



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Anno Accademico 2020/2021

Sessione di Laurea

Luglio 2021

Il reengineering di un'azienda: dal metallo alla plastica

Relatore:

Prof. Luigi Buzzacchi

Tutor aziendale:

Ing. Clavdia Sutac

Candidato:

Miriam Trigilia

SOMMARIO

INTRODUZIONE	1
1 L'azienda e il progetto di reengineering	3
1.1 <i>Il gruppo Endurance</i>	6
1.2 <i>La decisione dello spostamento e le motivazioni</i>	17
1.3 <i>Descrizione della tecnologia principale</i>	19
2 Il metal replacement e la risposta delle aziende produttrici	27
3 Aspetti legislativi e inquadramento normativo	38
3.1 <i>Quadro normativo D. lgs. 81/08</i>	38
3.2 <i>L'attività di trasformazione di materiale plastico</i>	42
4 Lo studio dei flussi e del layout	70
4.1 <i>Parametri tecnici necessari</i>	70
4.2 <i>Flussi dei materiali e logistica di impianto</i>	80
4.3 <i>Analisi tecnica con i tecnologi di stampaggio per la definizione pre-ciclica del know-how dell'azienda</i>	82
4.4 <i>Schema di flusso finale</i>	84
4.5 <i>Budget di riferimento</i>	86
5 Progettazione	88
5.1 <i>Stesura Gantt</i>	88
5.2 <i>I progetti specifici</i>	90
6 Conclusioni	115
BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA	117
ALLEGATI	119
RINGRAZIAMENTI	131

INTRODUZIONE

I continui cambiamenti economici e sociali richiedono capacità di reagire velocemente alle sollecitazioni del mercato, proprio per questo è importante aggiornare ed innovare sempre le proprie strategie aziendali.

La trattazione ha l'obiettivo di esporre il caso di studio di un'azienda attiva nel settore dello stampaggio di materie plastiche che, per far fronte al sempre più diffuso processo di metal replacement, ha deciso di dare il via ad un progetto di business process reengineering.

Si tratta di un importante esempio che permette di capire quali sono i trend attuali del settore dello stampaggio ad iniezione e come le varie imprese hanno dovuto adeguarsi al rapido cambiamento che il settore dei tecnopolimeri e, in particolare quello dell'automotive, hanno imposto, considerando che l'azienda è quasi totalmente operante nel medesimo.

Vengono analizzate le varie fasi del reengineering il quale ha permesso il trasferimento nel nuovo sito di produzione, precedentemente adibito a fonderia, che segna appunto l'evoluzione della filiera con la progressiva riduzione dell'utilizzo del metallo a favore dei tecnopolimeri.

In particolare, nel primo capitolo viene presentato il tipo di progetto con qualche accenno all'utilizzo delle metodologie manageriali, quali business process engineering e studio dei flussi, necessarie al fine dell'implementazione del progetto stesso. Successivamente, si presenta l'azienda, come è strutturata e quale è la sua posizione strategica nel mercato e quali sono state le motivazioni che hanno portato al cambiamento radicale.

Si prosegue, nel secondo capitolo, con la descrizione nel dettaglio del fenomeno del metal replacement analizzando i vantaggi apportati e le risposte delle aziende produttrici.

Il terzo capitolo si focalizza sugli aspetti normativi che devono essere tenuti in considerazione ogni qualvolta un'impresa decida di apportare dei cambiamenti alla propria

struttura, soprattutto, come presentato nella trattazione, nel caso di una modifica della sede di produzione.

Gli aspetti legislativi determinano le linee guida per la stesura del layout e lo studio dei flussi, analizzati nel capitolo quarto.

Infine, il quinto capitolo è dedicato alla progettazione di tutti gli impianti che sono stati realizzati per l'adeguamento dello stabilimento alle necessità di produzione dell'azienda. Un accenno alla fase di coordinamento delle opere evidenzia come competenze trasversali, quali proprio il percorso di studi in Ingegneria Gestionale, siano indispensabili nelle attuali realtà industriali.

1 L'azienda e il progetto di reengineering

L'Ingegneria Gestionale, e più specificatamente quella dei Servizi, ha come suo principale compito quello di analizzare le interconnessioni tra le risorse aziendali (sia umane che strumentali), la struttura organizzativa, operativa e tecnica dell'impresa, riprogettandone l'attività nell'ottica di un miglioramento in termini di competitività e risposta alle nuove esigenze del mercato.

Le mansioni di un ingegnere gestionale si esplicano nel massimizzare l'efficienza di un'azienda per renderla competitiva attraverso la progettazione di modelli e flussi lavorativi allineati alle evoluzioni del mercato per il raggiungimento degli obiettivi di business.

La seguente trattazione ha come obiettivo l'esposizione di un progetto di reengineering e studio dei flussi affidato ad un'azienda di consulenza ingegneristica, la Global.com S.r.l., da parte di un cliente, la Endurance Engineering S.p.A., il cui business principale è lo stampaggio di materiale plastico per il settore automotive.

Business Process Reengineering - BPR

Il Business Process Reengineering - BPR è una metodologia manageriale che ha trovato diffusione, soprattutto nel mondo anglosassone, all'inizio degli anni 90 nel settore delle imprese private. È di quegli anni una delle prime definizioni di process reengineering elaborata da Hammer in un articolo comparso sulla Harvard Business Review. In tale definizione l'autore definisce questa tecnica come "il ripensamento sostanziale ed il ridisegno radicale dei processi aziendali al fine di ottenere risultati rilevanti in termini di miglioramento della qualità e dei servizi all'utente e di incrementi nella produttività (riduzione dei costi a fronte di un aumento dei volumi di prestazioni erogate)" (Lega e Motta, 2000).¹

Incentrata sull'analisi e sulla progettazione di flussi di lavoro e processi aziendali all'interno di un'organizzazione, il BPR mira ad aiutare le organizzazioni a ripensare radicalmente il

¹ Fonte: *La definizione e la rappresentazione dei processi: principi di business process reengineering (BPR)* di Giovanni Serpelloni, Elisabetta Simeoni, Maurizio Gomma

modo in cui svolgono il loro lavoro al fine di migliorare drasticamente il servizio clienti, ridurre i costi operativi e diventare concorrenziali a livello mondiale.

Il BPR ha di fatto enfatizzato l'attenzione sugli obiettivi di business e su come i processi debbano contribuire al loro raggiungimento, incoraggiando il ripensamento critico dei processi su vasta scala piuttosto che l'ottimizzazione o il miglioramento.

I motivi che spingono una organizzazione o una azienda nell'affrontare un BPR Business Process Reengineering sono i più diversi, aumento dell'efficienza di produzione, modifica della compagine operativa, aumento della competitività, adozione di nuovi software più performanti, introduzione di nuove regole o leggi, aumento della responsabilità degli operativi e così via.

L'applicazione del Business Process Reengineering deve seguire uno schema ben preciso affinché abbia successo.

Si deve partire innanzitutto col riunire un team di persone che si dovrà occupare del ridisegno del processo e, più in generale, del progetto. In questa fase è importante illustrare lo scopo del lavoro e mappare il processo "as-is", ovvero come appare prima dell'intervento di BPR.

A questo punto si presenta la visione del progetto che è la chiave per il successo in quanto dà una direzione, fissa obiettivi e può persino risolvere i problemi prima che si presentino. Si comincia, quindi, a progettare il nuovo processo, eventualmente avvalendosi di studi di benchmarking effettuati su processi simili. Una volta ridisegnato il processo bisognerà validarlo, valutare i risultati raggiunti e apportare eventuali correzioni.

Per capire se gli obiettivi sono stati raggiunti è importante monitorare il nuovo processo in modo da poterlo migliorare su base continua.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono schematizzati gli 8 passaggi principali del processo.

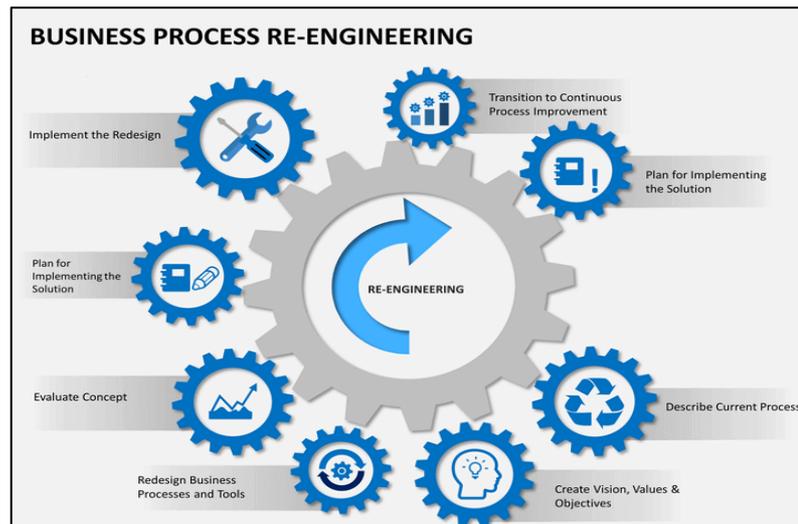


Figura 1.1: Il business process reengineering

Il project team, quindi, grazie all'esperienza acquisita, consiglia, supporta e disegna re-layout e nuove configurazioni dell'area produttiva del cliente. La rianalisi e il conseguente cambiamento radicale dei processi aziendali è finalizzato ad apportare miglioramenti nei parametri critici delle prestazioni dell'azienda.

Attraverso la semplificazione dei processi, ed evitando l'eccessiva burocratizzazione della sequenza di attività, è perseguibile anche l'obiettivo dell'adattabilità dei processi, presupposto indispensabile per conseguire la personalizzazione delle risposte alle aspettative individuali di ogni cliente.

Lo studio dei flussi

Lo studio dei flussi interni ed esterni consente di ottimizzare le fasi del processo produttivo, ma anche di consigliare le scelte di ampliamento e/o di riduzione spazi.

Si parte dall'analisi realistica della situazione attuale aziendale: attraverso lo studio di flussi procedurali di ogni singolo processo aziendale si vanno a specificare e identificare gli input, gli output, i ruoli, eventuali colli di bottiglia e carenze prestazionali.

La fase di diagnosi dei processi mira ad evidenziare su quali componenti del processo e su quali attività si concentrano le attuali criticità, nonché a stabilire delle misure capaci di quantificarle e pertanto utilizzabili per definire obiettivi concreti di cambiamento, che siano osservabili, quantificabili e quindi verificabili.

1.1 Il gruppo Endurance

La seguente trattazione racconta di un progetto di reengineering, nel quale un'azienda multinazionale, seguendo l'evoluzione della filiera verso la progressiva riduzione dell'utilizzo del metallo a favore dei tecnopolimeri, decide di attuare una riorganizzazione della propria rete di distribuzione commerciale.

In una prima fase verrà presentata l'azienda per capire come è strutturata e di seguito verranno evidenziate le criticità e le motivazioni della scelta del processo di reengineering adottato.

Questo progetto nasce, infatti, dalla necessità di promuovere ed aumentare un partenariato aziendale nei confronti dei principali produttori di automobili, internazionalizzando con maggiore incisività l'attività produttiva.

Un più rigoroso regime di qualità, la corretta interazione con i clienti e una maggiore attenzione verso le esigenze emergenti, tenderanno ad aumentare la soddisfazione dei principali produttori automobilistici mondiali. L'esperienza e la profondità delle competenze tecnologiche acquisite col tempo, rimodernate e riprogettate, permetteranno di penetrare in maniera più estesa e globalizzata il mercato.

L'azienda oggetto del progetto è la **Endurance Engineering**, un'azienda affermata e specializzata nella produzione di componenti plastici per l'automotive.

La stessa, tuttavia, fa parte di un gruppo molto più ampio chiamato Endurance, di cui se spiega indicativamente la compagine prima di entrare nel merito della trattazione.

Cenni storici dell'azienda

Il gruppo **Endurance** è stato fondato nel 1985 come *Anurang Engineering Company Private Limited* per la produzione di prodotti in alluminio pressofuso ad Aurangabad, Maharashtra (India).

L'Endurance, con 19 stabilimenti dislocati in India, Italia e Germania, è una forza globale nei prodotti di fusione di alluminio (compresi i cerchi in lega), sospensioni, trasmissioni e

prodotti frenanti con ricavi annuali di vendita di 551 milioni da operazioni nazionali e ca. 162 milioni da operazioni all'estero per l'anno 2012-2013.

Il nome *Endurance*, scelto non a caso, esprime la capacità di sostenere nel tempo un'attività intensa e costante.

La mission aziendale è principalmente quella di diventare il partner di fiducia per i principali produttori di automobili. Infatti, grazie ad un rigoroso regime di qualità, alla corretta interazione con i clienti e ad un occhio di riguardo per le esigenze emergenti, hanno ritagliato una nicchia per soddisfare alcuni dei principali produttori automobilistici mondiali.

L'esperienza e le innovative competenze tecnologiche acquisite hanno permesso alla Endurance di diventare un'azienda ad elevata crescita e con un rilevante livello di innovazione.

Corporate Structure²

Il gruppo Endurance, come accennato, è vasto con stabilimenti localizzati sia in Europa che India, dove si trova la sede della società capo gruppo.

Massimo Venuti, amministratore delegato di *Endurance Overseas Srl* - la holding italiana cui fanno riferimento i nove stabilimenti europei del gruppo indiano leader *Endurance Technologies Limited* - in un'intervista³ spiega come è strutturato il gruppo, soffermandosi principalmente sull'area europea, e quali sono i settori principali in cui ha deciso di investire la società.

«Endurance Technologies è oggi uno dei principali fornitori di componentistica per veicoli a due, tre e quattro ruote. Il Gruppo opera con 18 stabilimenti in India e 7 in Europa (5 in Italia e 2 in Germania⁴), con un giro d'affari consolidato di 730 milioni di euro nel 2016 e oltre 5.000 dipendenti nel mondo.»

² L'organizzazione del gruppo viene esposta facendo riferimento a quanto presentato nella pagina ufficiale della compagnia Endurance Overseas nelle sezioni "Corporate Governance" e "Company".

³ Fonte: Intervista a Massimo Venuti "Aluminium alloys pressure diecasting foundry techniques" pubblicata sulla rivista ufficiale di "Metef" dall'editore PubliTec S.r.l. nel Febbraio 2017.

⁴ L'intervista risale al 2017, ad oggi gli stabilimenti in Germania sono 3 e in Italia 7, mentre in India si sono ridotti a 17.

In particolare, la divisione indiana è principalmente dedicata al settore motorcycles, mentre a livello europeo la focalizzazione è sul settore automotive, come mostra la Figura 1.2.

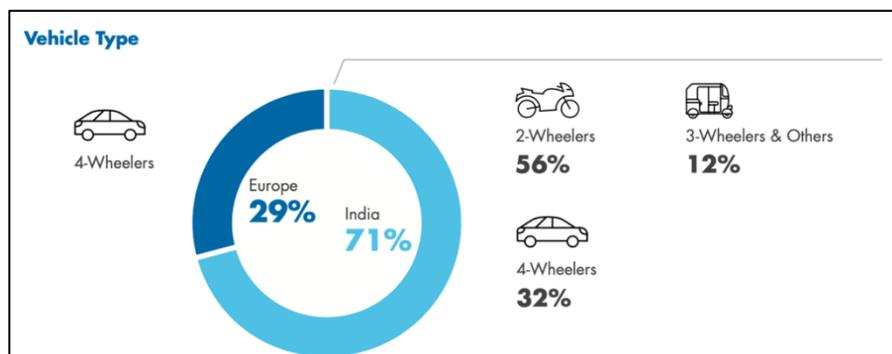


Figura 1.2: Settori serviti dalle divisioni

Il gruppo Endurance inizia ad investire in Europa nel settore della componentistica in alluminio, e in modo particolare nei getti di leghe leggere per automotive, a partire dal 2006 acquisendo due società del settore, una in Germania - *Amann Druckguss GmbH* - e l'altra in Italia, la *Fondalmec Spa*. Su queste due aziende, negli ultimi anni Endurance ha basato la sua strategia commerciale in Europa ampliando il proprio portafoglio prodotti e diventando partner dei principali OEM europei.

- *Endurance Fondalmec Spa* con sede in Italia - Lombardore, vicino Torino - è focalizzata sul mercato automobilistico. Il core business sono le attività di lavorazione e pre-assemblaggio di getti in alluminio, ghisa e pezzi forgiati. Fondalmec nasceva infatti nel 1976 come componentistica per il settore dei veicoli industriali e macchine movimento terra.
- *Endurance Amann GmbH* con sede in Germania, precedentemente (*Amann Druckguss GmbH*) produttori di nebulizzatori per macchine per pressocolata ad alta pressione, a seguito dell'acquisizione dal Gruppo Endurance, opera con due impianti situati a Massenbachhausen, nell'area di Heilbronn, per la produzione di componenti complessi per automotive in alluminio pressocolato ad alta pressione.

Endurance ha incrementato la propria presenza in Italia acquisendo altre due fonderie, *Foa* nel 2012 e più recentemente *Fonpresmetal GAP* nel 2019, al fine di verticalizzare e garantire la produzione di componenti in alluminio.

- Endurance Foa Spa, attiva nella produzione di particolari pressofusi per il mercato automotive e camion, ha due fonderie situate in Italia - Chivasso e Grugliasco (Torino) e un'unità di lavorazione a Chivasso.
Endurance Fondalmec Spa è stata fusa con Endurance F.O.A. Spa dal 1° gen. 2019 e il suo nome è stato cambiato in Endurance Spa.
- Endurance Casting: precedentemente Fonpresmetal GAP fondata nel 1916 a Lumezzane (BS) per realizzare posate in lega Alpaka. Nel 1992 e nel 1996 vengono aperte nuove produzioni a Lodrino e ad Agnosine, successivamente i siti di produzione sono stati spostati e integrati nell'impianto vero e proprio. Il 7 Gennaio 2019 la Società ha fuso le sue operazioni in Endurance Group con il nome di Endurance Casting, specializzata nella pressocolata di componenti in alluminio.

La Endurance Overseas Srl nasce, quindi, con l'obiettivo di rafforzare la presenza sui mercati europei, infatti su di essa è stata centralizzata la gestione delle società operative estere.

Oltre a effettuare investimenti strategici, Endurance Overseas fornisce anche servizi di supporto gestionale per alcune funzioni critiche alle entità estere: sviluppo aziendale, vendite e marketing, finanza, risorse umane, pianificazione e controllo, tecnologie dell'informazione e della comunicazione, ricerca e sviluppo, e così via.

Nella Figura 1.3, al fine di dare una visualizzazione del gruppo viene presentata la sua Corporate Structure ottenuta dal Report Aziendale pubblicato nel Marzo 2020.

Corporate Structure

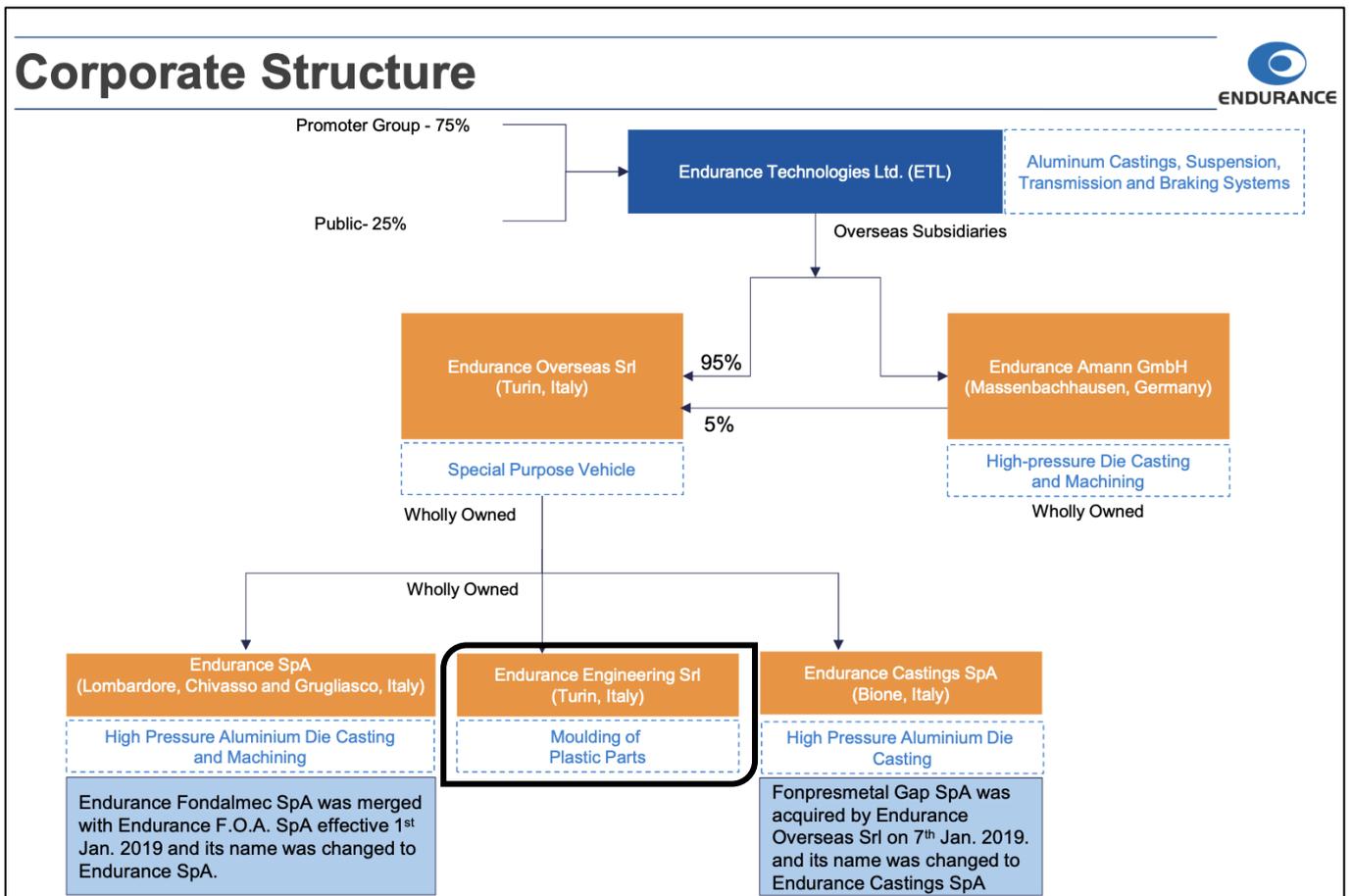


Figura 1.3: Corporate Structure Endurance Co. Pvt. Ltd. (Marzo 2020)



Focus: Endurance Engineering⁵

Per essere pronti a reingegnerizzare alcune famiglie di prodotti powertrain (motore e trasmissione) e in base alle esigenze di riduzione del peso dei veicoli, nel 2014 Endurance ha acquisito un'azienda per lo stampaggio di materie plastiche, Grana Srl, e ha intrapreso con successo la produzione di componenti in tecnopolimeri.

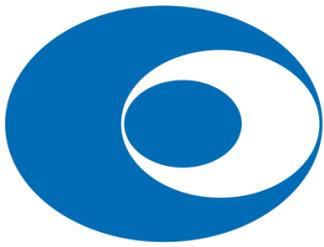
Grana Srl era un'azienda italiana costituita nel 1975 a Torino, operante nel settore automobilistico, elettronico, elettrodomestico, packaging e dei giocattoli.

A fine 2010 avvia una collaborazione con *Endurance Fondalmec* per un progetto relativo alla sostituzione della lamiera di copertura motore (da una lega di alluminio secondario AlSi9Cu3 a PA66 GF35, il Poliammide 66 caricato al 30% con fibre di vetro).

Il 1° aprile 2014 la Società ha fuso le sue attività nel gruppo Endurance con il nome di *Endurance Engineering*.

Endurance Engineering, oggi, opera ora come produttore di parti in plastica per il mercato automobilistico ed elettronico ed è una delle aziende leader nello stampaggio ad iniezione e nell'assemblaggio. Lo stabilimento ha una superficie totale di 11.000 mq ed è totalmente focalizzato sul mercato automobilistico.

⁵ Informazioni acquisite dalla pagina ufficiale della Endurance Engineering nella sezione "Company History"



ENDURANCE

Complete Solutions

La società leader

Endurance consegna ogni anno più di 30.000.000 di componenti, la maggior parte dei quali pronti per essere assemblati sulle auto, ed è presente su circa 1/4 dei veicoli prodotti in tutta Europa.

Dal report annuale 2019-2020 si è riscontrato che, nonostante un contesto di mercato difficile, come quello di questo anno a causa della scia pandemica, la società ha mostrato delle prestazioni soddisfacenti. Infatti, il profitto netto, nonostante la decrescita nell'industria automobilistica ha registrato un aumento. Sebbene le vendite totali siano diminuite, la redditività dell'azienda è aumentata di un margine abbastanza buono, sia in termini assoluti che in percentuale. Durante l'anno, si sono ridotti i costi, inclusi quelli delle materie prime, il che ha portato a migliori margini di profitto. I prodotti a valore aggiunto dell'azienda hanno favorito l'espansione dei margini.

Ciò è anche dovuto al fatto che tutti i principali OEM di veicoli a 2 e 3 ruote in India sono oggi clienti di Endurance e nei mercati esteri, continuano a collaborare con i principali OEM e supportandoli dando loro valore aggiunto mentre avanzano verso la produzione di veicoli all'avanguardia, inclusi veicoli elettrici e ibridi.

Come si può osservare dai dati economici riportati in Figura 1.4, nonostante il reddito totale dell'ultimo esercizio sia inferiore a quello precedente, l'utile netto risulta superiore del 14.2% rispetto all'anno precedente.

Inoltre, i vari CAGR ovvero il tasso composto di crescita annuale mostrano il valore della crescita positiva dell'azienda nell'arco degli anni 2016-2020.

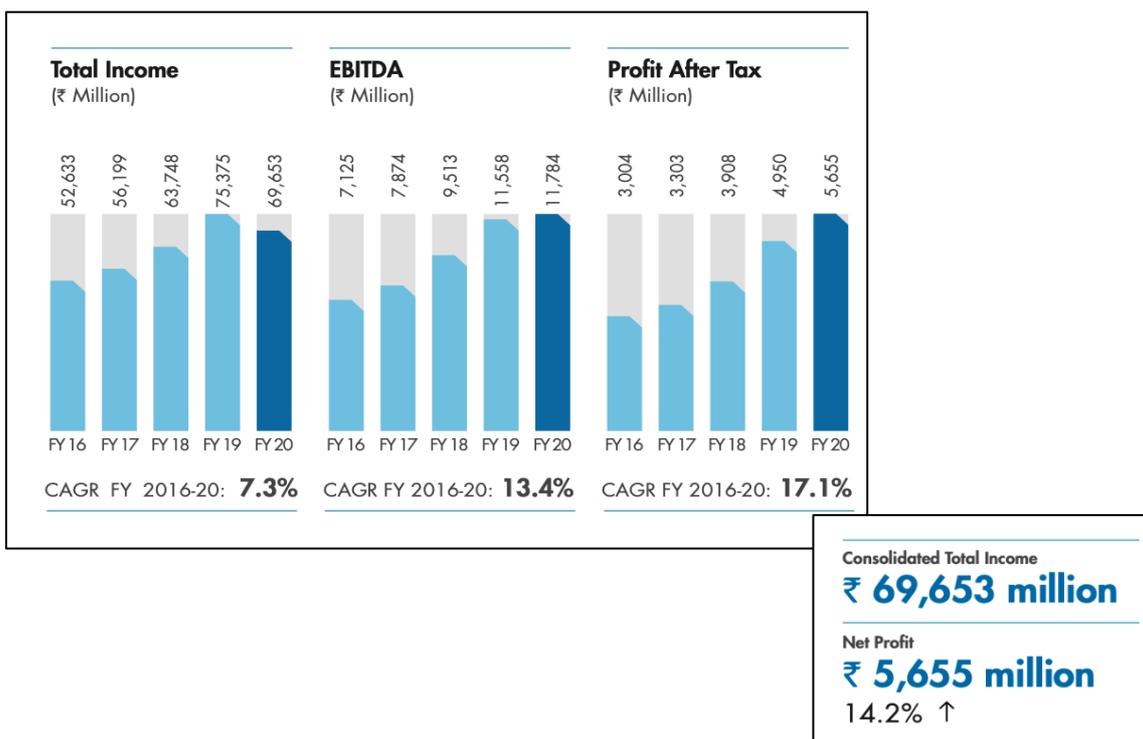


Figura 1.4: Dati economici Endurance Technologies Limited

N.B. I valori presentati sono valutati in rupia indiana. Considerando che 1 rupia indiana = 0,011 euro, ovviamente la conversione porterà a dei valori inferiori. Ad esempio, il reddito totale dell'ultimo esercizio che in rupie è di 69.653 milioni equivarrà a 78.732 milioni di euro.

Endurance è costantemente alla ricerca di opportunità di acquisizione e collaborazione per lanciare nuovi prodotti, in India ed Europa, per guadagnare tecnologia e quote di mercato. Di recente ha acquisito la proprietà di due partner tecnologici di lunga data. La filiale italiana, Endurance Overseas Srl, ha acquisito il 99% del capitale della società di frizioni per due ruote Adler SpA nell'aprile del 2020, per diventare Endurance Adler SpA. Adler è leader nelle soluzioni di sistemi per frizioni, ingranaggi, dischi di attrito, con una nicchia in ricerca e sviluppo, servizi di ingegneria e sviluppo di prodotti per i clienti in Europa. Questa è davvero un'acquisizione strategica, in quanto dà accesso completo al know-how tecnico di Adler e ai suoi diritti di proprietà intellettuale. Inoltre, offre opportunità di crescita per il mercato interno e per l'export.

La mission dell'azienda è proprio quella di raggiungere e mantenere la leadership con un focus sulla tecnologia e l'affidabilità del prodotto mantenendo un'attenzione particolare all'ambiente e alla sicurezza.

Lo scopo è quello di creare continuo valore per i clienti, dipendenti, investitori, fornitori e tutte le altre parti interessate.

Attraverso le capacità tecnologiche, infatti, pongono l'attenzione sulla fornitura di prodotti "first time right" agli OEM. Viene mantenuta una forte attenzione ai parametri QCDDM⁶: qualità, costo, consegna, sviluppo e gestione per la soddisfazione dei clienti in modo da mantenere la crescita delle vendite superiore alla media del settore, guadagnare quote di business nei mercati serviti e aumentare la quota di portafoglio dei propri clienti.

⁶ Quality, Cost, Delivery, Development and Management.

1.2 La decisione dello spostamento e le motivazioni

Una volta definita la struttura aziendale e individuata la posizione all'interno del gruppo, si possono analizzare i motivi che hanno portato la Endurance Engineering Srl alla scelta di cambiamento.

Il processo ha, in particolare, tenuto conto di due fattori, da un lato la necessità e volontà del gruppo di ridurre le capacità delle proprie fonderie, dall'altra la necessità, da parte della business unit plastica, di andare a ridimensionare ed efficientare una struttura obsoleta.

Era necessario, infatti, per il gruppo investire sulla plastica da un punto di vista impiantistico e di processi industriali. L'obiettivo sicuramente era un investimento che garantisse allo stesso tempo una riduzione dei costi nel medio lungo periodo, un ritorno dell'investimento a medio termine che fosse in linea con il fatturato della business unit e una migliore qualità effettiva percepita dal cliente finale. Ciò nell'ottica di un piano industriale e strategico che vede lo sviluppo futuro dei tecnopolimeri in sempre più settori.

Inizialmente lo stabilimento aveva sede a San Mauro Torinese (TO), gradualmente l'azienda cresce e, per adeguarsi alla complessità e velocità delle dinamiche dell'industria automotive si pone come obiettivo lo sviluppo dell'azienda con un flusso meno dispersivo e un bilancio energetico con maggiore saving. Decidono quindi di trasferirsi a Grugliasco (TO) nell'attuale sede della fonderia del gruppo Endurance Foa Spa.

La scelta, è stata determinata oltre che dal desiderio di avere un flusso logistico più strutturato, anche dalla possibilità, trattandosi di un capannone industriale, di migliorare i rifornimenti energetici e i saving che l'attuale tecnologia permetteva di attuare. Per contro il trasferimento in uno stabilimento, prima adibito a fonderia di metalli, presentava non pochi problemi sia normativi che strutturali per realizzare la trasformazione. Lo stabilimento di San Mauro T.se, oltre che frazionato in diverse unità, risultava ormai di dimensioni inadeguate per poter contenere i nuovi macchinari e i flussi logistici che l'aumento di fatturato comportavano. Le condizioni del vecchio sito, dovuto anche ad un'immagine obsoleta di azienda, limitavano chiaramente la fiducia dei clienti partner che,

a seguito di audit presso la vecchia sede, non riscontravano in essa possibilità di espansioni e di sviluppo di possibili futuri prodotti.

A tutto ciò si aggiunge il concetto di dimensione e forza strutturale che in tutto questo processo è un parametro fondamentale e non si riferisce solo alla dimensione e disponibilità di macchine e di impianti - che tutto sommato rappresentano, in presenza di disponibilità finanziaria, elementi tendenzialmente replicabili - quanto soprattutto alla crescita e sviluppo del know-how, dell'esperienza e del patrimonio umano che deve gestire questo processo di continua innovazione.

Il trasferimento presso una nuova sede, che permette la riorganizzazione dei flussi e dei sistemi principali di produzione, è ciò che serve per un nuovo inizio e per affrontare al meglio le possibili evoluzioni del portafoglio clienti, e pensando a un potenziamento quantitativo e qualitativo delle strutture per poter recepire la continua richiesta di innovazione dei propri partner.

1.3 Descrizione della tecnologia principale

Per sviluppare un progetto di reengineering aziendale è necessario individuare la tecnologia principale che insieme alle attività chiave, ovvero l'insieme di processi in cui vengono usate le risorse, costituisce il know-how aziendale.

Come già anticipato, l'attività chiave della Endurance Engineering è lo stampaggio di materiale plastico.

La tecnologia di stampaggio

In realtà, il termine stampaggio è molto generico e racchiude tutti i processi usati per dare forma al materiale plastico mediante pressione in stampi caldi o freddi.

La deformazione plastica a caldo richiede l'impiego di forze più piccole rispetto a quella a freddo e si possono avere deformazioni anche notevoli senza rischi di rotture o fessurazioni; mentre quella a freddo richiede l'impiego di grandi forze anche per piccole deformazioni, ma in compenso si ottiene maggiore produttività.⁷

Di seguito si riporta una breve classificazione delle tecnologie principali e più diffuse. Tra queste lo stampaggio ad iniezione, la tecnica in cui si è specializzata l'azienda e che le ha permesso l'espansione nel settore di riferimento.

Ciò che accomuna queste tecniche di stampaggio delle materie plastiche è proprio l'alta flessibilità di progettazione, che consente la creazione di un assortimento variegato di oggetti di diverse forme e dimensioni, dai diversi gradi di complessità, e quindi innumerevoli soluzioni applicative in risposta anche alle più esigenti richieste progettuali.⁸

⁷ Come spiegato nella presentazione sulle "Lavorazioni per deformazione plastica" pubblicata dal dipartimento di meccanica dell'Istituto Professionale Pesenti di Bergamo

⁸ Fonte: Fisem Titolo: "Le tecniche di stampaggio delle materie plastiche più diffuse" Data: 20 Marzo 2020

Lo stampaggio per compressione

È una tecnica che viene normalmente utilizzata per le resine termoindurenti. Il materiale plastico viene caricato all'interno di un'impronta di uno stampo riscaldato dove viene compresso e formato.

La temperatura del punzone e della matrice provoca la plastificazione ed il termoindurente scorre lungo la parete dello stampo fino a quando la chiusura è completa. Al termine di questa fase si raggiunge un grado di indurimento

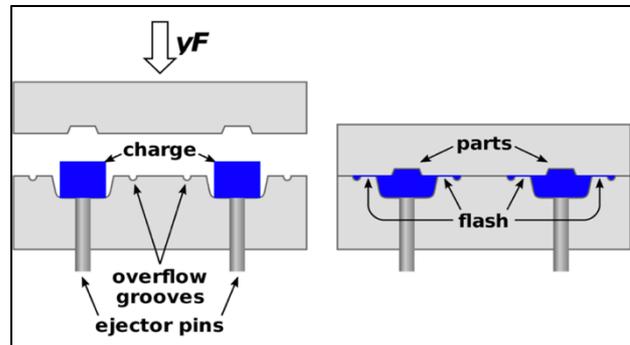


Figura 1.5: Lo stampaggio per compressione

sufficiente affinché il particolare possa essere estratto dallo stampo senza pericolo di deformazione. La temperatura di stampaggio in genere oscilla tra i 135 ed i 180 °C, e le presse utilizzate sono prevalentemente di tipo verticale ad azionamento manuale.⁹

Questo tipo di tecnologia è molto versatile, viene impiegata da aziende di produzione sia di piccole che di grandi dimensioni per creare una vasta gamma di parti, dai componenti per aerei ai beccucci per i biberon.

La termoformatura

È una tecnologia di trasformazione secondaria in quanto opera su semilavorati, quali lastre, fogli e films precedentemente riscaldati in appositi forni o direttamente sulla macchina operatrice fino al raggiungimento di un “punto di rammollimento”.

Dopodiché si può agire seguendo uno dei due processi:

⁹ Fonte: “Vademecum per il miglioramento della sicurezza e della salute nello stampaggio di plastica” della Regione Lombardia a seguito del decreto n. 14219 del 21 Dicembre 2019

- **Sottovuoto:** il semilavorato preriscaldato si adagia allo stampo che, attraverso i micro-fori realizzati sullo stampo stesso, viene forzato ad aderire a una forma concave tramite la creazione del vuoto all'interno della cavità stessa.

Questo procedimento viene preferito quando si hanno spessori bassi e sagome piuttosto semplici.

- **Sotto pressione:** il semilavorato viene spinto sullo stampo grazie ad un'alta pressione esercitata

dall'esterno mediante aria compressa (3-5 bar) che ne facilita anche il raffreddamento.

Questo tipo di processo rende possibile la realizzazione di particolari molto dettagliati come i gancetti di chiusura dei blister o i bicchieri.

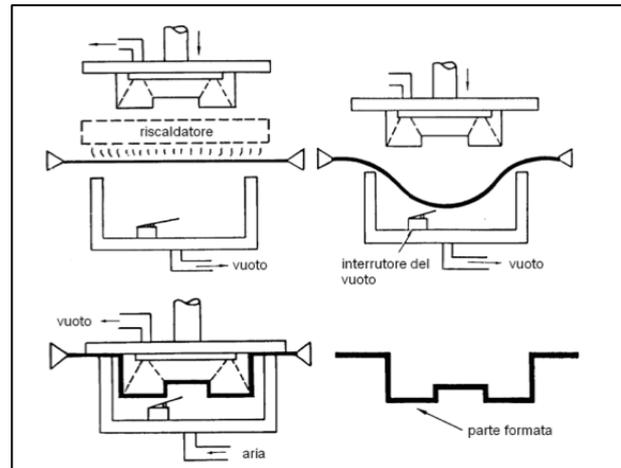


Figura 1.6: Lo stampaggio per termoformatura

In entrambi i casi per migliorare la resistenza dei blister termoformati si può utilizzare un controstampo, un ausilio meccanico azionato da presse oleodinamiche che spinge il materiale nelle cavità.

Lo stampaggio per soffiaggio

È una tecnica che prevede una prima fase in cui la materia prima, sotto forma di granuli, viene inserita all'interno di un cilindro riscaldato. Grazie all'elevata temperatura, il materiale diventa pastoso e viene miscelato, estruso o iniettato fino a formare una preforma tubolare in plastica (il cosiddetto "parison").

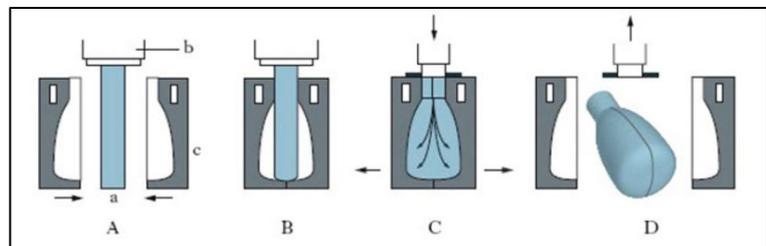


Figura 1.7: Lo stampaggio per soffiaggio

Nella seconda fase, la preforma

viene serrata in uno stampo opportunamente sagomato per ottenere la forma finale progettata per il prodotto. A questo punto, all'interno dello stampo viene soffiata dell'aria

che gonfia la plastica fino a farla aderire alle pareti e, quando il materiale è raffreddato e indurito, lo stampo si apre e viene espulso il prodotto finale.¹⁰

Viene utilizzata per la realizzazione di prodotti cavi come barili, taniche, bottiglie o serbatoi.

Stampaggio a iniezione

È la tecnica maggiormente utilizzata per la lavorazione di materiali termoplastici in quanto permette la realizzazione di una vasta gamma di articoli tecnici, geometricamente complessi, sia di piccole che di grandi dimensioni.

Questo processo prevede la plastificazione del materiale, sotto forma di granuli, che viene poi iniettato all'interno di una cavità della quale assume la geometria.

Lo stampaggio ad iniezione, come mostra la Figura 1.8, è basato su **5 fasi fondamentali**:

1. L' introduzione della materia prima: un materiale termoplastico, sotto forma granulare o di pellet di sufficiente regolarità, viene indirizzato, per mezzo di tramoggia ed eventuali dosatori, ad uno speciale cilindro opportunamente riscaldato.
2. Fusione dei polimeri termosplastici: un pistone di iniezione conformato a vite, comprimendo i granuli all'interno del cilindro, li porta a contatto con le zone riscaldate dove avviene il passaggio del termoplastico dallo stato solido a quello fluido.
3. Iniezione della plastica liquida nello stampo: raggiunta la sufficiente fluidità del materiale, lo stesso pistone inietta il materiale fuso in uno stampo chiuso e raffreddato, attraverso un apposito ugello ed eventuali canali.
4. Raffreddamento dello stampo il termoplastico, trovandosi a contatto con le pareti fredde dello stampo, ritorna allo stato solido.
5. Espulsione del pezzo finito e stampato: raggiunto uno stato di rigidità sufficiente per l'estrazione del pezzo e la necessaria stabilità dimensionale, il pezzo viene espulso tramite appositi estrattori.

¹⁰Fonte: Fisem Titolo: "Le tecniche di stampaggio delle materie plastiche più diffuse" Data: 20 Marzo 2020

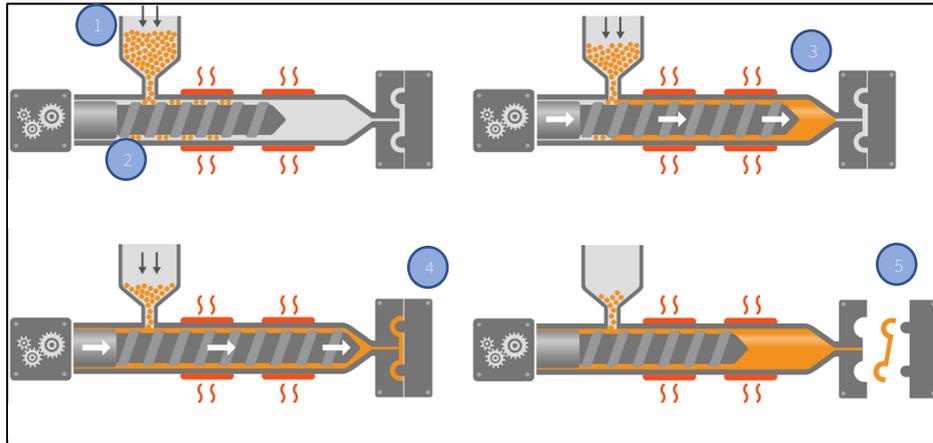


Figura 1.8: Lo stampaggio ad iniezione

La trasformazione del materiale termoplastico avviene mediante un macchinario dedicato a questo tipo di processo: la *pressa ad iniezione*.

Focus: Funzionamento di una generica pressa ad iniezione ¹¹

La pressa ad iniezione è costituita da due gruppi fondamentali: l'unità di iniezione e l'unità di chiusura. (Figura 1.9)

Le presse più sviluppate ed utilizzate per la produzione sono di tipo orizzontale, la cui disposizione delle due zone rimane immutata nel tempo: il gruppo di iniezione alla destra dell'operatore, quello di chiusura alla sua sinistra.

- Gruppo iniezione: è costituito dall'insieme di componenti che prendono parte alla fase di plastificazione del polimero, tra cui la tramoggia di alimentazione, il miscelatore ed essiccatore del granulato polimerico, la vite di plastificazione e il motore per l'iniezione.
- Gruppo di chiusura: è costituito dall'insieme di componenti che si occupa delle fasi di apertura/chiusura dello stampo, raffreddamento ed espulsione del pezzo. Tra questi vi sono lo stampo che si compone a sua volta di un semistampo fisso collegato all'unità di iniezione ed una parte mobile collegata alla chiusura a

¹¹ Si è fatto riferimento al lavoro di tesi dal titolo "STAMPAGGIO AD INIEZIONE CON SISTEMA IDRAULICO ED ELETTRICO. ANALISI DELLE DIVERSE CARATTERISTICHE" realizzato da Giulia Faggionato presso l'Università degli Studi di Padova nell'anno accademico 2013/2014.

ginocchiera, le centraline per il raffreddamento, gli estrattori per l'espulsione e/o eventuali manipolatori esterni, il motore per la regolazione del gruppo di chiusura.

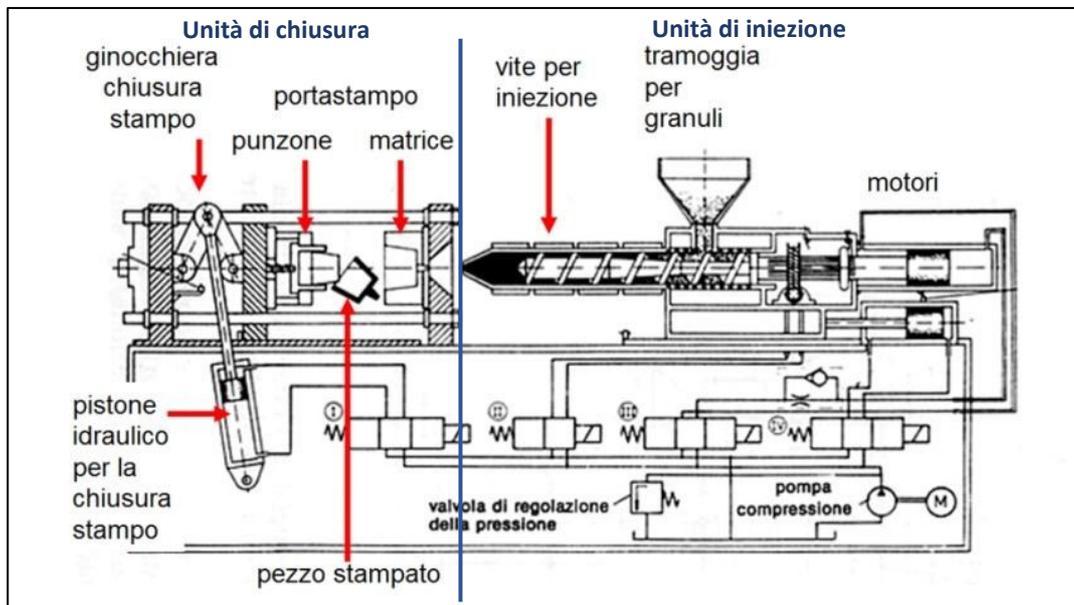


Figura 1.9: Pressa ad iniezione

Scendendo nel dettaglio, il sistema di stampaggio può essere identificato come una cella di lavoro le cui funzioni sono:

1. Miscelazione (blending): si mescolano insieme parti di polimero vergine (di primo uso), materiale riciclato, pigmenti colorati sotto forma di master (granulo di cera compatibile o polimero con concentrato di colore) e materiali ausiliari;
2. Essiccazione (drying): deumidificazione del polimero miscelato per eliminare le particelle umide che creano difetti, come la formazione di bolle o inferiori proprietà meccaniche nel prodotto stampato;
3. Caricamento (hoppering): il materiale, mediante la tramoggia di alimentazione, viene convogliato verso la vite per la plastificazione;
4. Regolazioni (metering): regolazioni della velocità e della pressione del materiale all'interno della vite; senza questo tipo di controlli il risultato sarebbe pieno di imperfezioni o considerato pezzo scarto;
5. Plastificazione (plastification): la vite per la plastificazione fluidifica il materiale per effetto delle resistenze elettriche e del riscaldamento dovuto all'attrito;
6. Iniezione (injection): il materiale viene iniettato dentro lo stampo per azione di un cilindro idraulico o elettrico;

7. Raffreddamento (cooling): una centralina gestisce il raffreddamento dello stampo;
8. Estrazione (ejection-clamping unit): il gruppo di chiusura esegue le operazioni di apertura dello stampo, estrazione del pezzo e chiusura della parte mobile dello stampo;
9. Unità di governo (control unit): formato da microprocessori, sistemi di controllo in catena chiusa¹², CNC (controllo numerico computerizzato).

Quest'ultimo punto è fondamentale in quanto, controllando tutti i parametri, si può aumentare l'efficienza della pressa, riducendo gli scarti e aumentando la produttività. Gli ultimi sviluppi tecnologici permettono di effettuare controlli sempre più accurati in tutte le fasi della plastificazione, fino ad arrivare a programmare profili di velocità e pressione con precisione massima.

Inoltre, le esigenze qualitative e di riproducibilità dello stampaggio hanno permesso di comprendere che le operazioni di miscelazione, essiccazione e caricamento, una volta considerate come operazioni ausiliarie, sono notevolmente rilevanti per quanto riguarda la fluidità del materiale e le caratteristiche meccaniche del pezzo stampato.

Infine, l'estrazione, può essere a caduta, manuale, con estrattori, oppure con l'utilizzo di manipolatori ausiliari che staccano il pezzo dallo stampo e lo posizionano sul nastro trasportatore (comunemente chiamati smaterozzatori¹³).

¹² Come illustrato da "Umanetextpo" nell'analisi "Sistemi di controllo a catena aperta e a catena chiusa" <<... I sistemi a catena chiusa si utilizzano quando c'è necessità di regolare l'uscita in funzione delle condizioni esterne o di altre condizioni che possono influire sul risultato del sistema.>>

¹³ Prendono il nome dalla "materozza", ovvero un canale nello stampo che distribuisce ed inietta nelle cavità dello stesso il materiale fluido, per poi raffreddarsi ed essere estratto assieme al manufatto, prima dell'inizio di un nuovo ciclo.

Secondo uno studio condotto da Applied Market Information (AMI Consulting)¹⁴, società specializzata in ricerche di mercato, sull'industria europea dello **stampaggio a iniezione**: lo stampaggio a iniezione rappresenta il comparto più frammentato dell'industria delle materie plastiche, con almeno **8.000 operatori** in Europa. Queste aziende vanno dal piccolo stampatore con un'unica unità operativa (oltre il 90%) alla multinazionale con svariati stabilimenti sparsi in tutto il continente.

Tuttavia, la natura frammentaria di questa industria e la moltitudine di mercati ai quali si rivolge genera un ambiente di forte competitività tra gli operatori, con vincitori e sconfitti. Dal 2014, il numero complessivo di stabilimenti di stampaggio a iniezione in Europa è diminuito, nonostante i sostanziosi investimenti operati nella costruzione di nuovi impianti produttivi in Europa centrale.

La versatilità del processo di stampaggio a iniezione, comunque, si presta a soddisfare le esigenze di un mercato alquanto diversificato, in cui a trainare la domanda, in termini di volumi, sono i settori packaging, automotive ed elettronico, come verrà approfondito di seguito.

¹⁴ Studio pubblicato nell'articolo Plast Magazine "Lo stampaggio a iniezione in Europa"

2 Il metal replacement e la risposta delle aziende produttrici

Lo sviluppo di questo progetto è legato ad una rivoluzione tecnologica che riguarda un mercato molto più ampio del settore relativo allo stampaggio ad iniezione.

Già a partire da una decina di anni si assiste ad un processo definito “metal replacement” che prevede la sostituzione delle leghe metalliche con tecnopolimeri ad alte prestazioni.

Si parte da uno studio di fattibilità, ovvero un’ introspezione del prodotto che viene scomposto e analizzato per capire dove la sostituzione di parti metalliche con altre realizzate utilizzando la termoplastica potrebbe apportare delle migliorie in termini di peso e costo.

È facile immaginare che lo spettro di settori applicativi sia vario: medicale, aerospaziale, elettrico, elettronico e, sicuramente, automotive. (Figura 2.1)

Bisogna attenzionare però la parola *sostituzione*: non si tratta di un semplice rimpiazzo metallo-plastica in quanto il prodotto finale dovrà mantenere inalterate le sue prestazioni e le sue caratteristiche tecniche e applicative finali. Tuttavia, il processo può comportare l’esigenza di apportare modifiche alla struttura e all’aspetto del prodotto allo scopo di migliorare la resa finale.

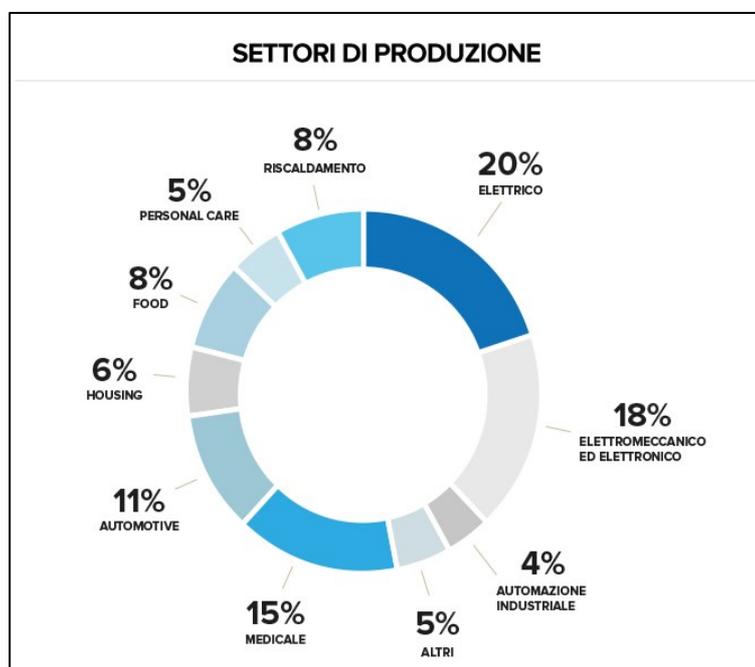


Figura 2.1: Settori di impiego dei tecnopolimeri

È ovvio che, per intraprendere una rivoluzione così importante e che tocca più settori, siano stati effettuati degli studi sugli svantaggi nell'impiego dei metalli e sui vantaggi della sua sostituzione.

Il metallo, infatti, presenta un ingente costo al litro della materia prima, soggetto per di più a fluttuazioni che portano le imprese a mantenere dei livelli di produzione poco sostenibili. Anche la lavorazione di pezzi metallici, essendo composta da più passaggi: stampaggio, perforazioni, saldature, rifiniture e assemblaggio, comporta un consumo energetico elevato.

Inoltre, vi sono svantaggi di tipo tecnico legati al peso, poiché il metallo presenta una densità elevata e alla facile corrosione in caso di esposizione ad acqua ed acidi. Infine, se si guarda all'estetista i materiali metallici presentano una finitura opaca senza possibilità di colorazione e vi è poca flessibilità in termini di design e progettualità.

La consapevolezza, nei vari settori, dei vantaggi che si sarebbero potuti ottenere ha portato alla valutazione di questi nuovi materiali, detti appunto, tecnopolimeri.

La stessa definizione di tecnopolimero, suggerita da Treccani, ne introduce le caratteristiche:

“In tecnologia dei materiali, polimero con elevate caratteristiche fisiche e meccaniche (rigidità, tenacità, stabilità a temperature elevate, anche sotto carichi statici e dinamici, resistenza all'invecchiamento, duttilità, lavorabilità), che ne consentono l'uso come materiale strutturale al posto dei tradizionali materiali metallici.”

La sostituzione, quindi, combina gli aspetti positivi del metallo, ovvero le elevate proprietà meccaniche e strutturali, con i vantaggi dei polimeri, ovvero l'integrazione di fusione, la resistenza alla corrosione e altri aspetti riportati di seguito.

Vantaggi di tipo economico e semplificazione della lavorazione

La semplificazione dell'intero ciclo del prodotto dovuta alle poche, se non nulle, operazioni secondarie facilita la produzione che, con un'unica stampata, riesce ad ottenere geometrie complesse, ottimizzando così le operazioni di assemblaggio e contribuendo a migliorare la qualità complessiva. In Figura 2.2 si può osservare la differenza, in termini di tempo di processo, per la realizzazione di un pezzo in plastica e di uno in alluminio.

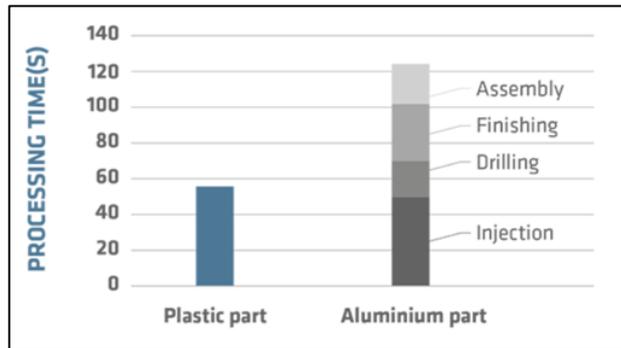


Figura 2.2: Ciclo di lavorazione a confronto

Infatti, l'articolo in plastica ha un minor *lead time*, proprio perché conta meno fasi di realizzazione e, di conseguenza, un minor *time to market*, ovvero è ridotto il tempo che intercorre tra la progettazione e l'immissione del prodotto sul mercato.

Gli strumenti per la trasformazione della plastica, inoltre, costano molto meno e durano più a lungo rispetto agli equivalenti industriali in metallo poiché, lavorando la plastica, sono meno soggetti ad usura, quindi gli investimenti in attrezzature sono inferiori. Dalla Figura 2.3 si osserva come i tecnopolimeri consentano un numero di stampate pari a più del doppio rispetto ai metalli.

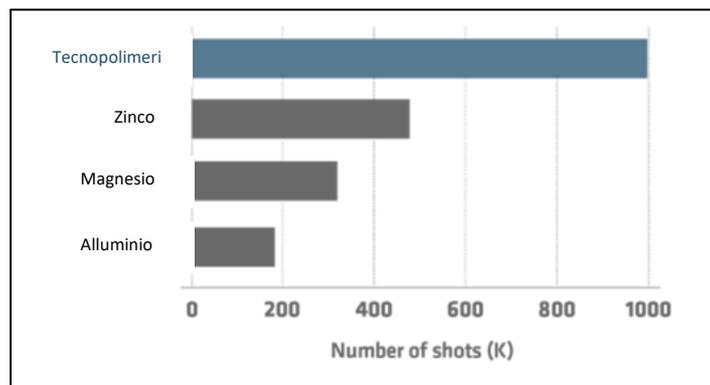


Figura 2.3: Durata di vita delle attrezzature in base al materiale lavorato

Vantaggi sulle performance

Il prodotto finale in plastica ha delle performance migliori rispetto al suo pari in metallo in quanto si hanno dei miglioramenti in termini di tribologia, poiché il tecnopolimero permette un basso attrito e quindi un livello di usura ridotto, e anche la resistenza alla corrosione e agli agenti chimici è nettamente superiore. Ciò porta, ad esempio, all'eliminazione dei lubrificanti necessari a seguito di processi di ossidazione dei metalli.

Anche a livello di rumore si hanno dei vantaggi, ad esempio gli ingranaggi in plastica, piuttosto che in metallo, sono molto più silenziosi poiché i denti riescono a deformarsi compensando eventuali disallineamenti durante la rotazione. Inoltre, la plastica, per sua intrinseca natura ha la capacità di smorzare le vibrazioni e quindi la rumorosità che si genererebbe a causa della trasmissione delle stesse.

A questo si aggiunge una riduzione in termini di peso del prodotto finale. Infatti, i tecnopolimeri sono in grado di offrire la stessa forza e rigidità ricercata dai progettisti e che normalmente era ottenuta con l'utilizzo dei metalli.

Ad esempio, nel grafico mostrato in Figura 2.4 si può osservare il prodotto "Victrex", un polimero Peek¹⁵ HMF o High Modulus Fibers, ovvero con l'aggiunta di fibre ad alto modulo, che con un peso minore fino all'80% rispetto ad altri metalli offre livelli equivalenti di rigidità e forza.

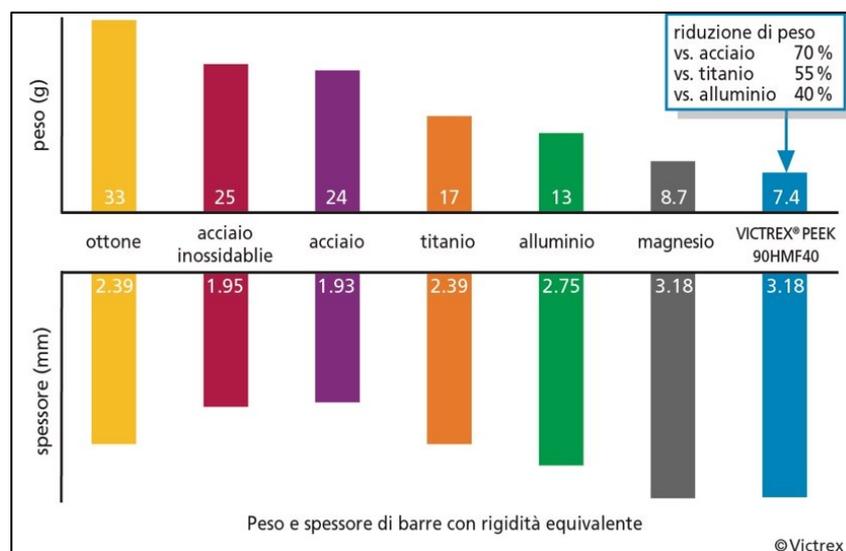


Figura 2.4: Grafico comparativo peso polimero Peek 90HMF40

¹⁵ Polietere-etero-chetone

Vantaggi di tipo estetico

Se si guarda l'estetica, è facile immaginare che un prodotto ottenuto mediante l'utilizzo di materiale plastico sia visivamente più gradevole. Ciò è dovuto alle infinite possibilità di colorazione e combinazioni di colori che si possono ottenere già a seguito dello stampo. Inoltre, vi è una maggiore flessibilità geometrica di progettazione che dà maggiore libertà nel design ergonomico.

Vantaggi in termini di sostenibilità

Il tema della plastica è spesso ed erroneamente associato all'inquinamento. La plastica utilizzata per impieghi di tipo strutturale, come ad esempio la componentistica nel settore automotive, non è infatti fonte di inquinamento. Al contrario, paragonando la produzione di materie plastiche con quella del metallo si evidenziano numerosi vantaggi in termini di impatto ambientale quali costi energetici e inquinamento atmosferico per la trasformazione, possibilità di riciclo post vita, minor utilizzo di agenti inquinanti per la produzione. Per fondere i metalli, infatti, è necessario raggiungere delle temperature di 800-1000 gradi che necessitano dell'impiego di altiforni da cui escono ghisa fusa, loppa ovvero rifiuti solidi a base di ossidi misti e gas combustibili che vanno ad inquinare l'ambiente atmosferico e il sottosuolo.

Quindi, è vero che la materia prima impiegata è ottenuta dal petrolio greggio da cui si rivano i cosiddetti "chips di plastica" (Figura 2.5), ma la valutazione in termini di inquinamento è molto più ampia, riguarda più aspetti.



Figura 2.5: Chips di plastica

Se si parla, al contrario, di *consumer packaging* ovvero della plastica impiegata per imballaggi, bottigliette di bibite varie, recipienti per detersivi, sacchetti, e così via, si fa riferimento ad un tipo di plastica usa e getta, molto sottile, fonte certa di inquinamento in quanto nella catena di riciclo manca un riutilizzo del prodotto e, soprattutto, sono a rischio di uscire dalla catena di ricircolo ed essere fonte di dispersione nell'ambiente.

L'utilizzo dei chips di plastica nell'ambito tecnologico verrà assemblato su prodotti complessi, che hanno durata di vita molto più elevata, ad esempio dieci anni se si pensa ad un'auto. La Figura 2.6 mostra la suddivisione per settore di provenienza dei rifiuti di plastica prodotti.

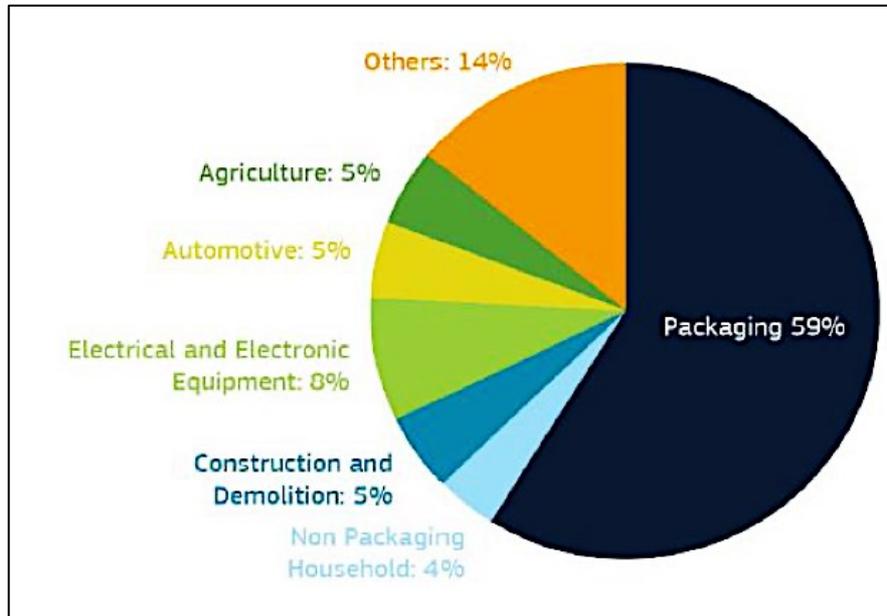


Figura 2.6: Rifiuti di plastica prodotti per settore

Il metal replacement, perciò, in termini di sostenibilità permette una riduzione delle emissioni sia a livello produttivo sia a livello di mobilità poiché riducendo il peso complessivo di un mezzo di trasporto consumerà meno carburante, a parità di velocità e km percorsi, come mostra la Figura 2.7.

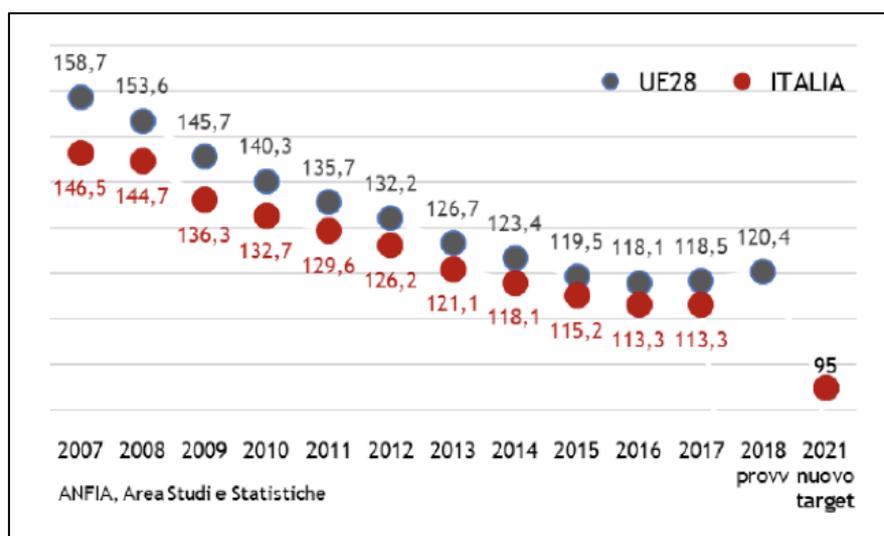


Figura 2.7: Media emissioni CO₂ delle nuove auto vendute in gCO₂/km

La consapevolezza dei rilevanti vantaggi del metal replacement si ripercuote su diversi settori, ognuno in base alle proprie esigenze. Se nel settore automotive si tratta di un'esigenza di costi e peso, nel settore ferroviario si affiancano esigenze di performance. Ci sono poi anche esigenze legate a problemi di sicurezza, ad esempio sulle macchine movimento terra le scalette in acciaio presentano numerose saldature e ciò le espone a rischi di cricche che, se si verificano, possono causare la caduta dell'operaio con conseguenze sugli arti inferiori. La sostituzione con tecnopolimeri per cui porta ad un miglioramento del prodotto risolvendo anche un problema di sicurezza.

La risposta delle aziende produttrici di materie plastiche è stata quella di reinventarsi per cavalcare quest'onda che ha permesso un grande sviluppo, andando a competere e a sostituirsi ad altre tecnologie.

La risposta di Cobraplast SpA: competitor di Endurance Engineering

A sostegno delle tesi sopra enunciate, emblematico è il caso della Cobraplast SpA, azienda specializzata nell'ingegnerizzazione e nella produzione di componenti in tecnopolimeri. Fin dalla sua nascita l'azienda ha sviluppato un know-how specifico nella miscela di tecnopolimeri atti ad utilizzi particolari, ove la riduzione di peso, l'aumento della resistenza meccanica e la possibilità di realizzare forme geometricamente più complesse erano vincenti rispetto alle tecnologie passate, fatte di utilizzi di metalli, torniture, fresature e saldature.

In un'intervista al General Manager della Cobraplast SpA è emerso come la ricerca e sviluppo di tecnopolimeri complessi abbia impattato positivamente nell'incremento del fatturato che ha avuto una crescita negli ultimi anni, soprattutto per quanto riguarda il settore automotive.

L'azienda, infatti, realizza pezzi tecnici in materiali termoplastici per il settore automotive e white goods e, per distinguersi, sviluppa alcuni prodotti di nicchia nel settore agricolo, degli autocarri ed industriale. Questo continuo aumento di fatturato gli consente di investire in tecnologia e in ricerca, sempre più evoluta, per continuare il suo business

Riprendendo l'esempio precedente della scaletta per macchine movimento terra, Cobraplast è riuscita a sostituire l'impiego del metallo con la produzione dello stesso prodotto ottenuto con l'impiego di Polimeri Hi-Tech.

Un altro settore di nicchia in cui il metal replacement ha permesso l'ingresso dell'azienda è quello eolico grazie alla progettazione di distanziali per cuscinetti delle turbine eoliche che permettono la rotazione delle pale. Anche nell'arredamento hanno trovato un sistema che permettesse l'apertura delle cassette angolari tramite una rotazione ottenuta con boccole stampate in plastica.

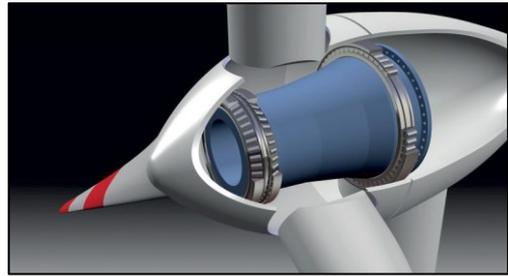


Figura 2.8: Cuscinetti per turbine eoliche

A seguito di questo breve excursus una giusta riflessione del General Manager Cobraplast ha portato a sottolineare che per quanto il metal replacement abbia portato ad una evoluzione tecnologica e di produzione bisogna sempre guardare avanti e valutare le nuove prospettive future e continuare ad investire nel settore della ricerca.

La transizione energetica verso il motore elettrico degli ultimi anni ha, infatti, portato a delle riconsiderazioni strategiche aziendali e valutare nuovi investimenti per seguire il rapido cambiamento e il continuo evolversi nel campo specifico.

Lo sviluppo del motore elettrico riduce i componenti metallici presenti in un'autovettura da 600 a 60 poiché, per esempio, non è più presente il cambio e il motore è composto di parti metalliche solo da rotore e statore.

Cobraplast, nella propria ricerca ha anticipato le sostanziali differenze tra motore termico, prodotto che tra dieci anni risulterà obsoleto, e quello elettrico ed ha progettato diversi componenti per quest'ultimo tra le quali le pompe elettroniche.

Il motore elettrico, infatti, a differenza di quello termico che per lavorare deve riscaldare, deve lavorare a temperature costanti di 30/40 gradi altrimenti perde efficienza. Diventa quindi necessaria una sofisticata impiantistica di raffreddamento: se nella vecchia auto diesel/benzina l'utilizzo delle pompe era limitato al raffreddamento del blocco motore, nell'auto elettrica si impiegano dalle 4 alle 5 pompe, con varie potenze per il raffreddamento di schede elettroniche e batterie.

La modifica delle strategie aziendali, tuttavia, deve essere supportata da cambiamenti a livello di produzione. Come Endurance, anche Cobraplast, pur rimanendo nella stessa sede, ha utilizzato del raddoppio di fatturato dell'ultimo anno e degli aiuti europei a livello nazionale, a seguito della pandemia COVID-19, per la realizzazione di una migliore struttura organizzativa sia a livello personale che di processi produttivi. Sono stati introdotti nuovi sistemi gestionali, sistemi di controllo e di tracciamento. A livello di produzione, invece, si sono apportate delle rilevanti modifiche agli impianti adottando un nuovo sistema di asservimento di materie prime di tipo centralizzato e adeguando il vecchio impianto in modo da avere un miglior controllo, quindi minor costo, di tutte le varie fasi di stampaggio dal pretrattamento della prima fino alla realizzazione del prodotto finito.

Anche altre imprese, chi con più difficoltà di altre, sono riuscite a sopravvivere alla crisi pandemica grazie al piano di aiuti europei a livello nazionale che, insieme all'industria 4.0, ha permesso alla PMI italiana di rinnovare gli impianti tecnologici ormai obsoleti e conquistare competitività nel mercato a livello globale. Questi strumenti hanno dato maggiori stimoli per recuperare quel gap tecnologico che la PMI italiana presenta rispetto ad altre imprese europee quali tedesche, inglesi e francesi.

La risposta di Endurance Engineering

In un'intervista, l'Amministratore Delegato della Endurance Engineering, azienda multinazionale presente sul mercato dell'alluminio da anni, sottolinea che la divisione Engineering nasce proprio a seguito del processo del metal replacement. Nel 2014, infatti, il gruppo acquista la Grana S.r.l., operante nel settore della gomma e della plastica, la quale stava collaborando con FCA ad un importante progetto. Le esigenze del cliente finale erano quelle di riuscire a sostituire la copertura del motore, montato su vari modelli di auto come la Fiat Panda e la Fiat Punto. Questa, infatti, realizzata in una lega alluminio secondario doveva essere alleggerita e resa più accessibile in termini di prezzo.



A sinistra, in Figura 2.9, un pezzo prodotto dalla Endurance Engineering utilizzato a copertura del motore delle Jeep Compass e Renegade nelle versioni ibride.

Figura 2.9: Copertura motore per Jeep Compass e Renegade nelle versioni ibride

A destra, in Figura 2.10, un pezzo prodotto dalla Endurance Engineering utilizzato a copertura del motore Multijet 1006.



Figura 2.10: Copertura motore Multijet 1006

Come evidenziano le foto, il progetto fu realizzato e permise ad Endurance Engineering l'inserimento nel mercato fino ad essere oggi leader nello stampaggio plastica con produzione di componenti under hoods, engine part, engine beauty cover e connettoristica e un fatturato di circa 17.000.000 di euro.

Ad oggi, infatti il 99% del fatturato dell'azienda deriva dal settore automotive, mentre la restante percentuale è occupata dall'appliance, ovvero vari componenti per elettrodomestici come lavatrici.

Come sottolinea il CEO, il settore dello stampaggio di materie plastiche deve seguire necessariamente una strategia di specializzazione poiché le macchine impiegate nella produzione di componenti possono essere o di piccola-media tonnellaggio o di grande tonnellaggio e le due tipologie di prodotto finito seguono iter di lavorazione abbastanza

diversi. Endurance, infatti, rientra nell'utilizzo di presse di piccolo-medio taglio con macchine che vanno da 50 a 650 tonnellate.

Un tipo di diversificazione lo si ritrova, invece, nell'impiego delle materie prime con ampi range di materiali utilizzati quali: poliammidi semplici, il poliparafenilensolfuro o PPS, il polietere-etero-chetone o PEEK, la Poliammide semiaromatica o PPA. Quest'ultima, ad esempio, è stata sviluppata per migliorare le caratteristiche di poliammidi tradizionali quali PA6 e PA66 e rappresenta il collegamento tra i polimeri tecnici a basse prestazioni (polietilene, polipropilene, policarbonato, etc.) e i polimeri tecnici ad elevate prestazioni. Si tratta quindi di materiali abbastanza complessi.

Endurance Engineering, inoltre, si sta affacciando verso le nuove prospettive future inserendosi in progetti per piattaforme elettriche e ibride e cominciando a valutare l'importante tema della sostenibilità del polimero, sono in atto infatti importanti progetti che prevedranno l'utilizzo di materiale con un livello di sostenibilità maggiore.

In questo modo Endurance, grazie anche alla struttura aziendale con organizzazione spinta in senso orizzontale, riesce ad essere flessibile e reattiva nei confronti delle necessità dei clienti offrendo velocità di risposta a livello di progettazione e produzione. Un altro importante vantaggio riscontrato dai clienti finali è quello relativo alla competitività in termini di pricing che offre Endurance garantendo comunque livelli di qualità eccellenti.

3 Aspetti legislativi e inquadramento normativo

Prima di iniziare a progettare lo studio dei flussi più adatto all'azienda in questione, bisogna porre l'attenzione sugli aspetti legislativi che influiscono sulla stesura del layout.

3.1 Quadro normativo D. lgs. 81/08¹⁶

La panoramica sulla normativa, attualmente vigente in materia di sicurezza ed igiene negli ambienti di lavoro, viene scomposta in due macroaree:

- una di carattere e impatto più generale definita da Costituzione, Codice Civile e Penale;
- una più tecnica e di dettaglio, relativa a particolari processi di lavoro, che specifica quali sono i requisiti minimi necessari per operare.

La *Nostra Costituzione* con gli:

art. 32 ... sancisce la tutela della salute come diritto fondamentale dell'individuo e interesse della collettività ...

art. 41 ... l'iniziativa economica privata è libera e non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla sicurezza, alla libertà ed alla dignità umana ...

Il *Codice Civile* con gli:

art. 2087, elaborato in maniera tale che, qualunque disposizione in materia di tutela della sicurezza e salute, non possa prescindere dall'attuazione delle tre direttive in esso contenute:

...l'imprenditore adotta nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro...

art. 2050: Chiunque esercita un'attività pericolosa è tenuto ad adottare ogni tipo di precauzione atta ad evitare danni a terzi.

¹⁶ Fonte: "SICUREZZA ANTINCENDIO & DATORE DI LAVORO" A cura del Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile Ufficio I Gabinetto del Capo Dipartimento Comunicazione Esterna.

Per quanto riguarda l'*area più tecnica*, si fa riferimento in particolare al complesso di norme tecniche risalenti agli anni '50 (d.P.R. 547/55, d.P.R. 303/56, d.P.R. 164/56 ecc.) che hanno dato luogo al cosiddetto "approccio normotecnico", fondato essenzialmente sul rispetto delle norme di tipo tecnico. Il lavoratore veniva considerato un soggetto passivo, quasi una parte della macchina, che doveva essere addestrato all'esecuzione ripetitiva.

Ma già alla fine degli anni Settanta veniva emanata una serie di direttive sociali europee, successivamente recepite nel nostro sistema normativo, che introducono progressivamente un nuovo approccio alla gestione della sicurezza, che vedrà il suo pieno sviluppo con l'emanazione della direttiva *89/391/CEE del 12 giugno 1989 "Miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori nei luoghi di lavoro"*, recepita in Italia con il "famoso" *decreto legislativo 1994, n. 626*.

Il decreto legislativo 626 rappresenta un salto di qualità rilevante che sposta l'attenzione dalla sola prevenzione tecnica, ad un disegno giuridico di più grande respiro, che vede l'uomo al centro del sistema prevenzionale; si interviene sull'organizzazione, sulla formazione ed informazione, sulla sensibilizzazione e partecipazione dei lavoratori.

Per la prima volta viene dettato per legge l'obbligo di organizzare la sicurezza in azienda, e di gestirla secondo le indicazioni contenute nel d.lgs. 626/94.

Il 30 aprile 2008 è stato pubblicato il *decreto legislativo n. 81 "Attuazione dell'art. 1 della L. 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"* (cosiddetto "testo unico", TUS o TUSL). Il nuovo decreto coordina, riordina e riforma le principali norme vigenti e i capisaldi della legislazione in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro sostituendole con una sorta di "codice unico".

Il nuovo decreto legislativo sulla sicurezza nei luoghi di lavoro gode di un campo di applicazione più esteso di quello previsto dal d.lgs 626/94, definisce meglio i soggetti destinatari degli obblighi di sicurezza ed i meccanismi di delega delle funzioni, stabilisce regole più ferree per la tenuta della documentazione relativa alla tutela dei lavoratori.

Il testo è costituito da 306 articoli suddivisi in XIII titoli e ben 51 allegati. Si trattò di un'evoluzione normativa, in buona parte vincolata dalle direttive comunitarie da cui in larghissima parte discende il nuovo decreto, attuata nel solco segnato dal d.lgs. 626/94.

È evidente, in considerazione dell'ampio campo di applicazione del d.lgs. 81/08, che l'organizzazione aziendale finalizzata alla tutela della sicurezza, deve essere "cucita" su ciascuna realtà, tenendo conto degli indirizzi operativi forniti dal legislatore, in particolare nel titolo I del decreto.

Il datore di lavoro

La prima indicazione introdotta con i decreti legislativi di origine comunitaria è la centralità della figura del datore di lavoro.

Questo non è un concetto del tutto nuovo, nel senso che anche prima del d.lgs 626/94, nella gerarchia dei soggetti tenuti ad applicare le norme in materia, il datore era al primo posto e in questo senso la sua posizione è rimasta immutata. La centralità del datore di lavoro nei decreti 626/94 e 81/08 è un concetto giuridico più articolato, nel senso che il datore di lavoro non è più chiamato ad attuare a pioggia i singoli precetti della prevenzione, ma deve dotarsi di una rete organizzativa e gestionale che adesso diventa obbligatoria e la cui mancanza è penalmente sanzionata.

Il datore di lavoro non può delegare le seguenti attività (Art. 17):

- a) la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28;
- b) la designazione del responsabile del servizio di prevenzione e protezione dai rischi.

Gli obblighi previsti per il D.L. dal d.lgs. 81/08, sono gli stessi che, in caso di delega di funzioni, possono ricadere in capo ai dirigenti ad eccezione dei rapporti con il servizio prevenzione e protezione e con il medico competente. Importante evidenziare, che la delega di funzioni non esclude mai l'obbligo di vigilanza, da parte del Datore di Lavoro, in ordine al corretto espletamento. Gli obblighi previsti dal legislatore a carico del Datore di lavoro sono riportati nell'art. 18 del d.lgs. 81/08.

Senza scendere troppo nel dettaglio dei vari soggetti coinvolti, nella Figura 3.1 si riporta uno schema di un tipico sistema di sicurezza aziendale.

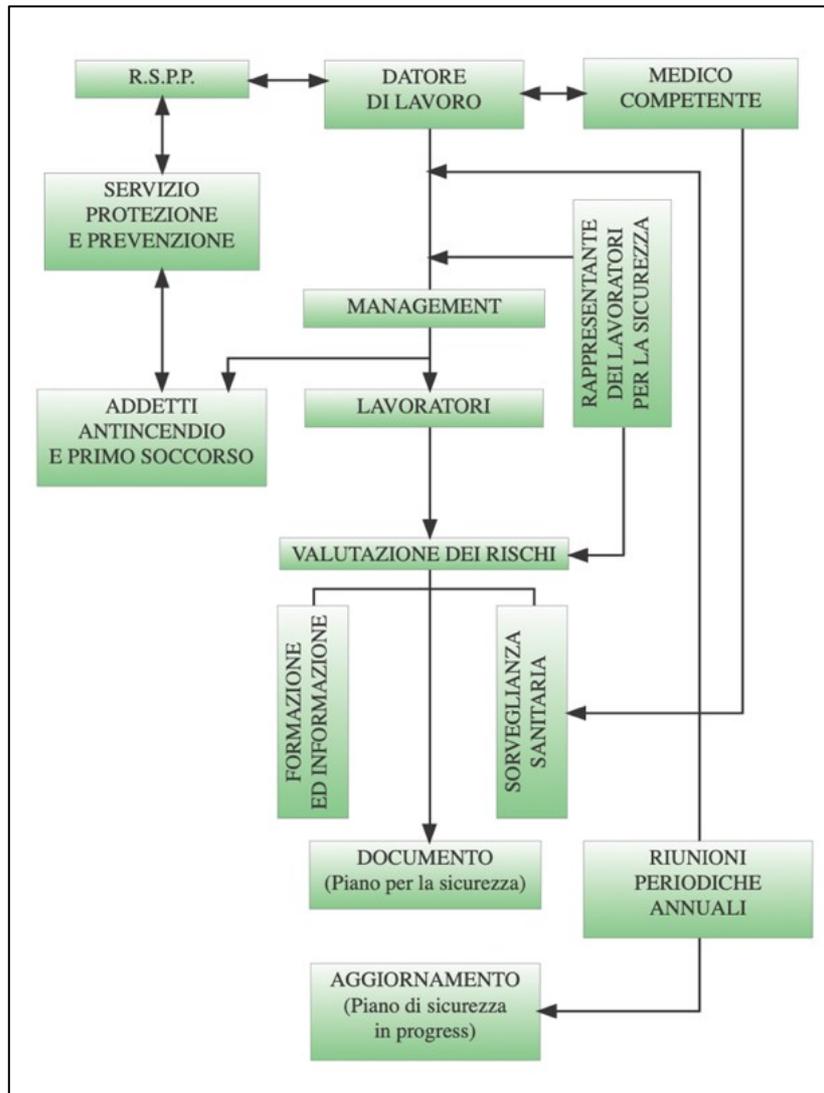


Figura 3.1: Schema di sicurezza aziendale

3.2 L'attività di trasformazione di materiale plastico¹⁷

Ponendo l'attenzione sulle attività di trasformazione di materiale plastico, le normative toccano principalmente alcuni punti cardine di seguito trattati.

Il carico d'incendio

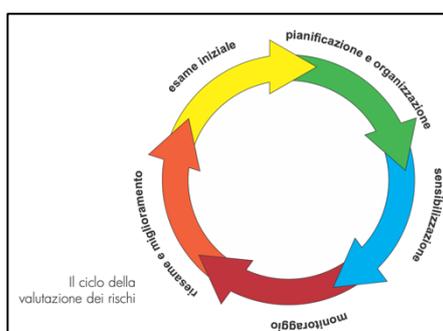
La gestione delle emergenze, con particolare riferimento al carico d'incendio, è uno dei punti più di rilievo del TUS.

Ogni luogo di lavoro, infatti, a causa di eventi accidentali, a volte imprevedibili, o più spesso in conseguenza a condizioni di pericolo presenti nelle varie fasi lavorative, può improvvisamente divenire sede di emergenza e richiedere un tempestivo intervento di soccorso.

La valutazione del rischio incendio

Tra i diversi adempimenti in capo al datore di lavoro, uno dei principali riguarda l'obbligo di elaborare un *Documento per la valutazione dei rischi*, sulla sicurezza nei luoghi di lavoro e, da questa, predisporre misure di riduzione del rischio.

Che cos'è?



La valutazione del rischio di incendio consiste in un processo di:

- pianificazione
- attuazione
- monitoraggio
- riesame dei rischi di incendio presenti.

Figura 3.2: Il ciclo della valutazione dei rischi

Lo stampaggio di materie plastiche, per le caratteristiche stesse del ciclo produttivo e delle materie prime adoperate, si caratterizza per la presenza di svariate condizioni di pericolo che possono dare luogo a situazioni di emergenza.

¹⁷ Fonte: "MATERIALI PLASTICI - Salute e sicurezza nello stampaggio della plastica" a cura di Piero Emanuele Cirila capitolo 7: GESTIONE DELL'EMERGENZA NELLO STAMPAGGIO DELLA PLASTICA

È quindi importante fare un'attenta valutazione di tali eventi, non soltanto per capire con quale grado di probabilità possano verificarsi e che impatto potrebbero avere ma, soprattutto, per definire l'impostazione di sistemi e procedure di gestione appropriati in modo da prevenirli.

Come si valuta?

Il **D.M. del 10 marzo 1998¹⁸**, stabilisce i criteri per la valutazione del rischio di incendio nei luoghi di lavoro ed indica le misure di prevenzione e di protezione antincendio, che il datore di lavoro deve adottare per ridurre le probabilità di insorgenza di un incendio e, all'occorrenza, limitarne le conseguenze.

La valutazione dei rischi si sviluppa, quindi, attraverso le diverse fasi con le quali viene identificata la migliore strategia antincendio da adottare nel luogo di lavoro esaminato.

Il decreto introduce, a tal proposito, un sistema di classificazione delle aziende o unità produttive in base al livello di rischio di incendio in modo da potere diversificare gli interventi preventivi, protettivi e precauzionali graduandoli in base alle specifiche esigenze. In particolare, sono previste le seguenti categorie:

1. **Rischio d'incendio basso:** nel caso di sostanze a basso tasso di infiammabilità, con possibilità scarsa di sviluppo di principi d'incendio e di eventuale propagazione.
2. **Rischio d'incendio medio:** qualora ci si trovi in presenza di sostanze infiammabili e in concomitanza di condizioni locali e di esercizio che possano favorire lo sviluppo di incendi e probabilità di propagazione di un eventuale incendio limitata.

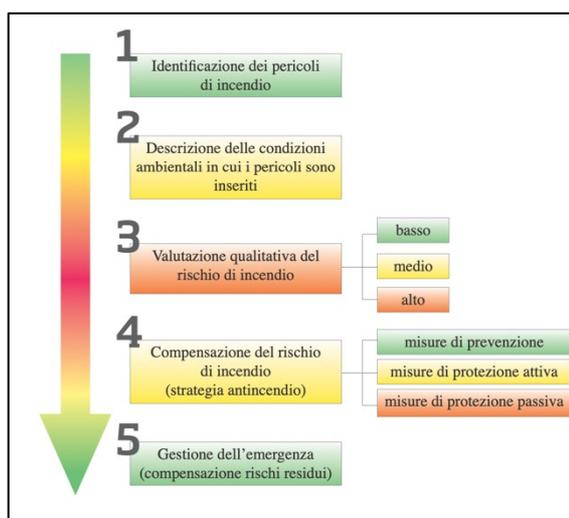


Figura 3.3: Fasi di valutazione del rischio incendio

¹⁸ verrà sostituito da 3 nuovi decreti ancora in fase di attuazione

3. **Rischio d'incendio elevato:** quando si è in presenza di sostanze altamente infiammabili e/o di condizioni locali e di esercizio che rendono notevolmente probabile lo sviluppo di incendio con forti probabilità di propagazione delle fiamme.

Nel Documento di valutazione dei rischi¹⁹ viene sviluppata una specifica parte dedicata alla valutazione del rischio incendio, alla classificazione in una delle tre citate categorie di rischio ed alle conseguenti misure di prevenzione e protezione adottate dal datore di lavoro.

La quantità di materie plastiche, gli altri fattori di rischio presenti (materiali, attrezzature di lavoro, arredi, caratteristiche costruttive del luogo), l'organizzazione del ciclo produttivo, l'identificazione del numero di persone presenti esposte al rischio, la gestione più o meno accurata del processo, la protezione delle vie di esodo e le misure di protezione attiva messe in atto sono alcuni tra i fattori che vanno attentamente valutati e che contribuiscono alla definizione della categoria di rischio.

Per quanto riguarda le aziende che effettuano lavorazione e/o deposito di materie plastiche il rischio incendio viene in genere considerato "medio", pur non potendo escludere che, in casi specifici (dimensioni dell'azienda, capacità produttive dell'impianto, caratteristiche qualitative e quantitative delle materie prime adoperate, ecc.), la valutazione conduca ad una classificazione di livello di rischio "elevato".

A questo proposito assume grande rilevanza, per il processo valutativo, il fatto che le attività di lavorazione e, soprattutto, il deposito di materie plastiche presentino un elevato carico di incendio, in stretta relazione ai quantitativi in gioco e al potere calorifico di queste sostanze.

A titolo d'esempio, si riportano nella Tabella 3.1 i valori orientativi relativi al potere calorifico di alcune materie plastiche che risultano essere elevati in alcuni casi anche più

¹⁹ D.Lgs 81/2008 art. 26, comma 3

del doppio del potere calorifico medio attribuito al legno anidro (18,5 MJ/kg pari a circa 4.400 kcal/kg).

MATERIE PLASTICHE	Potere calorico	
	Mj/kg	Kcal/kg
Politetrafluoroetilene (PTFE) o Teflon	4	952
Polivinilcloruro (PVC) rigido	15 - 21	3.570 - 4.998
Poliesteri insaturi (UP)	19 - 28	4.522 - 6.664
Poliammidi (PA)	20 - 38	4.760 - 9.044
Acetato di cellulosa (CA)	23	5.474
Polimetacrilato di metile (PMMA)	23 - 28	5.474 - 6.664
Polivinilcloruro (PVC) elastico	26 - 34	6.188 - 8.092
Polistirene (PS) o Polistirolo	32 - 42	7.616 - 9.996
Polietilene (PE) o Politene	34 - 46	8.092 - 10.948
Acronitrile-Butadiene-Stirene (ABS)	38	9.044
Polipropilene (PP)	46	10.948
Resine Epossidiche (EP)	12 - 31	2.856 - 7.378
Resine Fenoliche (PF)	26	6.188
Poliuretani (PU)	30 - 38	7.140 - 9.044

Tabella 3.1: Potere calorico di alcune materie plastiche

Anche il livello di infiammabilità delle materie plastiche deve essere considerato attentamente, in quanto si mostra assai variabile a seconda del polimero.

Anche in questo caso viene riportata la Tabella 3.2 esemplificativa.

MATERIE PLASTICHE	Livello di infiammabilità
Polivinilcloruro (PVC)	NULLO
Resine Fenoliche (PF)	MOLTO BASSO
Acetato di cellulosa (CA)	BASSO
Polistirene (PS)	MEDIO
Polietilene (PE)	MEDIO
Polimetacrilato di metile (PMMA)	MEDIO
Poliuretano (PU)	MOLTO ELEVATO

Tabella 3.2: Livello di infiammabilità materie plastiche

Il CPI: Certificato di prevenzione incendi

L'attività di trasformazione e deposito di materie plastiche ricade tra quelle annoverate nell'elenco allegato al D.M. 16 febbraio 1982²⁰.

In particolare, le attività del comparto il cui esercizio è soggetto a visita e controllo ai fini del rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi (CPI) da parte dei Vigili del Fuoco, sono:

- gli "Stabilimenti e impianti di produzione/lavorazione plastica maggiore di 50 quintali" (punto 57 del citato elenco);

- i "Depositi di manufatti in plastica maggiore di 50 quintali" (punto 58 del citato elenco).

Si tratta di tipologie produttive definibili come attività soggette al rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi "non normate" in quanto ad esse, in assenza di legislazione antincendio specifica, si applicano le norme generali di prevenzione incendi.

Indipendentemente dal quantitativo di materie plastiche in produzione, in lavorazione ed in deposito, il datore di lavoro è tenuto comunque ad osservare le disposizioni in materia di prevenzione incendi contenute nel D.Lgs 81/2008.

La valutazione del rischio di incendio secondo il citato D.M. 10 marzo 1998 è finalizzata all'individuazione di tutte le misure organizzative e gestionali necessarie per fronteggiare efficacemente un evento accidentale potenzialmente pericoloso e limitare i danni conseguenti.

Tali misure vengono razionalizzate in un Piano di Emergenza elaborato in conformità ai criteri di cui all'allegato VIII "Pianificazione delle procedure da attuare in caso di incendio".

²⁰ Decreto Ministeriale del 16 febbraio 1982 "Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi" (Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 98 del 9 aprile 1982).

Possono essere esonerate da quest'ultimo adempimento tutte le aziende con meno di 10 dipendenti con l'eccezione delle attività soggette al controllo da parte dei comandi provinciali dei vigili del fuoco (D.P.R. 577/82)²¹.

L'atto fondamentale, indicato dalla legislazione, nella costruzione di un solido sistema di gestione delle emergenze risiede anche in questo caso nella designazione ragionata, da parte del datore di lavoro, di uno o più lavoratori incaricati dell'attuazione delle misure di prevenzione incendi, lotta antincendio e gestione delle emergenze²².

Da ciò si deduce che solo con un'adeguata formazione ed un appropriato addestramento di queste figure si può garantire un'attenta vigilanza atta a prevenire un incendio e l'attuazione dell'intervento appropriato al suo eventuale verificarsi.

Nella Tabella 3.3, basata sull'allegato IX "Contenuti minimi dei corsi di formazione per addetti alla prevenzione incendi, lotta antincendio e gestione delle emergenze, in relazione al livello di rischio dell'attività" del D.M. 10 marzo 1998, vengono sintetizzati questi aspetti.

FORMAZIONE	RISCHIO INCENDIO		
	basso	medio	alto
Teorica	2 ore	5 ore	12 ore
Pratica	2 ore	3 ore	4 ore

Tabella 3.3: ore di formazione necessarie in base al rischio d'incendio

Nell'ambito della prevenzione incendi, il D.M. 10 marzo 1998 costituisce nel complesso un prezioso strumento a cui i datori di lavoro delle attività di lavorazione e deposito di materie plastiche possono e devono fare riferimento.

²¹ Decreto del Presidente della Repubblica n° 577 del 29 luglio 1982 "Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi antincendi" (Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 229 del 20 agosto 1982).

²² D.Lgs 242/96 articolo 4, comma 5, lettera a).

In seguito alle risultanze della valutazione del rischio incendio, infatti, il datore di lavoro deve inoltre adottare, in conformità ai relativi specifici allegati, misure finalizzate a:

- ridurre le probabilità di insorgenza di incendio²³;
- realizzare le vie e le uscite di emergenza previste dall' ALLEGATO IV al punto 1.5 del TUS²⁴, per garantire in caso d'incendio l'esodo in sicurezza delle persone;
- realizzare le misure per una rapida segnalazione dell'incendio al fine di garantire l'attivazione dei sistemi di allarme e delle procedure di intervento²⁵;
- assicurare l'estinzione di un eventuale incendio²⁶.

²³ D.M. 10 marzo 1998, allegato II "Misure intese a ridurre la probabilità di insorgenza degli incendi".

²⁴ L'ALLEGATO IV: "REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO", al punto 1: "AMBIENTI DI LAVORO", fornisce indicazioni sulle "vie e uscite di emergenza". Presenti già in parte anche dal D.M. 10 marzo 1998, allegato III "Misure relative alle vie di uscita in caso di incendio"; non applicabile nelle attività soggette al controllo da parte dei Comandi Provinciali dei Vigili del Fuoco.

²⁵ In conformità all'ALLEGATO IV del TUS.

²⁶ Secondo i criteri di cui all'ALLEGATO V del TUS.

PSC: Piano Sicurezza e Coordinamento²⁷

Il PSC, indipendentemente di quanto è stato indicato all'interno del CPI, è un documento più standard; per cui non è necessario valutare nello specifico l'attività di trasformazione di materiale plastico.

Cosa è il PSC?

Il PSC (Piano di sicurezza e coordinamento) è un documento in cui sono analizzati tutti gli aspetti legati ai rischi e alle misure di prevenzione e protezione relative allo specifico cantiere di riferimento, che dovranno essere strettamente connesse ai Piani Operativi di Sicurezza (POS), di cui se ne rimanda l'analisi alla fase della direzione dei lavori.

Il PSC:

- analizza le fasi di lavoro svolte in cantiere, le fasi critiche del progetto e tutte le misure da adottare per ridurre e prevenire i rischi di lavoro.
- è redatto in fase di progettazione dell'opera o prima della richiesta di presentazione delle offerte per l'appalto. Esso, infatti, è parte integrante della gara d'appalto per poi diventare il punto di riferimento per la realizzazione del progetto.
- è costituito da una relazione tecnica con tutte le prescrizioni, correlate alla complessità dell'opera, atte a prevenire o ridurre i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori ed una serie di tavole esplicative.

L'impresa che si aggiudica i lavori ha facoltà di presentare al coordinatore per l'esecuzione delle proposte di integrazione al PSC, ove ritenga di poter meglio garantire la sicurezza nel cantiere sulla base della propria esperienza.

Prima dell'inizio dei lavori l'impresa affidataria trasmette il piano alle imprese e ai lavoratori autonomi coinvolti per l'esecuzione dei lavori.

²⁷ Fonte: "Piano sicurezza e coordinamento (PSC)" articolo di Nicola Furcolo, pubblicato su BibLus-net.

Chi lo redige?

Il PSC deve essere redatto dal Coordinatore per la Sicurezza **in fase di progettazione**.

In alcuni casi particolari, come lavori privati non soggetti a permesso di costruire e comunque di importo inferiore a 100.000 euro, può essere redatto dal Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione.

In ogni caso, il PSC diventa obbligatorio quando nel cantiere sono presenti più imprese, sia nel caso di lavori pubblici che privati.

Quali sono i suoi contenuti?

I contenuti minimi del PSC sono definiti nell'allegato XV del Dlgs n. 81/2008²⁸.

Il PSC è **specifico per ogni singolo cantiere temporaneo o mobile** e di concreta fattibilità; i suoi contenuti sono il risultato di scelte progettuali ed organizzative.

Il PSC deve contenere almeno i seguenti elementi:

- a. l'identificazione e la descrizione dell'opera, esplicitata con:
 1. l'indirizzo del cantiere
 2. la descrizione del contesto in cui è collocata l'area di cantiere
 3. una descrizione sintetica dell'opera, con particolare riferimento alle scelte progettuali, architettoniche, strutturali e tecnologiche

- b. l'individuazione dei soggetti con incarichi di sicurezza, tramite l'indicazione dei nominativi del responsabile dei lavori, del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e, qualora già nominato, del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione; è a cura di quest'ultimo l'indicazione, prima dell'inizio dei singoli lavori, dei nominativi dei datori di lavoro delle imprese esecutrici e dei lavoratori autonomi

²⁸ Dal TUS, ALLEGATO XV "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili" art. 2: "PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO" comma 2.1 - Contenuti minimi

- c. una relazione concernente l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi concreti, con riferimento all'area ed alla organizzazione del cantiere, alle attività lavorative ed alle loro interferenze
- d. le scelte progettuali ed organizzative, le procedure, le misure preventive e protettive, in riferimento:
 - 1. all'area di cantiere
 - 2. all'organizzazione del cantiere
 - 3. alle attività
- e. le prescrizioni operative, le misure preventive e protettive ed i dispositivi di protezione individuale, in riferimento alle interferenze tra le lavorazioni
- f. le misure di coordinamento relative all'uso comune da parte di più imprese e lavoratori autonomi, come scelta di pianificazione lavori finalizzata alla sicurezza, di apprestamenti, attrezzature, infrastrutture, mezzi e servizi di protezione collettiva
- g. le modalità organizzative della cooperazione e del coordinamento, nonché della reciproca informazione, fra i datori di lavoro e tra questi ed i lavoratori autonomi
- h. l'organizzazione prevista per il servizio di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione dei lavoratori, nel caso in cui il servizio di gestione delle emergenze sia di tipo comune; il PSC contiene anche i riferimenti telefonici delle strutture previste sul territorio al servizio del pronto soccorso e della prevenzione incendi
- i. la durata prevista delle lavorazioni, delle fasi di lavoro e, quando la complessità dell'opera lo richieda, delle sottofasi di lavoro, che costituiscono il cronoprogramma dei lavori, nonché l'entità presunta del cantiere espressa in uomini- giorno
- l. la stima dei costi della sicurezza

Il coordinatore per la progettazione indica nel PSC, ove la particolarità delle lavorazioni lo richieda, il tipo di procedure complementari e di dettaglio al PSC stesso e connesse alle scelte autonome dell'impresa esecutrice, da esplicitare nel POS.

Il PSC è corredato da tavole esplicative di progetto, relative agli aspetti della sicurezza, comprendenti almeno una planimetria e, ove la particolarità dell'opera lo richieda, una vista in sezione e una breve descrizione delle caratteristiche idrogeologiche del terreno o, se già redatta, il rinvio a specifica relazione.

Area di cantiere²⁹

In riferimento all'area di cantiere, il PSC contiene l'analisi degli elementi essenziali, in relazione:

- a. alle caratteristiche dell'area di cantiere, con particolare attenzione alla presenza nell'area del cantiere di linee aeree e condutture sotterranee
- b. all'eventuale presenza di fattori esterni che comportano rischi per il cantiere, con particolare attenzione:
 1. a lavori stradali ed autostradali al fine di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori impiegati nei confronti dei rischi derivanti dal traffico circostante
 2. al rischio di annegamento
- c. agli eventuali rischi che le attività di cantiere possono comportare per l'area circostante

Organizzazione del cantiere

In riferimento all'organizzazione del cantiere il PSC contiene, in relazione alla tipologia del cantiere, l'analisi dei seguenti elementi:

- a. le modalità da seguire per la recinzione del cantiere, gli accessi e la segnaletica
- b. i servizi igienico-assistenziali
- c. la viabilità principale di cantiere

²⁹ Dal TUS, ALLEGATO XV "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili" art. 2: "PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO" comma 2.2. - Contenuti minimi del PSC in riferimento all'area di cantiere, all'organizzazione del cantiere, alle lavorazioni.

- d. gli impianti di alimentazione e reti principali di elettricità, acqua, gas ed energia di qualsiasi tipo
- e. gli impianti di terra e di protezione contro le scariche atmosferiche
- f. le eventuali modalità di accesso dei mezzi di fornitura dei materiali
- g. la dislocazione degli impianti di cantiere
- h. la dislocazione delle zone di carico e scarico
- i. le zone di deposito attrezzature e di stoccaggio materiali e dei rifiuti
- j. le eventuali zone di deposito dei materiali con pericolo d'incendio o di esplosione

Le lavorazioni

In riferimento alle **lavorazioni**, il coordinatore per la progettazione suddivide le singole lavorazioni in **fasi di lavoro** e, quando la complessità dell'opera lo richiede, in **sottofasi di lavoro**, ed effettua l'analisi dei rischi presenti, con riferimento all'area e alla organizzazione del cantiere, alle lavorazioni e alle loro interferenze, ad esclusione di quelli specifici propri dell'attività dell'impresa, facendo in particolare attenzione ai seguenti rischi:

- a. rischio di investimento da veicoli circolanti nell'area di cantiere
- b. rischio di seppellimento da adottare nell'attività di scavo
- c. rischio di caduta dall'alto
- d. rischio di insalubrità dell'aria nei lavori in galleria
- e. rischio di instabilità delle pareti
- f. rischi derivanti da estese demolizioni o manutenzioni, ove le modalità tecniche di attuazione siano definite in fase di progetto
- g. rischi di incendio o esplosione connessi con lavorazioni e materiali pericolosi utilizzati in cantiere
- h. rischi derivanti da sbalzi eccessivi di temperatura
- i. rischio di elettrocuzione
- j. rischio rumore e vibrazioni
- k. rischio dovuto all'uso di sostanze chimiche

Per ogni elemento dell'analisi relativo all'area di cantiere, all'organizzazione del cantiere e alle lavorazioni, il PSC contiene:

- a) le scelte progettuali ed organizzative, le procedure, le misure preventive e protettive richieste per eliminare o ridurre al minimo i rischi di lavoro; ove necessario, vanno prodotte tavole e disegni tecnici esplicativi
- b) le misure di coordinamento atte a realizzare quanto previsto alla lettera a).

Interferenze tra le lavorazioni ed al loro coordinamento³⁰

Il coordinatore per la progettazione effettua l'analisi delle **interferenze tra le lavorazioni**, anche quando sono dovute ad attività di una stessa impresa esecutrice o alla presenza di lavoratori autonomi, e predispone il **cronoprogramma dei lavori**.

In riferimento alle interferenze tra le lavorazioni, il PSC contiene le prescrizioni operative per lo sfasamento spaziale o temporale delle lavorazioni interferenti e le modalità di verifica del rispetto di tali prescrizioni. Nel caso in cui permangono rischi di interferenza, indica le misure preventive e protettive ed i dispositivi di protezione individuale, atti a ridurre al minimo tali rischi.

Stima dei costi della sicurezza³¹

Ove è prevista la redazione del PSC nei costi della sicurezza vanno stimati, per tutta la durata delle lavorazioni previste nel cantiere, dei costi per il dettaglio dei quali si rimanda all' art.4. dell'ALLEGATO XV del TUS - STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA, in particolare comma 4.1.1.

La stima dovrà essere congrua, analitica per voci singole, a corpo o a misura, riferita ad elenchi prezzi standard o specializzati, oppure basata su prezzi o listini ufficiali vigenti nell'area interessata, o sull'elenco prezzi delle misure di sicurezza del committente. Nel caso in cui un elenco prezzi non sia applicabile o non disponibile, si farà riferimento ad analisi costi complete e desunte da indagini di mercato. Le singole voci dei costi della sicurezza vanno calcolate considerando il loro costo di utilizzo per il cantiere interessato

³⁰ Dal TUS, ALLEGATO XV "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili" art. 2: "PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO" comma 2.3. - Contenuti minimi del PSC in riferimento alle interferenze tra le lavorazioni ed al loro coordinamento

³¹ al TUS, ALLEGATO XV "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei o mobili" art. 4: "STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA"

che comprende, quando applicabile, la posa in opera ed il successivo smontaggio, l'eventuale manutenzione e l'ammortamento.

I costi della sicurezza così individuati, sono compresi nell'importo totale dei lavori, ed individuano la parte del costo dell'opera da non assoggettare a ribasso nelle offerte delle imprese esecutrici.

Il direttore dei lavori liquida l'importo relativo ai costi della sicurezza previsti in base allo stato di avanzamento lavori, previa approvazione da parte del coordinatore per l'esecuzione dei lavori quando previsto.

*Il CSP: Coordinatore per la Sicurezza e per la Progettazione*³²

Una volta descritto nel dettaglio il PSC, la figura strettamente collegata ad esso è il CSP, ovvero il Coordinatore in fase di progettazione; all'*art. 89, comma 1, lett.e* ne viene data la seguente definizione:

“Coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la progettazione dell'opera, di seguito denominato coordinatore per la progettazione: soggetto incaricato, dal committente o dal responsabile dei lavori, dell'esecuzione dei compiti di cui all'art. 91.”

*Individuazione del CSP e requisiti*³³

Il CSP è il soggetto che riceve incarico dal committente per gli obblighi a lui derivanti durante la fase di progettazione.

Come già riportato, le figure del coordinatore per la progettazione e il coordinatore per l'esecuzione (CSE) possono coincidere con lo stesso soggetto, ciò che è importante è che entrambi devono essere in possesso dei requisiti imposti dall'*art. 98*:

- a) Laurea magistrale o specialistica conseguita in architettura, ingegneria edile, scienze e tecnologie agrarie, scienze e tecnologie forestali ed ambientali,

³² Fonte: “Il coordinatore sicurezza in fase di progettazione: definizione e obblighi” articolo di Michela Arezzini pubblicato su Teknoring il 4 gennaio 2016

³³ Dall' art. 98 Dlgs. 81/08 - Requisiti professionali CSP e CSE.

scienze e gestione delle risorse rurali e forestali, scienze e tecnologie geologiche, nonché attestazione rilasciata da datori di lavoro o committenti, comprovante l'espletamento di attività lavorativa nell'ambito delle costruzioni per almeno un anno;

- b) Laurea conseguita in ingegneria civile e ambientale, ingegneria dell'informazione, ingegneria industriale, scienze dell'architettura, scienze tecniche dell'edilizia, nonché attestazione rilasciata da datori di lavoro o committenti, comprovante l'espletamento di attività lavorativa nell'ambito delle costruzioni per almeno due anni;
- c) Diploma di geometra, perito industriale, perito agrario o agrotecnico, nonché attestazione rilasciata da datori di lavoro o committenti, comprovante l'espletamento di attività lavorativa nell'ambito delle costruzioni per almeno tre anni.

Devono essere, altresì, in possesso di attestato di frequenza, con verifica dell'apprendimento finale, di specifico corso in materia di sicurezza organizzato dalle Regioni, mediante le strutture tecniche operanti nel settore della prevenzione e della formazione professionale, o, in alternativa, dall'ISPESL, dall'INAIL, dall'Istituto italiano di medicina sociale, dagli ordini o collegi professionali, dalle università, dalle associazioni sindacali dei datori di lavoro e dei lavoratori o dagli organismi paritetici istituiti nel settore dell'edilizia.

Fermo restando l'obbligo di aggiornamento, sono fatti salvi gli attestati rilasciati nel rispetto della previgente normativa a conclusione di corsi avviati prima della data di entrata in vigore del D.Lgs. 81/2008.

L'attestato di frequenza di cui sopra non è richiesto per coloro che, non più in servizio, abbiano svolto attività tecnica in materia di sicurezza nelle costruzioni, per almeno cinque anni, in qualità di pubblici ufficiali o di incaricati di pubblico servizio e per coloro che producano un certificato universitario attestante il superamento di un esame relativo a uno

specifico insegnamento del corso di laurea nel cui programma siano presenti i contenuti minimi di cui all'Allegato XIV, o l'attestato di partecipazione a un corso di perfezionamento universitario i cui programmi e le relative modalità di svolgimento siano conformi all'Allegato XIV.

L'attestato di cui sopra non è richiesto per coloro che sono in possesso della laurea magistrale in ingegneria della sicurezza.

Obblighi e responsabilità del CSP

Come da definizione, precedentemente riportata, all'art. 91 vengono riportati gli obblighi del CSP, che svolge il proprio ruolo dal momento dell'affidamento dell'incarico, fino alla fase di richiesta delle offerte.

Durante questo arco temporale il CSP deve redigere il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) e il Fascicolo dell'Opera³⁴, confrontandosi con il progettista sulle scelte progettuali ed architettoniche da inserire per la realizzazione dell'opera.

Le responsabilità penali del CSP si basano sulla prevedibilità dell'evento che provoca un infortunio, valutando cioè a posteriori se l'evento poteva essere previsto durante la progettazione e come lo stesso è stato affrontato all'interno del documento.

Progetto e PSC dovranno svilupparsi in sinergia, adeguandosi l'uno all'altro fino a condividere le richieste del committente con la realizzazione nel rispetto della sicurezza e salute dei lavoratori.

Nella Figura 3.4 e Figura 3.5 vengono riportati due schemi riassuntivi uno relativo al PSC in relazione al progetto e l'altro alla figura del CSP.

³⁴ Fascicolo dell'Opera: ha il compito di informare sui possibili rischi nelle successive attività di manutenzione dell'opera eseguita definendo altresì le specifiche misure preventive a tutela dei lavoratori che eseguiranno tali attività.

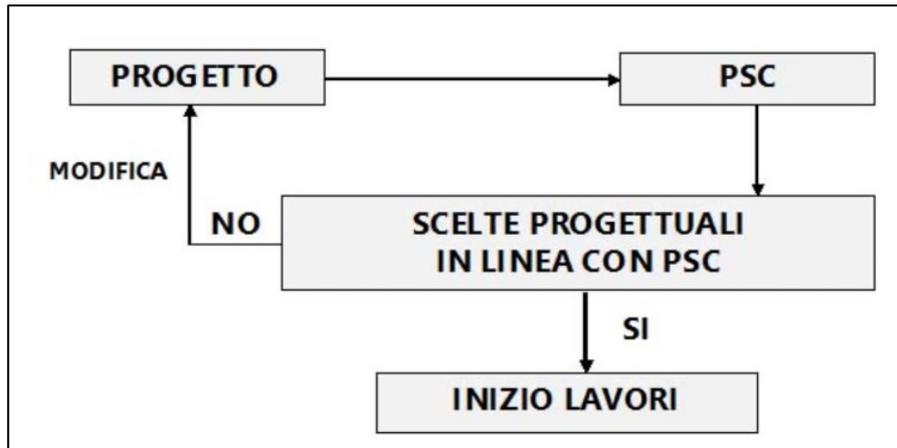


Figura 3.4: Integrazione PSC e progetto

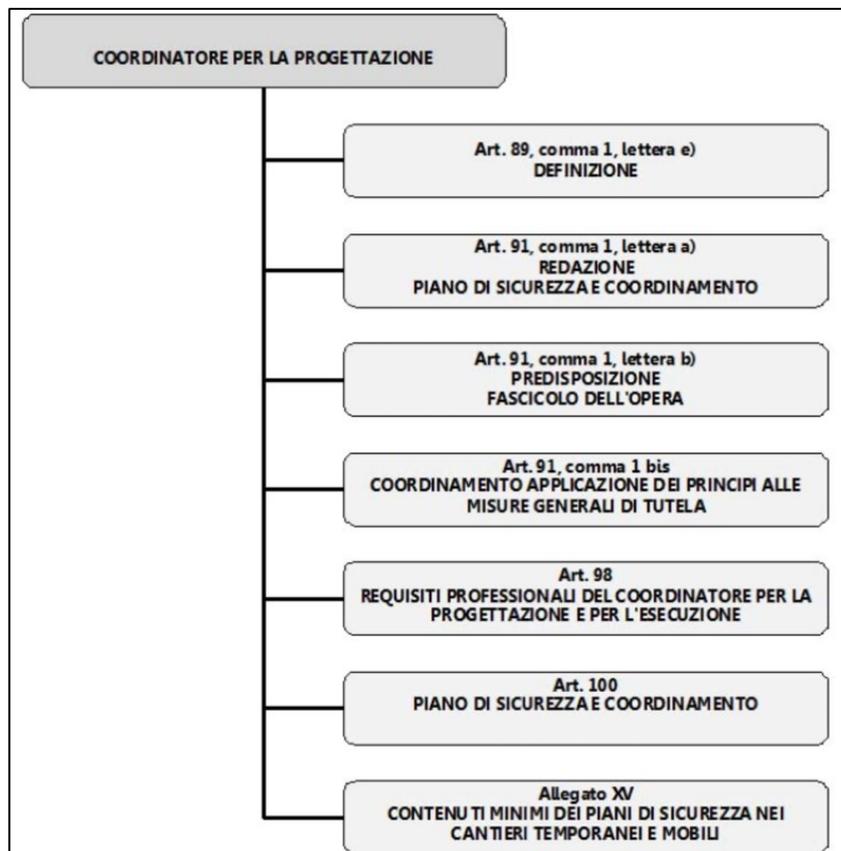


Figura 3.5: Schema riassuntivo dei principali riferimenti normativi per il CSP

Emissioni in atmosfera

Per quanto riguarda la legislazione delle emissioni in atmosfera si trova una sezione dedicata nel sito della città metropolitana di Torino in cui viene specificato chi è obbligato a presentare un'autorizzazione per poter tenere attività la propria attività di produzione.³⁵

Infatti, gli impianti e le attività che producono emissioni in atmosfera devono conseguire un'autorizzazione preventiva finalizzata alla prevenzione e limitazione dell'inquinamento atmosferico, secondo le disposizioni della parte V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. (il cosiddetto Testo Unico Ambientale).

Alcune tipologie di impianti e attività (ricomprese nella *parte I dell'allegato IV alla parte Quinta*) registrano delle emissioni in atmosfera ritenute dal Legislatore scarsamente rilevanti agli effetti dell'inquinamento atmosferico: gli stabilimenti in cui sono presenti **esclusivamente** queste tipologie non sono sottoposti ad autorizzazione.

Per specifiche categorie di stabilimenti (ricompresi nella *parte II dell'allegato IV alla parte Quinta*) il Legislatore ha stabilito che le Regioni possono adottare **autorizzazioni di carattere generale** alle quali è possibile aderire attraverso procedure semplificate di autorizzazione.

Nelle autorizzazioni di carattere generale sono stabiliti i valori limite di emissione, le prescrizioni, anche inerenti alle condizioni di realizzazione o di esercizio e i combustibili utilizzati, i tempi di adeguamento, i metodi di campionamento e di analisi, la periodicità dei controlli nonché i requisiti della domanda di adesione all'autorizzazione.

Per **tutti gli altri stabilimenti** che non fanno capo alle due eccezioni sopra indicate, deve essere richiesta un'autorizzazione alle emissioni in atmosfera attivando un procedimento autorizzativo ordinario al quale possono partecipare altri Soggetti competenti (Comune, ARPA), che può prevedere l'istituto della conferenza dei servizi e che si conclude con un atto espresso da parte dell'Autorità Competente.

³⁵ Fonte: Autorizzazione alle emissioni in atmosfera, Città metropolitana di Torino

La **Città Metropolitana di Torino** è l'autorità competente individuata dalla Regione Piemonte per la valutazione tecnica e amministrativa delle domande di autorizzazione presentate dalle imprese, per l'adozione dei provvedimenti autorizzativi nonché per l'esercizio dei poteri di ordinanza previsti dal Legislatore in caso di inosservanza delle prescrizioni autorizzative.

Determinazione generale del 29 aprile 2008

Venendo più nello specifico all'oggetto del lavoro, ovvero la produzione di materiale plastico, la città metropolitana di Torino approfondisce con una DETERMINAZIONE GENERALE del 29 aprile 2008, tutt'oggi applicata.

Facendo riferimento al **D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Autorizzazioni di carattere generale per le emissioni in atmosfera provenienti da stabilimenti per la trasformazione di materie plastiche**³⁶ la direttiva analizza l'approfondita legislazione in tema di emissioni, di cui se ne riporta una minima parte per entrare nello specifico dell'oggetto di studio.

Di particolare interesse per il caso di studio presentato, le normative sottoelencate:

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale - che provvede al riordino, al coordinamento e all'integrazione delle disposizioni legislative in materia ambientale in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308;

e con particolare riferimento alla parte V del D.Lgs. n. 152/2006 "Norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera" che disciplina il rilascio delle autorizzazioni per gli impianti e le attività che producono emissioni in atmosfera;

e l'art. 272 del D.Lgs. n. 152/2006 che al comma 2 prevede che, per specifiche categorie di impianti, l'autorità competente possa adottare apposite autorizzazioni di carattere generale nelle quali sono stabiliti i valori limite di emissione, le prescrizioni, i

³⁶ Fonte: DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE 29 aprile 2008, n. 239 D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Autorizzazioni di carattere generale per le emissioni in atmosfera provenienti da stabilimenti per la trasformazione di materie plastiche.

tempi di adeguamento, i metodi di campionamento e di analisi e la periodicità dei controlli, e che l'autorità competente debba in ogni caso procedere all'adozione di tali autorizzazioni generali, entro due anni dall'entrata in vigore del decreto, per gli impianti e per le attività di cui alla parte II dell'allegato IV alla parte quinta del medesimo decreto, tra i quali sono compresi la **“Produzione di articoli in gomma e prodotti delle materie plastiche con utilizzo giornaliero massimo di materie prime non superiore a 500 kg”** che, per quanto attiene alle materie plastiche, sono trattati nel presente provvedimento;

e a numerosi altri articoli, leggi regionali, delibere di cui non se ne riporta il testo ma accessibili tramite il riferimento alla direttiva generale evidenziato sopra.

In base, a quanto sopra descritto L'Endurance può, quindi, attivare la procedura semplificata di autorizzazione, poiché rientra tra gli enti e le imprese che intendono installare, modificare o trasferire stabilimenti in cui verranno eserciti impianti per la trasformazione di materie plastiche indicati nell'allegato 2 della medesima direttiva, adottando le soluzioni tecnologiche aventi le caratteristiche di cui allo stesso allegato.

NOTA: Per avvalersi della procedura semplificata di autorizzazione, devono presentare domanda secondo il modello allegato 1A della direttiva, almeno 45 giorni prima dell'installazione dell'impianto o dell'avvio dell'attività.

Mentre, per il primo rinnovo dell'autorizzazione si deve presentare domanda secondo il modello dell'allegato 1B della medesima direttiva.

Nell' Allegato A. vengono riportati i punti di interesse dell'ALLEGATO 2 della determinazione generale del 29 aprile 2008.

Rumore³⁷

Le macchine e gli utensili utilizzati nei processi di stampaggio delle materie plastiche e di macinazione degli scarti sono fonti di esposizione ad inquinamento sonoro di diversa entità, che vanno tenute nella dovuta considerazione ai fini della valutazione dei rischi per la salute.

L'esposizione protratta nel tempo a rumori elevati durante l'attività lavorativa può provocare danni irreversibili all'udito con sordità più o meno grave. In un primo tempo si verifica solo un innalzamento temporaneo della soglia uditiva (STS), mentre, se l'esposizione persiste, le prime alterazioni uditive permanenti si potrebbero manifestare con una perdita uditiva sulla frequenza di 4000 Hz che, con l'aggravarsi della lesione, si estende progressivamente a interessare le frequenze vicine.

L'alterazione percettiva appare di norma in forma bilaterale e simmetrica, è irreversibile e talvolta si accompagna ad acufeni ("fischi") e fenomeni di distorsione dei suoni percepiti (recruitment). Indipendentemente dall'esposizione al rumore, con l'avanzamento dell'età si verifica un progressivo decadimento dell'udito (presbiacusia) che si può associare all'ipoacusia da rumore.

Attualmente si ritiene che l'esposizione giornaliera tollerabile dalla maggior parte dei soggetti senza danni all'udito corrisponda a 80 dB(A): stimoli sonori di intensità superiore a 80 dB(A) possono produrre danni uditivi di gravità variabile in rapporto con l'intensità e la durata dell'esposizione stessa.

³⁷ Fonte: Testo unico in materia di sicurezza sul lavoro - Titolo VIII. Decreto legislativo, 09/04/2008 n° 81, G.U. 30/04/2008, Altalex

Agenti Fisici

Questo rischio è normato dal D.Lgs 81/2008, in particolare dal Titolo VIII “Agenti Fisici”³⁸. Alla base del processo di valutazione del rischio viene disposta l’effettuazione della valutazione del rumore durante il lavoro, effettuata con le opportune misure fonometriche mediante strumentazione e criteri adeguati, in relazione alle caratteristiche del rumore da misurare ed alle indicazioni di buona tecnica. Il fine è quello di identificare i lavoratori, le situazioni e i luoghi di lavoro a rischio e verificare quali misure preventive e protettive mettere in atto. In particolare, è opportuno prestare attenzione al livello, alla tipologia ed alla durata dell’esposizione, alla presenza di rumori impulsivi o di impatto, all’esposizione del lavoratore a rumore oltre l’orario di lavoro normale sotto la responsabilità del datore di lavoro, ai lavoratori ipersuscettibili ed ai fattori ambientali. Il processo valutativo trova una necessaria integrazione con conoscenze tecniche, tra cui le informazioni sulle emissioni sonore fornite dai costruttori delle attrezzature di lavoro. Per le macchine più rumorose, i dati inerenti all’emissione sonora devono essere obbligatoriamente riportati sulle stesse³⁹.

Spesso i lavoratori conoscono quali sono i problemi specifici di rumore e le soluzioni possibili: coinvolgerli con i loro rappresentanti sia nelle fasi di valutazione che di decisione delle procedure è un’ottima scelta.

La valutazione del rumore ha l’obiettivo di individuare, partendo dalla misura del livello sonoro equivalente continuo (Leq), il livello di esposizione giornaliera a rumore (LEX,8h)⁴⁰ relativo alla mansione cui il lavoratore è adibito. Il (LEX,8h) esprime la quantità di energia sonora che realmente arriva all’orecchio del lavoratore e che quindi può costituire fonte di danno per l’apparato uditivo. È sulla base di questo valore che la normativa vigente imposta gli interventi obbligatori a tutela della salute dei lavoratori.

³⁸ Il titolo VIII include gli artt. 180 – 220, in particolare al capo II: “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro” 187 – 198.

³⁹ D.P.R. 459/96 “Direttiva macchine”.

⁴⁰ Dall’ art. 188: livello di esposizione giornaliera al rumore (LEX,8h): [dB(A) riferito a 20 μ Pa]: valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999:1990 punto 3.6. Si riferisce a tutti i rumori sul lavoro, incluso il rumore impulsivo

Nel caso un lavoratore svolga mansioni caratterizzate da (LEX,8h) diversi, per tutte le incombenze derivanti dal D.Lgs 81/2008 è necessario fare riferimento al (LEX,8h) più elevato.

Ogni datore di lavoro deve provvedere ad effettuare una valutazione del rumore che esprima la reale esposizione dei lavoratori nelle comuni situazioni di lavoro. Questo rischio, in genere, è stato attualmente sensibilmente ridotto con l'introduzione di macchinari di nuova concezione, dotati di adeguati sistemi fonoassorbenti.

Analisi rumore nel settore dello stampaggio della plastica⁴¹

Da un'analisi dei rapporti di valutazione del rumore di aziende del settore nell'ambito dello studio PPTP-Plastica⁴², dalla consultazione di banche dati e dalla disamina della letteratura nazionale ed internazionale appare che le operazioni più rumorose nelle aziende del settore sono rappresentate dall'utilizzo di aria compressa durante le fasi di apertura e chiusura degli stampi. Altre fonti di rumore sono ricercabili nell'eventuale presenza di caricamento pneumatico delle materie prime, oltre che nella fase di recupero degli scarti con la macinazione, operazioni di taglio di profilati o altri manufatti estrusi.

I livelli equivalenti, in particolare nei reparti di lavorazione, sono correlati al numero, tipologia e concentrazione di macchine operatrici nel medesimo ambiente e dalla eventuale coesistenza di mulini per la macinazione delle materozze non sufficientemente isolati ed insonorizzati.

L'esposizione quotidiana dei lavoratori (LEX,8h), risulta nella maggior parte dei casi compresa tra 80 e 87 dB(A). Tuttavia, nelle aziende che eseguono la macinazione, in area non compartimentata e con frequenza continua, essa può in alcuni casi superare i 90 dB(A) con valori di picco fino a 110 dB(C).

⁴¹ Riferimenti: MATERIALI PLASTICI Salute e sicurezza nello stampaggio della plastica a cura di Piero Emanuele Ciria

⁴² Progetto Prevenzione Tumori Professionali nelle attività di stampaggio della plastica, della Regione Lombardia.

Con tali premesse il datore di lavoro deve operare tutti gli interventi tecnici, organizzativi e procedurali concretamente attuabili per ridurre al minimo i rischi derivanti da esposizione a rumore, privilegiando gli interventi alla fonte.

Interventi necessari per il controllo e la riduzione del rumore

Oltre alla valutazione di rischio cui al *Titolo I Capo II e al Titolo VIII Capo II del D.Lgs. 81*, che deve essere affidata a personale qualificato ed in possesso di specifiche conoscenze in materia, si indicano di seguito i principali interventi mirati al controllo e riduzione del rischio specifico:

- acquisto di macchine meno rumorose;
- regolare manutenzione delle macchine operatrici mirata alla sostituzione/manutenzione di cuscinetti ed altre componenti soggette ad usura;
- diminuire gli urti dei prodotti rigidi tra loro e con i recipienti di raccolta, ad esempio diminuendo l'altezza di caduta e insonorizzando con materiale smorzante i contenitori;
- installazione di silenziatori / camere di espansione sugli sfiati di aria compressa;
- controllo dell'emissione sonora degli impianti di aspirazione e ventilazione mediante regolare manutenzione; eventuale insonorizzazione degli stessi;
- separazione in ambiente confinato e insonorizzato dei mulini di macinazione materozze;
- previsione di eventuale rotazione del personale;
- fornitura di idonei DPI;
- informazione e formazione i lavoratori sui rischi derivanti dall'esposizione a rumore.

Rifiuti⁴³

La definizione di “rifiuto” è fondata sul concetto del “disfarsi”, che costituisce la condizione necessaria e sufficiente perché un oggetto, un bene o un materiale sia classificato come rifiuto e, successivamente, codificato sulla base del vigente elenco europeo dei rifiuti (CER).

Il D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, parte IV

Come già accennato precedentemente, il 29 aprile 2006 è entrato in vigore il **D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152⁴⁴**, il provvedimento di riformulazione ambientale che ha riscritto la normativa relativa alla valutazione dell’impatto ambientale, difesa del suolo e tutela delle acque, gestione dei rifiuti, riduzione dell’inquinamento atmosferico e risarcimento dei danni ambientali, abrogando la maggior parte dei previgenti provvedimenti del settore.

Tale decreto, alla *Parte IV* – **“Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati”, articoli dal 177 al 266 e relativi allegati**, norma la materia relativa alla gestione dei rifiuti e alla bonifica dei siti inquinati, sostituendo il D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (cosiddetto “Decreto Ronchi”) come norma quadro di riferimento in materia di rifiuti.

All’ articolo 183 del *D.Lgs 3 aprile 2006 n° 152* viene definito il rifiuto come:

“qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l’intenzione o abbia l’obbligo di disfarsi”

La classificazione

I rifiuti si classificano in base all’attività di origine in rifiuti urbani e speciali, e in base alla tipologia in pericolosi e non pericolosi.

Sono rifiuti urbani quelli domestici provenienti da abitazioni civili, i rifiuti della pulitura delle strade, di aree verdi e delle aree cimiteriali, e quelli provenienti da luoghi adibiti ad usi diversi da quelli abitativi, purché non pericolosi e assimilabili agli urbani per qualità e quantità.

⁴³ Riferimenti:

1. Normativa sui rifiuti - Arpa Piemonte
2. Rifiuti urbani – Regione Piemonte

⁴⁴ Il D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 è stato oggetto di numerose modifiche ed integrazioni già a partire dal 2006.

I rifiuti speciali, spesso impropriamente chiamati “industriali”, sono invece quelli prodotti dalle attività produttive (quali l’agricoltura, l’artigianato, il commercio e l’industria) e di servizio (trasporti, ospedali, ecc.), compresi i rifiuti prodotti dalle operazioni di trattamento dei rifiuti stessi e dalla depurazione delle acque.

Di questi viene riportata una classificazione al *D. Lgs. 152/06 e s.m.i. all’ art. 184.*

Il codice identificativo

Ogni rifiuto è classificato individuando un codice identificativo sulla base del sistema comunitario di classificazione, definito codice CER (acronimo di Catalogo Europeo dei Rifiuti) che si compone di sequenze numeriche.

Un codice CER è composto da 6 cifre riunite in coppie volte ad identificare un rifiuto, di norma, in base al processo produttivo da cui è originato. Il primo gruppo identifica il capitolo, mentre il secondo usualmente il processo produttivo.

I codici si applicano a tutti i rifiuti, siano essi destinati allo smaltimento o al recupero e si dividono in non pericolosi e pericolosi, i secondi identificati graficamente con un asterisco.

I codici sono inseriti all'interno dell’“Elenco dei rifiuti” istituito dall'Unione Europea con la Decisione 2000/532/CE e sono stati recepiti a livello italiano con il D.Lgs. 152/06 “Testo unico in materia ambientale” - Allegato D della parte IV.

Per quanto attiene il PVC⁴⁵, si ritengono pertinenti i seguenti codici:

07 Rifiuti da processi chimici organici

07 02 rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso (PFFU) di plastiche, gomme sintetiche e fibre artificiali

➔ 07 02 13 rifiuti plastici

12 Rifiuti di lavorazione e di trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica

➔ 12 01 05 limatura e trucioli di materiali plastici

⁴⁵ “Il PVC: processo produttivo e gestione dei rifiuti”, PVC Forum.

Per il trasporto dei rifiuti, si deve possedere apposita autorizzazione che prevede anche l'iscrizione all'Albo nazionale gestori ambientali e che specifica le tipologie dei rifiuti (codici CER), le caratteristiche fisiche per ciascun rifiuto nonché le modalità di trasporto dei rifiuti. I rifiuti devono viaggiare accompagnati dal Formulário Identificativo del Rifiuto (FIR).

Le materie prime secondarie, conformi alle norme UNIPLAST della serie UNI 10667, non essendo più classificate come "rifiuti", sono assoggettate al regime delle materie prime per cui viaggiano accompagnate del Documento di trasporto (DDT).

Il Piemonte, L'ARPA

In Piemonte si ha una produzione di rifiuti pari a circa 10 milioni di tonnellate all'anno fra urbani e speciali; i rifiuti più abbondanti sono quelli speciali non pericolosi; circa 5 milioni di tonnellate di rifiuti speciali, di cui circa il 90% non pericolosi.

L'**Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte** è un ente pubblico dotato di autonomia amministrativa, tecnico-giuridica, patrimoniale e contabile.

È posta sotto la vigilanza del Presidente della Giunta Regionale per garantire l'attuazione degli indirizzi programmatici della Regione Piemonte nel campo della previsione, prevenzione e tutela ambientale.

Attività, servizi e controlli di Arpa Piemonte nel settore rifiuti

Le principali attività di Arpa Piemonte relative alla gestione dei rifiuti sono quelle di controllo e prevenzione e quelle di elaborazione dati e supporto tecnico.

A livello centrale è operativa presso Arpa Piemonte la Sezione Regionale del Catasto Rifiuti, le cui attività vengono sviluppate in accordo con la Sezione Nazionale del Catasto e in collaborazione con i competenti uffici della Regione Piemonte.

La base informativa del Catasto dei Rifiuti è realizzata e aggiornata periodicamente attraverso l'informatizzazione di dati forniti annualmente dai produttori, gestori e trasportatori di rifiuti tramite la dichiarazione MUD (Modello Unico di Dichiarazione ambientale).

La Sezione Regionale del Catasto Rifiuti svolge anche compiti di supporto tecnico ai competenti uffici regionali nel settore della pianificazione e dello sviluppo di normativa tecnica di settore.

La Sezione Regionale del Catasto Rifiuti

Il Catasto Rifiuti viene istituito con la legge n. 475/88, allo scopo di favorire “la raccolta in un sistema unitario, articolato su scala regionale, di tutti i dati relativi ai soggetti produttori e smaltitori di rifiuti” ed è articolato in una sezione nazionale, presso Ispra e in sezioni regionali presso le corrispondenti Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente.

Il principale obiettivo della Sezione Regionale del Catasto Rifiuti riguarda la costituzione di una base conoscitiva informatizzata utile alle attività di monitoraggio, pianificazione e controllo ambientale nel settore dei rifiuti.

In particolare, le attività istituzionali consistono in:

- raccolta, organizzazione e gestione dei dati disponibili in materia di rifiuti;
- qualificazione dei dati raccolti;
- elaborazione di informazioni qualificate;
- trasmissione delle elaborazioni richieste dalla Sezione Nazionale;
- elaborazione di supporto agli enti locali e soggetti istituzionali interessati.

Nella pratica la Sezione Regionale del Catasto Rifiuti del Piemonte si occupa principalmente dei dati relativi ai rifiuti speciali, mentre quelli relativi ai rifiuti urbani sono raccolti dagli Osservatori provinciali ed elaborati dall'Osservatorio Rifiuti presso l'Assessorato Ambiente della Regione.

4 Lo studio dei flussi e del layout

Avendo analizzato le caratteristiche e la posizione strategica dell'impresa e valutato gli aspetti legislativi è possibile ora iniziare l'analisi che consenta la progettazione del layout.

Lo studio dei flussi parte da una raccolta dati necessari per poter impostare quello che sarà un possibile pre-studio dei flussi da proporre al cliente.

Si parla di pre-studio perché, prima di arrivare alla soluzione finale, bisogna modificare e armonizzare le esigenze economiche e commerciali con i vincoli legislativi e con le soluzioni tecniche che si possono sviluppare con filosofie diverse.

4.1 Parametri tecnici necessari

La stesura del layout è un'operazione molto di dettaglio per cui è necessario avere molti dati a disposizione. Nel case history in esame i dati principali sono: kW elettrici di assorbimento totale del sito e delle singole aree, frigoriferie necessarie e kW termici da smaltire, volumi espressi in metri quadri delle aree di stoccaggio suddivisi in materie prime, semilavorati e prodotto finito. Il tutto sempre inserendo le richieste derivate dagli aspetti legislativi quali a titolo di esempio i ricambi d'aria necessari, le protezioni da sovratensioni e dispersioni e così via.

Il carico d'incendio

Come già introdotto, il carico d'incendio è uno degli aspetti più vincolanti da valutare, per cui è una delle prime fasi che viene definita.

Prima di sottoporre la pratica ai VVF per chiedere l'approvazione del progetto, si devono raccogliere dati e documenti utili.

Per il caso in esame, si è proceduto con la raccolta dei dati relativi al calcolo dei materiali previsti nel nuovo sito facendo riferimento alle giacenze medie di:

1. Materie prime
2. Prodotti finiti
3. Semilavorati

4. Imballi KTP⁴⁶
5. Pedane di legno
6. Cartone
7. Olii
8. Altro materiale infiammabile

Queste poi sono state suddivise nei tre materiali previsti principalmente quali: Plastica, legno e cartone.

Inoltre, essendo il nuovo sito precedentemente occupato da un'altra azienda di produzione, è stato necessario recuperare:

- Il CPI in corso
- L'esame progetto presentato con le relative tavole e relazione tecnica, in cui sono presenti
 - sistemi di protezione e impianti: l'anello idranti, i sistemi di rilevazione, pulsanti di emergenza e così via.
 - tavole architettoniche presentate ai VVF: prospetti e sezioni.

L'impianto di raffreddamento

Come visto nei capitoli precedenti, stabilire un corretto tempo di raffreddamento è una delle caratteristiche determinanti per lo stampaggio ad iniezione. La maggior parte del tempo ciclo, infatti, è riservata alla fase di raffreddamento dello stampo, tempo di rilevante importanza per ottenere un prodotto finito privo di difetti o che potrebbe, addirittura, risultare un pezzo di scarto. Raggiungere un tempo di raffreddamento ottimale significa ridurre il tempo di ciclo, ridurre i costi di produzione e aumentare il profitto.

È necessario per cui dare la giusta importanza alla progettazione del layout ottimale per l'impianto di raffreddamento in modo da consentire la corretta refrigerazione delle macchine. Inoltre, la progettazione di detto impianto può portare significativi savings in termini di costo energetico.

⁴⁶ Gli imballi KTP sono dei contenitori in plastica di ultima generazione che, grazie all'intelligente sistema di piegatura "sandwich", previene la perdita di componenti.

Il tipo di fluido utilizzato per l'asportazione del calore può essere ad anello aperto o chiuso. In questo caso specifico si è andati per la seconda soluzione poiché, grazie ad altre esperienze di installazione di impianti simili, è quella che risulta più adeguata sia in termini di velocità sia di costo sia di minore impatto ambientale.

Il dimensionamento è strettamente legato al reperimento di dati relativi all'assorbimento di potenza delle macchine produttive, in questo caso le presse utilizzate per lo stampaggio, e quello relativo ai kW termici da dissipare richiesti dagli stampi. Solitamente, questo tipo di dati viene visualizzato all'interno delle schede tecniche invece, soprattutto per il raffreddamento stampi, avendo raramente una scheda tecnica specifica si usufruisce dell'esperienza del responsabile di stampaggio il quale, essendo quotidianamente "a contatto" con i macchinari, è in grado di indicare particolarità e criticità degli stessi che altrimenti non sarebbero evidenziati. Vengono riportate nell' Allegato B. delle tabelle relative ad alcuni materiali dove si può osservare, ad esempio, il calore specifico medio del polimero.

Il caso di studio presenta 27 presse prodotte dai principali competitors nello stampaggio termoplastico, nello specifico: DEMAG, Ferromatik, Arburg ed ENGEL.

Nella Tabella 4.1 è riportato un esempio di scheda tecnica in cui sono indicati i dati ricercati, gli stessi che sono stati usati nel progetto per l'analisi e il dimensionamento.

2.7.5 Consumo acqua per raffreddamento idraulico				
2.7.5.1 Consumo acqua (l/h) per macchine				
Tipo macchina	potenza pompa	temperatura acqua in ingresso		
		15 °C	20 °C	25 °C
Ergotech 125/475	22 kW	380 (35)	500 (35)	750 (35)
	30 kW	500 (36)	650 (36)	900 (36)
Ergotech 150/475	22 kW	380 (35)	500 (35)	750 (35)
	30 kW	500 (36)	650 (36)	900 (36)

Tabella 4.1: Scheda tecnica con dati sul raffreddamento

Come si può osservare dalla Tabella 4.1, il consumo d'acqua⁴⁷ in litri/ora della macchina dipende da più fattori:

- Il tonnellaggio della macchina, che nella tabella è indicato nel tipo macchina, in questo caso la prima riga fa riferimento ad una pressa da 125 tonnellate e la seconda ad una da 150
- La potenza della pompa installata
- La temperatura dell'acqua in ingresso.

A questi dati bisogna aggiungere il consumo d'acqua necessario per il raffreddamento degli stampi e, quindi, del polimero stesso.

Le caratteristiche del polimero utilizzato sono, inoltre, necessarie per calcolare il tempo di raffreddamento. Al contrario di quanto si possa pensare, non si ottiene una migliore asportazione del calore abbassando al massimo la temperatura del fluido refrigerante. Quest'ultima, infatti, si deve mantenere sempre al di sopra del punto di rugiada e il raffreddamento deve avvenire in modo uniforme, in caso contrario si potrebbero verificare fenomeni di condensa che allungherebbero il tempo ciclo creando possibilità di scarti di tipo estetico e danni all'attrezzatura nel medio periodo.

Quanto fin qui descritto lascia spazio per una prima considerazione che permette di impostare la filosofia progettuale, la Tabella 4.1 evidenzia come le presse hanno bisogno di grandi quantità d'acqua ma non di basse temperature; le tabelle nell'Allegato B. illustrano come invece i polimeri, soprattutto quelli amorfi, variano al variare della temperatura. Questa distinzione pone il progettista di fronte alla scelta di utilizzare un anello solo e, di conseguenza, una temperatura per tutti oppure un doppio anello con due temperature di processo.

Come si vedrà nel capitolo 5 si è scelto di dimensionare e realizzare due anelli di raffreddamento separati: questa scelta impiantistica è necessaria anticiparla in questa fase perché determinerà lo studio dei flussi e la costruzione del layout.

⁴⁷ Per consumo d'acqua, nel caso di anello aperto, si intende acqua prelevata per lo più da un bacino o pozzo e riservata in uno scarico di tipo industriale; nel caso di anello chiuso, il medesimo dato si riferisce ai litri/ora che devono transitare nello scambiatore nella macchina per poi ritornare a raffreddarsi ed essere rimessi in circolo.

L'impianto distribuzione materie prime

Le presse di stampaggio ad iniezione termoplastico vengono alimentate con grani di polimero, detto comunemente materia prima. Questa alimentazione può avvenire a bordo macchina oppure con un impianto di asservimento e distribuzione centralizzato.

Anche in questo caso, come per il raffreddamento, la scelta progettuale va anticipata nello studio dei flussi perché condiziona, più che per altri impianti, la realizzazione del layout.

Difatti:

- nel caso di asservimento a bordo macchina, il layout dovrà presentare distanze adeguate tra le presse per permettere l'inserimento di pedane per le materie prime
- nel caso di asservimento centralizzato si dovrà identificare un'area idonea per il flusso della materia prima e il trasporto del granulo in modo automatico alle presse stesse ma, come vantaggio, si ridurranno gli spazi tra le presse medesime.

L'azienda, in origine, non disponeva di un sistema di smistamento centralizzato, bensì ogni pressa possedeva una tramoggia di asservimento dedicata tramite cui il materiale termoplastico, in forma granulare, veniva inviato alla stessa per poi seguire l'iter già descritto nei capitoli precedenti.

Questo tipo di disposizione è stata adottata originariamente in quanto la crescita dell'azienda è stata progressiva e il tipo di sito industriale non presentava un'area ottimale per realizzare l'impianto di distribuzione centralizzata.

Tuttavia, con la diffusione delle nuove tecnologie e l'incremento della diversità di prodotti da realizzare, l'alimentazione sulle singole presse non risulta più adeguata né in termini di spazio né in termini di costi: ogni cambio stampo determina cambi di materiale molto più lunghi. Inoltre, il caricamento centralizzato permette una più alta qualità di deumidificazione nel trattamento della materia prima.

Per questi motivi, si è deciso di sfruttare l'occasione del trasferimento del reparto produttivo nel nuovo sito il quale, disponendo di aree libere e con altezze sfruttabili, ha consentito di optare per l'impianto di caricamento centralizzato.

Affinché il nuovo impianto possa essere realizzato, è necessario a questo punto raccogliere i dati tecnici e costruttivi relativi alle capacità produttive budgettate.

Di seguito, nella Tabella 4.1, viene riportato una parte dello schema che è stato utilizzato per la raccolta dei dati di progetto. Il file completo viene mostrato nell'Allegato C.

	Marca Modello	Matricola	Tonnellaggio	Anno Costruzione	Drive system	Special feature	Picker or robot system	Clamping Force (T)	Screw diameter (mm)	Injection volume (ccm)	Shot weight Max (g)	Distance between tie bars vertical (mm)	Distance between tie bars horizontal (mm)	Size of mould plates vertical (mm)	Size of mould plates horizontal (mm)	Opening stroke (mm)	Potenza assorbita (kW)
1	DEMAG	7846-1204	50	2006	Hydraulic	no	no	50 T	25 mm	61.3	54 g	355 mm	355 mm	480 mm	480 mm	610-SS	16,8
2	DEMAG	7846-1185	50	2005	Hydraulic	no	picker	50 T	30 mm	106 ccm	94 g	355 mm	355 mm	480 mm	480 mm	610-SS	19,3
3	Ferromatik	E7501CAO10022	75	2014	Electric	no	picker	75 T	18 mm	23 ccm	20 g	380 mm	405 mm	570 mm	570 mm	320 mm	14,0
4	DEMAG	7151-0276	80	1995	Hydraulic	no	robot	80 T	35 mm	168.3 ccm	149 g	400 mm	400 mm	580 mm	590 mm	700-SS	27,3
5	Arburg	186454	80	2001	Hydraulic	Verticale con tavola rotante	no	80T	40 mm	255 ccm	230 g	NO	NO	1.200 mm	1.200 mm	550-SS	30,0

Tabella 4.2: Schema dati presse

Si può osservare come ogni macchina possieda una propria nomenclatura e abbia delle caratteristiche specifiche.

Vengono riportati, in particolare, oltre i dati relativi all'identificazione:

- Il sistema di azionamento: il quale può essere Idraulico o Elettrico, come si spiegherà meglio in seguito.
- Eventuali particolarità: le presse non dispongono di caratteristiche particolari ad eccezione di una, la Arburg 80, che è una pressa verticale con tavola rotante.
- Sistema picker o con robot: si tratta dei sistemi di prelevamento, posizionamento e gestione dei pezzi. All'aumentare della complessità dell'operazione che si deve eseguire si distinguono i picker, robot lineari e robot a più assi. I primi consentono il prelievo automatizzato della materozza in tempi efficacemente brevi; i secondi permettono il prelievo sul lato operatore o il collegamento in serie di più presse; i terzi si contraddistinguono per l'elevata flessibilità che consente di realizzare operazioni di manipolazione anche molto complesse come la rifinitura dei profili di pezzi stampati.
- Forza di bloccaggio (o di serraggio): la pressa viene identificata tramite il suo tonnellaggio, espresso in kN, che si riferisce alla forza necessaria per mantenere lo stampo chiuso durante la fase di iniezione del ciclo di stampaggio e per prevenire

flash⁴⁸. Questo tipo di forze devono essere significative poiché devono contrastare l'intera pressione di iniezione. Le macchine, infatti, vengono classificate in base alla loro taglia⁴⁹ in *presse piccole*, che rientrano tra 50-100 tonnellate, *presse medie*, con forza di chiusura tra le 100-600 tonnellate e *presse grandi*, con taglie tra 1500-10000 tonnellate.

- Diametro vite e volume di iniezione: come già visto, la vite di plastificazione è il cuore della pressa ed anche il componente chiave. Le sue dimensioni, in base alle taglie delle presse, sono di circa 25 mm con un volume di iniezione da 30 a 100 cm³ per presse piccole e tra 35-100 mm con volumi tra 200-2000 cm³ per presse medie. Nelle presse grandi si possono avere dimensioni della vite superiori a 100 mm che permettono volumi di iniezioni fino a 200000 cm³ ma non è il caso dell'oggetto di studio, la cui taglia massima si raggiunge con la DEMAG 650 che presenta una vite di 95 mm.
- Peso massimo dello stampo: il massimo grado di tolleranza, relativo alla massa dello stampo, che è in grado di sopportare la pressa. In questo caso si passa da 35 g fino ad arrivare a stampi da 2410 gr.
- Distanza tra le colonne: la distanza tra le colonne è definita come lo spazio tra le colonne orizzontali sulla macchina. Fondamentalmente, questa misura, insieme alla distanza massima delle piastre dello stampo, determina la dimensione massima degli stampi che possono essere posizionati nella formatrice. Una caratteristica particolare della ENGEL, che la rende particolarmente appetibile per alcuni tipi di stampaggio, è quella di essere senza colonne.
- Dimensioni delle piastre dello stampo: lunghezza e larghezza della piastra dello stampo
- Corsa di apertura: la distanza massima tra i due semi-stampi aperti.
- Potenza assorbita: il consumo in termini di kW della pressa, necessari per il successivo dimensionamento elettrico e termico.

⁴⁸ Nome alternativo di bava: "materiale in eccesso in uno strato sottile che supera la geometria della parte" definizione di 3D Systems: nozioni di base di progettazione stampaggio ad iniezione.

⁴⁹ tonnellaggio o forza di chiusura

Sulla base di queste indicazioni è possibile dimensionare l'impianto di caricamento delle materie prime e di conseguenza collocare uno spazio adeguato sia per l'impianto che per il rifornimento delle materie prime sotto il medesimo.

Ottenuti i dati tecnici, è necessario anche un *rilievo delle misure*, per cui si procede con un sopralluogo presso il capannone attuale che ha l'obiettivo di raccogliere le dimensioni delle presse e delle tramogge dedicate che verranno trasferite. Questo passaggio permette di capire come disporre nel nuovo layout le varie apparecchiature e quali sono gli spazi necessari per permettere agli operatori di lavorare attorno alle macchine senza intralci o ingombri dovuti ad una non ottimale disposizione.

Il carroponete⁵⁰

I dati soprariportati sono, in parte, anche utili per il dimensionamento del carroponete. Questo è lo strumento destinato al sollevamento ed allo spostamento di materiali, con movimenti ristretti e confinati.

Viene tipicamente impiegato all'interno del sito produttivo per lo spostamento di semilavorati, prodotti finiti o, nel caso dell'azienda in questione, per la movimentazione degli stampi.

La foto mostrata in Figura 4.1 è stata scattata all'interno dello stabilimento durante il montaggio del soppalco adibito all'impianto di caricamento centralizzato, dove successivamente verranno posizionate le tramogge di trattamento della materia prima.

⁵⁰ Integrazioni ottenute grazie all'articolo "Cos'è un carroponete e come si usa" di Francesco Di Maso pubblicato il 31 gennaio 2020 su "logicbid"

Si può osservare la struttura formata da un paranco (dispositivo di sollevamento) al quale sono applicate una o più funi le quali, con un sistema di carrucole, rinvii e ganci, consentono il sollevamento dei pesi. Il paranco è collegato ad una trave (ponte) che scorre lungo una coppia di binari orizzontali (vie di corsa), disposti in parallelo lungo le pareti in cui è allestito il carroponete.



Figura 4.1: Carroponete impiegato per il sollevamento di carpenteria metallica

In realtà, per il dimensionamento dello stesso, poiché all'interno del nuovo sito era già presente, si è proceduto con una verifica di accertamento per valutare che consentisse il sollevamento di tutti i materiali necessari allo svolgimento dell'attività produttiva.

Il vantaggio di beneficiare del carroponete già predisposto si è, tuttavia, trasformato in un vincolo di progettazione, in quanto ha limitato l'utilizzo della altezza totale della struttura, limiti che hanno condizionato tutti gli asservimenti:

- Distribuzione materia prima
- Blindosbarra per l'energia elettrica
- Tubazione per impianti di raffreddamento
- Tubazione aria compressa
- Canale aspirazione fumi

La distribuzione dell'energia elettrica

L'ultimo step di questa fase riguarda la distribuzione dell'energia elettrica.

Anche in questo caso si è proceduto con la raccolta di informazioni specifiche delle macchine in quanto per alimentarle bisogna valutare per ognuna:

- Potenza assorbita: come già descritta nella tabella precedente.
- Corrente assorbita: esprime la corrente assorbita dalla pressa durante il normale funzionamento.

- Corrente nominale della derivazione, tipo di derivazione e derivazione esistente: sono i dati necessari per il dimensionamento delle derivazioni da blindo per alimentare le macchine.

A titolo esemplificativo nella Tabella 4.3 si riportano alcuni dati raccolti, facendo riferimento alle presse mostrate precedentemente.

N.	Marca/Modello	Matricola	Tonnellaggio	Anno Costruzione	Drive System	Potenza Assorbita (kW)	Corrente Assorbita [A]	Corrente Nominale Della Derivazione	Tipo Derivazione	Derivazione Esistente
1	DEMAG	7846-1204	50	2006	Hydraulic	16,8	30,31	32 A	3F+N+Pe	D1.2 – 60 A
2	DEMAG	7846-1185	50	2005	Hydraulic	19,3	34,82	40 A	3F+N+Pe	D1.3 – 60 A
3	Ferromatik	E7501CAO10022	75	2014	Electric	14,0	25,26	30 A	3F+N+Pe	D1.4 – 30 A
4	DEMAG	7151-0276	80	1995	Hydraulic	27,3	49,26	60 A	3F+N+Pe	D1.6 – 60 A
5	Arburg	186454	80	2001	Hydraulic	30,0	54,13	60 A	3F+N+Pe	D2.8 – 60 A

Tabella 4.3: Dati presse per dimensionamento elettrico

Oltre a questi dati, sono significativi gli assorbimenti degli impianti generali, nello specifico: compressori, deumidificatori, refrigeratori, free cooler, impianto di illuminazione, granulatori, centraline e camere calde per asservimento stampi.

Dai progetti elettrici reperiti dal nuovo sito⁵¹ si è riscontrato che una parte degli elementi presenti era compatibile con la nuova installazione.

Il vecchio impianto, infatti, disponeva già delle cabine di trasformazione di media tensione e la sua relativa distribuzione, sfruttabile anche per lo stampaggio. Quindi, le cabine di trasformazione MT/BT sono state riutilizzate ma aggiornate così come le blindo e i trasformatori presenti.

Questi dati sono stati trasferiti al progettista elettrico con il quale si è instaurato un continuo scambio di informazioni.

⁵¹ Si ricorda che il nuovo sito era precedentemente adibito a delle attività di fonderia.

4.2 Flussi dei materiali e logistica di impianto

Ottenuti i dati preliminari, ascoltate e recepite le richieste specifiche del cliente si comincia a delineare il flusso dei materiali che includa tutte le fasi di produzione e tenga conto della presenza degli impianti specifici.

Per avere un quadro più completo e reale della trattazione viene riportato nella Figura 4.2 lo studio dei flussi effettuato dalla Global.com⁵² per il cliente. (Allegato D.)

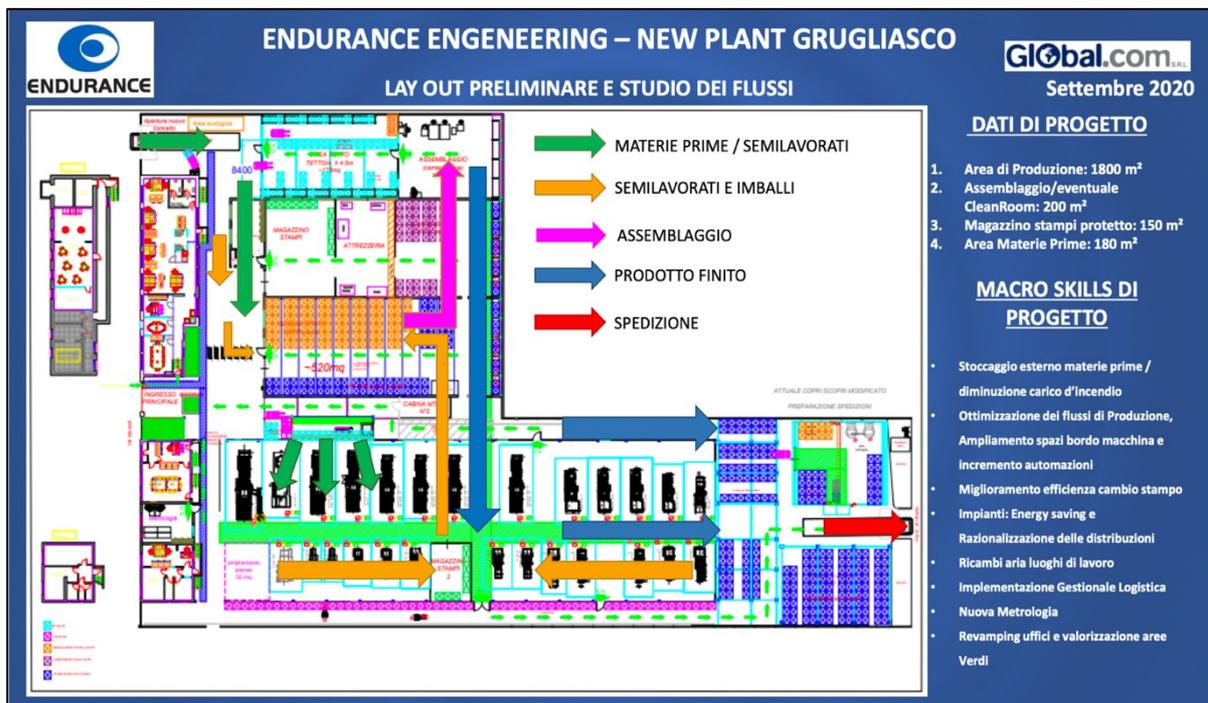


Figura 4.2: Studio dei flussi e layout

L'attività di produzione di stampaggio di materie plastiche è caratterizzata da un flusso di materiali lineare e un lay-out produttivo piuttosto semplice.

1. La materia prima, in forma granulare, viene consegnata dal fornitore in sacchi imballati e poggiati su pallets oppure in delle big bags. Mediante l'utilizzo di carrelli elevatori o transplattes viene depositata nel "magazzino materie prime".

⁵² Lo studio di ingegneria, oltre ad avere competenze per il dimensionamento elettrico, termico, aerulico, ha un settore con competenze nello studio dei flussi e della logistica.

2. Dal magazzino la materia prima, sempre tramite transpallettes e/o carrelli viene trasferita nella zona dedicata all'impianto di caricamento centralizzato dove viene depositata se all'interno di octabins o big bags direttamente nei punti di prelievo se invece confezionata su sacchi viene riversata all'interno di carrelli in acciaio, così che le tramogge possano pescare il materiale plastico da deumidificare, preriscaldare e successivamente distribuire alle presse.
3. La materia prima arriva alle macchine, dove viene avviene il processo di stampaggio.
4. Il pezzo stampato può essere un semilavorato (vedi a) o un prodotto finito (vedi b)
 - a. Il semilavorato può:
 - i. Essere trasferito in delle isole dove continua il ciclo di lavorazione su altri macchinari
 - ii. Raccolto già bordo macchina in scatole o sacchi ed inviato al "magazzino semilavorati" in attesa dell'assemblaggio
 - b. Il prodotto finito viene depositato nel magazzino dedicato (blu)
5.
 - a. Il prodotto assemblato diventa prodotto finito e segue l'iter del punto 4.b
 - b. Dal magazzino prodotti finiti partono le spedizioni.

4.3 Analisi tecnica con i tecnologi di stampaggio per la definizione pre-ciclica del know-how dell'azienda

Oltre ai componenti principali per realizzare i manufatti, ovvero le presse, nel sito produttivo devono trovare posto ed essere allocati i mulini per la macinazione della materozza, le centraline di regolazione stampi, i nastri per la raccolta del semilavorato stampato e le aree per la pallettizzazione del medesimo.

A bordo macchina vengono effettuate operazioni di controllo visivo e sbavatura e la rimozione delle materozze. Il sistema di autocontrollo che prevede a bordo macchina una serie di piccole attrezzature deve attenersi a standard ben precisi, in modo tale da facilitare una produzione ottimale e senza scarti.

A completamento del ciclo produttivo, un controllo più accurato dei pezzi avviene all'interno della metrologia dove si assicura la qualità degli stessi e del processo produttivo nel suo complesso con misurazioni a campione.

Un'altra zona molto importante per la stesura del layout è quella dedicata alla manutenzione degli stampi e delle teste di iniezione. Nella riduzione del tempo di set-up e per l'ottimizzazione del flusso, è importante che gli stampi stiano al di sotto dell'area servita dal carroponte così che la movimentazione degli stessi sia più rapida.

I tecnologi di stampaggio necessitano di un locale insonorizzato e compartimentato per alloggiare il mulino di macinazione degli scarti e degli avviamenti pressa. La scelta deriva dal fatto che, come anche prevedono le norme in termini di rumore esposte al capitolo 3, deve trovarsi ad una certa distanza dagli operatori per evitare che l'eccessivo rumore possa provocare loro danni fisici, ma anche dalla necessità di utilizzare il macinato per preparare nuove miscele di materia prima.

L'impianto di raffreddamento, per sua natura, è stato collocato all'esterno del fabbricato in un corridoio che disponeva dello spazio necessario ad alloggiare tutte le apparecchiature.

L'impianto di caricamento centralizzato ha reso necessario l'inserimento di pompe del vuoto necessarie al caricamento dell'impianto medesimo e al lancio delle materie prime verso le presse, inoltre, di una centralina di smistamento chiamata Dolphin per permettere ad ogni codice di materia prima di asservire una qualsiasi delle presse presenti in reparto.



Figura 4.3: centralina Dolphin 36

La tecnologia di stampaggio è un'attività complessa e, per sua natura, influenzabile dagli elementi esterni quali temperatura, esposizioni, obsolescenze degli impianti: l'analisi tecnica del progetto che è stato realizzato per la Endurance Engineering ha tenuto conto di queste esigenze e ha avuto come principale obiettivo il miglioramento dei flussi, un miglior asservimento del processo in un'ottica di energy saving in costante dialogo con i tecnologi e con il know-how aziendale.

4.4 Schema di flusso finale

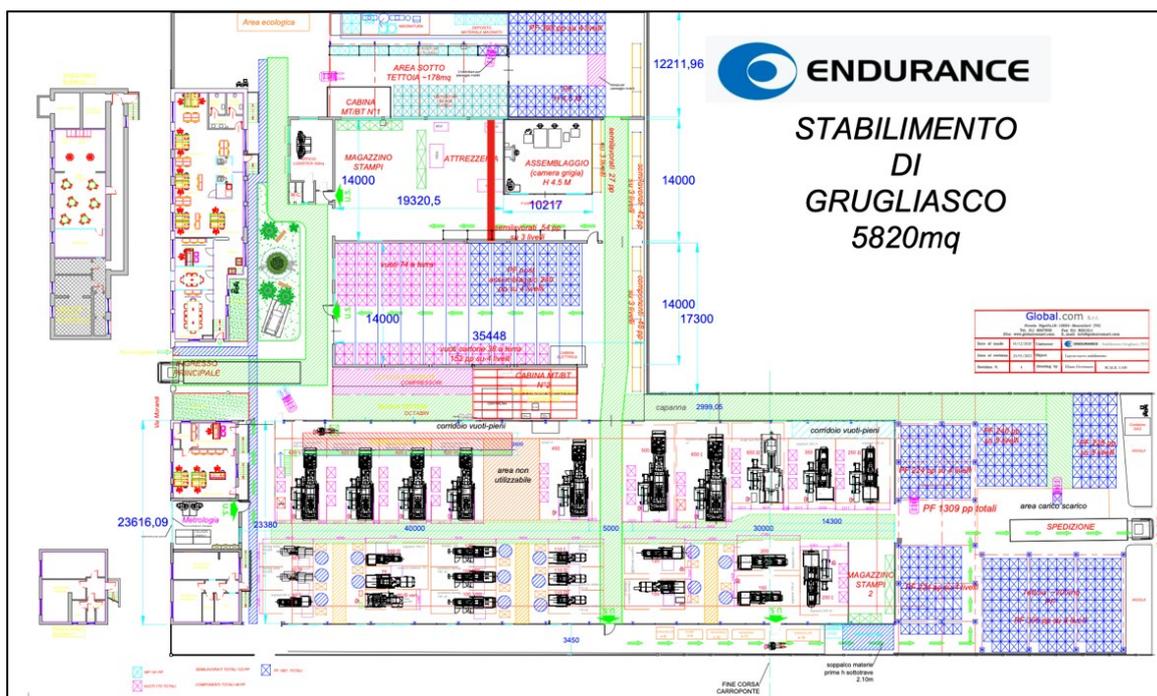


Figura 4.4: Layout congelato

Facendo seguito alle richieste del cliente e dei suoi tecnologi, rispetto alla presentazione iniziale del layout è stato necessario apportare delle modifiche, anche se non di particolare rilevanza.

Nella Figura 4.4 è mostrato il layout finale. (Allegato E.)

Di seguito vengono riportati i cambiamenti che sono stati effettuati, argomentati dai pro e contro che hanno portato alle medesime scelte.

- Modifica dell'ingresso principale.

- PRO: viene sfruttato un cancello già esistente nella struttura, evitando costi per la nuova apertura quali: opere edili per l'adeguamento, automazioni, protezioni e la struttura in ferro;
- PRO: si evita un allungamento dei tempi complessivi dovuti a richieste comunali, scia e coordinamento delle opere pubbliche;
- CONTRO: il flusso viene modificato con un leggero peggioramento perché le materie prime non entrano più direttamente al livello del magazzino di deposito;

- Spostamento area assemblaggio:
 - PRO: si riduce la percorrenza tra l'area di stampaggio e il successivo assemblaggio;
 - PRO: quell'area dello stabilimento si presentava più pulita e più facilmente trasformabile e già riscaldata
 - CONTRO: si riduce lo spazio a disposizione dell'area assemblaggio

- Cambio posizione caricamento materie prime:
 - PRO: viene spostato il carico d'incendio in un'area a basso rischio
 - CONTRO: aumenta il budget in quanto più difficile rendere idonea l'area esterna allo stoccaggio delle materie prime.

- Riposizionamento delle presse piccole a isola anziché a schiera:
 - PRO: riduzione di costi del personale diretto in quanto una persona sola può controllare sei presse automatiche
 - CONTRO: aumento del budget per la realizzazione degli asservimenti
 - CONTRO: difficoltà progettuali e impiantistiche nel portare gli asservimenti nell'area di lavoro del carroponte.

Viene comunque mantenuta la filosofia principale di flusso come da schema in Figura 4.5:

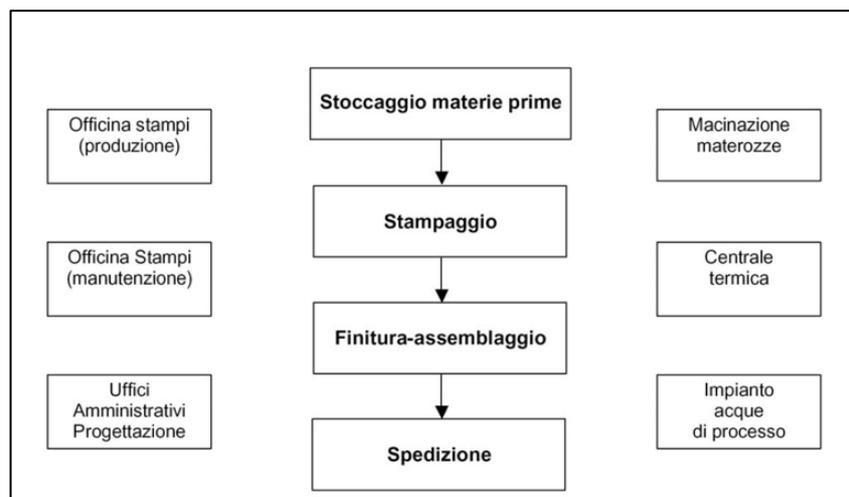


Figura 4.5: Flusso di un'azienda di stampaggio ad iniezione

4.5 Budget di riferimento

Lo studio dei flussi e la successiva realizzazione del layout sono stati severamente condizionati dal budget di progetto imposto. L'investimento approvato deve essere tassativamente rispettato, quindi la progettazione ha incorporato il vincolo e sono state date delle priorità a determinati interventi piuttosto che altri.

Le voci che hanno pesantemente impattato sul budget sono quelle relative a:

- Impianto elettrico: nonostante il sito fosse operativo, sono stati necessari degli interventi di adeguamento dell'impianto elettrico. In particolare, sono stati effettuate integrazioni e/o sostituzioni sulle cabine di media e bassa tensione: una cabina (cabina MT/BT n°1) è stata smantellata mentre nella cabina n° 2 è stato effettuato un intervento di adeguamento della potenza. Sono state effettuate integrazioni e/o modifiche sull'illuminazione ordinaria, di emergenza e di segnalazione delle vie di fuga.

Nel budget dell'impianto elettrico sono stati previsti, inoltre, tutti gli allacciamenti degli impianti ausiliari: caricamento delle materie prime, chillers, free-cooler, impianto aspirazione, compressori e impianti IT.

Infine, sono state effettuate integrazioni delle linee potenza, sostituzioni di interruttori, derivazioni da blindo per alimentare le macchine, canaline.

- Impianto di caricamento materie prime: rappresenta una quota importante sul totale dell'investimento approvato in quanto si tratta di un impianto nuovo, non presente nella configurazione del vecchio layout.

È stato necessario costruire un soppalco nuovo, inserire una centralina di smistamento automatica, un filtro ciclone e due unità aspiranti e tutto il software e l'hardware per la gestione dell'impianto; l'importo comprende anche il materiale e la posa delle tubazioni di distribuzione della materia prima dalla centralina alle tramogge e presse.

- Impianto di raffreddamento: anche questo impianto necessitava di sostanziale cambiamento per ottenere il saving energetico nell'attività di reengineering. Come verrà descritto nelle specifiche di progetto il costo del materiale per trasportare i

fluidi a bordo pressa e le apparecchiature di regolazione incidevano in modo significativo sul budget.

- Pavimentazione: il riadattamento del pavimento è stata una delle operazioni più complicate e onerose. Esso, infatti, si presentava in delle condizioni inadatte alla produzione di pezzi in plastica. Il capannone, essendo stato utilizzato come fonderia, presentava delle grosse macchie d'olio che avevano provocato delle infiltrazioni in profondità difficilmente eliminabili con semplice una pulizia di superficie. Inoltre, sotto alcuni macchinari vi erano i basamenti e le vasche tecniche per i forni di fusione. Si è pertanto deciso, sacrificando altre attività per non sfiorare dall'investimento totale, di rifare completamente il pavimento con una tecnica chiamata "Laser screed".

Il vincolo del budget ha determinato la rinuncia ad altri tipi di progettazione che avrebbero potuto portare ad ulteriori miglioramenti per far fronte alle esigenze primarie.

5 Progettazione

Congelato il layout, definito il flusso e ottenuta l'approvazione del cliente, si procede con la progettazione degli impianti specifici avendo come obiettivo, insieme alla soluzione tecnica, il rispetto dei tempi e dei costi concordati nelle fasi precedenti.

5.1 Stesura Gantt

Per quanto riguarda il rispetto delle tempistiche viene stilato un diagramma di Gantt, utilizzando il programma Microsoft Project, in cui vengono schedulate tutte le attività dall'inizio alla fine del progetto.

Il Gantt è uno strumento molto utile poiché aiuta il project manager a tenere sotto controllo le varie fasi del progetto attraverso una visione generale delle stesse. All'interno della schedulazione, infatti, si può capire quale attività possono essere svolte in parallelo applicando le tecniche di "Simultaneus Engineering" e quali, invece, presentano dei predecessori e non possono quindi essere iniziate prima della fine degli stessi.

Ogni attività, come si vede nello schema riportato in Figura 5.1, presenta una sotto-attività per la quale si fa una previsione della durata. (Allegato F.)

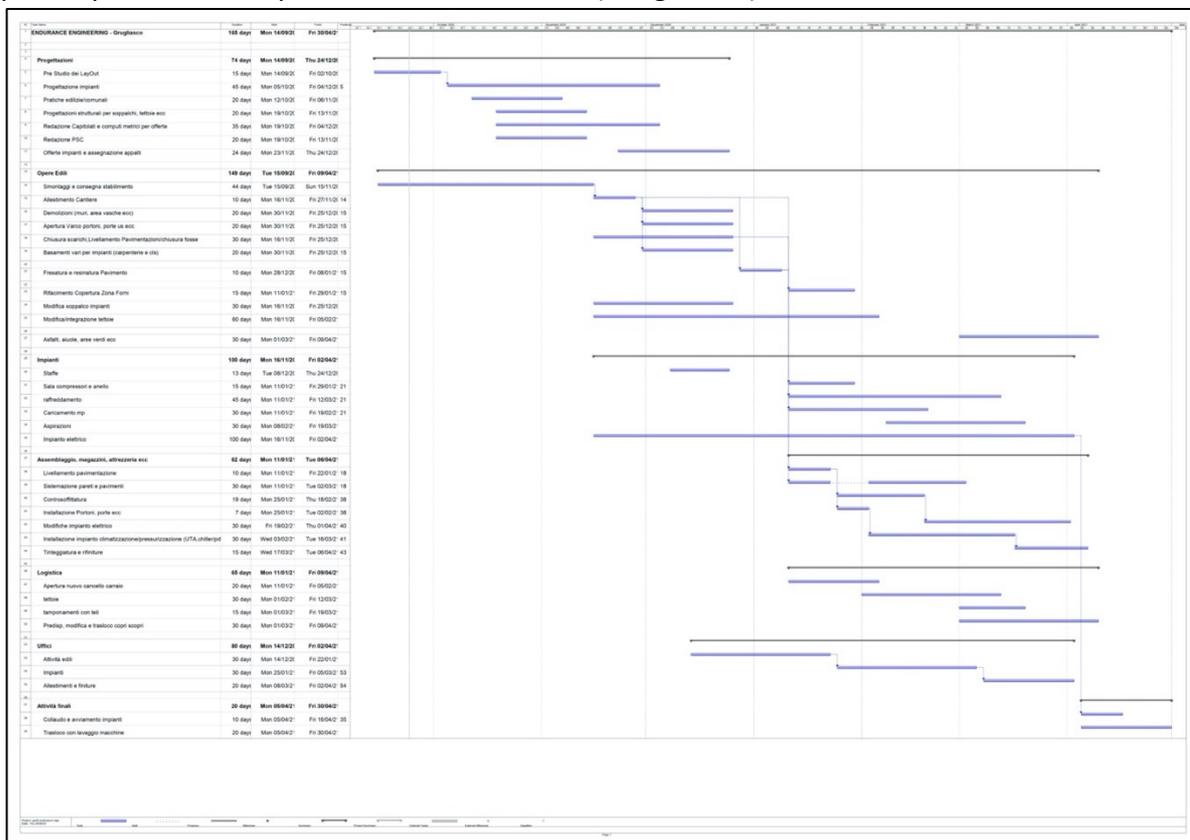


Figura 5.1: Gantt progetto Endurance Engineering

L'utilità dello schema sta, inoltre, nell'evidenziare eventuali *attività critiche*, ovvero delle attività che non possono essere ritardate senza compromettere l'intera durata del progetto. Tra queste si evidenzia, ad esempio, lo smantellamento del cantiere dalle apparecchiature e dagli impianti esistenti. Questa, effettivamente, è risultata un'attività che ha subito un ritardo rimandando le attività successive e influenzando la data di consegna della commessa.

Questo esempio ad evidenza che, quando si sviluppa un progetto, si assumono dei rischi legati ad eventi incerti e/o di natura esterna che possono essere legati a ritardi/mancate consegne di fornitori, eventi di tipo naturale, burocrazia, misunderstanding tra professionista e cliente/fornitore, modifiche del progetto e molti altri fattori.

Un modo per ridurre l'impatto negativo sul progetto è quello di tenere in continuo aggiornamento le attività ed indire periodicamente delle riunioni di SAL⁵³ in cui si verifica lo stato di avanzamento del progetto rispetto agli obiettivi prefissati.

⁵³ Stato Avanzamento Lavori

5.2 I progetti specifici

Effettuata la stesura del Gantt si procede ad elaborare e sviluppare i progetti specifici inseriti sulla schedulazione rispettandone le scadenze.

La progettazione prevede l'identificazione dei progettisti specifici e/o strutturisti. Il project team, al fine di supportare e collaborare gli stessi, procura dati e informazioni utili, disegna tavole di progetto con l'ausilio del programma Autocad e pianifica sopralluoghi.

Di seguito vengono riportati i principali progetti specifici con particolare attenzione a quelli relativi all'impianto di raffreddamento e alla distribuzione delle materie in quanto caratterizzanti, più degli altri, nel miglioramento e nel saving atteso dall' Endurance Engineering.

Il progetto elettrico

L'impianto elettrico, come accennato nel capitolo precedente, ha richiesto principalmente un riadeguamento dello stato di fatto del nuovo capannone.

Il progettista elettrico ha redatto un documento che indicasse ed organizzasse le opere di adattamento dell'impianto per fa sì che, all'interno dello stabilimento, le quantità di kW e di potenza richiesti dagli impianti potessero essere presenti nei sottoquadri delle aree esposte sul layout.

In particolare, descrive la riorganizzazione, l'integrazione e l'adeguamento normativo sia dell'impianto di trasformazione, che interessa quindi la media tensione, che dell'impianto di distribuzione in bassa tensione ai sottoquadri presenti nello stabilimento.

L'impianto elettrico progettato è di tipo ordinario, di seguito si elencano gli elementi e le caratteristiche principali.

L'impianto si compone di interruttori differenziali e magnetotermici e sezionatori.

Gli interruttori sono dispositivi elettrici di comando che servono a stabilire o interrompere la continuità elettrica e metallica nel circuito elettrico. In particolare, si distinguono:

- *interruttori differenziali*, comunemente chiamati salvavita, sono dei dispositivi di sicurezza in grado di rilevare eventuali dispersioni elettriche che possono verificarsi a causa di un cedimento dell'isolamento delle parti attive che, entrando a contatto con le parti metalliche degli utilizzatori, scaricano parte della corrente direttamente

a terra attraverso l'impianto di messa a terra di protezione o percorrendo il corpo dell'utilizzatore che accidentalmente sia venuto a contatto con la parte attiva o la carcassa metallica del componente elettrico guasto. Agiscono quindi interrompendo il flusso di corrente per impedire scosse elettriche o folgorazioni.

- *Interruttori magnetotermici*, costituito da due componenti sensibili accoppiati che, al verificarsi di una condizione anomala, come sovracorrenti, causano l'apertura dell'interruttore in modo automatico, senza quindi l'intervento dell'operatore.

L'intervento del dispositivo termico dell'interruttore si ha a seguito del surriscaldamento di un componente interno a causa del passaggio di una corrente superiore a quella convenzionale a cui è tarato l'interruttore (sovraccarico) e il tempo di apertura del circuito è proporzionale all'intensità del sovraccarico di corrente elettrica. L'intervento che determina l'apertura a cura del dispositivo magnetico è, invece, causato da un innalzamento particolarmente elevato della corrente, che si manifesta a causa di un cortocircuito, in questo caso l'apertura è estremamente più rapida.

- *Sezionatori*, hanno le stesse funzioni di un interruttore, ma in scala più ampia. Sono, infatti, responsabile di chiudere il flusso di energia alle centrali di distribuzione elettrica. Ciò assicura al personale che interviene per manutenzione di operare in sicurezza.

Il sezionatore può essere installato in diversi punti dell'impianto, così da interrompere un singolo circuito o più circuiti contemporaneamente. In genere i dispositivi di sezionamento sono utilizzati per l'apertura dei circuiti per opere di manutenzione, verifica o riparazione, ed in alcune occasioni potrebbe essere necessario dotare il dispositivo di blocchi con chiave, per evitare che il circuito possa essere rimesso in tensione per errore.

La differenza principale con gli interruttori è che i sezionatori non sono chiusi in apposite scatole ma sono visibili all'esterno. Inoltre, il sezionatore non chiude del tutto il circuito come l'interruttore ma isola solo la corrente in caso di cortocircuito e il relativo dispositivo associato.

Definiti gli elementi principali, si progettano i vari componenti dell'impianto.

Tutte le utenze dell'impianto per cui sono stati previsti nuovi cavi, dovranno essere servite da cavi che rispettino le indicazioni CPR⁵⁴ che dovranno essere posati a seconda della sezione in tubi o su canaline metalliche perforate.

Le condutture così definite dovranno rispettare le indicazioni delle norme secondo le quali i cavi che vengono posati in canaline metalliche non possono occupare una superficie superiore al 50% della superficie totale della canalina.

Le derivazioni devono essere eseguite in cassette di opportune dimensioni.

Gli interruttori di comando possono essere unipolari ma devono essere inseriti sul circuito di fase. Gli interruttori di comando, i deviatori ed i pulsanti per i punti luce devono essere da 10 A, mentre quelli per le prese comandate devono avere la stessa corrente nominale della presa.

Le prese dovranno essere dei seguenti tipi:

- a poli allineati con alveoli schermati 2 P+T 16 A;
- a poli allineati con alveoli schermati 2 P+T 10/16 A (bipasso);
- con terra laterale e centrale ed alveoli schermati 2 P+T 10/16 A (P40);
- CEE interbloccate con e senza fusibili coordinati con la corrente nominale della presa e con 3, 4 o 5 poli a seconda del servizio che devono fornire.

I tubi protettivi installati a parete devono avere percorso verticale, orizzontale o parallelo allo spigolo della parete, mentre nel pavimento e nel soffitto il percorso può essere qualsiasi.

Il raggio di curvatura dei tubi deve essere tale da non danneggiare i cavi (si considera adeguato un raggio pari a circa tre volte il diametro esterno del tubo).

Infine, il criterio d'illuminamento delle aree di lavorazione è stato ricavato dalla norma UNI-EN 12464. La norma che per l'industria della chimica, della plastica e della gomma prevede che i luoghi in cui ci sono gli impianti di processo con presenza continua di personale abbiano un illuminamento medio sul piano di lavoro pari a 300 lux.

In Figura 5.2 la planimetria con lo schema relativo all'illuminazione normale e d'emergenza.

⁵⁴ Regolamento Prodotti di Costruzione

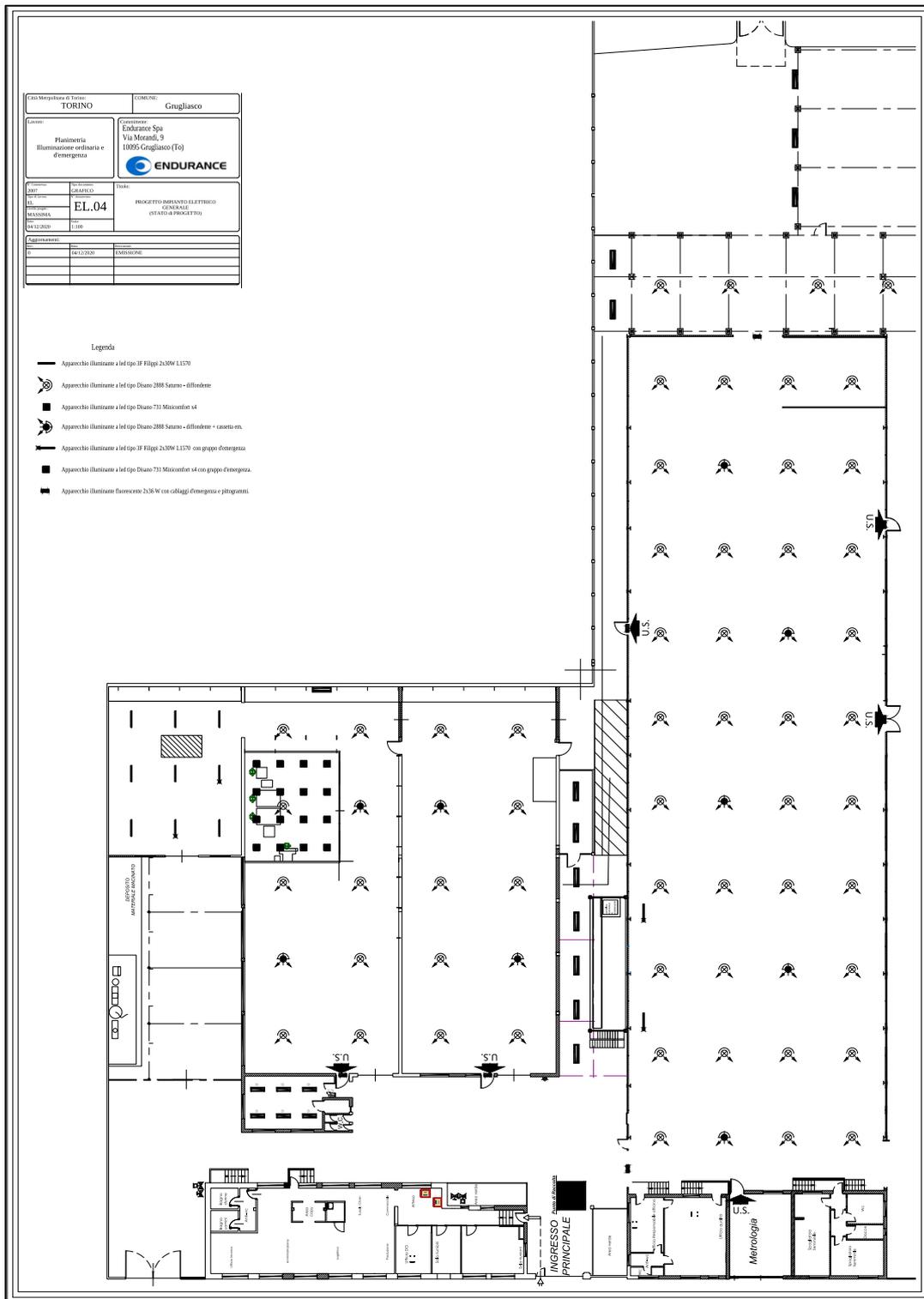


Figura 5.2: Progetto impianto elettrico - illuminazione normale e d'emergenza

Il progetto dell'impianto di raffreddamento

Il progetto relativo all'impianto di raffreddamento, elemento qualificativo importante per l'utilizzo della tecnologia aziendale, ha richiesto per la sua esecuzione il coinvolgimento dei termotecnici, dei tecnici delle aziende produttrici di sistemi di raffreddamento e di un termoidraulico specializzato nell'installazione di impianti tecnici industriali.

Come anticipato nel capitolo 4, la refrigerazione delle macchine e degli stampi e dei manufatti sarà fornita attraverso due circuiti ad anello veicolanti acqua pretrattata a temperature controllate. Saranno denominati per brevità: circuito Stampi e circuito Olio.

La filosofia progettuale si è basata su due criteri il primo la scelta in cascata dei sistemi di raffreddamento, il secondo sulla tipologia di distribuzione.

Generatore di raffreddamento

Nell'ottica dell'energy saving è stato adottato un sistema innovativo di dry cooler con, in cascata, un sistema adiabatico e in cascata successiva lo spray sulle batterie lavorative.

Come secondo sistema, quando il primo non riesce a soddisfare il fabbisogno frigorifero dell'impianto, intervengono le macchine frigorifere per liquidi dette Chiller.

Il potenziamento adiabatico di un sistema di free cooling unisce due ottimizzazioni, le prestazioni di un sistema di free cooling che sono strettamente legate alle condizioni termiche dell'aria d'ambiente esterna, a fattori climatici e geografici, variando nelle prestazioni con l'alternarsi delle stagioni, e il potenziamento del sistema tramite un semplice booster termico, consistente in un sistema adiabatico per l'abbattimento della temperatura dell'aria in entrata, possibile anche in retrofit su un impianto già esistente.

A tale espediente è possibile ricorrere per prolungare l'uso del raffreddamento in regime di free cooling anche in mesi in cui l'aumento della temperatura ambiente ne comprometterebbe altrimenti la resa. Si tratta semplicemente di installare dei moduli che vaporizzano acqua sull'aria ambiente in entrata per abbatterne artificialmente la temperatura. In pratica, l'aria viene umidificata con un sistema spray di particelle d'acqua, la cui evaporazione sottrae calore dall'aria abbassandone la temperatura in ingresso di circa 5/7° C, lavorando sul calore latente di evaporazione secondo lo stesso principio di

funzionamento delle torri evaporative. Questo semplice sistema di potenziamento termico può essere poi escluso al termine della stagione calda.⁵⁵

Unitamente al sistema adiabatico si può ulteriormente aggiungere l'alimentazione di un sistema di spray. L'acqua per l'alimentazione deve essere adeguatamente trattata per non danneggiare né incrostare il pacco di scambio del radiatore/dissipatore. Sarà ad ogni modo opportuno prendere l'accorgimento di spruzzare acqua solo sulla sezione d'ingresso, evitando di spruzzarla sul pacco di scambio onde evitare possibili intasamenti e fenomeni di clogging.

La scelta di un simile piccolo accorgimento unisce i vantaggi offerti dai dissipatori a quelli delle torri evaporative.

Definita la scelta dei sistemi di raffreddamento si può sviluppare il progetto relativo al controllo delle temperature e alla distribuzione.

⁵⁵ Fonte: "Energia termica e processi industriali", Potenziamento adiabatico di un sistema di free cooling, Valter Biolchi. TEMPCO solid temperature.

Ogni anello è costituito, come mostra la Figura 5.3, da un tubo di mandata dalla stazione di pompaggio verso le presse e verso gli stampi e un tubo di ritorno dai medesimi verso la stazione di pompaggio.



Figura 5.3: Anelli di raffreddamento

Il sistema di raffreddamento principale è, quindi, costituito dal free cooler adiabatico. Quando, per qualsiasi motivo il Free Cooler non può soddisfare le richieste di energia dell'impianto, è previsto l'intervento integrativo dei Chiller.

In particolare, la sorgente energetica integrativa è costituita da cinque Chiller (due Nova Frigo, un Climat e due Eurochiller).

Il free cooler e i refrigeratori sono collegati, tramite tubazioni in PVC le cui caratteristiche verranno elencate in seguito, a due collettori di miscelazione. Il collegamento fra i due collettori è in parallelo, sono inoltre inserite delle valvole a tre vie modulanti che gestiscono in automatico la temperatura e ripartiscono, quando le condizioni climatiche lo consentono, l'utilizzo della fonte energetica meno costosa. Le medesime consentono anche il controllo e la regolazione della temperatura dei fluidi interfacciandosi con i

regolatori delle macchine sopra descritte. Inoltre, le pompe elettroniche a portata variabile modulano la quantità di fluido da mandare agli impianti.

Anche all'interno del reparto produttivo, gli anelli di distribuzione del fluido alle presse e agli impianti sono realizzati con tubazioni in PVC.

La scelta anticonvenzionale dell'utilizzo di questo particolare materiale è giustificata da alcune caratteristiche, le tubazioni in PVC rispetto alle tubazioni in acciaio classico consentono:

- Maggiore scorrevolezza e velocità dei fluidi all'interno del condotto
- Minor peso della tubazione stessa
- Non necessitano di coibentazione
- Il fluido può essere spillato in qualunque punto della tubazione tramite l'utilizzo di prese staffa

Viene, dunque, adottato un tipo di PVC rigido, nello specifico il PVC EN 1452-2 PN16 SP. 7.4 IN 125, conforme alla norma **UNI EN 1452-2** per condotte in pressione fino a 16 bar, secondo il *D.M. n. 174 del 06/04/2004*. Questo tipo di materiale come si è visto assicura il risparmio energetico, la non condensazione dei tubi e la velocità di risposta al variare dei parametri; inoltre, garantisce una resistenza meccanica alle dilatazioni dovute alle diverse temperature che scorrono al suo interno e non si depositano residui di ossidazione sul fondo delle tubazioni.

L'impianto è stato dotato di un sistema di controllo e supervisione per permettere il funzionamento simultaneo dei vari componenti. La gestione va ad agire sulle valvole a tre vie automatizzate con servomotori e utilizza un software personalizzato appositamente per l'applicazione necessaria al cliente e alla sua tipologia di produzione.

La logica sfruttata dal software è la gestione dell'utilizzo delle fonti energetiche in modo proporzionale: i parametri che determinano queste azioni sono legati al raffronto fra la temperatura esterna e la temperatura di ritorno del processo produttivo. La priorità è ottenere il massimo saving energetico garantendo al contempo il corretto funzionamento delle presse. La sonda della temperatura esterna è utilizzata per l'abilitazione del Free cooler che, come già accennato, è la fonte energetica a minor costo e impatto ambientale,

infatti utilizza l'aria esterna per lo scambio energetico e l'utilizzo di energia elettrica è limitato ai soli ventilatori.

In ordine viene utilizzata tutta la potenzialità del free cooling garantito dall'aria esterna, il secondo livello prevede l'inserimento dell'adiabatico sui pannelli, il terzo l'inserimento dello spray direttamente sulla batteria e solo in ultimo, quando la temperatura esterna non lo consentisse più verrà utilizzato uno o più refrigeratori. Tutti i sistemi a cascata sono controllati dal software di supervisione.

Il software controlla anche il circuito di processo tramite le pompe elettroniche di circolazione e valvole a tre vie al fine di ottimizzare la quantità di fluido che viene inviato al processo, avendo come obiettivo primario la stabilizzazione del processo ma anche quello del risparmio energetico agendo sulla portata delle pompe stesse.

L'impostazione di set point da remoto è fondamentale per garantire sia il risparmio energetico ma soprattutto l'ottimizzazione del processo produttivo in base al variare dei parametri quali: lotto di materia prima, temperatura interna-esterna, umidità e così via.

Nella Figura 5.4 viene mostrato lo schema dell'impianto con i vari componenti sopra descritti.

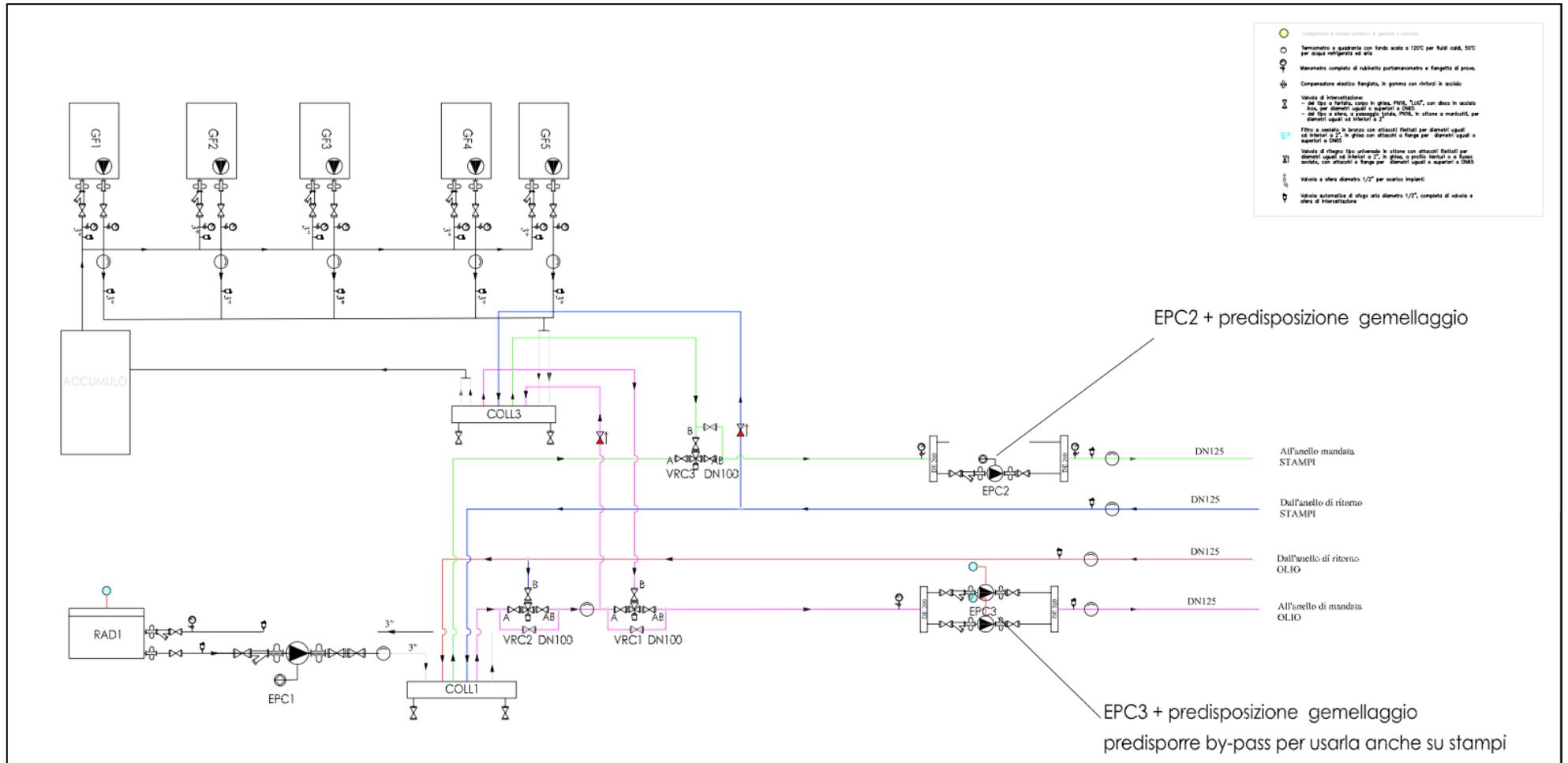


Figura 5.4: Impianto di raffreddamento

Le foto in Figura 5.5, scattate nel corridoio esterno allo stabilimento dedicato alle sorgenti dell'impianto, rappresentano la realizzazione di quanto progettato. Si osserva la stazione di pompaggio costituita da due collettori, le pompe, le valvole di regolazione e il piping. Nel sottopavimento si osserva il free cooler, mentre in secondo piano si intravede il primo chiller con gli altri dietro disposti a schiera, come mostra la prima foto in alto a sinistra.



Figura 5.5: Le sorgenti dell'impianto di raffreddamento

Il progetto dell'impianto caricamento materie prime

L'impianto di distribuzione delle materie prime è stato progettato tramite il supporto dei tecnici dell'azienda installatrice scelta dal cliente. Questa scelta si è resa necessaria in quanto il trattamento del granulo richiede un know-how specifico proprio e caratterizzato dalla scelta del fornitore.

L'obiettivo, come già accennato, consiste nell'automatizzare l'asservimento e lo smistamento della materia prima con la trasformazione da un impianto a bordo pressa ad uno di tipo centralizzato.

Con il target imposto dal budget si è deciso di recuperare le tramogge di mantenimento e alcune di ricevimento sulle macchine, mentre il cuore del sistema, composto da una centralina di smistamento automatica e dalle pompe sottovuoto, è stato progettato e costruito ex-novo.

La centralina "Dolphin 36⁵⁶", infatti, assegna automaticamente materiale-macchina attraverso dei moduli IN/OUT con azionamenti indipendenti.

La movimentazione della materia prima è garantita dalla presenza di due unità aspirante. Un'unità aspirante, con l'utilizzo di una pompa centrifuga, assicura il caricamento della materia prima all'interno delle tramogge di deumidificazione poste sopra un soppalco. La seconda unità aspirante, fondamentale per il mantenimento della qualità del granulo, utilizza una sofisticata pompa ad uncino che garantisce una velocità costante del granulo nelle tubazioni, contenendo la formazione di polvere e capelli d'angelo, e smista la materia prima dalle tramogge di mantenimento ai ricevitori installati su ogni pressa.

Nelle Figura 5.6 viene riportato lo schema di funzionamento della centralina con il dettaglio dei flussi.

Si osserva che dalla centralina partono due gruppi di ramificazioni (linee verdi):

- in entrata sono collegate le 16 tramogge da cui viene pescata la materia prima;
- in uscita si diramano 26 tubazioni che vanno a servire le presse.

⁵⁶ Il nome fa riferimento al numero di utenze disponibili massime che è 36.

La semplicità dello schema evidenzia come tutti i materiali in entrata sono disponibili per tutte le presse, spetta solo al tecnologo dello stampaggio programmare a video le connessioni di braccio IN/OUT.

Le linee tratteggiate fucsia rappresentano le linee del vuoto che collegano le presse al “Filtro a ciclone” che sfruttando l’effetto vortex⁵⁷ centrifuga e separa le polveri disperse.

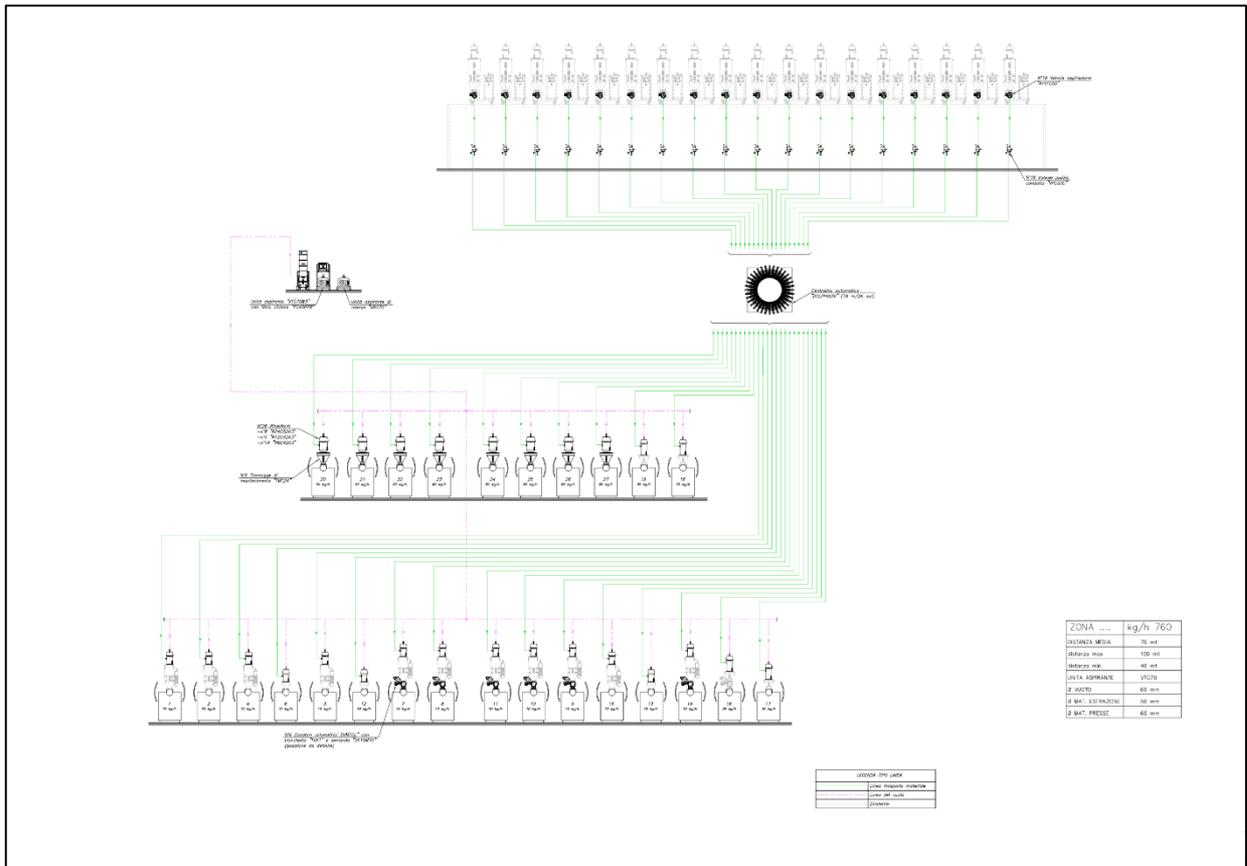


Figura 5.6: Schemi di flusso centralina automatica

⁵⁷ Il flusso d’aria da trattare viene condotto tangenzialmente all’interno del ciclone separatore, accelerato e spinto a descrivere una traiettoria circolare. Per effetto della forza centrifuga, le particelle ad alto peso molecolare si separano dal flusso gassoso che le contiene e si distribuiscono contro la parete del ciclone. In seguito, le particelle vengono trascinate dalla forza di gravità verso la parte inferiore del filtro, dove vengono raccolte.

Nello schema in Figura 5.7 si osserva la centralina, disposta all'esterno sopra ad un soppalco. La scelta è stata fatta tenendo in considerazione diversi fattori:

- le dimensioni rilevanti (3,5 x 3,5 mt) avrebbero tolto spazio all'interno del reparto produttivo;
- si sfrutta una struttura esistente poco utilizzabile diversamente a causa dell'elevata altezza del soppalco;
- la posizione simmetrica rispetto alle presse da servire ottimizza il percorso delle tubazioni di estrazione e di trasporto del materiale, come si può osservare dallo schema indicato.

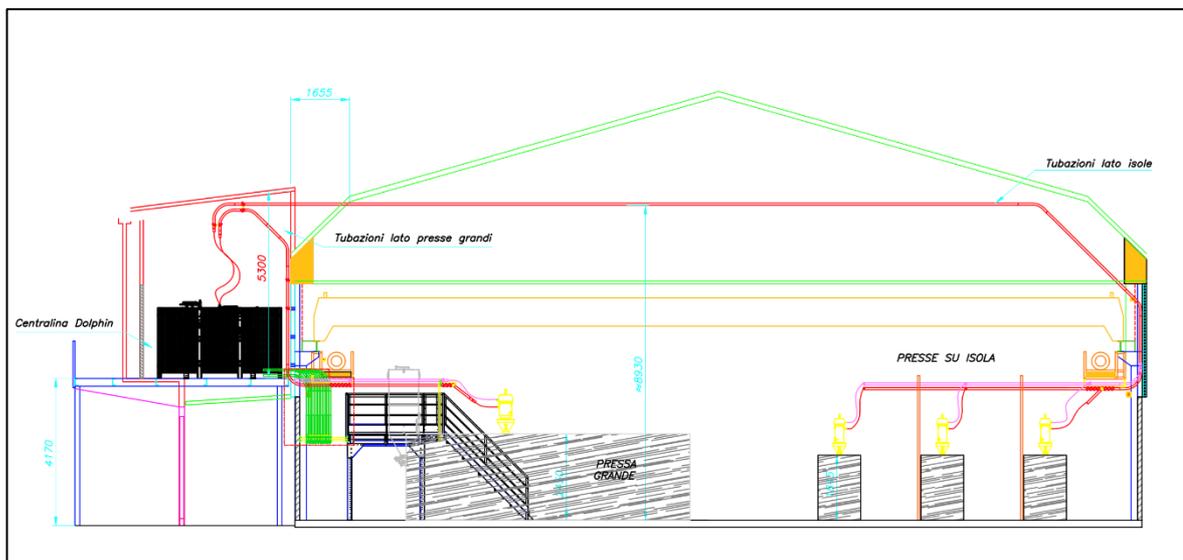


Figura 5.7: Schema tubazioni di distribuzione

In verde è raffigurata la struttura del capannone alla cui sinistra, al di sopra del soppalco, si trova la centralina protetta da una tettoia. Dalla Dolphin partono due tipi di ramificazioni di tubi quelle rosse rappresentano le uscite verso le presse, quelle verdi le entrate dalle tramogge.

Le tubazioni rosse a loro volta si suddividono in due gruppi:

1. Tubazioni lato presse grandi: prima di entrare nel capannone scendono verso il basso in modo da trovarsi già all'altezza delle tramogge poste sulle presse grandi ed evitare ulteriori curve all'interno della struttura.
2. Tubazioni lato isole: si portano all'altezza della tettoia per poi entrare nel capannone evitando ostacoli (carroponte, nastri radianti) e, una volta attraversato, riscendono verso le tramogge posizionate sulle presse disposte ad isola.

Questo schema è stato scelto in quanto è quello che minimizza il numero di curve. Queste ultime sono da evitare in quanto aumentano le perdite di carico, inoltre la delicatezza nei cambi direzione è un requisito fondamentale per evitare lo stress del materiale e la creazione di abrasione del materiale delle tubazioni che rischierebbe di finire all'interno dei cilindri di plastificazione.

È estremamente interessante notare come, rispetto allo schema di progetto, la realizzazione si presenti estremamente difficoltosa e complicata come evidenziato dalle foto in Figura 5.8.



Figura 5.8: Tubazioni distribuzione materie prime.

A sinistra dettaglio lato isole, a destra dettaglio lato presse grandi

L'intero impianto è, infine, controllato da un server di gestione di rete che consente all'operatore di programmare e controllare il sistema di trasporto da qualsiasi punto della rete, mediante un palmare removibile.

Il server di comunicazione è progettato per la comunicazione e la raccolta dati tra interfacce client/server, permettendo una semplice e completa integrazione di tutti i dispositivi e/o automazioni e le applicazioni software. La piattaforma di comunicazione permette l'accesso in lettura e scrittura dei dati e parametri di processo, ai database di produzione, alla diagnostica sui dispositivi, alla reportistica e alle altre applicazioni.

Il progetto dell'impianto aspirazione fumi

L'impianto di aspirazione fumi è vincolato nella progettazione in quanto normato dalle leggi in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro e di contenimento delle emissioni in atmosfera, già viste nel capitolo dedicato.

Durante le lavorazioni a caldo di materie plastiche, infatti, si sviluppano dei fumi e polveri che possono essere nocivi per i lavoratori. Le emissioni devono quindi essere espulse in atmosfera, eventualmente anche tramite filtraggio.

A questo scopo, lo stabilimento è stato dotato di un impianto di aspirazione fumi così costituito: su ogni pressa viene posizionata una cappa aspirante, dimensionata in base al tonnellaggio, dotata di una serranda di taratura manuale della portata d'aria.

Tonnellaggio della pressa (ton)	fino 100	100 - 200	Oltre 200
Diametro della tubazione aspirante (mm)	120	150	200
Diametro della cappa di aspirazione (mm)	250	300	400

Figura 5.9: Diametro tubazioni cappe in base al tonnellaggio della pressa

Ogni cappa è collegata mediante una tubazione e una braga al collettore principale che presenta un diametro a sezione decrescente man mano che si allontana dal ventilatore che è costituito da un motore elettrico a pale centrifughe asincrono di 22 kW.

I fumi aspirati sono convogliati direttamente al camino di espulsione, completo di cappello a lancio verticale e doppio boccaglio così come previsto dalla normativa vigente.

Infatti, essendo lo stampaggio di materie plastiche un tipo di lavorazione che non supera i limiti di concentrazione degli inquinanti nei fumi stabiliti dalla normativa in vigore, non

necessita di ulteriore filtraggio. Comunque, tramite il boccaglio, periodicamente vengono analizzati i fumi per controllare che siano rispettati i limiti di emissione.

Nella foto in Figura 5.10 si osserva lo sdoppiamento collettore che si dirama nelle due direzioni per andare ad asservire le linee delle presse. Dietro la zona cerchiata in rosso, anche se non visibile, si trova il ventilatore poggiato su due travi.



Figura 5.10: Collettore impianto aspirazione fumi

Il progetto aeraulico: ricambi d'aria

In natura l'evaporazione dell'acqua sottrae calore all'ambiente circostante. Con questo processo fisico senza impiego di energia l'aria in gioco diventa più fresca.

Il raffrescamento, dato dall'evaporazione, è un processo ad entalpia costante e viene chiamato raffreddamento adiabatico o evaporativo: consiste in uno scambio di energia tra acqua e aria.

Proseguendo la filosofia che ha contraddistinto tutte le varie fasi del reengineering aziendale, si è optato per la progettazione del ricambio d'aria con macchine adiabatiche.

Le macchine adiabatiche sono costruite utilizzando speciali pannelli laterali realizzati con materiali specifici con trappole atte a creare attrito e permettere l'evaporazione dell'acqua. I pannelli, infatti, sono il cuore delle macchine perché creano la condizione perfetta per lo scambio termico tra l'aria in ingresso e l'asportazione di calore dovuto all'evaporazione dell'acqua.

Il vantaggio di questo processo è doppio da un lato con l'immissione di notevoli metri cubi d'aria crea una pressurizzazione costante nell'ambiente, introducendo altresì aria raffrescata e pulita, inoltre estraendo un volume d'aria inferiore realizza un importante ricambio d'aria pur mantenendo una differenza di pressione.

Questa differenza di pressione, a favore dell'ambiente interno, aiuta anche a mantenere le particelle di polvere e altre impurità all'esterno, o eventualmente a depositarle nella parte bassa dello stabilimento.

Principali vantaggi:

- Tanti rinnovi d'aria
- Filtrazione dell'aria esterna immessa nello stabilimento
- La pressurizzazione aiuta a trattenere la polvere e l'inquinamento all'esterno
- Miglioramento della pulizia delle aree di lavoro
- Riduzione della temperatura percepita
- Lo stesso sistema adiabatico può essere utilizzato anche nel periodo invernale con l'installazione di serpentine di riscaldamento nei condotti dell'aria in ingresso all'edificio.

I progetti strutturali

In parallelo ai vari impianti specifici descritti ci sono vari progetti di tipo strutturale e/o architettonico che vanno in supporto agli stessi.

Staffaggio tubazioni

Più impianti sono caratterizzati dalla presenza di tubazioni: l'impianto di raffreddamento con le sue quattro tubazioni, l'impianto di distribuzione materie prime con le tubazioni per il trasporto del materiale e per il vuoto, l'impianto pneumatico per l'aria compressa, la canalizzazione dell'impianto di aspirazione.

Per evitare un proliferare di staffe e le interferenze tra i tubi si è studiato un sistema di canalizzazione comune per tutte le tubazioni sopra descritte. Nella progettazione si è dovuto tener conto della somma dei pesi e quindi, della portata che le staffe dovevano sostenere, la flessione massima consentita alle varie tubazioni e il tipo di ancoraggio a secondo del supporto scelto.

Sono state quindi progettate delle staffe che verranno installate sui quattro lati del capannone e su cui poggeranno simultaneamente le tubazioni di tutti gli impianti.

A causa delle diverse caratteristiche delle pareti dello stabilimento e della presenza del carroponete che corre lungo i lati lunghi ad un'altezza di soli 5 metri è stato necessario progettare 3 tipi di staffe diverse.

In particolare, per i due lati lunghi sono state realizzate le medesime staffe, le quali sono state ancorate alla via di corsa del carroponete. Nella Figura 5.11 la staffa è vista di profilo e disegnata in verde. Come si può osservare ci sono cerchi di diversi colori che rappresentano le varie tubazioni sopra descritte:

- In nero è raffigurata la tubazione relativa all'impianto di aspirazione fumi con diametro di 450 mm (il diametro con sezione maggiore);
- in grigio si trovano le tubazioni relativi all'impianto di distribuzione delle materie prime, in particolare si possono osservare 17 cerchi di diametro da 50 mm relativi al passaggio del granulo ed un tubo di diametro da 60 mm che è relativo all'aspirazione dell'aria tramite il filtro a ciclone;
- in ciano si osserva la tubazione relativa all'impianto pneumatico, ovvero l'aria compressa che viene prodotta attraverso un compressore, il quale prima aspira l'aria esterna, poi la comprime ed infine la rilascia nella rete di distribuzione. Il diametro necessario è di 63 mm;
- in fucsia sono raffigurati i due anelli relativi all'impianto di raffreddamento con 4 tubazioni, due relative al circuito stampi (mandata + ritorno) e due al circuito olio (mandata + ritorno), dal diametro di 150 mm;
- nel rettangolo centrale viene lasciato dello spazio per eventuali passaggi degli impianti elettrici.

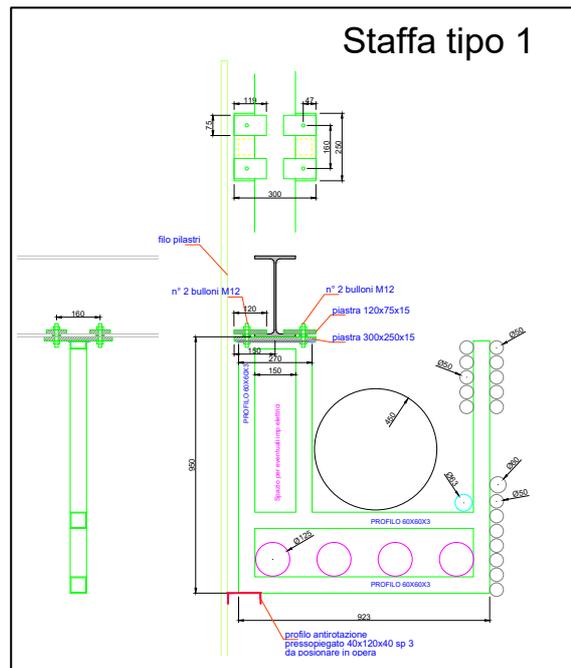


Figura 5.11: Staffa tipo 1

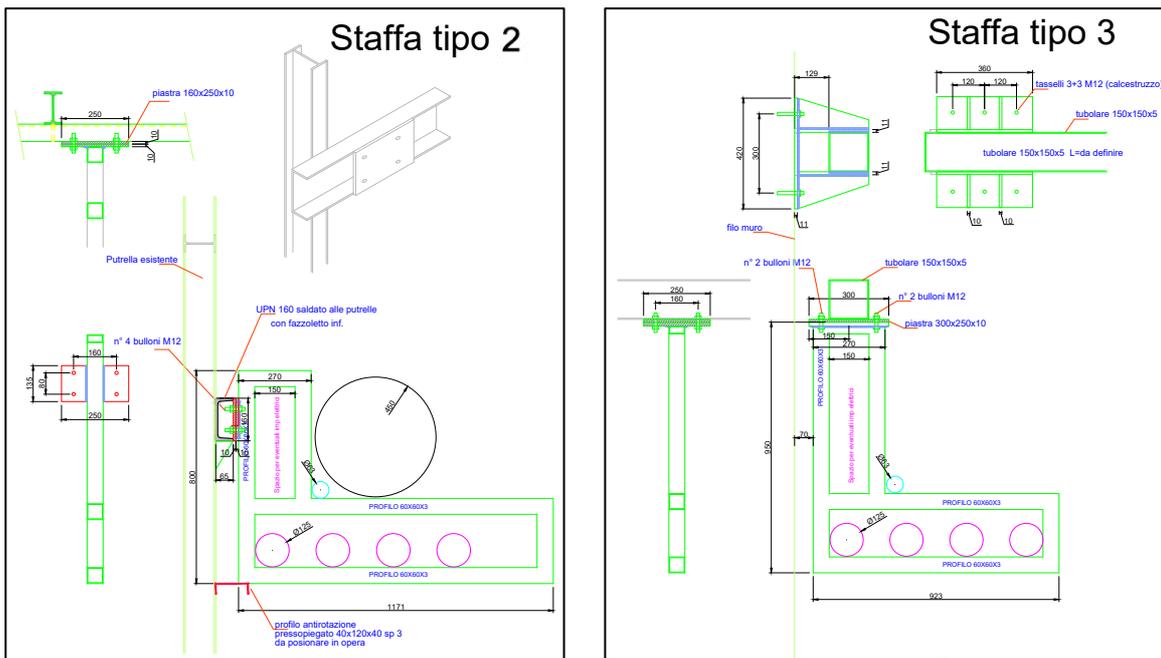


Figura 5.12: Staffe su testate

La staffa “tipo 2” è collocata nella testata di fondo del reparto saldata su delle putrelle; rispetto alla staffa “tipo 1” non deve sostenere i tubi relativi all’impianto di materie prime per cui il braccio laterale non è presente.

Infine, la staffa di “tipo 3”, collocata nella testata uffici, è strutturalmente la più semplice, in quanto sostiene solo gli impianti relativi agli anelli di raffreddamento e all’aria compressa. Infatti, i restanti impianti partendo dal lato sinistro del capannone (distribuzione delle materie prime) e da fondo reparto (aspirazione fumi) e fermandosi alle presse non vanno ad interessare questa zona.

Questa progettazione di dettaglio ha consentito un’ottima pulizia impiantistica permettendo di mantenere più area possibile sgombera sopra le presse di stampaggio.

Soppalco

L'impianto di distribuzione di materia prima, come descritto precedentemente, si serve di tramogge per la deumidificazione del granulo. Passando da una configurazione a bordo macchina ad una centralizzata è stato necessario trovare una nuova allocazione che permettesse di avere tutte le apparecchiature di deumidificazione in serie.

La soluzione è stata quella di realizzare un soppalco su cui disporre tutte le tramogge di mantenimento e di deumidificazione congiuntamente ai propri dryers.

Ovviamente, la realizzazione è stata preceduta da uno studio di fattibilità ed un progetto redatto da uno strutturista.

Il progettista strutturale, partendo dalle indicazioni che gli vengono fornite dell'azienda di consulenza, progetta la struttura secondo le norme in vigore affinché sia funzionale e sicura per gli operatori e atta a sostenere i carichi comunicati.

Le difficoltà principali riscontrate sono state quelle relative all'altezza: da un lato era necessario lasciare al di sotto del soppalco lo spazio necessario per il pescaggio della materia prima dagli octabin ed eventuali manutenzioni da parte degli operatori, dall'altro le tramogge da posizionare sopra non potevano superare l'altezza di 2,10 metri senno sarebbero entrate in conflitto con la via di corsa del carroponte.

Nel disegno in Figura 5.13 si può osservare a sinistra il progetto del soppalco visto di profilo e a destra le specifiche tecniche indicate dal progettista.

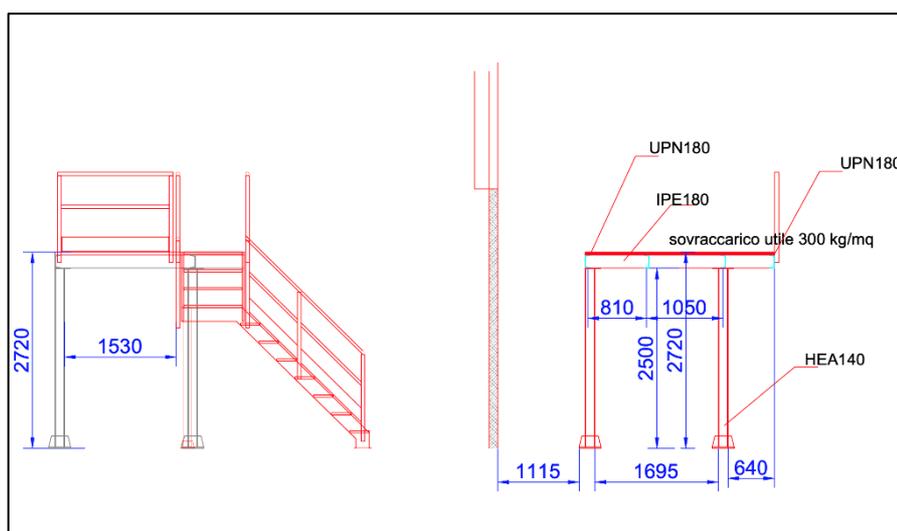


Figura 5.13: Progetto strutturale soppalco

La soluzione adottata è stata quella di posizionare il soppalco a circa un metro dal muro di costruzione in modo tale da lasciare libero un corridoio per la movimentazione dei muletti. Inoltre, si è deciso di posizionare gli octabin al di fuori del muro di separazione così che le tramogge potessero pescare direttamente da lì senza occupare spazio al di sotto del soppalco. In questo modo si è potuto optare per abbassare leggermente il soppalco e lasciare lo spazio necessario alla disposizione delle tramogge senza conflitti con il carroponete.

Prova di carotaggio

Lo stabilimento utilizzato si presentava come un ex-fonderia, per cui l'adeguamento del capannone ad un ambiente pulito e adatto allo stampaggio di materie plastiche è stato complesso.

Una delle operazioni fondamentali per raggiungere un adeguato livello di pulizia è stata la ristrutturazione del pavimento.

Prima dell'esecuzione è stato necessario eseguire una prova di carotaggio per accertarsi che le condizioni del pavimento fossero ottimali per sorreggere le presse e le altre attrezzature e capire fino a che strato l'olio, proveniente dai vecchi macchinari, si fosse infiltrato.

Per la prova è stato prelevato un campione di pavimento (Figura 5.14) che ha evidenziato uno spessore medio del pavimento di circa 12-15 cm.

La carota è stata analizzata da un laboratorio certificato che ha effettuato una prova di compressione.



Figura 5.14: Campione pavimento per prova carotaggio

I risultati hanno evidenziato che l' R_{ck} del cemento utilizzato per il pavimento è 30,22 N/mm², quindi si sono stimate le caratteristiche di portata del pavimento. Considerando uno spessore medio del pavimento di 15 cm con una rete elettrosaldada di maglia 20x20 cm e filo 6 mm, si ottengono i seguenti dati di portata:

- 7 tonnellate a m² distribuito
- 6 tonnellate ad asse carrello elevatore con ruote piene
- 3 tonnellate a piede scaffale.

Queste considerazioni hanno portato alla decisione di procedere con la ristrutturazione del pavimento tramite un sovra getto sul pavimento esistente con una miscela cementizia appositamente studiata e utilizzando la tecnica "laser screed" per la vibrazione e la stesura.

Varchi di collegamento e tettoie

Lo stabilimento di Grugliasco si componeva di più spazi tra loro separati. Tuttavia, per migliorare la logistica di produzione e di magazzino, è stato necessario prevedere dei varchi di collegamento che permettessero di collegare il reparto produttivo alla zona di assemblaggio, manutenzione stampi e magazzino materie prime e semilavorati.

I varchi di collegamento comportano delle modifiche della struttura che dà sostegno al capannone, per cui si devono dimensionare delle putrelle di rinforzo che fungano da appoggio alla sezione di muro al di sopra dell'apertura creata.

Le putrelle devono rispettare degli standard imposti dalla legge: IPE è la sigla per definire le putrelle o travi con superficie interna delle flange parallela e dimensioni secondo la norma EN 10365 con tolleranze di produzione definite secondo la norma EN 10034: 1993.

Nell'immagine in Figura 5.15 si osservano le parti orizzontali, superiore ed inferiore, chiamate flange, e la parte centrale verticale di collegamento, chiamata anima.

Le putrelle IPE sono gli standard più usati ma, a seconda del tipo di struttura da sostenere si possono impiegare delle travi più leggere (IPE AAAA fino a IPE A) o più pesanti (IPE O).

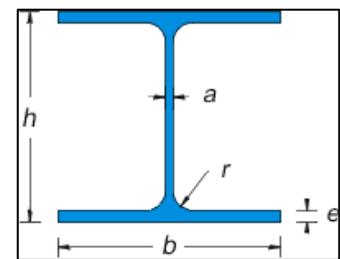


Figura 5.15: Sezione putrella

Nel caso di studio presentato si sono creati quattro varchi di collegamento che andassero a creare un corridoio centrale di asservimento che collegasse il magazzino materie prime, l'ambiente dedicato alla zona assemblaggio, il magazzino dei semilavorati e il reparto di produzione.

Le putrelle impiegate a sostegno delle aperture sono state oggetto di un calcolo strutturale da parte del progettista che, in base al carico da sostenere, ha indicato le dimensioni.

Nella foto in Figura 5.16, scattata sul primo varco di collegamento dando le spalle al magazzino materie prime si osserva il collegamento tra i vari ambienti e le aperture che sono state realizzate fino ad arrivare in fondo dove si trova il reparto produttivo.



Figura 5.16: Varchi di collegamento

6 Conclusioni

A termine dell'elaborato si può concludere che, il progetto di reengineering realizzato per la Endurance Engineering, ha portato numerosi vantaggi a livello di produzione e di struttura organizzativa e di ambiente.

L'approfondimento sul know-how specifico dell'azienda è stato un fattore di guida che ha permesso di porre l'attenzione su determinati aspetti, quali la necessità di un sistema di asservimento materie prime più funzionale e un sistema di raffreddamento adeguato alle potenze messe in gioco, la necessità di ottimizzare e ridurre gli spostamenti e la movimentazione dei manufatti nelle loro varie fasi.

La conoscenza dell'aspetto normativo è stata altresì fondamentale in quanto l'industria siderurgica presenta delle condizioni pericolosissime sia in termini di inquinamento del sottosuolo e dell'aria che in termini di rischio incendio. Conseguentemente il revamping doveva considerare sia le richieste dello stampaggio termoplastico che le esigenze della sanificazione della ex fonderia.

Tutta la filosofia progettuale, infatti, partendo dal rigoroso rispetto della normativa vigente e della sicurezza sull'ambiente del lavoro è stata guidata da due grandi fattori il primo relativo all'energy saving e alla salvaguardi ambientale, il secondo alla ottimizzazione dei flussi e delle movimentazioni.

In ultima analisi, lo stabilimento dopo il revamping si trova ad avere allocazioni più agevoli delle macchine grazie allo spostamento di apparecchiature ingombranti in locali dedicati ed una tecnologia di supporto estremamente migliorativa. La realizzazione di isole ha permesso una riduzione del personale: sei macchine sono controllate da un unico operatore disposto al centro delle stesse.

È stato interessante, infine, approfittare della realizzazione del progetto per migliorare la qualità dell'ambiente di lavoro. Inserendo apparecchiature come macchine adiabatiche si è ottenuta una vera sanificazione dell'ambiente, consentendo agli operatori di lavorare in uno spazio pulito, aspetto molto importante considerando anche la situazione pandemica a livello mondiale che si sta affrontando.

Senza rilevanti costi aggiuntivi, infatti, si può progettare un'area di lavoro dove le persone convivono in modo più sicuro, più piacevole e più stimolante e questo, sia per il progettista che per il cliente, è un ottimo risultato.

BIBLIOGRAFIA e SITOGRAFIA

- *La definizione e la rappresentazione dei processi: principi di business process reengineering (BPR)*. Giovanni Serpelloni, Elisabetta Simeoni, Maurizio Gomma.
- *“Le tecniche di stampaggio delle materie plastiche più diffuse”*, Fisem.
- *“Lavorazioni per deformazione plastica”*. Istituto Pesenti, dipartimento di meccanica.
- *“Vademecum per il miglioramento della sicurezza e della salute nello stampaggio di plastica”*, Regione Lombardia.
- *“Sistemi di controllo a catena aperta e a catena chiusa”*, Umanetexpo
- *“Sicurezza sul lavoro” Manuale normo-tecnico*, Andrea Rotella IPSOA MANUALI HSE. Wolters Kluwer
- *“Lo stampaggio a iniezione in Europa”*, Plast Magazine.
- *“Analisi di materiali plastici da autoveicoli a fine vita”*, Marta Minardi.
- *“SICUREZZA ANTINCENDIO & DATORE DI LAVORO”*, Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile Ufficio I Gabinetto del Capo Dipartimento Comunicazione Esterna.
- *“MATERIALI PLASTICI - Salute e sicurezza nello stampaggio della plastica”*, Piero Emanuele Cirila capitolo 7: GESTIONE DELL'EMERGENZA NELLO STAMPAGGIO DELLA PLASTICA
- *“STAMPAGGIO AD INIEZIONE CON SISTEMA IDRAULICO ED ELETTRICO. ANALISI DELLE DIVERSE CARATTERISTICHE”*, Giulia Faggionato.
- *“Piano sicurezza e coordinamento (PSC)”*, Nicola Furcolo
- *“Il coordinatore sicurezza in fase di progettazione: definizione e obblighi”* articolo di Michela Arezzini pubblicato su Teknoring il 4 Gennaio 2016
- *“Energia termica e processi industriali”*, Potenziamento adiabatico di un sistema di free cooling. Valter Biolchi.
- <https://www.tempeco.it/scelta-della-macchina-termica/free-cooling/potenziamento-adiabatico-di-un-sistema-di-free-cooling/>
- <https://www.teknoring.com/news/sicurezza-sul-lavoro/il-coordinatore-sicurezza-in-fase-di-progettazione-definizione-e-obblighi/>
- <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/emissioni-atmosfera>
- <https://biblus.acca.it/focus/piano-sicurezza-e-coordinamento-psc/>
- <https://core.ac.uk/download/pdf/41982733.pdf>
- <https://www.fisem.it/tecniche-stampaggio-materie-plastiche/>
- [https://www.researchgate.net/publication/322603019 Gestione dell'emergenza nello stampaggio della plastica](https://www.researchgate.net/publication/322603019_Gestione_dell'emergenza_nello_stampaggio_della_plastica)
- https://www.vigilfuoco.it/81-08/pdf/sicurezza_antincendio_italiano.pdf
- [https://www.umanetexpo.net/siti/elexpo/docs/visione_sistemica_teorica\(sint\).pdf](https://www.umanetexpo.net/siti/elexpo/docs/visione_sistemica_teorica(sint).pdf)
- <https://www.ideastampi.it/tecnopolimeri-tutti-i-materiali-utilizzati-da-idea-stampi>
- <https://in.linkedin.com/company/endurance-technologies-pvt.-ltd.?trk=similar-pages>

- <https://fdocumenti.com/document/la-definizione-e-la-rappresentazione-dei-processi-principi-di-bpr-processpdf.html>
- <https://www.enduranceoverseas.com/corporate-governance/>
- <https://www.enduranceoverseas.com/company/>
- http://www.enduranceoverseas.com/es-contenuto/uploads/2017/07/AL_Merged_all_compressed.pdf
- <http://www.enduranceoverseas.com/endurance-engineering-company-history/>
- <https://www.istitutopesenti.edu.it/dipartimenti/meccanica/Tecnologia/Lavplastiche.pdf>
- <https://dottorschiavo.it/medicina-del-lavoro/legge-626-dlgs-8108-cambia-la-sicurezza-sul-lavoro/>
- <https://www.normativa-sicurezza-sul-lavoro.it/dalla-626-al-81-08.html>
- <https://images.endurancegroup.com/investor/corporate-presentation/Endurance-Corporate-Presentation-March-2020-937119c5c854eea7dc701b9b40a3144c.pdf>
- https://www.ats-bg.it/documents/30959/63192/Vademecumperilmiglioramentodellasicurezzaedellasalutenellostampaggiodioplastica_ddg14219del21_12_09eallega_784_27583.pdf/7154091e-7e99-f0f9-bb38-794ae8ba3907
- <https://compositi.it/cenni-sullo-stampaggio-per-compressione/>
- <https://www.bemarplast.com/vantaggi-del-metal-replacement/>
- https://www.laleggepertutti.it/205848_legge-che-tutela-la-salute-e-sicurezza-dei-lavoratori
- <https://www.vegaengineering.com/linea-guida-linea-guida-sicurezza-antincendio-datore-di-lavoro-444.pdf>
- <https://webthesis.biblio.polito.it/14070/1/tesi.pdf>
- <http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/risorse/ambiente/dwd/emissioni/modulistica/plastiche.pdf>
- <https://www.altalex.com/documents/leggi/2011/02/17/testo-unico-in-materia-di-sicurezza-sul-lavoro-titolo-viii#titolo8>
- <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/rifiuti/la-normativa/normativa-sui-rifiuti>
- <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/rifiuti/rifiuti-speciali>
- <http://pvcforum.it/pvc-hub/wp-content/uploads/sites/7/2018/06/PVC-PROCESSO-PRODUTTIVO-E-GESTIONE-DEI-RIFIUTI.pdf>
- <https://it.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics>
- <https://www.logicbid.com/blog/carroponte-come-si-usa/>

ALLEGATI

Allegato A. Determinazione generale del 29 Aprile 2008 - ALLEGATO 2

STABILIMENTI PER LA TRASFORMAZIONE DI MATERIE PLASTICHE

A) REQUISITI TECNICO-COSTRUTTIVI E GESTIONALI.

1. Lo stabilimento di trasformazione di materie plastiche è autorizzato a svolgere le seguenti fasi di lavorazione al fine di produrre articoli o manufatti in materiale plastico:
 - Stoccaggio in silos
 - Pesatura e trasporto
 - Miscelazione
 - Estrusione
 - Stampaggio con presse a iniezione
 - Stampaggio a compressione
 - Stampaggio rotazionale
 - Soffiaggio corpi cavi
 - Termoformatura
 - Saldatura di parti di manufatti (senza l'utilizzo di solventi)
 - Metallizzazione sottovuoto
 - Essiccazione
 - Raffreddamento manufatti
 - Sterilizzazione
 - Lavorazioni meccaniche sul manufatto: taglio, sbavatura, lucidatura...
 - Macinazione degli scarti (derivanti dalle fasi sopra indicate e svolte nel medesimo stabilimento)
 - Ricarica batterie
 - Sistemi di raffreddamento per scambio indiretto

2. Nello stabilimento possono essere svolte le fasi sopra elencate. In caso di modifiche impiantistiche, quale l'inserimento di ulteriori apparecchiature, che comportino variazioni rispetto a quanto dichiarato nella documentazione di cui alla successiva lettera C) del presente allegato, l'impresa deve presentare una nuova domanda di autorizzazione se le modifiche sono sostanziali. Se le modifiche non sono sostanziali, l'impresa deve presentare comunicazione di modifica non sostanziale, accompagnata dalla documentazione di cui alla successiva lettera C) aggiornata.

I punti dal 3-8 indicano tutte le attività che sono escluse dalla presente autorizzazione.

I punti 9-11 riportano una serie di indicazioni e disposizioni su come devono essere svolte le fasi precedentemente descritte in modo da evitare le emissioni diffuse, tenendo conto di quanto previsto dall'Allegato V alla parte quinta del D.Lgs. 152/06. Vengono anche riportati i limiti di emissioni espressi in concentrazione

Dei punti 12-19 si riporta una tabella riassuntiva:

EFFLUENTI					
PUNTO	FASE	POLVERI TOTALI (mg/m3)	COV	NOTE	AUTOCONTROLLI PERIODICI DELLE EMISSIONI
12	Stoccaggio in silos	10	-	-	NO
	Pesatura e trasporto				
13	Miscelazione	10	20	-	SI, CON CADENZA TRIENNALE
	Essiccazione				
	Sterilizzazione				
	Lavorazioni meccaniche sul manufatto: taglio, sbavatura, lucidatura...				
	Macinazione degli scarti derivanti da fasi				

14	Metallizzazione sottovuoto	10	20	-	NO
15	Estrusione	10	20	IN CASO DI UTILIZZO: - ISOCIANATI 0,1 mg/m ³ - HCl 5 mg/m ³ - AMMONIACA 15 mg/m ³	SI, CON CADENZA TRIENNALE
	Stampaggio con presse a iniezione				
	Stampaggio a compressione				
	Stampaggio rotazionale				
	Soffiaggio corpi cavi				
	Termoformatura				
	Saldatura di parti di manufatti (senza l'utilizzo di solventi)				
16	Operazioni di pulizia in loco delle apparecchiature e degli stampi	DEVE RISPETTARE I LIMITI AL PUNTO 15			
17	Raffreddamento manufatti	TRASCURABILI		-	NO
18	Postazioni di ricarica delle batterie piombo-acido	ACIDO SOLFORICO 2 mg/m ³	-	-	NO
19	Sistemi di raffreddamento per scambio indiretto di compressori, motori, trasformatori	TRASCURABILI PURCHE' AVVENGANO CON ARIA CHE NON SIA VENUTA A CONTATTO IN NESSUNA FASE CON FLUIDI O MATERIALI DI PROCESSO		-	NO

B) PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'INSTALLAZIONE ED ALL'ESERCIZIO

Dove viene indicato cosa fare in caso di anomalie, malfunzionamenti o qualora non si riuscisse a rispettare i limiti di emissione.

Viene anche specificato quanti giorni prima dell'inizio della messa in esercizio degli impianti si deve comunicare e a chi di dovere e come procedere per eseguire gli autocontrolli.

Infine, al fine di favorire la dispersione delle emissioni viene indicata la direzione del flusso allo sbocco, che deve essere verticale verso l'alto, e l'altezza minima dei punti di emissione.

C) DOCUMENTAZIONE DA INOLTARE CON LA DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE O DI RINNOVO

Dove vengono indicati una serie di documenti necessari per presentare la domanda come:

- schemi di flusso dei processi svolti
- il numero e la tipologia di apparecchiature usate
- le tipologie di materie plastiche e di altre materie prime utilizzate
- le caratteristiche dei punti di emissione
- la planimetria generale dello stabilimento in scala adeguata, nella quale sia indicata la collocazione degli impianti con i relativi punti di emissione, eventuali impianti di abbattimento e linee di convogliamento degli effluenti.

Allegato B. Tabella delle materie termoplastiche

TABELLA AD USO DELLO STAMPAGGIO AD INIEZIONE DELLE MATERIE TERMOPLASTICHE

Famiglie	Materiale	Sigla	Densità a 23 °C	Temperat. di lavorazione °C	Temperat. stampo °C	Ritiro %	Densità alla temp. di lavoraz.	Calore specifico medio kJ/(kg K)
STIRENICHE	Polistirolo o Polistirene	PS	1,05	200-260	20-60	0,3-0,6	0,945	1,3
	Polistirene espanso	EPS						
	Polistirolo antiurto e medio	HI-PS	1,05	200-260	20-75	0,5-0,6		1,21
	Stirene-butadiene	SB					0,88	
	Acronitrile stirolo	SAN	1,08	190-270	50-80	0,5-0,7	0,88	1,3
	Acronitrile-butadiene-stirolo	ABS	1,06	260-280	60-80	0,4-0,7	0,88	1,4
	Acronitrile-stirolo-acrilato	ASA	1,07	230-260	40-90	0,4-0,6		1,3
POLIOLEFINE	Polietilene bassa densità	LDPE	0,957	180-240	50-70	1,5-5,0	0,759	2,0-2,1
	Polietilene alta densità	HDPE	0,92	200-260	30-70	1,5-3,0	0,71	2,3-2,5
	Polipropilene	PP	0,915	230-250	30-75	1,0-2,5	0,73	0,84-2,5
	Polipropilene + vetro 30%	PPGR	1,14	240-280	50-80	0,5-1,2	0,93	1,1-1,35
	Polisobutilene	IB		150-200				
	Polimetilpentene	PMP	0,83	280-310	70	1,5-3,0		
VINILICHE	Etilenvinil acetato	EVA						
	Polivinilcloruro flessibile	PVC	1,38	150-200	20-50	>0,5	1,02	0,85
	Polivinilcloruro rigido	PVC	1,38	160-270	30-50	0,5	1,12	0,83-0,92
	Polivinilidencloruro	PVDC						
	Polivinilidencloruro clorurato	CPVDC						
	Polivinilacetati	PVA						
	Polivinilidenfluoruro	PVDF	1,2	250-270	90-100	03-giu		
	Politetrafluoroetilene	PTFE	2,12-2,17	320-360	200-230	3,5-6,0		0,12
ACRILICI	Polimetilmetacrilato	PMMA	1,18	220-260	50-70	0,1-0,8	0,94	1,46
ACETALICHE	Polioossimetilene (acetale)	POM	1,42	200-220	>90	1,9-2,3	1,15	1,47-1,5
CELLULOSICHE	Acetato di cellulosa	CA	1,27-1,3	180-230	50-80	0,5	1,02	1,3-1,7
	Acetato-butirato di cellulosa	CAB	1,17-1,22	180-230	50-80	0,5	0,97	1,3-1,7
	Propionato di cellulosa	CP	1,19-1,23	180-230	50-80	0,5		1,7
POLIESTERI	Policarbonato	PC	1,2	280-320	80-100	0,8	0,97	
	Policarbonato + vetro 10%	PC-GR	1,27	300-330	100-120	0,15-0,55	1,03	
	Policarbonato + vetro 30%	PC-GR	1,43	300-330	100-120	0,15-0,55	1,19	
	Polietilentereftalato	PET	1,4	260-290	140	1,2-2,0	1,2	
	Polietilentereftalato + vetro 30%	PET-GR	1,63	260-290	140	1,2-2,0	1,43	
	Polibutilentereftalato	PBT	1,3	240-260	60-80	1,5-2,5		
	Polibutilentereftalato + vetro 30%	PBT-GR	1,53	250-270	60-80	0,3-1,2		
	Polibutilentereftalato + vetro 50%	PBT-GR	1,73	250-270	60-80	0,3-1,2		

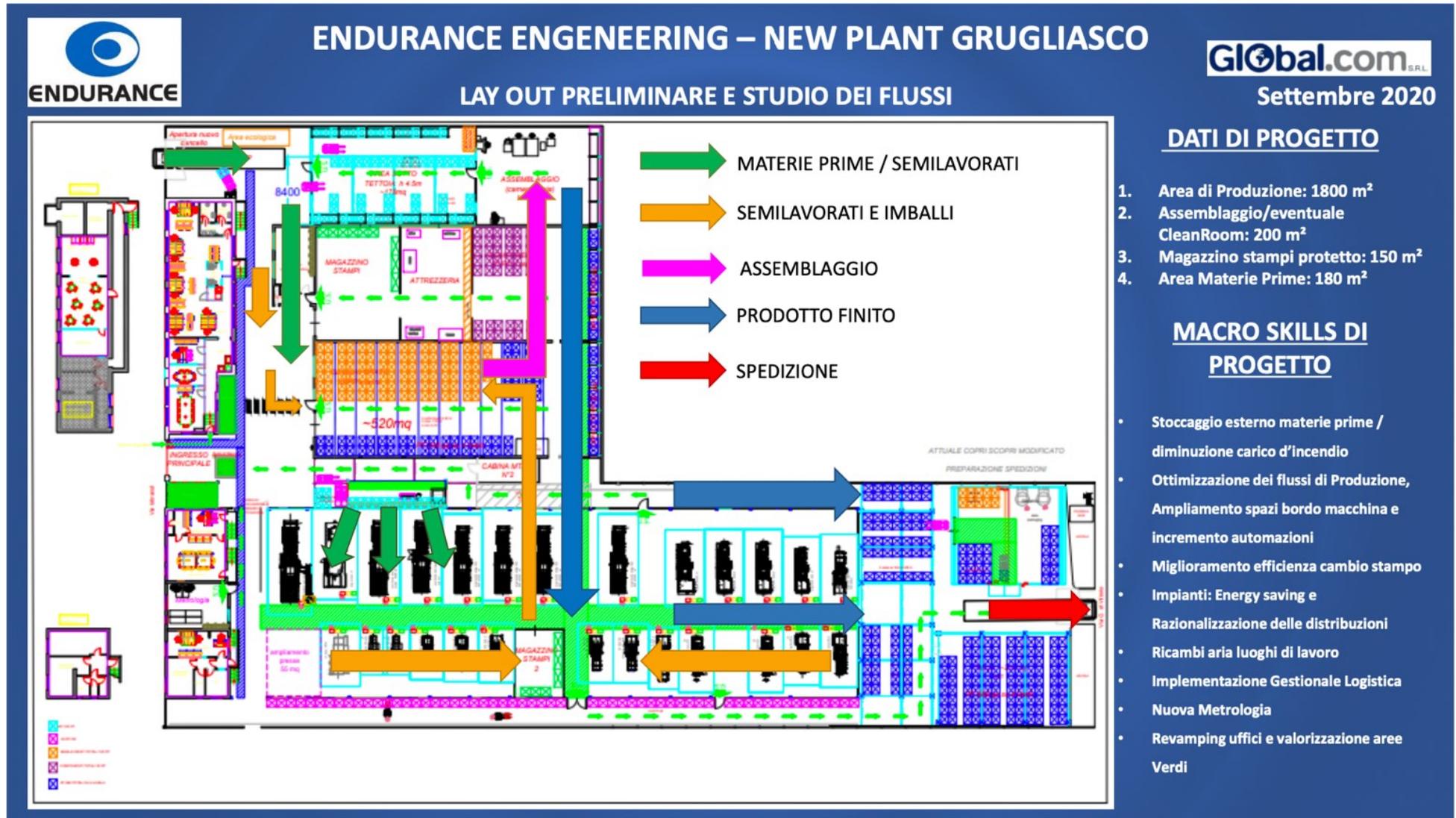
Famiglie	Materiale	Sigla	Densità a 23 °C	Temperat. di lavorazione °C	Temperat. stampo °C	Ritiro %	Densità alla temp. di lavoraz.	Calore specifico medio kJ/(kg K)
POLIAMMIDI	Poliammide 6	PA6	1,14	230-250	70-120	0,5-2,2	0,91	1,8
	Poliammide 6 + vetro 30%	PA6-GR	1,37	270-290	70-120	0,3-1	1,13	1,26-1,7
	Poliammide 6 + vetro 50%	PA6-GR	1,59				1,35	
	Poliammide 66	PA66	1,15	280-300	70-120	0,5-2,5	0,91	
	Poliammide 66 + vetro 10%	PA66-GR	1,22	280-310	70-120	0,5-1,5	0,97	
	Poliammide 66 + vetro 20%	PA66-GR	1,29				1,05	
	Poliammide 11	PA11	1,03-1,05	210-250	40-80	0,5-1,5		
	Poliammide 12	PA12	1,01-1,04	210-250	40-80	0,5-1,5		
	Poliuretano termoplastico	PUR	1,2	195-230	20-40	0,9		
ETERI	Polieteresolfone	PSO	1,37	310-390	100-160	0,7		
	Polisolfone	PSU						
	Polifenilensolfuro (vetro40%)	PPS	1,64	370	>150	0,2		1,45
	Polifenile ossido	PPO	1,06	250-300	80-100	0,5-0,7		
	Polifenile ossido + vetro 30%	PPO-GR	1,29	280-300	80-100	<0,7		1,3
BIO DEGRADABILI	Acido prolattico (Natural Work)	PLA	1,24	165 → 205	25		1,12	
	Poliidrossialcanoato (Mirel)	PHA	1,39	175 → 165	60	1,2-1,4		
TERMO INDURENTI	Fenoliche per uso generale	PF	1,4	60-80	170-190	1,2		
	Melamminiche uso generale	MF	1,5	70-80	150-165	1,2-2		
	Melamine fenoliche	MPF	1,6	60-80	160-180	0,8-1,8		
	Poliesteri	UP	2,0-2,1	40-60	150-170	0,5-0,8		
	Epossidiche (vetro 30-80%)	EP	1,9	ca. 70	160-170	0,2		1,7-1,9
GOMMA (TERPOLIMERI)	Terpolimeri etilene-poliprolilene-diene	EPDM						
	Acrilonitrile	EPS						
	Acrilonitrile stirene estere acrilico	ASA						
	Metilmetacrilatobutadienestirene	MBS						
GOMME TERMO PLASTICHE	Termoplastici vulcanizzati	TPV						
	Poliisobutilene	PIB						
	Copolimeri butadiene stirene idrogenati	SEBS						
	Poliuretano	PU						
	Poliuretanic	TPU						
CARICHE	Vetro	GR	2,6					
	Talco		2,8					

Allegato C. Tabella dati presse Endurance Engineering

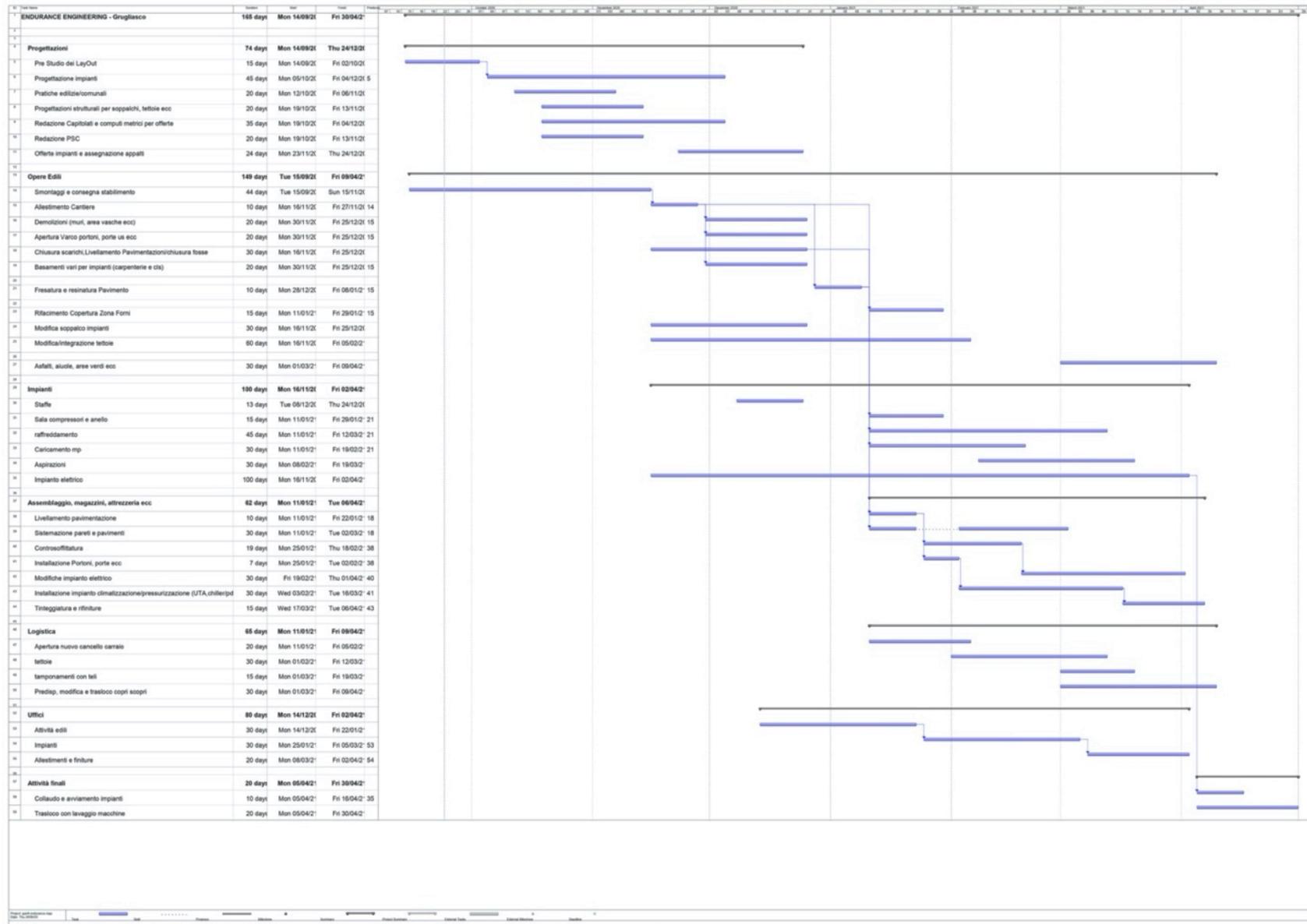
	Marca Modello	Matricola	Tonnellaggio	Anno Costruzione	Drive system	Special feature	Picker or robot system	Clamping Force (T)	Screw diameter (mm)	Injection volume (ccm)	Shot weight Max (g)	Distance between tie bars vert. (mm)	Distance between tie bars horiz. (mm)	Size of mould plates vertical (mm)	Size of mould plates horizontal (mm)	Opening stroke (mm)	Potenza assorbita (kW)
1	DEMAG	7846-1204	50	2006	Hydraulic	no	no	50 T	25 mm	61.3 ccm	54 g	355 mm	355 mm	480 mm	480 mm	610-SS	16,8
2	DEMAG	7846-1185	50	2005	Hydraulic	no	picker	50 T	30 mm	106 ccm	94 g	355 mm	355 mm	480 mm	480 mm	610-SS	19,3
3	Ferromatik	E7501CAO10022	75	2014	Electric	no	picker	75 T	18 mm	23 ccm	20 g	380 mm	405 mm	570 mm	570 mm	320 mm	14,0
4	DEMAG	7151-0276	80	1995	Hydraulic	no	robot	80 T	35 mm	168.3 ccm	149 g	400 mm	400 mm	580 mm	590 mm	700-SS	27,3
5	Arburg	186454	80	2001	Hydraulic	Verticale con tavola rotante	no	80T	40 mm	255 ccm	230 g	NO	NO	1.200 mm	1.200 mm	550-SS	30,0
6	DEMAG	7161-0161	100	1998	Hydraulic	no	no	100 T	35 mm	168.3ccm	149 g	400 mm	400 mm	580 mm	590 mm	750-SS	27,3
7	DEMAG	7260-0126	100	2011	Electric	no	picker	100 T	30 mm	106 ccm	94 g	420 mm	470 mm	650 mm	650 mm	350 mm	8,3
8	DEMAG	7260-0350	100	2014	Electric	no	picker	100 T	22 mm	41.8 ccm	37 g	420 mm	470 mm	620 mm	620 mm	380 mm	5,3
9	Ferromatik	420328	110	2011	Electric	no	no	110 T	35 mm	168.3 ccm	149 g	420 mm	420 mm	650 mm	650 mm	350 mm	27,5
10	Ferromatik	E1102CAO10040	110	2011	Electric	no	no	110 T	35 mm	168.3 ccm	149 g	420 mm	420 mm	650 mm	650 mm	350 mm	27,5
11	Ferromatik	E1103CAO10116	110	2014	Electric	no	picker	110 T	22 mm	41.8 ccm	37 g	420 mm	420 mm	650 mm	650 mm	350 mm	17,9
12	ENGEL	158485	120	2005	Hydraulic	no	no	120 T	40 mm	255 ccm	230 g	NO	NO	680 mm	740 mm	800-SS	30,0
13	DEMAG	875-0505	125	1999	Hydraulic	no	robot	125 T	45 mm	293 ccm	260 g	475 mm	450 mm	660 mm	690 mm	450 mm	35,0
14	DEMAG	876-0598	150	1997	Hydraulic	no	no	150 T	40 mm	255 ccm	230 g	500 mm	500 mm	750 mm	750 mm	500 mm	34,0
15	Ferromatik	E1502CAO10103	155	2014	Electric	no	no	155 T	40 mm	255 ccm	230 g	520 mm	520 mm	780 mm	780 mm	440 mm	32,6
16	DEMAG	877-0418	200	1998	Hydraulic	no	no	200 T	50 mm	442 ccm	400 g	560 mm	560 mm	830 mm	830 mm	575 mm	45,0
17	DEMAG	878-0232	250	1996	Hydraulic	no	robot	250 T	60 mm	763 ccm	690 g	630 mm	630 mm	950 mm	950 mm	675 mm	60,0
18	DEMAG	878-0231	250	1996	Hydraulic	no	robot	250 T	60 mm	763 ccm	690 g	630 mm	630 mm	950 mm	950 mm	675 mm	60,0
19	DEMAG	879-0426	350	2000	Hydraulic	no	no	350 T	60mm	763 ccm	690 g	630 mm	710 mm	950 mm	1.040 mm	675 mm	68,0
20	DEMAG	861-0039	420	1996	Hydraulic	no	robot	420 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	710 mm	800 mm	1.100 mm	1.200 mm	710 mm	86,0

	Marca Modello	Matricola	Tonnellaggio	Anno Costruzione	Drive system	Special feature	Picker or robot system	Clamping Force (T)	Screw diameter (mm)	Injection volume (ccm)	Shot weight Max (g)	Distance between tie bars vert. (mm)	Distance between tie bars horiz. (mm)	Size of mould plates vertical (mm)	Size of mould plates horizontal (mm)	Opening stroke (mm)	Potenza assorbita (kW)
21	DEMAG	861-0106	420	1998	Hydraulic	no	robot	420 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	710 mm	800 mm	1.100 mm	1.200 mm	710 mm	86,0
22	DEMAG	861-0198	420	1999	Hydraulic	no	robot	420 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	710 mm	800 mm	1.100 mm	1.200 mm	710 mm	86,0
23	DEMAG	861-30001	420	2002	Hydraulic	no	robot	420 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	710 mm	800 mm	1.100 mm	1.200 mm	710 mm	86,0
24	DEMAG	7296-0046	450	2014	Electric	no	robot	450 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	820 mm	870 mm	1.185 mm	1.248 mm	800 mm	31,0
25	DEMAG	8083-0034	500	2012	Hydraulic	no	robot	500 T	80 mm	1.779 ccm	1.600 g	920 mm	920 mm	1.300 mm	1.300 mm	850 mm	85,6
26	DEMAG	8633-0006	650	2002	Hydraulic	no	robot	650 T	95 mm	2.835 ccm	2.550 g	900 mm	1.000 mm	1.350 mm	1.450 mm	930 mm	117,0
27	ENGEL	202002	650	2015	Hydraulic	no	robot	650 T	90 mm	2.680 ccm	2.410 g	960 mm	1.100 mm	1.440 mm	1.510 mm	1.400 mm	151,0

Allegato D. Studio dei flussi



Allegato F. Gantt progetto Endurance Engineering



RINGRAZIAMENTI

Arrivata alla conclusione di questo lungo percorso desidero dedicare uno spazio per ringraziare tutte le persone che mi sono state vicine e mi hanno sostenuto in questi anni.

Ringrazio, in primis, Mamma e Papà che mi hanno supportato, anche nei momenti di sconforto, e hanno sempre creduto in me, permettendomi di raggiungere questo traguardo.

Grazie ai miei fratelli, le mie cognate e i miei nipotini. Ormai da anni abbiamo colonizzato varie città d'Italia vivendo distanti ma sempre legati dall'amore che tiene unita la nostra famiglia.

Un dolce ricordo va al mio nonno che non c'è più ma che da lassù mi protegge e veglia su di me e che oggi, sono certa, sarebbe fiero e orgoglioso del mio traguardo.

Grazie a mia cugina Marianna, alle 'mpanate di tutti i Natali trascorsi insieme da quando eravamo piccole e che ci hanno permesso di crescere con la piena consapevolezza che non diventeremo mai brave come Dora e Pina!

Desidero, ringraziare Giovanna, sorella non per sangue ma per tutto il resto. Grazie perché sei sempre stata dalla mia parte senza mai pretendere nulla. La nostra reciproca onestà e fiducia ci ha permesso di dare vita alla nostra amicizia indissolubile.

Grazie ancora alle mie amiche di sempre, le "fantastiche Fave (z*)". La leggerezza di Ambra, la puntualità di Laura, la stupidità di Fiore hanno coronato tutti i momenti più belli e felici che abbiamo condiviso.

Grazie anche ad Emanuela, Paola, Francesca, Marta, Emanuela, Irene e Lilia, i cui continui aggiornamenti e spoiler mi fanno sentire sempre a casa.

Grazie a tutti i miei amigidigiù con i quali avrei voluto condividere questo giorno ma che purtroppo si trovano a 1567,5 km di distanza.

Ringrazio tutto l'ambiente universitario che mi ha permesso di conoscere persone fantastiche con cui ho condiviso la sessione, le sconfitte e gioie degli esami e le lezioni interminabili. Grazie, soprattutto a Federica e alla sua ansia che mi hanno permesso di non perdere mai di vista le date degli esami e di svegliarmi al mattino per studiare anche quando non ne avevo voglia!

L'università mi ha anche permesso di allargare le amicizie e incontrare delle persone speciali con cui creare una seconda famiglia e condividere la vita da fuori sede. Grazie alle mie coinquiline, Giorgia ed Elena, con cui ci siamo sopportate per ben cinque anni e per l'intero lockdown.

Ringrazio tutti gli amici del gruppo *Terronia*, con cui abbiamo passato i weekend nell'attesa di scendere giù. Grazie soprattutto a Giulia, Ale, Carla, Perrons e Zacco perché ci sono sempre stati per consolarmi nei momenti di sconforto.

In questi anni, anche la pallavolo mi ha permesso di incontrare persone speciali grazie alle quali ho capito cosa significa fare parte di un team e condividere una vittoria e, soprattutto, una sconfitta. Grazie in particolare a Giovy, la mia seconda mamma, e Marta, la rompipalle di Busca che pensa di parlare bene l'italiano permettendosi di correggermi.

Un ringraziamento speciale va a Carmine. Sei entrato da poco nella mia vita ma da quel momento sei sempre stato al mio fianco, nonostante la lontananza che a momenti alterni ci divide. Oggi più che mai ti avrei voluto vicino ma so che in realtà lo sei, col cuore!

Ringrazio, inoltre, il mio tutor accademico, Prof. Luigi Buzzacchi, per avermi seguito in questo lavoro di tesi e per i suoi preziosi consigli.

Tra i ringraziamenti non può mancare la Endurance Engineering e, in particolare, l'Amministratore Delegato Dott. Fabrizio Rebuffo che ha trovato uno spazio per concedermi un'intervista da cui ho ricavato importanti dati e informazioni per portare a termine l'elaborato.

Grazie anche alla Cobraplast SpA, in particolare al General Manager Dott. Alberto Lico, che ha dedicato il suo prezioso tempo per approfondire argomenti trattati nella mia tesi.

Infine, ringrazio la Global.com e la 4Factory che mi hanno permesso di svolgere il tirocinio curricolare e il lavoro di tesi. Grazie a tutto il team che mi ha accolto con fiducia e tutt'ora mi dà la possibilità di interfacciarmi con il mondo del lavoro, spiegandomi ogni cosa utile a farmi crescere.

Un grazie di cuore a tutti.

