utile e se ha un valore contabile di 46 000 euro avrà un ammortamento orario di 1,7. Considerando che gli impianti ausiliari hanno un valore che si aggira sui 5.000.000 di euro, se sono da ammortizzare fiscalmente in sei anni, allora avranno un ammortamento orario per pressa di:

$$\frac{5.000.000}{6 * 4.500 * 39} = 4,75$$

Agli ammortamenti bisogna poi sommare i costi annui di affitto (702.000 euro), manodopera indiretta (600.000 euro) e manutenzione (500.000 euro).

Il totale di questi costi deve essere suddiviso per il numero totale di ore lavorato da tutte le presse

$$(39 \text{ presse} * \frac{4.500h}{\text{pressa}} = 175.500 \text{ h totali}).$$

La somma di tali costi equivale quindi ad un costo orario di 10,2678 euro. Il costo orario “macchina” sarà, dunque, di 27,4606 euro. Considerando che la pressa è in grado di produrre 9200 pezzi all’ora, ogni singolo pezzo avrà un costo macchina di:

$$\frac{27,4606}{9.200} = 0,00298 \text{ euro per unità}$$

Successivamente deve essere calcolato il costo della manodopera diretta. Dato che lo stampaggio della vaschetta x è caratterizzato da un ciclo breve e da uno stampo con numerose cavità, si ipotizza che sia necessario un operaio a tempo pieno a bordo macchina.

La manodopera diretta è costituita da operai, capituono e imballatori che rispettivamente presentano un costo orario di 20, 30 e 20 euro che seguono 1, 12 e 20 presse a testa. Il costo totale della manodopera diretta sarà dunque 23,50 euro che corrispondono a:

$$\frac{23,50}{9.200} = 0,0026 \text{ euro per unità}$$

La pedana finale è costituita da 16 scatole e ognuna costa 0,65 euro e contiene al suo interno 1290 pezzi racchiusi da un sacco (dal costo di 0,11 euro). La pedana è sorretta da un pallet e poi sigillata con un estensibile. I costi di imballo, in questo caso dunque sono:

- $0,65 * 16 = 10,40$ euro per le scatole;
- $0,11 * 16 = 1,76$ euro per i sacchi;
- 4 euro di pallet
- 1,25 euro di estensibile

per un totale di 17,41 euro per pedana. Considerando che ci sono $1.290 * 16 = 20.640$ pezzi per pedana il costo dell’imballo per pezzo sarà:

$$\frac{17,41}{20.640} = 0,00084 \text{ euro per unità}$$

Il trasporto su gomma ha un costo di 360 euro per viaggio ed il rimorchio di un camion è in grado di trasportare 30 pedane di prodotto finito.

I pezzi trasportati sono dunque: $20.640 * 30 = 619.200$. Il costo del trasporto per pezzo è di

$$\frac{360}{619.200} = 0,00058 \text{ euro per pezzo.}$$

A questo punto l'impresa colloca i costi di struttura calcolati come precedentemente spiegato:

costi di struttura = $(0,00298 + 0,00255 + 0,00084 + 0,00058) * 15\% = 0,00104$ euro.

Dopo l'allocazione dei costi di struttura l'impresa calcola l'utile, tuttavia questa fase non è rilevante da un punto di vista di misurazione dei costi e successivamente indica il costo della materia prima, calcolata ovviamente in base al peso dell'articolo e, in questo caso, pari a 0,00800 euro.

Il costo totale per pezzo dell'articolo x sarà di 0,01601 euro.

Nell'allegato numero 4 viene esposto in forma tabellare l'esempio appena descritto. I dati descritti nell'esempio non sono veritieri in quanto sono considerati dati sensibili. Essi hanno il solo obiettivo di descrivere il procedimento base di calcolo del costo di una unità.

7. Conclusione

L'analisi energetica e il breve studio sul costo orario appena descritto confermano che Omnia è a tutti gli effetti un'azienda che rientra nella classifica delle energivore. Dato dal fatto che l'incidenza dell'energia elettrica sul costo orario di qualsiasi linea di produzione è di circa il 20%. Il consumo energetico è la seconda voce che ha l'incidenza più alta in quanto gli ammortamenti dei macchinari, attrezzature ed impianti ricoprono approssimativamente il 50%.

Quest'ultima voce è strettamente vincolata a scelte di strategia manageriale e quindi difficilmente migliorabile nel caso in cui l'azienda avesse come obiettivo quello di aumentare il proprio fatturato e di conseguenza investire sempre di più nel corso degli anni. Un'azienda energivora come Omnia per migliorare significativamente la propria efficienza e quindi essere anche competitiva sul mercato ha la necessità di investire su progetti che abbiano come finalità il risparmio energetico.

Si riportano alcuni degli interventi individuati per migliorare l'efficienza energetica dell'intero sito di produzione:

- **Ampliamento del sistema di misurazione continuo** dei consumi elettrici su tutte le utenze energetiche significative. L'investimento è di circa 35.000 euro.
- **Rifacimento della copertura** dei tre reparti di produzione per un miglioramento dell'isolamento termico. L'investimento è valutato intorno ai 250.000 euro. La cifra è stata ottenuta grazie ad un valore storico per il rifacimento di una parte del tetto (1.000 m²) e moltiplicato per l'intera superficie del sito produttivo.
- Sostituzione delle lampade tradizionali con **lampade a LED** nei reparti produttivi. L'investimento è di circa 30.000 euro e si è stimato un risparmio energetico di 80 MWh/anno.
- Omnia, in aggiunta, ha recentemente stipulato un contratto legato all'approvvigionamento di **energia elettrica rinnovabile da pannelli fotovoltaici**. Il progetto verte nella possibilità di appaltare ad un'azienda terza l'installazione e la gestione dei pannelli fotovoltaici sulla copertura dell'intero immobile e poi vendere alla stessa Omnia energia elettrica rinnovabile ad un costo minore rispetto a quello del mercato. Il risparmio economico legato all'approvvigionamento dell'energia

rinnovabile è direttamente proporzionale agli anni di contratto che si vogliono stipulare con l'azienda terza.

Gli obiettivi dell'impianto sono i seguenti: generare la propria energia attraverso la soluzione del fotovoltaico al fine di ridurre i consumi di energia dalla rete RON/kWh delle fatture elettriche mensili, produrre la propria energia localmente aiuta a proteggere l'azienda contro fluttuazioni di prezzo dell'energia della rete con un prezzo fisso ed infine l'installazione di un sistema fotovoltaico permetterà di ridurre le proprie emissioni di CO₂ dovute all'uso dell'energia prelevata dalla rete.



Figura 12. Foto dall'alto del progetto per l'implementazione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto è dimensionato per la produzione di 389 MWh, pertanto su 8.928 MWh di elettricità consumata annualmente da Omnia, sarà prodotto localmente attraverso il sistema fotovoltaico circa il 4,36% del consumo totale. Secondo lo studio dell'azienda che si occuperà della progettazione, dell'implementazione e della gestione

dell'impianto, grazie alla diminuzione del 4,36% di energia prelevata dalla rete e quindi generata da fonti non rinnovabili, la riduzione da parte di Omnia di emissioni di CO₂ è di circa 115 t/anno.

Dall'analisi si evince che le linee di produzione caratterizzate dalla nuova tecnologia di decorazione IML hanno un consumo energetico più elevato rispetto alle altre. Questa differenza era facilmente intuibile, ma non era mai stata calcolata dettagliatamente prima di questa analisi.

Il consumo energetico ottenuto con l'analisi è risultato molto superiore alle aspettative per questa rivoluzionaria tecnica di decorazione, in quanto tale aumento energetico non era stato preso in considerazione nella fase di preventivazione in modo tale da permettere ad Omnia di essere competitiva sul mercato. Le dimensioni di fatturato riguardanti questa tecnologia non sono ancora sufficientemente elevate per giustificare gli investimenti effettuati. In questa fase di crescita i ricavi ottenuti non riescono a coprire completamente i costi. Inoltre, essendo la tecnologia una novità per il reparto produttivo non si sono ancora ottenuti i livelli massimi di efficienza e si possono notare dai diversi report di produzione (dati sensibili non riportati nello scritto) percentuali di scarto più alte dei limiti preventivati.

La redditività di questa lavorazione negli anni 2018 e 2019 non può essere considerata positiva per i fattori appena citati. La direzione, nonostante la consapevolezza degli aspetti negativi, crede molto in questo progetto in quanto i principali clienti tenderanno sempre di più ad utilizzare l'IML per decorare i propri prodotti, in quanto questo metodo è riconosciuto dal mercato come il più eco-sostenibile, poiché il prodotto finito, come spiegato nel capitolo IML, è composto da un solo materiale rendendo il processo di riciclo più efficiente.

Omnia ha investito con continuità in macchine di stampaggio con alte capacità di serraggio, più comunemente chiamato "tonnellaggio". Questa scelta permette la produzione di prodotti finiti sempre più sottili e quindi con un elevato risparmio di materia prima, è importante far notare questa peculiarità perché il valore percentuale della materia prima sul prezzo finale del prodotto è molto elevata. Una seconda tendenza di Omnia nei propri investimenti è l'acquisto di stampi a più di quattro cavità, tale caratteristica permette di produrre più *items* nello stesso tempo e quindi di poter ridurre il tempo ciclo per pezzo. Lo scarto, il tempo ciclo e la massa in grammi del prodotto finito sono i fattori più rilevanti e che hanno maggior influenza sulla redditività di una linea di produzione. È facilmente intuibile che maggiori sono le cavità dello stampo e maggiore è la grandezza della pressa più alto sarà l'investimento, inoltre una pressa di grandi

dimensioni e uno stampo con otto o più cavità hanno bisogno d'impianti ausiliari con prestazioni elevate, in grado di apportare l'aria, l'acqua e la materia prima in modo sufficiente da permettere lo svolgimento della produzione con alte prestazioni. In aggiunta, la formazione di tecnici in grado di gestire e mantenere queste attrezzature all'avanguardia è d'importanza elevata per produrre in modo tale da rendere la redditività positiva e quindi di ripagare l'investimento fatto.

In conclusione, vorrei sottolineare come gli indici prestazionali di Omnia legati al consumo energetico in confronto a molte aziende italiane dello stesso settore sono nettamente migliori. Questa differenza è dovuta sicuramente ad una maggiore produzione in termini di kg di materia prima trasformata durante l'anno, ma anche ad una gestione attenta. La continua sensibilizzazione verso una forma di produzione sempre più sostenibile nei confronti dell'ambiente e della società è trasmessa dalla direzione a tutti i propri dipendenti, fornitori e clienti.

8. Allegati

Allegato 1 - Foglio di calcolo "Attrezzature"

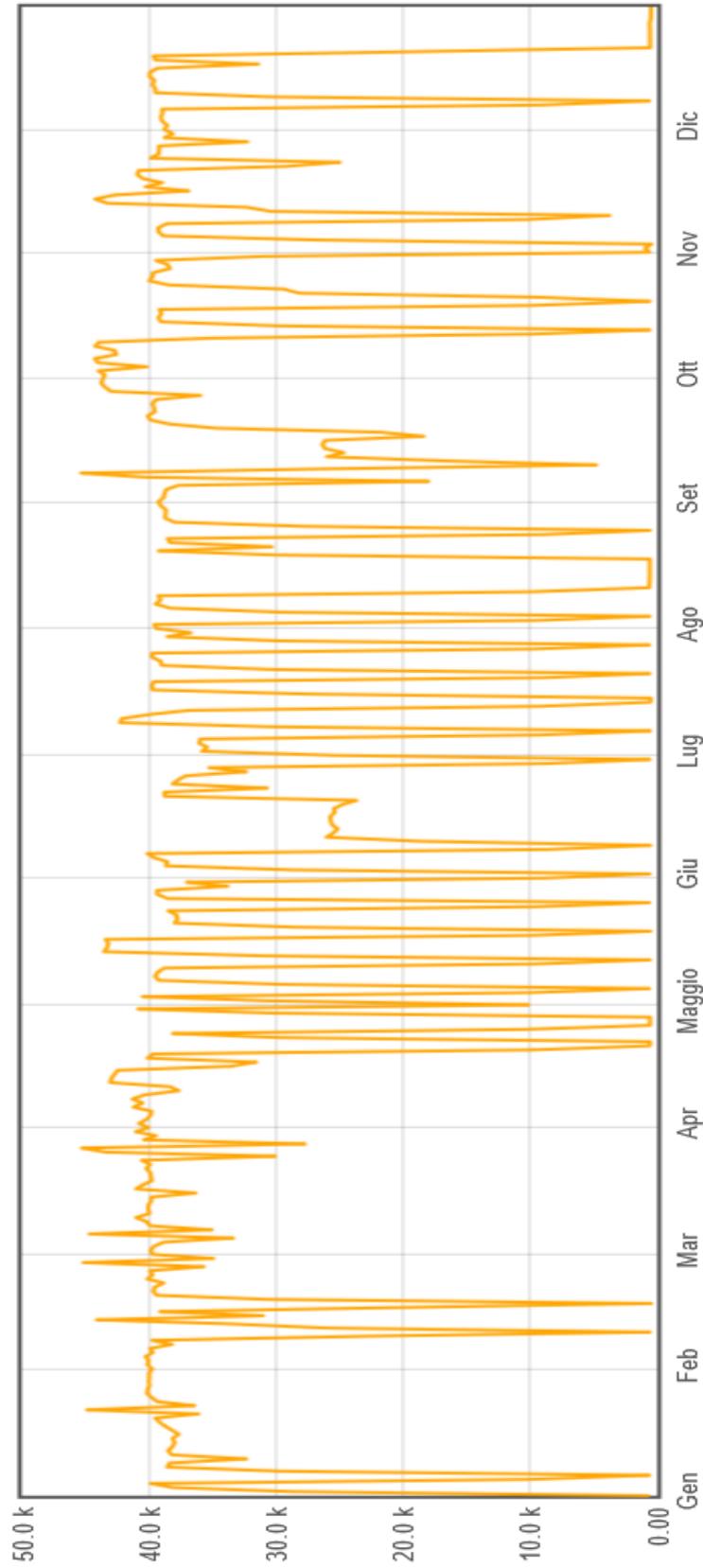
Macchine	Manipolatore		Consumo aria (litri/dec)		Consumo aria (litri/min) in mese come tempo ciclo medio e sec.		Consumo aria (litri/dec)		Consumo aria (litri/dec)		Consumo (kWh)		Mantoreattore		Mantoreattore		Mantoreattore		Mantoreattore		
	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	Modello	Nome	
38					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
2/41/1					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
2/37/1					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/60/1					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/30					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/29					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/36					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/35					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/63					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/64					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/62					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/61					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
1/61					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
58					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
59					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
77					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
99					16		104		0,5048	3	0,18	0,37	1								
89					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
88					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
2/75					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
2/76					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
70					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
73					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
2/59/1					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
2/87					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
60/1					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
40/2					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
96					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
97					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
100					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
99					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
101					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
95					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
102					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
94					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
90					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
67					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
66					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
72					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
74					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
2/82					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
83					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
92					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								
103					16		104		0,5048	3	0,18	0,36	5								

Allegato 2 – Foglio di calcolo “Consumi 2019”

Diagnosi energetica 2019

Macchine	Matricola	Kg trasformati in un anno	Kg/h	Ore macch. effett.	Ore macch. non lav.	Ore macch. teoriche	% utilizzo macch.	Kw/h teorici	Consumo Kw teorici	Consumo Kw da	Kw/h teorico (calcolato da coef.)	Rilavati Kw/h (Valore massimo)	Consumo eff. Macchina (81)	Rilavati Kw/h 2019 (82)	Consumo eff. Macchina (h) (Con il tot integrale)	Differenza tr. Kw rapportate e Kw max					
Primo reparto																					
98		80.166,828	18,383	4.360,920	1.087,080	5.448,000	80,95%	73,000	288.606,230			18,000	78.496,560								
2/41/1		97.265,425	24,602	3.953,510	1.494,490	5.448,000	72,57%	73,000	320.753,240			25,000	98.837,750								
2/37/1		94.934,496	21,606	4.393,880	1.054,120	5.448,000	80,65%	61,000	71.854,950			30,000	121.344,000								
1/101		4.544,444	3,858	1.177,950	4.270,050	5.448,000	21,62%	64,500	260.889,600			30,000	121.344,000								
1/30		232.459,262	57,471	4.044,800	1.403,200	5.448,000	74,24%	64,500	269.416,500			30,000	121.344,000								
1/29		229.304,031	54,897	4.177,000	1.271,000	5.448,000	76,67%	64,500	217.153,440			30,000	101.001,600								
1/36		160.461,319	47,661	3.366,720	2.081,280	5.448,000	61,80%	64,500	213.071,235			30,000	99.102,900								
1/35		145.229,969	43,963	3.303,430	2.144,570	5.448,000	60,64%	180,000	946.420,200			35,307	185.040,322				0,290				
1/63		373.718,362	71,078	5.257,890	190,110	5.448,000	96,51%	180,000	944.874,000			35,307	185.337,035				0,348				
1/64		368.199,704	70,143	5.249,300	198,700	5.448,000	96,35%	180,000	925.318,800			35,307	181.501,283				1,102				
1/62		368.715,173	71,725	5.140,660	307,340	5.448,000	94,36%	180,000	920.012,400			35,307	180.460,432				1,312				
1/61		363.044,314	71,029	5.111,180	336,820	5.448,000	93,82%	180,000	920.012,400			60,444	267.983,775				-8,066				
58		286.704,327	64,763	4.426,970	1.021,030	5.448,000	81,26%	180,000	802.121,400			60,444	266.950,926				-7,942				
59		261.439,041	59,196	4.416,500	1.031,500	5.448,000	81,07%	180,000	802.121,400			55,621	247.859,969				-17,526				
77		125.901,579	28,253	4.456,230	991,770	5.448,000	81,80%	180,000	802.121,400			35,388	207.998,278				-2,635				
93		354.507,961	60,315	5.877,650	-429,650	5.448,000	107,89%														
Secondo reparto																					
89		266.259,095	62,909	4.232,440	1.215,560	5.448,000	77,69%	115,000	238.355,900			28,098	118.923,099				0,540				
88		266.661,703	62,638	4.257,160	1.190,840	5.448,000	78,14%	115,000	223.202,350			28,098	119.617,682				0,374				
2/87		128.445,865	26,504	4.846,220	601,780	5.448,000	88,95%	115,000	238.355,900			25,000	121.155,500								
60/1		73.060,497	35,250	2.072,660	1.095,340	3.168,000	65,42%	115,000	238.355,900			39,219	81.287,653								
40/2		68.710,638	35,402	1.940,890	1.227,110	3.168,000	61,27%	115,000	223.202,350			43,470	84.370,488								
2/75		377.767,299	75,251	5.020,080	427,920	5.448,000	92,15%	120,000	602.409,600			37,179	186.641,554				0,964				
2/76		388.517,296	75,704	5.132,060	315,940	5.448,000	94,20%	120,000	615.847,200			37,179	190.804,859				0,132				
70		382.965,538	76,028	5.037,150	410,850	5.448,000	92,46%	120,000	604.458,000			37,179	187.776,200				0,835				
73		310.082,426	61,177	5.066,650	379,350	5.448,000	93,04%	120,000	608.238,000			37,179	188.447,338				0,599				
96		157.575,704	45,274	3.480,470	1.967,530	5.448,000	63,89%	31,200	108.590,664			15,806	55.012,309				0,734				
97		195.447,398	55,791	3.503,200	1.944,800	5.448,000	64,30%	31,200	109.299,840			15,806	55.371,579				0,627				
100		170.956,174	53,090	3.220,110	2.227,890	5.448,000	59,11%	62,500	201.256,875			45,340	145.999,787				16,433				
95		377.035,199	56,907	6.625,470	-1.177,470	5.448,000	121,61%	62,500	414.091,875			45,340	300.938,810				-5,405				
99		45.349,913	9,343	4.853,680	594,320	5.448,000	89,09%	120,000	538.513,200			28,410	137.893,049								
101		17.687,156	4,604	3.841,920	1.606,080	5.448,000	70,52%	120,000	538.513,200			34,740	133.468,301								
102		54.699,573	60,301	907,110	1.372,890	2.280,000	39,79%					50,000	45.355,500								
Terzo reparto																					
94		218.201,275	38,116	5.724,710	-276,710	5.448,000	105,08%	33,442	191.445,752			33,442	191.445,752				-0,154				
90		47.616,888	9,632	5.048,950	399,950	5.448,000	92,66%	12,000	253.399,050			12,000	60.576,600								
67		201.791,250	54,947	4.238,940	1.209,060	5.448,000	77,81%	69,000	292.486,860			40,000	146.898,000								
66		273.178,973	64,445	4.770,660	677,340	5.448,000	87,57%	69,000	292.486,860			40,000	146.898,000								
72		408.605,472	85,650	5.890,540	-442,540	5.448,000	108,12%	120,000	572.479,200			35,560	169.644,670								
2/82		77.570,585	13,169	5.890,540	-442,540	5.448,000	108,12%	94,000	553.710,760			37,117	218.639,173				-8,597				
83		107.955,914	24,056	4.487,610	960,390	5.448,000	82,37%	120,000	538.513,200			47,505	213.183,913				46,498				
92		164.976,964	35,456	4.653,000	795,000	5.448,000	85,41%	120,000	538.513,200			28,898	134.662,394				-1,465				
Totale																					
														8.327.713,026	210.192,000	81,47%	5.929.252,579				

Allegato 3 – Consumo annuale pressa 95



Allegato 4 - Calcolo del costo di una unità

	Valore contabile	Anni di ammortamento	Totale ore all'anno	Numero presse		
Ammortamento orario pressa	155.000,00	6,00	4.500,00			5,741
Ammortamento orario robot	46.000,00	6,00	4.500,00			1,704
Ammortamento orario impianti ausiliari per pressa	5.000.000,00	6,00	4.500,00	39,00		4,748
Energia consumata	(dato direttamente reperibile a bordo macchina)					5,000
	<u>Costo totale annuo</u>					
Affitto	702.000,00					
Manodopera indiretta	600.000,00					
Manutenzione	500.000,00					
		<u>Numero presse</u>	<u>Ore lavorate per pressa</u>	<u>Ore lavorate totali</u>		
Totale Affitto + MOI + Man	1.802.000,00	39,00	4.500,00	175.500,00		10,268
Costo orario "macchina"						27,461
Costo orario "macchina" per pezzo	(considerando che la pressa produce 9 200 pezzi all'ora)					0,00298
	<u>Costo orario</u>	<u>Presse seguite</u>			<u>pressa</u>	
Costo operaio	20,00	1,00			20,000	
Capoturno	30,00	12,00			2,500	
Imballatore	20,00	20,00			1,000	
Costo totale MOD orario						23,500
Costo orario MOD per pezzo	(considerando che la pressa produce 9 200 pezzi all'ora)					0,00255
	<u>Prezzo unitario</u>	<u>Pezzi per pedana</u>			<u>Costo per pedana</u>	
Scatole	0,65	16,00			10,400	
Sacchi	0,11	16,00			1,760	
Pallet	4,00	1,00			4,000	
Estensibile	1,25	1,00			1,250	
Totale costo imballo						17,410
Costo imballo per pezzo	(considerando che ogni scatola contiene 1290 pezzi e una pedana contiene 16 scatole)					0,00084
Trasporto						360,000
Costo trasporto per pezzo	(considerando che in un viaggio possono essere trasportate 30 pedane e cioè 619 200)					0,00058
Costi di struttura	(0,00298 + 0,00255 + 0,00084 + 0,00058) x 15%					0,00104
Costo materia prima						0,00800
Costo totale per pezzo del prodotto X						0,01601

9. Bibliografia

Luigi Caroselli e Marcello Salvio, “Analisi dei dati relativi alle diagnosi energetiche e individuazione preliminare degli indici di prestazione nei settori della lavorazione della gomma e della trasformazione delle materie plastiche.”, 2019, pp. 31-56-58.

Intervista diretta al direttore di produzione per quanto riguarda la storia e la struttura aziendale generale.

Informazioni e dati legati al dipartimento di produzione e in particolar modo i consumi energetici ottenuti direttamente dal mio tutor del tirocinio.

W. Smith, J. Hashemi, " Scienza e Tecnologia dei Materiali", McGraw-Hill, 2012, pp. 43-44-45.

W.D. Callister, D.G. Rethwisch, "Scienza e Ingegneria dei Materiali", EdiSES, 2012, pp.43-44-45.

E. Lindner e P. Unger, “Stampi per iniezione, 130 esempi collaudati”, Hans Gastrow, 2000, pp. 21-22-23-24-25-26-27-28.

Siti internet:

- www.protolabs.it
- www.iso.org
- www.campetella.com
- www.bmb-spa.com
- www.ferrero.com
- www.ilsole24ore.com

Manuale utente, “Modula IML”, Campetella Robotic Center S.r.l.

Manuale delle istruzioni per l’uso e la manutenzione, BMB Costruzioni Oleomeccaniche.